



Kommunaler Wärmeplan Stadt Pirna

Abschlussbericht

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



Impressum

bearbeitet durch:



EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH
Landstraße 20
52457 Aldenhoven
www.enerko.de



greenventory GmbH
Georges-Köhler-Allee 302
79110 Freiburg im Breisgau

im Auftrag der:

Stadtverwaltung Pirna
Am Markt ½
01796 Pirna

gefördert durch:

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Der Abschlussbericht zur kommunalen Wärmeplanung wurde im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative der Bundesregierung unter dem Förderkennzeichen 67K25096 mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Aus Gründen der Lesbarkeit wird auf die gendersensible bzw. geschlechtsneutrale Differenzierung, z.B. Bewohner/innen, Klimaschutzmanager/in verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für beide Geschlechter. Dieser Bericht darf nur unverkürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung, auch auszugsweise, bedarf der Genehmigung durch die Verfasser.

Stand: November 2024

Inhalt

Kurzfassung	10
1.1 Bestandsanalyse	10
1.2 Potenzialanalyse.....	10
1.3 Zielszenario	11
1.4 Maßnahmen	13
1.5 Fazit	14
1 Einleitung.....	15
1.1 Vorbemerkungen zu Ablauf und Bedeutung des Wärmeplans	15
1.2 Projektstruktur und Akteurseinbindung	18
1.3 Hinweise für Gebäudeeigentümer	18
2 Eignungsprüfung	20
3 Bestandsanalyse.....	21
3.1 Methodik	21
3.2 Gebäudebestand	21
3.3 Wärmebedarf	24
3.4 Eingesetzte Energieträger	27
3.5 Gasinfrastruktur	28
3.6 Wärmenetze	29
3.7 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung	30
4 Potenzialanalyse	32
4.1 Methodik	32
4.2 Potenziale zur Wärmeerzeugung.....	35
4.3 Potenziale zur Stromerzeugung	39
4.4 Potenziale für eine lokale Wasserstoffherzeugung.....	43
4.5 Sanierungspotenziale.....	43
4.6 Zusammenfassung der Potenziale	45
5 Kommunikation & Beteiligung	46
6 Zielszenario	48
6.1 Methodik	48
6.2 Wärmeversorgungsgebiete.....	50
6.3 Transformation der Wärmeversorgung.....	64
6.4 Investitionsrahmen für die Wärmetransformation	70
6.5 Exemplarische Prognose von Wärmekosten für Endkunden.....	72
7 Umsetzungsstrategie und Maßnahmen	78

7.1	Handlungsfelder	78
7.2	Wärmewendestrategie und Maßnahmenkatalog	78
7.3	Prioritäre Maßnahmen.....	82
8	Verstetigung und Controlling	87
8.1	Verstetigungsstrategie	87
8.2	Controllingkonzept	88
9	Fazit und Ausblick	92
	Literaturverzeichnis.....	93
	Anhänge	94
A.	Ergänzende Materialien.....	94
A.1	Ergebnisse der Alternativszenarien	94
B.	Ergänzende Textpassagen	96
B.1	Modellierung der Preispfade.....	96
C.	Abkürzungsverzeichnis	98
D.	Glossar	99
E.	Karte der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete 2045	102

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wärmebedarfe nach Sektoren (links) und Treibhausgasemissionen nach Energieträgern (rechts)	10
Abbildung 2: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete, Darstellung auf Baublockebene	12
Abbildung 3: Anzahl Gebäude nach Wärmeerzeuger (links) und Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern (rechts) im Zieljahr 2045	13
Abbildung 4: Vorgehensweise und Projektbausteine	16
Abbildung 5: Gebäudeanzahl nach Sektor im Projektgebiet.....	22
Abbildung 6: Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen.....	22
Abbildung 7: Räumliche Verteilung der Baualtersklassen je Baublock	23
Abbildung 8: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte).....	24
Abbildung 9: Wärmebedarf nach Sektoren	25
Abbildung 10: Verteilung der Wärmebedarfe je Baublock.....	26
Abbildung 11: Endenergiebedarf nach Energieträger	27
Abbildung 12: Gasverbrauch je Baublock	28
Abbildung 13: Wärmenetzinfrastruktur im Projektgebiet	29
Abbildung 14: Treibhausgasemissionen nach Sektoren.....	31
Abbildung 15: Treibhausgasemissionen nach Energieträgern	31
Abbildung 16: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse	32
Abbildung 17: Ebenen der Potenzialanalyse	34
Abbildung 18: Erneuerbare Wärmepotenziale im Projektgebiet	35
Abbildung 19: Solarthermie-Potenzial auf Dachflächen je Baublock.....	38
Abbildung 20: Erneuerbare Strompotenziale im Projektgebiet	39
Abbildung 21: PV-Potenzial auf Freiflächen und Darstellung der Konversionsflächen.....	41
Abbildung 22: PV-Potenzial auf Dachflächen je Baublock	42
Abbildung 23: Sanierungspotenzial je Baublock.....	44
Abbildung 24: Ebenen der Akteurseinbindung.....	46
Abbildung 25: Wärmenetzgebiete, Darstellung auf Baublockebene	51
Abbildung 26: Wärmenetzgebiete Sonnenstein und Copitz, Darstellung auf Baublockebene	52
Abbildung 27: Lage des Fokusquartiers Altstadt	54
Abbildung 28: Angenommene Endkundenpreise (Basisjahr 2028) in drei Preispfaden	55

Abbildung 29: Wärmepreise im Fokusquartier Altstadt für verschiedene Versorgungsszenarien und Preispfade	55
Abbildung 30: Exemplarische Skizze der Erschließungsalternative "Kellerverlegung"	56
Abbildung 31: Lage des Fokusquartiers Kohlberg	58
Abbildung 32: Neubau-Wohngebiet Max-Schwarze-Straße lt. B-Plan 89 (Quelle: Stadt Pirna) ...	59
Abbildung 33: Simulation des Ausbaus von Fernwärme über 26 Gebäudecluster. Cluster (links) und sich ergebende Wärmebedarfe und mittlere Wärmelinien dichten (rechts)	59
Abbildung 34: Ergebnisse für die absatzspezifischen Wärmenetz-Ausbaukosten: Sensitivitätsstudie hinsichtlich der Trassenkosten, Analyse der Auswirkungen eines Anschlusses des Neubau-Wohngebiets sowie Überprüfung der Auswirkungen der langen Anbindungsstrecke auf die Fernwärme-Eignung	60
Abbildung 35: Lage des Fokusquartiers Graupa	61
Abbildung 36: Beispielhaftes Nahwärmekonzept für den August-Röckel-Ring mit einem (nach Installation wieder nutzbaren) Erdkollektorfeld für eine Wärmepumpe. Kartengrundlage: Google	62
Abbildung 37: Spezifische Wärmekosten (brutto) als Ergebnis der statisch-annuitätischen Kostenrechnung für die drei Nahwärmekonzepte sowie die dezentrale Versorgungsvariante, jeweils mit und ohne Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten.	63
Abbildung 38: Wärmebedarf und Wärmebedarfsreduktion im Ziel- und Zwischenjahr	64
Abbildung 39: Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern im Basisjahr 2022 (links) und Zieljahr 2045 (rechts) der Wärmeplanung	65
Abbildung 40: Anzahl Gebäude nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Zielszenario)	66
Abbildung 41: Wärmebedarf nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Zielszenario)	66
Abbildung 42: Elektrischer Leistungszuwachs durch dezentrale Wärmepumpen bis 2045 (Zielszenario)	67
Abbildung 43: Elektrischer Leistungszuwachs durch dezentrale PV-Anlagen bis 2045	67
Abbildung 44: Endenergiebilanz nach Energieträger im Zieljahr 2045 (Zielszenario)	68
Abbildung 45: Entwicklung der Endenergiebilanz, vom Basisjahr 2022 über das Stützjahr 2030 bis hin zum Zieljahr 2045 (Zielszenario)	69
Abbildung 46: Treibhausgasbilanz nach Energieträgern im Zieljahr 2045 (Zielszenario)	69
Abbildung 47: Entwicklung der Treibhausgasbilanz, vom Basisjahr 2022 über das Stützjahr 2030 bis hin zum Zieljahr 2045 (Zielszenario)	70
Abbildung 48: Übersicht der angenommenen spezifischen Investitionskosten (netto, vor Förderzuschüssen)	71
Abbildung 49: Abschätzung des Investitionsrahmens der Wärmewende in Pirna	72
Abbildung 50: Preispfade für einen Endkundenabnahmefall Erdgas, brutto mit Umsatzsteuer .	73

Abbildung 51: Wärmevollkosten (brutto) verschiedener Erzeugungsvarianten im Hochpreis- und Niedrigpreisfad (Bandbreite), Gebäude mit 30 kW und 1.800 Vollbenutzungsstunden.....	76
Abbildung 52: Skizze des Controllingprozesses	88
Abbildung 53: Anzahl Gebäude nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 1) ...	94
Abbildung 54: Wärmebedarf nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 1)	94
Abbildung 55: Anzahl Gebäude nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 2) ...	94
Abbildung 56: Wärmebedarf nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 2)	94
Abbildung 57: Endenergiebilanz nach Energieträger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 1)	95
Abbildung 58: Endenergiebilanz nach Energieträger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 2)	95
Abbildung 59: Treibhausgasbilanz nach Energieträger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 1) ...	95
Abbildung 60: Treibhausgasbilanz nach Energieträger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 2) ...	95
Abbildung 61: Elektrischer Leistungszuwachs durch dezentrale Wärmepumpen bis 2045 (Alternativszenario 1).....	96
Abbildung 62: Elektrischer Leistungszuwachs durch dezentrale Wärmepumpen bis 2045 (Alternativszenario 2).....	96

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Emissionsfaktoren nach Energieträger [2]	30
Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien	33
Tabelle 3: Kennzahlen der Fokusquartiere	53
Tabelle 4: Empfohlene Controlling-Indikatoren.....	89
Tabelle 5: Ermittelte Werte der Indikatoren.....	90

Kurzfassung

Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist die Entwicklung eines strategischen Zielszenarios und Fahrplans zur Transformation des Wärmesektors hin zur Klimaneutralität im Jahr 2045. Dazu wurde der aktuelle Status der Wärmeversorgung erhoben und mögliche Wärmequellen identifiziert. Das gesamte Stadtgebiet wurde hinsichtlich der Eignung für eine zukünftige zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung untersucht. Ein Maßnahmenkatalog, welcher konkrete nächste Schritte beinhaltet, wurde entwickelt.

1.1 Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse wurden der Ist-Zustand der Energieversorgung aller 10.701 Gebäude in Pirna erfasst. Der Wärmebedarf in Pirna beträgt 311 GWh/a, wovon ein Anteil von fast drei Vierteln auf Wohngebäude entfällt. Die meisten Gebäude in Pirna befinden sich in sehr guten bis mittlere Energieeffizienzklassen. Dies ist auf umfangreiche Sanierungsmaßnahmen in den 1990ern zurückzuführen.

Ein Großteil der Wärme wird aktuell durch fossile Energieträger wie Erdgas und Heizöl bereitgestellt. Diese machen gemeinsam etwa 80 % des Endenergiebedarfes aus. In Pirna gibt es zwei Wärmenetze, an die in Summe rd. 350 Gebäude angeschlossen sind. Das größere Netz erstreckt sich über weite Teile in Pirna südlich der Elbe und versorgt den Stadtteil Sonnenstein. Das kleinere Netz versorgt den westlichen Teil von Copitz.

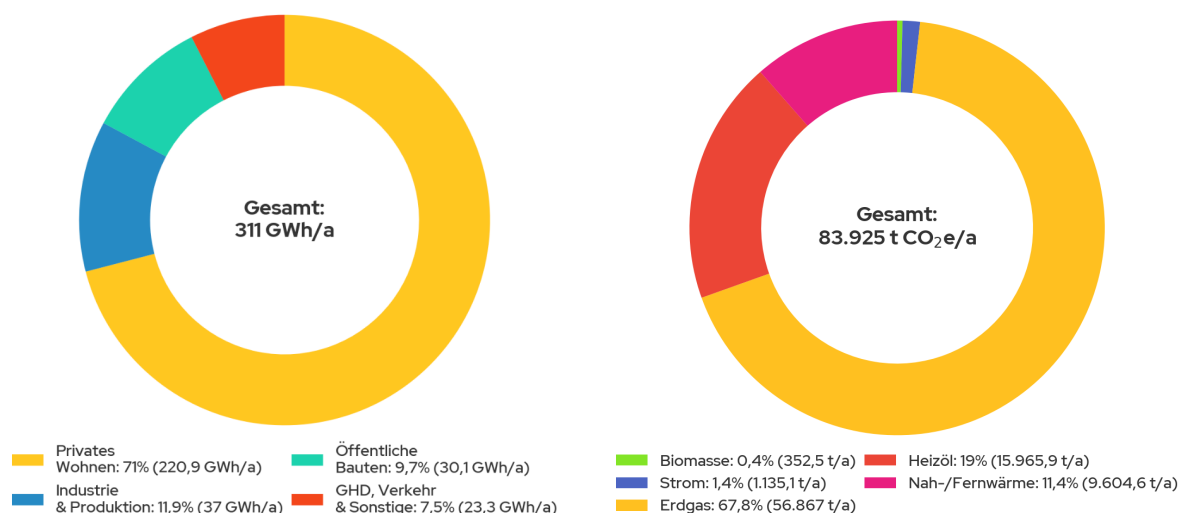


Abbildung 1: Wärmebedarfe nach Sektoren (links) und Treibhausgasemissionen nach Energieträgern (rechts)

Die Treibhausgasemissionen von heute rd. 84.000 t CO₂/a sind größtenteils auf die Energieträger Erdgas und Heizöl zurückzuführen. Die Fernwärme, welche in Pirna vorwiegend durch Erdgas und mittels Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird, macht etwa 11 % der Emissionen aus.

1.2 Potenzialanalyse

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurde neben der Bewertung erneuerbarer Wärmequellen auch das Potenzial für die Erzeugung regenerativen Stroms evaluiert. Im Einzelnen wurden folgende Energiepotenziale erfasst: Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung, Umweltwärme (wie Geothermie, Solarthermie, Gewässerwärme, Luftwärme), Abwärme (aus Industrie oder Abwasser),

Biomasse, Stromerzeugung (aus Wind oder PV).

Für die zukünftigen Fernwärmeerzeugung in Pirna weist insbesondere die Option Flusswasser vielversprechende Potenziale auf. Die Elbe bietet mit ihrer Größe und hohen Durchflussmenge eine stabile Wärmequelle für den Betrieb einer Wärmepumpe, selbst bei jahreszeitlichen Schwankungen. Ein weiterer Vorteil besteht hinsichtlich der Lage des Flusses und somit möglicher Leitungswege und infrastrukturellen Kosten. So ist in Pirna eine räumliche Nähe des Flusses zu bereits durch Fernwärmenetze erschlossenen Bereichen oder verdichteten Stadtteilen, welche für Fernwärme potenziell geeignet wären, gegeben.

1.3 Zielszenario

Das Zielszenario beschreibt, wie eine klimaneutrale Versorgung im Zieljahr 2045 in Pirna aussehen kann. Die Erstellung des Zielszenarios beinhaltet eine Prognose der Wärmebedarfe, die Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete, die Erstellung eines Vorschlags für das zukünftige Wärmeerzeugerportfolio und die Skizzierung der Entwicklungsschritte zur Transformation der Wärmesektors.

Im Kontext der kommunalen Wärmeplanung Pirna wurde eine zukünftige Sanierungsrate von 0,5 % pro Jahr im Wohnsektor angenommen. Die Sanierungstiefe wurde für Wohngebäude in Abhängigkeit des Wärmebedarfs, für Nichtwohngebäude in Abhängigkeit der Gebäudenutzung gewählt. Insgesamt reduziert sich der jährliche Wärmebedarf durch fortschreitende Sanierungen bis zum Jahr 2045 auf 249 GWh beträgt, was einer Minderung um etwa 20 % gegenüber dem Basisjahr entspricht.

Auf Grundlage des Wärmeplanungsgesetzes wurde das Stadtgebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt:

- Das **Wärmenetzgebiet** umfasst die Gebiete mit wahrscheinlicher Erschließung durch Fernwärme oder mit bereits vorhandenen Wärmenetzen. Insgesamt wurden drei Kategorien identifiziert, welche auch in Abbildung 2 dargestellt werden:
 - **Verdichtung:** Gebiete um Straßenzüge herum, in denen bereits Wärmenetze vorhanden sind, fallen in die Kategorie Verdichtung. In diesen Gebieten ist der Anschluss an bestehende Leitungen möglich.
 - **Ausbau:** Für den Wärmenetzausbau vorgesehen sind Gebiete mit, die sich für Fernwärme oder Nahwärme eignen, und in denen noch keine Leitungen verlegt sind. Zur Identifizierung dieser Gebiete wurde das Kriterium der Wärmelinien-dichte, welches den Wärmebedarf und damit einen potenziellen Fernwärmeabsatz pro laufendem Meter Straßenabschnitt beschreibt, herangezogen. Als Mindestwert für die Wärmelinien-dichte wurden 3.000 kWh/m bezogen auf das Jahr 2045 gewählt. Sowohl der Neubau von Wärmenetzen als auch die Erweiterung bestehender Netzstrukturen kann als Ausbau bezeichnet werden.
 - **Prüfung:** Einige Gebiete werden als Prüfgebiete für Wärmenetze ausgewiesen. Während im Prüfgebiet Graupa eine Quartierslösung (Nahwärme) zum Einsatz kommen könnte, sind die anderen Gebiete als Fernwärme-Prüfgebiete zu verstehen. Da die Eignung noch nicht abschließend bewertet werden kann, werden diese Gebiete zur näheren Prüfung der Fernwärmeausbaumöglichkeiten und -arbeit empfohlen.
- **Dezentrale Versorgungsgebiete** sind alle übrigen Stadtteile und Quartiere. In diesen Gebieten kommen überwiegend dezentrale Lösungen zum Einsatz.
- **Wasserstoffnetzgebiete** werden in Pirna nicht ausgewiesen.

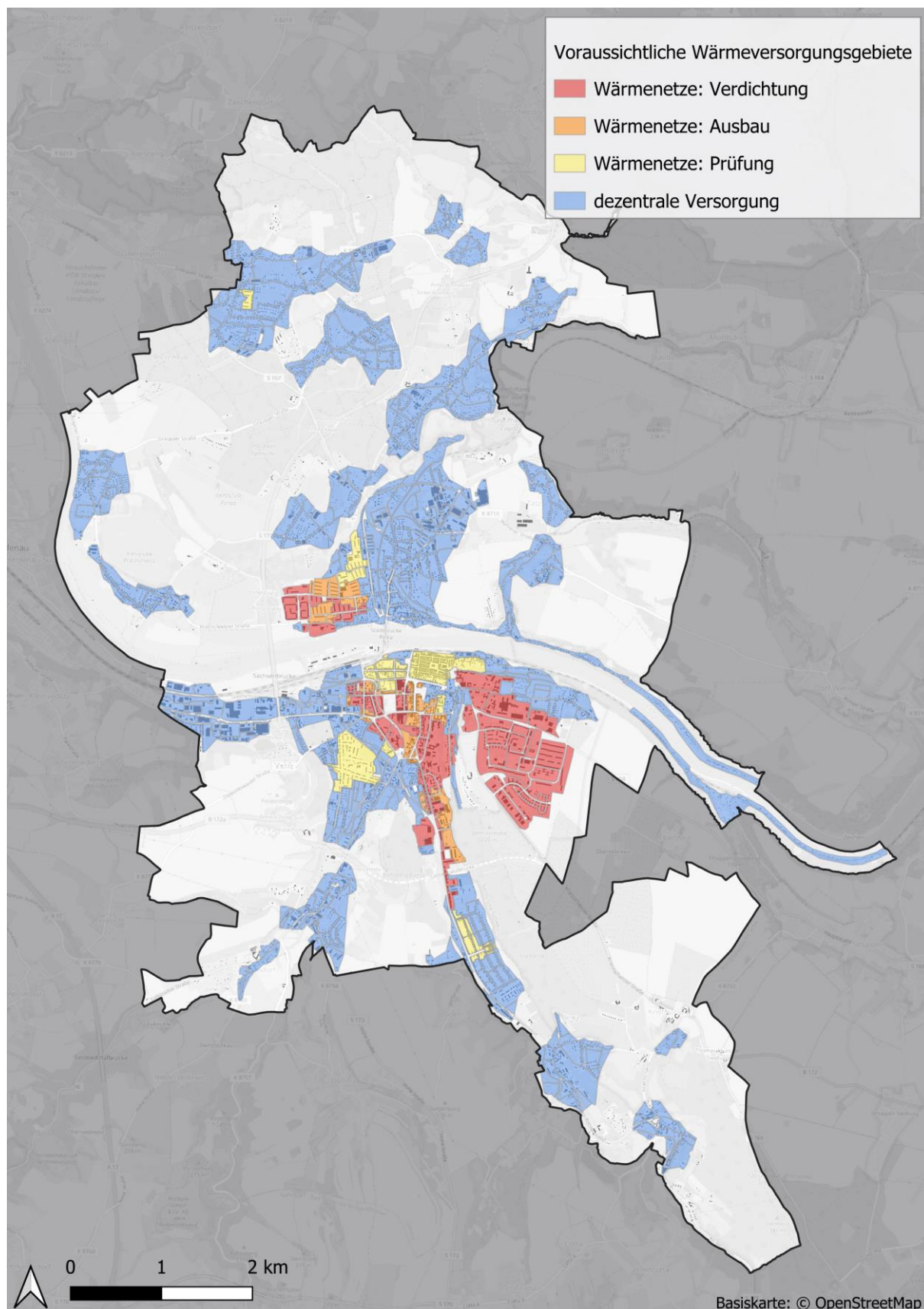


Abbildung 2: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete, Darstellung auf Baublockebene

Würden bis zum Jahr 2045 alle abgebildeten Wärmenetzgebiete durch Fern- oder Nahwärme erschlossen und eine Anschlussquote von 70 % realisiert, ergibt sich, dass 12,5 % der 10.701 Gebäude in Pirna im Zielszenario durch Wärmenetze versorgt werden. Da insbesondere Gebäude mit hohen Verbräuchen an die Fernwärme angeschlossen werden, entspricht dies einem Anteil von 39 % des zukünftigen Wärmebedarfes. Die Bereitstellung der Fernwärme erfolgt im Zielszenario zu 80 % über Strom, z.B. mittels Flusswasserwärmepumpen, und zu rd. 20 % über grüne Gase, wie beispielsweise Biomethan. Ein beachtlicher Anteil von 75 % aller Gebäude wird im Zielszenario über dezentrale Wärmepumpen beheizt, ein kleiner Anteil von 10 % mit Biomasse.

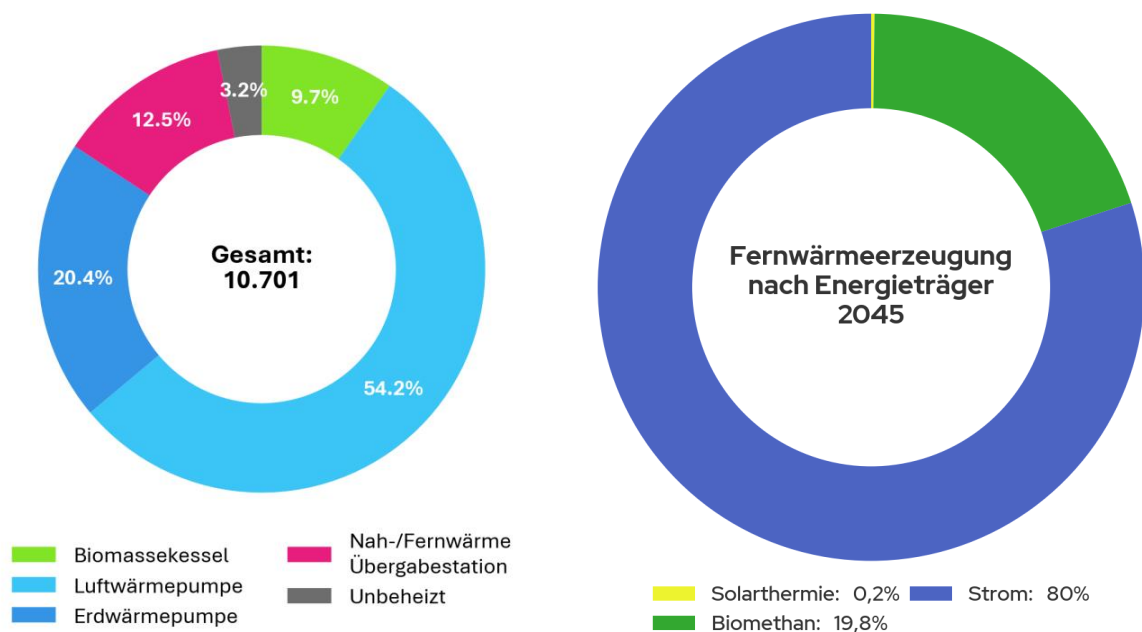


Abbildung 3: Anzahl Gebäude nach Wärmeerzeuger (links) und Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern (rechts) im Zieljahr 2045

Im Zieljahr 2045 betragen die Treibhausgasemissionen insgesamt 4.917 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr. Dabei entfällt mit 75 % der größte Anteil der Emissionen auf die Nah- und Fernwärme. Die restlichen Emissionen teilen sich zu etwa gleichen Anteilen auf Biomasse und Strom auf. Prozentual ergibt sich bis 2030 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um etwa 30 %, bis zum Zieljahr 2045 können die Emissionen um insgesamt 94 % gesenkt werden.

1.4 Maßnahmen

Es wurde ein Katalog von 25 Maßnahmen ausgearbeitet. Dieser umfasst sowohl strukturelle Maßnahmen, welche sich mit der Schaffung von organisatorischen Rahmenbedingungen beschäftigen, als auch technische Maßnahmen, welche konkrete Umsetzungsbausteine beinhalten. Vier Maßnahmen, welche unmittelbar zur Zielerreichung beitragen können und kurzfristig initialisiert werden können, wurden priorisiert. Die vier prioritär zu verfolgenden Maßnahmen lauten:

- **Koordinationsstelle Wärmewende:** Einrichtung einer übergreifenden Einheit zur Koordination; Verankerung der Aufgaben aus den Bereichen Strategische Steuerung, Organisation, Umsetzung bzw. Projektmanagement, Monitoring und Controlling; Fortschreibung des Wärmeplans; jährliche Berichterstattung

- **Prüfung des Einsatzes von Flusswasserwärmepumpen für die zukünftige Fernwärmeerzeugung:** Veranlassung von technische Machbarkeitsstudien zur Prüfung des Wärmepotenzials sowie zur konkreten Standortauswahl. Berücksichtigung von Flächenbedarfen für Anlage und ggf. Speicherkapazitäten
- **Stromnetzanalyse:** Nutzung der Ergebnisse aus der Wärmeplanung zur Überprüfung der Aufnahmefähigkeit sowie zur Ermittlung des notwendigen Stromnetzausbaus; Abschätzung zukünftiger Netzentgelten zur Verbesserung der Datengrundlage für eine wirtschaftliche Vergleiche zukünftiger Versorgungsvarianten mit Strom
- **Prüfung Machbarkeitsstudie Nahwärmenetz / Positionierung als potenzieller Wärmenetzbetreiber:** Durchführung einer BEW-Machbarkeitsstudie zur Versorgung des Fokusgebiets Graupa über ein Nahwärmenetz

1.5 Fazit

Die Stadt Pirna hat mit der kommunalen Wärmeplanung und flankierenden Projekten einen wichtigen Schritt zur Transformation des Wärmesektors eingeleitet. Im Zielszenario ergänzen sich Fernwärme in den dicht besiedelten und innerstädtischen Bereichen sowie dezentrale Wärmeerzeuger in den Außenbereichen. Bei Erschließung aller für die zentrale Versorgung geeigneten Gebiete mit Wärmenetzen, könnten diese zukünftig über ein Drittel des Wärmebedarfes decken. Um die Treibhausgasneutralität im Wärmesektor zu erreichen, sind zunächst erhebliche Investitionen notwendig. Jedoch muss bei jeder Versorgungsart - ob Fernwärme, Wärmepumpen oder der Weiternutzung intakter fossiler Heizungssysteme - in Zukunft mit steigenden Kosten für Wärme gerechnet werden. Die Umsetzung hin zu einem klimaneutralen Wärmesektor erfordert ein gemeinsames Handeln aller Beteiligten, unterstützt durch Beratungsangebote, Förderprogramme und technologischen Fortschritt. Nur durch Kooperation und Engagement aller wird die Wärmewende in Pirna gelingen.

1 Einleitung

Die Bundesregierung hat mit dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) eine verpflichtende kommunale Wärmeplanung für alle Städte eingeführt. Diese muss im Fall von Pirna mit etwa 39.000 Einwohner bis spätestens 30.06.2028 erstellt werden. Die Stadt Pirna hat die Notwendigkeit für die kommunale Wärmeplanung frühzeitig erkannt. Sie hatte bereits Anfang 2023 einen Förderantrag bei der Nationalen Klimaschutzinitiative gestellt: Nach erfolgter Förderzusage und bundesweiter Ausschreibung konnten im August 2023 die EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH (ENERKO) und die greenventory GmbH (greenventory) beauftragt werden, den kommunalen Wärmeplan für die Stadt Pirna zu erarbeiten.

Die kommunale Wärmeplanung versteht sich als Strategie zur Verwirklichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung und bietet ein langfristiges Planungsinstrument, u.a. aufgrund der im WPG festgelegten Fortschreibungspflicht.

1.1 Vorbemerkungen zu Ablauf und Bedeutung des Wärmeplans

Aufgabe der kommunalen Wärmeplanung (KWP) ist es, einen Pfad zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung des gesamten Stadtgebiets bis zum gesetzlich vorgegebenen Zieljahr 2045 mit Zwischenzieljahren 2030, 2035 und 2040 zu entwerfen. Hierzu zeigt der Wärmeplan auf, welche Technologien in welchem Umfang in welchen Stadtteilen zum Einsatz kommen könnten und wie sich der Technologie- und Endenergeträgermix bis dahin entwickeln muss. Ein herausragendes Ziel ist es, den vor Ort besten und kosteneffizientesten Weg zu einer klimafreundlichen und fortschrittlichen Wärmeversorgung zu ermitteln.

Diese Informationen inkl. der Potenziale an Umweltwärme, Abwärme und Wärme aus erneuerbaren Quellen dienen als planerische Grundlage sowohl für die Stadt (u.a. Stadtentwicklung) als auch für die künftigen Zielnetzplanungen der Versorgungsunternehmen bzw. Netzbetreiber für Fernwärme, Strom und Gas und nicht zuletzt der Gestaltung und Wahl der Schwerpunkte für die öffentlichen Förderprogramme und der zu ergreifenden Maßnahmen. Für die Gebäudeeigentümer liefert der Wärmeplan Erkenntnisse, ob ihr Gebäude in einem Wärmenetzgebiet liegt oder in einem Gebiet für die dezentrale Versorgung.

Die Vorgehensweise der Wärmeplanung ist durch die Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) sowie des zugehörigen Leitfadens Wärmeplanung [1] definiert. Nachdem die Stadt Pirna die Entscheidung zur Durchführung der Wärmeplanung gefasst hat, umfasst dies folgende Arbeitsphasen, die das WPG bzw. die Förderrichtlinie vorschreibt:

- die Eignungsprüfung;
- die Bestandsanalyse;
- die Potenzialanalyse;
- die Entwicklung und Beschreibung eines Zielszenarios, inklusive der Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete und der Darstellung der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr 2045 sowie der Stützjahre 2030 / 2025 / 2040;
- die Entwicklung einer Umsetzungsstrategie mit konkreten Umsetzungsmaßnahmen, die innerhalb des beplanten Gebiets zur Erreichung des Zielszenarios beitragen sollen sowie
- das Verstetigungs- und Controllingkonzept, dass die Umsetzung kontinuierlich überwacht und als Grundlage dient, um die kommunale Wärmeplanung an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen und die gesetzlich vorgeschriebene 5-jährige Fortschreibung zu unterstützen.

Die einzelnen Bausteine, die sich auch in der Struktur des Berichtes wiederfinden, sind in der folgenden Grafik dargestellt.

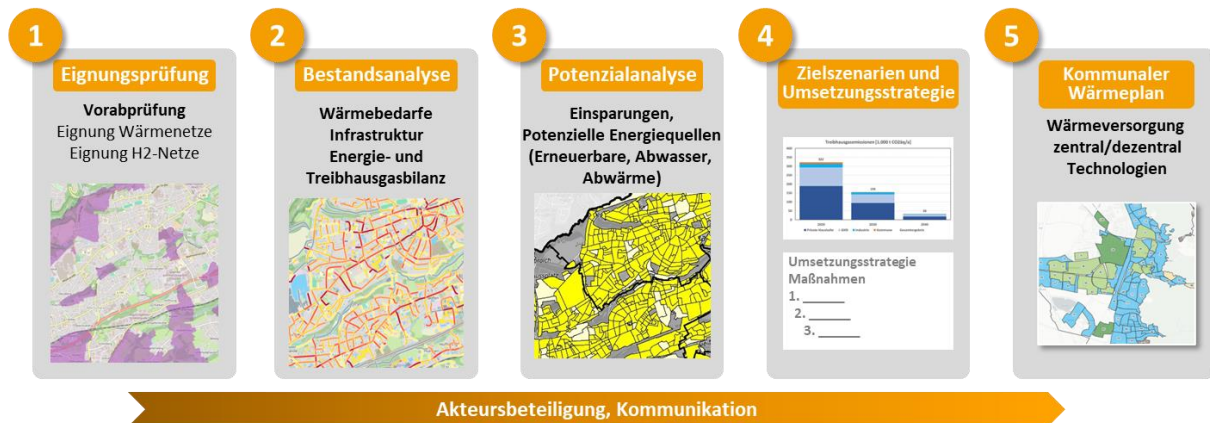


Abbildung 4: Vorgehensweise und Projektbausteine

Die Umgestaltung des Wärmemarktes ist ein dynamischer Prozess, der in den kommenden Jahren stetig nachgeschärft werden muss – daher hat der Gesetzgeber eine Verpflichtung zur periodischen Fortschreibung der KWP spätestens alle 5 Jahre vorgesehen (vgl. § 25 WPG). Im Rahmen des Zielszenarios wird daher ein aus heutiger Sicht denkbarer und technisch-energetisch sinnvoller Entwicklungspfad skizziert, mit dem das Ziel der Klimaneutralität erreicht werden kann.

Einen Teilbaustein zur Erreichung dieses Ziels stellt der Ausbau der zentralen Wärmeversorgung über Wärmenetze auf Basis klimaneutraler Energiequellen dar. Es ist zu untersuchen, ob die Versorgung ausgebaut werden kann und welche regenerativen Energiequellen wie Abwasserwärme, Geothermie und Umweltwärme dabei genutzt werden können. Darüber hinaus müssen regenerative Energiequellen auch in bestehenden und neuen kleinen und größeren Wärmenetzen und in der dezentralen Versorgung ausgebaut werden.

Eine weitergehende Überprüfung auf die tatsächliche Erschließbarkeit und Wirtschaftlichkeit der beschriebenen Wärmenetz-Potenziale im Detail ist auf dieser übergeordneten strategischen Planungsebene nicht leistbar und muss daher nachfolgenden Planungsebenen vorbehalten bleiben (Machbarkeitsstudien sowie anschließende konkrete Umsetzungsplanungen).

Zur Abbildung der Entwicklung des Technologiemies wird das Stadtgebiet Pirna in Teilgebiete aufgeteilt, die sich an den Stadtteilgrenzen, Fluren/Flurstücken, Bebauungs-/Baublock- und Straßenstrukturen orientieren. Innerhalb dieser Teilgebiete wurden Auswertungen bzgl. der Eignung für eine zentrale bzw. dezentrale Versorgung unter Berücksichtigung der verschiedenen Beheizungstechnologien vorgenommen und die Anteile der einzelnen Technologien gemäß ihrer Anzahl und dem prozentualen Anteil in den Gebieten ermittelt. Adressscharfe Auswertungen können in diesen Bericht aus Datenschutzgründen nicht veröffentlicht werden und sind somit aggregiert dargestellt.

In den Übersichtskarten werden die Gebiete gemäß der überwiegend ermittelten Versorgungsart farblich gekennzeichnet. Im Ergebnis sind die Eignungsgebiete daher nicht als Nutzungsgebiete mit ausschließlich einer möglichen Versorgungsart zu verstehen, sondern lediglich als Areale, die eine mehrheitliche Eignung für bestimmte Versorgungsoptionen aufweisen. In den meisten Bereichen wird es neben der überwiegend ermittelten Versorgungsart auch weiterhin parallele Versorgungslösungen anderer Technologien geben, beispielsweise bereits vorhandene Luftwärmepumpen oder Pelletanlagen in einem späteren Wärmenetzausbaugebiet.

Teilgebiete können durch Straßenabschnitte voneinander abgegrenzt sein. In der späteren konkreten Wärmenetzausbauplanung werden an den Rändern der Quartiere die angrenzenden Gebiete und insbesondere gegenüberliegenden Straßenseiten mit untersucht. Zudem werden die Wärmenetzgebiete hinsichtlich ihrer Eignung und der Umsetzbarkeit der regenerativen Wärmequellen generell noch einmal detailliert überprüft. Die im Rahmen der Potenzialanalyse und des

Zielszenarios erfolgte gebietsweise Abgrenzung der Wärmenetzeignungsgebiete stellt insofern nur die grundlegenden strategischen Planungsüberlegungen der Stadt dar und ist nicht zwingend deckungsgleich mit den später konkret zu beplanenden Wärmenetzausbaubereichen.

WÄRMEVERSORGUNGSGBIETE

Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist es, das Stadtgebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete einzuteilen. Das Wärmeplanungsgesetz unterscheidet vier verschiedene Kategorien von Gebieten.

Wärmenetzgebiet

Ein Teilgebiet, in dem ein Wärmenetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wärmenetz versorgt werden soll. Die Versorgung über ein Wärmenetz wird als zentrale Versorgung klassifiziert. Dabei können mit dem Begriff Wärmenetz sowohl Fern- als auch Nahwärmenetze gemeint sein. Wärmenetze versorgen definitionsgemäß mehr als 16 Gebäude oder mehr als 100 Wohneinheiten. Kleinere Netze werden als Gebäudenetz bezeichnet. Gebäudenetze müssen lt. WPG nicht als Wärmenetzgebiet gekennzeichnet werden.

Wasserstoffnetzgebiet

Ein Teilgebiet, in dem ein Wasserstoffnetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wasserstoffnetz zum Zweck der Wärmeerzeugung versorgt werden soll.

Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung

Ein Teilgebiet, das überwiegend nicht über ein Wärme- oder ein Gasnetz versorgt werden soll.

Prüfgebiet

Ein Teilgebiet, das nicht in ein voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet nach den drei oben beschriebenen Kategorien eingeteilt werden soll, weil die für eine Einteilung erforderlichen Umstände noch nicht ausreichend bekannt sind oder weil ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher auf andere Art mit Wärme versorgt werden soll.

Generell muss angemerkt werden, dass ein Wärmeplan eine Leitlinie ist und – anders als Bebauungspläne oder Flächennutzungspläne – keine unmittelbare Rechtswirkung nach sich zieht, d.h. dass ein Wärmeplan „keine rechtliche Außenwirkung und [...] keine einklagbaren Rechte oder Pflichten begründet“ (§ 23 WPG).

Zusammenfassend soll die Wärmeplanung für die Stadt Pirna leisten:

- eine Strategie für die klimaneutrale, sichere und wirtschaftliche Wärmeversorgung,
- die Festlegung von Eignungsgebieten für Wärmenetze, Wasserstoffverteilnetze und dezentrale Versorgung mit Zielvorgaben für den Wärmenetzausbau und die Umstellung auf erneuerbare Wärmeerzeugung und
- die Priorisierung von Maßnahmen zur Erreichung des Ziels der klimaneutralen Wärmeversorgung sowie von Leitlinien für die Stadtentwicklung und Stadtplanung.

Die Umsetzung der Wärmeplanung ist stark abhängig von den finanziellen Rahmenbedingungen der Stadt, von Investitionen der Stadtwerke Pirna sowie Dritter und deren finanziellen Möglichkei-

ten, von der Baukostenentwicklung, von den (künftigen) Fördermitteln von Bund und Land, der Verfügbarkeit von Fachplanern und -firmen u.v.m. Die erforderlichen Baumaßnahmen können sich vorübergehend auf den Verkehr auswirken und Wechselwirkungen mit anderen Infrastrukturmaßnahmen sind zu berücksichtigen. Deshalb kann die Wärmeplanung nicht leisten:

- Ausbaugarantien für alle dargestellten Wärmenetzgebiete,
- Anschluss- und Termingarantien an Wärmenetze,
- Beschluss und Durchführung aller vorgeschlagenen Maßnahmen.

1.2 Projektstruktur und Akteurseinbindung

Die zentrale Steuerung des Projekts zur Erstellung der kommunalen Wärmeplanung erfolgte durch ein Kernteam, bestehend aus Vertretern der städtischen Verwaltung und den beauftragten Fachunternehmen sowie der Stadtwerke Pirna. Diese Projektgruppe tagte im regelmäßigen Turnus von vier Wochen und diente als Hauptgremium zur Koordination und strategischen Abstimmung von Arbeitsschritten. Ergänzend hierzu fanden bilaterale Abstimmungen mit den örtlichen Betreibern der Wärme-, Strom- und Gasnetze statt, um technische und infrastrukturelle Fragestellungen frühzeitig in den Planungsprozess einzubeziehen.

Zur Sicherstellung einer umfassenden Akteursbeteiligung wurden Workshops mit Vertretern der städtischen und privaten Wohnungswirtschaft durchgeführt. Diese dienten zur Diskussion von Sanierungsraten und zukünftigen Versorgungsszenarien sowie zur Ergebnispräsentation. In einer stadtwerkeinternen Informationsveranstaltung wurden Mitarbeiter über den Prozess und die Implikationen der kommunalen Wärmeplanung für die Stadt Pirna informiert. Weiterhin wurden die Ergebnisse der parallellaufenden Projekte kommunale Wärmeplanung und BEW-Transformationsplanung fortlaufend ausgetauscht.

Darüber hinaus sind auf der Homepage <https://www.pirna.de/leben-in-pirna/energie-umwelt/kommunale-waermeplanung/> weitere Informationen zu finden.

1.3 Hinweise für Gebäudeeigentümer

Die Entscheidung über die eingesetzte Technik bei Austausch der bestehenden, fossilen Heizung verbleibt in der Regel bei den Eigentümern der Gebäude. In diese Entscheidung fließen nicht nur die technisch-organisatorischen Rahmenbedingungen ein (technische Eignung für ein Gebäude, Verfügbarkeit von Flächen und Energieträgern, Genehmigungsfragen), sondern auch die Kosten Seite, sowie die Abstimmung mit ggf. erforderlichen Maßnahmen der Gebäudesanierung.

Bisher beschränkte sich der Ersatz von Heizungsanlagen in Bestandsgebäuden überwiegend auf Modernisierungen bzw. Kessel- oder Brennertausch unter Beibehaltung des fossilen Energieträgers oder Wechsel z.B. von Heizöl auf Erdgas. Der erforderliche Zeitpunkt für eine Umstellung der Heizungsanlage und auch die Wahl des Energieträgers wird aufgrund des gesetzgeberischen Rahmens aus dem neuen Gebäudeenergiegesetz (GEG) aber künftig stärker beeinflusst werden als es bislang der Fall war.

Eine gebäudescharfe Beurteilung oder Einzelempfehlungen an die Eigentümer für eine bestimmte Heizungstechnologie ist weder gewollt noch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für Pirna leistbar. Auch kann keine adressscharfe Vorabprüfung der Genehmigungssituation für individuelle Adressen und Technologien vorgenommen werden – zumal sich die gesetzlichen und ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen im Laufe des Entwicklungsprozesses bis 2045 ändern können.

Wenn in den einzelnen Gebieten konkrete Heizungserneuerungen geplant sind, bestehen für Gebäudeeigentümer mehrere Beratungsmöglichkeiten durch Stadt, Energieberater, Verbraucherzentrale Sachsen, Energieversorger sowie Sanitär-/Heizungshandwerk und Einrichtungen wie der

Sächsischen Energieagentur SAENA. Für Gebiete bzw. Adressen, die in möglichen Wärmenetzgebieten liegen oder an diese angrenzen – z.B. gegenüberliegende Straßenseite – wird empfohlen, vor Entscheidung für eine dezentrale Sanierungslösung die Möglichkeit eines künftigen Wärmenetzanschlusses durch Anfrage beim Wärmenetzbetreiber bzw. über Auskunftsportale prüfen zu lassen.

2 Eignungsprüfung

Das WPG sieht in §14 vor, dass für Teilgebiete einer Stadt eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden kann, sofern diese Gebiete in einer vorgelagerten Eignungsprüfung als unwahrscheinlich für Wärmenetze und Wasserstoffnetze eingeschätzt werden. Eine solche Vorab-Festlegung von Gebieten, die sich wahrscheinlich nicht für Nah- oder Fernwärme eignen, ist aufgrund der Zeitschiene des Projektes (Start der Projektbearbeitung vor Verabschiedung des WPG) in Abstimmung der Beteiligten nicht erfolgt. Die Ausweisung von Versorgungsgebieten wurde für das gesamte Stadtgebiete gem. §18 WPG durchgeführt und abgestimmt.

Eine verkürzte Wärmeplanung für Teilgebiete nach §14 Absatz 4 ist dementsprechend nicht durchgeführt worden, es werden alle Stadtgebiete mit der gleichen Methodik, Datenbasis und Bearbeitungstiefe analysiert.

3 Bestandsanalyse

Die Grundlage der KWP ist ein Verständnis der Ist-Situation sowie eine umfassende Datenbasis. Letztere wurde digital aufbereitet und zur Analyse des Bestands genutzt. Hierfür wurden zahlreiche Datenquellen aufbereitet, integriert und für Beteiligte an der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung zugänglich gemacht. Die Bestandsanalyse bietet einen umfassenden Überblick über den gegenwärtigen Energiebedarf, die Energieverbräuche, die Treibhausgasemissionen sowie die existierende Infrastruktur.

3.1 Methodik

Am Anfang der Bestandsanalyse erfolgte die systematische Erfassung von Verbrauchsdaten für Wärme, einschließlich Gas- und Stromverbrauch speziell für Heizzwecke. Außerdem wurden ortsspezifische Daten aus Plan- und Geoinformationssystemen (GIS) der städtischen Ämter bezogen. Die primären Datenquellen für die Bestandsanalyse sind folgendermaßen:

- Statistik und Katasterdaten des amtlichen Liegenschaftskatasters (ALKIS)
- Daten über Abwärmequellen, welche durch Befragungen bei Betrieben erfasst wurden
- 3D-Gebäudemodelle (LoD2)
- Verlauf der Wärme- und Gasnetze, bereitgestellt von SW Pirna und SW Pirna Energie
- Details zu Heizzentralen inkl. Wärme- und Energiemengen für das Referenzjahr 2022, bereitgestellt von SW Pirna
- Lt. WPG aggregierte Fernwärmeverbräuche für die Jahre 2020 bis 2022, bereitgestellt von SW Pirna
- Lt. WPG aggregierte Gasverbräuche für die Jahre 2020 bis 2022, bereitgestellt von SW Pirna Energie
- Lt. WPG aggregierte Heizstromverbräuche für die Jahre 2020 bis 2022, bereitgestellt von SW Pirna Energie

Die vor Ort bereitgestellten Daten wurden durch externe Datenquellen sowie durch energietechnische Modelle, Statistiken und Kennzahlen ergänzt. Aufgrund der Vielfalt und Heterogenität der Datenquellen und -anbieter war eine umfassende manuelle Aufbereitung und Harmonisierung der Datensätze notwendig.

3.2 Gebäudebestand

Durch die Zusammenführung von frei verfügbarem Kartenmaterial sowie dem amtlichen Liegenschaftskataster ergaben sich 10.701 analysierte Gebäude im Projektgebiet. Wie in Abbildung 5 zu sehen, besteht der überwiegende Anteil der Gebäude aus Wohngebäuden, gefolgt von Industrie und Produktion sowie öffentlichen Bauten und Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor (GHD). Hieraus wird ersichtlich, dass die Wärmewende eine kleinteilige Aufgabe ist und sich zu großen Stücken im Wohnsektor abspielen muss.

Die Analyse der Baualtersklassen (siehe Abbildung 6) enthüllt, dass mehr als 61 % der Gebäude vor 1979 errichtet wurden, somit vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung mit ihren Anforderungen an die Optimierung der Gebäudehülle. Insbesondere Gebäude, die zwischen 1919 und 1948 erbaut wurden, stellen mit 27,2 % den größten Anteil am Gebäudebestand dar und bieten somit das umfangreichste Sanierungspotenzial. Altbauten, die vor 1919 errichtet wurden, zeigen, sofern sie bislang wenig oder nicht saniert wurden, häufig den höchsten spezifischen Wärmebedarf. Diese Gebäude sind wegen ihrer oft robusten Bauweise interessant für eine Sanierung, allerdings können denkmalschutzrechtliche Auflagen Einschränkungen mit sich bringen. Um das Sanierungspotenzial jedes Gebäudes vollständig ausschöpfen zu können, sind gezielte Energieberatungen und angepasste Sanierungskonzepte erforderlich.

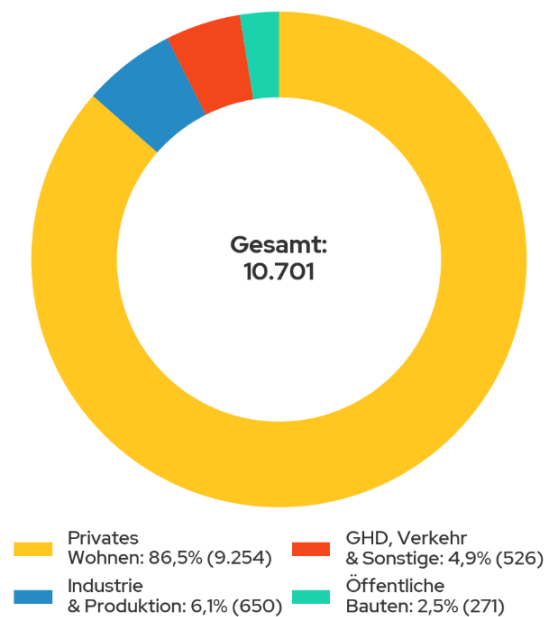


Abbildung 5: Gebäudeanzahl nach Sektor im Projektgebiet

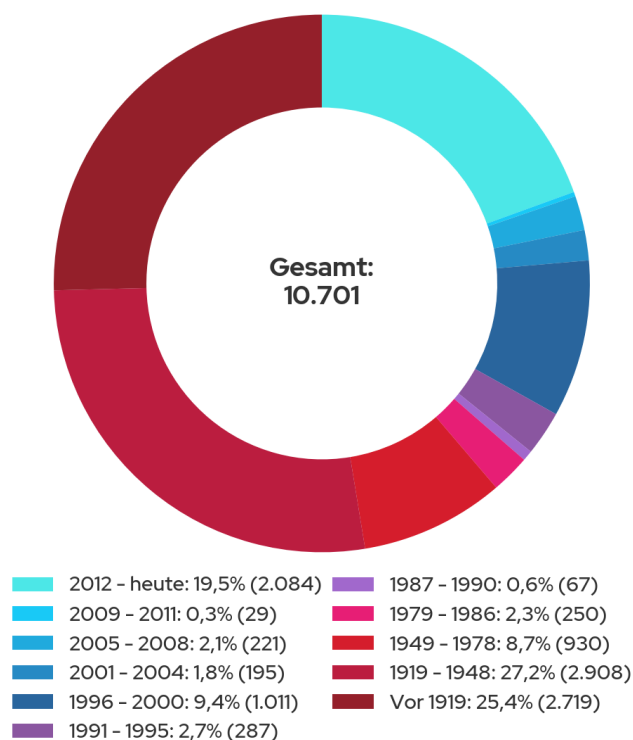


Abbildung 6: Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen

Abbildung 7 zeigt eine räumliche Analyse der Baualtersklassen im Projektgebiet. Es wird deutlich, dass Gebäude, die vor 1948 erbaut wurden, hauptsächlich in den Zentren der Ortskerne angesiedelt sind, während jüngere Bauten eher an den Außengrenzen der Orte zu finden sind. Die Identifizierung von Sanierungsgebieten erweist sich insbesondere in den Bereichen mit älteren Gebäuden als besonders relevant. Zudem spielt die Verteilung der Gebäudealtersklassen eine entscheidende Rolle bei der Planung von Wärmenetzen. Dies ist vor allem in dichter bebauten Altstadtkernen von Bedeutung, wo sowohl die Aufstellflächen für Wärmepumpen begrenzt als auch die

Möglichkeiten für energetische Sanierungen durch strukturelle Gegebenheiten eingeschränkt sein können.

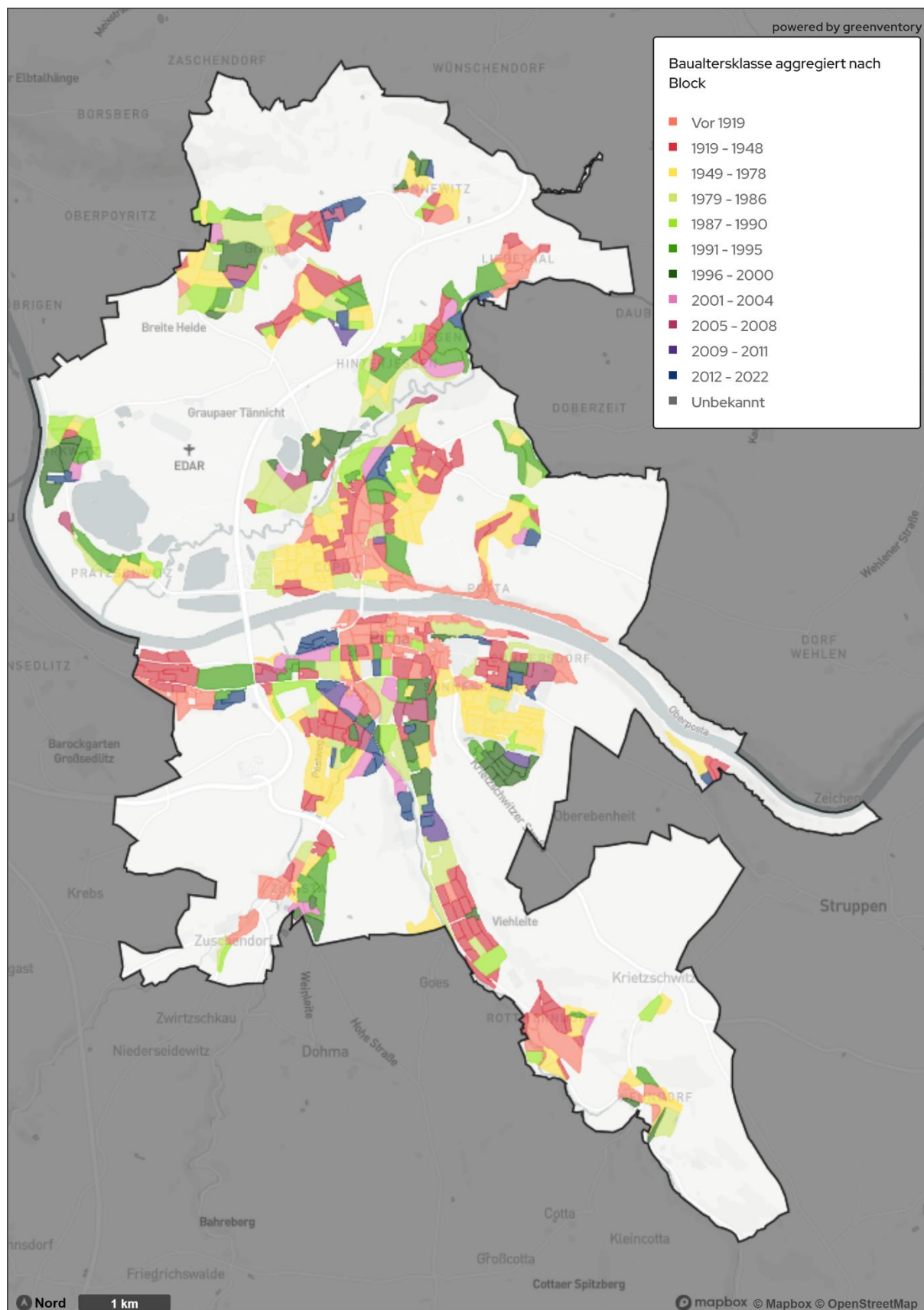


Abbildung 7: Räumliche Verteilung der Baualtersklassen je Baublock

Anhand des Baujahres, des Verbrauchs und der Grundfläche wurde eine überschlägige Einteilung der Gebäude in die GEG-Energieeffizienzklassen vorgenommen, um den Sanierungsstand abzuschätzen. Bei der Analyse der GEG-Energieeffizienzklassen für die Wohngebäude fällt auf, dass Pirna vergleichsweise wenige Gebäude aufweist, die vollumfänglich saniert werden müssten. Dies lässt sich unter anderem auf umfangreiche Sanierungstätigkeiten ab 1990 zurückführen. Der Großteil der Gebäude befindet sich im Mittelfeld der Energieeffizienz (siehe Abbildung 8). Von den Gebäuden, denen ein Wärmebedarf zugeordnet werden konnte, sind 6,1 % den Effizienzklassen G und H zuzuschreiben, was unsanierten oder nur sehr wenig sanierten Altbauten entspricht. 4,3 % der Gebäude weisen die Effizienzklasse F auf und entsprechen überwiegend Altbauten, die nach den Richtlinien der Energieeinsparverordnung (EnEV) modernisiert wurden. Durch weitere energetische Sanierungen kann der Anteil der Gebäude in den schlechteren Effizienzklassen zugunsten besserer Effizienzklassen reduziert werden.

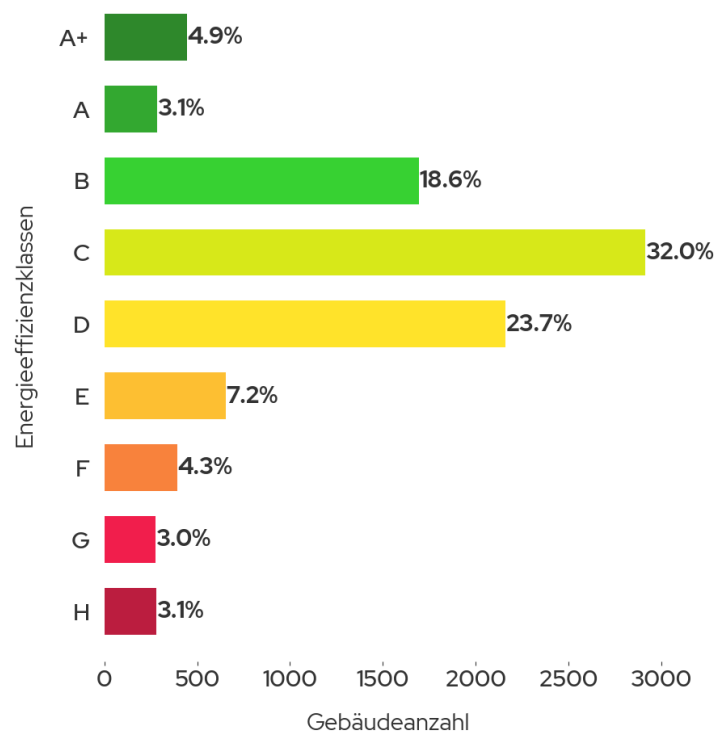


Abbildung 8: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte)

3.3 Wärmebedarf

Die Bestimmung des Wärmebedarfs erfolgte für die leitungsgebundenen Heizsysteme (Gas, Wärmenetz, Strom für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen) über die gemessenen und aggregiert zur Verfügung stehenden Verbrauchsdaten (Endenergieverbräuche). Diese wurden zunächst anhand der Energiebezugsflächen der Gebäude disaggregiert. Mit den Wirkungsgraden der verschiedenen Heiztechnologien konnte der Wärmebedarf, die Nutzenergie, ermittelt werden. Bei nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen (Öl, Holz, Kohle) und bei beheizten Gebäuden mit fehlenden Informationen zum verwendeten Heizsystem wurde der Wärmebedarf auf Basis der beheizten Fläche, des Gebäudetyps und weiteren gebäudespezifischen Datenpunkten berechnet. Für die Gebäude mit nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen konnte unter Verwendung der entsprechenden Wirkungsgrade auf die Endenergieverbräuche geschlossen werden.

Aktuell beträgt der Wärmebedarf im Projektgebiet 311 GWh jährlich (siehe Abbildung 9). Mit 71 % ist der Wohnsektor anteilig am stärksten vertreten, während auf die Industrie 11,9 % des Gesamtwärmebedarfs entfällt. Auf den Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor (GHD) entfällt ein

Anteil von 7,5 % des Wärmebedarfs und auf die öffentlich genutzten Gebäude, die ebenfalls kommunale Liegenschaften beinhalten, entfallen 9,7 %. Die räumliche Verteilung der spezifischen Wärmebedarfsdichten auf Baublockebene ist in Abbildung 10 dargestellt.

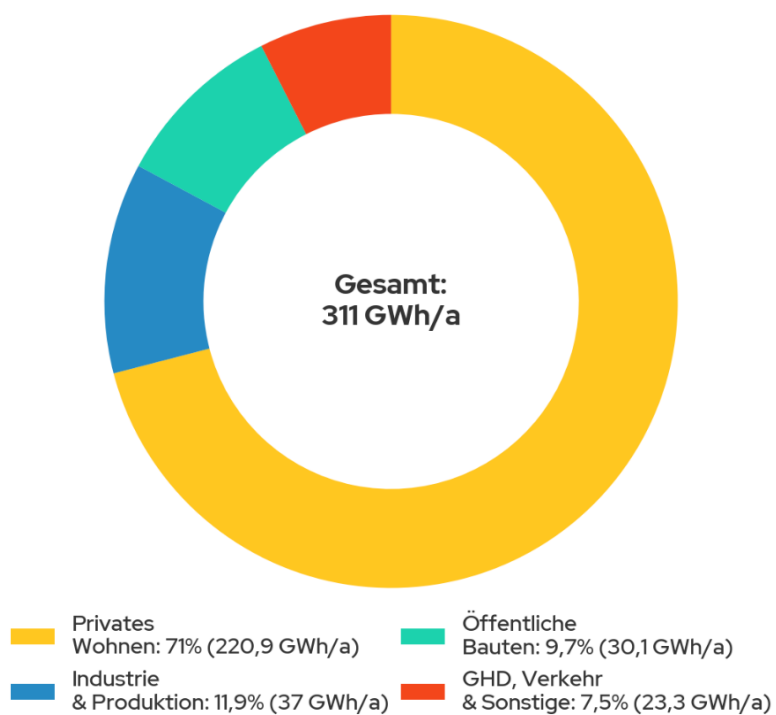


Abbildung 9: Wärmebedarf nach Sektoren

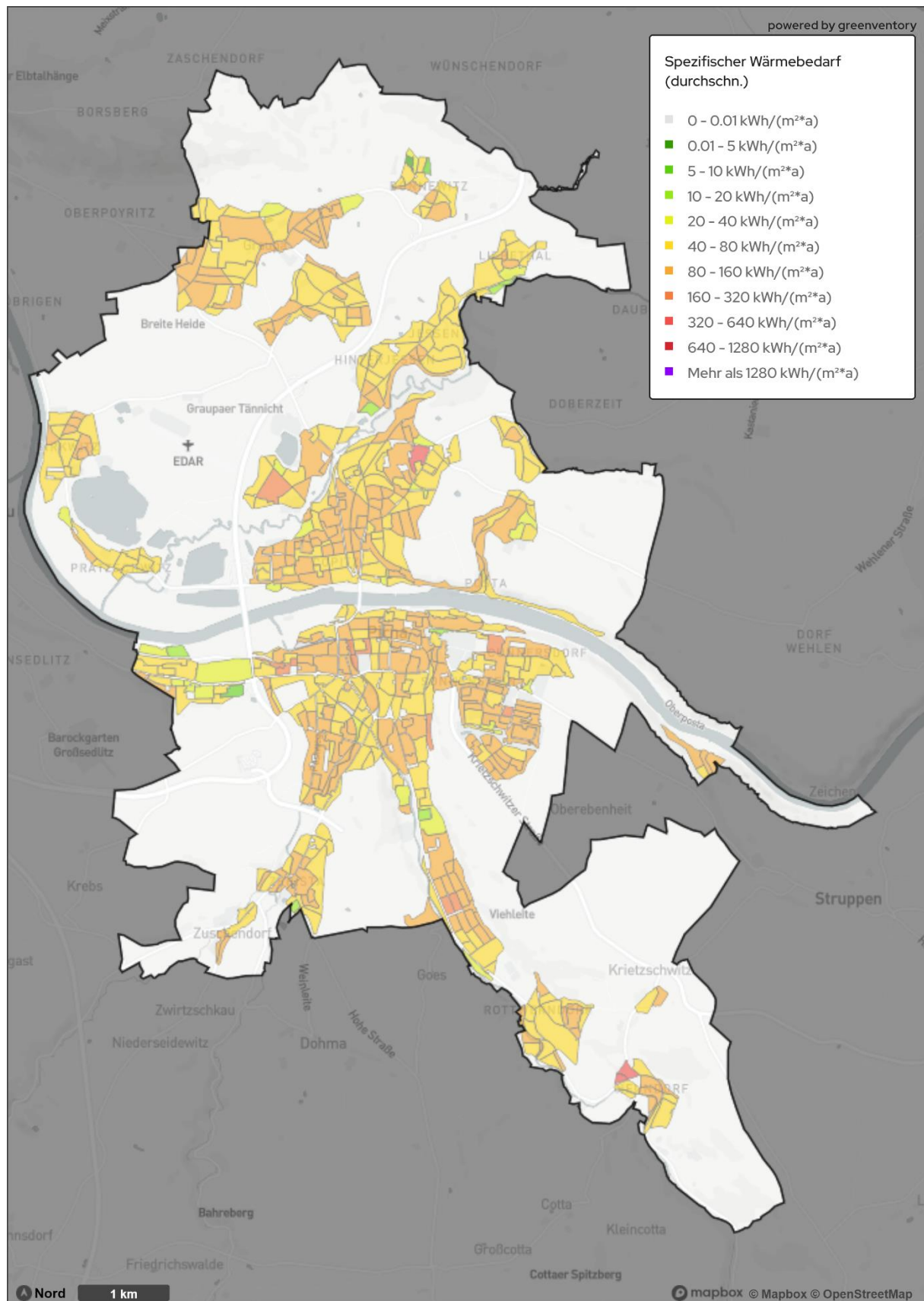


Abbildung 10: Verteilung der Wärmebedarfe je Baublock

3.4 Eingesetzte Energieträger

Für die Bereitstellung der Wärme in den Gebäuden werden 361 GWh Endenergie pro Jahr benötigt. Die Zusammensetzung der Energiebereitstellung verdeutlicht die Dominanz fossiler Brennstoffe im aktuellen Energiemix (siehe Abbildung 11). Erdgas trägt mit 237 GWh/a (65,6 %) maßgeblich zur Wärmeherzeugung bei, gefolgt von Fernwärme mit 53 GWh/a (14,7 %) und Heizöl mit 51,5 GWh/a (14,3 %). Biomasse trägt mit 17,6 GWh/a (4,9 %) zum bereits erneuerbaren Anteil der Wärmeversorgung bei. Ein weiterer Anteil von 2,3 GWh/a (0,6 %) des Endenergiebedarfs wird durch Strom gedeckt, der in Wärmepumpen und Direktheizungen genutzt wird. Die aktuelle Zusammensetzung der Endenergie verdeutlicht die Dimension der Herausforderungen auf dem Weg zur Dekarbonisierung. Die Verringerung der fossilen Abhängigkeit erfordert technische Innovationen, verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien, den Bau von Wärmenetzen und die Integration verschiedener Technologien in bestehende Systeme. Eine zielgerichtete, technische Strategie ist unerlässlich, um die Wärmeversorgung zukunftssicher und treibhausgasneutral zu gestalten.

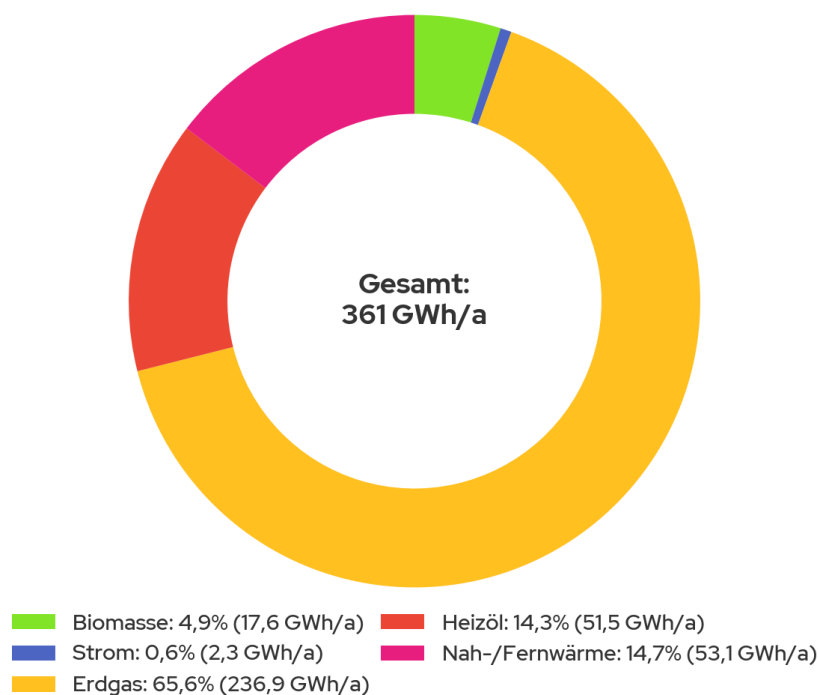


Abbildung 11: Endenergiebedarf nach Energieträger

3.5 Gasinfrastruktur

Im Projektgebiet ist die Gasinfrastruktur flächendeckend etabliert (siehe Abbildung 12). Die Eignung für die Nutzung von Wasserstoff im Gasnetz ist zu prüfen. Die zukünftige Verfügbarkeit von Wasserstoff hinsichtlich Menge und Preis ist allgemein noch nicht abzusehen.

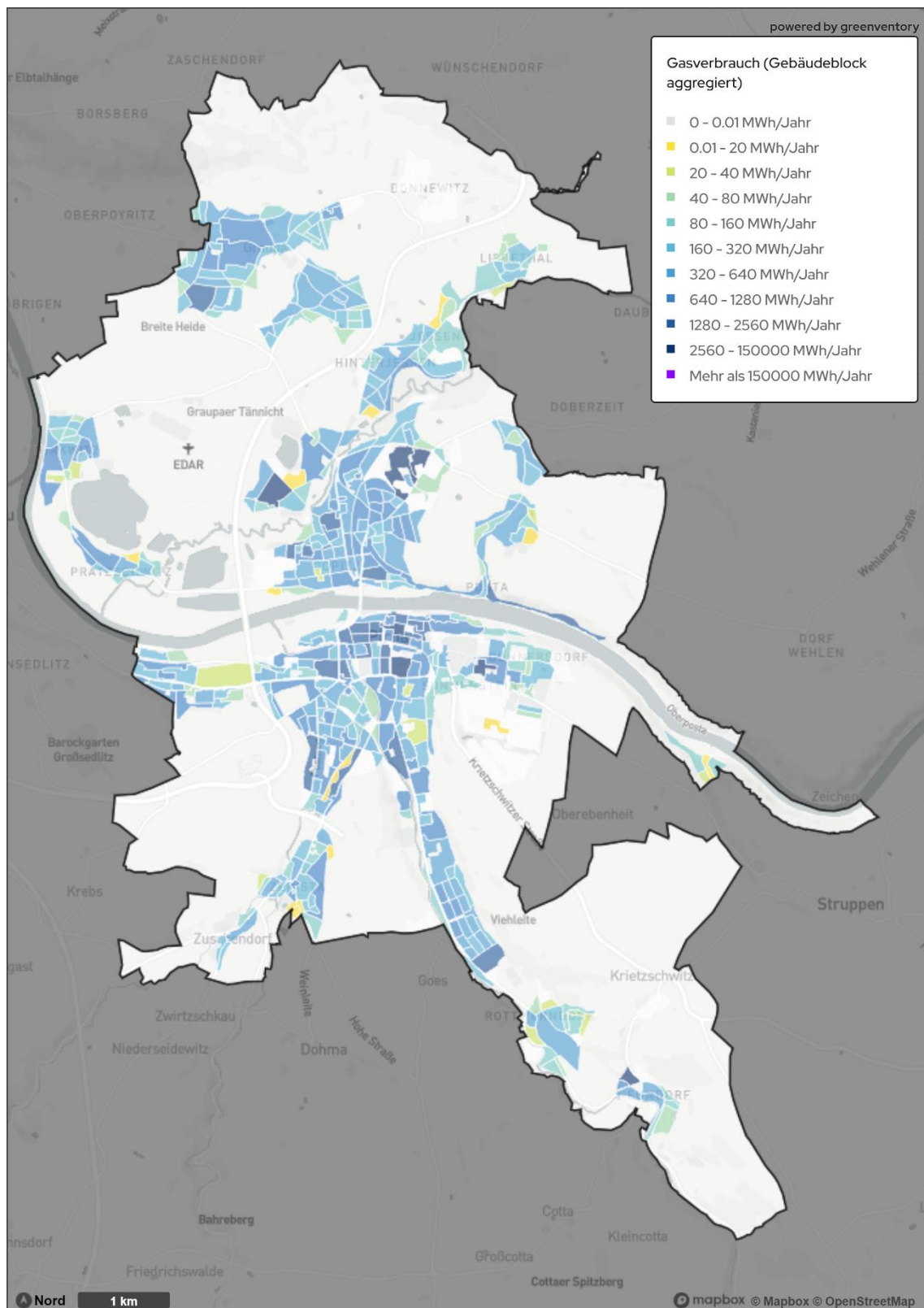


Abbildung 12: Gasverbrauch je Baublock

3.6 Wärmenetze

Aktuell gibt es im Projektgebiet zwei Wärmenetze. Der Verlauf der Wärmenetze ist vereinfacht in Abbildung 13 wiedergegeben. Das kleinere Netz mit ca. 60 angeschlossenen Gebäuden versorgt den westlichen Teil von Copitz. Das größere Wärmenetz mit ca. 290 Anschlüssen erstreckt sich über weite Teile in Pirna südlich der Elbe und versorgt den Stadtteil Sonnenstein.



Abbildung 13: Wärmenetzinfrastruktur im Projektgebiet

Das Fernwärmeversorgungsgebiet Pirna-Sonnenstein und Stadt wird aus dem Heizkraftwerk Pirna-Sonnenstein sowie zu einem kleinen Anteil aus zwei Solarthermie-Anlagen mit Wärme gespeist. Die Wärmeerzeugung im Heizkraftwerk erfolgt zum Bilanzierungszeitpunkt durch BHKW und Kessel. Es kommt vorwiegend Erdgas, zu geringen Anteilen Heizöl und bilanziell auch Biometan zum Einsatz.

Die Fernwärmeerzeugung für das Fernwärmeversorgungsgebiet Pirna-Copitz erfolgt im Heizhaus Pirna-Copitz. Zur Wärmeerzeugung und BHKW und Kessel wird ausschließlich Erdgas eingesetzt.

3.7 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung

Im Projektgebiet betragen aktuell die gesamten Treibhausgasemissionen im Wärmebereich 83.925 Tonnen pro Jahr. Sie entfallen zu 70,6 % auf den Wohnsektor, zu 7,8 % auf den Gewerbe-Handels und Dienstleistungssektor (GHD), zu 12,8 % auf die Industrie, und zu 8,8 % auf öffentlich genutzte Gebäude (siehe Abbildung 14). Damit sind die Anteile der Sektoren an den Treibhausgasemissionen in etwa proportional zu deren Anteilen am Wärmebedarf (Abbildung 9). Jeder Sektor emittiert also pro verbrauchter Gigawattstunde Wärme ähnlich viel Treibhausgas, wodurch eine Priorisierung einzelner Sektoren auf Basis der spezifischen Emissionen nicht erfolgen muss.

Erdgas ist mit 67,8 % der Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen, gefolgt von Heizöl mit 19,0 %. Damit verursachen die beiden fossilen Wärmeerzeuger fast 90 % der Emissionen im Wärmesektor im Projektgebiet. Strom (1,4 %) und Biomasse (0,4 %) machen nur einen Bruchteil der Treibhausgas-Emissionen aus (siehe Abbildung 16).

Die verwendeten Emissionsfaktoren lassen sich Tabelle 1 entnehmen. Diese werden vom Technikatalog Wärmeplanung [2] vorgegeben, bzw. wird ebenda eine Berechnung des Emissionsfaktors für Fernwärme nach der Carnot-Methode empfohlen.

Tabelle 1: Emissionsfaktoren nach Energieträger [2]

Energieträger	Emissionsfaktoren (tCO ₂ /MWh)			
	2022	2030	2040	2045
Strom	0,424	0,100	0,025	0,015
Heizöl	0,310	0,310	0,310	0,310
Erdgas	0,240	0,240	0,240	0,240
Fernwärme	0,181	0,139	0,065	0,036
Biogas / Biomethan	0,041	0,036	0,031	0,031
Biomasse (Holz)	0,020	0,020	0,020	0,022
Solarthermie	0	0	0	0

Bei der Betrachtung der Emissionsfaktoren wird der Einfluss der Brennstoffe bzw. Energiequellen auf den Treibhausgasausstoß deutlich. Zudem spiegelt sich die erwartete Dekarbonisierung des Stromsektors in den Emissionsfaktoren wider. Dieser entwickelt sich für den deutschen Strommix von heute 0,424 tCO₂/MWh auf zukünftig 0,015 tCO₂/MWh – ein Effekt, der elektrische Heizsysteme wie Wärmepumpen zukünftig weiter begünstigen dürfte.

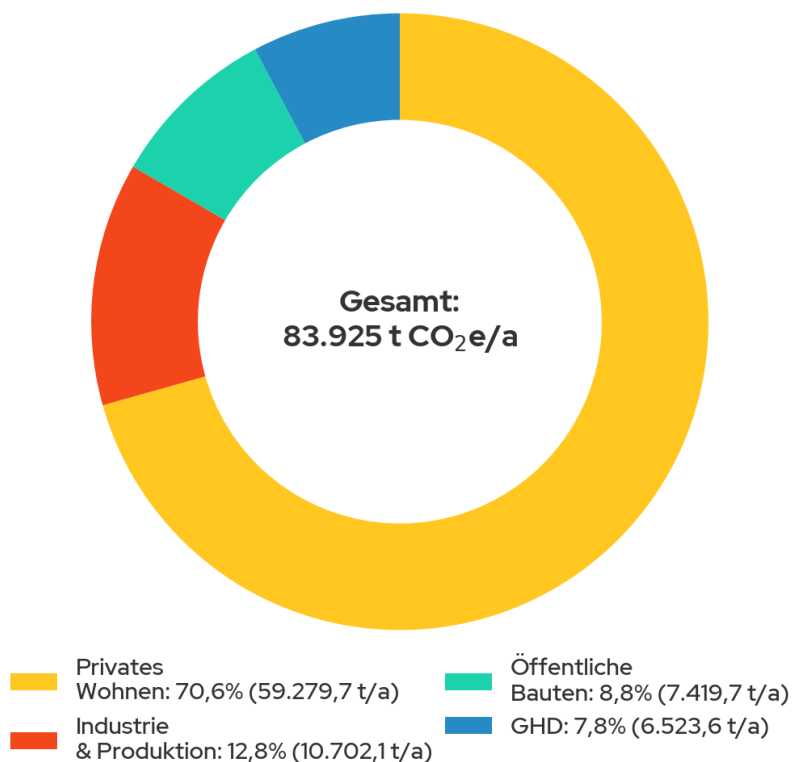


Abbildung 14: Treibhausgasemissionen nach Sektoren

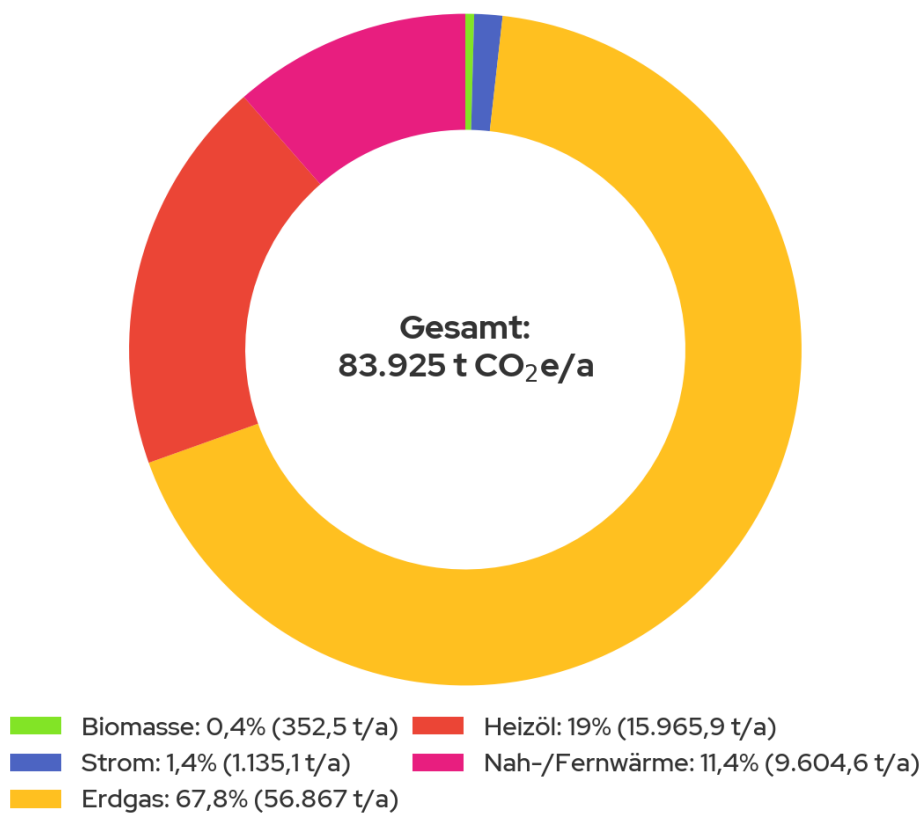


Abbildung 15: Treibhausgasemissionen nach Energieträgern

4 Potenzialanalyse

Zur Identifizierung der technischen Potenziale wurde eine umfassende Flächenanalyse durchgeführt, bei der sowohl übergeordnete Ausschlusskriterien als auch Eignungskriterien berücksichtigt wurden. Diese Methode ermöglicht für das gesamte Projektgebiet eine robuste, quantitative und räumlich spezifische Bewertung aller relevanten erneuerbaren Energieressourcen. Die endgültige Nutzbarkeit der erhobenen technischen Potenziale hängt von weiteren Faktoren, wie der Wirtschaftlichkeit, Eigentumsverhältnissen und eventuellen zusätzlich zu beachtenden spezifischen Restriktionen ab, welche Teil von weiterführenden Untersuchungen sind.

4.1 Methodik

Die Potenzialanalyse fokussiert sich auf die technischen Möglichkeiten zur Erschließung erneuerbarer Wärmequellen im Untersuchungsgebiet. Sie basiert auf umfassenden Datensätzen aus öffentlichen Quellen und führt zu einer räumlichen Eingrenzung und Quantifizierung der identifizierten Potenziale. Neben der Bewertung erneuerbarer Wärmequellen wurde ebenfalls das Potenzial für die Erzeugung regenerativen Stroms evaluiert. Im Einzelnen wurden folgende Energiepotenziale erfasst:

- Biomasse: Erschließbare Energie aus organischen Materialien
- Windkraft: Stromerzeugungspotenzial aus Windenergie
- Solarthermie (Freifläche & Aufdach): Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung
- Photovoltaik (Freifläche & Aufdach): Stromerzeugung durch Sonneneinstrahlung
- Oberflächennahe Geothermie: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten
- Tiefengeothermie: Nutzung von Wärme in tieferen Erdschichten zur Wärme- und Stromgewinnung
- Luftwärmepumpe: Nutzung der Umweltwärme der Umgebungsluft
- Gewässerwärmepumpe (Flüsse und Seen): Nutzung der Umweltwärme der Gewässer
- Abwärme aus Klärwerken: Nutzbare Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen
- Industrielle Abwärme: Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen.

Diese Erfassung ist eine Basis für die Planung und Priorisierung zukünftiger Maßnahmen zur Energiegewinnung und -versorgung.



Abbildung 16: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse

Als Basis für die Potenzialanalyse wird eine stufenweise Eingrenzung der Potenziale vorgenommen. Hierfür kommt ein Indikatorenmodell zum Einsatz. In diesem werden alle Flächen im Projektgebiet analysiert und mit spezifischen Indikatoren (z.B. Windgeschwindigkeit oder solare Einstrahlung) versehen und bewertet. Die Schritte zur Erhebung des Potenzials sind folgende:

1. Erfassung von strukturellen Merkmalen aller Flächen des Untersuchungsgebietes.
2. Eingrenzung der Flächen anhand harter und weicher Restriktionskriterien sowie weiterer technologiespezifischer Einschränkungen (beispielsweise Mindestgrößen von Flächen für PV-Freiflächen).
3. Berechnung des jährlichen energetischen Potenzials der jeweiligen Fläche oder Energiequelle auf Basis aktuell verfügbarer Technologien.

In Tabelle 2 ist eine Auswahl der wichtigsten für die Analyse herangezogenen Flächenkriterien aufgeführt. Diese Kriterien erfüllen die gesetzlichen Richtlinien nach Bundes- und Landesrecht, können jedoch keine raumplanerischen Abwägungen um konkurrierende Flächennutzung ersetzen.

Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien

Potenzial	Wichtigste Kriterien (Auswahl)
Elektrische Potenziale	
Windkraft	Abstand zu Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Flächengüte
PV auf Freiflächen	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Flächengüte
PV auf Dachflächen	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
Thermische Potenziale	
Abwärme aus Klärwerken	Klärwerk-Standorte, Anzahl versorgter Haushalte, techno-ökonomische Anlagenparameter
Industrielle Abwärme	Wärmemengen, Temperaturniveau, zeitliche Verfügbarkeit
Biomasse	Landnutzung, Naturschutz, Hektarerträge von Energiepflanzen, Heizwerte, techno-ökonomische Anlagenparameter
Solarthermie Freiflächen	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Flächengüte, Nähe zu Wärmeverbrauchern
Solarthermie Dachflächen	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
Oberflächennahe Geothermie	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Wasserschutzgebiete, Nähe zu Wärmeverbrauchern
Tiefengeothermie	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Wasserschutzgebiete, Potenzial, Gesteinstypen
Luftwärmepumpe	Gebäudeflächen, Gebäudealter, techno-ökonomische Anlagenparameter, gesetzliche Vorgaben zu Abständen
Großwärmepumpen Flüsse und Seen	Landnutzung, Naturschutz, Temperatur- und Abflussdaten der Gewässer, Nähe zu Wärmeverbrauchern, techno-ökonomische Anlagenparameter

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung zielt die Potenzialanalyse darauf ab, die Optionen für die Wärmeversorgung, insbesondere bezüglich der Fernwärme in den Eignungsgebieten, zu präzisieren und zu bewerten. Gemäß den Richtlinien des Handlungsleitfadens zur Kommunalen

Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA, 2020) fokussiert sich diese Analyse primär auf die Identifikation des technischen Potenzials (siehe Infobox - Definition von Potenzialen). Neben der technischen Realisierbarkeit sind auch ökonomische und soziale Faktoren bei der späteren Entwicklung spezifischer Flächen zu berücksichtigen. Es ist zu beachten, dass die KWP nicht den Anspruch erhebt, eine detaillierte Potenzialstudie zu sein. Tatsächlich realisierbare Potenziale werden in nachgelagerten kommunalen Prozessen ermittelt.

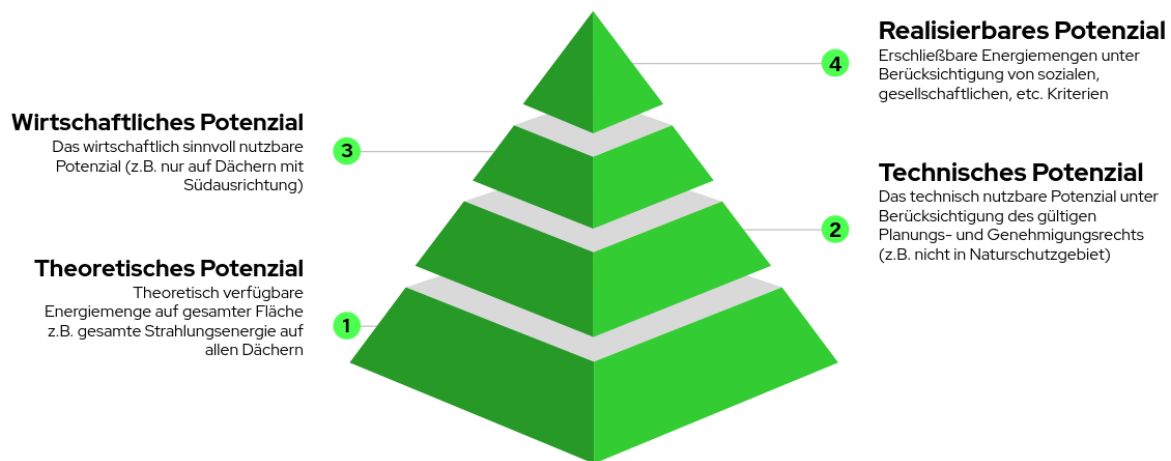


Abbildung 17: Ebenen der Potenzialanalyse

Theoretisches Potenzial:

Physikalisch vorhandenes Potenzial der Region, z. B. die gesamte Strahlungsenergie der Sonne, Windenergie auf einer bestimmten Fläche in einem definierten Zeitraum.

Technisches Potenzial:

Eingrenzung des theoretischen Potenzials durch Einbeziehung der rechtlichen Rahmenbedingungen und technologischen Möglichkeiten. Das technische Potenzial ist somit als Obergrenze anzusehen. Differenzierung in:

→ Geeignetes Potenzial (weiche und harte Restriktionen): unter Anwendung harter und weicher Kriterien. Natur- und Artenschutz wird grundsätzlich ein „politischer Vorrang“ eingeräumt, weshalb sich die verfügbare Fläche zur Nutzung von erneuerbaren Energien verringert.

→ Bedingt geeignetes Potenzial (nur harte Restriktionen): Natur- und Artenschutz wird der gleiche oder ein geringerer Wert einräumt als dem Klimaschutz (z. B. durch Errichtung von Wind-, PV- und Solarthermieanlagen in Landschaftsschutz- und FFH-Gebieten).

Das technische Potenzial wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ermittelt und analysiert.

Wirtschaftliches Potenzial:

Eingrenzung des technischen Potenzials durch Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit (beinhaltet z. B. Bau-, Erschließungs- und Betriebskosten sowie erzielbare Energiepreise).

Realisierbares Potenzial:

Die tatsächliche Umsetzbarkeit hängt von zusätzlichen Faktoren (z. B. Akzeptanz, raumplanerische Abwägung von Flächenkonkurrenzen, kommunalen Prioritäten) ab. Werden diese Punkte berücksichtigt, spricht man von dem realisierbaren Potenzial bzw. „praktisch nutzbaren Potenzial“.

4.2 Potenziale zur Wärmeerzeugung

Die Untersuchung der thermischen Potenziale offenbart ein breites Spektrum an Möglichkeiten für die lokale Wärmeversorgung (Abbildung 18).

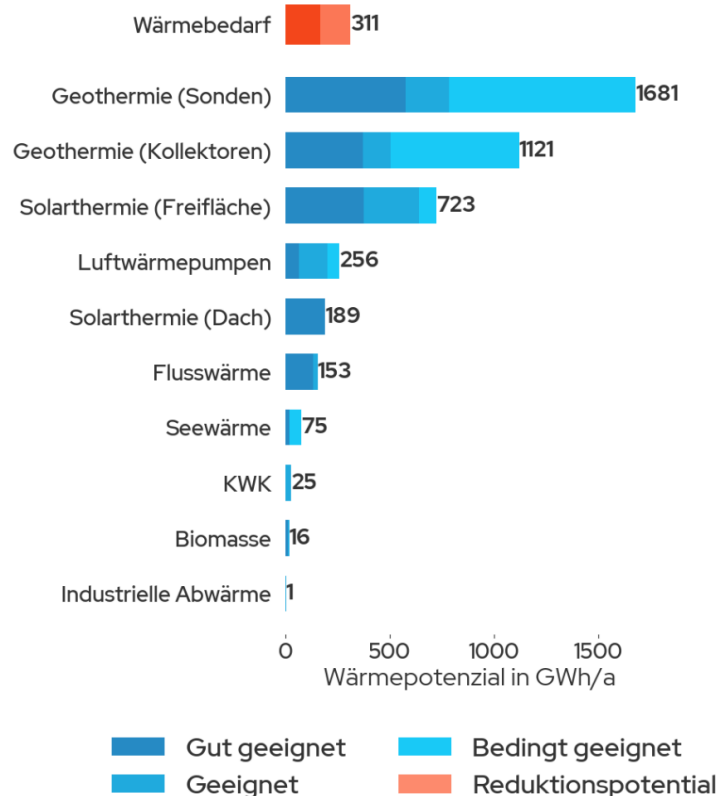


Abbildung 18: Erneuerbare Wärmepotenziale im Projektgebiet

Für Solarthermie, Flusswasser, Seewärme und oberflächennahe Geothermie gelten in der Untersuchung eine wirtschaftliche Grenze von 1000 m zu Siedlungsflächen, wobei Flächen mit einem Abstand von 200 m zu Siedlungen als gut geeignet gekennzeichnet werden, sofern keine weiteren Restriktionen vorliegen.

Solarthermie auf Freiflächen stellt mit einem Potenzial von 723 GWh/a eine große Ressource dar. Solarthermie nutzt Sonnenstrahlung, um mit Kollektoren Wärme zu erzeugen und über ein Verteilsystem zu transportieren. Geeignete Flächen werden nach technischen Anforderungen und unter Berücksichtigung weiterer Restriktionen wie Naturschutz und baulicher Infrastruktur ausgewählt, wobei Flächen unter 500 m² ausgeschlossen werden. Die Potenzialberechnung basiert auf einer Leistungsdichte von 3.000 kW/ha und berücksichtigt Einstrahlungsdaten sowie Verschattung, mit einem Reduktionsfaktor für den Jahresenergieertrag. Bei der Planung und Erschließung von Solarthermie sind jedoch Flächenverfügbarkeit und Anbindung an Wärmenetze zu berücksichtigen. Auch sollten geeignete Flächen für die Wärmespeicherung (eine Woche bis zu mehreren Monaten je nach Einbindungskonzept) vorgesehen werden. Zudem sei darauf hingewiesen, dass es bei Solarthermie- und PV-Freiflächenanlagen eine Flächenkonkurrenz gibt.

Auch auf Dachflächen kann Solarthermie genutzt werden. Bei der Solarthermie auf Dachflächen wird mittels KEA-BW Methode das Potenzial aus 25 % der Dachflächen über 50 m² für die Wärmeerzeugung geschätzt. Die jährliche Produktion basiert auf 400 kWh/m² durch flächenspezifische Leistung und durchschnittliche Volllaststunden. Die Potenziale der Dachflächen für Solarthermie belaufen sich auf 189 GWh/a und konkurrieren direkt mit den Potenzialen für Photovoltaik-Anlagen auf Dächern. Eine Entscheidung für die Nutzung des einen oder anderen Potenzials sollte individuell getroffen werden.

Wärmepumpen sind eine etablierte und unter gewissen Bedingungen energetisch hocheffiziente Technologie für die Wärmeerzeugung. Eine Wärmepumpe ist ein Gerät, das Wärmeenergie aus einer Quelle (wie Luft, Wasser oder Erde) auf ein höheres Temperaturniveau transferiert, um Gebäude zu heizen oder mit Warmwasser zu versorgen. Sie nutzt dabei ein Kältemittel, das im Kreislauf geführt wird, um Wärme aufzunehmen und abzugeben, ähnlich einem Kühlschrank, der in umgekehrter Richtung arbeitet. Wärmepumpen können vielseitig im Projektgebiet genutzt werden. Das Potenzial der Luftwärmepumpen (256 GWh/a) ergibt sich jeweils im direkten Umfeld der Gebäude. Luftwärmepumpen haben für die zukünftige Wärmeversorgung ein großes Potenzial. Dieses ist besonders groß für Ein- und Zweifamilienhäuser sowie kleinere bis mittlere Mehrfamilienhäuser und kann im Vergleich zu Erdwärmekollektoren auch in Gebieten ohne große Flächenverfügbarkeit genutzt werden, sofern die geltenden Abstandsregelungen zum Lärmschutz eingehalten werden. Auch für die Nutzung in Wärmenetzen sind Luftwärmepumpen mit einer Größenordnung von 1-4 MW gut geeignet. Essenziell bei der Nutzung von Wärmepumpen ist eine Optimierung der Temperaturen, um möglichst geringe Temperaturhübe zu benötigen.

Oberflächennahe Geothermie (Sonden) hat ein Potenzial von 1.681 GWh/a im Projektgebiet. Die Technologie nutzt konstante Erdtemperaturen bis 100 m Tiefe mit einem System aus Erdwärmesonden und Wärmepumpe zur Wärmeextraktion und -anhebung. Die Potenzialberechnung berücksichtigt spezifische geologische Daten und schließt Wohn- sowie Gewerbegebiete ein, wobei Gewässer und Schutzzonen ausgeschlossen und die Potenziale einzelner Bohrlöcher unter Verwendung von Kennzahlen abgeschätzt werden.

Erdwärmekollektoren (1.121 GWh/a) ergeben sich jeweils im direkten Umfeld der Gebäude. Erdwärmekollektoren sind Wärmetauscher, die wenige Meter unter der Erdoberfläche liegen und die vergleichsweise konstante Erdtemperatur nutzen, um über ein Rohrsystem mit Wärmeträgerflüssigkeit Wärme zu einer Wärmepumpe zu leiten. Dort wird die Wärme für die Beheizung von Gebäuden oder Warmwasserbereitung aufbereitet.

KWK-Anlagen im Wärmenetz spielen besonders in der nahen Zukunft eine wichtige Rolle beim Übergang zu einem fossilfreien Wärmesystem. Aktuell gehören zu den Wärmeerzeugern für das Netz Sonnenstein zwei BHKW-Module mit jeweils $2,0 \text{ MW}_{\text{el}}$ / $2,3 \text{ MW}_{\text{th}}$. Das Wärmenetz Copitz wird u.a. von zwei BHKW mit jeweils $0,24 \text{ MW}_{\text{th}}$ / $0,37 \text{ MW}_{\text{th}}$ und einem weiteren mit $0,4 \text{ MW}_{\text{th}}$ / $0,5 \text{ MW}_{\text{th}}$ versorgt. Eine Auswertung des Marktstammdatenregisters für Anlagen mit Inbetriebnahme bis einschließlich 2022, die heute noch aktiv sind, zeigt eine zusätzliche kumulierte Erzeugungskapazität von etwa $0,5 \text{ MW}_{\text{el}}$ für KWK-Anlagen. Diese verteilt sich auf 28 kleinere BHKW und Brennstoffzellen. Der vorwiegend verwendete Brennstoff ist Erdgas. Für diese kleineren KWK-Anlagen liegt das thermische KWK-Potenzial im Projektgebiet bei ca. 25 GWh Wärme pro Jahr. Die zentralen KWK-Anlagen liefern jährlich über 50 GWh Fernwärme. Wie auch beim Strom, zeigt die Analyse das Potenzial der bestehenden KWK-Infrastruktur, welches durch eine Umstellung auf Biogas oder andere regenerative Gase erschlossen werden kann. Im Vergleich zu den anderen Potenzialen im Projektgebiet ist das Wärmepotenzial eher gering einzuordnen. Zukünftig ist eine Erweiterung der KWK-Kapazität zur Wärmeerzeugung für das Netz Sonnenstein um $1,2 \text{ MW}_{\text{el}}$ / $1,3 \text{ MW}_{\text{th}}$ geplant. Erweiterungen dezentraler Anlagen oder neue dezentrale Standorte werden in der Potenzialanalyse nicht berücksichtigt.

Das thermische Biomassepotenzial beträgt 16 GWh/a und setzt sich aus Waldrestholz, Hausmüll, Grünschnitt, Rebschnitt und dem möglichen Anbau von Energiepflanzen zusammen. Biomasse hat den Vorteil einer einfachen technischen Nutzbarkeit sowie hoher Temperaturen. Allerdings ist ersichtlich, dass diese nur in sehr begrenzter Menge zur Verfügung steht.

Das Potenzial für Gewässerwärmepumpen im Projektgebiet beträgt 153 GWh/a und ist aufgrund der durch Pirna fließenden Elbe eine interessante Option.

Im Rahmen der Transformationsplanung der Wärmenetze nach BEW, welche von den Stadtwerken Pirna durchgeführt wird, wurde die Option Flusswasser-Wärmepumpe anhand der Flusstemperaturen und des Fernwärmebedarfes bereits tiefergehend bewertet. Eine Vorabanalyse der zeitlichen Struktur des Fernwärmebedarfes in Sonnenstein und Copitz im Hinblick auf Wärmepumpenlösungen zeigt, dass für beide Standorte verschiedene Anlagenkonfigurationen (z.B. ein oder mehrere Module) denkbar wären. Je nach Konfiguration steigt/sinkt der regelungstechnische Aufwand, die betriebliche Flexibilität oder der Platzbedarf. Detailuntersuchungen zur Option Flusswasser als Wärmequelle, den damit verbundenen technischen Spezifikationen sowie auch zum Platzbedarf und die infrastrukturellen Anforderungen werden im Zuge der Transformationsplanung der Fernwärme im Weiteren im Detail untersucht.

Für die Evaluierung der Nutzung von industrieller Abwärme wurden im Projektgebiet Abfragen bei möglichen relevanten Industrie- und Gewerbebetrieben durchgeführt und so ein Potenzial von ca. 600 MWh/a identifiziert.

Ein wichtiger Aspekt, der in der Betrachtung der erhobenen Potenziale Berücksichtigung finden muss, ist das Temperaturniveau des jeweiligen Wärmeerzeugers. Das Temperaturniveau hat einen signifikanten Einfluss auf die Nutzbarkeit und Effizienz von Wärmeerzeugern, insbesondere Wärmepumpen. Des Weiteren gilt es zu berücksichtigen, dass die meisten hier genannten Wärmeerzeugungspotenziale eine Saisonalität aufweisen, sodass Speicherlösungen und Redundanzen für die bedarfsgerechte Wärmebereitstellung bei der Planung mitberücksichtigt werden sollten.

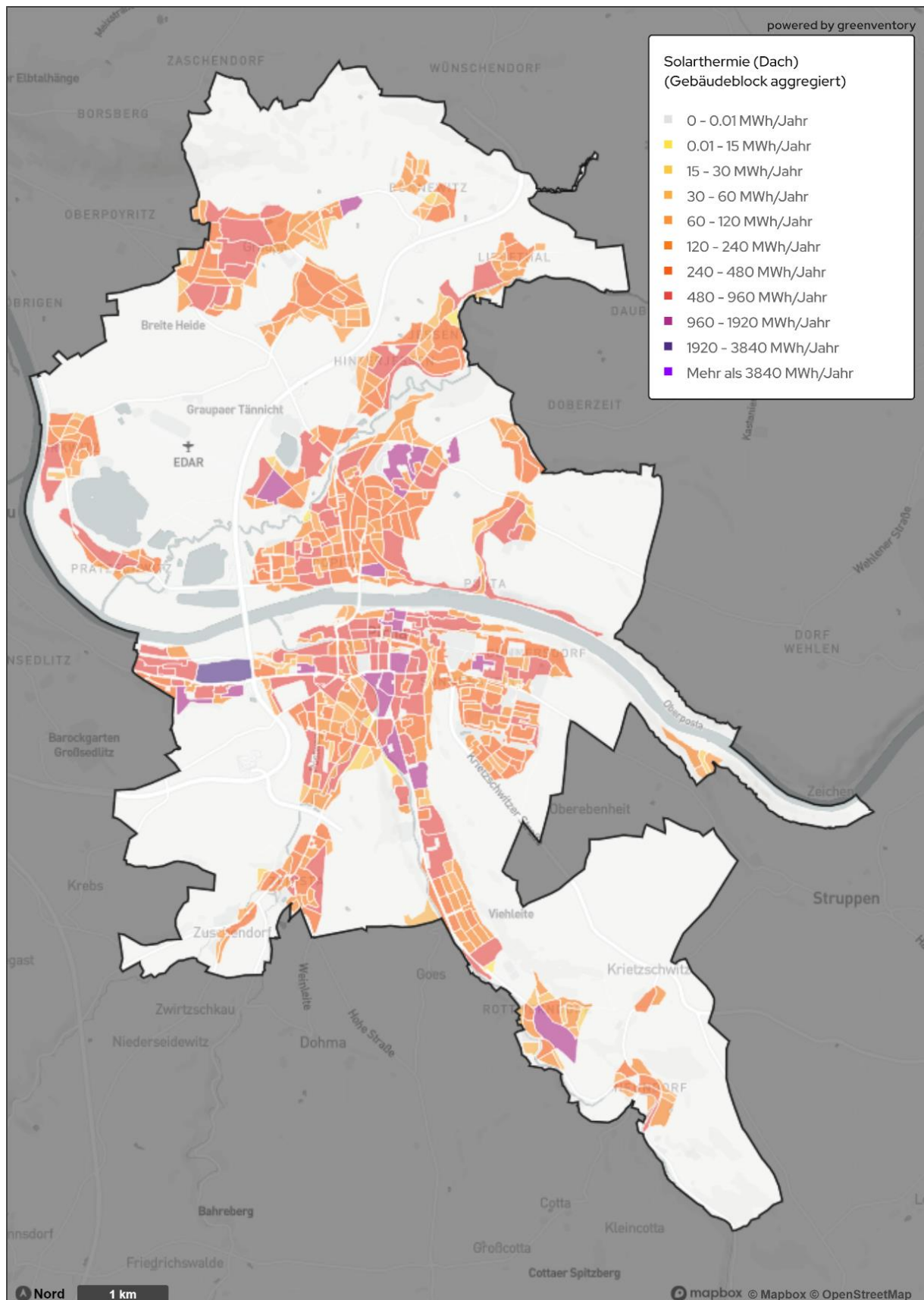


Abbildung 19: Solarthermie-Potenzial auf Dachflächen je Baublock

4.3 Potenziale zur Stromerzeugung

Die Analyse der Potenziale im Projektgebiet zeigt verschiedene Optionen für die lokale Erzeugung von erneuerbarem Strom (Abbildung 20).

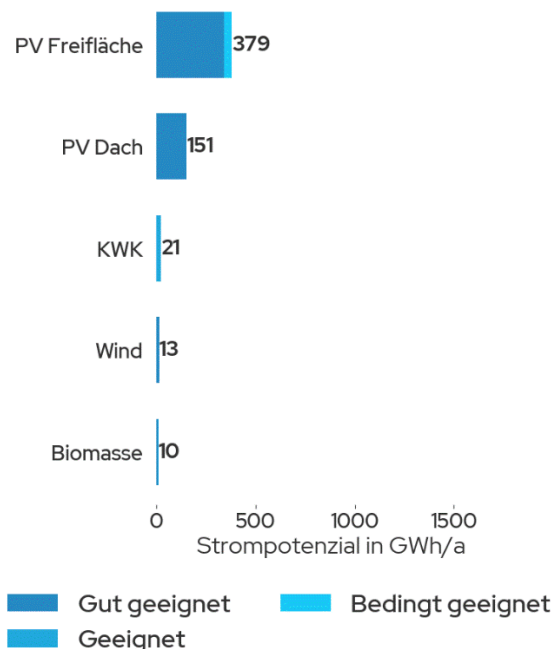


Abbildung 20: Erneuerbare Strompotenziale im Projektgebiet

Biomasse wird für Wärme oder Strom entweder direkt verbrannt oder zu Biogas vergoren. Für die Biomassenutzung geeignete Gebiete schließen Naturschutzgebiete aus und berücksichtigen landwirtschaftliche Flächen, Waldreste, Rebschnitte und städtischen Biomüll. Die Potenzialberechnung basiert auf Durchschnittserträgen und der Einwohnerzahl für städtische Biomasse, wobei wirtschaftliche Faktoren wie die Nutzungseffizienz von Mais und die Verwertbarkeit von Gras und Stroh berücksichtigt werden. Es zeigt sich, dass die Nutzung von ausschließlich im Projektgebiet vorhandener Biomasse nur einen geringen Beitrag zur Stromerzeugung leisten könnte. Der Rohstoff Biomasse sollte daher eher für die Wärmeerzeugung genutzt werden.

Windkraftanlagen nutzen Wind zur Stromerzeugung und sind eine zentrale Form der Windenergienutzung. Potenzialflächen werden nach technischen und ökologischen Kriterien sowie Abstandsregelungen selektiert, wobei Gebiete mit mindestens 1.900 Volllaststunden als gut geeignet gelten. Die Potenzial- und Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt lokale Windverhältnisse, Anlagentypen und erwartete Energieerträge. Mit 13 GWh/a bietet die Windkraft ein geringes Potenzial. Hier sind auch Aspekte der Akzeptanz sowie der Einfluss auf die lokale Flora und Fauna zu berücksichtigen, weshalb die Eignungsflächen stark eingegrenzt sind und die Analyse der Windflächen außerhalb der KWP erfolgen sollte.

Im Projektgebiet sind KWK-Anlagen in unterschiedlichen Größenordnungen vertreten – von Kleinstanlagen mit Brennstoffzellentechnologie ab 1 kW_{th} bis zu großen Einheiten, die in das Fernwärmenetz eingebunden sind und Leistungen zwischen 240 kW_{el} und 2 GW_{el} erbringen. Insgesamt kumuliert sich die Erzeugungsleistung der kleineren Anlagen auf 0,5 MW_{el}. Das KWK-Potenzial dieser Anlagen zur Stromerzeugung beträgt 21 GWh Strom pro Jahr. Die zentralen BHKW, welche zur Fernwärmeerzeugung eingesetzt werden, erzeugen bis zu 30 GWh jährlich. Diese Analyse zeigt das elektrische Potenzial der bestehenden Infrastruktur, falls eine Umstellung auf Biogas oder andere regenerative Gase erfolgen sollte. Es ist deutlich, dass die Umstellung der bestehen-

den KWK-Anlagen auf erneuerbare Brennstoffe einen geringen Beitrag zur Stromerzeugung leisten könnte. Zukünftige Erweiterungen der Kapazität der Bestandsanlagen oder neue Standorte sind hierbei nicht berücksichtigt.

Photovoltaik auf Freiflächen stellt mit 379 GWh/a das größte erneuerbare Strompotenzial dar, wobei Flächen als grundsätzlich geeignet ausgewiesen werden, die keinen Restriktionen unterliegen und die technischen Anforderungen erfüllen; besonders beachtet werden dabei Naturschutz, Hangneigungen, Überschwemmungsgebiete und gesetzliche Abstandsregeln. Bei der Potenzialberechnung werden Module optimal platziert und unter Berücksichtigung von Verschattung und Sonneneinstrahlung werden jährliche Volllaststunden und der Jahresenergieertrag pro Gebiet errechnet. Die wirtschaftliche Nutzbarkeit wird basierend auf Mindestvolllaststunden und dem Neigungswinkel des Geländes bewertet, um nur die rentabelsten Flächen einzubeziehen. Hierbei werden Flächen mit mindestens 919 Volllaststunden als gut geeignet ausgewiesen. Zudem sind Flächenkonflikte, beispielsweise mit landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie die Netzanschlussmöglichkeiten abzuwägen. Ein großer Vorteil von PV-Freiflächen in Kombination mit großen Wärmepumpen ist, dass sich die Stromerzeugungsflächen nicht in unmittelbarer Nähe zur Wärmenachfrage befinden müssen und so eine gewisse Flexibilität in der Flächenauswahl möglich ist.

Abbildung 21 zeigt potenzielle Freiflächen nach Nennleistung. Weiterhin dargestellt sind die Konversionsflächen aus dem Flächennutzungsplan. Hierbei handelt es sich um Deponien, Halden oder Aufschüttungen. Aufgrund der Verfügbarkeit, der in der Regel genehmigungsrechtlich schnellen Erschließbarkeit sowie der geringen Nutzungskonkurrenz werden diese Flächen für eine Nutzung von Freiflächen-PV tiefergehend ausgewertet: Die mögliche Stromerzeugung auf Konversionserzeugung ergibt sich aus dem Potenzial der Schnittflächen. So befinden sich insgesamt 20,2 ha der potenziellen PV-Freiflächen auf Konversionsflächen, was einer möglichen Stromerzeugung von 14,9 GWh entspricht. Dabei fallen etwa 94 % der Flächenanteile in die Kategorie gut geeignet; weitere Flächen entsprechen der Kategorie geeignet.

Das Potenzial für Photovoltaikanlagen auf Dachflächen fällt mit 151 GWh/a geringer aus als in der Freifläche, bietet jedoch den Vorteil, dass es ohne zusätzlichen Flächenbedarf oder Flächenkonflikte ausgeschöpft werden kann. In der aktuellen Analyse wird davon ausgegangen (siehe KEA, 2020), dass das Stromerzeugungspotenzial von Photovoltaik auf 50 % der Dachflächen von Gebäuden über 50 m² möglich ist. Die jährliche Stromproduktion wird durch flächenspezifische Leistung (220 kWh/m²a) berechnet. Im Vergleich zu Freiflächenanlagen ist allerdings mit höheren spezifischen Kosten zu kalkulieren. In Kombination mit Wärmepumpen ist das Potenzial von PV auf Dachflächen gerade für die Warmwasserbereitstellung im Sommer sowie die Gebäudeheizung in den Übergangszeiten interessant.

Zusammenfassend bieten sich vielfältige Möglichkeiten zur erneuerbaren Stromerzeugung im Projektgebiet wobei jede Technologie ihre eigenen Herausforderungen und Kostenstrukturen mit sich bringt. Bei der Umsetzung von Projekten sollten daher sowohl die technischen als auch die sozialen und wirtschaftlichen Aspekte sorgfältig abgewogen werden. Es ist jedoch hervorzuheben, dass die Nutzung der Dachflächen der Erschließung von Freiflächen vorzuziehen ist.

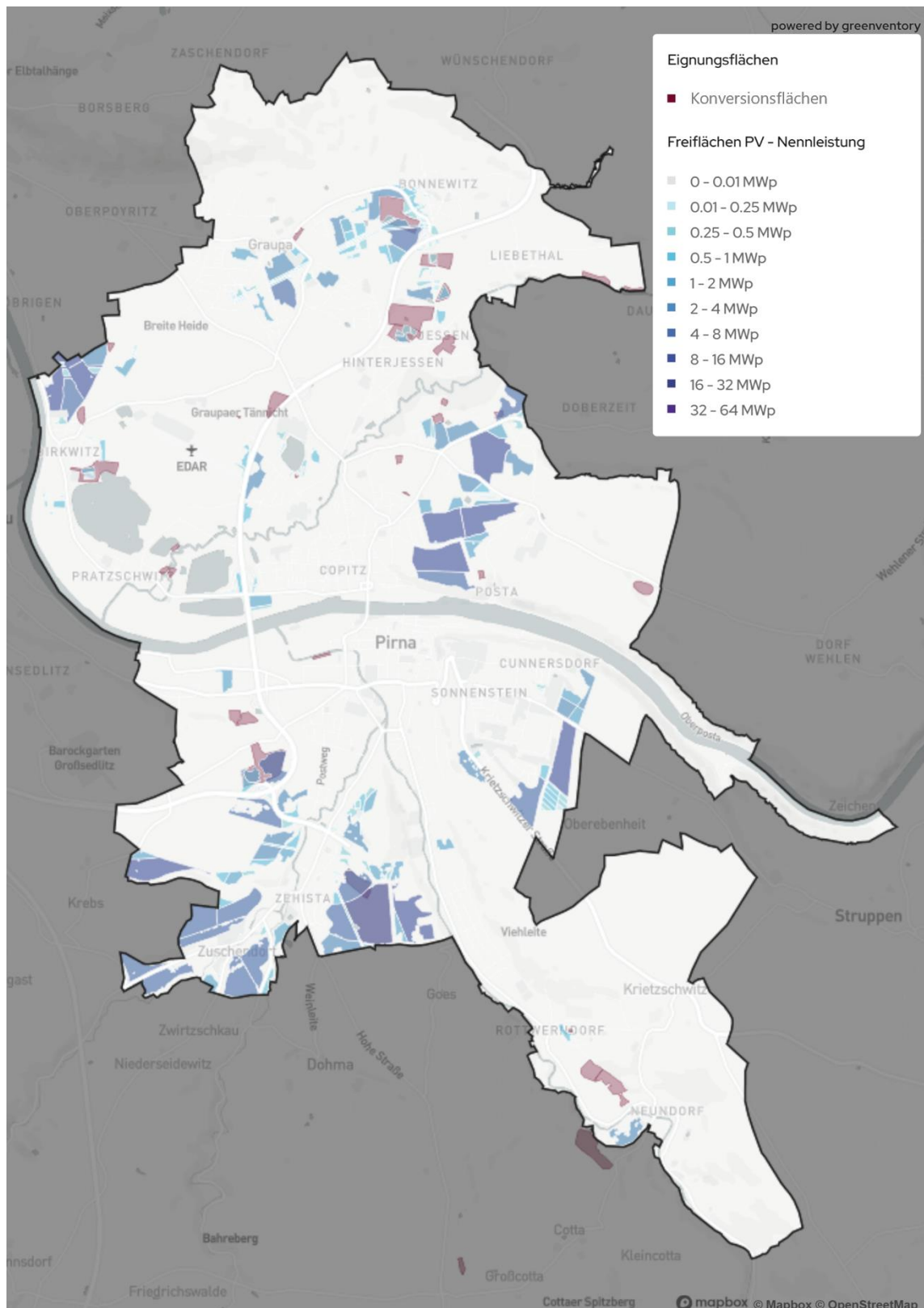


Abbildung 21: PV-Potenzial auf Freiflächen und Darstellung der Konversionsflächen

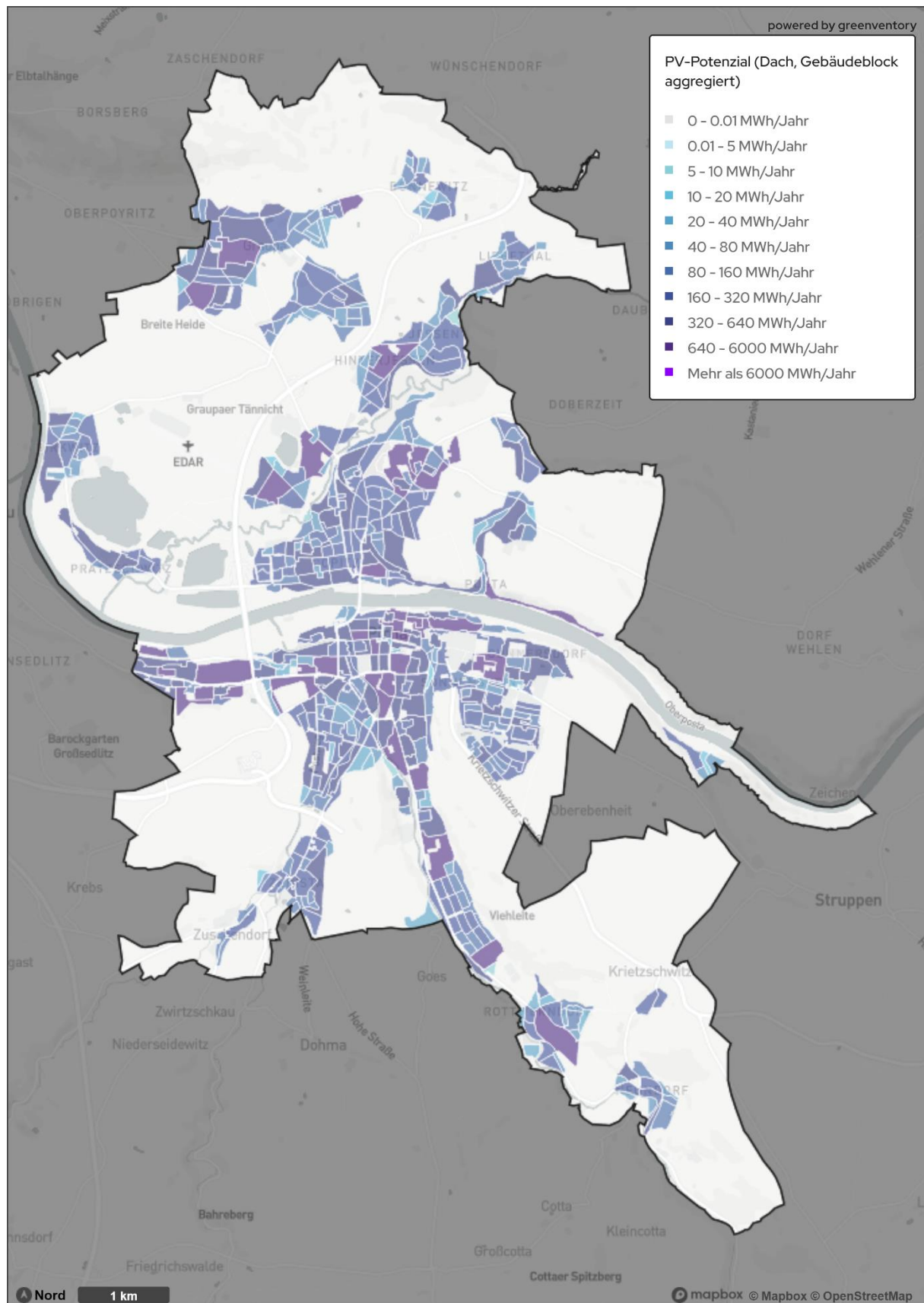


Abbildung 22: PV-Potenzial auf Dachflächen je Baublock

4.4 Potenziale für eine lokale Wasserstoffherzeugung

Die lokale Erzeugung von Wasserstoff zur Verwendung als Energieträger für Wärme wird aufgrund der zum heutigen Tag geringen lokalen Verfügbarkeit von Überschussstrom sowie einer Wasserstoffproduktion in der vorliegenden Planung nicht weiter betrachtet. Eine mögliche zukünftige Nutzung kann und sollte jedoch bei sich ändernden Rahmenbedingungen in die Planungen aufgenommen werden. Dies kann im Rahmen der Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans erfolgen.

4.5 Sanierungspotenziale

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands stellt ein zentrales Element zur Erreichung der kommunalen Klimaziele dar. Die Untersuchung zeigt, dass durch umfassende Sanierungsmaßnahmen eine Gesamtreduktion um bis zu 145,5 GWh bzw. 46,7 % des Gesamtwärmeverbrauchs im Projektgebiet realisiert werden könnte, sofern alle Gebäude saniert werden. Der Einfluss der Sanierungsrate wird in den Szenarien behandelt. Die Gebäude, die bis 1978 erbaut wurden, sind sowohl in der Anzahl als auch in ihrem energetischen Zustand besonders relevant. Sie wurden vor den einschlägigen Wärmeschutzverordnungen erbaut und haben daher einen erhöhten Sanierungsbedarf. Besonders im Wohnbereich zeigt sich ein hohes Sanierungspotenzial. Hier können durch energetische Verbesserung der Gebäudehülle signifikante Energieeinsparungen erzielt werden. In Kombination mit einem Austausch der Heiztechnik bietet dies insbesondere für Gebäude mit Einzelversorgung einen großen Hebel. Typische energetische Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle können von der Dämmung der Außenwände bis hin zur Erneuerung der Fenster reichen und sollten im Kontext des Gesamtpotenzials der energetischen Sanierung betrachtet werden.

Das Sanierungspotenzial bietet nicht nur eine beträchtliche Möglichkeit zur Reduzierung des Energiebedarfs, sondern auch zur Steigerung des Wohnkomforts und zur Wertsteigerung der Immobilien. Daher sollten entsprechende Sanierungsprojekte integraler Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung sein.

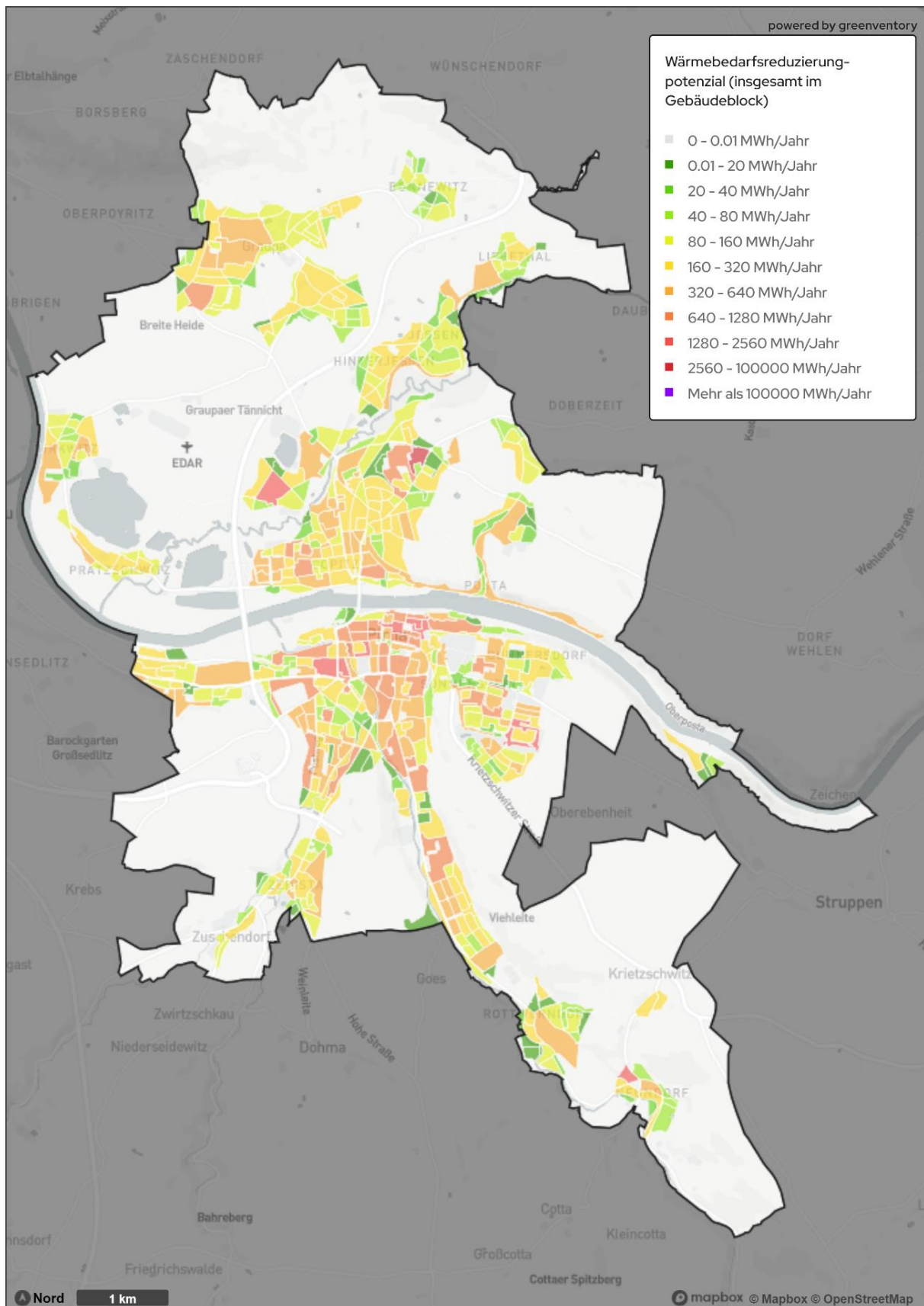


Abbildung 23: Sanierungspotenzial je Baublock

4.6 Zusammenfassung der Potenziale

Die Potenzialanalyse für erneuerbare Energien in der Wärmeerzeugung im Projektgebiet offenbart signifikante Chancen für eine nachhaltige Wärmeversorgung.

Die Potenziale sind räumlich heterogen verteilt: Im Projektgebiet dominieren die Potenziale der Solarthermie auf Dachflächen und in lockerer bebauten Quartieren der Erdwärmekollektoren, während an den Stadträndern Solar-Kollektorfelder und große Erdwärme-Kollektorfelder vielerorts potenziell möglich sind. Die Solarthermie auf Freiflächen erfordert trotz hohem Potenzial eine sorgfältige Planung hinsichtlich der Flächenverfügbarkeit und Möglichkeiten der Integration in bestehende und neue Wärmenetze, Flächen zur Wärmespeicherung sowie der Flächenkonkurrenz mit Agrarwirtschaft und Photovoltaik. Die Erschließung dieser Potenziale wird bei der detaillierten Prüfung der Wärmenetzzeichnungsgebiete im Anschluss an die Wärmeplanung mit untersucht.

In den Stadtkernen liegt das größte Potenzial in der Gebäudesanierung mit einem Schwerpunkt auf kommunalen Liegenschaften und Wohngebäuden. Besonders Gebäude, die bis 1978 erbaut wurden, bieten ein hohes Einsparpotenzial durch Sanierung. Wichtige Wärmequellen ergeben sich durch die Nutzung von Aufdach-PV in Kombination mit Wärmepumpen, Solarthermie, Biomasse und der Möglichkeit eines teilweisen Anschlusses an das Wärmenetz.

Für die zukünftigen Fernwärmeerzeugung in Pirna weist insbesondere die Option Flusswasser vielversprechende Potenziale auf. Die Elbe bietet mit ihrer Größe und hohen Durchflussmenge eine stabile Wärmequelle für den Betrieb einer Wärmepumpe, selbst bei jahreszeitlichen Schwankungen. Ein weiterer Vorteil besteht hinsichtlich der Lage des Flusses und somit möglicher Leitungswege und infrastrukturellen Kosten. So ist in Pirna eine räumliche Nähe des Flusses zu bereits durch Fernwärmenetze erschlossenen Bereichen oder verdichteten Stadtbereichen, welche für Fernwärme potenziell geeignet wären, gegeben.

Die umfassende Analyse legt nahe, dass es zwar technisch möglich ist, den gesamten Wärmebedarf durch erneuerbare Energien auf der Basis lokaler Ressourcen zu decken. Dieses ambitionierte Ziel erfordert allerdings eine differenzierte Betrachtungsweise, da die Potenziale räumlich stark variieren und nicht überall gleichermaßen verfügbar sind und Flächenverwendung ein Thema ist, das nicht nur aus energetischer Perspektive zu betrachten ist. Zudem ist die Saisonalität der erneuerbaren Energiequellen zu berücksichtigen und in der Planung mittels Speichertechnologien und intelligenter Betriebsführung zu adressieren.

Im Hinblick auf die dezentrale Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien spielt die Flächenverfügbarkeit eine entscheidende Rolle. Individuelle, räumlich angepasste Lösungen sind daher unerlässlich für eine effektive Wärmeversorgung. Dabei sind Dachflächenpotenziale und weitere Potenziale in bereits bebauten, versiegelten Gebieten den Freiflächenpotenzialen gegenüber prioritär zu betrachten.

5 Kommunikation & Beteiligung

Eine zielgruppenspezifische Beteiligung aller relevanten Akteure ist ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung. Durch adäquate Kommunikation und Beteiligung werden sowohl die Akzeptanz erhöht als auch fachliche Perspektiven in den Prozess integriert.

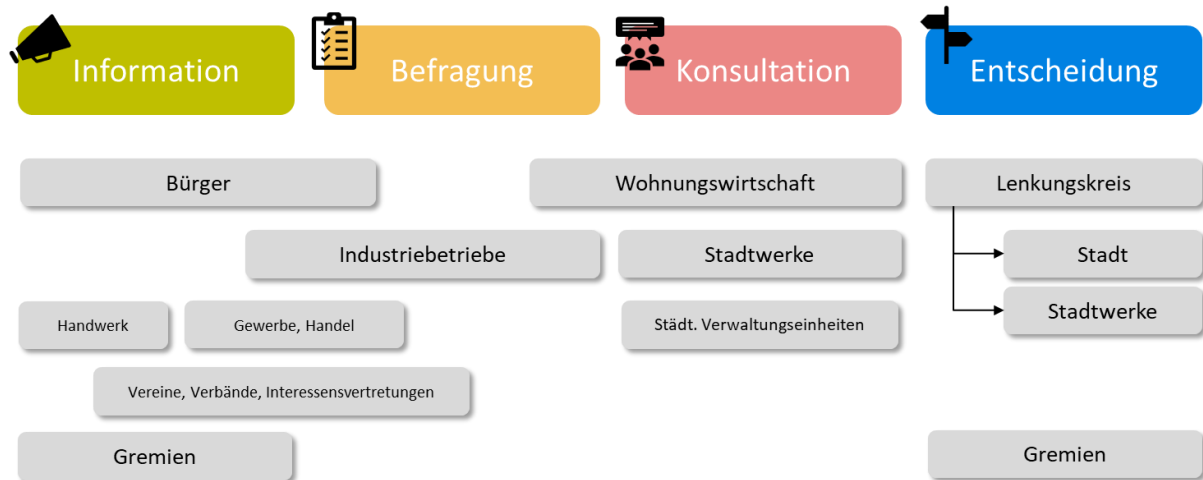


Abbildung 24: Ebenen der Akteureinbindung

Abbildung 24 illustriert die zielgruppenspezifische Einbindung und die verschiedenen Ebenen der Beteiligung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung Pirna. Es werden vier zentrale Beteiligungsebenen dargestellt. Jede Ebene richtet sich an spezifische Zielgruppen und betont deren Rolle innerhalb des Prozesses.

1. Information

- Zielgruppen: Bürgerinnen und Bürger, Handwerksbetriebe, Gewerbe, Handel sowie Vereine, Verbände und Interessensvertretungen.
- Ziel: Diese Ebene fokussiert auf die transparente Bereitstellung von Informationen, um die Akteure über den Planungsprozess, Zielsetzungen und Fortschritte zu informieren. Es handelt sich um eine eher passive Einbindung, bei der die Zielgruppen als Empfänger von Informationen agieren.
- Umsetzung in Pirna:
 - Online-Information zum Stand der Wärmeplanung: <https://www.pirna.de/leben-in-pirna/energie-umwelt/kommunale-waermeplanung/>
 - Bereitstellung von FAQs zum Prozess der Wärmeplanung
 - Präsentation zur Wärmeplanung auf einer Informationsveranstaltung für Mitarbeitende der Stadtwerke
 - Information der politischen Gremien (Stadtentwicklungsausschuss)

2. Befragung

- Zielgruppen: Industrie-, Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungsunternehmen, Wohnungswirtschaft
- Ziel: Die Befragung zielt zum einem auf eine Datenerhebung für die Bestandsanalyse ab. Zum anderen kann das Feedback von bedeutenden lokalen Wärmeverbrauchern oder

Produzenten wichtiges Feedback zu Bedarfen und zukünftigen Herausforderungen liefern und somit bei der Erstellung des Zielszenarios berücksichtigt werden.

- Umsetzung in Pirna:
 - Befragung der 12 größten Unternehmen zu Wärmebedarfen, Kältebedarfen, Wasserstoffbedarfen, Abwärmepotenzialen und geplante Sanierungsmaßnahmen
 - Befragung aller ansässigen Wohnungsbauunternehmen und -verwaltungen zu Wohnungsbestand, energetischen Standards, Heizungssystemen, geplanten Sanierungsmaßnahmen

3. Konsultation

- Zielgruppen: Stadtwerke, Wohnungswirtschaft sowie städtische Verwaltungseinheiten
- Ziel: Diese Ebene umfasst eine intensivere Beteiligung, bei der Akteure wie die Wohnungswirtschaft und öffentliche Verwaltungseinheiten spezifisch konsultiert werden, um deren Expertise und Perspektiven direkt in die Planungsentscheidungen einfließen zu lassen.
- Umsetzung in Pirna:
 - Workshop mit der Wohnungswirtschaft (Wohnungsunternehmen und Interessenvertretung) zu im Zielszenario anzunehmenden Sanierungsraten
 - Workshop mit den Stadtwerken zur Auswahl von Fokusquartieren
 - Konsultation der Stadtwerke zu lokalen Freiflächenpotenzialen, geplanten Vorhaben sowie zur Diskussion der PV-Potenzialanalyse-Methodik
 - Konsultation der Stadtwerke zum Mehrwert der Wärmeplanung für die Stromnetzanalyse sowie Diskussion von Daten-Aggregationsebenen
 - Konsultation der Stadtwerke zu Kostenannahmen

4. Entscheidung

- Zielgruppen: Stadt, Stadtwerke sowie Gremien.
- Ziel: Auf der höchsten Ebene der Beteiligung werden strategische Entscheidungen getroffen. Akteure wie die Stadtverwaltung und die Stadtwerke sind entscheidend, um die Planung zu finalisieren und die Umsetzung sicherzustellen.
- Umsetzung in Pirna:
 - Kontinuierliche Festlegungen von Projektentscheidungen im Kernteam
 - Gemeinsame Entwicklung des Zielszenarios mit Stadt und Stadtwerken
 - Gremien werden in Abhängigkeit der Landesgesetzgebung zum Wärmeplanungsgesetz eingebunden

6 Zielszenario

6.1 Methodik

Das Zielszenario ist das Bindeglied zwischen der Potenzialanalyse und den abgeleiteten Maßnahmen. Gesetzlich verankertes Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist dabei die Klimaneutralität bis 2045. Neben dem im WPG definierten Zieljahr entsprechend den Vorgaben aus WPG und KWP-Leitfaden [1] sollen auch die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 und somit auch der Pfad zur Treibhausgasneutralität dargestellt werden.

Das Zielszenario schließt sowohl bedarfsseitige Entwicklungen als auch Versorgungsszenarien mit Änderungen der Beheizungsstruktur ein.

Für die Interpretation der Ergebnisse ist es wichtig, dass ein Szenario immer im Kontext der Prämissen zu verstehen ist und mögliche Entwicklungen der Zukunft in sich schlüssig und konsistent beschreibt. Szenarien stellen also hypothetische Folgen von Ereignissen und Randbedingungen auf, die sich im Zeitverlauf aber auch ändern können.

Das hier gezeigte Zielszenario baut auf den heute (Stand November 2024) absehbaren Randbedingungen hinsichtlich der beschriebenen technischen Potenziale in Pirna, der Energiemärkte und der regulatorischen wie ordnungsrechtlichen Randbedingungen auf, es ist also kein Extremszenario im Sinne eines Best Case / Worst Case Szenarios, sondern ein Trendszenario, das aber klar auf das vorgegebene Ziel einer Treibhausneutralität fokussiert ist.

Methodisch beruht die Entwicklung der Szenarien auf der im Leitfaden [1] vorgegebenen Arbeitsweise:

- Festlegung der für Pirna relevanten Randbedingungen unter Einbeziehung der Prämissen aus der Akteursbeteiligung (u.a. bestehende Fernwärmestrategie, BEW-Transformationsplanung).
- Ableitung des zukünftigen Wärmebedarfes durch detaillierte gebäudescharfe Simulation, die aus dem Wärmeprognosemodell abgeleitet wurde.
- Strukturierung des Versorgungsgebietes anhand von Eignungs- und Versorgungsgebieten für die verschiedenen in Betracht kommenden Technologien und Festlegung von lokalen Ausschlusskriterien bestimmter Optionen
- Ableitung und Simulation von Anschlussgraden und Umstellungen auf klimafreundliche Heizungsoptionen
- Erstellung der Endenergiebilanz für die Zieljahre 2030, 2035, 2040 und 2045 sowie kartografische Darstellung
- Ableitung der CO₂-Bilanz anhand der vorgegebenen CO₂-Faktoren für verschiedenen Energieträger

Im Ergebnis stellt das Szenario eine bis auf Adressebene spezifizierte Zielplanung dar, in der bis 2045 jeder Wärmeverbraucher klimaneutral versorgt wird. Dies kann durch Anschluss an ein Fernwärmenetz, Nahwärmeversorgung in Fokusgebieten, dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen und Umweltenergie oder in Einzelfällen auch mit Feuerungsanlagen mit synthetischen oder biogenen Brennstoffen erfolgen.

Eine flächige Versorgung mit Wasserstoff bzw. eine damit einhergehende Definition von Wasserstoffausbaugebieten wird unter Berücksichtigung des aktuellen Informationsstandes zur Ausbauplanung von Wasserstoffkernnetzes in Deutschland nicht vorgeschlagen.

Ableitung von Fernwärmeausbaubereichen

Wärmenetze stellen einen wichtigen Baustein auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung dar. Insofern sind Analysen über die Möglichkeiten zur Steigerung des Anteils der netzgebundenen Wärmeversorgung Bestandteil einer jeden kommunalen Wärmeplanung.

Für den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetzes ist neben einer entsprechend kostengünstigen Wärmeerzeugung auch ein möglichst kosteneffizienter Netzbetrieb erforderlich. Eine hohe Absatzliniendichte, also Wärmeabsatz je Netzlänge, führt zu niedrigen Netzverlusten und zu günstigeren Netzkosten bezogen auf die Wärmemenge. Dabei umfassen die Netzkosten sowohl die Investitionskosten zur Errichtung des Wärmenetzes als auch die laufenden Kosten für dessen Betrieb. Somit sollten Wärmenetze vorwiegend in Gebieten mit hohen Wärmelinien-dichten betrieben werden und es sollte ein möglichst großer Anteil der Gebäude im Wärmenetzgebiet angeschlossen werden, also eine hohe Anschlussquote erreicht werden. Neben den Kosten für die Verteilleitungen sind auch die Anschlusskosten für die Gebäude relevant. Aufgrund hoher Fixkosten für die Verlegung der Hausanschlussleitung sind große Wärmeverbraucher spezifisch (bezogen auf den Wärmeabsatz) günstiger an ein Wärmenetz anzuschließen als kleine. Somit ergeben sich folgende Kriterien, die für die Analysen zur Ermittlung der Möglichkeiten zum Ausbau der Wärmenetze herangezogen werden können:

- Hohe Wärmelinien-dichten,
- Große Verbraucher,
- Hohe erwartbare Anschlussquote.

In Folgenden fokussiert die Beschreibung auf die Methodik zum Ausbau des Fernwärmenetzes. Dabei wird grundsätzlich zwischen Maßnahmen zur Verdichtung einerseits und der Erweiterung des Fernwärmenetzes andererseits unterschieden. Unter Verdichtung wird der Anschluss zusätzlicher Kunden an bereits bestehende Verteilleitungen des Fernwärmenetzes verstanden. Dies erhöht die Anschlussquote und damit die Absatzdichte, d. h. der Absatz kann ohne zusätzlichen Verteilleitungsbau gesteigert werden. Unter Netzerweiterung wird die Erschließung von Straßen bzw. Straßenzügen mit neuen Fernwärmeverteilleitungen verstanden. Damit wird das Gebiet, in dem Fernwärmeversorgung stattfinden kann vergrößert (Netzausbaubereich).

Bezüglich des Kriteriums Wärmelinien-dichte gibt der Leitfaden des BMWK und BMWStB [1] in Bestands-Quartieren einen Mindestwert von 1.700-2.000 kWh/m an. Aus der Praxiserfahrung der Gutachter wie auch der beteiligten Energieversorger, v.a. hinsichtlich der Umsetzbarkeit mit begrenzten Baukapazitäten und Fachkräften, ist dies – insbesondere für eine Anwendung in großen Städten – jedoch ein sehr niedriger Wert. Im Folgenden wird deshalb als Mindestwert von 3.000 kWh/m bezogen auf das Jahr 2045 (Zieljahr der Wärmeplanung) gewählt.

Bzgl. der Verbrauchergröße wird kein Mindestwert gewählt. Für eine tiefergehende Untersuchung (z.B. im Rahmen von Fokusquartierbetrachtungen) werden jedoch spezifische Erschließungskosten als Kriterium herangezogen. Diese ergeben sich aus der Summe der Kosten für die Verteilleitung zuzüglich der Kosten für den Anschluss der Gebäude. Diese Kosten abzgl. der möglichen Förderung für Wärmenetze (40 % nach der Bundesförderung effiziente Wärmenetze, BEW) werden in jährliche Kapitalkosten (Annuitäten) umgerechnet und auf die erschließbare Wärmemenge bezogen. Diese Methodik hat den Vorzug, dass die Kriterien Wärmelinien-dichte und Verbrauchergröße in einen Kennwert kombiniert werden, der die Perspektive des Wärmenetzbetreibers reflektiert: Je niedriger die spezifischen Erschließungskosten, desto geringer sind die Kosten für den Netzbetreiber und somit schlussendlich auch für alle Endkunden im Wärmenetz.

Das dritte oben genannte Kriterium ist eine hohe Anschlussquote. Diese ist v.a. dort zu erwarten, wo Alternativen für die Endkunden schwierig oder nur sehr aufwendig umsetzbar sind. Dies gilt insbesondere nach dem Inkrafttreten des novellierten Gebäudeenergiegesetzes (GEG) mit sei-

nen Anforderungen an Gebäudeheizungen (01.01.2024). GEG-konforme Alternativen zur Fernwärme wären z.B. Wärmepumpen mit der Nutzung von Luft- oder Erdwärmesonden als Wärmequellen. Diese sind aufgrund von Platzbeschränkungen und Geräusch-Emissionsgrenzwerten im eng bebauten Raum oft schwierig oder gar nicht umsetzbar. Außerdem ist v.a. bei Gebäuden mit einem hohen Baualter und eher niedrigem Sanierungsstand aufgrund der damit einhergehenden hohen Vorlauftemperatur ein Betrieb einer Wärmepumpe i.d.R. ineffizienter und somit wirtschaftlich weniger attraktiv als es ein Wärmenetz sein kann (je nach Wärmepreis). Somit lässt sich zusammenfassend und vereinfachend sagen, dass Wärmenetze in eng bebauten Gebieten mit älterem, wenig sanierten Gebäudebestand in der Zukunft meist mit einer hohen Anschlussquote rechnen können, wobei Gebiete mit hohem Anteil an dezentralen Heizungen (Gasetagenheizungen) besonders herausfordernd sind.

Abschließend sei als zusätzliches Kriterium im Fall der Erweiterung eines bestehenden Wärmenetzes (im Gegensatz zu einem Wärmenetzneubau) die Distanz zum bestehenden Netz genannt: Je näher das jeweilige Gebiet am Bestandsnetz liegt, desto attraktiver ist es für eine Netzerweiterung, da lange Verbindungsleitungen ohne entsprechenden Absatz mit verhältnismäßig hohen Kosten verbunden sind. Lediglich im Fall von sehr großen Absatzgewinnen sind längere Leitungen zur Anbindung sinnvoll.

In Bezug auf den Fernwärme-Ausbau sieht das Wärmeplanungsgesetz in § 18 Abs. 4 vor, dass ein Betreiber eines bestehenden Wärmenetzes hierzu einen Vorschlag unterbreiten kann. Die Arbeitsstände der Wärmeplanung wurden mit den Stadtwerken Pirna iteriert und die finale Einteilung voraussichtlicher Wärmeversorgungsgebiete abgestimmt.

Neben der Ausbauplanung wurde auch eine Nachverdichtung im Bestandsnetz berücksichtigt, d.h. der Anschluss von bisher nicht Fernwärme-versorgten Gebäuden entlang des Bestandsnetzes.

6.2 Wärmeversorgungsgebiete

Auf Grundlage des Wärmeplanungsgesetzes wurde das Stadtgebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt:

- Das **Wärmenetzgebiet** umfasst die Gebiete mit wahrscheinlicher Erschließung durch Fernwärme oder bereits vorhandenen Wärmenetzen.
- **Prüfgebiete:** Einige Gebiete werden als Prüfgebiete für Wärmenetze ausgewiesen. Während im Prüfgebiet Graupa eine Quartierslösung (Nahwärme) zum Einsatz kommen könnte, sind die anderen Gebiete als Fernwärme-Prüfgebiete zu verstehen. Da die Eignung noch nicht abschließend bewertet werden kann, werden diese Gebiete zur näheren Prüfung der Fernwärmeausbaumöglichkeiten und Ausarbeitung empfohlen.
- **Dezentrale Versorgungsgebiete** sind alle übrigen Stadtteile und Quartiere. In diesen Gebieten kommen überwiegend dezentrale Lösungen zum Einsatz.
- **Wasserstoffnetzgebiete** werden nicht ausgewiesen.

6.2.1 Wärmenetzgebiete

Gemäß oben beschriebener Methodik ergeben sich für Pirna die in Abbildung 25 dargestellten Wärmenetzgebiete. Teile, in denen bereits ein Fernwärmenetz vorhanden ist, werden als Fernwärme-Verdichtungsgebiete bezeichnet. Bereiche, die aufgrund hoher Wärmeliniedichten für einen Netzausbau geeignet und in denen dieser sehr wahrscheinlich ist, werden als Fernwärme-Ausbauggebiete bezeichnet. Gebiete, die aufgrund hoher Wärmeliniedichten für Wärmenetzlösungen wahrscheinlich geeignet sind, die jedoch noch der Prüfung weiterer technischer und

nicht-technischen Randbedingungen bedürfen, werden als Prüfgebiete für den Fernwärmeausbau deklariert. Alle übrigen Gebiete eignen sich für eine dezentrale Versorgung.

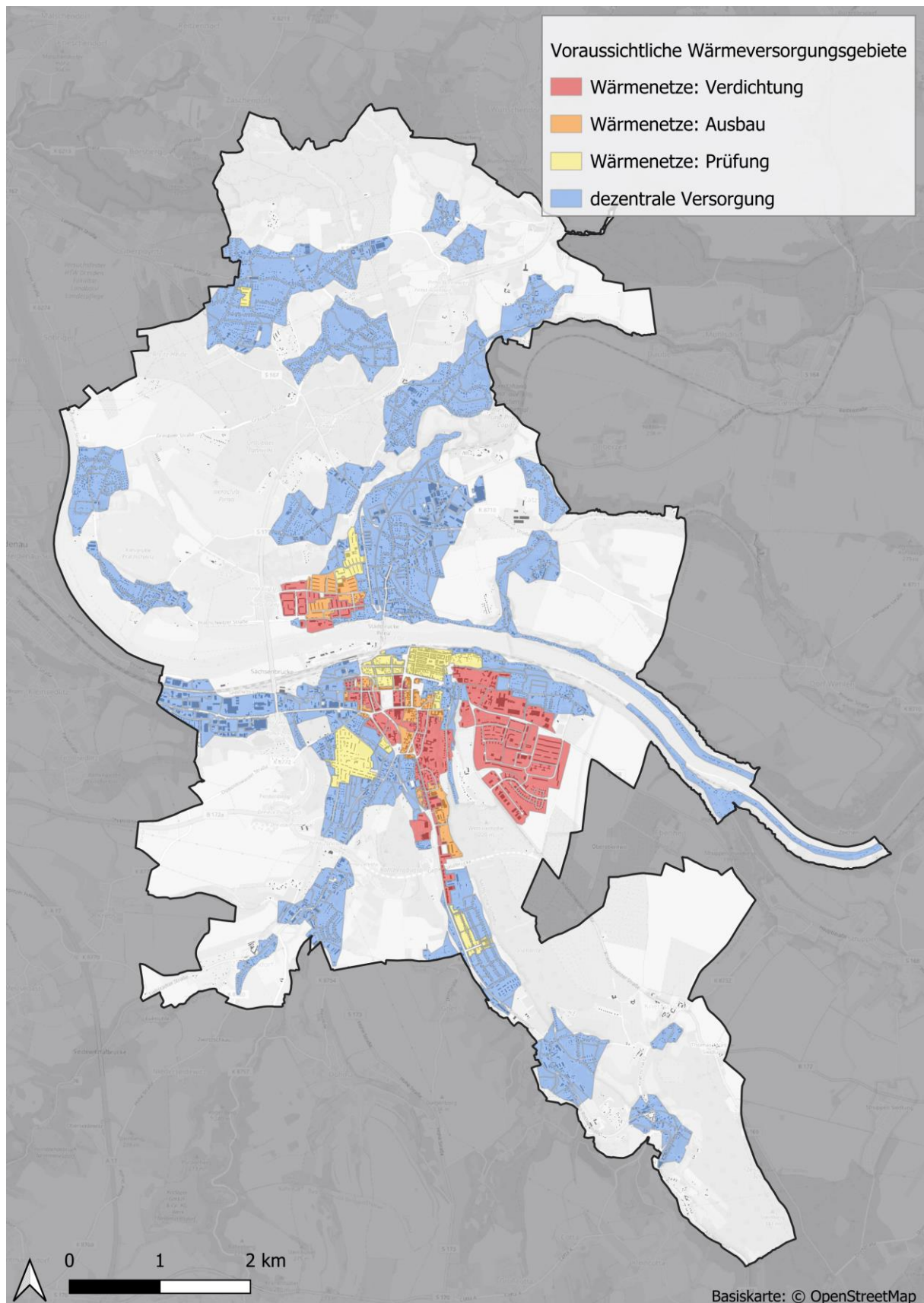


Abbildung 25: Wärmenetzgebiete, Darstellung auf Baublockebene

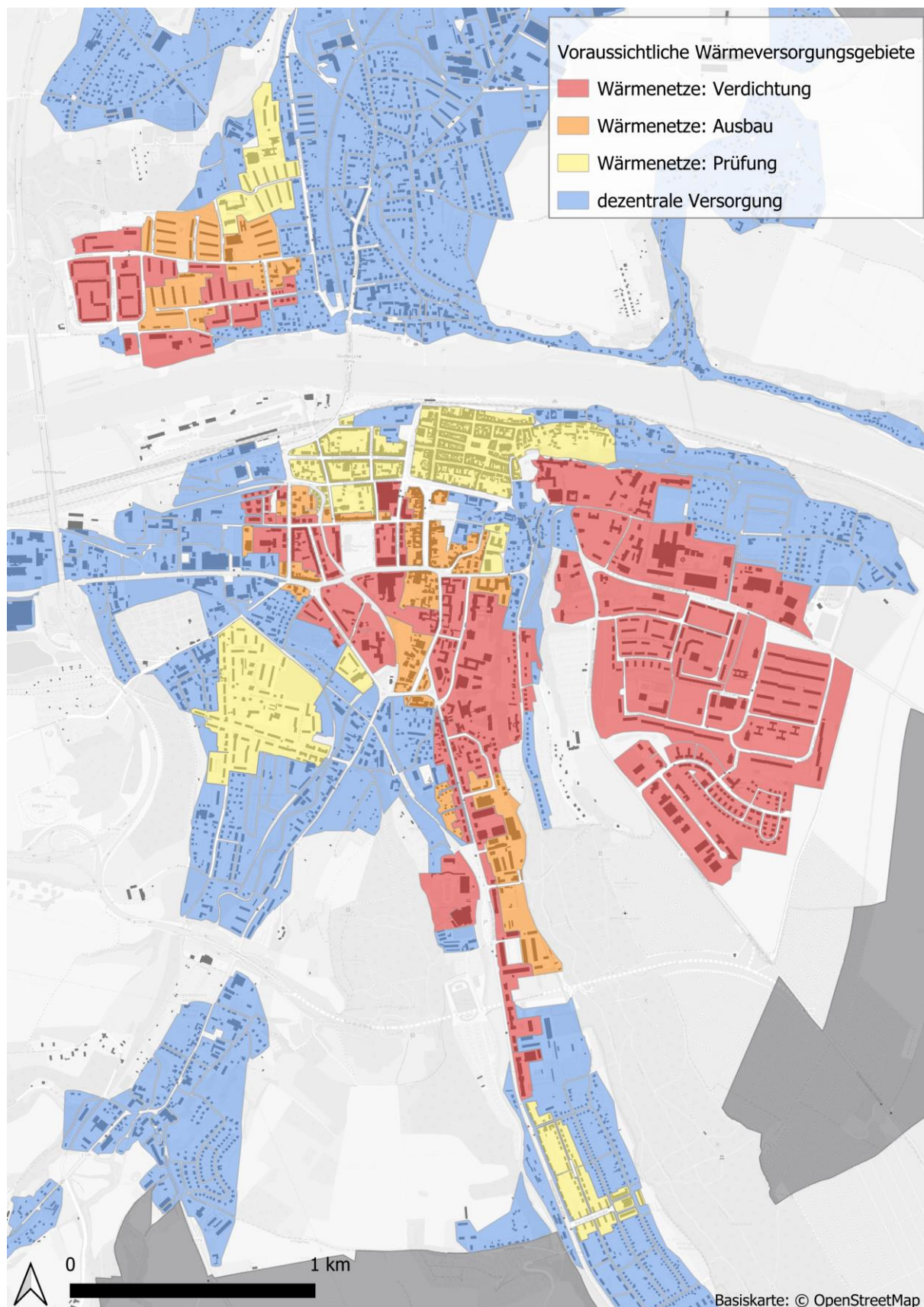


Abbildung 26: Wärmenetzgebiete Sonnenstein und Copitz, Darstellung auf Baublockebene

6.2.2 Teilgebiete und Quartierslösungen

Im Rahmen der Potenzialanalyse und nach Abstimmung mit der Stadt Pirna und dem Energieversorger wurden für drei Fokusquartiere Wärmenetzlösungen detaillierter analysiert. Kriterien bei der Auswahl der Quartiere waren

- Gebiete mit hoher Wärmeliniendichte, die aber außerhalb aktueller Fernwärmeversorgungsgebiete liegen,
- Gebiete, die auf andere adaptierbar sind und daher Pilotcharakter haben können,
- Gebiete mit kommunalem Gebäudebestand,
- Gebiete mit besonderen Akteursstrukturen, z.B. mit Gebäudebestand von Wohnbaugesellschaften oder speziellen Gewerbestrukturen sowie
- Gebiete, die aufgrund lokaler Gegebenheiten vor besonderen Herausforderungen bei der Transformation stehen.

Identifiziert wurden folgende Fokusquartiere:

Fokusquartier Altstadt:

- Denkmalgeschützte Altstadt, die eine Vielzahl von Baustilen, vorwiegend Renaissance-Stil, vereint. Die Bebauung entspricht einer Blockrandbebauung, welche sich in Pirna durch enge Innenhöfe auszeichnet. Teilweise prägen enge Gassen das Bild der Altstadt.
- Untersuchungsschwerpunkt: Wirtschaftlicher Vergleich möglicher zukünftiger wärme-, strom- und gasbasierter Versorgungslösungen.

Fokusquartier Kohlberg:

- Mischquartier mit vorwiegender Wohnbebauung. Der überwiegende Wohngebäudetyp entspricht mittelgroßen und großen Mehrfamilienhäusern in Reihenhausbau- oder Zeilenbauweise. Etwa 20 % der Flächen stehen unter Denkmalschutz. Das Fokusquartier umfasst neben den Bestandsgebäuden ein mögliches Neubau-Wohngebiet.
- Untersuchungsschwerpunkt: Wirtschaftlichkeit eines Anschlusses an das Fernwärmenetz und mögliche Auswirkungen des Neubauquartiers.

Fokusquartier Graupa:

- Wohnquartier mit großen Mehrfamilienhäusern in Zeilenbauweise. Ein Großteil der untersuchten Gebäude befindet sich im Eigentum einer städtischen Wohnbaugesellschaft.
- Untersuchungsschwerpunkt: Wirtschaftlichkeit von Nahwärmelösungen und Vergleich verschiedener Wärmequellen.

Für die Fokusquartiere wurden folgende übergeordnete Kennzahlen ermittelt (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Kennzahlen der Fokusquartiere

Kennzahl	FQ Altstadt	FQ Kohlberg	FQ Graupa
Anzahl Adressen	395	159	32
Energiebezugsfläche	184.422 m ²	101.225 m ²	20.379 m ²
Wärmebedarf aktuell	17.613 MWh/a	8.537 MWh/a (inkl. Neubau)	1.448 MWh/a
Prognostizierter Wärmebedarf 2045	10.508 MWh/a	7.077 MWh/a (inkl. Neubau)	1.417 MWh/a
Spezifischer Wärmebedarf	96 kWh/m ²	Bestand: 96 kWh/m ² Neubau: 50/70 kWh/m ²	73 kWh/a

Kumulierte Länge der Straßenabschnitte	4854 m	3.105 m	430 m
Mittlere Wärmeliniedichte	3628 kWh/(m*a)	2750 kWh/(m*a)	3452 kWh/(m*a)
Energieträger der aktuellen Wärmeversorgung	> 90 % Erdgas 6 % Heizöl 3 % Gebäudewärme über WP, BHKW	Bestand: 99 % Erdgas Neubau: unbekannt	100 % Erdgas

6.2.2.1 Fokusquartier Altstadt

Für das Fokusquartier Altstadt wurden verschiedene zukünftige Versorgungsoptionen im Vergleich analysiert und diskutiert: Eine Fernwärme-Variante, eine auf Luftwärmepumpen basierende Strom-Variante, eine auf Direktheizungen basierende Strom-Variante und eine Wasserstoff-Variante.

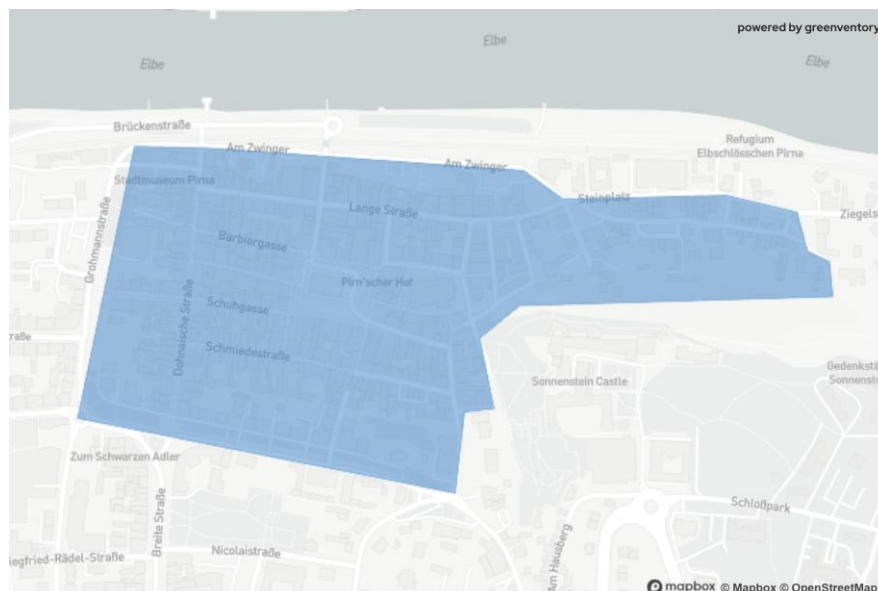


Abbildung 27: Lage des Fokusquartiers Altstadt

Für alle untersuchten Varianten wurde vereinfacht angenommen, dass alle Gebäude im Quartier vom jeweiligen Energieträger versorgt werden und die Anlagen gebäudeweise installiert werden, sprich jedes Gebäude über eine Hausanschlussstation für Fernwärme, eine Luftwärmepumpe oder einen Wasserstoffkessel verfügt. Stromdirektheizungen werden raumweise installiert.

Zur Untersuchung und zum Vergleich der Versorgungsvarianten aus Endkundensicht wurde eine statisch-annuitätische Kostenrechnung mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren durchgeführt, welche die wesentlichen Bestandteile der Investitions- und Betriebskosten abbildet und in einem spezifischen Wärmepreis zusammenfasst. Die Investitionskosten wurden dabei in Anlehnung an die Kostenansätze aus dem Technikkatalog [2] berechnet. Für alle Varianten wurde angenommen, dass der Endkunde den Invest in Kessel, Wärmepumpe oder Hausanschlussstation und Hausanschlussleitung selbst tätigt. Eine Investitionskostenförderung nach Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) in Höhe von 30 % wurde berücksichtigt.

Um mögliche zukünftige Energiepreise abzubilden, wurden drei Preispfade modelliert. Zur Modellierung der Erdgas-, Strom- und Fernwärmepreise wurden Information zu den aktuellen Preisstrukturen der Stadtwerke Pirna verarbeitet. Zur Modellierung der Wasserstoffpreise wurden auf externen Prognosen, z.B. [3], basierende Annahmen getroffen. Für den wirtschaftlichen Vergleich

der Versorgungslösungen, wird angenommen, dass Wasserstoff verfügbar wäre. Dies ist ein theoretisch-methodisches Konstrukt; von einer Wasserstoffverfügbarkeit in Pirna kann allerfrühestens ab Anfang der 2040er Jahre ausgegangen werden.

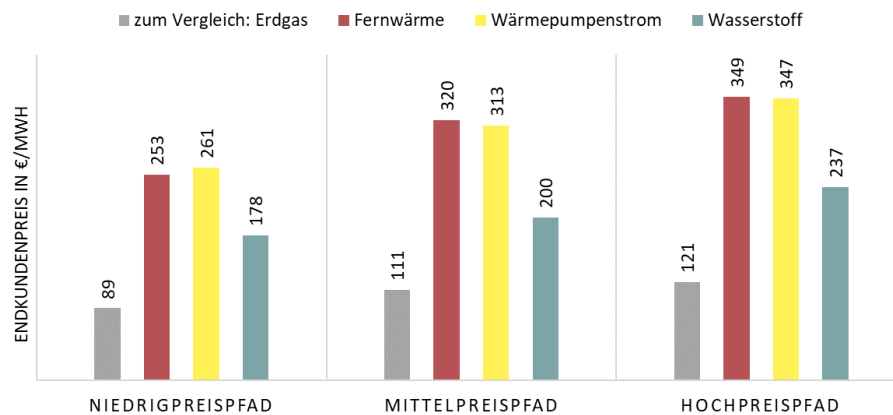


Abbildung 28: Angenommene Endkundenpreise (Basisjahr 2028) in drei Preispfaden

Abbildung 28 zeigt die drei Pfade für das Basisjahr der wirtschaftlichen Betrachtung, hier 2028. Die Preissteigerungsraten der Energiepreise über die Folgejahre der Betrachtung wurden für den Niedrig- und Mittelpreispfad moderat, für den Hochpreispfad hoch angesetzt. Eine ausführliche Beschreibung der Preispfadmodellierung findet sich im Abschnitt B.1 des Anhangs.

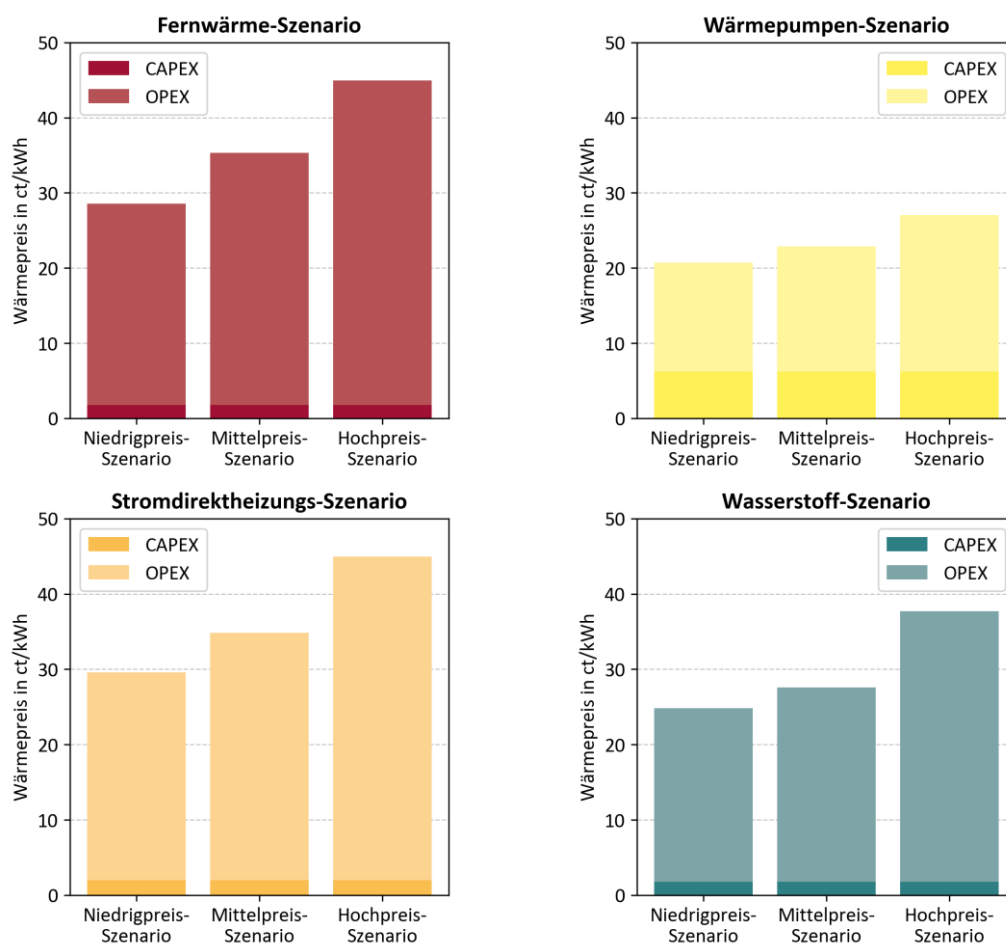


Abbildung 29: Wärmepreise im Fokusquartier Altstadt für verschiedene Versorgungsszenarien und Preispfade

Für alle vier Versorgungsvarianten werden die Wärmepreise je Preispfad bestimmt. Die Wärmepreise setzen sich aus dem kapitalgebundenen Kosten (CAPEX) für den Invest in die Anlagentechnik und den betriebsgebundenen Kosten (OPEX) für die Instandhaltung der Anlagen sowie den Kauf von Fernwärme, Strom oder Wasserstoff zusammen. Abbildung 29 stellt die Ergebnisse gegenüber. Die Versorgungsvariante über Wärmepumpen stellt für alle drei Preisszenarien die ökonomisch vorteilhafteste Lösung dar, obwohl der CAPEX hier einen signifikant höheren Einfluss als bei den anderen Varianten ausmacht. Die relativ gesehen niedrigen Energiekosten sind auf die gute Effizienz von Wärmepumpen (hier: Jahresarbeitszahl = 2,4) zurückzuführen. Die Wasserstoff-Variante zeigt sich im niedrigen und mittleren Preisszenario konkurrenzfähig. Die Fernwärmeversorgung sowie die Versorgung über Direktstromheizungen stellen aufgrund hoher Betriebskosten die teuerste Option aus Endkundensicht dar.

Alle Versorgungsvarianten bergen weitere technische Herausforderungen, welche im Folgenden stichpunktartig diskutiert werden. Weiterhin werden Limitationen des erfolgten wirtschaftlichen Vergleichs aufgeführt.

Fernwärme-Variante:

- Mittlere Wärmelinienidichte von 3628 kWh/m bzw. 4164 kWh/m ohne den östlichen „Zipfel“ des untersuchten Fokusquartiers Altstadt entsprechen Werten, die aus Gutachtersicht generell in die Kategorie geeignet für eine zentrale Wärmenetzlösung fallen.
- Dem gegenüber stehen die räumlichen Gegebenheiten: Enge Gassen und in hohem Maße ausgenutzte Straßenquerschnitte erschweren den Fernwärmeausbau im Fokusgebiet aus technischer Sicht.
- Zu prüfende Alternative: Kellerverlegung
 - In der Altstadt sind teilweise mehrgeschossige Keller, teilweise nur Kriechkeller vorhanden.
 - Kostenvorteile (Schätzung: bis zu 30 %) aufgrund geringerer Baumaßnahmen, Tiefbau, z.B. nicht erforderliche Wiederherstellung des Straßenbelags/Pflasters.
 - Dem gegenüber steht ein erhöhter Aufwand für Abstimmung und Genehmigung aufgrund durchmischter Eigentümerstrukturen.

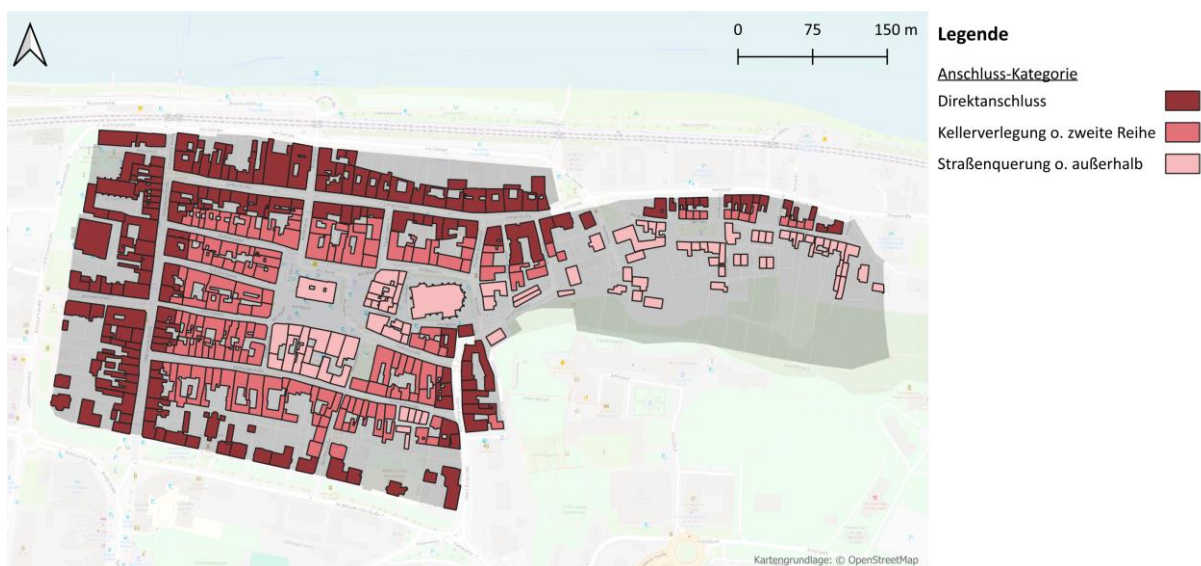


Abbildung 30: Exemplarische Skizze der Erschließungsalternative "Kellerverlegung"

- Alternative Kellerverlegung ist in Teilen denkbar, bedarf jedoch einer individuellen Prüfung je Baublock

Strom-Varianten:

- Luftwärmepumpen-Lösungen sind in dicht bebauter Blockbauweise, wie sie in der Altstadt vorzufinden ist, technisch anspruchsvoll umzusetzen:
 - Platzbedarf: Abstand der Außeneinheit von mind. 3 Meter zum Nachbargrundstück wird empfohlen.
 - Gemäß TA Lärm sind Lärmschutzgrenzwerte von 35 - 45 dB einzuhalten.
 - Mögliche Bildung von Kaltluftseen und ggf. unzureichende Luft-Zirkulation bei Installation der Außeneinheit im engen Innenhof
 - In Pirna außerdem: Denkmalschutz steht Möglichkeiten zur Installation der Außeneinheit auf Dächern und zur Straßenseite gegenüber
- Die Alternative Stromdirektheizung ist gemäß GEG §71d nur möglich, wenn das bestehende Gebäude die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz um 45% unterschreitet (entspricht KfW-55-Standard). Bei Baudenkmälern kann lt. GEG §105 von den Anforderungen abgewichen werden. Somit ist die Alternative Stromdirektheizung individuell zu prüfen.
- Investitionen in ggf. notwendige Ertüchtigungen des Stromnetzes wurden im obigen Szenarienvergleich nicht mitbetrachtet

Wasserstoff-Variante:

- Es existieren Unsicherheiten zur Verfügbarkeit von Wasserstoff in Pirna
 - Inbetriebnahme der Neubauleitung Coswig-Dresden (AntragsID KLN080-01) für 2032 geplant [4]
 - Resultierende Annahme: Wasserstoff für Pirna würde frühestens ab Anfang der 2040er vorliegen, Mengen reichen wahrscheinlich nicht für eine flächendeckende Versorgung aus
 - Bei Anlagenlebensdauern der bestehenden Erdgas-Kessel von 20 Jahren müssten bis dahin bereits ~75% der Gebäude auf GEG-konforme Versorgungslösung umgestellt haben
- Weiterführende Analyse zur Infrastruktur für Wasserstoff sind notwendig
 - Identifikation der Anteile Nutzung Bestands-Netz vs. Neubau
 - Machbarkeit und Zeitschiene zur Abkopplung von Netzteilen „im bestehenden Erdgas-Betrieb“ ist zu überprüfen
- Im oben erfolgten Szenarienvergleich wurden die Kosten für Netzbau- und Netzneubaumaßnahmen nicht mitbetrachtet

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse hohe mittlere Wärmeliniendichten, bedingt durch dichte Bebauung und Mischnutzung, die auf eine sehr wahrscheinliche Eignung für Wärmenetze hindeuten. Verlegetechnische Herausforderungen und fehlendes Platzangebot in den Straßenquerschnitten verringern jedoch die Eignung des Gebiets für den Fernwärmeausbau. Die Eignung einzelner Versorgungsoptionen aus Endkundensicht, wird insbesondere durch die Energiepreise und die damit verbundenen betriebsgebundenen Kosten beeinflusst. Die Strom-Variante über Luftwärmepumpen ist die ökonomisch vorteilhafteste Option, birgt jedoch Herausforderungen hinsichtlich des im Quartier vorherrschenden Denkmalschutzes. Die Wasserstoff-Variante zeigt sich ökonomisch konkurrenzfähig, birgt jedoch Unsicherheiten hinsichtlich Verfügbarkeit und Zeitschiene. Aus Endkundensicht stellen Fernwärme und Stromdirektheizungen bei den angenommenen Preispfaden die ökonomisch unvorteilhaftesten Versorgungsvarianten dar.

Zur Weiterentwicklung des zukünftigen Energieversorgungskonzeptes für die pirnaische Altstadt wird eine Prüfung des bautechnischen Platzbedarfs für eine Kellerverlegung von Fernwärme empfohlen. Dazu wären in einem ersten Schritt das reale Platzangebot in den Kellern des Fokusquartiers sowie die Bausubstanz der Wände zwischen den Gebäuden zu bewerten.

6.2.2.2 Fokusquartier Kohlberg

Für das Gebiet rund um die Kohlbergstraße, Max-Schwarze-Straße und den Postweg wurde die Möglichkeit eines Anschlusses hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit an das bestehende Fernwärmenetz untersucht. Dabei wurde eine Netzanbindung über die Einsteinstraße und den Waschhausweg in Betracht gezogen.

Neben der Bewertung des Ausbaus an sich, wurde in einer Sensitivitätsanalyse der Einfluss der möglichen Errichtung des Neubau-Wohngebietes Max-Schwarze-Straße (vgl. Abbildung 32) auf der nord-östlich gelegenen Freifläche des Quartiers analysiert. Anhand des Bebauungsplans Max-Schwarze-Straße wurde der mögliche Wärmebedarf abgeschätzt. Dabei wurde ein spezifischer Wärmebedarf von 50 kWh/m² für die neu zu errichtenden 230 Wohneinheiten angenommen.

Um Teilerschließungen des Quartiers zu bewerten, wurde ein straßenabschnittsweiser Fernwärmeausbau simuliert. Dazu wurde das Quartier in 26 Cluster, welche simulativ nach und nach erschlossen werden, unterteilt, siehe Abbildung 33. Als Bewertungsgrößen für den Ausbau werden die Wärmelinienichten im Quartier sowie mittlere absatzspezifische Ausbaukosten herangezogen. Zur Ermittlung der absatzspezifischen Ausbaukosten wurden eine statisch-annuitätische Kostenrechnung über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren durchgeführt. Um den reinen Infrastrukturausbau – unabhängig von den Kosten der Fernwärmeerzeugung – zu bewerten, wurden ausschließlich Investitionen in und Instandhaltung von Fernwärmetrasse, Hausanschlussleitungen und Hausanschlussstationen analysiert. Die Investitionskosten wurden dabei in Anlehnung an den Technikkatalog [2] berechnet.

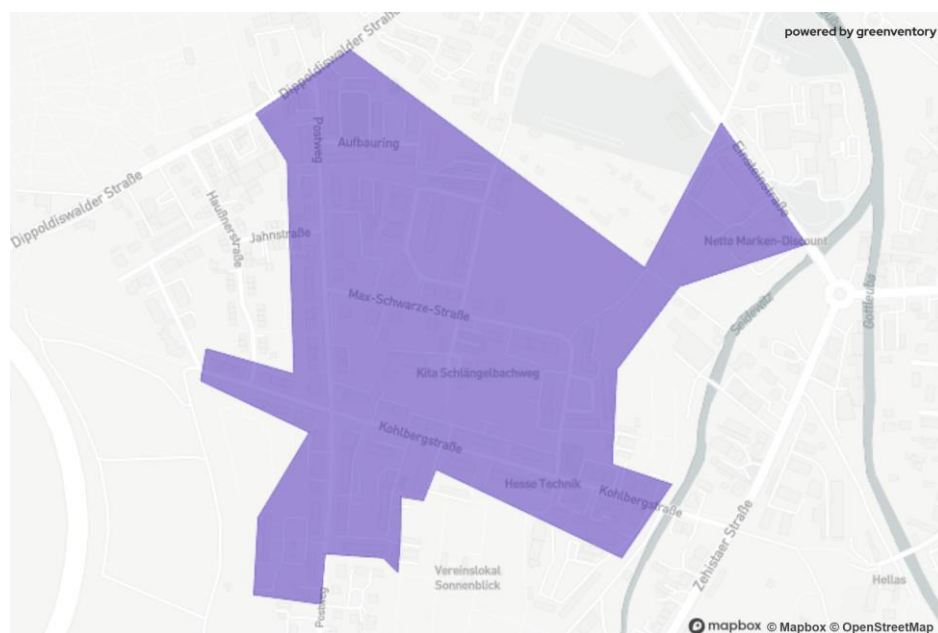


Abbildung 31: Lage des Fokusquartiers Kohlberg



Abbildung 32: Neubau-Wohngebiet Max-Schwarze-Straße lt. B-Plan 89 (Quelle: Stadt Pirna)

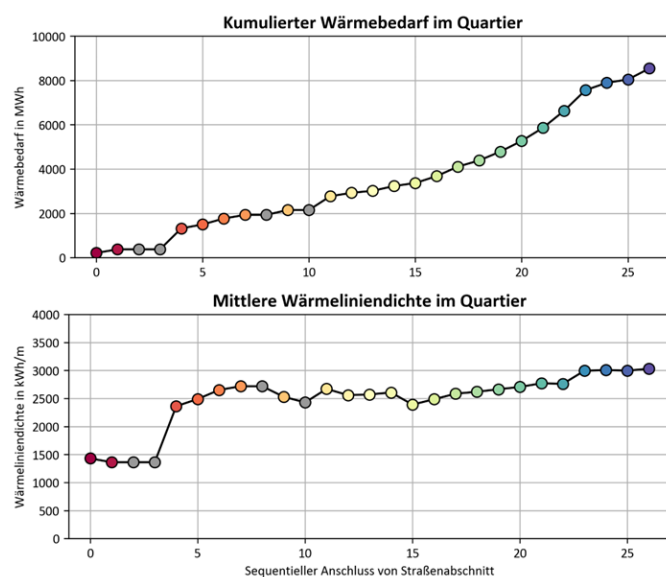


Abbildung 33: Simulation des Ausbaus von Fernwärme über 26 Gebäudecluster. Cluster (links) und sich ergebende Wärmebedarfe und mittlere Wärmeliniendichten (rechts)

Die absatzspezifischen Ausbaukosten ergeben sich als Quotient der Annuität und des jährlichen Wärmeabsatzes im Quartier. Bei Kosten von bis zu 60 EUR/(MWh*a) für den Ausbau und die Instandhaltung von Infrastruktur kann ein Fernwärmeausbau empfohlen werden. Zwischen 60 und 100 EUR/(MWh*a) wird ein Ausbau mit Investitionskostenförderung (z.B. 40 % nach BEW) empfohlen.

Für angenommene Trassenverlegekosten von 2.000 EUR/m zeigen die Ergebnisse, dass eine Erschließung des Quartiers mit Fernwärme mit Förderung empfohlen werden kann. Es ergeben sich spez. Ausbaukosten von 88 EUR/(MWh*a). Für den Fall ohne Neubau und somit weniger Absatz, jedoch auch weniger benötigter Leitungslänge, steigen diese Kosten marginal auf 89 EUR/(MWh*a).

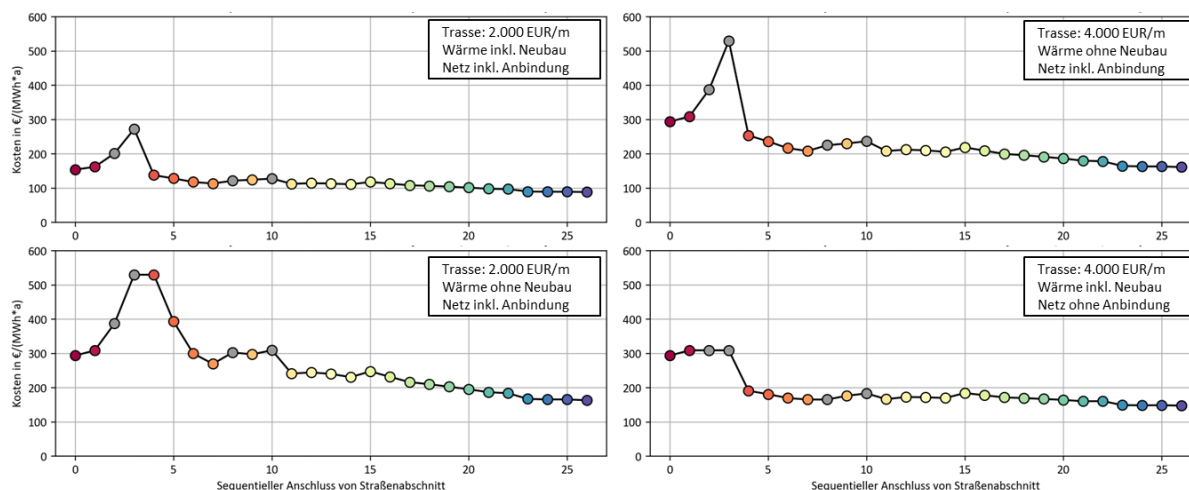


Abbildung 34: Ergebnisse für die absatzspezifischen Wärmenetz-Ausbaukosten: Sensitivitätsstudie hinsichtlich der Trassenkosten, Analyse der Auswirkungen eines Anschlusses des Neubau-Wohngebiets sowie Überprüfung der Auswirkungen der langen Anbindungsstrecke auf die Fernwärme-Eignung

Eine Sensitivitätsanalyse der Trassenverlegekosten zeigt jedoch, dass der Fernwärmeausbau mit Förderung nur bis hin zu Trassenkosten von 2.250 EUR/m empfohlen wird. Ist die Verlegung der Rohre inklusive Tiefbauarbeiten teurer, wird der obere Grenzwert von 100 EUR/(MWh*a) überschritten. So ergeben sich für Trassenverlegekosten von 4.000 EUR/m beispielsweise absatzspezifische Kosten von 161 EUR/(MWh*a).

Ebenfalls kostentechnisch ins Gewicht fällt die lange Anbindungsstrecke an das bestehende Fernwärmenetz. Ohne die Anbindungsabschnitte steigt die durchschnittliche Wärmelinienendichte des Quartiers von 2.750 kWh/a auf 3.031 kWh/a. Die Kosten sinken von 89 EUR/(MWh*a) auf 81 EUR/(MWh*a).

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse für das Fokusquartier Kohlberg, dass ein Fernwärme-Ausbau nur mit Förderung und nur bei Trassenverlegekosten kleiner 2.250 EUR/m empfohlen werden kann. Während der potenzielle Anschluss des Neubaus keine signifikanten Auswirkungen auf die Bewertungsgrößen zeigt, wirkt sich die lange Anbindungsstrecke über den Waschhausweg negativ auf die Bewertungsgrößen aus. Aus diesen Erkenntnissen abgeleitet, wird eine Überprüfung der real und lokal anzulegenden Kostenansätze empfohlen. Weiterhin könnten gemeinschaftliche Lösungen in Form von Gebäudenetzen eine Option für die in diesem Quartier häufig vorkommenden einzelnen Straßenabschnitte mit Wärmelinienendichten über 4.000 kWh/m darstellen.

6.2.2.3 Fokusquartier Graupa

Im nördlichen Stadtteil Graupa wurde die Wohnsiedlung am August-Röckel-Ring hinsichtlich einer Eignung für ein Nahwärmekonzept untersucht. In unmittelbarer Nähe zur Wohnsiedlung befinden sich einige Grünflächen sowie landwirtschaftlich genutzte Flächen.

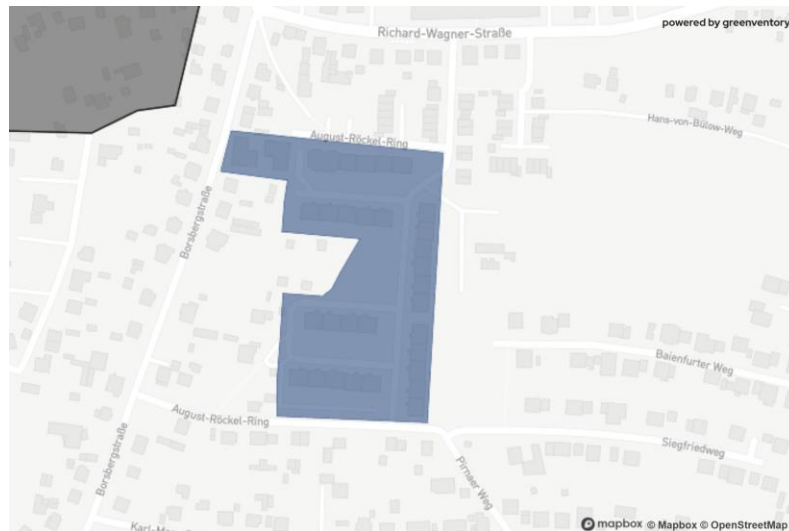


Abbildung 35: Lage des Fokusquartiers Graupa

Aufgrund der kompakten Bauweise und der damit einhergehenden hohen Wärmebedarfsdichte am August-Röckel-Ring liegen günstige Voraussetzungen für eine Nahwärmelösung vor. Die dafür nötige zentrale Wärmeerzeugung kann auf den umliegenden Freiflächen Platz finden. Es wurden die folgenden drei Nahwärmekonzepte untersucht:

1. Zentrale Erdkollektor-Wärmepumpe mit Spitzenlastabdeckung und Besicherung über einen Elektro-Kessel.
Bei einer Erdkollektor-Wärmepumpe wird die oberflächennahe Erdwärme nutzbar gemacht, indem Kunststoffrohre rund 1-2 m tief unter der Erdoberfläche in Schleifen verlegt werden. Zwar wird hierzu ein verhältnismäßig großes Flächenareal benötigt, jedoch ist dieses nach Einbringung der Erdkollektoren weiterhin nutzbar. Abbildung 36 zeigt ein mögliches Konzept für den August-Röckel-Ring mit einem Erdkollektorfeld unterhalb der angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen sowie dem neu zu bauenden Wärmenetz.
2. Zentrale Erdsonden-Wärmepumpe mit Spitzenlastabdeckung und Besicherung über einen Elektro-Kessel.
Die Erdsonden-Wärmepumpe macht die Wärme aus tieferen Schichten des Erdreiches mittels Erdbohrungen (meist rd. 50-200 m Tiefe) nutzbar. Auch in diesem Fall ist die Fläche nach Einbringung der Sonden wieder weitestgehend nutzbar. Im vorliegenden Fall könnten Erdsonden beispielsweise unterhalb der landwirtschaftlichen Fläche, welche auch für eine Erdkollektor-Verlegung in Frage kommt, eingebracht werden. Denkbar sind zudem Sonden in Schrägbohrtechnik. Die Schrägbohrtechnik wurde durch das Fraunhofer IEG unter dem Namen GeoStar entwickelt und bietet den Vorteil, dass auch Erdreich unterhalb von Gebäuden erschlossen werden kann. Somit wäre auch eine Einbringung von Sonden unterhalb des Spielplatzes, welcher sich mittig des August-Röckel-Rings befindet, denkbar.
3. Zentrales Biomasse-Heizwerk (Holzhackschnitzel) mit Spitzenlastabdeckung und Besicherung über einen Gas-Kessel (Biomethan oder Wasserstoff).

Als Referenzlösung wurde neben den drei zuvor genannten Nachwärmekonzepten auch eine dezentrale Versorgungsvariante mit Luft-Wasser-Wärmepumpen je Gebäude untersucht.



Abbildung 36: Beispielhaftes Nahwärmekonzept für den August-Röckel-Ring mit einem (nach Installation wieder nutzbaren) Erdkollektorfeld für eine Wärmepumpe. Kartengrundlage: Google

Zur Untersuchung und zum Vergleich der Versorgungsvarianten (Nahwärmekonzepte und dezentrale Wärmepumpen) wurde eine statisch-annuitätische Kostenrechnung mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren durchgeführt, welche die wesentlichen Bestandteile der Investitions- und Betriebskosten abbildet und in einem spezifischen Wärmepreis zusammenfasst. Die Investitionskosten wurden dabei in Anlehnung an die Kostenansätze aus dem Technikatalog [2] berechnet. Zur Ermittlung der Betriebskosten wurde zunächst die Wärmerzeugung stundenscharf modelliert, um die jährliche Energiebilanz (Stromeinsatz, Brennstoffeinsatz, etc.) zu ermitteln. Die aus der Modellierung resultierende jährliche Energiebilanz wurde zur Ermittlung der Betriebskosten herangezogen. Darüber hinaus wurden in der Kostenrechnung Fördermöglichkeiten sowohl für das Nahwärmekonzept als auch für die dezentralen Luft-Wasser-Wärmepumpen berücksichtigt. Für letztere kommt die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) in Frage, auf Basis derer eine Investitionskostenförderung von 30 % in der Kostenrechnung angesetzt wurde. Für die Nahwärmekonzepte kommt die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) in Frage, im Rahmen dessen 40 % der Investitionskosten gefördert werden sowie eine Betriebskostenförderung für strombetriebene Wärmepumpen möglich ist. Für die Betriebskostenförderung wurde im Rahmen dieser Untersuchung der jeweils maximal mögliche Fördersatz angenommen. Der in der Realität erreichbare Fördersatz wird voraussichtlich niedriger ausfallen.

Die spezifischen Wärmekosten als Ergebnis der statisch-annuitätischen Kostenrechnung sind in Abbildung 37 für alle vier Versorgungsvarianten dargestellt. Die ausgefüllte Fläche stellt jeweils die Wärmekosten unter Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten dar; die schraffierte Fläche die Wärmekosten ohne Berücksichtigung von Förderungen. Zur Einordnung der dargestellten Kosten ist zu berücksichtigen, dass es sich hier um eine Voruntersuchung handelt, die weder wirtschaftlich noch technisch alle Details abbilden kann. Das Ziel ist eine grundsätzliche Einordnung von Versorgungsoptionen zu ermöglichen und Hebel zu identifizieren, die besonderen Einfluss auf die Kosten haben. Nicht berücksichtigt wurden unter anderem Preisszenarien für die Zukunft.

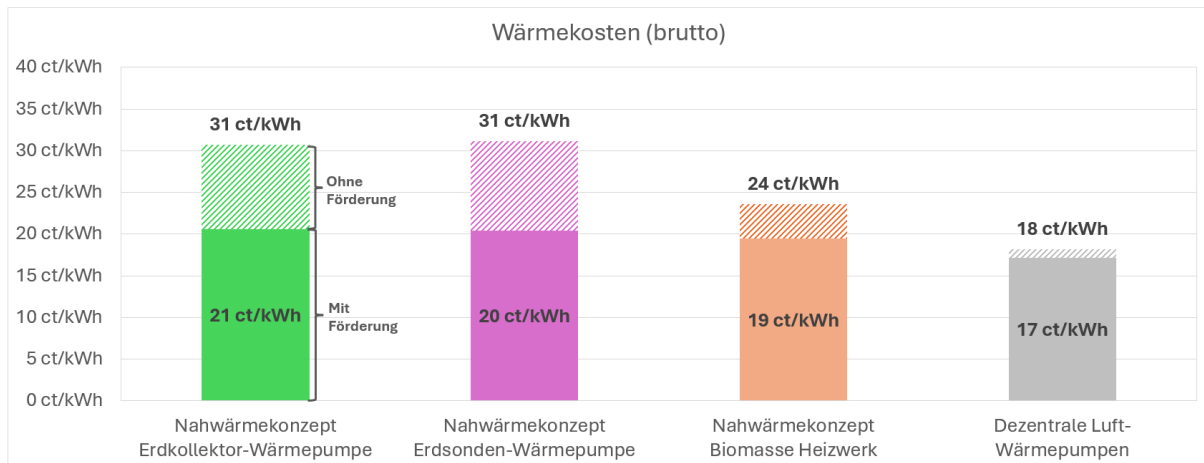


Abbildung 37: Spezifische Wärmekosten (brutto) als Ergebnis der statisch-annuitätischen Kostenrechnung für die drei Nahwärmekonzepte sowie die dezentrale Versorgungsvariante, jeweils mit und ohne Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten.

Wie aus Abbildung 37 hervorgeht, zeigt die dezentrale Lösung einen wirtschaftlichen Vorteil, wenn keine Fördermöglichkeiten berücksichtigt werden. Durch die Möglichkeit einer BEW-Förderung werden die Nahwärmekonzepte jedoch wirtschaftlich konkurrenzfähig und können im Rahmen weiterführender Machbarkeitsstudien näher untersucht werden, wo sowohl wirtschaftlich als auch technisch mehr Details abgebildet werden können als es in dieser Voruntersuchung möglich ist. Weiterhin ist zu beachten, dass für eine BEW-Machbarkeitsstudie der Quartiersausschnitt so gewählt werden sollte, dass mindestens 16 Gebäude bzw. 100 Wohneinheiten versorgt werden können.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie kann zudem die Möglichkeit eines kalten Nahwärmenetzes untersucht werden, welches bei niedrigeren Temperaturen betrieben wird als das hier betrachtete herkömmliche Wärmenetz. Bei einem kalten Nahwärmenetz wird zunächst zentral Wärme auf niedrigem Temperaturniveau (meist zwischen 5 – 20 °C) eingespeist und über das Netz zu den Gebäuden transportiert. Dort wird über dezentrale Wärmepumpen die Temperatur entsprechend dem Gebäudebedarf erhöht. Vorteile eines kalten Nahwärmenetzes liegen unter anderem in den verringerten Wärmeverlusten im Netz (aufgrund der geringeren Temperaturen) sowie der Möglichkeit zur Nutzung von kostengünstigen Kunststoffmantelrohren. Zudem kann das Netz im Sommer auch zur passiven Kühlung der Gebäude genutzt werden. Demgegenüber steht der Aufwand für die kombinierte zentrale und dezentrale Wärmeherzeugung.

6.2.3 Dezentrale Versorgungsgebiete

Alle Gebiete, die außerhalb der Abbildung 25 dargestellten Wärmenetzgebiete und Prüfgebiete liegen, sind dezentrale Versorgungsgebiete.

In dezentralen Versorgungsgebieten stehen Hauseigentümern verschiedene Technologien für zukünftigen Heizungsanlagen zur Verfügung. Generell kann jede Heizungsanlage, die mit einem Anteil von mindestens 65 Prozent erneuerbarer Energie betrieben wird, zur zukünftigen Versorgung eingesetzt werden. Die 65 Prozent gelten aktuell (Stand Herbst 2024) für Neubauten und werden ab Mitte 2028 beim Einbau von neuen Heizungen auch in Bestandsgebäuden verbindlich. Intakte bestehende Heizungssysteme mit einem EE-Anteil unter 65 Prozent können auch nach Mitte 2028 weiter betrieben werden.

Für das Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung wird angenommen, dass die dezentralen Versorgungsgebiete überwiegend durch Umstellung auf Wärmepumpen geprägt sind. Dabei spielen neben Luftwärmepumpen auch Erdwärmepumpen eine Rolle, vor allem in Bereichen mit

größeren Flurstücken und ohne wasserrechtliche Einschränkungen. Weitere Bausteine sind – wenn auch punktuell – der Austausch von Öl- oder Erdgasheizungen durch Biomassekessel sowie die Nutzung klimaneutraler Gase in den Fällen, wo durch besondere Anforderungen wie z.B. Prozesswärme eine Wärmepumpenumstellung nicht möglich erscheint.

6.3 Transformation der Wärmeversorgung

6.3.1 Entwicklung der Wärmebedarfe

Eine Reduktion des Wärmebedarfs ist eine zentrale Komponente zum Gelingen der Wärmewende. Im Zielszenario wurde für Wohngebäude eine Sanierungsrate von 0,5 % pro Jahr angenommen. Die Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs erfolgt unter Nutzung von repräsentativen Typgebäuden. Diese basieren auf der Gebäudetypologie nach TABULA (IWU, 2012). Für Nichtwohngebäude wird eine Reduktion des Wärmebedarfs anhand von Reduktionsfaktoren berechnet. Es werden im Nichtwohnbereich folgende Einsparungen des Wärmebedarfs bis 2050 angenommen und entsprechend auf 2045 angepasst:

- Gewerbe, Handel & Dienstleistungen: 37 %
- Industrie: 29 %
- Kommunale Liegenschaften: 33 %

Die Simulation der Sanierung erfolgt jahresscharf und gebäudespezifisch. Jedes Jahr werden die 0,5 % der Gebäude mit dem schlechtesten Sanierungszustand saniert. Abbildung 38 zeigt den Effekt der Sanierung auf den zukünftigen Wärmebedarf. Für das Zwischenjahr 2030 ergibt sich ein Wärmebedarf von 287 GWh, was einer Minderung um 7,7 % entspricht. Für das Zieljahr 2045 reduziert sich der Wärmebedarf durch fortschreitende Sanierungen weiter, sodass der jährliche Wärmebedarf noch 249 GWh beträgt, was einer Minderung um 19,8 % gegenüber dem Basisjahr entspricht. Es wird deutlich, dass sich durch eine Priorisierung der Gebäude mit dem höchsten Sanierungspotenzial bis 2030 auf effiziente Weise bereits signifikante Anteile des gesamten Reduktionspotenzials erschließen lassen.

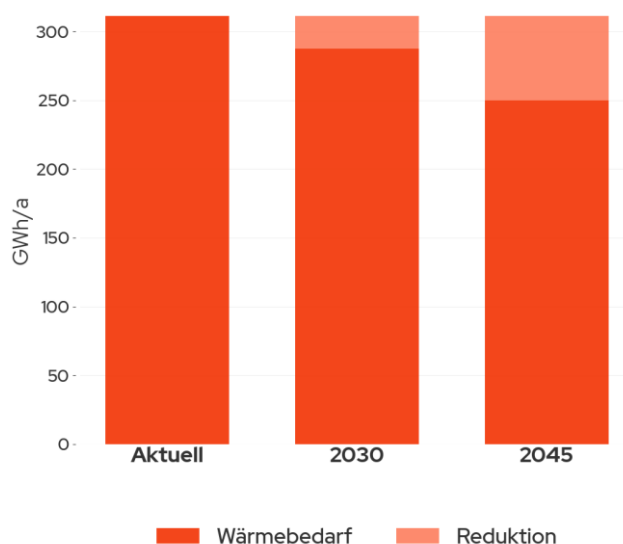


Abbildung 38: Wärmebedarf und Wärmebedarfsreduktion im Ziel- und Zwischenjahr

6.3.2 Entwicklung der Fernwärmeerzeugung

Eine wesentliche Voraussetzung für die Realisierbarkeit des Wachstums bei der Fernwärme ist, dass in ausreichendem Umfang Erzeugungsmengen bereitgestellt werden können. Diese müssen

bis spätestens 2045 ausschließlich auf erneuerbaren Energien oder auf unvermeidbarer Abwärme basieren. Die Herausforderung besteht also nicht nur darin, die im Status Quo benötigten Fernwärmemengen zu dekarbonisieren, sondern auch weitere Wärmequellen zu erschließen, um das Absatzwachstum zu bedienen.

Das Wärmeplanungsgesetz gibt vor, dass bestehende Wärmenetze ab dem Jahr 2030 mindestens zu 30 % aus erneuerbaren Energien, unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination hieraus gespeist werden müssen. Für neu zu errichtende Netze gilt ein Anteil von 65 % ab 2025. Ab dem Jahr 2040 gilt für alle Netze ein EE- oder Abwärme-Anteil von 80 %. Im Jahr 2045 soll eine vollständige Klimaneutralität in Wärmenetzen erreicht sein.

Die Zusammensetzung der im Zieljahr 2045 voraussichtlich für die Fernwärmeversorgung in Pirna eingesetzten Energieträger ist in Abbildung 39 dargestellt. Dabei werden die beiden Netze Sonnenstein und Copitz gemeinsam bilanziert.

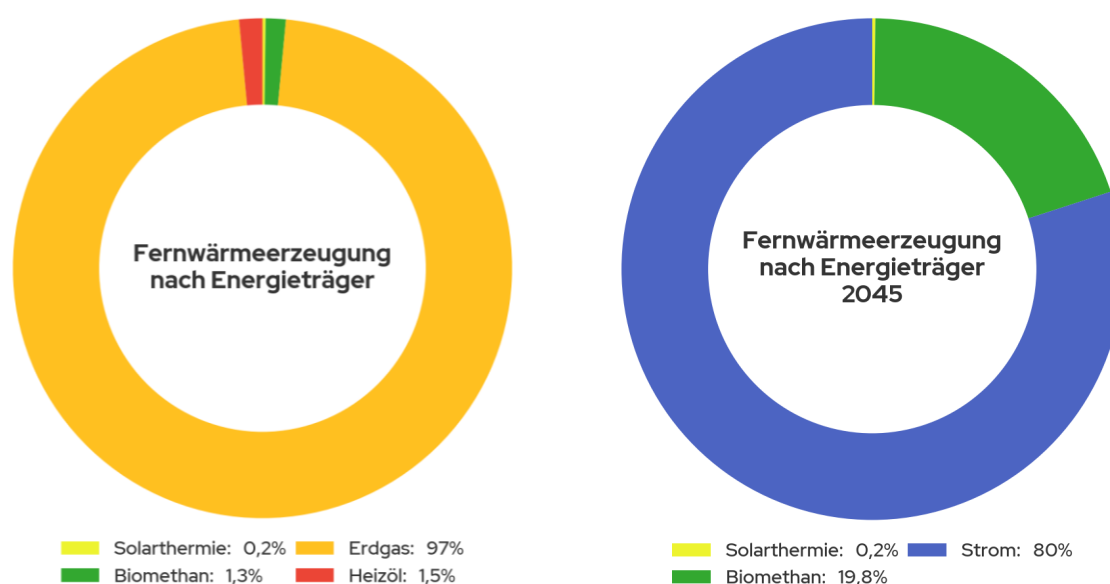


Abbildung 39: Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern im Basisjahr 2022 (links) und Zieljahr 2045 (rechts) der Wärmeplanung

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung Pirna wird angenommen, dass ein großer Anteil der zukünftigen Fernwärmeerzeugung in Pirna durch Großwärmepumpen bereitgestellt werden kann. Diese könnten beispielsweise Flusswasser der Elbe, Uferfiltrat oder Abwasser aus großen Abwassersammlern als Wärmequelle nutzen. Die Möglichkeiten zur Erschließung dieser Wärmequellen wird aktuell (Stand Herbst 2024) von den Stadtwerken Pirna im Rahmen des BEW-Transformationsplanes für die beiden Netze Sonnenstein und Copitz untersucht. Des Weiteren wird angenommen, dass Solarthermie weiterhin mit 0,2 % und klimaneutrale Gase, wie etwa Biomethan oder grüner Wasserstoff, zu 19,8 % zum Energiemix beitragen.

6.3.3 Entwicklung dezentral eingesetzter Energieträger

Nach der Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs und der Bestimmung der Eignungsgebiete für Wärmenetze erfolgt die Ermittlung der zukünftigen Versorgungsinfrastruktur. Es wird dabei jedem Gebäude eine Wärmeerzeugungstechnologie zugewiesen.

Falls auf dem jeweiligen Flurstück die Möglichkeiten zur Installation einer Wärmepumpe vorhanden sind, wird eine Luftwärmepumpe oder eine Erdwärmepumpe zugeordnet. Andernfalls wird ein Biomassekessel angenommen. Dieser kommt auch bei großen gewerblichen Gebäuden zum

Einsatz. Der mögliche Einsatz von Wasserstoff wurde aufgrund fehlender belastbarer Planungsmöglichkeiten sowie Verfügbarkeit im Szenario nicht betrachtet.

Im Folgenden werden jeweils drei Szenarien gegenübergestellt:

1. **Zielszenario:** Nah- oder Fernwärmeversorgung in allen Ausbau-, Verdichtungs- und Prüfgebieten
2. **Alternativszenario 1:** Nah- oder Fernwärmeversorgung in Ausbau-, Verdichtungs- und Prüfgebieten, bei denen es sich nicht um ein Fokusquartier handelt
3. **Alternativszenario 2:** Nah- oder Fernwärmeversorgung in allen Ausbau- und Verdichtungsgebieten

In allen Szenarien wird mit einer Fernwärme-Anschlussquote von 70 Prozent gerechnet. Das bedeutet, dass 70 % der Gebäude im Gebiet eine Hausübergabestation zum Anschluss an das Wärmenetz erhalten. Die übrigen 30 % der Gebäude in Eignungsgebieten sowie alle Gebäude außerhalb der Eignungsgebiete werden individuell beheizt.

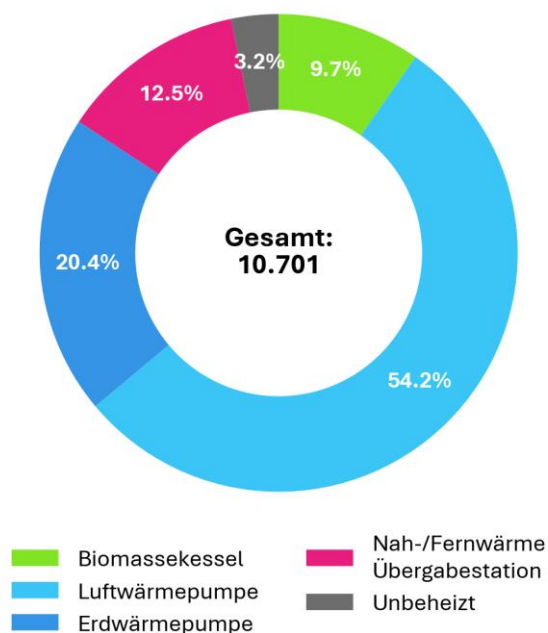


Abbildung 40: Anzahl Gebäude nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Zielszenario)

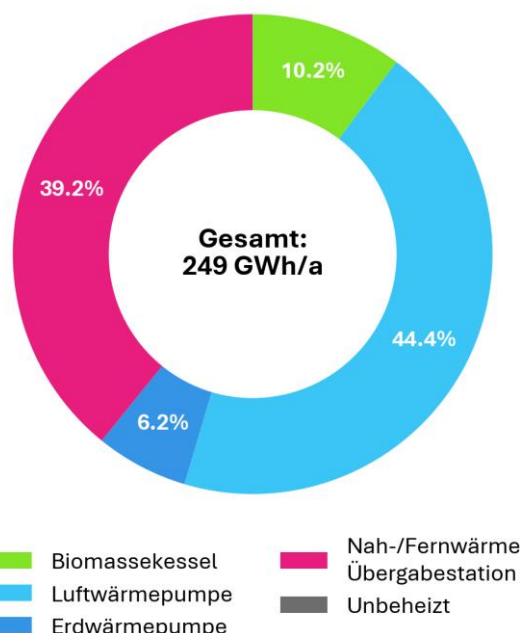


Abbildung 41: Wärmebedarf nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Zielszenario)

Die Wärmeversorgung im Zieljahr 2045 ist in Abbildung 34 und Abbildung 41 dargestellt. Im hier betrachteten Zielszenario werden 12,5 % der Gebäude über Wärmenetze versorgt. Der Anteil des Wärmebedarfes, der durch Nah- oder Fernwärme gedeckt wird, beträgt 39,2 %. Dabei ist der auf den Wärmebedarf bezogene Anteil deutlich höher, da insbesondere große Gebäude an ein Wärmenetz angeschlossen werden. Für dezentrale Wärmepumpen, welche vorwiegend in locker bebauten Bereichen mit in Gebäuden mit niedrigeren Wärmebedarfen eingesetzt werden, ergibt sich, dass 54,2 % der Gebäude zukünftig mit Luftwärmepumpen beheizt werden könnten, was 44,4 % des zukünftigen Wärmebedarfes entspricht. Erdwärmepumpen sind in diesem Szenario in 20,4 % der Gebäude verbaut, welche 6,2 % der Wärmebedarfe vereinen. Einzelheizungen mit Biomasse könnten nach diesen Berechnungen zukünftig mit 9,7 % der bzw. zur Deckung von 10,2 % des Wärmebedarfes zum Einsatz kommen.

Der Wärmebedarf, der im Zielszenario aus Fernwärme gedeckt wird, beträgt 97,6 GWh/a. Dies entspricht im Vergleich zum Status-Quo von 53,1 GWh/a (vgl. Kapitel 3.4) knapp einer Verdopplung

(Faktor 1,8), während die Anzahl der Hausanschlüsse mit Fernwärme sich etwa (Faktor 3,9) vervierfacht. Der Anteil an der Wärmebedarfsdeckung steigt von 14,7 % auf 39,2 %.

Die Ergebnisse der Alternativszenarien werden in Abbildung 53 bis Abbildung 56 des Anhangs A visualisiert. Für den Fall, dass die Fokusquartiere zukünftig nicht durch Fern- oder Nahwärme versorgt werden (Alternativszenario 1) beträgt die Deckung des Wärmebedarfes durch Wärmenetze 32,7 %. Wird keines der Prüfgebiete bis 2045 durch Fernwärme erschlossen (Alternativszenario 2), ergibt sich ein Anteil von 27,9 % des Wärmebedarfes, der durch Wärmenetze gedeckt wird. Dies entspricht einer Steigerung des Fernwärmebedarfes um den Faktor 1,3 und eine Steigerung der Anschlüsse um den Faktor 2,3.

Der Ausbau der Wärmepumpen wird zu einer deutlichen Erhöhung der elektrischen Anschlussleistungen führen. Die aus dem Wärmepumpenausbau resultierenden zusätzlichen Netzlasten an kalten Wintertagen sind in der folgenden Abbildung 42 dargestellt. Insgesamt ergibt sich für das Zielszenario ein in etwa linear ansteigender Strommehrbedarf für dezentrale Wärmepumpen von rd. 40 GWh/a bis 2045 sowie eine zusätzlich Netzlast von rd. 22 MW (+ 1 MW für schon bestehenden Wärmepumpen bzw. den Ersatz von Stromdirektheizungen). Hinsichtlich der Stromnetzbelastungen sind die Wärmepumpen an kalten Wintertagen bestimmend. Hinzu kommen dann noch die zentralen (Groß-)Wärmepumpen zur Nah- und Fernwärmeerzeugung, deren Strombedarf in Summe mit rd. 45 GWh/a bzw. 11 MW abgeschätzt wird.

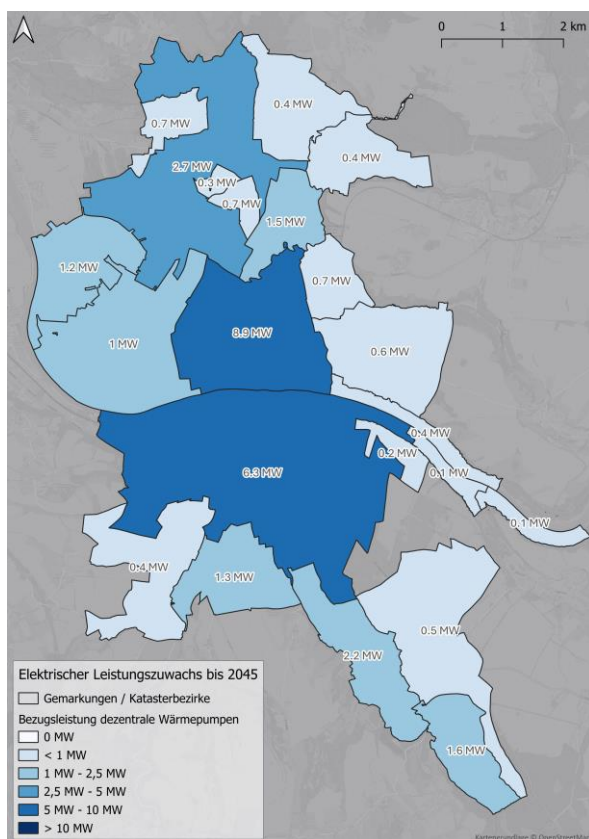


Abbildung 42: Elektrischer Leistungszuwachs durch dezentrale Wärmepumpen bis 2045 (Zielszenario)

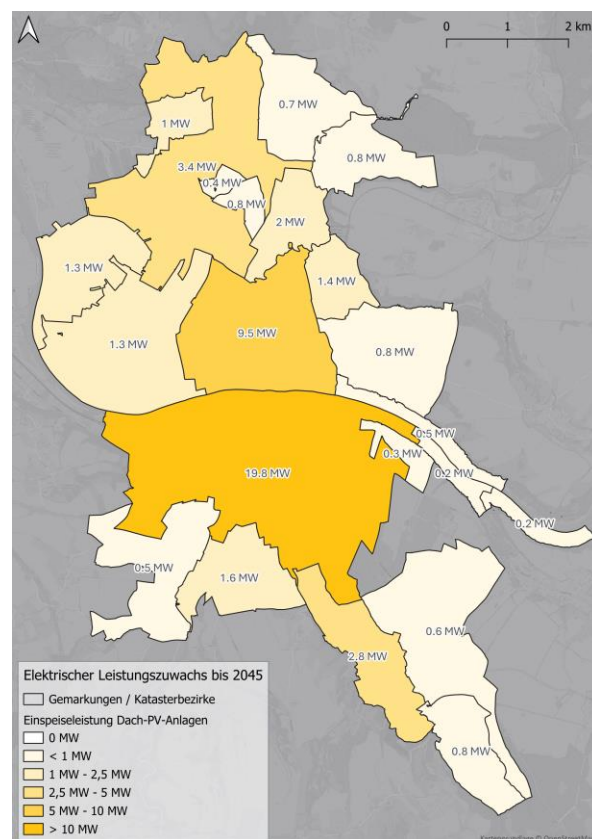


Abbildung 43: Elektrischer Leistungszuwachs durch dezentrale PV-Anlagen bis 2045

PV-Einspeiseleistungen von in Summe 51 MW, vgl. Abbildung 43, fallen saisonal konträr an. Die erwartbare PV-Einspeisung wurde dabei exemplarisch unter der Annahme, dass 75 % der Wohngebäude und 50 % der Gebäude der Sektoren GHD, Industrie und öffentliche Zwecke eine PV-Anlage auf durchschnittlich 30 % der Dachfläche installieren, ermittelt. Bei der hier angegebenen

zusätzlichen Einspeiseleistung handelt es sich um die Summe der Peak-Leistungen multipliziert mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,7, um unterschiedliche Ausrichtungen der PV-Anlagen zu berücksichtigen. Der Leistungszuwachs von PV ist insbesondere an wolkenlosen Sommertagen bestimmend. Es werden etwa 72 GWh PV-Strom pro Jahr erzeugt.

6.3.4 Entwicklung der Energiebilanz

Die Transformation der Wärmeversorgung führt zu großen Änderungen der Energie- und Treibhausgasbilanzen. Abbildung 44 zeigt die Endenergiebilanz im Zielszenario. Abbildung 45 visualisiert die Entwicklung der Endenergiebedarfe vom Basisjahr 2022 über das Stützjahr 2030 bis hin zum Zieljahr 2045. Der Endenergiebedarf im Zieljahr 2045 beträgt insgesamt 174 GWh/a. Davon entfällt der größte Anteil mit 59,2 % bzw. 103 GWh/a auf die Nah- und Fernwärme. Der Strombedarf der eingesetzten Wärmepumpen entspricht 23,5 % bzw. 41 GWh/a. Dieser, im Vergleich zu der Anzahl an Wärmepumpen oder der gedeckten Wärmebedarfe, niedrige Wert ist auf die hohe Effizienz von Wärmepumpen zurückzuführen. Der prognostizierte Biomassebedarf beläuft sich auf 17,3 % des Endenergiebedarfes bzw. 30 GWh/a.

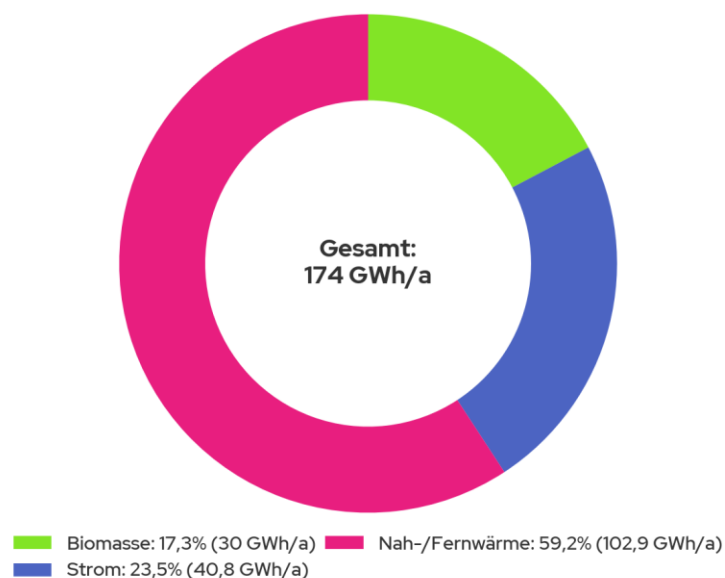


Abbildung 44: Endenergiebilanz nach Energieträger im Zieljahr 2045 (Zielszenario)

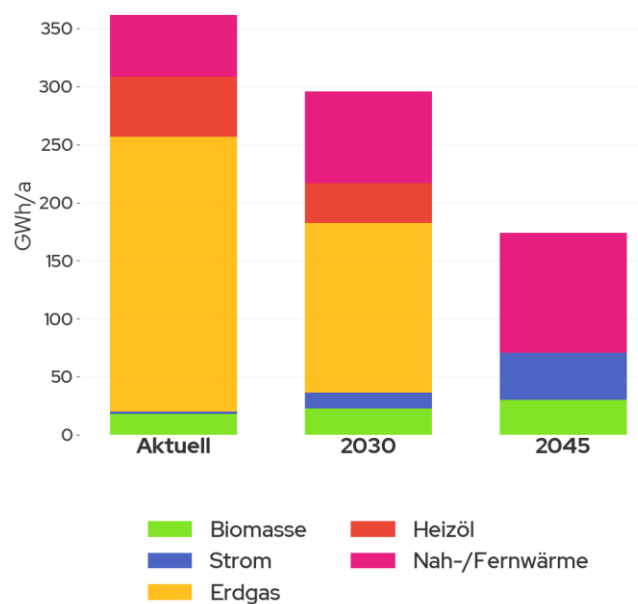


Abbildung 45: Entwicklung der Endenergiebilanz, vom Basisjahr 2022 über das Stützjahr 2030 bis hin zum Zieljahr 2045 (Zielszenario)

Die Ergebnisse für die beiden Alternativszenarien sind in Abbildung 57 und Abbildung 58 des Anhangs A dargestellt. Insbesondere die höheren Wärmepumpenanteile führen dazu, dass weniger Endenergie benötigt wird. So beträgt der Endenergiebedarf 163 GWh/a in Alternativszenario 1 und 156 GWh/a in Alternativszenario 2.

6.3.5 Entwicklung der Treibhausgasbilanz

Im Zieljahr 2045 betragen die Treibhausgasemissionen insgesamt 4.917 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr, vgl. Abbildung 46. Dabei entfällt mit 75,3 % der größte Anteil der Emissionen auf die Nah- und Fernwärme. Die restlichen Emissionen teilen sich zu etwa gleichen Anteilen auf Biomasse und Strom auf. Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Emissionsfaktoren sind in Tabelle 1 des Kapitels 3.7 gelistet.

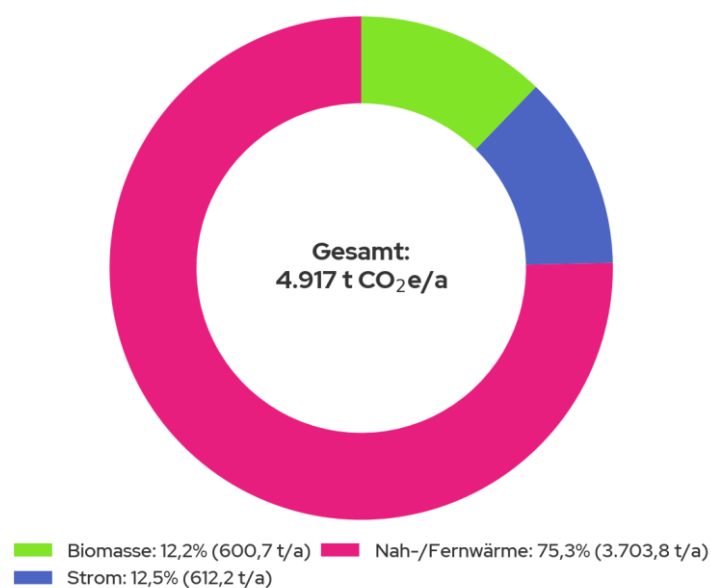


Abbildung 46: Treibhausgasbilanz nach Energieträgern im Zieljahr 2045 (Zielszenario)

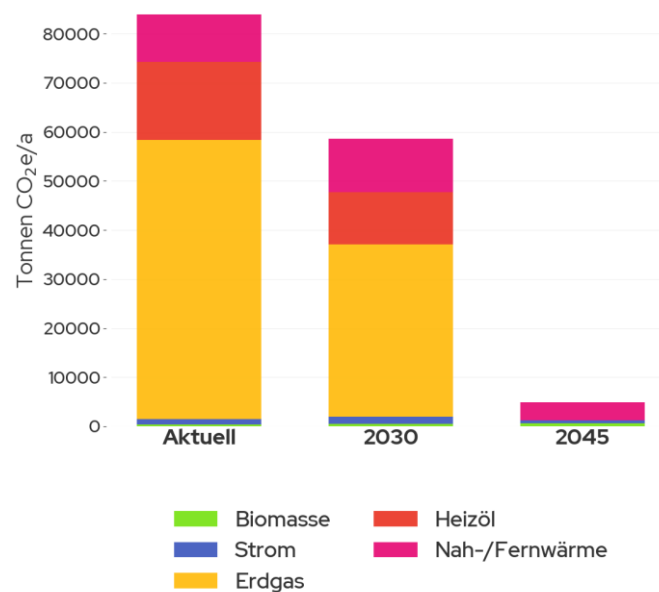


Abbildung 47: Entwicklung der Treibhausgasbilanz, vom Basisjahr 2022 über das Stützjahr 2030 bis hin zum Zieljahr 2045 (Zielszenario)

Abbildung 47 zeigt die Entwicklung der Treibhausgasbilanz im Zielszenario. Bis zum Stützjahr 2030 ergibt sich eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um etwa 30 %, bis zum Zieljahr 2045 können die Emissionen um insgesamt 94 % gesenkt werden.

Unter der Annahme, dass die Fokusquartiere dezentral versorgt werden (Alternativszenario 1) betragen die Emissionen im Jahr 2045 4.415 t CO₂-Äquivalente. Für das Alternativszenario 2 ergibt sich ein Wert von 4.041 t CO₂-Äquivalente, was einer Reduktion auf 5 % des Ausgangswertes entspricht.

6.4 Investitionsrahmen für die Wärmetransformation

Die Umsetzung der Wärmetransformation ist mit erheblichen Investitionen verbunden, sowohl im Bereich des Infrastrukturausbaus, der Gebäudesanierung wie auch der dezentralen und zentralen Technologiewechsel. Demgegenüber stehen vermiedene Ersatzkosten fossiler (Kessel-)Anlagen, vermiedene bzw. reduzierte Brennstoffeinsätze sowie Förderprogramme zur Abminderung der Umstellungskosten.

Eine detaillierte und abschließende Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Handlungsfelder ist aufgrund der Vielfältigkeit und Heterogenität der Gebäudesituationen und auch wegen der unklaren zukünftigen Fördersituation nicht möglich. Gleichwohl ist aber eine Abschätzung des Investitionsvolumens möglich. Dazu sind im Technikcatalog [5] zur kommunalen Wärmeplanung Eckwerte gegeben, die im Folgenden genutzt und ergänzt wurden.

Die im Katalog angegebenen Kosten sind als Richtwert für ganz Deutschland konzipiert und auf das Jahr 2023 bezogen, diese wurden mit Erfahrungswerten aus lokalen Bauprojekten abgeglichen und auf das Jahr 2025 hochindiziert. Meist ergibt sich dadurch eine Erhöhung im Bereich von 10 % bis 30 %. Der Kostenrahmen sollte so auch Zusatzkosten abdecken, die vor allem im Gebäudebestand bei Einbau neuer Heizungsanlagen oder Sanierungen auftreten können.

Abbildung 48 zeigt eine Übersicht der im Folgenden angenommenen Investitionskosten über die thermische Leistung der Anlagen.

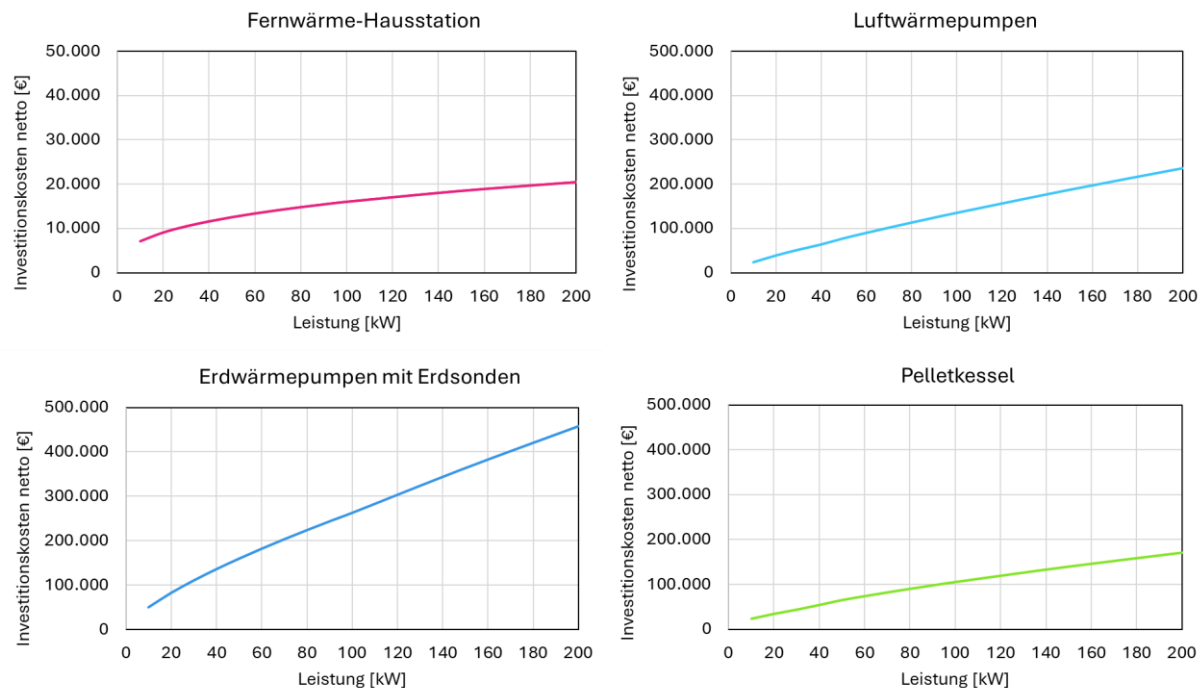


Abbildung 48: Übersicht der angenommenen spezifischen Investitionskosten (netto, vor Förderzuschüssen)

Neben den oben gezeigten spezifische Kostenkennzahlen wurde für den Fernwärmeausbau ein Kostenkennwert von 3.000 EUR pro Trassenlänge im Stadtbereich angesetzt, bei Hausanschlussleitungen ein Mittelwert von 1.600 EUR/m. Die gesamten Baukosten neuer Fernwärmeerzeuger wie Flusswasserwärmepumpen und Kessel für klimaneutrale Gase wurden anhand von Kostenkennwerten des Technologiekataloges abgebildet und liegen in einer Bandbreite von 200EUR/kW für Kessel bis 1.500 EUR/kW für Großwärmepumpen. Zusätzliche Kosten für Anbindungsleitungen, Verrohrung, Messtechnik, Speicher, etc. wurden pauschal berücksichtigt. Diese Kostenansätze sind als allgemeine, für Fernwärmeprojekte typische Kennzahlen zu verstehen und nicht als konkrete Projektkosten mit Ortsbezug.

Die Kosten für die energetische Sanierung der Gebäudehülle wurden literaturbasiert in Abhängigkeit der Sanierungstiefe zwischen 100 € und 600 € pro Quadratmeter Energiebezugsfläche angesetzt [6].

Für das Zielszenario ergibt sich ein rechnerisches Investitionsvolumen von rd. 746 Mio. EUR bis 2045. Dieses umfasst die wesentlichen Bausteine der Wärmewende, nämlich die energetischen Mehrkosten der Gebäudesanierung, die Umstellung von Gas- und Ölheizungen auf Wärmepumpen sowie den Aus- und Umbau der Fern- und Nahwärme. Es ist zu beachten, dass ausschließlich der Invest dargestellt wird. Zukünftige Energiekosten für den Betrieb der Anlagen sowie Energiekosteneinsparungen durch Sanierung wurden nicht einberechnet.

Den Aufwendungen gegenüber stehen Einsparungen im konventionellen Anlagenbau von rd. 70 Mio. € durch Wegfall der Ersatzinvestitionen in Gas- und Heizölkessel sowie der vermiedene Reinvest in die Erzeuger der kleinen Wärmenetze. Zudem fällt ein Großteil der Maßnahmenfelder unter die Fördermechanismen der Bundesförderprogramme BEW und BEG und kann mit 30 % - 50 % Investitionszuschuss gefördert werden.

Eine überschlägige Aufteilung auf den Zeitrahmen bis 2045 und die 39.000 Einwohner Pirnas führt bei Berücksichtigung von im Mittel 30 % Investitionszuschüssen auf einen Investitionsanteil von rd. 50 € pro Einwohner und Monat. Diese Kenngröße dient lediglich der Einordnung der großen

Summe. Sie ist nicht als Kostenbelastung jedes einzelnen zu verstehen, da es, z.B. durch Sanierung, auch Einsparungen in den Betriebskosten gibt und auch nicht alle Investitionen direkt oder indirekt durch die Bürgerschaft getätigt werden müssen.

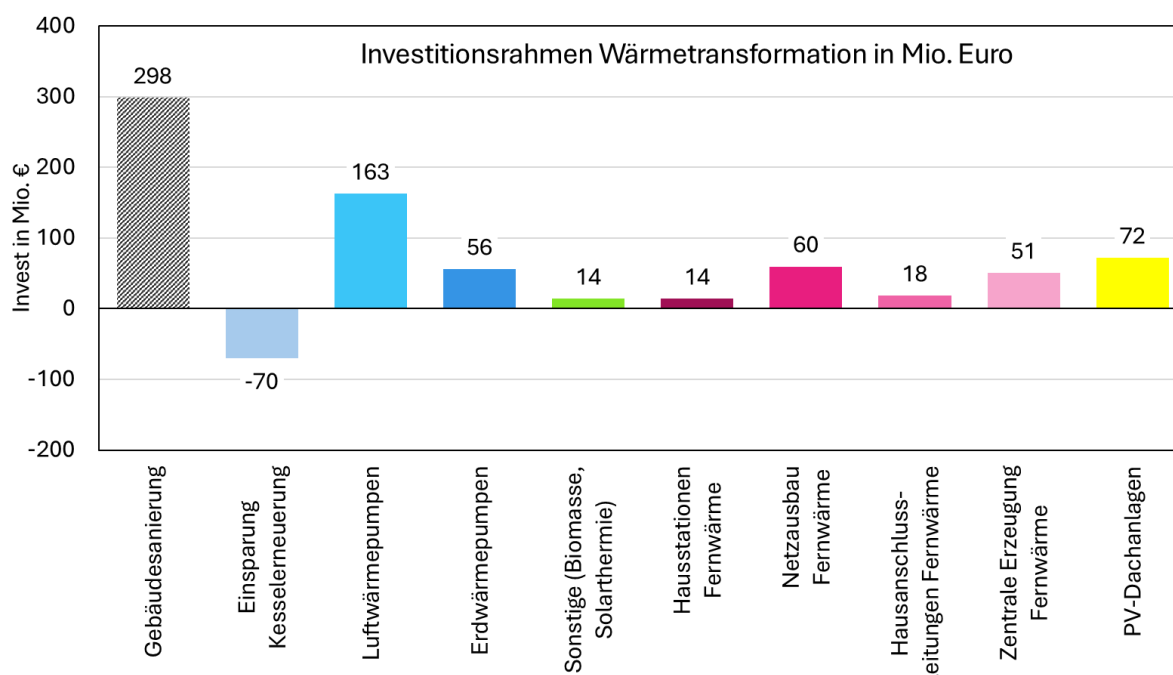


Abbildung 49: Abschätzung des Investitionsrahmens der Wärmewende in Pirna

Die Aufteilung der Investitionen lt. Abbildung zeigt aber auch, dass das Investitionsvolumen für die Sanierung der Gebäude mit 44 % Anteil der größte Posten ist, aber nur zu rd. 20 % zur Zielerreichung beiträgt. Zweitgrößter Posten ist die dezentrale Heizungsumstellung auf Wärmepumpen und Biomasse inkl. vermiedenem Reinvest in dezentrale Anlagen mit 162 Mio. € bzw. 24 % gefolgt von allen mit dem Fernwärmeaus- und -umbau zusammenhängenden Bereichen mit 143 Mio. € (21 %). Der PV-Ausbau auf Dachflächen schlägt mit rd. 72 Mio. € deutlich weniger zu Buche.

Für die Alternativszenarien ergeben sich 1 % (Alternativszenario 1) bzw. 2 % (Alternativszenario 2) geringere Gesamtinvestitionen. Jedoch zeigt sich eine deutliche Verlagerung der Kostenanteile für Nah- und Fernwärme hin zu Aufwendungen für die dezentrale Wärmeversorgung. So macht der Fernwärmeaus- und -umbau in Alternativszenario 2 etwa 11 % der Gesamtinvestitionen aus, während sich die Investitionen der dezentralen Heizungsumstellung auf 33 % belaufen.

6.5 Exemplarische Prognose von Wärmekosten für Endkunden

Im Folgenden wird die Spanne der zukünftigen Wärmekosten für Endkunden exemplarisch anhand eines kleinen Mehrfamilienhauses abgeschätzt.

Ein wesentlicher Aspekt der Wärmewende ist der Einfluss auf Endkundenpreise, die sich für verschiedene klimafreundliche Heizungsoptionen ergeben und die aller Voraussicht nach für alle Optionen eher steigende Tendenzen haben werden. Eine eindeutige Antwort ist dabei aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren und der unterschiedlichen Betroffenheit der verschiedenen Akteure allerdings kaum möglich:

- Die Energiepreise für Brennstoffe zum Heizen und zur Stromerzeugung hängen heute wie in Zukunft von Weltmarktpreisen, internationalen Transportwegen und Wettbewerbsintensitäten ab. Dies gilt für Erdgas und Heizöl genauso wie für zukünftige Wasserstoffimporte als auch Pellets und Scheitholz.

- Die regulierten Netzentgelte für Erdgas und Strom können sich je nach Entwicklung der Absatzmengen und Netzinvestitionen bzw. im Fall der Erdgasnetze auch (teilweise) Stilllegungen deutlich anders entwickeln als die allgemeine Preissteigerungsrate. Zusätzlich kann es weitere Anpassungen am regulatorischen Rahmen geben, die sich wiederum auf die Netzentgelte auswirken.
- Der Strompreis wiederum hängt sowohl von Brennstoffpreisen und Netzentgelten als auch den CO₂-Kosten ab, wobei dieser Anteil durch die zunehmend erneuerbare Erzeugung weniger relevant wird.
- Der CO₂-Preis wiederum ist ein eher politisch beeinflusster Preis, der sich durch gezielte Verknappung von Zertifikaten im Europäischen Emissionshandel ergibt. Hier hat es in den vergangenen 10 Jahren große Schwankungen gegeben.
- Neben diesen eher marktlich oder regulierungsseitig geprägten Komponenten enthalten alle Endkundenpreise mehr oder weniger hohe Anteile von Steuern, Umlagen und Abgaben, die sich ebenfalls verändern können.
- Die neben den Energiepreisen vor allem bei kleineren Anlagen hohen Anteile der Installationskosten werden durch Förderprogramme gemindert, die ebenfalls mit Unsicherheiten versehen und für die Zukunft nicht garantiert sind.
- Der Ausbau der Fernwärme erfordert Investitionen in Netze und Erzeugungsanlagen und auch hier werden Zuschüsse durch Förderprogramme bereitgestellt, um die Kosten in einem akzeptablen Rahmen zu halten.
- Darüber hinaus werden die spezifischen Heizkosten auch durch den energetischen Gebäudestandard, den Klimawandel und Sanierungsaktivitäten bestimmt.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung Pirna wurden insgesamt drei Preispfade modelliert. Ein Niedrig-, ein Mittel- und ein Hochpreispfad. Zur Modellierung der Erdgas-, Strom- und Fernwärmepreise wurden Informationen zu den aktuellen Preisstrukturen der Stadtwerke Pirna verarbeitet. Die Parameter sowie das Vorgehen zur Ableitung der Endkundenpreise (Inflation, Preissteigerungsraten, CO₂-Preise, Netzentgelte, Umlagen, etc.) der Preispfade ist im Anhang in B.1 dokumentiert.

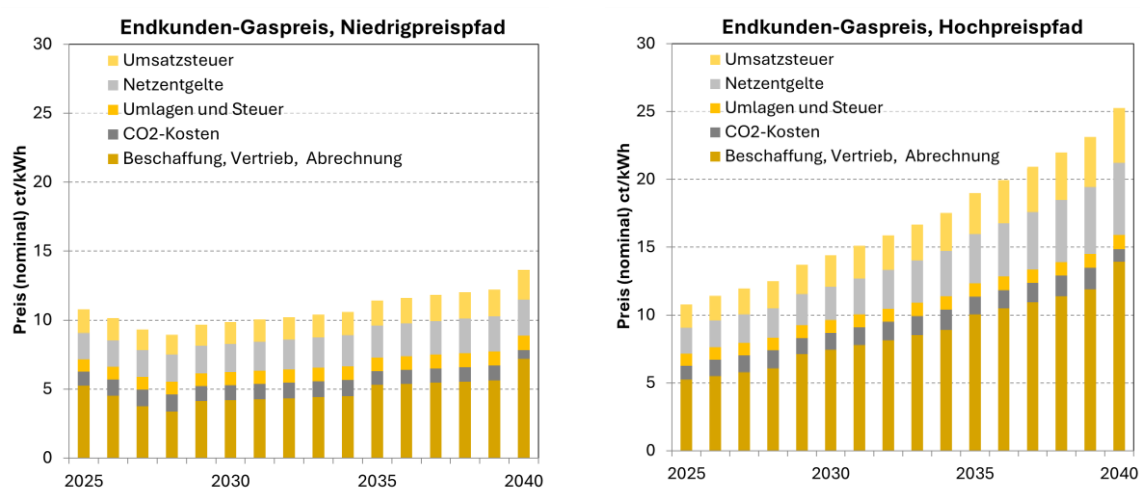


Abbildung 50: Preispfade für einen Endkundenabnahmefall Erdgas, brutto mit Umsatzsteuer

Die in der Grafik dargestellten Endkundenpreise für Erdgas stellen einen typischen Abnahmefall mit 54 MWh Wärmebedarf und 30 kW Wärmeleistung dar, was in etwa einem kleinen Mehrfamilienhaus im Bestand mit 3 bis 6 Wohneinheiten entspricht. 54 MWh Wärmebedarf entspricht rd. 63 MWh Erdgas nach Brennwert H_s. Der Ausgangswert für 2025 von rd. 11,4 ct/kWh brutto repräsentiert dabei weniger die heute noch aktuellen Erdgaskosten, die bei Bestandsverträgen oft

noch höher liegen, sondern die Erwartungshaltung an typische Erdgaskonditionen im nächsten Jahr.

Berücksichtigt wurde weiterhin, dass bei dem hier betrachteten Fall einer neuen Heizungsanlage im Falle fossiler Brennstoffe ab 2029 gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) steigende Anteile biogener Brennstoffe (hier: Biomethan als Beimischung) eingesetzt werden müssen (2029: 15 %, ab 2035 30 %). Diese sind absehbar teurer als Erdgas, allerdings ist für diesen Anteil auch keine CO₂-Abgabe fällig. Für Heizungen, die ab dem 01.07.2028 eingebaut werden, gilt die Anforderung von mindestens 65 % Erneuerbarer Energien.

Zu erkennen ist, dass die Gaspreise in beiden Fällen ansteigen werden, im Niedrigpreispfad schon über der Inflationsrate und im Hochpreispfad sehr deutlich. Die Endkundenpreise steigen bis 2040 um 27 % (Niedrigpreispfad) bzw. 135 % (Hochpreispfad). Wesentliche preisbestimmende Faktoren sind dabei:

- Die steigenden CO₂-Kosten, die heute noch weniger als 10% des Endkundenpreises ausmachen,
- Die steigenden Gasnetzentgelte in beiden Preispfaden, die sich durch den Rückgang des Gasabsatzes und Umlage auf weniger Menge sowie schnellerer Abschreibungen gemäß behördlichen Genehmigungen (BNetzA) ergeben werden,
- Die Verpflichtung des GEG, dass beim Neueinbau einer Gasheizung ab dem Jahr 2029 allmählich ansteigende Anteile von (teurerem) Biomethan einzusetzen sind.

Die weiteren Endkundenpreise wurden in den beiden Preispfaden wie folgt abgeleitet:

- Strom für Wärmepumpen: Ableitung eines typischen Endkundenpreises, wobei hier die CO₂-Preise und Netzentgelte weniger relevant sind. Insbesondere hinsichtlich der Netzentgelte ist zu anmerken, dass diese hier anhand von konstanten Preissteigerungsraten fortgeschrieben wurden. Zur detaillierteren Abschätzung der Entwicklung der Netzentgelte wird eine tiefergehende, über die KWP hinausgehende, Stromnetzanalyse und Netzentgeltberechnung empfohlen. Mit den hier getroffenen erhöhen sich die Endkundenpreise von 2025 bis 2040 nur um 5 % (Niedrigpreispfad) bzw. 72 % (Hochpreispfad).
- Fernwärme: Ableitung anhand der aktuellen von den Stadtwerken veröffentlichten Preisgleitklausen bis 2029. Ab 2030 Berücksichtigung eines Zuschlags für grüne Fernwärme bei gleichzeitiger Reduktion Kostenelements für Erdgas. Von 2025 bis 2040 sinken sich die Endkundenpreise leicht um 3 % (Niedrigpreispfad) bzw. steigen um 31 % (Hochpreispfad).

Bei der Einordnung muss berücksichtigt werden, dass in allen Szenarien eine allgemeine Preissteigerungsrate von 2 % bereits enthalten ist, die für sich bereits rd. 35 % im Zeitraum von 2025 bis 2040 ausmacht.

Heizkostenvergleich

Im Folgenden werden die resultierenden Wärmegestehungskosten aus Kundensicht auf Basis der dargestellten Preispfade berechnet. Dabei kommt ein standardisierter Heizkostenrechner (ENERKO Heizkostenvergleichstool) zum Einsatz, das nach der Methodik der VDI 2067 die Gesamtkosten von Wärmeversorgungssystemen im Vergleich berechnet.

Ausgewählt wurde der oben bereits dargestellte Versorgungsfall eines Gebäudes mit 30 kW Wärmeleistung bzw. 54 MWh/a Wärmebedarf.

Hierfür wurden vier Versorgungslösungen bewertet, jeweils mit Einbau einer neuen Wärmeerzeugung für Raumwärme und Trinkwarmwasser:

- Einbau einer neuen Gasheizung als Ersatz einer bestehenden Anlage gem. GEG-Anforderungen (verpflichtende Beratung, Einsatz von Biomethan ab 2029),
- Anschluss an das Fernwärmenetz zu den aktuellen Konditionen,
- Einbau einer Luft-Wasserwärmepumpe,
- Einbau einer Erdwärmepumpe / Sole-Wasserwärmepumpe mit Erdsondenanlage.

Die Investitionskosten der Varianten wurden dem Technikkatalog Wärmeplanung [2] entnommen und z.T. etwas angepasst. Sie beziehen sich jeweils auf einen 30 kW Bedarf ohne besondere Schwierigkeiten bei der Umstellung. Eventuell notwendige umfangreiche Sekundärmaßnahmen, wie sie vor allem bei Umbau auf Wärmepumpen auftreten können, wurden nicht berücksichtigt, ebenso wenig besondere Hemmnisse oder Zusatzkosten (große Entfernungen, Umbau der Stromversorgung).

Berücksichtigt wurden jedoch die regulären Förderzuschüsse des Bundesprogrammes BEG von 30 % Basisförderung für die förderfähigen Varianten Fernwärme und Wärmepumpen. Sonderkonditionen, wie sie z.B. für private Eigentümer mit geringem Einkommen gelten, wurden hier nicht berücksichtigt.

Abbildung 51 visualisiert die prognostizierte Spanne der Wärmegestehungskosten. Gezeigt werden Vollkosten, sprich eine Mischkalkulation aus Kapitalkosten, Betriebsgebundenen Kosten und Energiekosten. Die Auswertung zeigt zum einen, dass die Varianten Erdgasheizung, Ölheizung, Biomasse und Wärmepumpen heute relativ dicht zusammen liegen in einem Bereich von 16 bis 20 ct/kWh brutto. Lediglich die aufwändige Erdwärmepumpe, hier mit mindestens vier Erdsondenbohrungen, liegt etwas oberhalb.

Die Entwicklungsdynamik ist aber deutlich unterschiedlich. Die fossile Variante mit Erdgas zeigt entsprechend der oben angegebenen Preissteigerung der Endenergie in beiden Preispfaden eine etwas stärker ausgeprägte Steigung, auch ist die Bandbreite zwischen den zwei Preispfaden und damit der Einfluss der Energiepreise größer.

Zu beachten ist, dass hier nur die Energiepreisentwicklung ab 2026 in den Bandbreiten dargestellt wurde, nicht der Einfluss unterschiedlicher Ausgangssituationen, Gebäudestandards, Einbausituationen etc.

Die Optionen mit Wärmepumpen sind stärker durch Investitionen geprägt und damit weniger anfällig für Energiepreisschwankungen. Dies wird vor allem bei der Erdwärmepumpe deutlich, die einerseits sehr teuer in der Anschaffung ist (in diesem Fallbeispiel rd. 110.000 € vor Förderung), dann aber relativ niedrige und stabilere Betriebskosten aufweist.

Bei der Projektion der Fernwärmepreise ist zu berücksichtigen, dass diese auf der Einschätzung der Gutachter beruht und keine Preisprognose des Anbieters Stadtwerke Pirna darstellt. So ist der Fernwärmepreis nach aktuellen Preisbestimmungen mit einem konstanten Faktor an die Erdgasbeschaffung gekoppelt. In der hier vorgenommenen Kalkulation werden die nach WPG geforderten EE-Anteile in Wärmenetzen von 30 % ab 2030 bis 100 % im Jahr 2045, berücksichtigt. Dies wird durch eine Umverteilung zwischen den Kostenelementen sowie einem Zuschlag für grüne Fernwärme berücksichtigt. Im Vergleich mit anderen dezentralen Systemen liegen die Wärmekosten in beiden Entwicklungspfaden oberhalb der Wärmepumpen- und Biomassevarianten.

Für alle Heizungsvarianten werden Kostensteigerungen erwartet. Die klimaneutralen und GEG-konformen Optionen mit Wärmepumpen oder Fernwärme hängen zukünftig weniger stark von Energiepreisen ab, liegen aber heute noch auf einem insgesamt etwas höheren Kostenniveau. Dahingegen verteuern sich die heute noch durch die geringen Anschaffungskosten geprägten Wärmegestehungskosten für Gasheizungen stärker durch zukünftig Entwicklungen bei CO₂ Preisen, steigenden Gasnetzentgelten sowie verpflichtenden Biogasanteilen ab 2029 und unterliegen

größeren Unsicherheiten in der Preisentwicklung aufgrund der enthaltenen Abhängigkeit von Importen.

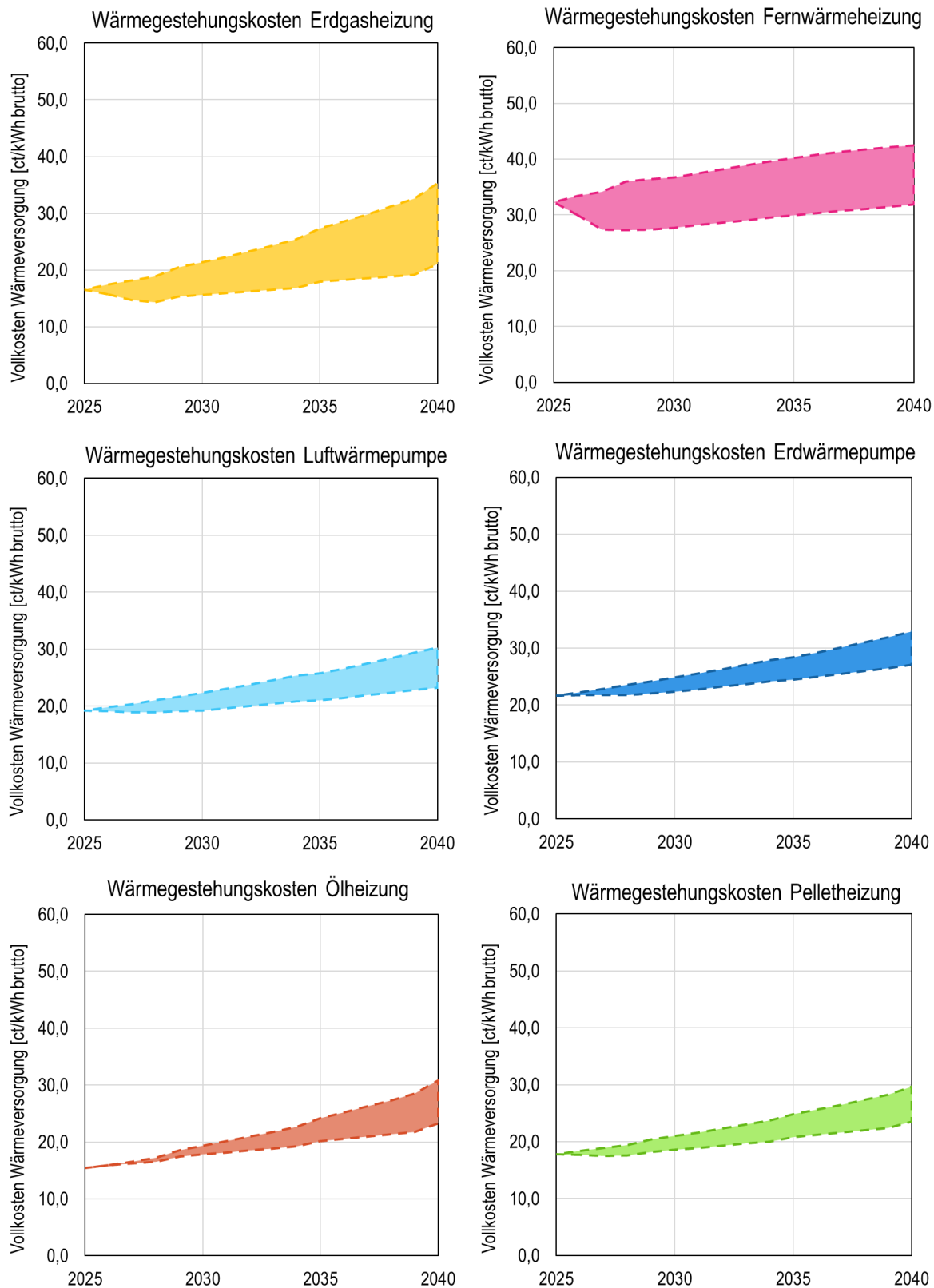


Abbildung 51: Wärmevollkosten (brutto) verschiedener Erzeugungsvarianten im Hochpreis- und Niedrigpreisfad (Bandbreite), Gebäude mit 30 kW und 1.800 Vollbenutzungsstunden

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Planungshorizont dieser Wärmeplanung die spezifischen Wärmebedarfe durch Sanierung und wärmere Winter sinken werden, die spezifischen Wärmekosten aber für alle Versorgungsarten tendenziell ansteigen werden. In Summe der Effekte sind steigende Wärmekosten pro qm Wohnfläche zu erwarten. Diese liegen mindestens in Höhe der allgemeinen Preissteigerungsraten. Massive Kostensteigerungen werden jedoch nicht prognostiziert, sofern nicht wieder außerordentliche Ereignisse, vgl. Gasmangellage 2022, auftreten.

7 Umsetzungsstrategie und Maßnahmen

Das Wärmeplanungsgesetz und der darauf basierende Leitfaden sehen vor, dass aufbauend auf der Bestands- und Potenzialanalyse und dem entwickelten Zielszenario Handlungsstrategien und Maßnahmen zu entwickeln sind.

Das für die Maßnahmenentwicklung notwendige Zielbild einer klimaneutralen Wärmeversorgung in Pirna wurde im vorhergehenden Kapitel dargestellt. Es basiert auf einer Reduzierung des Wärmebedarfes, einem signifikanten Fernwärmeausbau mit gleichzeitiger Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung und als drittem Handlungsfeld auf der Dekarbonisierung der dezentralen Heizungsanlagen.

7.1 Handlungsfelder

Die Transformation der Wärmeversorgung erfordert den Einsatz und das Zusammenwirken vieler verschiedener Akteure. Dabei spielt Sensibilisierung ebenso eine wichtige Rolle wie die Motivation von Gebäudeeigentümer zur Sanierung und die Akzeptanz zum Umbau von Gebäuden und Umstellung auf (noch) neue Technologien wie Wärmepumpen. Aber auch die Rolle der Verwaltung sowie der Stadtwerke bei der Planung von Infrastrukturmaßnahmen im öffentlichen Raum und die mit der Umsetzung verbundenen Bautätigkeiten müssen ins Bewusstsein gerückt werden.

Vor diesem Hintergrund lassen sich die für eine erfolgreiche Wärmewende notwendigen Maßnahmen in folgende Handlungsfelder einteilen:

- **Strukturelle Maßnahmen:** Schaffung von organisatorischen Rahmenbedingungen und Einführung von begleitenden Maßnahmen. Hierzu gehören städtische Planungsinstrumente wie Bauleitplanung und städtebauliche Verträge aber auch Infrastrukturausbau durch Netzbetreiber.
- **Technische Maßnahmen:** Realisierung von bereits geplanten Bausteinen z.B. im eigenen Liegenschaftsbestand, kommunale Leuchtturmprojekte mit Multiplikatorwirkung (z.B. im Bereich Sanierung Schulen/Kitas). Auf Seiten der Stadtwerke gehören in diesen Bereich die konkreten Umsetzungsbausteine zur Ablösung der Wärmeversorgung aus Erdgas durch beispielsweise Umweltwärme.
- **Effizienzmaßnahmen:** Hier werden Energieeinsparungen im Wärmemarkt adressiert, z.B. durch Sanierungsfahrpläne, gezielte Förderung von Quartierssanierung.
- **Motivation und Information:** Maßnahmen, durch die Informationen bereitgestellt werden, ein Austausch von Akteuren stattfindet oder Gebäudeeigentümer motiviert werden. Neben diesen eher „weichen“ Themen gehören aber auch der Ausbau der Informationsportale zum Fernwärmeausbau oder Contractingangebote dazu.

Die Maßnahmen werden auf die verschiedenen geografischen Dimensionen gesamtstädtischbezogen, fernwärmebezogen, fokusgebietsbezogen sowie einzelgebäudebezogen dargestellt.

7.2 Wärmewendestrategie und Maßnahmenkatalog

Auf Basis der dargestellten drei Ebenen und Handlungsbereiche wurde die auf den folgenden Seiten dargestellte Maßnahmenliste als „long-list“ erstellt und iterativ abgestimmt. Die farblich grau hinterlegten Maßnahmen werden als prioritäre Maßnahmen vorgeschlagen.

STRUKTURELLE MASSNAHMEN - STADT				Handlungsebene			
Nr.	Haupt- akteur	Maßnahme	Handlungsfeld	Gesamtstädtisch	Eignungsgebiet	Fokusgebiete	Gebäude
1	Stadt, SW	Verstetigung: Koordinationsstelle Wärmewende Einrichtung einer übergreifenden Einheit zur Koordination; Verankerung der Aufgaben aus den Bereichen Strategische Steuerung, Organisation, Umsetzung bzw. Projektmanagement, Monitoring und Controlling; Fortschreibung des Wärmeplans; jährliche Berichterstattung	Strategische Steuerung, Organisieren, Monitoring und Controlling	x			
2	Stadt	Nutzung der formellen und informellen Planungsinstrumente zur Umsetzung der Wärmeplanung Ausschöpfen der für eine verbindlichen Umsetzung der Wärmeplanung zur Verfügung stehende Instrumentarien. Dazu gehören Verträge, Satzungen (Anschluss - und Benutzungszwang, Beschluss über ein Eignungsgebiet), städtebauliche Verträge sowie Wettbewerbe und die Konzeptvergabe	Strategische Steuerung, Umsetzen	x			
3	Stadt, SW	Fernwärmeausbauplanung in Abstimmungsprozessen verstetigen Regelmäßige Abstimmung der Fernwärmeausbauplanung auf Lenkungs- und operativer Ebene; bspw. um Tiefbauarbeiten mit städtebaulichen Maßnahmen abzustimmen, Kosten zu sparen und zugleich die Erschließung von neuen Gebieten abzustimmen	Organisieren, Monitoring und Controlling	x	x		
4	Stadt	Integrierte Stadtentwicklung intensivieren - Wärmeplanung als integralen Planungsbaustein im Neubau und Bestand beachten Die Wärmeversorgung sollte in die planerischen Prozesse integriert werden. Dazu gehört die Beachtung von Erfordernissen für Nahwärmenetze in Planverfahren, bei Kanalsanierungen o.ä. in Abstimmung mit anderen Prozessen zu planen und durchzuführen, ebenso die nötige Flächensicherung für bspw. Wärmepumpen, Wärmespeicher oder Solarfelder.	Organisieren	x	x	x	
5	Stadt	Finanzbedarfssicherung (u.a. Kapitalausstattung für den Infrastrukturausbau, Sicherung der Eigenanteile bei Förderprojekten) im kommunalen Haushalt Langfristige Sicherstellung der notwendigen finanziellen Ressourcen im städtischen Haushalt mit dem Ziel der Planungssicherheit; beinhaltet auch Sicherung für Personalmittel, Projektmanagement, Kommunikationskampagnen, Gutachten, Machbarkeitsstudien, ggf. Fördermittel	Strategische Steuerung, Organisieren	x			
6	Stadt	Prüfung von freiwerdenden Flächen auf energetische Nutzbarkeit z.B. bei Umnutzung von Brachflächen, Umbau Sportstätten, ...	Strategische Steuerung, Umsetzen	x			

7	Stadt	Flächenmanagement Flächen für den Ausbau von erneuerbaren Energien verfügbar machen	Strategische Steuerung, Organisieren	x			
8	Stadt	Selbstverpflichtung Klimaneutralität z.B. bei Umbau, Sanierung eigener Liegenschaften fossilfreie Lösungen umsetzen	Umsetzen				x

TECHNISCHE MASSNAHMEN - STADT				Handlungsebene			
Nr.	Hauptakteur	Maßnahmenbeschreibung	Handlungsfeld	Gesamtstädtisch	Eignungsgebiet	Fokusgebiete	Gebäude
9	Stadt	Prüfung des Anschlusses der der städtischen Gebäude an die Fernwärme Setzen von strategischen Anknüpfungspunkten für die Entwicklung des FW-Netzes, sowohl im Bestand als auch bei der Erweiterung des FW-Netzes	Umsetzen		x		
10	Stadt	Realisierung von PV-Anlagen auf Gebäuden der Stadt	Umsetzen				x
11	Stadt	Vervollständigung der Digitalisierung der Anlagentechnik in städtischen Liegenschaften z.B. Wärmeverbrauchszähler, digitale Thermostate, intelligente Steuerung; Ausweitung des regelmäßigen Monitorings	Monitoring und Controlling, Umsetzen				x

KOMMUNIKATIONS- & INFORMATIONSMASSNAHMEN - STADT				Handlungsebene			
Nr.	Hauptakteur	Maßnahmenbeschreibung	Handlungsfeld	Gesamtstädtisch	Eignungsgebiet	Fokusgebiete	Gebäude
12	Stadt	Weiterentwicklung von Umsetzungsstrategien für Teilräume / Aktivieren von potenziellen Nahwärmegebieten Unterstützung der Akteure im Entwicklungsprozess, als Moderator und Impulsgeber sowie auch als Ankerkunde, ggf. Initiierung von Machbarkeitsstudien nach BEW, Begleitung der Akteure bei der Entscheidungsfindung und bis zur BEW-Förderung	Kommunikation		x	x	
13	Stadt	Informationsoffensive und Beratungsangebote zu dezentralen Versorgungslösungen mit Schwerpunkt auf Wärmepumpenlösungen	Kommunikation				x
14	Stadt	Adressierung von Fachkräftemangel in der Öffentlichkeitsarbeit bspw. durch eine Ausbildungskampagne	Kommunikation	x			

15	Stadt	Bewerbung der verhaltensbasierten Wärmeverbrauchssenkung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit	Kommunikation				x
----	-------	---	---------------	--	--	--	---

MASSNAHMEN - STADTWERKE				Handlungsebene			
Nr.	Hauptakteur	Maßnahmenbeschreibung	Handlungsfeld	Gesamtstädtisch	Eignungsgebiet	Fokusgebiete	Gebäude
16	SW	Prüfung des Einsatzes von Flusswasserwärmepumpen für die zukünftige Fernwärmeerzeugung Veranlassung von technischer Machbarkeitsstudien zur Prüfung des Wärmepotenzials sowie zur konkreten Standortauswahl. Berücksichtigung von Flächenbedarfen für Anlage und ggf. Speicherkapazitäten	Organisieren, Umsetzen		x		
17	SW	Wirtschaftlichkeitsanalyse des Infrastruktumbaus Spartenübergreifende Kostenbetrachtung des Umbaus der vorhandenen Infrastrukturen zur Sicherung einer wirtschaftlichen Energieversorgung unter Beachtung der Ergebnisse aus der Transformationsplanung Fernwärme, der Gasnetz-Transformationsplanung und der Stromnetzanalyse auch mit Blick auf den Endkunden	Organisieren, Umsetzen	x			
18	SW	Stromnetzanalyse Nutzung der Ergebnisse aus der Wärmeplanung zur Überprüfung der Aufnahmefähigkeit sowie zur Ermittlung des notwendigen Stromnetzausbaus; Abschätzung zukünftiger Netzentgelten zur Verbesserung der Datengrundlage für eine wirtschaftliche Vergleiche zukünftiger Versorgungsvarianten mit Strom	Umsetzen	x			
19	SW, WGP, Stadt	Prüfung Machbarkeitsstudie Nahwärmenetz / Positionierung als potenzieller Wärmenetzbetreiber Fokusgebiet Graupa: Durchführung einer BEW-Machbarkeitsstudie zur Versorgung des Gebietes über ein Nahwärmenetz	Organisieren, Umsetzen			x	
20	SW	Fortführung der Fokusbetrachtungen zur Energieversorgung Altstadt Fokusgebiet Altstadt: Prüfung, Bewertung und Priorisierung der Straßenquerschnitte im Hinblick auf eine potentielle Wärmeversorgung; Prüfung der baulichen Machbarkeit der Option einer dezentralen Wärmeerzeugung mittels Strom oder Gas z.B. "Kellerverlegung".	Organisieren, Umsetzen			x	
21	SW	Prüfung des Einsatzes alternativer Verlegetechniken oder -materialien Prüfung einer möglichen Reduzierung der Baukosten und Verbesserung der Effizienz des Fernwärmenetzes durch den Einsatz innovativer Verlegetechniken und Materialien	Organisieren, Umsetzen		x		

22	SW	Überbrückungslösungen zum zeitweisen Ersatz von Heizungen bis zum Umschluss an eine neue Wärmeversorgung Entwicklung eines Ansatzes für eine "Wärmeversicherung: Überbrückungslösung z.B. bei Havarie der dezentralen Heizung	Organisieren, Umsetzen	X			X
23	SW	Ausbau der Contracting-Angebote für dezentrale, klimafreundliche Lösungen	Organisieren, Umsetzen	X			X
24	SW	Klimaneutrale Versorgung von Neubaugebieten	Umsetzen	X			X

MASSNAHMEN - STADTNAHE INSTITUTIONEN				Handlungsebene			
Nr.	Hauptakteur	Maßnahmenbeschreibung	Handlungsfeld	Gesamtstädtisch	Eignungsgebiet	Fokusgebiete	Gebäude
25	WGP	Umstellung des Gebäudebestandes auf fossilfreie, mindestens 65% erneuerbare Wärme	Umsetzen				X

7.3 Prioritäre Maßnahmen

Es wurden vier prioritäre Maßnahmen herausgearbeitet, welche im Folgenden anhand von Steckbriefartig detailliert vorgestellt werden.

MASSNAHME Nr. 1			
Verstetigung: Koordinationsstelle Wärmewende			
 Einführung 2025	 Akteure Hauptakteur: Stadt Weitere Akteure: Stadtwerke, WoWi	 Handlungsfeld Strategische Steuerung, Organisieren, Monitoring und Controlling	 Handlungsebene gesamtstädtisch
Beschreibung			
Die Weiterführung der kommunale Wärmeplanung wird auch zukünftig eine Aufgabe der Stadtverwaltung sein. Um die damit verbundenen Tätigkeiten – wie die Umsetzung von Maßnahmen, das Controlling der Umsetzung, den weiteren Austausch mit Akteuren, die Öffentlichkeitsarbeit sowie die – lt. WPG spätestens alle fünf Jahre notwendige - Aktualisierung des Wärmeplans effektiv auszuführen, bedarf es einer zentralen Anlaufstelle, die Wissen und Verstetigung der KWP vereint. Ziel der Maßnahme ist die Einrichtung einer Koordinationsstelle Wärmeplanung. Die Aufgaben der Koordinationsstelle Wärmeplanung sind: • Projektsteuerung und Koordinierung der Umsetzung des Wärmeplans als zentrale Anlaufstelle in der Verwaltung • Zentrale Anlaufstelle bei der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung nach Wärmeplanungsgesetz • Integration der KWP-bezogenen Indikatorberechnung und Fortschrittsberichterstellung in städtische Prozesse			

• Controlling der Fortschritte sowie Erarbeitung oder Beauftragung von Ergänzungen und Fortschreibungen bzw. Neuaufstellungen der Kommunalen Wärmeplanung • Abgleich und Abstimmung von KWP-Zielen und -Maßnahmen mit sonstigen Planungen und Maßnahmen aus anderen Bereichen, z.B.: ○ Zielnetzplanungen Strom ○ Zielnetzplanungen Gas ○ Hoch- & Tiefbau (insb. Straßenbau, Kanalbau) ○ Bauleit- und Regionalplanung • Koordinierung und Leitung von Umsetzungsmaßnahmen-bezogenen Abstimmungsrunden • Öffentlichkeitsarbeit und Berichtserstattung zum Fortschritt der Wärmetransformation • Öffentlichkeitsarbeit und Berichtserstattung zum Fortschritt der Wärmetransformation • Fördermittelmanagement und stetige Überprüfung neuer Fördermöglichkeiten • Wissensmanagement und Wissenstransfer zur kommunalen Wärmeplanung			
 Dauer ff. bis 2045	 Kosten Personalkosten	 THG-Einsparungen nicht quantifizierbar	 Synergien Controlling der Maßnahmen 2-25

MASSNAHME Nr. 16**Prüfung des Einsatzes von Flusswasserwärmepumpen für die zukünftige Fernwärmeerzeugung**

 Einführung Weiterführung aktueller Untersuchungen	 Akteure Hauptakteur: Stadtwerke	 Handlungsfeld Organisieren, Umsetzen	 Handlungsebene Fernwärme-Eignungsgebiete
Beschreibung Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde Flusswasser als eine vielversprechende Wärmequelle für die zukünftige Erzeugung von Fernwärme in Pirna identifiziert. Im Rahmen der parallellaufenden BEW-Transformationsplanung der Fernwärmenetze Sonnenstein und Copitz wurden verschiedene Varianten zur Aufstellung der Wärmepumpen (Entnahme von Flusswasser über ein Ein- und Auslaufbauwerk, Entnahme von Uferfiltrat mittels Förder- und Schluckbrunnen) tiefergehend untersucht. Die bisherigen Analysen umfassen Prüfungen und Planungen nach Leistungsphase 1, sprich Grundlagenermittlung und Vormachbarkeitsstudien, und wurden im Rahmen des Fördermoduls 1 nach BEW durchgeführt. Ziel der Maßnahme ist die Fortführung der Prüfungen und Planungen des Einsatzes von Wärmepumpen für die zukünftige Fernwärmeerzeugung in den Netzen Sonnenstein und Copitz. Zu den folgenden Umsetzungsschritten gehören unter anderen: • Ausschreibungen von Planungs- und Ingenieurleistungen • Identifikation geeigneter Standorte und Flächen • Austausch für die Standortoptionen mit den relevanten Akteuren • Planungen zur Wärmeerzeugung, u.a.: ○ Anlagentechnik, Elektroanlagen, MSR-Technik ○ Betriebsweise der Wärmeerzeuger und Speicher ○ Erschließung ○ Bautechnik/Technikgebäude ○ Außenanlagen • Überprüfung der Genehmigungsfähigkeit und Durchführung von Genehmigungsverfahren, z.B. ○ Ggf. wasserrechtliche Genehmigung oder Erlaubnis ○ Ggf. Prüfung der Beeinträchtigung von Schutzgebieten			

- Ggf. hydrogeologisches Gutachten
- Ggf. Gefährdungsanalyse und Gutachten zu Kältemitteln
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, u.a.:
 - Kostenberechnung auf Grundlage der Entwurfsplanung nach DIN 276
 - Betriebs- und Verbrauchskostenberechnung
- Aufstellung eines Zeit- und Ressourcenplans für den geplanten Bauablauf (Planungsleistungen, Ausschreibungen und Vergabe, Bau für die verschiedenen Gewerke)

Dabei zu beachten sind folgende, aktuell nach BEW geltende, **förderrechtliche Bedingungen**:

- Als zweiter Schritt im Fördermodul 1 sind die konkreten Planungsleistungen angelehnt an die Leistungsphase 2-4 für förderfähige, zukünftige Komponenten, welche in einem Zeithorizont von bis zu 4 Jahren installiert oder gebaut werden sollen, förderfähig.
- Beide Schritte müssen abgeschlossen sein, damit eine Antragstellung in den Modulen 2 und 3 möglich ist.
- Das Modul 2 beinhaltet eine systemische Investitionsförderung für die Umsetzung Maßnahmenpaketen, das Modul 3 beinhaltet Investitionsförderung von Einzelmaßnahmen

 Dauer BEW-Förderung Modul 1: bis zu 1 (+1) Jahr(e) BEW-Förderung Modul 2: bis zu 4 (+2) Jahr(e)	 Kosten Das Honorar ab Leistungsphase 2 ist abhängig von der Investitionssumme.	 THG-Einsparungen ~ 20.000 tCO₂e für die Erzeugung der Fernwärme mittels Wärmepumpen und einer FW-Anschlussquote lt. Zielszenario	 Synergien Maßnahme 7, Maßnahme 9
--	--	---	--

MASSNAHME Nr. 18 Stromnetzanalyse

 Einführung 2025	 Akteure Hauptakteur: Stadtwerke Weitere Akteure: Stadt	 Handlungsfeld Umsetzen	 Handlungsebene gesamstädtisch
---	--	---	---

Beschreibung

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde die Eignung von Gebieten für Wärmenetze oder dezentrale Lösung vorrangig auf Basis des Indikators Wärmeliniendichte bewertet. Die Wärmeliniendichte ist ein Maß für die Eignung einer zentralen Versorgung über Wärmenetze. Die Auslastung bzw. Aufnahmefähigkeit der Stromnetze, welche sich durch eine bestimmte Versorgung ergeben würde, wurde bei der Gebietsdefinition nicht berücksichtigt. Weiterhin stellt die Wärmeliniendichte nur einen indirekten Indikator zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer leitungsgebundenen Versorgung gegenüber einer nicht-leitungsgebundenen Versorgung dar. Um einen ökonomischen Vergleich zwischen zentraler und dezentraler Versorgung zu ermöglichen, bedarf es fundierter Prognosen zu zukünftigen Stromnetzentgelten, welche direkt vom Stromnetzausbau, wie z.B. einer Verstärkung der Netze und Trafostationen, abhängig sind.

Ziel der Maßnahme ist eine tiefergehende Analyse der Stromnetze (Auslastung und notwendige Ertüchtigungen) auf Basis der Ergebnisse aus der Kommunalen Wärmeplanung sowie der Ermittlung zukünftiger Netzentgelte.

Die notwendigen **Umsetzungsschritte** sind:

- 1) Datenaufbereitung aus Kommunalen Wärmeplanung
 - a) Gebieteinteilung auf Basis der Stromnetzstrukturen
 - b) Ermittlung des max. Strombedarfs für Wärmepumpen, E-Autos je Gebiet
 - c) Ermittlung der max. PV-Einspeisung je Gebiet

2) Stromnetzanalyse a) Bewertung freier Kapazitäten im Mittel- und Niederspannungsnetz b) Vergleich der zukünftigen Stromlast mit bestehenden Netzkapazitäten c) Ermittlung potenzieller Engpässe und Schwachstellen d) Ableitung von Netzausbaumaßnahmen (z.B. Verstärkung von Kabeln, zusätzliche Trafostationen) e) Quantifizierung des notwendigen Netzausbaus f) Grobe Kostenschätzung für erforderliche Netzinvestitionen 3) Berechnung zukünftiger Netzentgelte a) Analyse der Kostenentwicklung b) Modellberechnungen i) Prognose des Sachanlagevermögens ii) Vereinfachte Kostenprüfung iii) Ermittlung von Erlösobergrenzen iv) Ableitung der spezifischen Netzentgelte c) Szenarienberechnungen bzgl. des Investitionsverhaltens oder anderer Parameter			
 Dauer ca. 9 Monate	 Kosten ca. 35.000 €	 THG-Einsparungen erst auf Basis der Ergebnisse der Stromnetzanalyse quantifizierbar	 Synergien Zielnetzplanung Strom, Maßnahme 7, Maßnahme 10, Maßnahme 17

MASSNAHME Nr. 19**Prüfung Machbarkeitsstudie Nahwärmenetz Graupa**

 Einführung 2025	 Akteure Hauptakteur: Stadtwerke Weitere Akteure: Stadt, WGP	 Handlungsfeld Organisieren, Umsetzen	 Handlungsebene Fokusquartiere
Beschreibung Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde die Wohnsiedlung am August-Röckel-Ring in Graupa hinsichtlich der Eignung für ein Nahwärmekonzept untersucht. Das Quartier zeichnet sich durch hohe Wärmelinienichten $> 3.000 \text{ kWh/m}$ aus. Weiterhin befindet sich ein Großteil der untersuchten Gebäude im Eigentum der städtischen Wohnbaugesellschaft WGP. Der vorgenommene Variantenvergleich zeigt, dass, je nach anzulegenden Kosten und Fördermitteln, ein Nahwärmekonzept ökonomisch konkurrenzfähig gegenüber einer dezentralen Versorgung sein kann. Ziel der Maßnahme ist die Prüfung einer Machbarkeitsstudie für ein neu zu errichtendes Wärmenetz im Bereich des Fokusquartieres Graupa. Zu den folgenden Umsetzungsschritten gehören: • Interessenabfrage bei den Anliegern – sofern noch nicht erfolgt • Beauftragung der Machbarkeitsstudie durch die Stadtwerke • Erstellung der Machbarkeitsstudie durch einen externen Dienstleister. ○ IST-Analyse des Untersuchungsgebietes ○ Potentialermittlung erneuerbarer Energien und Abwärme ○ SOLL-Analyse des Wärmenetzes (inkl. Primärenergieeinsparung und CO_2-Einsparung) ○ Kostenrahmen ○ Pfad zur Treibhausgasneutralität mit den Wegmarken 2030, 2035, 2040, 2045			

- Ggf. Maßnahmen zur Bürgereinbindung und Stärkung der Akzeptanz

Machbarkeitsstudien für neue Wärmenetze werden im Rahmen des Moduls 1 nach BEW gefördert.

 Dauer BEW-Förderung Modul 1: bis zu 1 (+1) Jahr(e) BEW-Förderung Modul 2: bis zu 4 (+2) Jahr(e)	 Kosten ca. 60.000 € für die Machbarkeitsstudie (LP 1 HOAI). Das Honorar für weitere Leistungsphasen ist abhängig von der Investitionssumme.	 THG-Einsparungen ~ 350 tCO₂e bezogen auf das Jahr 2045 (Referenz: Erdgasversorgung)	 Synergien Maßnahme 12, Maßnahme 21, Maßnahme 22, Maßnahme 23, Maßnahme 25
--	---	--	---

8 Verstetigung und Controlling

Um die zuvor definierte Umsetzungsstrategie zu realisieren, bedarf es einer Verstetigung der mit der kommunalen Wärmeplanung zusammenhängenden Prozesse sowie eines effizienten Controllings. Dabei ist es essenziell, Maßnahmen und Indikatoren dauerhaft zu verankern, systematisch zu überwachen und bei Bedarf flexibel anzupassen. Ein effektives Monitoring spielt dabei eine zentrale Rolle, um Fortschritte zu bewerten, Schwachstellen frühzeitig zu erkennen und gezielte Verbesserungen vorzunehmen.

Durch die Schaffung transparenter Strukturen, klar definierter Verantwortlichkeiten und regelmäßiger Erfolgskontrollen kann sichergestellt werden, dass die Wärmewende nachhaltig umgesetzt wird. Eine Verstetigungsstrategie und ein begleitendes Controllingkonzept bieten den erforderlichen Rahmen das Zielszenario 2045 zu erreichen. Gleichzeitig ermöglichen sie kontinuierliche Anpassungen, um den dynamischen Herausforderungen der Transformation des Wärmesektors gerecht zu werden und die Wirksamkeit der Maßnahmen dauerhaft sicherzustellen.

8.1 Verstetigungsstrategie

Zur Gewährleistung der Verstetigung von Prozessen und zur Fortschreibung der Wärmeplanung wird die Einrichtung einer Koordinationsstelle Wärmewende empfohlen, siehe Maßnahme 1. Die Aufgaben dieser werden in Kapitel 7.3 beschrieben. Zu den Hauptaufgaben gehören die Steuerung und Koordinierung der zu verstetigenden Prozesse:

- Jährliche Initialisierung des **Controllings** von Indikatoren und Maßnahmen
- Kontinuierliche **Information** der Politik und Öffentlichkeit
- Fortlaufendes Screening zu **Finanzierungsinstrumenten** und Akquise von Fördermitteln
- Koordination mit **anderen Planungsprozessen**
- Forcierung der **integrierten Wärmeplanung** durch Fortführung der verwaltungsinternen und -übergreifenden Zusammenarbeit
- Punktuelle Initialisierung des **Austausches mit weiteren Akteuren** wie z.B. Wohnungswirtschaft, Industrieunternehmen, Handwerkskammer, etc.

Das Controllingkonzept wird im folgenden Unterkapitel 8.2 ausgeführt.

Eine fortlaufende Informationsbereitstellung trägt dazu bei, die geplanten Maßnahmen besser zu vermitteln und sowohl Akzeptanz als auch Unterstützung dafür zu stärken. Mögliche Elemente einer kontinuierlichen Information sind:

- Veröffentlichung eines Kurzberichtes zum Umsetzungsstand der Wärmeplanung
- Bereitstellung eines Digitalen Zwillings der Energieversorgungs- und -bedarfsstruktur auf der Homepage der Stadt
- Bereitstellung von aktuellen Informationen über den geplanten Wärmenetzausbau
- Schaffung von Informationsangeboten zum Heizungstausch und Fördermöglichkeiten

Die Umsetzung der Wärmewende erfordert erhebliche Investitionen in Infrastruktur, Technologie und Personal. Eigenanteile sind in der kommunalen Haushaltsplanung frühzeitig zu Budgetieren. Es empfiehlt sich weitere Möglichkeiten zur Finanzierung fortlaufend zu prüfen. Förderprogramme können dazu beitragen dazu bei, den Übergang zu einer nachhaltigeren Energieversorgung zu beschleunigen und gleichzeitig eine gerechte Lastenverteilung sicherzustellen. Beispiele für aktuelle Angebote zur Finanzierung (Stand November 2024) sind:

- BAFA: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

- BAFA: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEG)
- BAFA: Bundesförderung für Energieberatung Wohngebäude
- KfW: Klimaschutzoffensive für Unternehmen
- Bund: Energieberatung der Verbraucherzentralen
- Sachsen: Förderergänzungsdarlehen Landwirtschaftliche Rentenbank: Energie vom Land
- Kommunal-Richtlinie aus der NKL: Machbarkeitsstudien

Die Wärmeplanung sollte in Einklang mit anderen kommunalen Planungen, wie der Stadtentwicklung und der Bauleitplanung, stehen. Ein integrierter Ansatz ermöglicht Synergien und eine effizientere Nutzung von Ressourcen. Dieser Ansatz gilt auch für die Umsetzung des Wärmeplans: So ist eine Koordination des Wärmenetzausbaus mit anderen Tiefbaumaßnahmen oder Infrastrukturprojekten zu empfehlen. Dies erfordert neben der Fortführung des Austausches zwischen einzelnen Fachgruppen der Stadtverwaltung auch die Abstimmung der Maßnahmen mit den Stadtwerken.

Durch die punktuelle Einbindung weiterer Akteure, beispielsweise aus der Wohnungswirtschaft, Industrie oder dem Handwerk, wird der Umsetzungsprozess aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet und wertvolle Beiträge zur Optimierung können eingesammelt werden. Zudem agieren sie als Multiplikatoren für Informationen sowie erfolgreiche Umsetzungsbeispiele.

8.2 Controllingkonzept

Gegenstand des Controllings sind zum einen Indikatoren, welche Aufschluss über die Entwicklung der Versorgungsstruktur und der Energie- und THG-Bilanzen, bieten. Zum anderen soll der Fortschritt der Maßnahmenumsetzung im Blick behalten, neue Maßnahmen angereizt und die Effektivität von Maßnahmen bewertet werden.

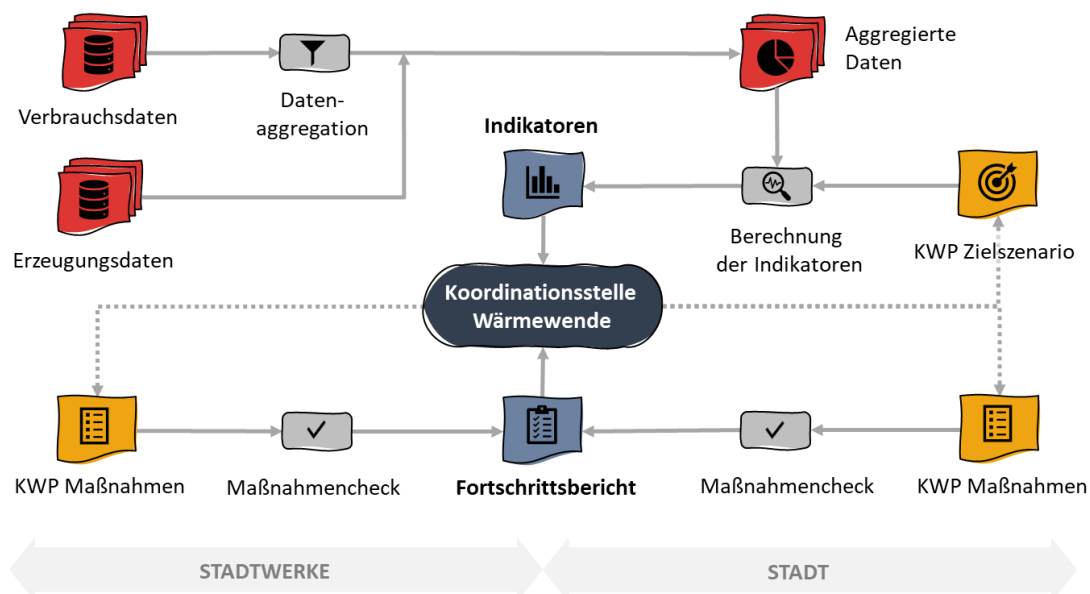


Abbildung 52: Skizze des Controllingprozesses

Abbildung 52 zeigt eine schematische Skizze des Controllingprozesses. Es wird empfohlen den Prozess jährlich zu durchlaufen, Indikatoren zu ermitteln und den Maßnahmenfortschritt zu protokollieren. Berichtet wird an die Koordinationsstelle Wärmewende, deren Aufgaben in Kapitel

7.3 beschrieben wurden und die die strategische Kompetenz haben, auf weitere Maßnahmen und die Umsetzungsstrategie hin zum Zielszenario einzuwirken.

8.2.1 Indikatoren

Verschiedene Indikatoren dienen zur quantitativen Bemessung des Fortschritts der Wärmewende. Die drei Hauptindikatoren sind:

- Wärmebedarf
- Endenergieverbrauch nach Energieträger
- Treibhausgasemissionen

Es wird empfohlen weitere aussagekräftige Indikatoren zu erheben. Tabelle 4 zeigt Indikatoren, welche spätestens im Rahmen der Fortschreibung der Wärmeplanung alle fünf Jahre ermittelt werden sollten. Weiterhin sind die Forderungen lt. Wärmeplanungsgesetz zu beachten. In der Tabelle fett gedruckte Indikatoren werden weiterhin für ein jährliches Controlling empfohlen.

Tabelle 4: Empfohlene Controlling-Indikatoren

Kategorie	Indikator	Empfohlene Ebenen
Energieverbrauch	Fernwärmeverbrauch	Kommune, (Baublock, Straße, Sektor)
	Gasverbrauch	Kommune, (Baublock, Straße, Sektor)
	Heizstromverbrauch	Kommune, (Baublock, Straße, Sektor)
Wärmeerzeugung	Emissionsfaktor Wärmenetze	Wärmenetz
Versorgungsstruktur	# installierter Fernwärmeanschlüsse	Wärmenetz
	# dezentraler Wärmeerzeuger nach GEG (Wärmepumpe, Pelletkessel, ...)	Kommune
	# dezentraler, fossiler Feuerstätten (insb. Ölheizungen, Gaskessel)	Baublock, Straße
Strom	Installierte PV-Leistung	Kommune
Sanierung	Sanierungsrate	Kommune
aus obigen Daten abgeleitet	Wärmebedarf	Kommune
	Wärmeliniendichte	Straße
	Endenergieverbrauch	Sektor, Kommune
	Treibhausgasemissionen	Sektor, Kommune

Weiterhin können spezifische Indikatoren, wie einwohnerbezogene oder flächenbezogene Werte zum Vergleich mit anderen Kommunen herangezogen werden. Es ist darüber hinaus damit zu rechnen, dass vom Land Sachsen im Rahmen der Definition des Landeswärmeplanungsgesetzes weitere Kennzahlen als berichtspflichtig definiert werden.

Tabelle 5 zeigt die im Rahmen der hier vorliegenden kommunalen Wärmeplanung ermittelten Werte der Indikatoren auf Aggregationsebene Kommune. Während Wärmebedarf, Endenergieverbräuche und Treibhausgasemissionen als klimabereinigtes Mittel der Jahre 2020 bis 2022 bestimmt wurden, wurden als Datengrundlage für die Emissionsfaktoren die Wärmeerzeugungsmengen aus 2022 herangezogen. In die installierte PV-Leistung fließen alle bis einschließlich 2022 in Betrieb gegangenen Anlagen lt. Marktstammdatenregister ein. Für die Anzahl an Fernwärmeanschlüssen, dezentraler Wärmeerzeuger und Feuerstätten wird die im Rahmen der KWP ermittelte Anzahl an Gebäuden mit diesen Technologien als Hauptwärmeerzeuger gelistet. Diese kann aufgrund von Mitversorgung von der Anzahl Anschlüsse, wie sie bei den Stadtwerken oder Schornsteinfegern vorliegt, abweichen.

Tabelle 5: Ermittelte Werte der Indikatoren

Kategorie	Indikator	Aktueller Wert
Energieverbrauch	Fernwärmeverbrauch	53,1 GWh *
	Gasverbrauch	236,9 GWh *
	Heizstromverbrauch	2,3 GWh *
Wärmeerzeugung	Emissionsfaktor Wärmenetze	Sonnenstein: 185 g/kWh ** Copitz: 159 g/kWh **
Versorgungsstruktur	# Fernwärmeanschlüsse	~ 350
	# dezentraler Wärmeerzeuger nach GEG (Wärmepumpe, Pelletkessel, ...)	~ 1330
	# dezentraler, fossiler Feuerstätten (insb. Ölheizungen, Gaskessel)	~ 8680
Strom	Installierte PV-Leistung	7146 kW
Sanierung	Sanierungsrate	bisher nicht dokumentiert
aus obigen Daten abgeleitet	Wärmebedarf	311 GWh *
	Wärmeliniendichte	nur lokal aufgelöst
	Endenergieverbrauch	361 GWh *
	Treibhausgasemissionen	83.925 tCO ₂ e *

* Datengrundlage klimabereinigtes Mittel 2020-2022

** Datengrundlage 2022

8.2.2 Fortschrittsbericht

Das Fortschrittscontrolling der Maßnahmen besteht aus qualitativen und quantitativen Angaben. Die folgende Auflistung zeigt mögliche Elemente eines Fortschrittberichts.

Aktueller Umsetzungsstand:

- Ist die Maßnahme bereits gestartet?
- Welche Meilensteine wurden erreicht?
- Gibt es Verzögerungen oder Änderungen?

Erreichte Ergebnisse (Beispiele):

- Ergebnisse von Wirtschaftlichkeitsrechnungen
- Reduktion von CO₂-Emissionen (in Tonnen)
- Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien.
- Anzahl angeschlossener Haushalte oder Betriebe.

Beteiligte Akteure: Kommunale Einrichtungen, Energieversorger, etc.?

Budget: Gesamtkosten der Maßnahmen sowie Aufschlüsselung deren Finanzierung

Ausgaben: Bisherige Investitionen und zukünftiger Finanzierungsbedarf

Herausforderungen: Technische, finanzielle oder organisatorische Hindernisse.

Nächste Schritte: Geplante Maßnahmenteile bis zum nächsten Berichtszeitraum.

Notwendige Folgemaßnahmen: Welche Folgemaßnahmen ergeben sich aus den erzielten Ergebnissen?

Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen: Nehmen die erzielten Ergebnisse Einfluss auf andere Maßnahmen?

Im Sinne der Verstetigung sollten sich aus jeder abgeschlossenen Maßnahme Folgemaßnahmen und aus jedem Maßnahmenstand Folgeschritte für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung ergeben. Diese müssen präzise formuliert und zeitlich klar definiert sein, um eine effektive Steuerung und Nachverfolgung zu ermöglichen. Ziele sollten spezifisch, messbar, attraktiv, realistisch und terminiert (smart) sein, um sowohl Fortschritte als auch Herausforderungen nachvollziehbar darzustellen.

9 Fazit und Ausblick

Mit der kommunalen Wärmeplanung und flankierenden laufenden Projekten, wie die Transformationsplanung der Wärmenetze, hat sich die Stadt Pirna auf den Weg gemacht, die anstehende Transformation des Wärmesektors zu beschreiten. In Pirna deckt Fernwärme aktuell rd. 15 % des Gesamtbedarfes von 311 GWh klimafreundlich, wenn auch noch nicht klimaneutral ab. Der vorwiegend verwendeten Energieträger ist zurzeit Erdgas mit rd. 66 % Anteil an der Wärmeerzeugung. Durch vergangene, umfangreiche Sanierungstätigkeiten im gesamten Stadtgebiet, weisen die Gebäude in Pirna bereits heute gute Energieeffizienzklassen auf.

Die Umsetzung einer weitestgehend klimaneutralen Wärmeversorgung erfordert weitere Transformationsschritte und ein gemeinsames Handeln aller Beteiligten:

Wärmenetze: Die zentrale Versorgung über Wärmenetze ist ein wichtiges Handlungsfeld der Wärmewende mit einem Zielanteil von 28 % bis 39 % am Wärmebedarf je nach Szenario. Durch die Installation neuer zentraler Wärmeerzeuger, einen signifikanten Netzausbau, aber auch den Erhalt und die Modernisierung des Bestandes sind erhebliche Investitionen erforderlich. In Pirna sind vielfach Anschlüsse von Gebäuden an schon vorhandene Leitungen, sprich Fernwärme-Verdichtung, möglich. Diese sollte mit hoher Priorität erfolgen. Insgesamt ist der Fernwärmeausbau im Zielszenario sehr ambitioniert. Das Zielszenario wurde anhand typischer, für die Fernwärme-eignung anzunehmender, Wärmelinienichten abgeleitet. Für den konkreten Ausbaufall wird immer eine Überprüfung der Wirtschaftlichkeit gegenüber dezentralen Lösungen sowie mit lokalen Preisansätzen empfohlen. Es wurden zwei Alternativszenarien mit reduzierten Gebietszuschnitten für die Fernwärmeversorgung erstellt, um eine mögliche Bandbreite des Ausbaus zu aufzuzeigen. Insgesamt sind die Ergebnisse der Wärmeplanung als strategische Planung, welche rechtlich nicht verbindlich ist, zu verstehen. So entsteht aus der Einteilung in ein bestimmtes Wärmeversorgungsgebiet keine Pflicht, eine bestimmte Versorgungsart zu nutzen oder bereitzustellen.

Dezentraler Bereich: In dezentralen Versorgungsgebieten stehen Hauseigentümern verschiedene Technologien für zukünftige Heizungsanlagen zur Verfügung. Generell kann jede Heizungsanlage, die mit einem Anteil von mindestens 65 Prozent erneuerbarer Energie betrieben wird, zur zukünftigen Versorgung eingesetzt werden. Die 65 Prozent gelten aktuell (Stand November 2024) für Neubauten und werden ab Mitte 2028 beim Einbau von neuen Heizungen auch in Bestandsgebäuden verbindlich. Intakte bestehende Heizungssysteme mit einem EE-Anteil unter 65 Prozent, wie etwa bestehende Erdgas- und Ölheizungen, können auch nach Mitte 2028 weiter betrieben werden. Hilfestellung erfolgt dabei durch verschiedene Beratungsangebote der Stadt, Energieberater, Verbraucherzentrale Sachsen, Energieversorger sowie Sanitär-/Heizungshandwerk und Einrichtungen wie der Sächsischen Energieagentur SAENA.

Transformation erfordert Investition: Die Gesamtinvestitionen der Wärmewende verteilen sich auf viele Akteure, 39.000 Einwohner und 20 Jahre. Zudem werden diese teilweise durch Förderprogramme wie BEW und BEG aufgefangen. Trotzdem werden die Kosten der Wärmeversorgung steigen (müssen) und nicht mehr das Niveau vor 2022 erreichen, aber voraussichtlich im bezahlbaren Rahmen bleiben.

Wechselwirkungen: Klimaschutz wird zu Kompromissen an anderen Stellen, z. B. bei der Flächennutzung, dem Verkehrsfluss oder dem Denkmalschutz führen. Dies betrifft Flächen zur Energiegewinnung, neue Erzeugungsstandorte, Ausweisung von Flächen für Freiflächen- und Dachflächen-PV sowie temporäre Einschränkungen beim Bau von Leitungen.

Das Erreichen der durch die kommunale Wärmeplanung erarbeiteten Zielsetzung für die nächsten Jahre ist an eine Reihe von im Bericht beschriebenen Gelingbedingungen geknüpft. Alle Akteure und die Bürgerschaft werden zusammenarbeiten müssen, um in den kommenden 20 Jahren mit einem deutlichen Zuwachs an Geschwindigkeit die Wärmewende weiter umzusetzen und abzuschließen.

Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz und Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (Hrsg.), „Leitfaden Wärmeplanung,“ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/leitfaden-waermeplanung-kompakt.html>, 2024.
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz und Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (Hrsg.), „Technikkatalog Wärmeplanung,“ 2024.
- [3] Wietschel et al., „Preiselastische Wasserstoffnachfrage in Deutschland – Methodik und Ergebnisse,“ Fraunhofer ISI, Karlsruhe, 2023.
- [4] Bundesnetzagentur, „Wasserstoff-Kernnetz, Anlage 2: Leitungsmeldungen,“ November 2023. [Online]. Available: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>.
- [5] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz und Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (Hrsg.), „Technikkatalog Wärmeplanung - Stand Juni 2024,“ 2024.
- [6] D. Walberg, T. Gniechwitz, K. Paare und T. Schulze, „Wohnungsbau - Die Zukunft des Bestandes (Bauforschungsbericht Nr. 82),“ Kiel, 2022.
- [7] Kremp et al., „Ein neuer Ordnungsrahmen für Erdgasverteilnetze,“ Agora Energiewende, Berlin, 2024.
- [8] Prognos, „Perspektive der Fernwärme,“ Prognos, Berlin, 2024.

Anhänge

A. Ergänzende Materialien

A.1 Ergebnisse der Alternativszenarien

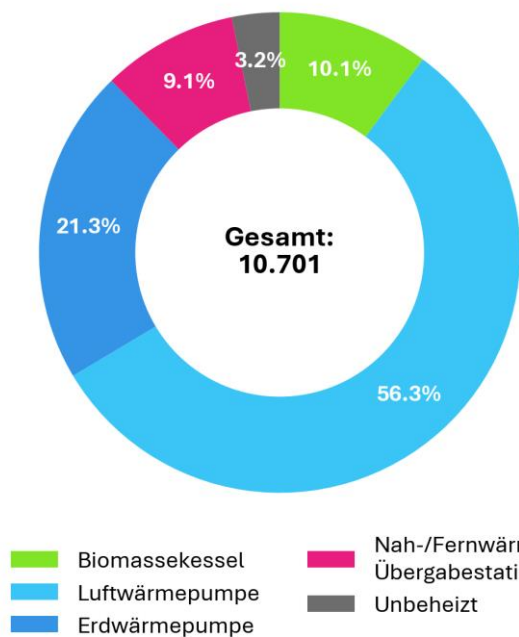


Abbildung 53: Anzahl Gebäude nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 1)

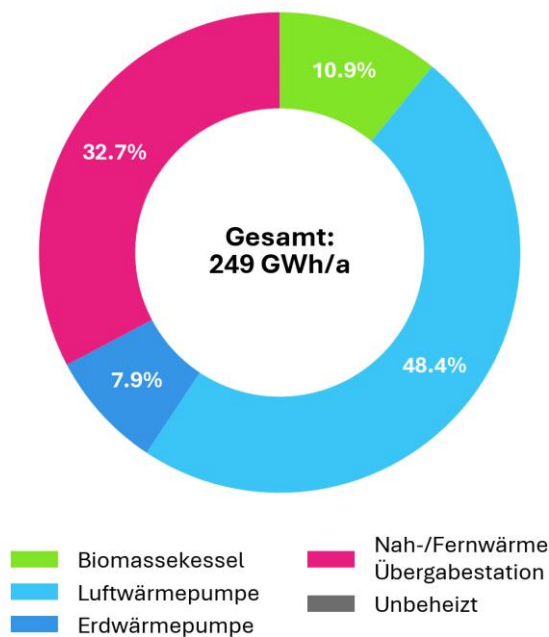


Abbildung 54: Wärmebedarf nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 1)

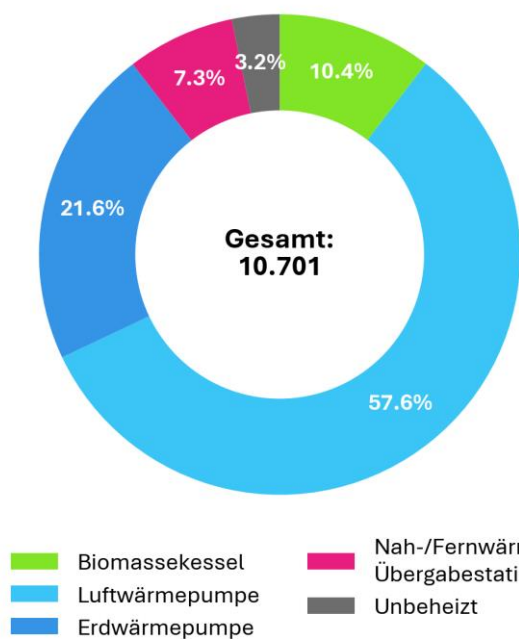


Abbildung 55: Anzahl Gebäude nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 2)

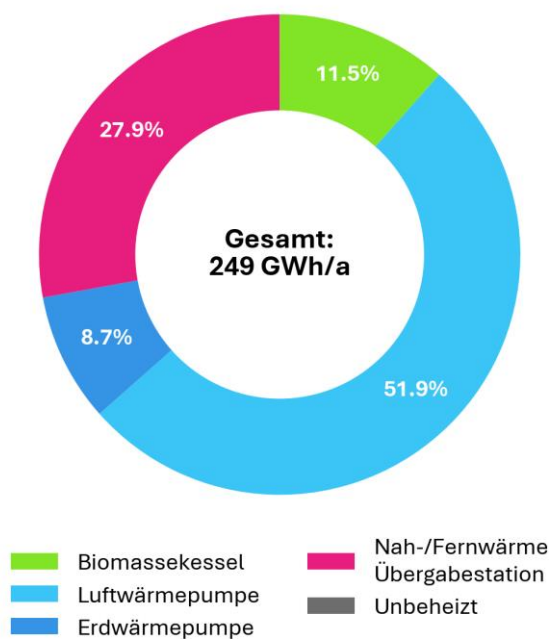


Abbildung 56: Wärmebedarf nach Wärmeerzeuger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 2)

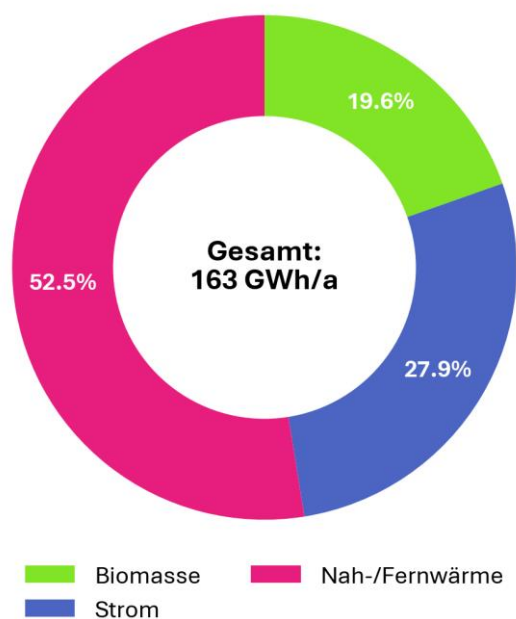


Abbildung 57: Endenergiebilanz nach Energieträger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 1)

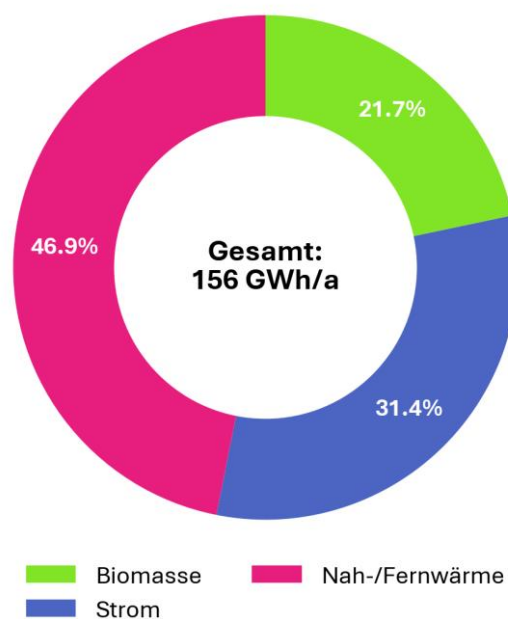


Abbildung 58: Endenergiebilanz nach Energieträger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 2)

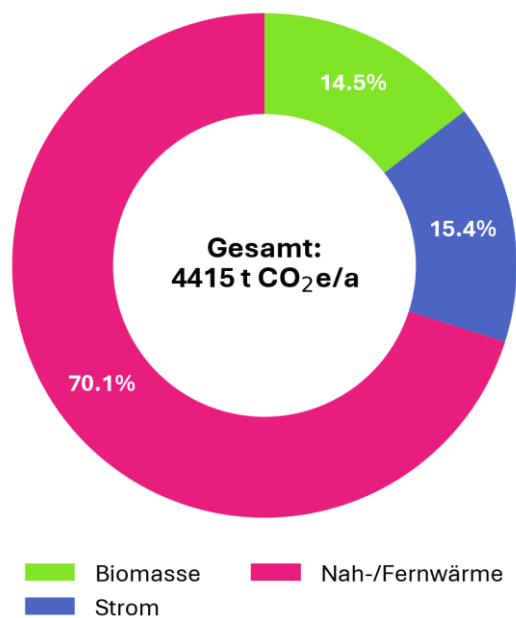


Abbildung 59: Treibhausgasbilanz nach Energieträger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 1)

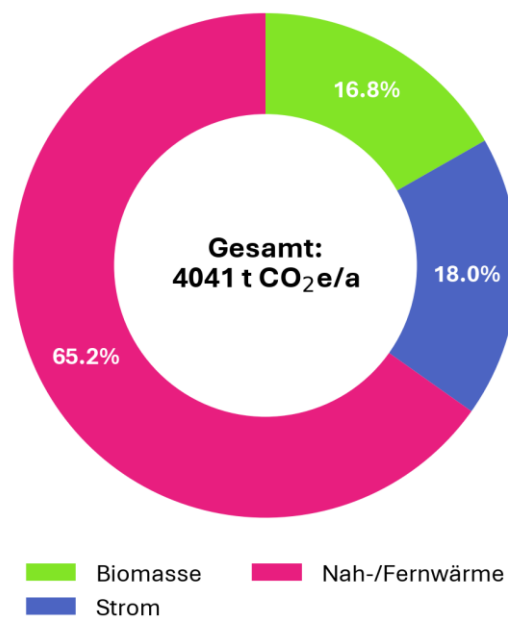


Abbildung 60: Treibhausgasbilanz nach Energieträger im Zieljahr 2045 (Alternativszenario 2)

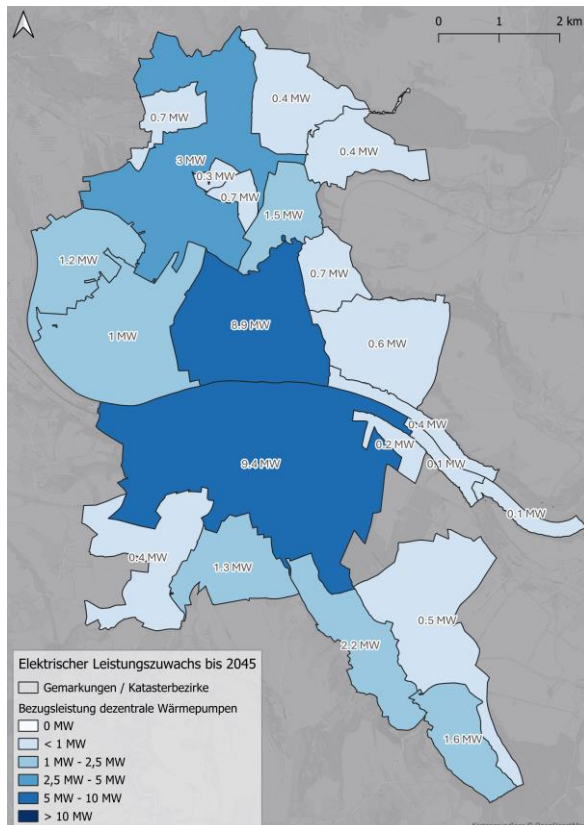


Abbildung 61: Elektrischer Leistungszuwachs durch dezentrale Wärmepumpen bis 2045 (Alternativszenario 1)

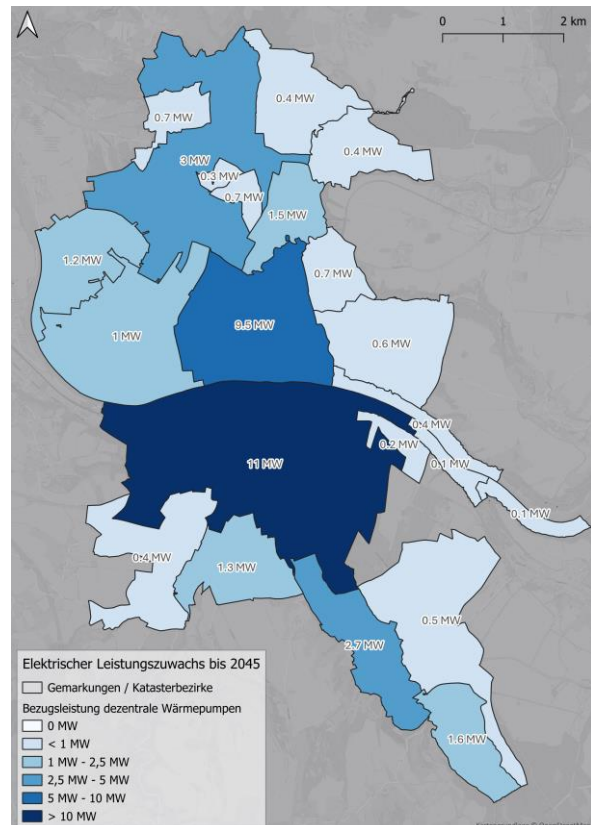


Abbildung 62: Elektrischer Leistungszuwachs durch dezentrale Wärmepumpen bis 2045 (Alternativszenario 2)

B. Ergänzende Textpassagen

B.1 Modellierung der Preispfade

Alle Entwicklungspfade setzen auf den heutigen Preisrelationen (Stand: August 2024) auf und greifen die aktuellen Preise auf für

- Fernwärme (Preisblatt der Stadtwerke),
- Erdgas (typischer Endkundenpreis inkl. Umlagen, Anlehnung an Gastarife in Pirna sowie Online-Angebote),
- Strom (Endkundenpreise mit Sondertarif Wärmepumpe als unterbrechbare Verbrauchseinrichtung nach §14a EnWG).

Annahmen für Preiselemente im Niedrigpreispfad:

- Bei den CO₂-Preisen im nationalen Emissionshandel wurde durch Verknappung ein Anstieg von aktuell 55 €/t auf 86 €/t bis 2040 unterstellt, dies entspricht 2 % Steigerung pro Jahr.
- Für die Großhandelspreise für Strom und Erdgas wurde angenommen, dass diese zunächst bis 2029 noch sinken und ab 2030 einer Steigerungsrate von 2 % pro Jahr unterliegen.
- Bei den Netzentgelten für Erdgas wurde eine Steigerungsrate von 1,5 % pro Jahr nominal bis 2029 und 2,5 % ab 2030 angenommen.

- Die Netzentgelte für Strom wurden zunächst mit 2,5 % Steigerungsrate und ab 2030 mit 3 % nur leicht über Inflation angesetzt.
- Wasserstoff-Großhandelspreise liegen im Niedrigpreisszenario im Jahr 2040 bei 124 €/MWh.
- Heizöl erfährt im Niedrigpreisszenario eine 2 % Steigerungsrate.

Annahmen für Preiselemente im Hochpreispfad:

- Bei den CO₂-Preisen im nationalen Emissionshandel wurde durch Verknappung ein Anstieg von aktuell 55 €/t auf 129 €/t bis 2040 unterstellt, dies entspricht einer 5 % Steigerung pro Jahr.
- Für die Großhandelspreise für Strom und Erdgas wurden 5 % Steigerungsrate angenommen. Damit würden die Großhandelspreise für Erdgas von 42 €/MWh im Jahr 2025 auf 68 €/MWh bis 2035 ansteigen. Bis 2040 steigen die Erdgasbörsenpreise auf rd. 87 EUR/ MWh an.
- Bei den Netzentgelten für Erdgas wurde in Anlehnung an das Szenario mit Preisdämpfungsmaßnahmen aus [6] eine Steigerungsrate von 5 % pro Jahr nominal bis 2030 und danach 8 % pro Jahr angenommen.
- Bei den Netzentgelte für Strom wurden mit zunächst 2,5 % Steigerungsrate und ab 2030 mit 4 % etwas höhere Werte angesetzt als im Niedrigpreispfad. Die Steigerungsraten sind jedoch deutlich weniger als im Gasbereich, da im Strombereich keine Mengenrückgänge zu erwarten sind.
- Wasserstoff-Großhandelspreise liegen im Hochpreisszenario im Jahr 2040 bei 142 €/MWh.
- Heizöl erfährt im Hochpreisszenario eine 5 % Steigerungsrate.

C. Abkürzungsverzeichnis

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesprogramm für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
CO ₂ e	CO ₂ -Äquivalent
EE	Erneuerbare Energien
EFH	Einfamilienhaus
FW	Fernwärme
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GWh	Gigawattstunde
HAL	Hausanschlussleitung
HAST	Hausanschlussstation
ha	Hektar (100 x 100 m)
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kommunale Wärmeplanung
LoD	Level of Detail
MFH	Mehrfamilienhaus
MWh	Megawattstunde
THG	Treibhausgas
WP	Wärmepumpe
WPG	Wärmeplanungsgesetz

D. Glossar

Baublock

Ein Baublock bezeichnet eine räumliche Einheit, die aus einem oder mehreren Flurstücken, Gebäuden oder Liegenschaften besteht und von Straßen, Schienen, Gewässern oder anderen natürlichen oder baulichen Grenzen umschlossen ist. Für die Zwecke der Wärmeplanung wird ein Baublock als statistische Einheit zusammengehöriger, meist ähnlicher Objekte betrachtet.

Biomasse

Biomasse umfasst organische Stoffe pflanzlichen, tierischen oder mikrobiellen Ursprungs, die zur Energiegewinnung genutzt werden können. Dazu zählen Holz, landwirtschaftliche Reststoffe, Gülle, Bioabfälle und gezielt angebaute Energiepflanzen. Die energetische Nutzung von Biomasse erfolgt durch Verbrennung, Vergasung, Fermentation (Biogasgewinnung) oder Verflüssigung. Biomasse ist eine erneuerbare Energiequelle, deren Klimaneutralität von der nachhaltigen Bewirtschaftung abhängt.

Biomethan

Biomethan ist aus Biogas aufbereitetes Methan. Nach der Aufbereitung kann Biomethan in das Erdgasnetz eingespeist werden und an anderen Stellen des Netzes entnommen werden. Bei Verwendung in EEG-Anlagen sind entsprechende Herkunftsnachweise zu führen. Biomethan zählt zu den synthetischen Gasen, die die Anforderungen des GEG an Klimaneutralität erfüllen.

Contracting

Contracting ist ein Finanzierungs- und Betreibermodell, um Erzeugungsanlagen (meist Wärme oder Kälte) zu betreiben. Ein Contractor finanziert, betreibt dabei eine Anlage, trägt das wirtschaftliche Risiko und liefert Energiedienstleistungen an einen Contractingnehmer im Rahmen längerfristiger Verträge über mehrere Jahre.

Dezentrales Wärmeversorgungsgebiet

Ein dezentrales Wärmeversorgungsgebiet ist ein Teilgebiet, das überwiegend nicht über ein Wärme- oder ein Gasnetz versorgt werden soll.

Endenergie

Endenergie ist die Energiemenge, die vom Verbraucher direkt bezogen wird, z. B. Strom, Heizöl, Erdgas oder Fernwärme. Sie ist die Energie, die dem Endverbraucher nach Umwandlungs-, Übertragungs- und Verteilungsverlusten zur Verfügung steht und von diesem genutzt wird. In der Wärmeplanung dient die Ermittlung des Endenergiebedarfs als Grundlage für die Auslegung von Versorgungskonzepten.

Fernwärme

Fernwärme ist ein System zur Verteilung von Wärme über ein Netz von Rohrleitungen, das viele Haushalte und Gebäude versorgt. Die Wärme wird zentral in einem oder mehreren Anlagen erzeugt und zu den Verbrauchern über eine Vorlauf- und eine Rücklaufleitung transportiert. Nahwärmenetze sind technisch ähnlich aufgebaut, versorgen meist aber nur kleinere Gebiete, meist nur innerhalb eines Stadtbezirks. Eine genaue Abgrenzung gibt es hier nicht.

Fokusgebiet

Der Begriff Fokusgebiet leitet sich aus einer Förderrichtlinie für Kommunen ab und bezeichnet ein Quartier, für das besondere Voraussetzungen vorliegen und für das Planung und Umsetzung energetischer Maßnahmen auf Quartiersebene genauer beschrieben werden.

Gebäudesanierung

Hierunter wird die energetische Sanierung der Gebäudehülle verstanden. Im Vordergrund der thermischen Sanierung steht die Verringerung der Wärmeverluste über das Dach, die Außenwände, Fenster, Türen und den Boden, meist durch Austausch von Bauteilen oder nachträgliche Isolierung sowie Verminderung der Lüftungsverluste. Die thermische Gebäudesanierung hilft dabei, einerseits den Energiebedarf insgesamt und andererseits das notwendige Temperaturniveau abzusenken.

Geothermie

Geothermie bezeichnet die Nutzung von Erdwärme als Energiequelle zur Beheizung von Gebäuden. Die Erdwärme kann in Form von Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren oder durch die Nutzung von tiefem oder oberflächennahen Thermalwasser genutzt werden.

Industrielle Abwärme

Industrielle Abwärme ist überschüssige Wärme, die bei industriellen oder gewerblichen Prozessen oder in Kraftwerken entsteht und meist ungenutzt bleibt. In der kommunalen Wärmeplanung kann Abwärme zur Beheizung von Gebäuden genutzt werden, um den Energiebedarf zu senken.

Kommunale Wärmeplanung

Kommunale Wärmeplanung umfasst die Analyse, Entwicklung und Umsetzung von Strategien zur nachhaltigen Wärmeversorgung in Städten und Gemeinden. Ziel ist es, den Energieverbrauch zu reduzieren und erneuerbare Energien zu fördern.

Nahwärme

Nahwärme ist eine Variante der Fernwärme, bei der die Wärmeversorgung auf ein kleineres Gebiet, wie ein Quartier oder eine Siedlung, begrenzt ist. Nahwärmenetze werden oft lokal erzeugt, z.B. mit Blockheizkraftwerken oder Biomasseanlagen.

Nutzenergie

Nutzenergie bezeichnet die Energie, die nach weiteren Umwandlungsprozessen tatsächlich für den gewünschten Endzweck verfügbar ist, z. B. Wärme zur Raumheizung, Warmwasserbereitung oder mechanische Energie. Sie berücksichtigt Verluste, die z. B. in Heizsystemen, elektrischen Geräten oder bei der Umwandlung von Strom in Licht auftreten. In der Wärmeplanung ist die Nutzenergie eine zentrale Größe, da sie die Effizienz der gesamten Versorgungskette widerspiegelt.

Prüfgebiet

Ein Prüfgebiet ist ein Teilgebiet, das nicht in ein voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet nach den drei oben beschriebenen Kategorien eingeteilt werden soll, weil die für eine Einteilung erforderlichen Umstände noch nicht ausreichend bekannt sind oder weil ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher auf andere Art mit Wärme versorgt werden soll.

Sanierungsrate

Die Sanierungsrate gibt an, wie viel Prozent des Gebäudebestands pro Jahr energetisch saniert werden. Sie ist ein wichtiger Indikator in der kommunalen Wärmeplanung, um den Fortschritt bei der Modernisierung des Gebäudeparks zu messen. Eine höhere Sanierungsrate bedeutet, dass der Gebäudebestand schneller energieeffizienter wird und somit die CO₂-Emissionen zügiger gesenkt werden können. In Deutschland liegt die Sanierungsrate aktuell bei etwa 1 % pro Jahr.

Uferfiltrat

Uferfiltrat ist Grundwasser, das durch den natürlichen Prozess der Infiltration von Oberflächenwasser aus Flüssen, Seen oder anderen Gewässern in das anliegende Grundwasserreservoir gelangt. Während der Passage durch die Bodenschichten werden Schwebstoffe, Bakterien und andere Verunreinigungen weitgehend zurückgehalten, wodurch das Wasser auf natürliche Weise gereinigt wird.

Umweltwärme

Umweltwärme bezeichnet leicht zu erschließende Energiequellen, wie Oberflächengewässer (hydrothermische Umweltwärme), Umgebungsluft (aerothermische Umweltwärme) und oberflächennahe Geothermie. Gemein ist diesen Energiequellen, dass ihre Energie aus der Sonne stammt bzw. darüber wieder regeneriert wird und sie keine hohen Temperaturniveaus zur Verfügung stellen können. Umweltwärmequellen sind meist flächendeckend in irgendeiner der Formen vorhanden, benötigen immer aber Wärmepumpen zur Anhebung der Temperatur.

Wärmebedarf

Der Wärmebedarf ist die errechnete oder gemessene Energiemenge, die benötigt wird, um ein Gebäude zu beheizen. Die Wärmeplanung analysiert den Wärmebedarf in einem Gebiet und der Gesamtstadt als Grundlage für die Zielplanung

Wärmeliniendichte

ist der Quotient aus der Wärmemenge in Kilowattstunden, die innerhalb eines Leitungs- oder Straßenabschnitts an die dort angeschlossenen oder anschließbaren Verbraucher innerhalb eines Jahres abgesetzt wird, und der Länge dieses Leitungsabschnitts in Metern. Dabei entspricht ein Leitungsabschnitt meist einem Straßenabschnitt bzw. einer Baublockseite. Üblich sind Werte von weniger als 1000 kWh/(m*a) bis etwa 10.000 kWh/(m*a).

Wärmenetzgebiet

Ein Wärmenetzgebiet ist ein beplantes Teilgebiet, in dem ein Wärmenetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wärmenetz versorgt werden soll. Dabei können mit dem Begriff Wärmenetz sowohl Fern- als auch Nahwärmenetze gemeint sein. Es kann weiterhin zwischen Verdichtungsgebiet und Ausbaugbiet unterschieden werden.

Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe ist ein Heizsystem, das Umgebungswärme aus der Luft, dem Wasser oder dem Erdreich nutzt und mit einem thermodynamischen Prozess unter Einsatz von Strom in Heizenergie umwandelt, ähnlich einem „umgedrehten“ Kühlschrank. Bei Anlagen >500 kW kann man von Großwärmepumpen sprechen.

Wärmespeicher

Wärmespeicher speichern überschüssige Wärme und stellen sie bei Bedarf zur Verfügung, wobei man kurz- mittel und Langfristspeicher unterscheiden kann. Sie sind ein wichtiger Baustein zur Flexibilisierung und Effizienzsteigerung von Wärmenetzen.

Wasserstoff

Wasserstoff (H₂) ist ein universeller Energieträger, der sowohl stofflich in der chemischen Industrie als auch energetisch genutzt werden kann. Die Speicherung und der Transport über lange Strecken sind möglich, aber aufwendiger als bei Methan, da Wasserstoff leichter Barrieren durchdringt. Wasserstoff kann sowohl in speziellen Netzen als auch in umzurüstenden Erdgasnetzteilen transportiert werden oder bis zu einem bestimmten Prozentsatz beigemischt werden. Klimaneutral hergestellt wird Wasserstoff aus Wasser mittels Elektrolyse durch erneuerbaren Strom.

Wasserstoffnetzgebiet

Ein Wasserstoffnetzgebiet ist ein Teilgebiet, in dem ein Wasserstoffnetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wasserstoffnetz zum Zweck der Wärmeerzeugung versorgt werden soll.

E. Karte der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete 2045

