

Erstellung eines kommunalen Wärmeplans für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

Abschlussbericht



iE2S

VIONTA

 **NeulandQuartier**



Impressum

Abschlussbericht

KWP Rochlitz

Erstellung eines kommunalen Wärmeplans für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

Erstellt im Auftrag von

Große Kreisstadt Rochlitz

Vertreten durch den Oberbürgermeister
Hr. Frank Dehne

Markt 1

09306 Rochlitz

T +49 3737 783 115

F +49 3737 783 166

info@rochlitz.de

www.rochlitz.de

Durchführung

Projektleitung

Nico Steyer, M.Sc.

nico.steyer@dbi-gruppe.de

T +49 3731 4195 336

Projektkoordinator

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Karl-Heine-Straße 109/111

D-04229 Leipzig

www.dbi-gruppe.de

Projektpartner

VIONTA GmbH & Co. KG

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Martin Günther, Peter Paul Matthes, M.Sc., Jana Schippmann, B.Eng.

NeulandQuartier GmbH

Theresa Wagner, M.A., Christopher Sieben, B.A.

Intelligent Energy System Services GmbH

Swenja Braun, M.Sc., Dipl.-Geogr. Tobias Gorges

Technische Universität Bergakademie Freiberg

Timm Wunderlich, MBA



Laufzeit

03.04.2024 bis 31.12.2025

Das diesem Abschlussbericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz unter dem Förderkennzeichen 67K27493 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kurzfassung

Die **kommunale Wärmeplanung (KWP) für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz** verfolgt das Ziel, eine langfristig klimaverträgliche, sozial akzeptierte und wirtschaftlich tragfähige Wärmeversorgung zu entwickeln. Das Untersuchungsgebiet umfasst die vier Gemeinden Rochlitz, Zettlitz, Seelitz und Königsfeld mit ca. 9.300 Einwohnern auf 99 km² Fläche. Im Fokus stehen die Transformation des bestehenden Wärmesystems, die Nutzung erneuerbarer Energien und die Reduktion der Treibhausgasemissionen gemäß Bundes-Klimazielen.

Im ersten Schritt erfolgt die **Eignungsprüfung**. Diese entscheidet über den Planungsumfang je Gemeinde. Rochlitz und Zettlitz sind demzufolge für die Durchführung einer vollständigen Wärmeplanung vorgesehen, da leitungsgebundene Infrastrukturen (Wärme- bzw. Erdgasnetze) sowie mittlere bis hohe Wärmebedarfsdichten vorliegen. Konträr dazu bilden Königsfeld und Seelitz die Grundlage für eine verkürzte Wärmeplanung mit vereinfachter Bestandsanalyse, da sowohl Wärmenetze als auch Wasserstoffnetze als sehr unwahrscheinlich einzustufen sind und die Siedlungsstruktur stark dezentral geprägt ist.

Der zweite Schritt der **Bestandsanalyse** erfasst den Status quo von Gebäuden, Siedlungsstruktur, Infrastrukturen, Wärmebedarfen, Energieträgern und Emissionen. Der jährliche Nutzwärmebedarf beträgt ca. 120 GWh/a, dominiert von der Raumwärmebereitstellung im Kontext privater Haushalte. 60 % der Wärmeversorgung erfolgt derzeit leitungsgebunden, konkret in Form der Fernwärme in Rochlitz und der Erdgasversorgung in Rochlitz sowie Zettlitz; 40 % bilden Einzelanlagen ab. Als Hauptenergieträger fungiert in der Verwaltungsgemeinschaft Erdgas (45 %), gefolgt von Heizöl. Der EE-Anteil an der Wärmeversorgung liegt bei 17 %, hauptsächlich durch Biomasse und BHKW mit Biogas.

Im Rahmen der sich anschließenden **Potenzialanalyse** werden die Einsparpotenziale auf Wärmebedarfsseite ermittelt und mit dem potenziellen erneuerbaren Energiedargebot für Wärmezwecke gespiegelt. In Rücksprache mit der Kommune ist auf Bedarfsseite ein jährlicher Degressionspfad von -1 % p.a. maßgeblich. Der Nutzwärmebedarf der Verwaltungsgemeinschaft beträgt daher im Zieljahr 2045 rund 93 GWh/a. Zur klimafreundlichen Wärmeversorgung ist empfehlenswert, weitere Windkraftanlagen in Königsfeld (z.B. an der nördlichen Gemeindegrenze) zu errichten (bis zu 37,9 GWh/a elektrisch). Ebenso sollten das bestehende Biomethan-BHKW in Rochlitz weiterbetrieben und solarthermische bzw. PV-Potenziale von Aufdachanlagen in der gesamten Verwaltungsgemeinschaft gehoben werden.

Die konkrete Ausgestaltung möglicher Zielpfade für die Wärmeversorgung ist Bestandteil der **Zielszenarienanalyse**. Drei Zielszenarien sind für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz maßgeblich: 1. Tiefengeothermie, 2. Technologiemic, 3. Strom. Die Zielszenarien werden u.a. mit Blick auf die Kriterien Versorgungssicherheit, THG-Minderung, Wärmegestehungskosten und Infrastrukturen gegenübergestellt. Die Gesamtbewertung zeigt eine klare Präferenz für das Zielszenario 2, "Technologiemic". Es ermöglicht potenziell eine starke Minderung der aktuell ausgestoßenen CO₂-Emissionen, weist einen breit diversifizierten Technologiemic auf und lässt die geringsten technischen, finanziellen und regulatorischen Risiken erwarten. Die Einteilung des geplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete zeigt Verdichtungsoptionen und Ausbaupotenziale für das Wärmenetz in der Rochlitzer Kernstadt. Die bislang erdgasversorgten Ortsteile in Rochlitz (z.B. Noßwitz) und Zettlitz (z.B. Methau) sind anteilig als Wasserstoffnetzgebiete ab 2040 klassifiziert. Die Gemeinden Königsfeld und Seelitz weisen ausschließlich Gebiete für die dezentrale Versorgung auf.

Die Erkenntnisse der vorherigen Phasen münden schließlich in der **Umsetzungsstrategie**. Ein konkreter Maßnahmenkatalog liefert Empfehlungen für die prioritär anzugehenden Schritte. So wird die Durchführung einer Studie gemäß Bundesprogramm effiziente Wärmenetze (BEW) dringend empfohlen, um die planerische Grundlage für eine Verdichtung bzw. einen Ausbau des bestehenden Wärmenetzes zu schaffen und zu diesem Zweck auch anteilig Fördermittel einwerben zu können. Ebenso sollten die Erneuerbare-Energie-Anlagen in der Verwaltungsgemeinschaft zielgerichtet und netzdienlich ausgebaut werden.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
Formelzeichen-, Index- und Abkürzungsverzeichnis	X
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Zielstellung	1
1.2 Ausgangssituation im Untersuchungsgebiet	3
2 Eignungsprüfung	4
2.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen	4
2.2 Methodischer Ansatz und Datenbasis	4
2.3 Diskussion der Ergebnisse	6
2.3.1 Königsfeld	7
2.3.2 Rochlitz	8
2.3.3 Seelitz	9
2.3.4 Zettlitz	10
2.3.5 Zusammenfassung	11
3 Bestandsanalyse	12
3.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen	12
3.2 Methodischer Ansatz und Datenbasis	12
3.2.1 Übergeordnete Hinweise	12
3.2.2 Exkurs: Baublöcke nach WPG	14
3.2.3 Analyse der Gebäude- und Siedlungstypen	15
3.2.4 Analyse der leitungsgebundenen Infrastrukturen (Bestand)	15
3.2.4.1 Wärmenetz	15
3.2.4.2 Erdgasverteilstrom	16
3.2.4.3 Stromverteilstrom	17
3.2.4.4 Glasfasernetz	17
3.2.5 Analyse des Wärmebedarfs (Status quo)	17
3.2.6 Bestandsanlagen erneuerbare Energien	19
3.2.7 Analyse der Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung (Status quo)	19
3.3 Diskussion der Ergebnisse	22
3.3.1 Gebäude- und Siedlungstypen	22
3.3.2 Leitungsgebundene Infrastrukturen (Bestand)	24
3.3.2.1 Wärmenetz	24
3.3.2.2 Erdgasverteilstrom	25

Inhalt

3.3.2.3	Stromverteilnetz	27
3.3.2.4	Glasfasernetz	28
3.3.3	Wärmebedarf (Status quo)	30
3.3.4	Bestandsanlagen erneuerbare Energien	40
3.3.5	Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung (Status quo)	42
4	Potenzialanalyse	44
4.1	Ziele und gesetzliche Anforderungen	44
4.2	Methodischer Ansatz und Datenbasis	45
4.2.1	Abschätzung der Wärmeeinsparpotenziale	45
4.2.2	Analyse und Verortung der Potenziale erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung	47
4.3	Diskussion der Ergebnisse	48
4.3.1	Potenziale zur Energieeinsparung infolge Wärmebedarfsreduktion	48
4.3.2	Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung inkl. Abwärme	51
4.3.2.1	Solarthermie (Dachflächen)	51
4.3.2.2	Solarthermie (Freiflächen)	53
4.3.2.3	Biomasse/Abwärme	54
4.3.2.4	Geothermie	56
4.3.2.5	Sonstige (Abwasser)	58
4.3.3	Potenziale erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung für Wärme	59
4.3.3.1	Windkraftanlagen	59
4.3.3.2	Photovoltaikanlagen (Dachflächen)	61
4.3.3.3	Photovoltaikanlagen (Freiflächen)	63
4.3.4	Zusammenfassung	65
4.3.4.1	Erneuerbares Wärmepotenzial	65
4.3.4.2	Erneuerbares Strompotenzial für Wärmezwecke	66
5	Zielszenario, Wärmeversorgungsgebiete und Wirtschaftlichkeit	67
5.1	Ziele und gesetzliche Anforderungen	67
5.2	Methodischer Ansatz und Datenbasis	68
5.2.1	Definition möglicher Entwicklungspfade	68
5.2.2	Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wärmebereitstellung	73
5.2.3	Entwicklung der Treibhausgasemissionen	75
5.2.4	Einführung Wirtschaftliche Bewertung	79
5.2.5	Ableitung des favorisierten Zielbildes	79
5.2.6	Einteilung des Untersuchungsgebiets in Wärmeversorgungsgebiete	80
5.3	Diskussion der Ergebnisse	82
5.3.1	Entwicklung des Nutzenergiebedarfs der Wärmebereitstellung	82
5.3.2	Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wärmebereitstellung	91

Inhalt

5.3.2.1	Szenario 1: Tiefengeothermie	91
5.3.2.2	Szenario 2: Mix	93
5.3.2.3	Szenario 3: Strom	95
5.3.3	Entwicklung der Treibhausgasemissionen	98
5.3.3.1	Szenario 1: Tiefengeothermie	98
5.3.3.2	Szenario 2: Mix	98
5.3.3.3	Szenario 3: Strom	99
5.3.3.4	Zusammenfassung und Kompensation verbleibender Emissionen	100
5.3.4	Ergebnisse der wirtschaftlichen Bewertung	102
5.3.5	Ableitung des favorisierten Zielbildes	106
5.3.6	Eignungsstufen und Wärmeversorgungsgebiete	108
5.3.6.1	Eignungsstufen Rochlitz	108
5.3.6.2	Eignungsstufen Zettlitz	112
5.3.6.3	Eignungsstufen Königsfeld und Seelitz	114
5.3.6.4	Zusammenfassung der resultierenden Wärmeversorgungsgebiete	115
6	Umsetzungsstrategie	118
6.1	Ziele und gesetzliche Anforderungen	118
6.2	Methodischer Ansatz und Datenbasis	119
6.3	Diskussion der Ergebnisse	123
6.3.1	Long list	123
6.3.2	Maßnahmenblätter für prioritäre Handlungsfelder	125
6.3.3	Exkurs: Ausblick leitungsgebundene Infrastrukturen	130
6.3.4	Verstetigungsstrategie	132
6.3.5	Controllingkonzept	134
7	Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung	136
7.1	Ziele und gesetzliche Anforderungen	136
7.2	Überblick zu durchgeführten Beteiligungsprozessen und Veranstaltungen	137
8	Disclaimer: Stellungnahmen der Verteilnetzbetreiber	140
8.1	Stellungnahme Betreiber Erdgasverteilnetz	140
8.2	Stellungnahme Betreiber Stromverteilnetz	141
8.3	Stellungnahme Betreiber Wärmenetz	142
9	Zusammenfassung und Ausblick	143
	Literaturverzeichnis	147
	Anhang	B

Inhalt

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme aus erneuerbaren Energien [3].	1
Abbildung 1-2:	Abgrenzung des Untersuchungsgebiets in Gestalt der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.	3
Abbildung 2-1:	Prüfschema zur Entscheidungsfindung hinsichtlich der Durchführung einer verkürzten Wärmeplanung [10].	5
Abbildung 2-2:	Bewertungsmatrix zur Eignungsprüfung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.	6
Abbildung 2-3:	Ausgefülltes Prüfschema der Eignungsprüfung (Königsfeld).	7
Abbildung 2-4:	Ausgefülltes Prüfschema der Eignungsprüfung (Rochlitz).	8
Abbildung 2-5:	Ausgefülltes Prüfschema der Eignungsprüfung (Seelitz).	9
Abbildung 2-6:	Ausgefülltes Prüfschema der Eignungsprüfung (Zettlitz).	10
Abbildung 3-1:	Vereinfachte Prinzipskizze für das Vorgehen zur Ermittlung WPG-konformer Baublöcke.	14
Abbildung 3-2:	Vereinfachte Abfolge der Schritte zum Realdatenabgleich.	18
Abbildung 3-3:	Energiewandlungskette von der Primär- zur Nutzenergie [23].	20
Abbildung 3-4:	Treibhausgasintensität verschiedener Energieträger zum Status quo, eigene Darstellung nach [23, 24].	21
Abbildung 3-5:	Verteilung der Anzahl Adresspunkte je Gemeinde und Gebäudetyp.	22
Abbildung 3-6:	Siedlungsstruktur und Flächennutzung in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.	23
Abbildung 3-7:	Trassenverlauf des Rochlitzer Wärmenetzes, eigene Darstellung auf Basis von [8].	25
Abbildung 3-8:	Verteilung der Errichtungstätigkeit bei Erdgasverteilnetzen in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz [9].	26
Abbildung 3-9:	Anteile der installierten Leitungslängen des Erdgasverteilnetzes in der Verwaltungsgemeinschaft.	26
Abbildung 3-10:	Spezifische Längen des Erdgasverteilnetzes auf Baublockebene; links: Rochlitz; rechts: Zettlitz.	27
Abbildung 3-11:	Installierte Netzlängen auf Mittelspannungsebene (links) und verfügbare Netzstationen (rechts) [16].	28
Abbildung 3-12:	Spezifische Längen des Glasfasernetzes auf Baublockebene; oben links: Königsfeld; oben rechts: Rochlitz; unten links: Seelitz.	29
Abbildung 3-13:	Regionale Verteilung des absoluten Nutzwärmebedarfs in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.	30
Abbildung 3-14:	Anteilige Aufschlüsselung des gesamten Nutzwärmebedarfs auf die betrachteten Gemeinden (obere Zeile: Absolutwert in MWh/a; untere Zeile: Anteil in %).	31
Abbildung 3-15:	Wärmebedarfsdichten auf Baublockebene zum Status quo in der Verwaltungsgemeinschaft.	32
Abbildung 3-16:	Wärmelinienindichten auf Strassenzugsebene zum Status quo in der Verwaltungsgemeinschaft.	34
Abbildung 3-17:	Baublockscharfe Verteilung der für Wärmezwecke eingesetzten Energieträger. Oben links: Königsfeld Nord, oben rechts: Königsfeld Süd, unten links: Rochlitz Kernstadt, unten rechts: Zettlitz.	35
Abbildung 3-18:	Baublockscharfe Verteilung der für Wärmezwecke eingesetzten Energieträger. Links: Seelitz Nord, rechts: Seelitz Süd.	36
Abbildung 3-19:	Differenzierung des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke nach Sektor und Energieträger.	37

Abbildung 3-20: Differenzierung des Endenergiebedarfs für Wärme nach Art der Bereitstellung.	37
Abbildung 3-21: Differenzierung des Wärmebedarfs nach Anwendungszweck.	38
Abbildung 3-22: Anteile erneuerbarer sowie fossiler Energieträger an der Wärmeversorgung.	38
Abbildung 3-23: Art, Leistung und Standort bestehender EE-Anlagen in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.	40
Abbildung 3-24: Installierte Nennleistung (elektrisch) bestehender EE-Anlagen zur Stromerzeugung/KWK in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.	41
Abbildung 3-25: Jährliche Stromerträge des EE-Anlagenbestands in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.	41
Abbildung 3-26: Treibhausgasemissionen infolge der Wärmebereitstellung; Differenzierung nach Energieträger (Status quo).	42
Abbildung 3-27: Treibhausgasemissionen infolge der Wärmebereitstellung; Differenzierung nach Sektoren (Status quo).	43
Abbildung 4-1: Modellhafter Ansatz zur Fortschreibung der Wärmebedarfe (Beispiel Wohngebäude).	46
Abbildung 4-2: Vereinfachtes Vorgehen zur Ermittlung von Potenzialen erneuerbarer Energien.	47
Abbildung 4-3: Maximale Wärmebedarfsreduktion im konservativen DBI-Szenario („A1B“).	48
Abbildung 4-4: Erwartete Entwicklung des Wärmebedarfs nach Plausibilisierung der Maximalpotenziale (links: Aufschlüsselung nach Gemeinden; rechts: Aufschlüsselung nach Abnehmertyp).	49
Abbildung 4-5: Entwicklung des Wärmebedarfs auf Baublockebene im Zeitraum 2030 bis 2045.	50
Abbildung 4-6: Hypothetische Jahreserträge erneuerbarer Wärme durch Nutzung von Solarthermie-Aufdachanlagen.	51
Abbildung 4-7: Dachflächenpotenziale für Solarthermie in Form der generierbaren Wärmeerträge in der Gemeinde Rochlitz.	52
Abbildung 4-8: Hypothetische Jahreserträge erneuerbarer Wärme durch Nutzung von Solarthermie-Freiflächenanlagen (Flächentyp: Wiese).	53
Abbildung 4-9: Regionale Verteilung der hypothetischen Jahreserträge erneuerbarer Wärme durch Nutzung von Solarthermie-Freiflächenanlagen (Flächentyp: Wiese).	54
Abbildung 4-10: Abwärmepotenziale aus bestehenden Biogas- bzw. Biomethananlagen in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.	55
Abbildung 4-11: Regionale Verteilung der Biomasseanlagen und ihrer bilanziellen Abwärmepotenziale in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.	56
Abbildung 4-12: Betrachtungsgebiet mit geologischer Karte und den möglichen Potenzialen der Entzugsleistung Watt je m bis 100 m Bohrtiefe, Darstellung der TU Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl für technische Thermodynamik auf Basis von Daten nach [40].	58
Abbildung 4-13: Potenzielle Stromerträge aus Windkraftanlagen in der Verwaltungsgemeinschaft (ohne Waldflächen).	59
Abbildung 4-14: Identifizierte Standorte und potenzielle Stromerträge von Windkraftanlagen in Königsfeld.	60
Abbildung 4-15: Hypothetische Jahreserträge erneuerbaren Stroms sowie installierbare elektrische Leistung durch Nutzung von PV-Aufdachanlagen.	61
Abbildung 4-16: PV-Dachflächenpotenziale in Form der generierbaren Stromerträge in der Verwaltungsgemeinschaft.	62

Abbildung 4-17: Hypothetische Jahreserträge erneuerbaren Stroms durch Nutzung von PV-Freiflächenanlagen (Flächentyp: Wiese).	63
Abbildung 4-18: Regionale Verteilung der hypothetischen Jahreserträge erneuerbaren Stroms durch Nutzung von PV-Freiflächenanlagen (Flächentyp: Wiese).	64
Abbildung 4-19: Zusammenfassung der EE-Wärmpotenziale und Gegenüberstellung zum aktuellen Wärmebedarf der Verwaltungsgemeinschaft.	65
Abbildung 4-20: Zusammenfassung der EE-Strompotenziale und Gegenüberstellung zum aktuellen Strombedarf für Wärmezwecke in der Verwaltungsgemeinschaft.	66
Abbildung 5-1: Sektorale Verteilung der Endenergiebedarfe im Betrachtungszeitraum 2030 bis 2045.	74
Abbildung 5-2: Annahmen zu den anteiligen Herkunftsarten für den künftigen deutschen Wasserstoffmix.	77
Abbildung 5-3: Überblick zur Entwicklung der spezifischen Treibhausgasemissionen je Technologie/Energieträger; eigene Darstellung auf Basis von [24].	78
Abbildung 5-4: Vergleich der Emissionsfaktoren für den Fernwärmemix in den betrachteten Zielszenarien.	78
Abbildung 5-5: Bewertungsmatrix zum Vergleich der Zielszenarien (links) und resultierendes Netzdiagramm (rechts).	80
Abbildung 5-6: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Rochlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S1).	83
Abbildung 5-7: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Zettlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S1).	84
Abbildung 5-8: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Rochlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S2).	86
Abbildung 5-9: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Zettlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S2).	87
Abbildung 5-10: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Rochlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S3).	88
Abbildung 5-11: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Zettlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S3).	89
Abbildung 5-12: Entwicklung des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke, differenziert nach Energieträger (S1).	91
Abbildung 5-13: Entwicklung der Energieträgeranteile am Wärmemix (S1).	92
Abbildung 5-14: Differenzierung der Versorgungsarten (S1).	93
Abbildung 5-15: Entwicklung des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke, differenziert nach Energieträger (S2).	94
Abbildung 5-16: Entwicklung der Energieträgeranteile am Wärmemix (S2).	94
Abbildung 5-17: Differenzierung der Versorgungsarten (S2).	95
Abbildung 5-18: Entwicklung des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke, differenziert nach Energieträger (S3).	96
Abbildung 5-19: Entwicklung der Energieträgeranteile am Wärmemix (S3).	96
Abbildung 5-20: Differenzierung der Versorgungsarten (S3).	97
Abbildung 5-21: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S1).	98
Abbildung 5-22: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S2).	99

Abbildung 5-23: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S3).	99
Abbildung 5-24: Gegenüberstellung der fortgeschriebenen THG-Emissionen in den betrachteten Szenarien.	100
Abbildung 5-25: Gesamtinvestitionskosten neu zu installierender Erzeugungsleistungen – Wärme & Strom – nach Technologie & Zielszenario bis 2045 (inkl. Inflation; Kostenvarianz von +/-20%).	102
Abbildung 5-26: Vergleich der Investitionskosten für Strom (linke Abbildung) und Wärme (rechte Abbildung) – nach Technologie und Zielszenario bis 2045 (mit Inflation).	103
Abbildung 5-27: Kumulierte Betriebskosten (fixe und variable Kosten) der neu zu installierenden Leistungen in der Kommune – nach Technologie und Zielszenario bis 2045 (mit Inflation).	104
Abbildung 5-28: Prozentuale Verteilung der Investitionskosten neu zu installierender Erzeugungsleistungen (nach Sektor & Zielszenario bis 2045).	105
Abbildung 5-29: Wärmegestehungskosten der Zielszenarien im Betrachtungszeitraum 2030-2045 (in €/kWh; inklusive Inflation; Kostenvarianz +/-20%).	105
Abbildung 5-30: Netzdiagramm der nach fünf Kategorien bewerteten Zielszenarien.	108
Abbildung 5-31: Eignungsstufen in Rochlitz Nord für Wärmenetze (links) und Wasserstoffnetze (rechts, nach [48]).	109
Abbildung 5-32: Eignungsstufen in Rochlitz Süd-West für Wärmenetze.	110
Abbildung 5-33: Plausibilisierung der Wärmeversorgungsoptionen in Rochlitz anhand Fuzzy-Membership-Methodik [46].	111
Abbildung 5-34: Eignungsstufen in Zettlitz für Wärmenetze (links) und Wasserstoffnetze (rechts, nach [48]).	112
Abbildung 5-35: Plausibilisierung der Wärmeversorgungsoptionen in Zettlitz anhand Fuzzy-Membership-Methodik [46].	113
Abbildung 5-36: Plausibilisierung der Wärmeversorgungsoptionen in Königsfeld (links) und Seelitz (rechts) anhand Fuzzy-Membership-Methodik [46].	114
Abbildung 5-37: Resultierende Wärmeversorgungsgebiete in Rochlitz (links: Kernstadt / Rochlitz Nord; rechts: Rochlitz Süd).	115
Abbildung 5-38: Resultierende Wärmeversorgungsgebiete in Zettlitz.	116
Abbildung 5-39: Resultierende Wärmeversorgungsgebiete in Königsfeld (links) und Seelitz (rechts).	117
Abbildung 6-1: Zielzyklus bei der Bewertung von Maßnahmen zur klimagerechten Transformation der kommunalen Wärmeversorgung.	122
Abbildung 6-2: Aufbau des Merkblattes zur Beschreibung prioritärer Maßnahmen der Wärmetransformation.	122
Abbildung 7-1: Impression von der Auftaktveranstaltung am 25.04.2024 im Rathaus Rochlitz.	138
Abbildung 7-2: Impression von der Bürgerinformationsveranstaltung am 05.12.2024 im Bürgerhaus Rochlitz.	139

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Kernergebnisse der Eignungsprüfung.....	11
Tabelle 3-1:	Kenndaten des bestehenden Wärmenetzes in der Gemeinde Rochlitz [8].....	24
Tabelle 3-2:	Kenndaten des bestehenden Erdgasverteilnetzes in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz [9].	25
Tabelle 4-1:	Vergangenheitsdaten zur Entwicklung der seitens EVR verkauften Wärmemengen [35].	49
Tabelle 4-2:	Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität von Gesteinen und Geofluiden unter Normalbedingungen [38, 39].....	57
Tabelle 4-3:	Übersicht über vorliegende Gesteine und das geothermische Potenzial in Rochlitz.	57
Tabelle 4-4:	Übersicht über vorliegende Gesteine und das geothermische Potenzial in Königsfeld.	57
Tabelle 4-5:	Übersicht über vorliegende Gesteine und das geothermische Potenzial in Seelitz.	57
Tabelle 4-6:	Übersicht über vorliegende Gesteine und das geothermische Potenzial in Zettlitz.	57
Tabelle 5-1:	Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario eins, Tiefengeothermie. ..	69
Tabelle 5-2:	Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario zwei, Mix.	71
Tabelle 5-3:	Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario drei, Strom.	72
Tabelle 5-4:	Empfehlungen zur Wärmenetzeignung anhand der Wärmeflächendichte [10].	81
Tabelle 5-5:	Empfehlungen zur Wärmenetzeignung anhand der Wärmelinienendichte [10].	81
Tabelle 5-6:	Entwicklung der Tiefengeothermie in Rochlitz und Zettlitz bis 2045.	82
Tabelle 5-7:	Bewertungsmatrix mit Punktesystem zum Vergleich der Zielszenarien.	107
Tabelle 5-8:	Vorschlag zur Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045 (Rochlitz).	111
Tabelle 5-9:	Vorschlag zur Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045 (Zettlitz).	113
Tabelle 6-1:	Überblick zu möglichen Strategiefeldern und kommunalen Rollen bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Wärmetransformation [10].....	121
Tabelle 6-2:	Ausführliche Liste mit Maßnahmen und Handlungsfeldern für die Wärmetransformation in Rochlitz.	124

Formelzeichen-, Index- und Abkürzungsverzeichnis

Gleichungen

Gleichung 1: Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der Treibhausgasemissionen. 20

Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesprogramm effiziente Wärmenetze
BGA	Biogasanlage(n)
BGEA	Biogaseinspeiseanlage(n)
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BNetzA	Bundesnetzagentur
CCS	Carbon Capture and Storage
CH ₄	Methan
CO ₂ -Äq.	CO ₂ -Äquivalente
DBI	DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EL	Elektrolyse
elektr.	elektrisch
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
Erdgas (H)	Erdgas hochkalorisch
EVR	Energieversorgung Rochlitz GmbH
FAQ	Frequently Asked Questions
FAUNA	Fahrpläne für die Umstellung der Netzinfrastruktur auf die vollständige Versorgung der Anschlussnehmer mit Wasserstoff
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe/Handel/Dienstleistung
GW	Gigawatt

GIS	Geoinformationssystem
GWh	Gigawattstunden
GWP	Global Warming Potentials
H ₂	Wasserstoff
HD	Hochdruck
Heizöl (L)	Heizöl leicht
INFRACON	INFRACON Infrastruktur Service GmbH & Co. KG
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
JAZ	Jahresarbeitszahl
KEA-BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
KWP	kommunale Wärmeplanung
LPG	Liquefied Petroleum Gas (Flüssiggas)
MaStR	Marktstammdatenregister
MaStRV	Marktstammdatenregisterverordnung
MD	Mitteldruck
MENA	Middle East and North Africa
MW	Megawatt
MW elektrisch	Megawatt elektrisch
MWh	Megawattstunden
NAP	Netzausbauplan
ND	Niederdruck
OSM	Open Street Map
PR	Performance Ratio
PV	Photovoltaik
QGIS	Quantum GIS (Open Source Software)
RLM	registrierende Lastgangmessung
S1	Zielszenario 1
S2	Zielszenario 2
S3	Zielszenario 3
SAENA	Sächsische Energieagentur GmbH
TGT	Tiefengeothermie

THG	Treibhausgas
THGE	Treibhausgasemissionen
TÖB	Träger öffentlicher Belange
UBA	Umweltbundesamt
unwahrsch.	unwahrscheinlich
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VG	Verwaltungsgemeinschaft
vorh.	vorhanden
Wasserstoff-KWK	Wasserstoff-Kraft-Wärme-Kopplung
WPG	Wärmeplanungsgesetz
ZFH	Zweifamilienhaus

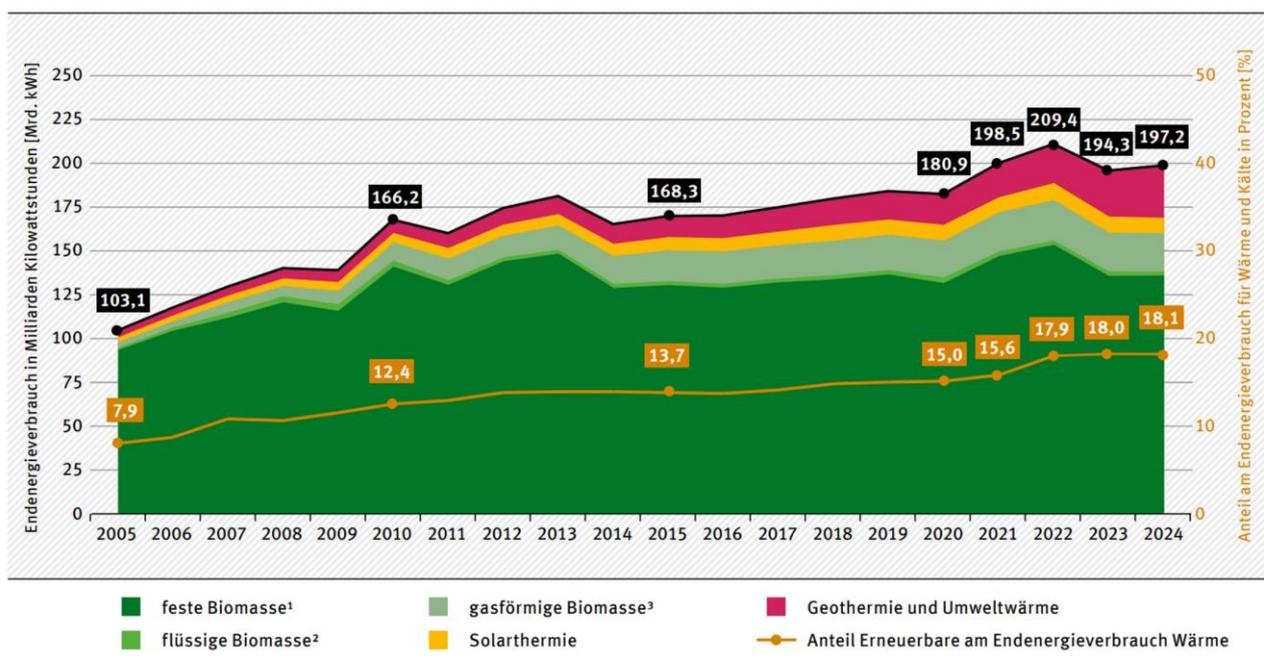
1 Einleitung

Das nachfolgende Einleitungskapitel bietet einen Überblick zum Hintergrund kommunaler Wärmepläne allgemein und der konkret für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz maßgeblichen Aufgabenstellung.

1.1 Motivation und Zielstellung

Deutschland steht vor dem Hintergrund des anthropogenen Klimawandels vor der Herausforderung zur signifikanten Reduktion seiner Treibhausgasemissionen. Gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz sind bis 2030 die Treibhausgasemissionen um 65 Prozent (mit Referenz 1990) zu reduzieren. Bis 2045 ist die Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen [1, 2]. Hierbei müssen alle energieverbrauchenden Sektoren ihren Beitrag leisten. Folgerichtig sind Maßnahmen der Energiewende auf Bundes-, Landes- und Gemeindeebene notwendig, was letztlich Anstrengungen auf Bürgerseite erfordert.

Insbesondere der Wärmesektor ist von zentralem Interesse. In den Jahren 2022 bis 2024 entfielen analog zur Darstellung in Abbildung 1-1 jeweils lediglich rund 18 Prozent der Wärmebereitstellung auf die Nutzung erneuerbarer Energieträger [3].



¹ inkl. Klärschlamm und biogenem Anteil des Abfalls
² inkl. Biokraftstoffverbrauch in der Land- und Forstwirtschaft, im Baugewerbe und beim Militär
³ Biogas, Biomethan, Klär- und Deponiegas

Abbildung 1-1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme aus erneuerbaren Energien [3].

Daher wurden Ende 2023 das Wärmeplanungsgesetz (WPG) erlassen [4] und die Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) verabschiedet [5]. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen zielen darauf ab, eine klimaverträgliche Wärmeversorgung von Gebäuden zu erreichen. Dies ist eine große Herausforderung und wird erhebliche Anstrengungen bewirken. Die kommunale Wärmeplanung (KWP) ist demnach ein Baustein der Wärmewende, der auf Gemeindeebene implementiert werden muss. Das übergeordnete Ziel ist, eine aus Sicht der Kommune sichere, bezahlbare, sozial akzeptierte und klimaverträgliche Wärmeversorgung für die mittel- und langfristige Zukunft aufzuzeigen. Hierbei wird ein großer Fokus auf die lokal vorhandenen Rahmenbedingungen gelegt.

Konkret verschafft sich die planungsverantwortliche Stelle zunächst einen Überblick über die kommunalen Infrastrukturen (Gas-, Wärme sowie Stromnetze), die aktuellen Wärmebedarfe im Untersuchungsgebiet und die individuellen Anforderungen der lokalen Akteure. Anschließend werden die regional vorhandenen Potenziale der Kommune zum Aufbau einer auf erneuerbaren Energien basierenden Wärmeversorgung untersucht. Auf dieser Basis sollen anschließend die Handlungsoptionen für den schrittweisen Umbau der kommunal eingesetzten Wärmetechnologien unter wirtschaftlichen, technischen sowie ökologischen Gesichtspunkten abgewogen werden. Hierbei ist die kommunale Wärmeplanung grundsätzlich als „rollierendes Instrument“ zu verstehen, das nach seiner erstmaligen Erstellung in regelmäßigen Zeitschritten (z.B. aller fünf Jahre) fortzuschreiben respektive zu aktualisieren ist. Parallel zur konsequenten Einbindung zentraler Akteure (Wohnungswirtschaft, Energieversorger, Bürgerinnen und Bürger) soll dies die Zukunftsfähigkeit des Konzeptes sicherstellen.

Abzugrenzen ist die KWP hingegen von weiterführenden Detailplanungen, wie etwa der technoökonomischen Bewertung des Ausbaus der leitungsgebundenen Wärmeversorgung vor Ort. Diese müssen von den jeweils zuständigen Institutionen bzw. Unternehmen im Nachgang entwickelt werden, wobei die Ergebnisse des kommunalen Wärmeplans einen zentralen Ausgangspunkt bilden können. Erwähnungsbedürftig ist an dieser Stelle auch der Umstand, dass ein Wärmeplan einen empfehlenden Charakter aufweist. Demzufolge ist der Wärmeplan rechtlich nicht bindend und entfaltet weder Rechte noch Pflichten für Private (siehe §23 Absatz 4 WPG).

1.2 Ausgangssituation im Untersuchungsgebiet

Der vorliegende Abschlussbericht hat den kommunalen Wärmeplan für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz in Sachsen zum Inhalt. Die Verwaltungsgemeinschaft gliedert sich in die vier Gemeinden Königsfeld, Rochlitz, Seelitz und Zettlitz. Sie liegt im nördlichen Teil Sachsens und etwa 40 Kilometer südöstlich von Leipzig. Mit Stand 2024 leben etwa 9.300 Menschen in der Verwaltungsgemeinschaft [6]. Die Abbildung 1-2 zeigt das für die nachfolgenden Ausführungen relevante Untersuchungsgebiet. Die Verwaltungsgemeinschaft besitzt eine Gesamtfläche von ca. 99 Quadratkilometern und ist überwiegend ländlich geprägt [7]. In der Stadt Rochlitz lebt mehr als die Hälfte der Bevölkerung, wobei in der Kernstadt neben dem Erdgasverteilnetz auch ein Wärmenetz verfügbar ist [8]. In Zettlitz besitzen mehrere Ortsteile ebenfalls einen Zugang zum Erdgasverteilnetz, wohingegen Seelitz und Königsfeld keine leitungsgebundenen Infrastrukturen zur Wärmeversorgung aufweisen [9].



Abbildung 1-2: Abgrenzung des Untersuchungsgebiets in Gestalt der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.

2 Eignungsprüfung

Die Eignungsprüfung ist dem eigentlichen Prozess der Wärmeplanung vorangestellt. Sie hat die Entscheidung über die Durchführung einer verkürzten Wärmeplanung bzw. der ausführlichen Wärmeplanung zum Ziel. Diese Entscheidung wird auf Grundlage verschiedener Eingangsdaten und in Rücksprache mit den lokalen Akteuren in der Kommune getroffen. Hierzu wird das Untersuchungsgebiet in klar voneinander abgrenzbare Teilgebiete untergliedert und die Eignungsprüfung separat für jedes Teilgebiet durchgeführt.

2.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen

Der BMWK-Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung [10] formuliert zusammenfassend als Hintergrund der Eignungsprüfung:

„Das WPG sieht in § 14 vor, dass für das gesamte geplante Gebiet oder Teilgebiete eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden kann. Voraussetzung für die verkürzte Wärmeplanung ist, dass das geplante Gebiet oder Teilgebiet sich mit hoher Wahrscheinlichkeit weder für die Versorgung mittels Wärmenetz noch für eine Versorgung über ein Wasserstoffnetz eignet (§ 14 Absatz 4 WPG). Im Rahmen einer verkürzten Wärmeplanung kann insbesondere auf die Erhebung bestimmter Daten verzichtet werden.

Daneben kann in Teilgebieten, die derzeit bereits vollständig oder nahezu vollständig mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme versorgt werden, gänzlich auf eine Wärmeplanung verzichtet werden (§ 14 Absatz 6 WPG).“

Die Eignungsprüfung soll demnach eine fokussierte und zeiteffiziente Wärmeplanung ermöglichen. Für Gebiete mit ausführlicher Wärmeplanung sind alle technisch möglichen, ökonomisch sinnvollen und mit den deutschen Klimazielen zu vereinbarenden Wärmeversorgungsoptionen maßgeblich. In Teilgebieten mit verkürzter Wärmeplanung stehen hingegen dezentrale Versorgungsoptionen im Vordergrund.

2.2 Methodischer Ansatz und Datenbasis

Die Eignungsprüfung bedingt, dass bereits im Vorfeld der eigentlichen Bestands- und Potenzialanalysen verschiedene Charakteristika der Kommune quantitativ bzw. qualitativ einer ersten indikativen Analyse unterzogen werden. Hierzu zählen beispielsweise die vorhandenen leitungsgebundenen Infrastrukturen (Erdgas sowie Wärmenetze), Kennzahlen zur Bevölkerungsdichte, Flächennutzung, vorhandene EE-Anlagen und weitere Merkmale. Die Teilaspekte müssen systematisch erfasst und aufbereitet werden. Hierzu bietet sich ein festes Prüfschema an, das konform zum WPG die Einzelaspekte einheitlich bewertet und in einer Entscheidung über die Durchführung einer (nicht) verkürzten Wärmeplanung mündet. Die Abbildung 2-1 zeigt das empfohlene Prüfschema seitens BMWK/BMWSB. Klar zu erkennen ist die Zweiteilung mit der Bezugnahme auf (vorhandene) Wärmenetze einerseits und der Diskussion (potenzieller) Wasserstoffnetze andererseits. Die Teilfragen sind entsprechend mit den Operatoren „und“ bzw. „oder“ verknüpft. Die schrittweise Beantwortung der Fragen führt schließlich zu vier möglichen Fällen:

1. Durchführung einer verkürzten Wärmeplanung (mit vereinfachter Bestandsanalyse).
2. Durchführung einer verkürzten Wärmeplanung (nur Potenzialanalyse).
3. Durchführung einer vollständigen Wärmeplanung.
4. Keine Durchführung einer Wärmeplanung infolge einer auf überwiegender EE-Nutzung (>75 %) beruhenden Versorgungsstruktur.



Abbildung 2-1: Prüfschema zur Entscheidungsfindung hinsichtlich der Durchführung einer verkürzten Wärmeplanung [10].

Zur plausiblen Beantwortung und Analyse der Teilaspekte sind verschiedene Bewertungskriterien erforderlich. Diese Kriterien wurden für die KWP Rochlitz in Anlehnung an Vorschläge aus gängiger Literatur definiert und in einer Bewertungsmatrix zusammengeführt. Als Teilgebiete werden die einzelnen Gemeinden der Verwaltungsgemeinschaft definiert, d.h. konkret die Gemeinden Königsfeld, Rochlitz, Seelitz und Zettlitz. Eine weitere Untergliederung (z.B. in Ortsteile) wurde verworfen, da die benannten Gemeinden in ihrer Struktur klar voneinander abgrenzbar sind. Ein Auszug aus der Bewertungsmatrix ist der Abbildung 2-2 zu entnehmen.

	Teilgebiet	Teilgebiet 1
leitungsgebundene Infrastrukturen (Bestand)	Erdgasnetze vorh.?	
	Wärmenetz vorh.?	
leitungsgebundene Infrastrukturen (Zukunft)	H ₂ Netz geplant?	
	H ₂ - Versorgung durch übergeordnete Netzebenen mgl.?	
	H ₂ -Versorgung durch dezentrale Erzeugung (Elektrolyse)	
Siedlungsstruktur	Fläche in qm	
	Hauptflächennutzung	
	Anteil Wohn- an Gesamtlf.	
	Einwohner (2020)	
Industrie	EW je km ²	
	Industriegebiet(e)	
Potenziale erneuerbarer Energien/Abwärme	Ankerkunden	
	Plangebiete für Wind/PV vorhanden?	
	sonstige relevante EE-Wärmequellen (Biogas, Kläranlage, Geothermie)	
	hebbare Abwärmequellen (z.B. Industrie) vorhanden?	
Gebäude u. Wohnbebauung	bestehende Wärmeversorgung bereits überw. (>75%) EE?	
	Anzahl Gebäude bzw. Adresspunkte	
	Wohngebäude/private Haushalte	
	<i>Anteil 1 Wohnung</i>	
	<i>Anteil 2 Wohnungen</i>	
	<i>Anteil mehr als 2 Wohnungen</i>	
	Prägung / räumliche Verteilung	
Altersstruktur Gebäude / Sanierungszustand		
Wärmedichte (modelliert, Status quo)	Wärmebedarfsdichte (mittleres Wetterjahr) in MWh/ha*a	
	Wärmenetzeignung anhand Wärmedichte	

Abbildung 2-2: Bewertungsmatrix zur Eignungsprüfung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.

An dieser Stelle ist erwähnenswert, dass für die Voraufgabe der Eignungsprüfung ein Rückgriff auf modellierte Daten bzw. öffentlich zugängliche Daten ausreichend ist. Die Implementierung von detaillierten Realdaten, beispielsweise zu den tatsächlichen Erdgasverbräuchen vor Ort, ist in dieser Phase nicht notwendig. Daher werden insbesondere folgende Datenquellen herangezogen:

- Zensus 2022: Bevölkerungsstruktur [11], Gebäudestatistiken [12]
- Open-Source-Kartenmaterial (z.B. OSM): Flächennutzung, räumlich-strukturelle Prägung [13]
- Raumordnungspläne, z.B. hinsichtlich Windeignungsgebieten [14]
- DBI-Datenbank (Energieatlas): modellierte Wärmebedarfsdaten [15]

2.3 Diskussion der Ergebnisse

Nachfolgend werden die vier Gemeinden der Verwaltungsgemeinschaft anhand des Prüfungsschemas aus Abbildung 2-1 bewertet. Als Grundlage dient die ausgefüllte Bewertungsmatrix mit den hinterlegten Kennzahlen und Informationen.

2.3.1 Königsfeld

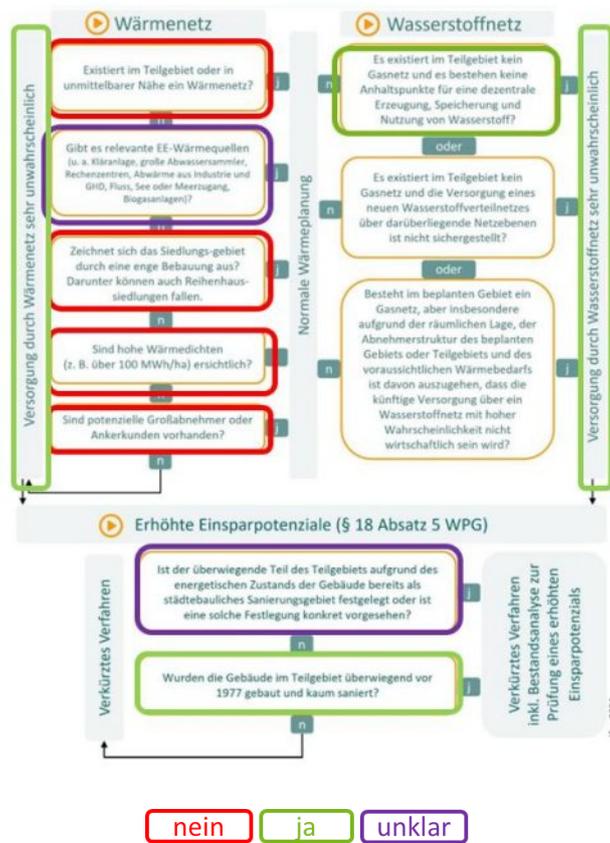


Abbildung 2-3: Ausgefülltes Prüfschema der Eignungsprüfung (Königsfeld).

Das Ergebnis des auf Königsfeld angewendeten Prüfungsschemas zeigt die Abbildung 2-3. Zusammenfassend ist in Königsfeld weder ein Wärmenetz noch ein Erdgasverteilnetz verfügbar. Der überwiegende Anteil der Gemeinde wird für Agrarflächen bzw. Weideflächen genutzt, sodass lediglich 6 % der Gesamtfläche auf Wohnzwecke entfallen. Die Bevölkerungsdichte ist mit 49,2 Einwohnern je km² sehr niedrig und untermauert die ländliche Prägung. Im Bereich der geplanten EE-Anlagen ist für die Gemeinde gegenwärtig nur ein Planungsgebiet Wind im Norden auszumachen. Der weit überwiegende Anteil der Wohngebäude (82 %) weist lediglich eine Wohnung auf, Mehrfamilienhäuser sind eine Randerscheinung. Die dezentrale Bebauungsstruktur äußert sich auch in einer niedrigen Wärmebedarfsdichte von rund 62 MWh/ha*a¹.

Die Anwendung des Prüfschemas führt in erster Konsequenz daher zu den Schlussfolgerungen, dass sowohl die Versorgung durch ein Wärmenetz als auch die Versorgung durch ein Wasserstoff(verteil)netz sehr unwahrscheinlich sind. Folgerichtig ist für die Gemeinde Königsfeld eine verkürzte Wärmeplanung durchzuführen. Im Zuge einer verkürzten Wärmeplanung ist eine weitere Differenzierung zwischen verkürzter Wärmeplanung inklusive oder exklusive (vereinfachter) Bestandsanalyse erforderlich. Die Entscheidung für oder gegen die Bestandsanalyse im Rahmen der verkürzten Wärmeplanung bemisst sich wiederum an der Frage, ob für das Gebiet erhöhte Einsparpotenziale zu erwarten sind. In Königsfeld wurden rund zwei Drittel der Gebäude vor 1979 errichtet. Eine belastbare Aussage zu bisher durchgeführten Sanierungsmaßnahmen bzw. Sanierungstiefen ist an diesem Punkt nicht möglich. Erhöhte Energieeinsparpotenziale können somit nicht sicher ausgeschlossen werden. Daher wurde in Rücksprache mit städtischen Vertretern entschieden, in Königsfeld eine verkürzte Wärmeplanung inklusive einer vereinfachten Bestandsanalyse auf der Basis von Modelldaten durchzuführen.

¹ An dieser Stelle beruht die Berechnung der Wärmebedarfsdichte nur auf modellierten DBI-Daten (Rasterebene).

2.3.2 Rochlitz

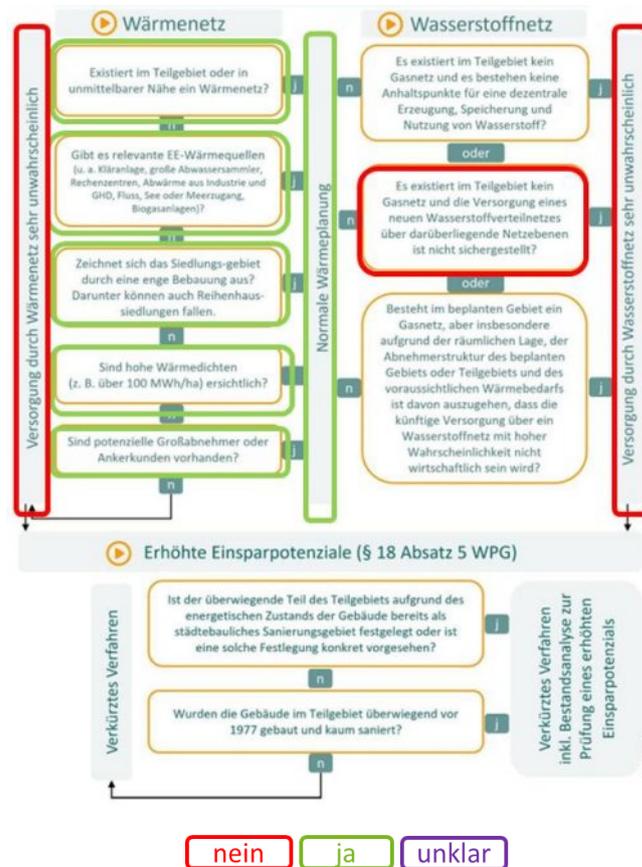


Abbildung 2-4: Ausgefülltes Prüfschema der Eignungsprüfung (Rochlitz).

Abbildung 2-4 fasst die schrittweise Beantwortung der Teilfragen zur Eignungsprüfung für die Gemeinde Rochlitz zusammen. Konträr zu Königsfeld sind in Rochlitz sowohl ein Wärmenetz als auch ein Erdgasverteilnetz vorhanden. Das Wärmenetz wird durch die Energieversorgung Rochlitz GmbH in der Kernstadt betrieben. Die inetz GmbH zeichnet für den Betrieb des Erdgasverteilnetzes verantwortlich. Allgemein weist Rochlitz einen städtischen Charakter auf, was unter anderem die hohe Bevölkerungsdichte (235 Einwohner je km²), der Anteil von Mehrfamilienhäusern am Gesamtbestand (30 %) und die vorhandenen Industrie- respektive Gewerbebetriebe belegen. Diese Ausgangsbedingungen führen im Vergleich zu Königsfeld zu einer bedeutend höheren durchschnittlichen Wärmebedarfsdichte (162 MWh/ha*a bzw. +61 %). In Kombination mit potenziell hebbaren EE-Wärme- bzw. Abwärmequellen (Kläranlage, Industriebetriebe) und der Möglichkeit der Umstellung des vorhandenen Erdgasverteilnetzes auf Wasserstoff wurde die Entscheidung zur Durchführung der normalen Wärmeplanung getroffen.

2.3.3 Seelitz

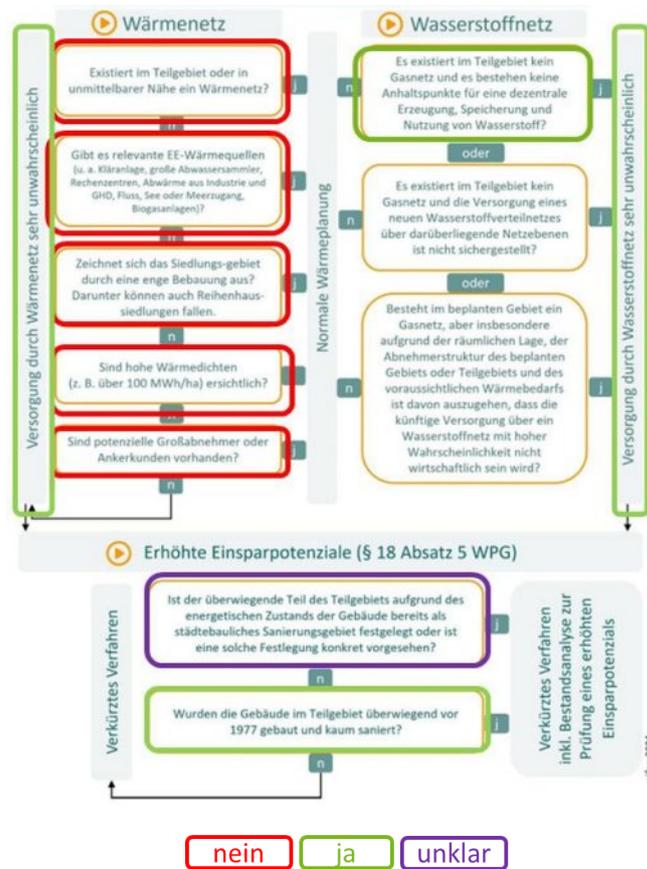


Abbildung 2-5: Ausgefülltes Prüfschema der Eignungsprüfung (Seelitz).

Die Ergebnisse der Anwendung des Prüfschemas sind in der Abbildung 2-5 hinterlegt. Seelitz weist unter Beachtung der definierten Bewertungskriterien zahlreiche Ähnlichkeiten zu Königsfeld auf. In der Gemeinde sind demnach weder Erdgas- noch Wärmenetzanschlüsse verfügbar. Die Bebauungsstruktur ist indes noch stärker dezentral geprägt mit vielen versprengten Ortsteilen. Überwiegend sind Ein- und Zweifamilienhäuser in Seelitz anzutreffen, wobei die durchschnittliche Wärmebedarfsdichte nur rund 56 MWh/(ha*a) beträgt. Gemäß Literaturwerten führt dies zu der Feststellung, dass auch perspektivisch kein technisches Potenzial für ein Wärmenetz gegeben ist. Der Aufbau eines Wasserstoffverteilnetzes erscheint vor den gegebenen Randbedingungen äußerst unwahrscheinlich. Für Seelitz ist entsprechend eine verkürzte Wärmeplanung maßgeblich. Aufgrund der möglicherweise vorhandenen erhöhten Wärmebedarfseinsparpotenziale ist die verkürzte Wärmeplanung jedoch inklusive einer vereinfachten Bestandsanalyse durchzuführen.

2.3.4 Zettlitz

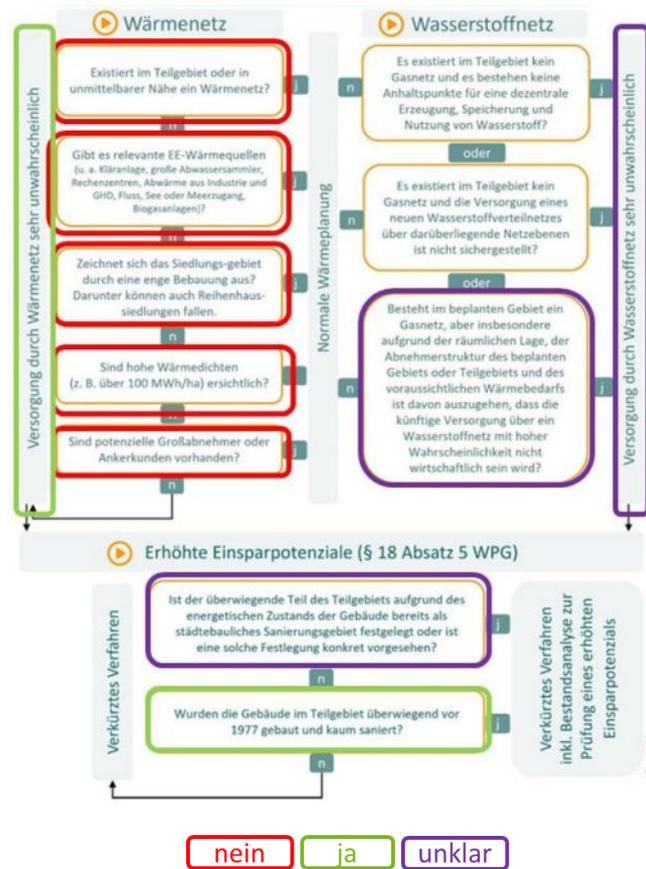


Abbildung 2-6: Ausgefülltes Prüfschema der Eignungsprüfung (Zettlitz).

Zettlitz ist in der Verwaltungsgemeinschaft als „Mischfall“ einzustufen (Anwendung des Prüfschemas siehe Abbildung 2-6). Zwar ist kein Wärmenetz vorhanden, jedoch gibt es ein Erdgasverteilnetz. Die Wärmebedarfsdichte ist mit rund 71 MWh/ha*a die zweithöchste im Untersuchungsgebiet. Die Gebäudestruktur ist grundsätzlich eher dezentral geprägt mit überwiegend Ein- und Zweifamilienhäusern. Aufgrund des vorhandenen Erdgasverteilnetzes und der damit neben der überregionalen Gasversorgung eventuell auch gegebenen Möglichkeit zur Errichtung einer dezentralen grünen Wasserstofferzeugung via Elektrolyse kann zum Zeitpunkt der Eignungsprüfung die zukünftige Umstellung des Erdgasverteilnetzes und damit die Verfügbarkeit eines Wasserstoffverteilnetzes nicht ausgeschlossen werden. Dies bewirkt in Summe die Einschätzung, dass Zettlitz im Rahmen einer normalen Wärmeplanung zu analysieren ist.

2.3.5 Zusammenfassung

Der Anhang 1 fasst die Ergebnisse der Eignungsprüfung für die Gemeinden der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz inklusive aller eingeflossenen Kriterien im Detail zusammen. Das übergeordnete Resultat der Eignungsprüfung mit Begründung ist dagegen in Tabelle 2-1 eingetragen. Im Einklang mit den vorherigen Ausführungen wird für zwei Gemeinden (Rochlitz, Zettlitz) eine vollständige Wärmeplanung durchgeführt. Für Seelitz und Königsfeld ist hingegen die verkürzte Wärmeplanung maßgeblich, wobei diese inklusive vereinfachter Bestandsanalyse erfolgt. Grundsätzlich resultiert daraus für die Gemeinden Seelitz und Königsfeld eine Fokussierung auf dezentrale Versorgungsoptionen, da die Verfügbarkeit eines Wärmenetzes weder im Bestand gegeben ist noch in Zukunft als plausible Option erscheint. Analog ist die Wahrscheinlichkeit für die Errichtung eines Wasserstoffverteilnetzes in den letztgenannten Gemeinden als äußerst gering einzustufen.

Tabelle 2-1: Kernergebnisse der Eignungsprüfung.

	Königsfeld	Rochlitz	Seelitz	Zettlitz
Fazit verkürzte Wärmeplanung	ja	nein	ja	nein
Vereinfachte Bestandsanal.	inklusive	-	inklusive	-
Begründung	<ul style="list-style-type: none"> kein Gasnetz vorh. kein Wärmenetz H₂-Netz unwahrsch. überwiegend EFH/ZFH dezentrale Wohnbebauung W-Dichte <70 MWh/ha*a 	<ul style="list-style-type: none"> Gasnetz vorh. Wärmenetz vorh. H₂-Netz möglich ggf. Abwärme/EE-Wärme höchster Anteil MFH/Wohnblöcke kompakte Wohnbebauung W-Dichte > 70 MWh/ha*a 	<ul style="list-style-type: none"> kein Gasnetz vorh. kein Wärmenetz H₂-Netz unwahrsch. höchster Anteil EFH/ZFH in VG stark dezentrale Wohnbebauung W-Dichte <70 MWh/ha*a 	<ul style="list-style-type: none"> Gasnetz vorh. kein Wärmenetz H₂-Netz möglich Agrarbetriebe, BGA dezentrale Wohnbebauung W-Dichte >70 MWh/ha*a

3 Bestandsanalyse

Nachfolgend finden sich der methodische Ansatz, die berücksichtigten Daten sowie die resultierenden Ergebnisse der Bestandsanalyse. Diese Phase des kommunalen Wärmeplans legt den Fokus auf die gegenwärtig anzusetzenden Wärmebedarfe sowie die vorhandenen Infrastrukturen. Auf dieser Basis erfolgt auch die Berechnung der mit der aktuellen Wärmeversorgung einhergehenden Treibhausgasemissionen.

3.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen

Der BMWK-Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung [10] formuliert zusammenfassend als Hintergrund der Bestandsanalyse:

„Eine wichtige Grundlage für die Erstellung des Wärmeplans ist die Bestandsanalyse nach § 15 WPG. Die Bestandsanalyse umfasst demnach die Ermittlung der aktuellen Wärmeversorgung des beplanten Gebiets, d. h. des derzeitigen Wärmebedarfs oder Wärmeverbrauchs, vorhandener Wärmeerzeugungsanlagen und für die Wärmeversorgung relevanter Energieinfrastrukturanlagen. Anlage 1 des WPG regelt, welche Daten in welcher Form erhoben werden dürfen. In Anlage 2 des WPG ist festgelegt, welche Informationen der Bestandsanalyse im Wärmeplan darzustellen sind.“

Im Zuge der Bestandsanalyse sind demnach die folgenden Teilaufgaben maßgeblich.

1. Ermittlung des gegenwärtigen Wärmebedarfs bzw. der Wärmeverbräuche und Differenzierung nach Energieträgern.
2. Analyse des aktuellen Bestands an Wärmeerzeugungsanlagen inklusive der Unterscheidung zwischen zentraler und dezentraler Versorgungstechnik.
3. Abbildung des Bestands an leitungsgebundenen Infrastrukturen für die Wärmeversorgung, insbesondere in Form von Erdgasverteiler- und Wärmenetzen.
4. Ableitung der Treibhausgasemissionen, die infolge der gegenwärtigen Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme entstehen.

3.2 Methodischer Ansatz und Datenbasis

3.2.1 Übergeordnete Hinweise

Im Vorfeld der eigentlichen Bestandsanalyse ist zwingend die Erstellung eines einheitlichen und konsistenten Datensatzes erforderlich. Dieser kombiniert aus Messungen bzw. Abrechnungsvorgängen ermittelte Realdaten (z.B. aktuelle Erdgasverbräuche) mit modellierten und öffentlich zugänglichen Daten. Vor dem Hintergrund der Realdaten ist die planungsverantwortliche Stelle im Einklang mit § 10 Absatz 1 WPG befugt, die zur Aufgabenerfüllung notwendigen Daten abzufragen. Hierzu werden an die betroffenen Energieversorgungsunternehmen respektive die Betreiber lokaler Versorgungsinfrastrukturen (Strom-, Gas- und Wärmenetze) jeweils gesondert Anfragen gestellt. Die Anlage 1 zu § 15 WPG listet die zur Durchführung der

Bestandsanalyse erhebbarer Daten auf. Die für die einzelnen Teilschritte der Bestandsanalyse benötigten Informationen werden in den nachfolgenden Unterkapiteln einleitend beschrieben. Mit Blick auf die kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz wurde dem zuständigen Dienstleisterkonsortium KWP⁴ seitens der Stadt ein Legitimationsschreiben ausgestellt, um im Interesse der Stadt die nötigen Daten bei den betroffenen Unternehmen abzufragen.

Im Anschluss an die Datenlieferungen ist eine Plausibilitätsprüfung vorzunehmen. Die Daten sind auf Vollständigkeit zu sichten, unplausible Informationen sind durch Rückfrage beim Datenlieferanten einzuordnen. Ebenso ist die Dokumentation der einzelnen Datensätze zu prüfen, sodass keine Unklarheiten zu wichtigen Aspekten (beispielsweise die genutzten Einheiten sowie die Zeitbezüge) offenbleiben. Generell gilt zu bedenken, dass kein fest verbindlicher und standardisierter Pfad zur Realisierung der Datenübergabe in der Praxis seitens WPG vorgeschrieben ist. Demzufolge können die Informationen in Tabellenform (z.B. als Excel- oder CSV-Datei), in Geodatenformaten (z.B. shape) oder als sonstige Dokumente (Scans, Word- oder PDF-Dateien) geliefert werden. Im Zweifel ist als Zwischenschritt daher die Digitalisierung bzw. computerlesbare Aufbereitung der Eingangsdaten seitens der planungsverantwortlichen Stelle oder nachgeschalteter Dienstleister erforderlich.

Sobald die Eingangsdaten als computerlesbare Rohdaten zur Verfügung stehen, kann die eigentliche Analyse der übermittelten Informationen erfolgen. Hierbei sind typischerweise die Informationen auf verschiedenen Aggregationsebenen bzw. als unterschiedliche Geometrien verfügbar. Das Erdgasverteilnetz wird beispielsweise in der Regel als Polylinie bereitgestellt, die Erdgasverbräuche müssen aus Datenschutzgründen jedoch in aggregierter Form (z.B. auf Rasterebene oder als Baublöcke) von den verantwortlichen Unternehmen geliefert werden. Dies hat zur Folge, dass die planungsverantwortliche Stelle oder der Dienstleister die Eingangsdaten in geeigneter Weise miteinander verschneiden muss. Ein konkreter Anwendungsfall könnten etwa die auf Rasterebene vorliegenden Erdgasverbräuche sein, die im Zuge der KWP-Erstellung auf Gebäudestandorte heruntergebrochen werden.

Aufgrund dieser spezifischen Anforderungen zur Datenaufbereitung ist der Einsatz spezieller Software unerlässlich. Gemeinhin kommen für die kommunale Wärmeplanung entsprechende Geoinformationssysteme (GIS) zum Einsatz. Das für die KWP Rochlitz zuständige Konsortium KWP⁴ verwendet ArcGIS Pro der Firma ESRI sowie das kostenfreie Open Source Tool QGIS. Mithilfe dieser Systeme ist die Sammlung der Informationen in übergreifenden Datenbanken, die Durchführung von Berechnungen und Modellierungen sowie die Visualisierung der Ergebnisse in Form aussagekräftiger Kartendarstellungen möglich.

3.2.2 Exkurs: Baublöcke nach WPG

Gemäß WPG sind aggregierte Kartendarstellungen im Rahmen der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans essenziell. Somit kann einerseits Datenschutzerfordernungen als auch Zwecken der besseren Verständlichkeit und Auswertbarkeit Rechnung getragen werden. Für auf die KWP nachfolgende Planungs- bzw. Umsetzungsvorhaben bietet sich die Nutzung von Baublöcken an und wird daher seitens WPG gefordert. WPG-konforme Baublöcke definieren sich wie folgt [4]:

Baublock:
 „[...] Ist ein Gebäude oder eine Mehrzahl von Gebäuden oder Liegenschaften,
 - das/die von mehreren oder sämtlichen Seiten von Straßen, Schienen oder sonstigen natürlichen oder baulichen Grenzen umschlossen und
 - für die Zwecke der Wärmeplanung als zusammengehörig zu betrachten ist/sind.
 Die Entscheidung darüber, was zum Zwecke der Wärmeplanung als zusammengehörig zu betrachten ist, steht im pflichtgemäßen Ermessen der planungsverantwortlichen Stelle.“

Die aufgeführte Definition lässt einen gewissen Entscheidungsspielraum hinsichtlich der konkreten Konzeption von Baublöcken zu. KWP⁴ greift daher auf einen eigens erstellten Datensatz zurück. Hierbei wurden Baublöcke für das gesamte Bundesgebiet generiert. Zur Anwendung auf eine konkrete KWP werden nur jene Baublöcke verarbeitet, die im Untersuchungsgebiet liegen. Zur Berechnung dienten folgende Eingangsdaten:

- Flächennutzung der Liegenschaften
- Straßen- und Schienennetz, Gewässer
- Open-Street-Map-Daten zu Gemeinde-Grenzen

Das prinzipielle Vorgehen kann über die in der Abbildung 3-1 skizzierte (jedoch vereinfachte) Schrittfolge nachvollzogen werden. Mit Blick auf die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz sind auf Basis des beschriebenen Vorgehens rund 2.900 Baublöcke verfügbar.

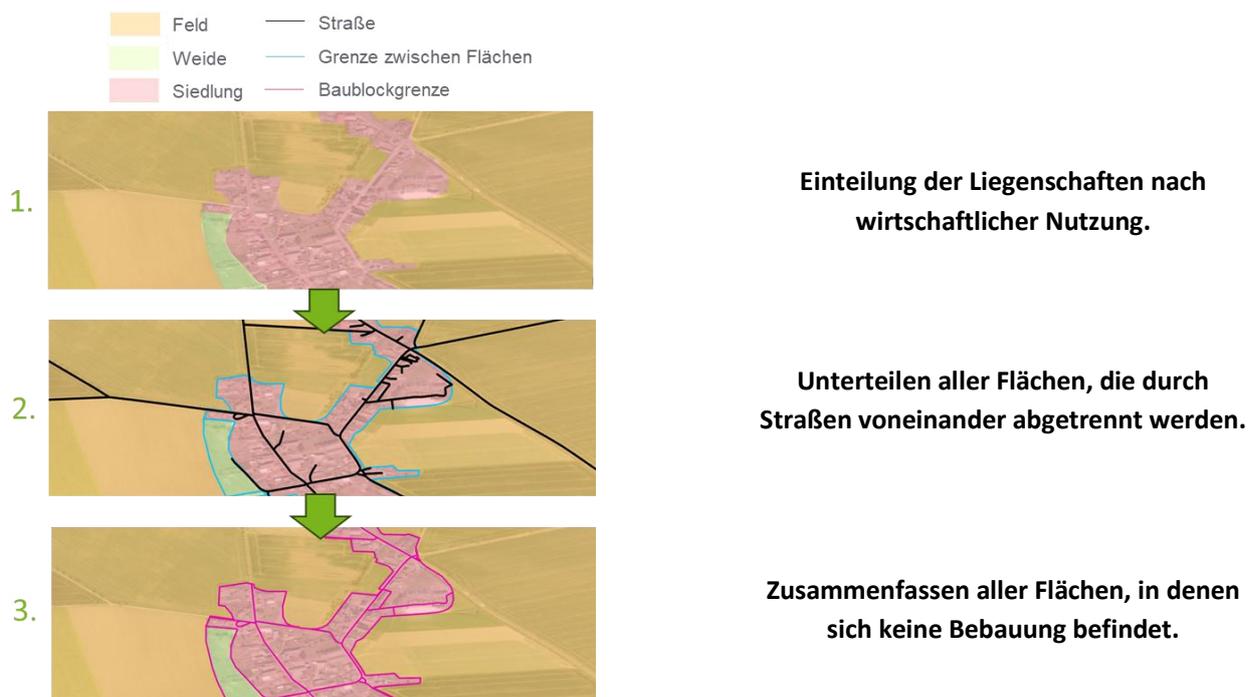


Abbildung 3-1: Vereinfachte Prinzipskizze für das Vorgehen zur Ermittlung WPG-konformer Baublöcke.

3.2.3 Analyse der Gebäude- und Siedlungstypen

In Abhängigkeit der Größe (Fläche, Einwohnerzahl) einer Kommune variiert zwangsläufig die Gebäudeanzahl. Darüber hinaus weist jede Kommune einen individuellen Mix an Gebäudetypen auf. Eine grundlegende Klassifizierung ermöglicht zunächst die Zuordnung eines Gebäudes zu den Kategorien "Wohngebäude" und "Nicht-Wohngebäude". Eine genauere Spezifizierung der Wohngebäude ist beispielsweise durch Auswertung der Wohnungsanzahl im Gebäude realisierbar, was im Ergebnis eine Einstufung in "Ein-/Zweifamilienhaus" und "Mehrfamilienhaus" bewirkt. Auch innerhalb der Kategorie Nicht-Wohngebäude ist eine weitere Untergliederung möglich. Im Kern handelt es sich dann um kommunale Gebäude (z.B. Schulen), gewerblich genutzte Gebäude (z.B. Bäckerei, Einzelhandel) oder industrielle Gebäude. Denkbar ist zudem auch eine Mischnutzung von Gebäuden, etwa dann, wenn eine Wohnung in einem ebenfalls gewerblich genutzten Gebäude vorhanden ist. Die Zuordnung zu einem der vorgenannten Gebäudetypen kann in derartigen Fällen nach dem vorrangigen Nutzungszweck erfolgen oder über eine separate Kategorie (z.B. "Sonstige Gebäude") abgebildet werden. Im Zuge der vorliegenden Analysen nutzt der Auftragnehmer eine kommerzielle, deutschlandweite Gebäudedatenbank, die abseits der eigentlichen Gebäudestandorte (X-/Y-Koordinaten) auch den Gebäudetyp enthält [15]. In Ergänzung zu Gebäudestatistiken ist eine Analyse der Siedlungsstruktur zur Vorbereitung nachfolgender Arbeiten bedeutsam. Die Siedlungsstruktur wird typischerweise durch Auswertung der anteiligen Flächennutzung in der Kommune veranschaulicht. Zu diesem Zweck bieten sich öffentliche Daten an. Für die vorliegende Arbeit sind deutschlandweite Flächennutzungsdaten aus der sogenannten Open Street Map Database maßgeblich [13].

3.2.4 Analyse der leitungsgebundenen Infrastrukturen (Bestand)

Leitungsgebundenen Infrastrukturen in Form von Gas- und Wärmenetzen kommt eine hohe Bedeutung zur gegenwärtigen Wärmeversorgung in Deutschland zu. Auch für die zukünftige Transformation der kommunalen Wärmeversorgungssysteme ist es entscheidend, gezielt über den Ausbau, die Umstellung bzw. Modernisierung und ggf. den bedarfsgerechten Rückbau von Teilinfrastrukturen strategisch zu entscheiden. Daher sind gleichlaufend mit den WPG-Anforderungen die bestehenden Infrastrukturen (Wärmenetze, Gasnetze, Stromnetze) anhand verschiedener Kennwerte zu erfassen und in Kartendarstellungen zu visualisieren. Die geforderten Inhalte und das gewählte Vorgehen sowie die genutzte Datenbasis beschreiben die folgenden Unterkapitel.

3.2.4.1 Wärmenetz

Gemäß WPG (siehe Anlage 2 zu § 23) sind verschiedene Informationen zu bestehenden Wärmenetzen zu erheben und parallel zu einer verbalen Einordnung sowohl textlich als auch grafisch und kartografisch auszuwerten. Konkret werden die nachfolgend aufgelisteten Informationen gefordert [4].

1. Textliche/grafische Darstellungen
 - a) Der aktuelle jährliche Endenergieverbrauch leitungsgebundener Wärme nach Energieträgern in Kilowattstunden.
 - b) Der aktuelle Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch leitungsgebundener Wärme nach Energieträgern in Prozent.

2. Kartografische Darstellungen
 - a) Lage/Trassenverlauf
 - b) Art: Wasser oder Dampf
 - c) Jahr der Inbetriebnahme
 - d) Temperatur
 - e) gesamte Trassenlänge
 - f) Gesamtanzahl an Anschlüssen

Zur Abbildung der Trassenverläufe des bestehenden Fernwärmenetzes wird auf die Datenbeistellungen seitens der Energieversorgung Rochlitz GmbH zurückgegriffen [8]. Die Identifikation der tatsächlich an das Wärmenetz angeschlossenen Gebäude stützt sich auf einen weiteren Datensatz der EVR, welcher die Abnehmerstrukturen adressiert. Darüber hinaus existieren verschiedene Datenblätter und Veröffentlichungen zum Fernwärmenetz in Rochlitz. Diese sind einerseits über die offizielle EVR-Webseite abrufbar und wurden andererseits um Erkenntnisse aus bilateralen Abstimmungen mit dem zuständigen technischen Leiter ergänzt. Die Auswertung erfolgte Excel basiert und unter Nutzung eines Geoinformationssystems, wobei vor der Implementierung in das GIS eine Datenaufbereitung und Plausibilitätsprüfung notwendig war.

3.2.4.2 Erdgasverteilnetz

Ähnlich zur Situation bei den Wärmenetzen sind auf Basis des WPG (siehe Anlage 2 zu § 23) ebenfalls verschiedene Informationen zu bestehenden Erdgasverteilnetzen zu erheben und parallel zu einer verbalen Einordnung sowohl textlich als auch grafisch und kartografisch auszuwerten. Konkret werden die nachfolgend aufgelisteten Informationen gefordert [4].

1. Textliche/grafische Darstellungen
 - a) Der aktuelle jährliche Endenergieverbrauch von Wärme nach Energieträgern und Endenergiesektoren in Kilowattstunden.
Der aktuelle Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch von Wärme nach Energieträgern in Prozent.
2. Kartografische Darstellungen
 - a) Zur flächenhaften Lage, also *baublock*- und nicht leitungsbezogen;
 - b) zur Art: Methan, Wasserstoff;
 - c) zum Jahr der Inbetriebnahme;
 - d) zur gesamten Trassenlänge und
 - e) zur Gesamtanzahl an Anschlüssen.

Als entscheidender Unterschied zur kartografischen Auswertung bestehender Wärmenetze ist die aggregierte Darstellung zu erwähnen (siehe 2.a). Demzufolge dürfen die Erdgasverteilungen nicht trassen- bzw. leitungs-scharf dargestellt werden. Vielmehr ist die Visualisierung unter der Nutzung WPG-konformer Baublöcke zu realisieren.

Als Datengrundlage der geforderten Auswertungen und Inhalte dienen die Datenbeistellungen seitens des zuständigen Verteilnetzbetreibers inetz GmbH [9]. Konkret wurden übermittelt²:

² Der zuständige Verteilnetzbetreiber hat im Rahmen des iterativen Feedbackprozesses und mit Blick auf die Datenbeistellungen eine Stellungnahme der von ihm vertretenen Rechtsauffassung, den technischen Hintergründen und der Dateninterpretation bereitgestellt. Diese Stellungnahme befindet sich im Kapitel 8.1.

- Gasverbräuche im Untersuchungsgebiet auf der Ebene von quadratischen Rastern (100 m Kantenlänge) unter Berücksichtigung der Datenschutzvorgaben des WPG.
- Daten zu RLM-Kunden/ Großverbrauchern.
- Daten zu Anschlusspunkten, sofern Anonymisierung WPG-konform möglich war.
- Leitungsverläufe des Erdgasverteilnetzes, differenziert nach Druckebenen unter Angabe des Inbetriebnahmejahres der jeweiligen Leitungsabschnitte.

Analog zum Vorgehen beim Wärmenetz wurden auch die Daten des Erdgasverteilnetzes gesichtet, auf Plausibilität geprüft und in das GIS eingelesen.

3.2.4.3 Stromverteilnetz

Im Zuge der Aufstellung einer Gesamtbilanz der Wärmebereitstellung sowie der dafür eingesetzten Energieträger ist die Berücksichtigung stromseitiger Daten erforderlich³. Dies betrifft insbesondere strombasierte Heizungstechnologien (direktelektrisch bzw. elektrische Wärmepumpen). Der zuständige Stromverteilnetzbetreiber Mitnetz Strom mbH hat hierzu folgende Daten bereitgestellt [16]:

- Installierte Wärmepumpenanzahl je Gemeinde der Verwaltungsgemeinschaft inkl. Angabe des elektrischen Energiebedarfs sowie Wärmespeicherkapazitäten.
- Aggregierte Netzlängen des Stromverteilnetzes (Mittelspannungsebene) je Gemeinde und Ortsteil.
- Anzahl der installierten Netzstationen je Gemeinde und Ortsteil.

Die Daten liegen nicht als geokodierte bzw. GIS-Daten vor. Daher erfolgt die Auswertung auf der Basis von Excel bzw. wurden, sofern nötig, Kennwerte in das GIS überführt.

3.2.4.4 Glasfasernetz

Die Analyse des Glasfasernetzes bildet einen optionalen Bestandteil des kommunalen Wärmeplans. Sie dient lediglich der Identifikation von Schnittmengen bei Infrastrukturplanungsvorhaben. So könnten etwa der Ausbau des Glasfasernetzes in einer Kommune mit der straßenbautechnischen Erweiterung eines bestehenden Wärmenetzes zusammen gedacht werden. Da es sich um sensible (wettbewerbsrelevante) Unternehmensinformationen des jeweils zuständigen Glasfasernetzbetreibers handelt, erfolgt auch hier die kartografische Darstellung lediglich auf der Ebene von Baublöcken.

Als Dateninput diente eine Datenlieferung seitens der eins energie in sachsen GmbH & Co. KG, die ebenfalls am Glasfaserausbau in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz beteiligt ist. Auch hier wurden die übermittelten Daten gesichtet, angepasst und in das GIS eingelesen.

3.2.5 Analyse des Wärmebedarfs (Status quo)

Im Vorfeld der Ermittlung der Wärmebilanz ist eine Differenzierung zwischen den Begrifflichkeiten „Wärmebedarf“ und „Wärmeverbrauch“ notwendig. In der Literatur [10] findet sich beispielsweise folgende Abgrenzung.

³ Der zuständige Verteilnetzbetreiber hat im Rahmen des iterativen Feedbackprozesses und mit Blick auf die Datenbeistellungen eine Stellungnahme der von ihm vertretenen Rechtsauffassung, den technischen Hintergründen und der Dateninterpretation bereitgestellt. Diese Stellungnahme befindet sich im Kapitel 8.2.

<p>Wärmebedarf: <i>„Unter dem Raumwärmebedarf versteht man die rechnerisch ermittelte Wärmemenge, die sich aus der vorgesehenen Innenraumtemperatur, den äußeren klimatischen Bedingungen sowie den Wärmegewinnen und -verlusten des Gebäudes ergibt. Zusätzlich umfasst der Wärmebedarf jenen, der für die Warmwasserbereitung und für die Herstellung oder Umwandlung von Produkten erforderlich ist (Prozesswärme). Auf Basis von Gebäudetypologie bzw. Abnehmerstruktur lässt sich der Wärmebedarf anhand spezifischer Kennwerte abschätzen und bildet somit eine gute Grundlage für eine erste Einordnung bzw. das Schließen von Datenlücken.“</i></p>	<p>Wärmeverbrauch: <i>„Beim Wärmeverbrauch handelt es um die tatsächlich verbrauchte (= gemessene) Energiemenge. Bei der Darstellung des Verbrauchs werden daher im Gegensatz zum Bedarf auch die Auswirkungen von Witterung, Nutzerverhalten und Produktionsänderungen abgebildet. Die Verwendung realer Wärmeverbrauchswerte bietet grundsätzlich den Vorteil einer realistischen Momentaufnahme für den entsprechenden Erfassungszeitraum, die Werte sind jedoch auch von verschiedenen Einflussgrößen abhängig, wie dem Einsatz der Wärmeversorgungsanlage, dem individuellen Nutzerverhalten, den Produktionsabläufen sowie den jährlichen Witterungsschwankungen [...]“</i></p>
---	--

Im Zuge der KWP sind zwangsläufig beide Kenngrößen von Bedeutung. So erfolgt einerseits der Rückgriff auf Modelldaten, was vorrangig für Gebiete mit verkürzter Wärmeplanung und gleichzeitig die Schließung von etwaigen Datenlücken erforderlich ist. Andererseits wird insbesondere für die Bestandsanalyse in großem Umfang auf Realdaten Bezug genommen. Konkret sind folgende Realdatensätze zur Ermittlung der Wärmebilanz sowie der aktuellen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) in die Berechnungen eingeflossen:

- Wärmenetzseitige Verbräuche (EVR GmbH) [8].
- Erdgasverteilnetzseitige Verbräuche (inetz GmbH) [9].
- Elektroenergiebedarf für Wärmepumpen (Mitnetz Strom mbH) [16].

Zur Vereinfachung des Sprachgebrauchs im Bericht wird nachfolgend einheitlich von Wärmebedarfen gesprochen, da auch für die Potenzialanalyse entsprechende Modelldaten zu nutzen sind. Zur sachgerechten Verschneidung von auf Realdaten basierenden Wärmeverbräuchen und modellhaften Wärmebedarfen findet ein mehrstufiger Algorithmus seine Anwendung. Eine stark vereinfachte Prinzipskizze zum Vorgehen ist der Abbildung 3-2 zu entnehmen.

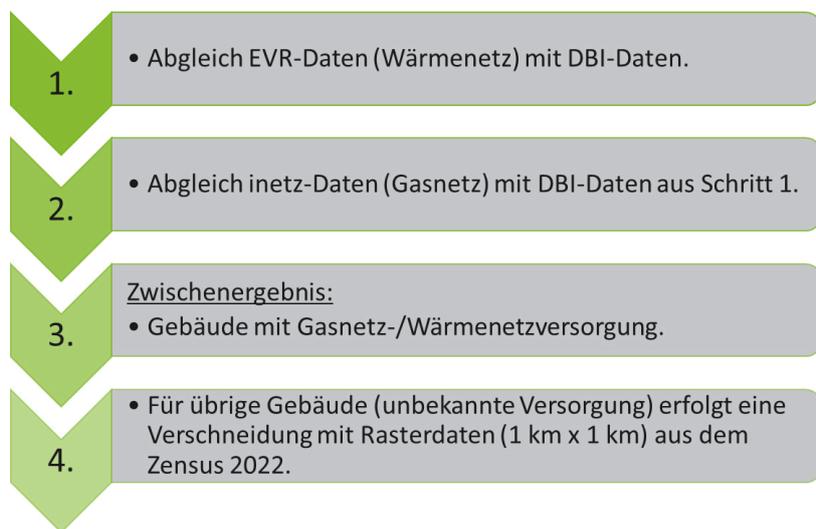


Abbildung 3-2: Vereinfachte Abfolge der Schritte zum Realdatenabgleich.

Im Ergebnis liegt ein einheitlicher und in sich konsistenter Datensatz vor. Sofern Realdaten verfügbar sind, werden diese im Rahmen des Abgleichs prioritär berücksichtigt. Datenlücken werden über öffentliche Quellen (insbesondere den Zensus 2022 [12]) geschlossen, sodass jeder Gebäudestandort mit Informationen zum Nutzwärmebedarf, der eingesetzten Heizungstechnologie und den resultierenden Endenergiebedarfen ausgestattet ist.

3.2.6 Bestandsanlagen erneuerbare Energien

Um bestehende Erneuerbare-Energien-Anlagen zu erfassen, ist der Rückgriff auf verschiedene Datenquellen erforderlich. Die wichtigste Informationsquelle ist hierbei im sogenannten Marktstammdatenregister (MaStR) zu identifizieren [17]. Dieses Register wird durch die Bundesnetzagentur verwaltet und umfasst mehrere Millionen energietechnische Anlagen. Es dient der Erfassung und Verwaltung von Stammdaten aller Akteure und Anlagen im Bereich Strom und Gas.

Im MaStR sind unter anderem folgende Anlagenarten registrierungspflichtig:

- Stromerzeugungsanlagen (z. B. Photovoltaik, Windenergie, Biomasse, Wasserkraft, Kraft-Wärme-Kopplung)
- Speicheranlagen (z.B. Batteriespeicher)
- Gasversorgungsanlagen (z.B. Biogasanlagen, Power-to-Gas-Anlagen)
- Verbrauchsanlagen bestimmter Marktrollen (z. B. größere Industrieanlagen)

Zudem müssen Marktakteure wie Netzbetreiber, Stromlieferanten und Direktvermarkter ihre Daten hinterlegen. Die rechtliche Basis für das MaStR ist im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) [18] und der Marktstammdatenregisterverordnung (MaStRV) [19] geregelt. Weitere relevante Gesetze sind das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) [20] und das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) [21].

Das Register bietet verschiedene Informationen, etwa zum Anlagentyp, der installierten Leistung (z.B. in kW elektrisch) und dem Inbetriebnahmedatum. Je nach Eigentümerart bzw. Anlagenkapazität weisen die zugehörigen Standortinformationen unterschiedliche Detailgrade auf. So gibt es einerseits exakte Adressen oder Koordinaten) und andererseits wird aus Datenschutzgründen zum Teil nur der Ort benannt, in dem die Anlage installiert ist.

Das Register wurde seitens DBI aufbereitet und in eine Geodatenbank überführt, sodass für alle Kommunen in Deutschland ein Großteil der EE-Anlagen abgebildet werden kann. Die nicht im Register enthaltenen Anlagentypen wurden als separate Recherchen ermittelt und liegen demnach ebenfalls mit genauen Standortinformationen und Kennwerten vor. Hierzu zählen beispielsweise Biomethan-Einspeiseanlagen. In Summe ist somit der Bestand für EE-Anlagen je Kommune individuell bewertbar.

3.2.7 Analyse der Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung (Status quo)

Um zukünftig mögliche Treibhausgaseinsparungen infolge der Transformation der kommunalen Wärmeversorgung zu quantifizieren, ist zunächst die Kenntnis über den Ausgangszustand notwendig. Auf Basis des Energieträgereinsatzes zur Bereitstellung von Raumwärme, Prozesswärme und Trinkwarmwasser in den einzelnen Sektoren ist daher eine Treibhausgasbilanz abzuleiten. Diese hat zum Ziel, die mit der Wärmeversorgung verbundenen Emissionen klimawirksamer Gase (insbesondere CO₂) zu quantifizieren. Die Berechnung der Treibhausgasemissionen erfolgt differenziert nach Sektoren und Energieträgern anhand der Gleichung 1.

$$\text{CO}_2\text{-Emissionen (kg CO}_2\text{-Äq. p.a.)} = \text{Endenergiebedarf}_{\text{Energieträger}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right) * \text{Emissionsfaktor} \left(\frac{\text{kg CO}_2 \text{ Äq.}}{\text{kWh}} \right)$$

Gleichung 1: Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der Treibhausgasemissionen.

Auf Basis der Gleichung 1 ist ersichtlich, dass die eingesetzte Endenergiemenge stets die erste maßgebliche Bezugsgröße bildet. Die Abgrenzung der Energieformen entlang der einzelnen Umwandschritte ist in Abbildung 3-3 dargestellt. Der sogenannte Emissionsfaktor entspricht dem zweiten Einflussfaktor. Dieser spiegelt die Treibhausgasintensität bei Verwendung unterschiedlicher Energieträger wider. Gemeinhin liegt der Emissionsfaktor in Kilogramm oder Tonnen CO₂-Äquivalente je Kilowattstunde oder Megawattstunde Energieträgereinsatz vor. In diesem Kontext werden zudem die entsprechenden Vorketten (z.B. die Förderung des Erdöls) einbezogen. Die CO₂-äquivalente Darstellung berücksichtigt implizit die Emission weiterer klimawirksamer Gase neben CO₂ (z.B. Methan, kurz CH₄). Diese weiteren klimaschädlichen Gase haben zum Teil bei gleicher emittierter Menge stärkere Auswirkungen auf das Klima als CO₂. So bewirkt die Emission von einer Tonne Methan in die Erdatmosphäre den gleichen negativen Effekt (Erwärmung) auf das Klima wie die Emission von 25 Tonnen Kohlendioxid⁴ [22].

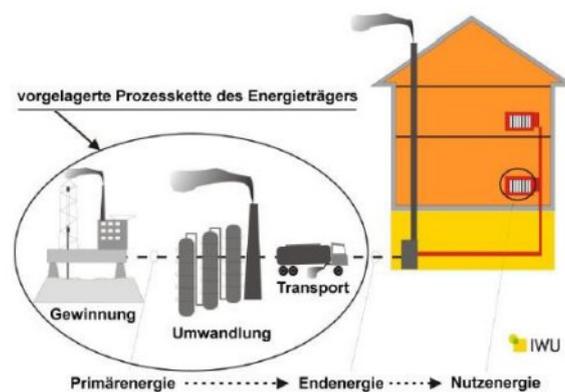


Abbildung 3-3: Energiewandlungskette von der Primär- zur Nutzenergie [23].

Die für die Berechnung benötigten Emissionsfaktoren sind gängiger Literatur zu entnehmen. Im Zuge der Berechnung der Treibhausgasbilanz des Status quo wird im vorliegenden Wärmeplan vorwiegend auf Tabellenwerke [24] der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA) sowie des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) Köln [23] zurückgegriffen, siehe Abbildung 3-4. Beim Vergleich der Emissionsfaktoren von Erdgas (H) mit Heizöl (L) lässt sich so zum Beispiel ein deutlicher Emissionsvorteil von Erdgas feststellen (233 gCO₂/kWh Erdgas gegenüber 311 gCO₂/kWh Heizöl bzw. 25 % Vorteil für Erdgas) [24].

⁴ Der zugehörige dimensionslose Äquivalenzfaktor wird als Global Warming Potentials (GWP) bezeichnet und beträgt bei Methan unter Annahme eines Bezugszeitraumes von 100 Jahren rund 25.

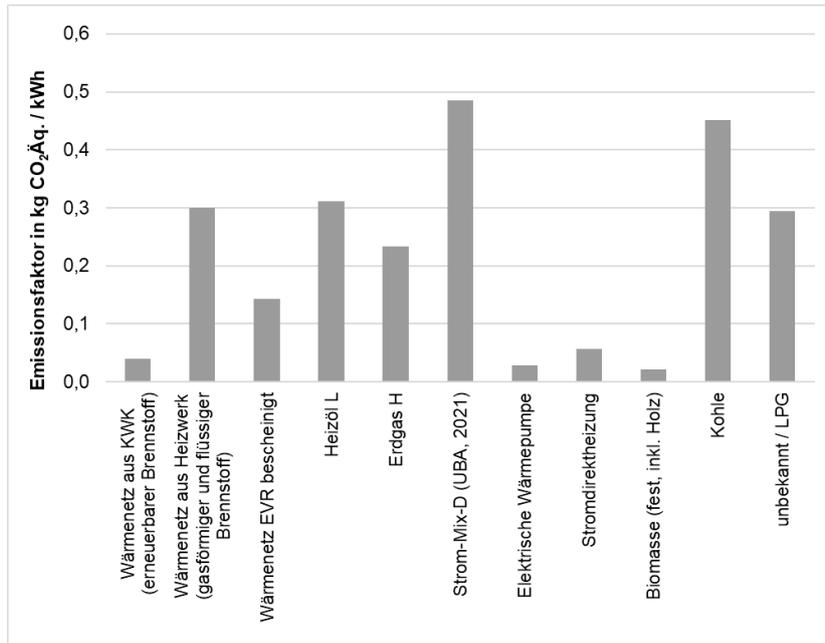


Abbildung 3-4: Treibhausgasintensität verschiedener Energieträger zum Status quo, eigene Darstellung nach [23, 24].

3.3 Diskussion der Ergebnisse

Im Abschnitt 3.2 erfolgte die Beschreibung des methodischen Vorgehens sowie der für die Bestandsanalyse verwendeten Eingangsdaten. Das Kapitel 3.3 fasst die Ergebnisse zu den einzelnen Analyseschwerpunkten (Siedlungsstruktur, Infrastrukturen, Bedarfe und resultierende Treibhausgasemissionen) zusammen.

3.3.1 Gebäude- und Siedlungstypen

Die Abbildung 3-5 zeigt die Verteilung der Adresspunkteanzahl auf die Gemeinden und Gebäudetypen in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz. Hierbei gilt zu beachten, dass ein Gebäude mehrere Adresspunkte aufweisen kann, z.B. in Gestalt mehrerer Hauseingänge. Folglich ist die Anzahl an Adresspunkten stets mindestens gleich oder größer der Gebäudeanzahl. Die meisten Adresspunkte (rund 1.740) entfallen auf Rochlitz, gefolgt von Seelitz (rund 740). Deutlich zu erkennen sind weiterhin die Unterschiede in Bezug auf den Gebäudetyp. Demzufolge sind in drei der vier Gemeinden fast ausschließlich private Haushalte oder kommunale Gebäude anzutreffen. In Rochlitz sind ergänzend zu rund 78 % privater Haushalte auch gewerblich genutzte Gebäude vorhanden. Ebenso existieren auch mehr Gebäude der Kategorie "Sonstige", welche u.a. eine Mischnutzung repräsentiert. Die regionale Verteilung der Baualtersklassen von Gebäuden mit Wohnraum ist im Anhang 3 hinterlegt.

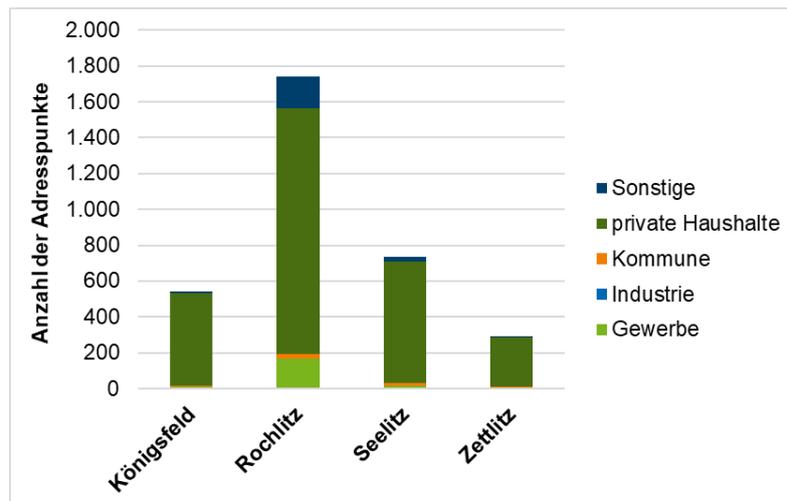


Abbildung 3-5: Verteilung der Anzahl Adresspunkte je Gemeinde und Gebäudetyp.

Für die nachfolgenden Analyseschritte zur Erstellung des kommunalen Wärmeplans ist weiterhin die Kenntnis zur aktuellen Flächennutzung in Rochlitz von Interesse. Diese Informationen sind ein Einflusskriterium für die Potenzialanalyse (siehe Kapitel 4) und ermöglichen eine Differenzierung zwischen energetisch relevanten (z.B. Wohn- und Gewerbegebiete) und energetischen irrelevanten Flächen (z.B. Grünflächen).

Insgesamt spiegelt die Flächenanalyse die stark ländliche Prägung der Verwaltungsgemeinschaft wider. So besitzen Agrarflächen mit 42 % (Rochlitz) bis 66 % (Königsfeld) in jeder Gemeinde stets den größten Anteil an der Gesamtfläche. Das größte zusammenhängende Wohngebiet ist in Rochlitz in Gestalt der Kernstadt zu identifizieren. In Rochlitz besitzen Wohngebiete einen Anteil von knapp 10 % an der Gemeindefläche. Außerdem sind für Rochlitz die Waldflächen mit rund einem Viertel Anteil an der Gesamtfläche charakteristisch. Seelitz weist eine hohe Anzahl räumlich sehr dezentral verteilter und zumeist kleinerer Wohngebiete auf (in Summe 6 % Flächenanteil). Königsfeld und Zettlitz werden hingegen durch eine geringere Anzahl kompakter Wohngebiete gekennzeichnet. Der energetisch relevante Flächenanteil schwankt in Abhängigkeit der Gemeinde zwischen minimal 6,6 % (Zettlitz) und maximal 11,8 % (Rochlitz).

Flächennutzung im Untersuchungsgebiet

- | | | |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------|
| Gemeindegebiet | Gewerbe-/Industriegebiet | Agrarflächen |
| Autobahn | Kleingärten | Bauernhöfe |
| Bundesstraße | Gestrüpp | Bergbau/Steinbruch |
| Sonstige Straße | Obstplantage | Heide |
| Gewässer | Friedhof | Erholungsgebiet |
| Büro/Business | Weide | Natur-/Landschaftsschutzgebiet |
| Parkanlage | Gras | |
| Wohngebiet | Wald | |

Gebäuelage

- | |
|------------------|
| Wohngebiet |
| Industriegebiet |
| GHD und Kommune |
| Sonstiges Gebiet |

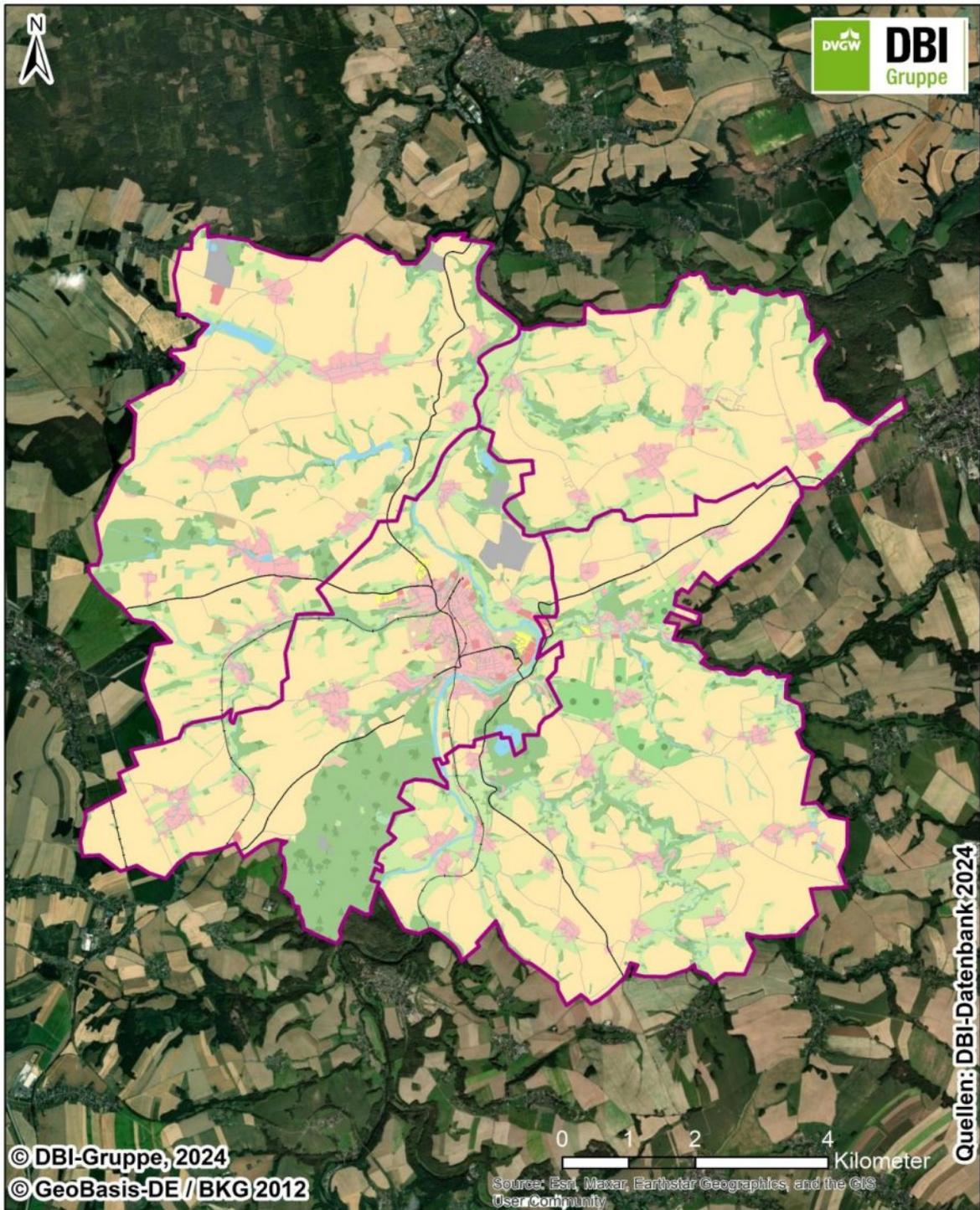


Abbildung 3-6: Siedlungsstruktur und Flächennutzung in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.

3.3.2 Leitungsgebundene Infrastrukturen (Bestand)

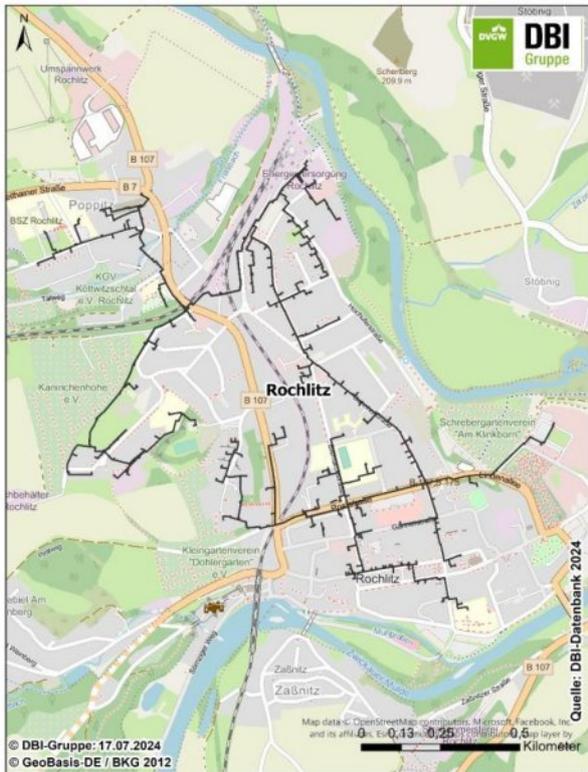
3.3.2.1 Wärmenetz

Die nach WPG geforderten wichtigsten Kennzahlen und Merkmale des bestehenden Wärmenetzes sind in der Tabelle 3-1 zusammengefasst. Zur Ermittlung der geforderten Informationen wurde auf offiziell verfügbare Dokumente sowie bilaterale Rücksprachen mit dem zuständigen Wärmenetzbetreiber Energieversorgung Rochlitz GmbH (EVR) zurückgegriffen.

Tabelle 3-1: Kenndaten des bestehenden Wärmenetzes in der Gemeinde Rochlitz [8].

Kategorie	Einheit	Wert
Art (Wasser/Dampf)	-	Heißwasser
Inbetriebnahmejahr	-	1992
Anzahl Abnehmer (Adresspunkte)	-	571
Wärmeabnahme (Ø 2021-2023)	MWh/a	15.500
Ø Vorlauftemp.	°C	80 - 95
Ø Rücklauftemp.	°C	55 - 60
Trassenlänge gesamt (Vor- u. Rücklauf)	m	25.557
EE-Anteil (bilanziell, Biogas)	%	39,8
Energieträger	-	Erdgas, Heizöl
Gesamtanzahl Anschlüsse	-	608

Erste Trassen des Wärmenetzes wurden bereits zu DDR-Zeiten errichtet. Das in der heutigen Form vorliegende Netz ist überwiegend nach der Wiedervereinigung ab 1992 entstanden. Mit einer gesamten Trassenlänge von knapp 26 Kilometern (Summe aus Vor- und Rücklauf) versorgt es über 600 Abnehmer (entsprechend der Anzahl der Adresspunkte) im Gebiet der Kernstadt Rochlitz. Die an die Kunden abgegebene Wärmemenge beläuft sich bei Betrachtung des Durchschnitts der Jahre 2021 bis 2023 auf 15,5 GWh/a. Unter Berücksichtigung der netzseitigen Verluste ist eine Gesamtwärmeerzeugung von rund 20 GWh/a nötig. Die Wärmeerzeugung wird über Heißwasserkessel realisiert, die mit Erdgas und Heizöl befeuert werden können. Zusätzlich speist seit 2013 ein auf dem Betriebsgelände der EVR gelegenes Blockheizkraftwerk (BHKW) Wärme in das Wärmenetz ein. Der dabei erzeugte Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Der BHKW-Betrieb basiert auf der Nutzung von Biomethangas. Dies führt im Mehrjahresdurchschnitt zu einem Anteil erneuerbarer Energie an der Wärmeerzeugung in Höhe von rund 40 %. Den Verlauf der Wärmenetztrassen repräsentiert die Abbildung 3-7. [25, 26]



— Wärmenetzverlauf (Bestand)

Abbildung 3-7: Trassenverlauf des Rochlitzer Wärmenetzes, eigene Darstellung auf Basis von [8].

3.3.2.2 Erdgasverteilnetz

Eine weitere bedeutende Bestandsinfrastruktur stellt das Erdgasverteilnetz dar. Dieses wird im Untersuchungsgebiet von der inetz GmbH betrieben. Bezogen auf die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz sind Erdgasverteilnetze sowohl in Rochlitz als auch Zettlitz installiert. Erwähnenswert ist der Umstand, dass in Rochlitz alle Druckebenen vorzufinden sind. In Zettlitz beschränkt sich das Erdgasverteilnetz auf die Mittel- und Hochdruckebene. Die gemäß WPG geforderten Kennwerte zum Erdgasverteilnetz sind in der Tabelle 3-2 zusammengefasst. Insgesamt sind rund 1.200 Abnehmer an das Verteilnetz angeschlossen.

Tabelle 3-2: Kenndaten des bestehenden Erdgasverteilnetzes in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz [9].

Kategorie	Einheit	Wert
Art: Methan, Wasserstoff	-	Methan/Erdgas
Jahr der Inbetriebnahme (ND)	-	1965-2021
Jahr der Inbetriebnahme (MD)	-	1970-2022
Jahr der Inbetriebnahme (HD)	-	1969-2019
Trassenlänge ND	m	9.441,5
Trassenlänge MD	m	21.577,1
Trassenlänge HD	m	20.163,4
Gesamtanzahl an Anschlüssen	Stk.	1.152

Zu diesem Zweck wurden insgesamt rund 51 km an Leitungen verbaut. Der größte Anteil entfällt längenseitig mit rund 42 % auf die Mitteldruckebene. Da das Erdgasverteilnetz in den vergangenen Jahrzehnten stetigen Veränderungen (Ausbau, Modernisierung) unterlag, schwanken die Inbetriebnahmejahre je Netzebene und Leitungsabschnitt stark. Eine Gesamtübersicht zu den Baumaßnahmen je Bezugsjahr und Netzebene zeigt die Abbildung 3-8. Analog zu anderen Kommunen in Ostdeutschland setzte auch in Rochlitz und Zettlitz nach der Wiedervereinigung eine umfangreiche Neubautätigkeit ein. Bezogen auf die installierten Leitungslängen wurden insbesondere Hochdruck- und Mitteldruckleitungen zwischen 1990 und 2000 stark zugebaut.

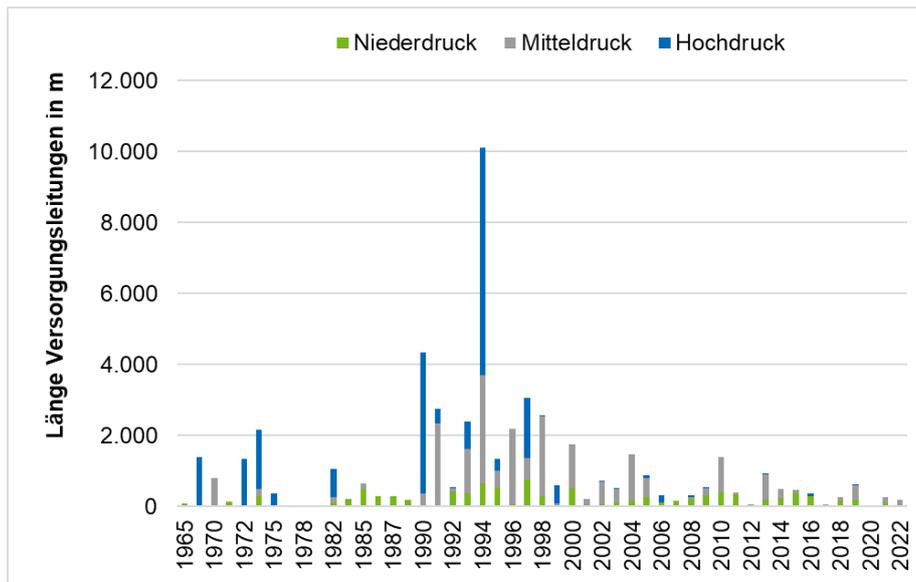


Abbildung 3-8: Verteilung der Errichtungstätigkeit bei Erdgasverteilungen in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz [9].

Die Leitungen verteilen sich gemäß der Abbildung 3-9 auf die Gemeinden innerhalb der Verwaltungsgemeinschaft. Hierbei ist anzumerken, dass der geringe Anteil für Seelitz lediglich auf eine an der nördlichen Grenze zu Zettlitz verlaufende Hochdruckleitung zurückzuführen ist. Abnehmer sind hingegen nur in Rochlitz und Zettlitz an das Netz angeschlossen. Aufgrund der bedeutend größeren Zahl an erdgasseitig angebundenen Gebäuden entfällt der größte Teil der Verteilleitungen auf Rochlitz.

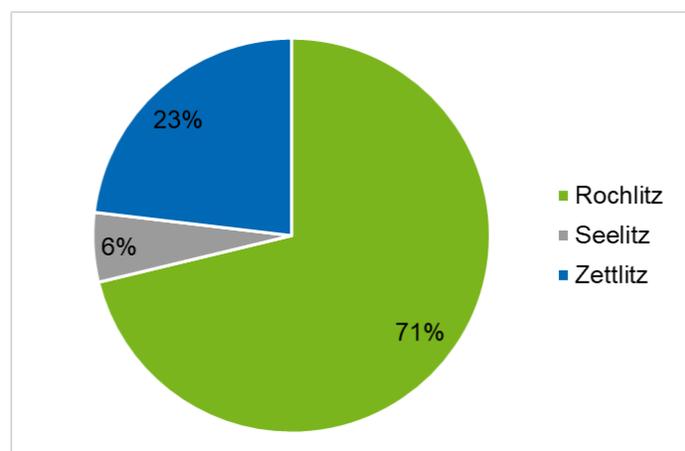


Abbildung 3-9: Anteile der installierten Leitungslängen des Erdgasverteilnetzes in der Verwaltungsgemeinschaft.

Die kartografische Veranschaulichung der Länge bestehender Erdgasverteilnetze kann der Abbildung 3-10 entnommen werden. Eine gesetzeskonforme Darstellung des Erdgasnetzes muss – abweichend vom Vorgehen bei Wärmenetzen (Abbildung der tatsächlichen Trassenverläufe) – zwingend in aggregierter Form erfolgen. Im Einklang mit der Empfehlung verschiedener KWP-Leitfäden ist die Verbildlichung auf der Ebene von Baublöcken anzuraten. Aufgrund der stark unterschiedlichen Fläche einzelner Baublöcke ist eine geeignete Bezugsgröße erforderlich. Aus diesem Grund sind die Netzlängen in Meter pro Quadratmeter Baublockfläche ausgewiesen. Der linke Teil der Abbildung verdeutlicht die Situation in Rochlitz. Aufgrund der dichten Bebauung in der Kernstadt sind hier in vielen Baublöcken hohe spezifische Netzlängen (in m pro km² Baublockfläche) zu erkennen. In Zettlitz sind neben dem Ortskern auch die Ortsteile Methau und Hermsdorf an das Verteilnetz angeschlossen.

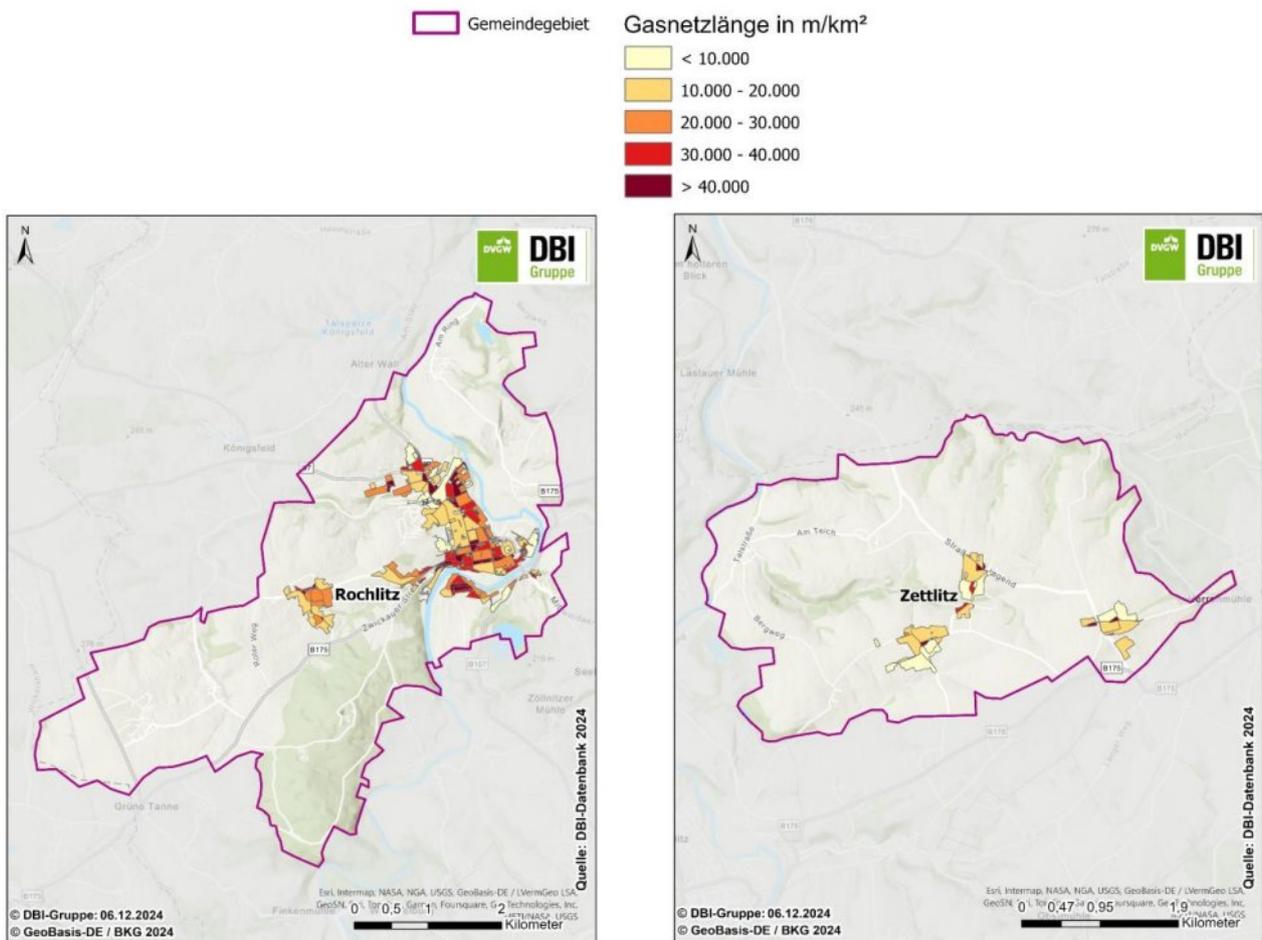


Abbildung 3-10: Spezifische Längen des Erdgasverteilsnetzes auf Baublockebene; links: Rochlitz; rechts: Zettlitz.

3.3.2.3 Stromverteilnetz

Das lokale Stromverteilnetz wird durch die Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH betrieben. Die je Gemeinde auf Mittelspannungsebene installierten Leitungslängen visualisiert der linke Teil der Abbildung 3-11. Der rechte Teil der Abbildung 3-11 zeigt die verfügbaren Netzstationen je Gemeinde. Insgesamt sind demnach in der Verwaltungsgemeinschaft rund 108 km Mittelspannungsleitungen und 99 Netzstationen installiert [16].

Auf kartografische Darstellungen zum Leitungsverlauf sowie eine Zusammenfassung verfügbarer Netzkapazitäten respektive sonstiger Kennwerte wird an dieser Stelle verzichtet, da diesbezüglich keine Daten zur Verfügung standen⁵.

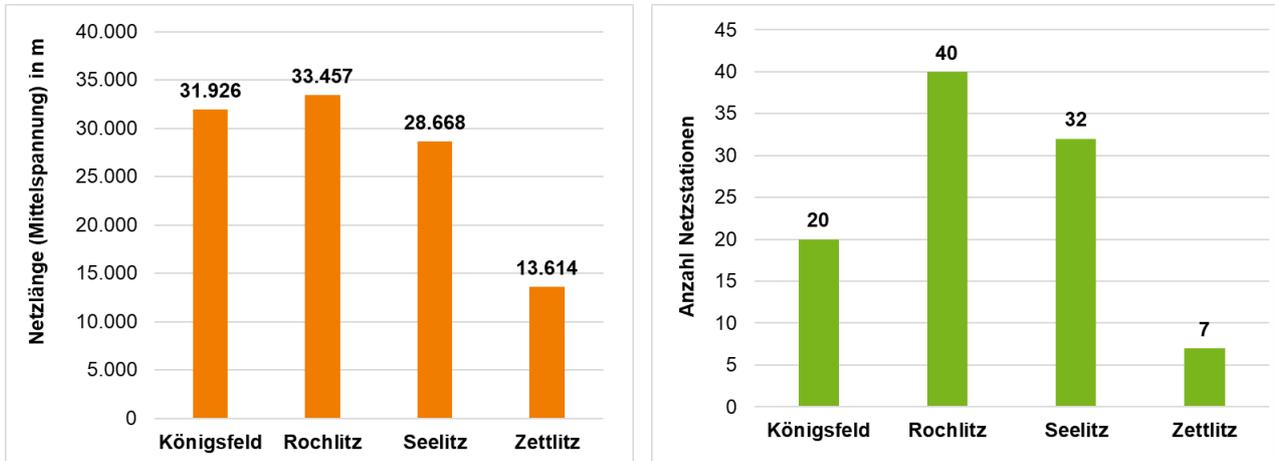


Abbildung 3-11: Installierte Netzlängen auf Mittelspannungsebene (links) und verfügbare Netzstationen (rechts) [16].

3.3.2.4 Glasfasernetz

Zukünftige Umbau- bzw. Ausbaumaßnahmen an bestehenden Infrastrukturen (z.B. des Wärmenetzes) sollten idealerweise gebündelt erfolgen. Insofern ist die Kenntnis über das verlegte bzw. geplante Glasfasernetz nützlich. Die Abbildung 3-12 zeigt die durch die eins energie in sachsen GmbH & Co. KG betriebenen Glasfaserleitungen mit ihrem geografischen Verlauf. Analog zum Vorgehen bei Erdgasverteilnetzen ist auch hier die Ausweisung der spezifischen Glasfasernetzlängen auf Baublockebene maßgeblich. Entsprechende Glasfaseranschlüsse sind in den Gemeinden Königsfeld, Rochlitz und Seelitz verfügbar.

⁵ Der zuständige Verteilnetzbetreiber hat im Rahmen des iterativen Feedbackprozesses und mit Blick auf die Datenbeistellungen eine Stellungnahme der von ihm vertretenen Rechtsauffassung, den technischen Hintergründen und der Dateninterpretation bereitgestellt. Diese Stellungnahme befindet sich im Kapitel 8.2.

Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

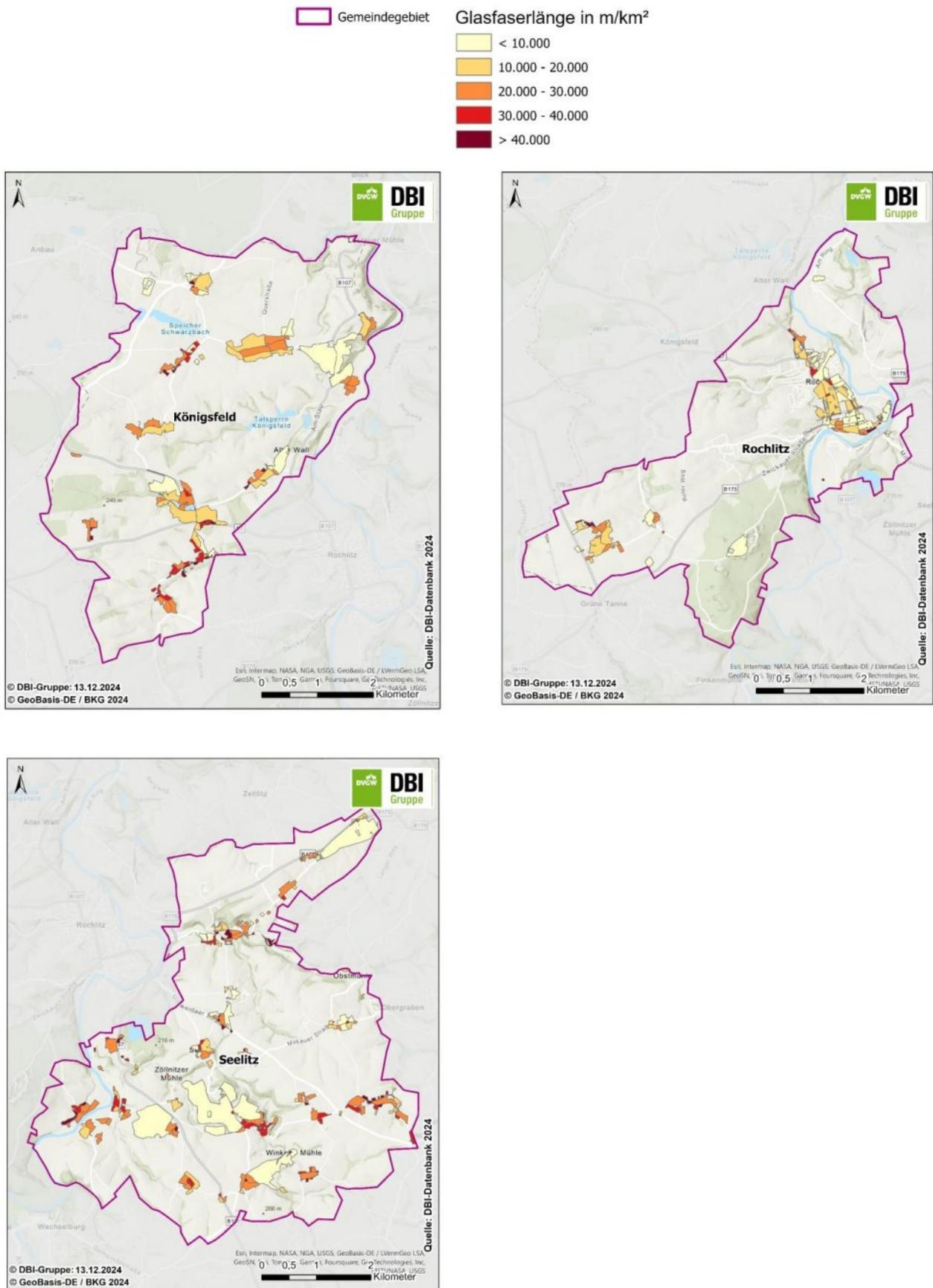


Abbildung 3-12: Spezifische Längen des Glasfasernetzes auf Baublockebene; oben links: Königsfeld; oben rechts: Rochlitz; unten links: Seelitz.

3.3.3 Wärmebedarf (Status quo)

Im Einklang mit der Beschreibung des methodischen Vorgehens (siehe Kapitel 3.2.4.1) resultiert die nachfolgende Wärmebilanz für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz aus der Kombination von Real- sowie Modelldaten. Zunächst gilt es, die Nutzwärmebedarfe in der Verwaltungsgemeinschaft zu analysieren. Hierbei sind deutliche Unterschiede in der regionalen Verteilung dieser Nutzwärme- und folglich auch der resultierenden Endenergiebedarfe zu erwarten. Aus diesem Grund finden sich nachfolgend entsprechende Kartendarstellungen zur geografischen Verteilung der absoluten Bedarfe und abgeleiteter Bedarfsgrößen (z.B. in Form der flächenbezogenen Wärmedichte).

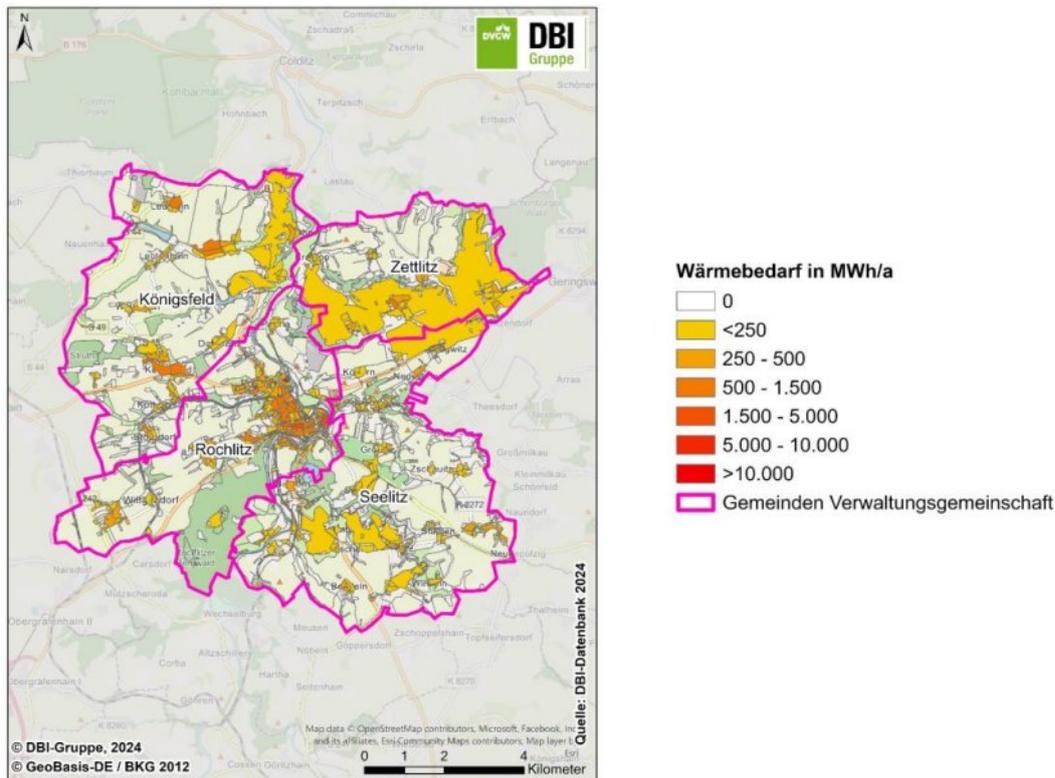


Abbildung 3-13: Regionale Verteilung des absoluten Nutzwärmebedarfs in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.

Die Abbildung 3-13 illustriert zunächst die Unterschiede in der Wärmebedarfsverteilung auf die einzelnen Gemeinden. Hierbei wurden die Nutzwärmebedarfe im Einklang mit den Bestimmungen des WPG auf Baublockebene aggregiert. In der Kernstadt Rochlitz sind gut die dicht beieinander befindlichen Baublöcke zu erkennen, welche aufgrund der Abnehmerstruktur (Anzahl der Gebäude und Wärmebedarfe innerhalb des Baublocks) zum Teil hohe Wärmebedarfssummen aufweisen. Baublöcke mit größer als 5.000 MWh/a sind demnach ausschließlich in der Kernstadt vorzufinden. In der Gemeinde Seelitz sind überwiegend geringe Absolutbedarfe unter 250 MWh/a zu erkennen, wohingegen in Königsfeld und Zettlitz vereinzelt Bereiche mit 500 bis 1.500 MWh/a ersichtlich sind. Insgesamt wird jedoch gut die dezentrale Abnehmerstruktur mit zum Teil zahlreichen räumlich versprengten Ortsteilen in Königsfeld, Zettlitz und Seelitz deutlich. Diese Verhältnisse übersetzen sich analog in die prozentuale Aufteilung des gesamten Nutzwärmebedarfs auf die betrachteten Gemeinden (siehe Abbildung 3-14). Demzufolge bewirkt Rochlitz 60 % des Gesamtbedarfs und Seelitz rund ein Fünftel.

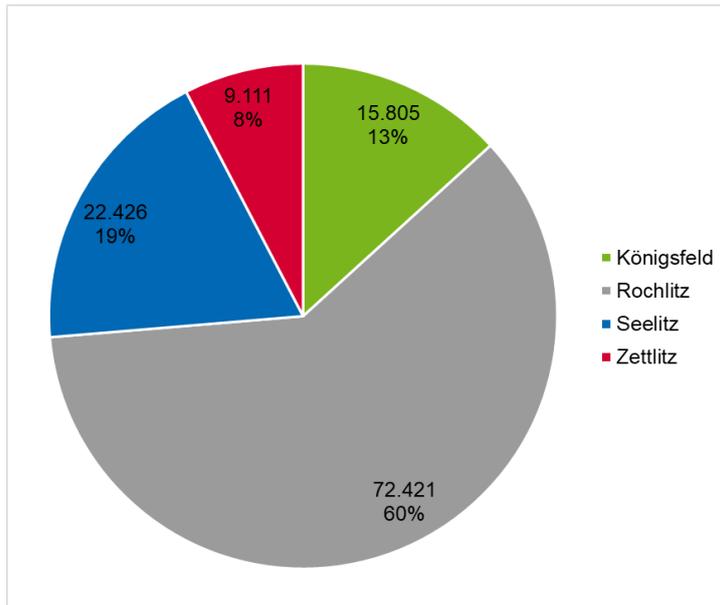


Abbildung 3-14: Anteilige Aufschlüsselung des gesamten Nutzwärmebedarfs auf die betrachteten Gemeinden (obere Zeile: Absolutwert in MWh/a; untere Zeile: Anteil in %).

Aufgrund der stark unterschiedlichen Abmessungen (Flächen) der ermittelten Baublöcke ist bei der Interpretation der absoluten Ergebnisse stets eine gewisse Vorsicht geboten. Für planerische Zwecke bieten sich daher spezifische Auswertungen, z.B. bezogen auf die Baublockfläche, an. Aus diesem Grund zeigt die Abbildung 3-15 die flächenbezogenen Wärmebedarfsdichten für die vier Gemeinden der Verwaltungsgemeinschaft. Im Vergleich zur absoluten Darstellung der Abbildung 3-13 werden insbesondere in der Kernstadt Rochlitz die regionalen Unterschiede deutlicher hervorgehoben. Vereinzelt gibt es Baublöcke, die bereits auf Basis eines einzelnen Abnehmers signifikante Wärmebedarfsdichten generieren. Das betrifft etwa den die Bäckerei Stölzel beinhaltenden Baublock im Norden der Kernstadt oder Baublöcke mit gewerblichen oder kommunalen Einheiten im städtischen Süden. Relevante Großverbraucher mit Nutzwärmebedarfen größer 1 Mio. kWh/a (= 1 GWh/a) sind im Anhang 5 dargestellt.

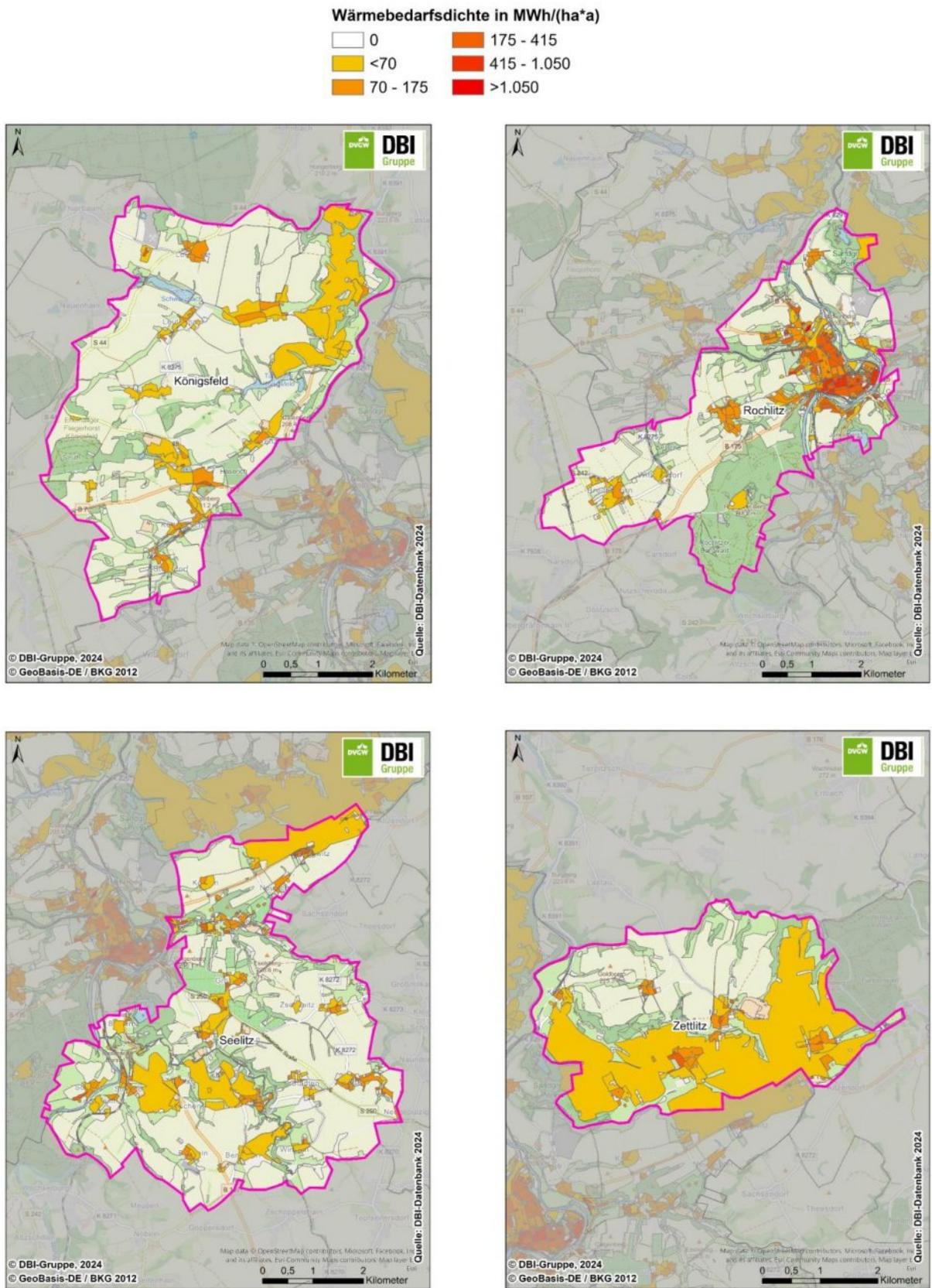
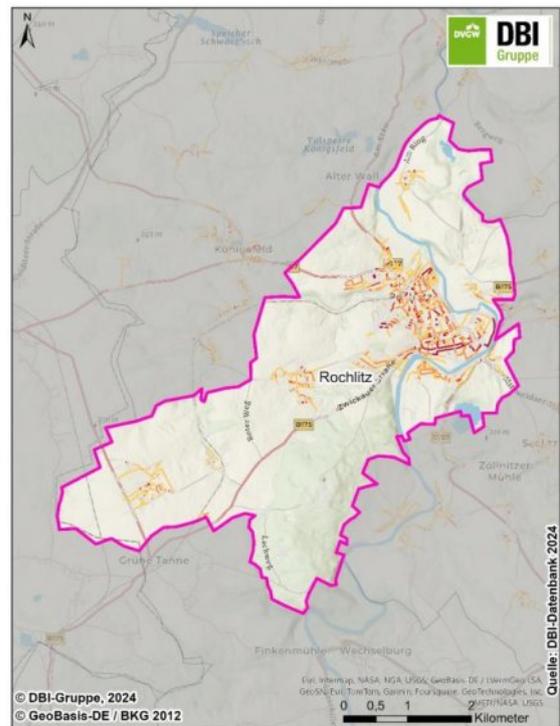
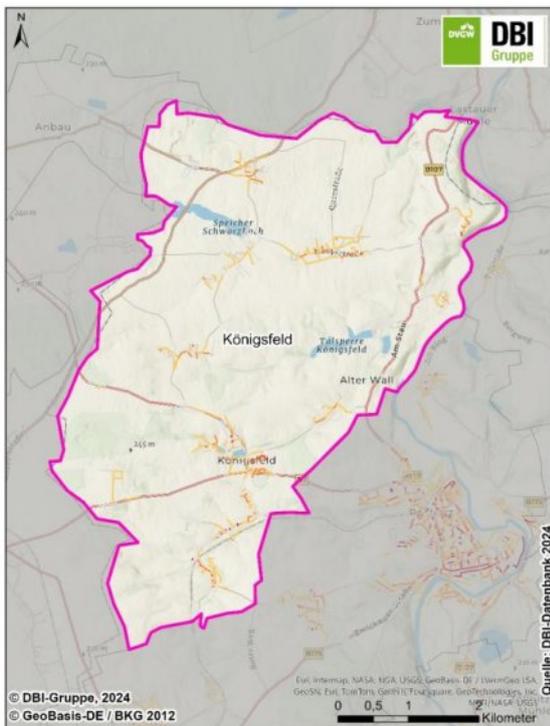


Abbildung 3-15: Wärmebedarfsdichten auf Baublockebene zum Status quo in der Verwaltungsgemeinschaft.

Ergänzend zu den flächenhaften Analysen sind im Kontext von Planungsvorhaben für leitungsgebundene Infrastrukturen auch linienbezogene Kenngrößen hilfreich. Konkret sind Wärmelinienindichten zu ermitteln, wobei sich die Wärmelinienichte als Wärmeabsatz je Meter Leitungslänge und Jahr definiert. Zur Annäherung der Leitungslängen für zukünftige Wärmenetz- respektive Gasnetzinfrastrukturen bilden Straßenabschnitte die bevorzugte Referenz. Dies begründet sich aus dem Umstand, dass Wärmenetze und Gasnetze in aller Regel entlang von Straßenzügen unterirdisch verlegt werden oder Wärmenetze teils auch oberirdisch verlaufen. Die kartografischen Darstellungen der Wärmelinienindichten in den Gemeinden der Verwaltungsgemeinschaft sind in der Abbildung 3-16 zu finden. Die grundsätzlichen Verhältnisse sind bei der Betrachtung von Liniendichten im Vergleich zu Flächendichten ähnlich einzustufen. In der Kernstadt Rochlitz mit einer hohen Abnehmerdichte existieren zahlreiche Straßenabschnitte mit hohen Liniendichten größer 1.500 kWh je Meter Straßenlänge und Jahr. Für diese Straßenabschnitte spricht die Literatur eine Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten aus. Diese rechnerische Erkenntnis deckt sich gut mit dem Trassenverlauf des bestehenden Wärmenetzes, da dieses viele der entsprechenden Straßenabschnitte bereits erschließt. In Königsfeld und Seelitz weist der weit überwiegende Anteil der Straßenabschnitte mit angrenzenden Wärmeabnehmern hingegen Liniendichten unter 1.500 kWh/(m*a) auf. Im Ortskern von Zettlitz sowie Methau gibt es davon abweichend bedarfsintensive Straßenabschnitte geringer Länge. Hierbei gilt jedoch zu erwähnen, dass die benannten Ortsteile bereits erdgasseitig versorgt sind.



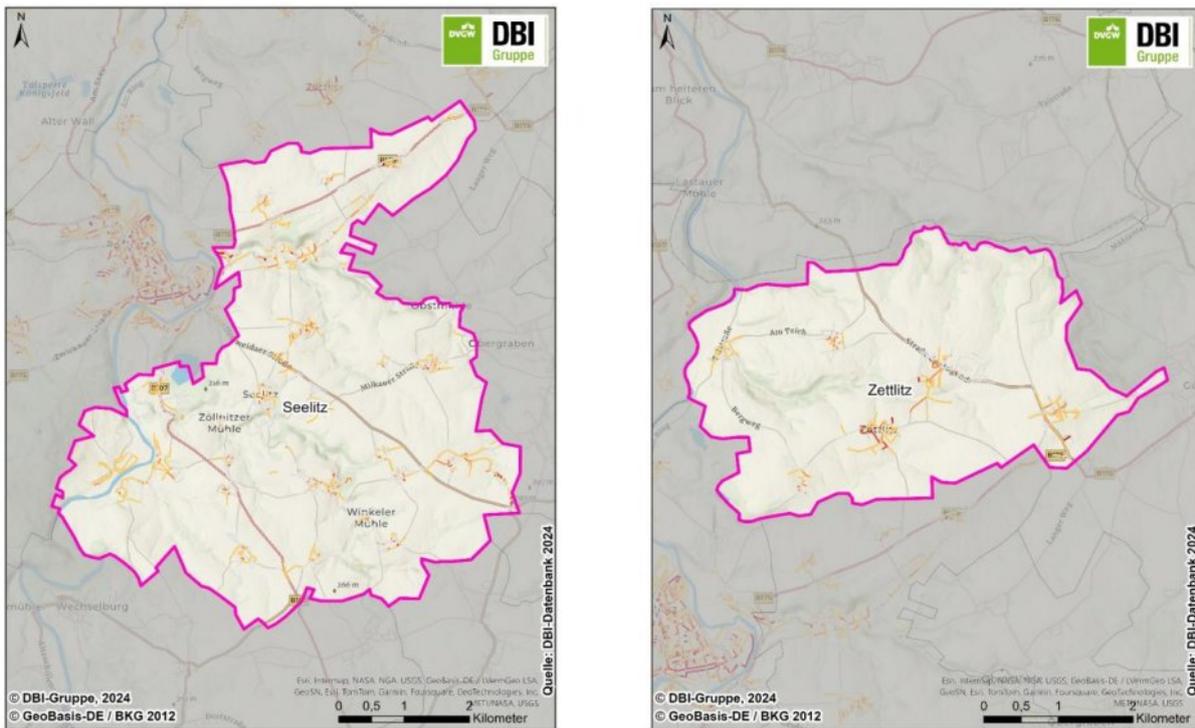


Abbildung 3-16: Wärmelinienichten auf Strassenzugsebene zum Status quo in der Verwaltungsgemeinschaft.

Für die Überführung der Nutzwärmebedarfe in Endenergiebedarfe ist die Kenntnis zu den eingesetzten Wärmeversorgungs-technologien, inklusive ihrer regionalen Distribution in den einzelnen Ortsteilen und Gemeinden, unabdingbar. Wie bereits im Kapitel 3.2.4.1 eingehend beschrieben, wird für die Zuweisung der Heizungstechnologien je Gebäude im ersten Schritt auf die seitens der Netzbetreiber gelieferten Realdaten zurückgegriffen. Somit können die an das Wärmenetz angeschlossenen respektive gasversorgten Gebäude identifiziert werden. Die nach diesem Abgleich verbleibenden Datenlücken werden anhand offizieller Daten des Zensus 2022 geschlossen [12]. Die statistische Aufschlüsselung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Heizungsbestände ist im Anhang 2 einsehbar. Ein Rückgriff auf die genaueren Schornsteinfegerdaten war nicht möglich, da diese infolge von Datenschutzbedenken nicht bereitgestellt wurden. In Summe ist damit die Ermittlung einer konkreten Energieträgerverteilung je Baublock realisierbar. Die Verteilungen der eingesetzten Energieträger für Wärmezwecke auf Baublockebene werden in der Abbildung 3-17 sowie der Abbildung 3-18 thematisiert. Aufgrund der Vielzahl der Baublöcke und der Größe des Untersuchungsgebiets erfolgt hierzu die stellvertretende Betrachtung repräsentativer Ortsteile mit hinreichender Abnehmeranzahl und strukturellen Unterschieden bezogen auf die eingesetzten Energieträger.

Diese gravierenden Unterschiede werden insbesondere beim Vergleich verschiedener Ortsteile bzw. Gemeinden offensichtlich. So weisen die meisten Baublöcke in der Kernstadt Rochlitz einen hohen Anteil mit Fernwärmeversorgung auf, wobei als zweiter Hauptenergieträger Erdgas fungiert. Gänzlich konträr stellt sich die Situation in Königsfeld und Seelitz dar. Hier überwiegen mangels der Verfügbarkeit einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung (in Form eines Wärme-/Gasnetzes) andere fossile Energieträger. Konkret ist in Königsfeld Nord ein hoher Anteil von Heizöl zu erkennen, wenngleich auch strombasierte Technologien und holzbasierte Heizungssysteme vertreten sind. In den Ortsteilen von Seelitz ist abseits des ebenfalls starken Einflusses von Ölheizungen den fossilen Kohleheizungen eine höhere Bedeutung beizumessen als in Königsfeld. Schließlich werden in Zettlitz die dezentralen Technologien auf der Basis von Öl, Holz, Kohle und Strom durch die leitungsgebundene Erdgasversorgung maßgeblich ergänzt. Dies lässt sich sehr gut an dem Zettlitzer Ortskern sowie den Ortsteilen Methau und Hermsdorf nachvollziehen.

Energieträgerverteilung zur Wärmebereitstellung

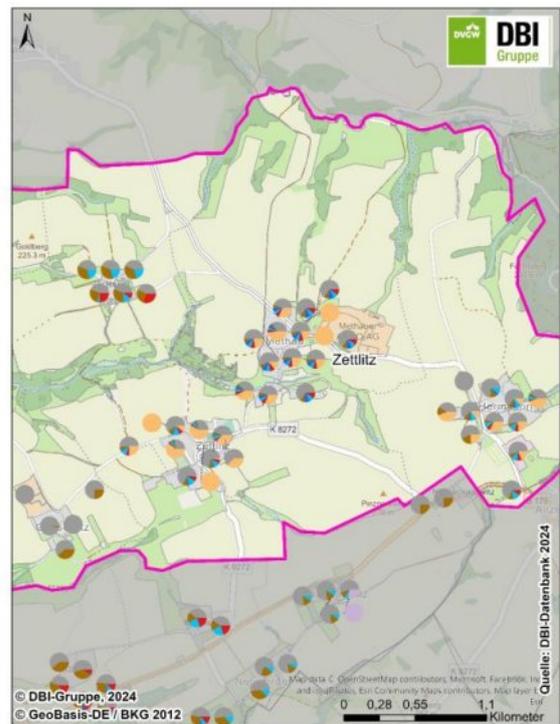
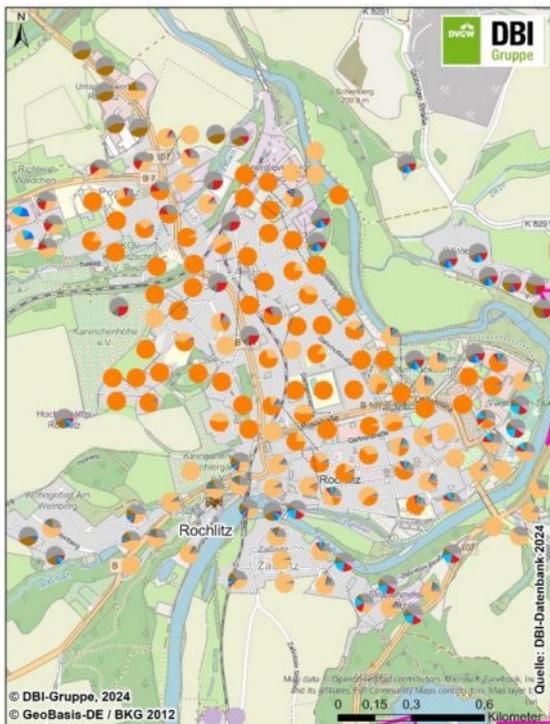
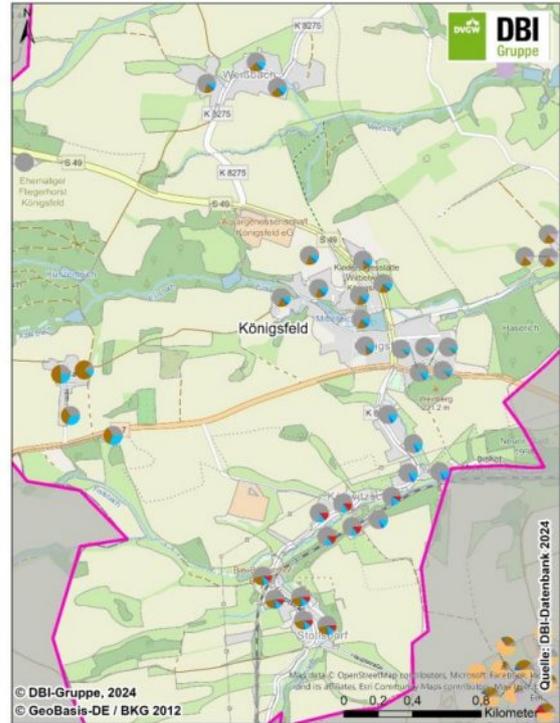
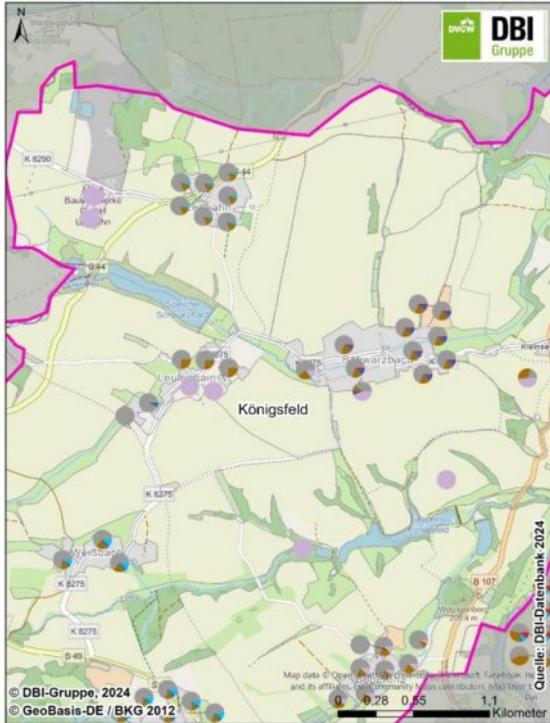


Abbildung 3-17: Baublockscharfe Verteilung der für Wärmezwecke eingesetzten Energieträger. Oben links: Königsfeld Nord, oben rechts: Königsfeld Süd, unten links: Rochlitz Kernstadt, unten rechts: Zettlitz.

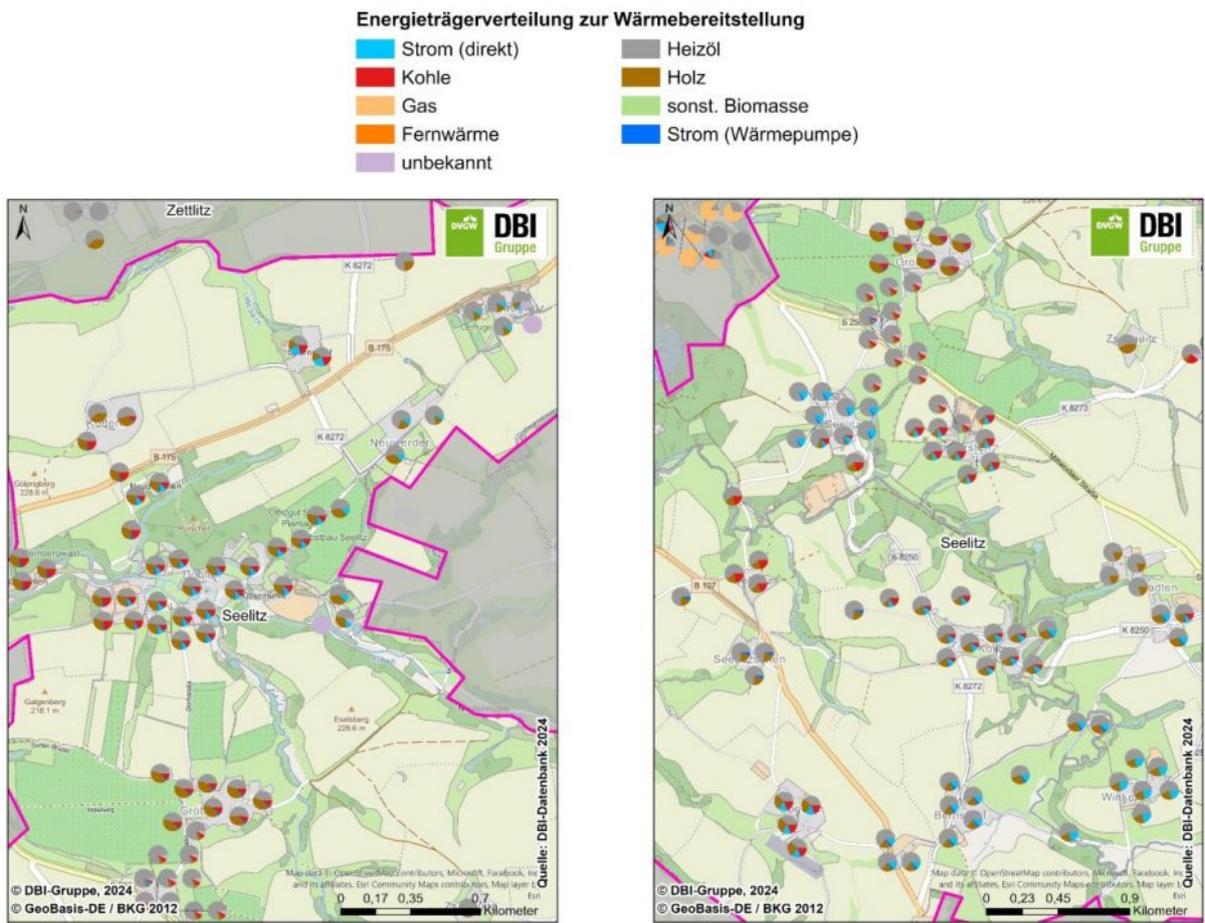


Abbildung 3-18: Baublockscharfe Verteilung der für Wärmezwecke eingesetzten Energieträger. Links: Seelitz Nord, rechts: Seelitz Süd.

Durch die Verknüpfung der Nutzwärmebedarfe, der ermittelten Energieträger- bzw. Technologieverteilung und Anwendung typischer Wirkungsgrade sowie Jahresarbeitszahlen liegt schließlich die Endenergiebilanz für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz mit dem Fokus auf Wärmeanwendungen vor.

Gemäß WPG sind die Endenergiebedarfe für Wärmezwecke sowohl nach Sektoren als auch Energieträger aufzuschlüsseln, siehe Abbildung 3-19. Erwartungsgemäß sind die privaten Haushalte für den Großteil (53 %) des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke verantwortlich. Mitunter sind Gebäude z.B. infolge einer Mischnutzung nicht eindeutig einem vorrangigen Sektor zuzuordnen, sodass die Kategorie „Sonstige“ erforderlich ist. In Abhängigkeit des Sektors schwanken zudem die eingesetzten Energieträger stark. In privaten Haushalten besitzt etwa fossiles Heizöl weiterhin mit einem Anteil von 37 % am Endenergiebedarf dieses Sektors einen hohen Stellenwert. Hingegen fällt die Bedeutung in den Sektoren Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD) und Sonstige mit Anteilen von 25 % respektive 4 % für Heizöl zum Teil niedriger aus. Sektorenübergreifend hat Erdgas (H) einen sehr hohen Einfluss auf die Wärmebereitstellung im Untersuchungsgebiet.

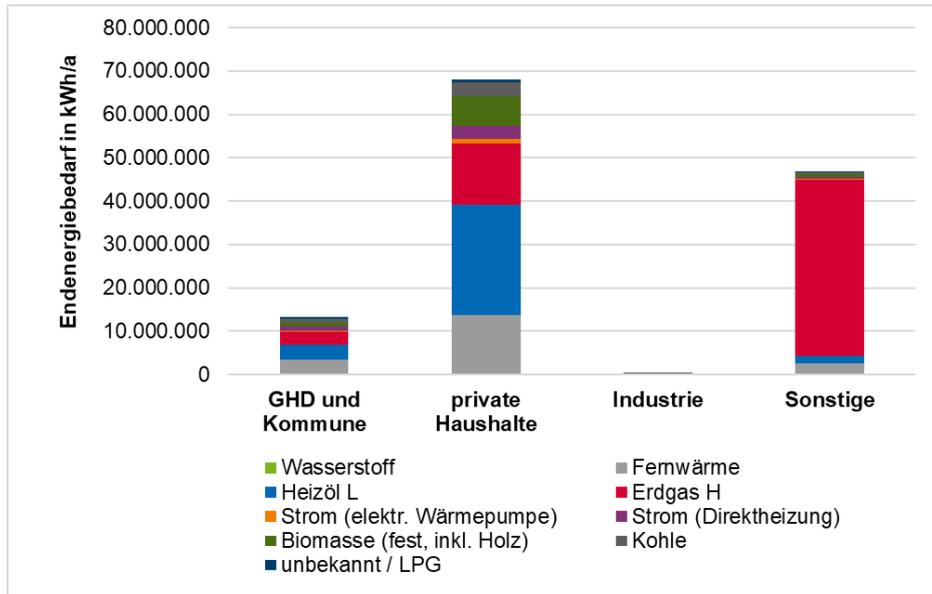


Abbildung 3-19: Differenzierung des Endenergiebedarfs für Wärmeezwecke nach Sektor und Energieträger.

Für die Bewertung der infrastrukturseitigen Optionen zur Transformation der Wärmeversorgung ist ebenso bedeutsam, welcher Anteil der Wärme bereits über leitungsgebundene Infrastrukturen bereitgestellt wird. Unter leitungsgebundenen Infrastrukturen sind hierbei Wärmenetze sowie das Erdgasverteilnetz zu verstehen. Im Einklang mit der Abbildung 3-20 entstammen bereits zum Status quo 60 % des Wärmebedarfs der leitungsgebundenen Bereitstellung. Die verbleibenden 40 % werden über dezentrale Lösungen (Einzelversorgung, z.B. Ölheizungen oder elektrische Wärmepumpen) realisiert.

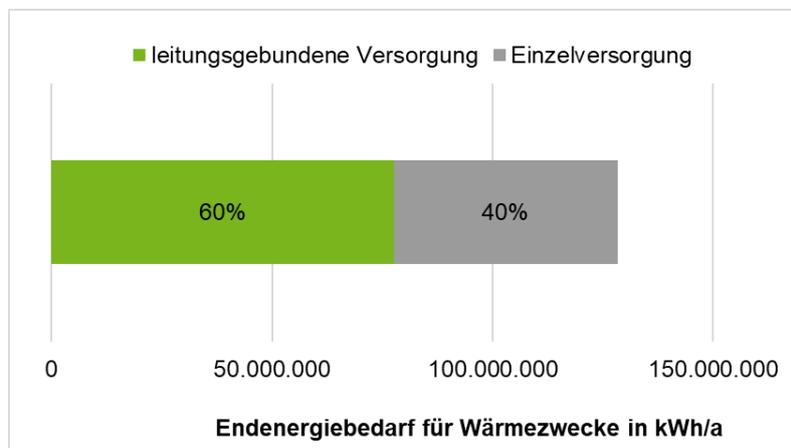


Abbildung 3-20: Differenzierung des Endenergiebedarfs für Wärme nach Art der Bereitstellung.

Schließlich ist eine Differenzierung der Wärmenachfrage nach konkretem Anwendungszweck durchzuführen. Diese ist in der Abbildung 3-21 hinterlegt. Die sektorenspezifische Aufschlüsselung (siehe Abbildung 3-19) zeigte bereits die hohe Bedeutung der privaten Haushalte für die Gesamtwärmebilanz im Untersuchungsgebiet. Daher besitzt erwartungsgemäß die Raumwärmebereitstellung mit einem Anteil von gut zwei Dritteln am Gesamtbedarf den maßgeblich größten Einfluss auf die Unterscheidung nach Anwendungszweck. In Relation zum Gesamtbedarf ist Prozesswärme mit einem Anteil von 7 % von untergeordneter Bedeutung.

Gleichwohl kann Prozesswärme in einzelnen Stadtbereichen respektive Baublöcken einen hohen Einfluss auf abgeleitete Kenngrößen (z.B. die flächenbezogene Bedarfsdichte) entfalten, was gut durch das Beispiel der Großbäckerei Stölzel belegbar ist. Dieser Gewerbebetrieb besitzt einen sehr hohen Prozesswärmebedarf (>1 GWh/a), der bislang durch die Nutzung von Erdgas gedeckt wird. Hierbei gilt auch zu bedenken, dass die Prozesswärmebereitstellung im Gegensatz zur Raumwärme und Warmwasser in aller Regel nicht über Wärmenetzinfrastrukturen bereitgestellt werden kann, was sich z.B. durch das geforderte Temperaturniveau begründet.

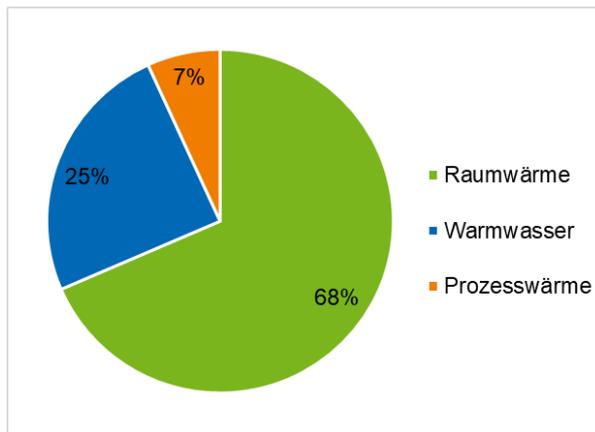


Abbildung 3-21: Differenzierung des Wärmebedarfs nach Anwendungszweck.

Entscheidend für die künftige Transformation der Wärmeversorgung in Rochlitz ist das Verhältnis zwischen erneuerbarer und fossiler Wärmeversorgung über alle Energieträger respektive Technologien hinweg. Dieser fossile Anteil muss schrittweise bis 2045 auf klimafreundliche Alternativen umgestellt werden. Bei Betrachtung der Abbildung 3-22 wird der aktuell noch geringe Anteil erneuerbarer Wärmequellen deutlich. Demnach sind gegenwärtig lediglich 17 % des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke regenerativen Quellen zuzuordnen. Für die Berechnung des erneuerbaren Anteils wurden ergänzend zu Holz/Biomasse und Solarthermie bzw. Umweltwärme jeweils auch der erneuerbare Energieanteil für Fernwärme und Strom [27] berücksichtigt. Insgesamt liegt der erneuerbare Wärmeanteil damit in der Verwaltungsgemeinschaft auf einem ähnlichen Niveau wie im bundesdeutschen Durchschnitt der Jahre 2022 bis 2024 (rund 18 %, siehe [3]).

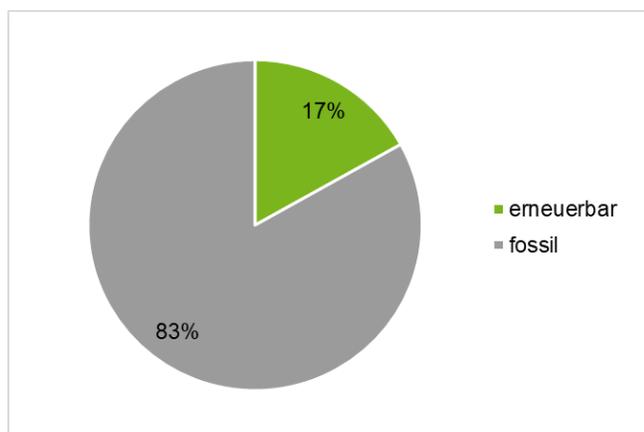


Abbildung 3-22: Anteile erneuerbarer sowie fossiler Energieträger an der Wärmeversorgung.

Zusammenfassend ist somit zu konstatieren, dass in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz zum gegenwärtigen Stand in Summe rund 120 GWh/a (entsprechend 120 Mio. kWh/a) Nutzwärme nachgefragt werden. In Kombination mit dem ermittelten Technologiemix (eingesetzte Heizungssysteme) sind zur Bereitstellung dieser Nutzwärmemenge rund 128,3 GWh/a Endenergie erforderlich. Der mit Abstand bedeutsamste Energieträger (Anteil in Höhe von 45 %) ist hierbei in Erdgas zu identifizieren. Die regionale Differenzierung zeigt erhebliche Unterschiede in den Gemeinden bzw. den einzelnen Ortsteilen. Die Kernstadt wird vorrangig durch Fernwärme respektive Erdgas versorgt. In Zettlitz ergänzen dezentrale Technologien, insbesondere klassische fossile Ölheizungen und klimafreundlichere Holzheizungen, die ebenfalls verfügbare Erdgasversorgung. Seelitz und Königsfeld sind jedoch ausschließlich von Einzelversorgungstechnologien abhängig, wobei in Königsfeld neben Heizöl auch Strom und Holz und in Seelitz abseits von Heizöl vermehrt Kohle zum Einsatz kommt.

3.3.4 Bestandsanlagen erneuerbare Energien

Die Abbildung 3-23 veranschaulicht die Standorte der gegenwärtig in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz betriebenen Erneuerbare-Energien-Anlagen. Dargestellt sind hierbei zunächst die für die reine Strom-, Wärme- oder gekoppelte Strom-/Wärmeerzeugung (KWK) relevanten Anlagen. Auffällig ist einerseits der breite Mix unterschiedlicher Anlagentypen (Biogas, Wind, PV und Wasserkraft). In allen Gemeinden sind PV-Anlagen vertreten, z.B. in Form klassischer Aufdachanlagen. Weiterhin sind Biogasanlagen ein fester Bestandteil der erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung in der Kommune. Maßgeblich für das Wärmenetz in Rochlitz ist das lokale Biomethan-BHKW, dessen Abwärme in das Netz eingespeist wird. Ergänzend sind in Zettlitz rund 1.400 kW elektrisch über Biogas-BHKW verfügbar. Die installierten elektrischen Nennleistungen auf Basis der im Markstammdatenregister registrierten EE-Anlagen fasst die Abbildung 3-24 zusammen⁶.

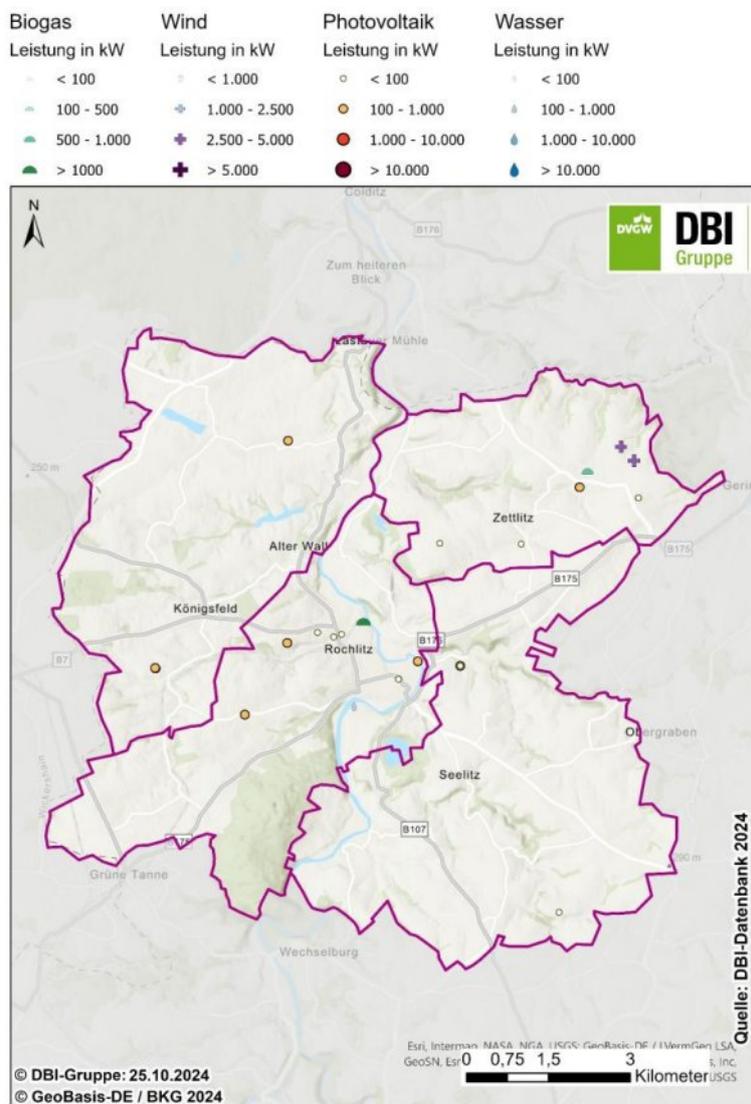


Abbildung 3-23: Art, Leistung und Standort bestehender EE-Anlagen in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.

⁶ Im Kontext der PV-Anlagen sind ausschließlich Anlagen ≥ 30 kW elektrisch in der Karte eingezeichnet (vornehmlich z.B. Gewerbedachflächen oder Freiflächen). Ursächlich hierfür sind Datenschutzbestimmungen im Markstammdatenregister, wonach bis 30 kW elektrisch keine Gebäudestandorte in Form der exakten Koordinaten ausgewiesen werden.

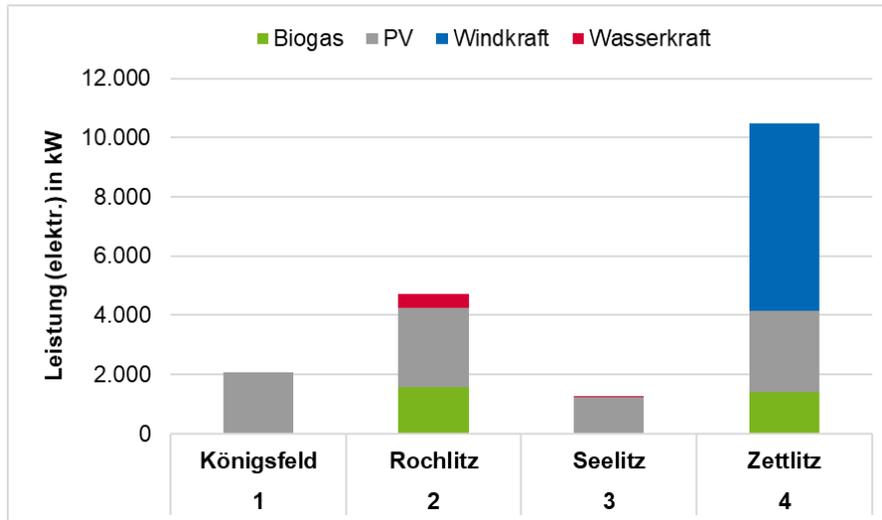


Abbildung 3-24: Installierte Nennleistung (elektrisch) bestehender EE-Anlagen zur Stromerzeugung/KWK in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.

Bis auf Zettlitz dominieren PV-Anlagen die installierte elektrische Nennleistung (in kW) des EE-Anlagenparks. Zu beachten gilt jedoch, dass die verschiedenen Anlagentypen stark unterschiedliche Stromerträge (in kWh/a) aufweisen. Dies liegt in den großen Unterschieden mit Bezug auf die Volllaststunden begründet. Beispielsweise besitzen klassische Biogasanlagen Volllaststunden bis 8.000 h/a [28], während PV-Anlagen in unseren Breitengraden bei ertragsoptimierter Ausrichtung typischerweise mit 1.000 bis 1.100 h/a bilanziert werden [29]. Reale Betriebsbedingungen (z.B. infolge einer Teilverschattung der Module oder einer vom Optimum abweichenden Ausrichtung) können die Volllaststunden mindern. Um bei PV-Dachanlagen die Systemeffizienz möglichst realitätsnah abzubilden, wird mit einem Performance Ratio⁷ von 75 % auf Jahresbasis gerechnet. In der Folge verschieben sich die Beiträge der einzelnen EE-Technologien an der gesamten jährlichen EE-Stromerzeugung in der Verwaltungsgemeinschaft. Diese Zusammenhänge lassen sich anschaulich durch den Vergleich zwischen Abbildung 3-24 und Abbildung 3-25 nachvollziehen.

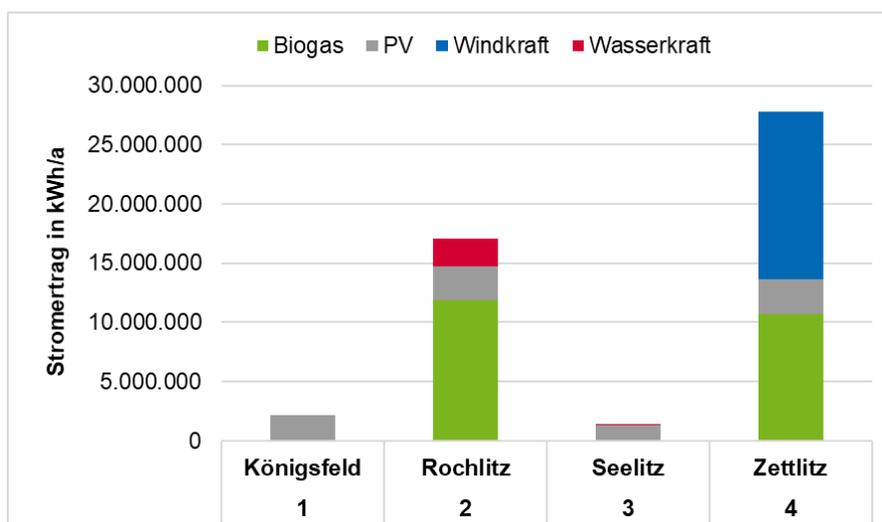


Abbildung 3-25: Jährliche Stromerträge des EE-Anlagenbestands in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.

⁷ Das Performance Ratio spiegelt das Verhältnis zwischen dem tatsächlichen Energieertrag (inkl. Verlusten infolge von Wechselrichter, Degradation oder Temperatur) und dem theoretisch möglichen Ertrag unter Idealbedingungen, normiert auf die Einstrahlung, wider.

3.3.5 Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung (Status quo)

Die Energiebilanz im Wärmekontext bildet die Grundlage für die Treibhausgasbilanz zum Status quo. Durch Verknüpfung der Endenergiebedarfe mit den einzelnen Emissionsfaktoren können die absoluten Treibhausgasemissionen je Energieträger ermittelt werden. Das Ergebnis der Verschneidung ist in Abbildung 3-19 sowohl grafisch (linker Teil) als auch tabellarisch (rechter Teil) zusammengefasst. Analog zur Energiebilanz bewirkt der Einsatz von Erdgas für Wärmezwecke die höchsten Absolut-Emissionen. Infolge des im Vergleich zu Heizöl niedrigeren Emissionsfaktors [24] besitzt Erdgas hingegen nur einen Anteil von rund 43 % an den Gesamtemissionen, während es 45 % des Endenergiebedarfs für Wärme deckt. Konträr dazu bewirkt Heizöl rund 30 % der Gesamtemissionen und steuert lediglich 24 % des wärmeseitigen Energiebedarfs bei. Bei absteigender Sortierung nach Treibhausgasemissionen bildet Strom (sowohl für den Antrieb für Wärmepumpen als auch direktelektrische Heizungssysteme) den Rang drei mit einem Anteil von 10 % (kombiniert mit knapp 5 % Anteil an der Wärmebereitstellung). Fernwärme verursacht im Untersuchungsgebiet rund 9 % der Emissionen und deckt gleichzeitig 15 % des Wärmebedarfs. Dies liegt in dem niedrigen Emissionsfaktor begründet, welcher stark durch den Einsatz von Biomethan begünstigt wird. So verursacht die endkundenseitige Bereitstellung einer Kilowattstunde Fernwärme bereits heute nur rund 143 g CO₂ [30].

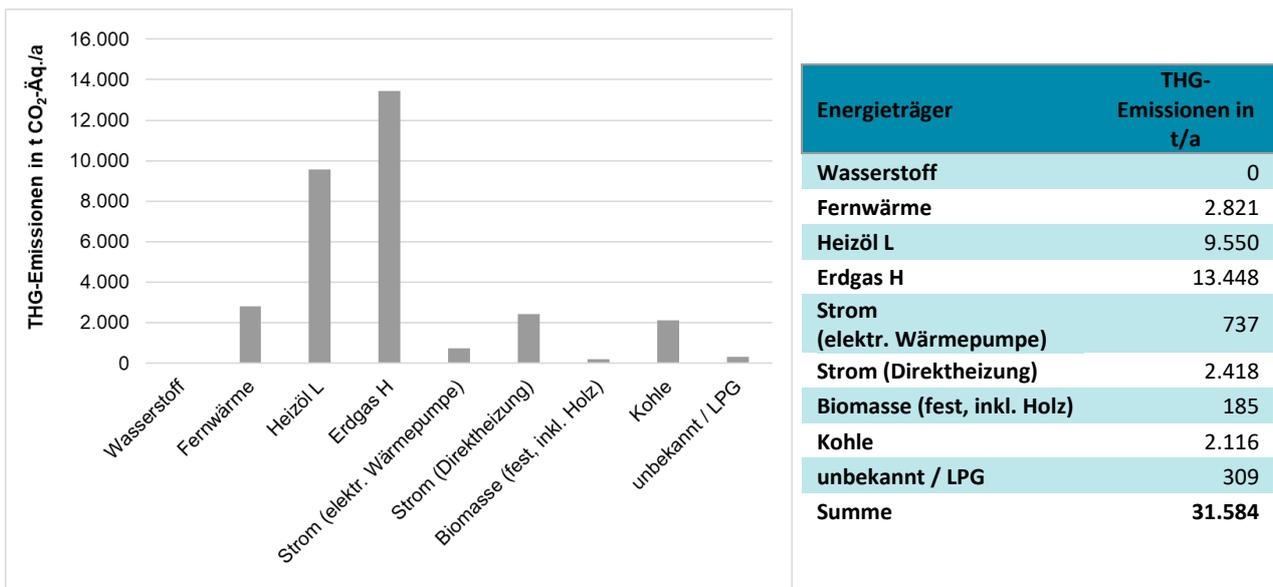


Abbildung 3-26: Treibhausgasemissionen infolge der Wärmebereitstellung; Differenzierung nach Energieträger (Status quo).

Parallel zur Differenzierung der THG-Emissionen nach Energieträger ist ebenso die Aufschlüsselung nach Sektoren erforderlich. Die Ergebnisse sind hierbei in der Abbildung 3-27 zusammengefasst. Abseits der geänderten Absolutwerte sind die grundsätzlichen Verhältnisse und Zusammenhänge sehr ähnlich zur Abbildung 3-19. Demzufolge ist die Gesamtbilanz wesentlich von der Nutzung Heizöls bzw. Erdgases in den privaten Haushalten und der Erdgasnutzung im Sektor Sonstige abhängig. Betrachtet man die Emissionen infolge der Wärmeverwendung in privaten Haushalten im Verhältnis zur Einwohnerzahl (9.374) in der Verwaltungsgemeinschaft, so ergibt sich ein Pro-Kopf-Wert in Höhe von 1.800 kg CO₂ je Einwohner und Jahr. Der bundesweite Durchschnitt liegt mit 2.100 kg CO₂ je Einwohner und Jahr in einer ähnlichen Größenordnung⁸ [31].

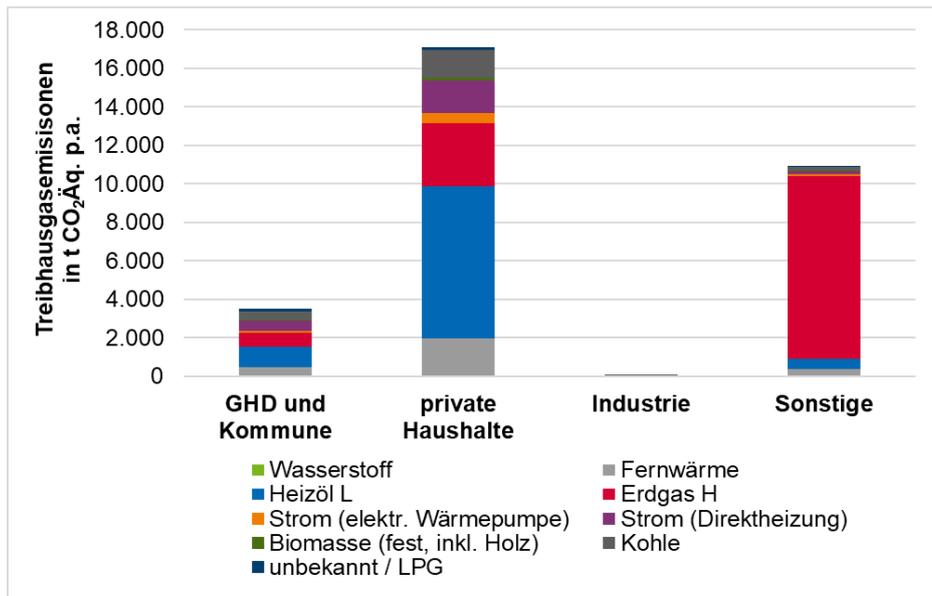


Abbildung 3-27: Treibhausgasemissionen infolge der Wärmebereitstellung; Differenzierung nach Sektoren (Status quo).

⁸ Für die Berechnung wurden die wärmeinduzierten Emissionen im Bedarfsfeld Wohnen der deutschen Einwohnerzahl gegenübergestellt.

4 Potenzialanalyse

4.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen

Der BMWK-Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung [10] formuliert zusammenfassend als Hintergrund der Potenzialanalyse:

„§ 16 Absatz 1 WPG sieht für die Potenzialanalyse die systematische Analyse der im beplanten Gebiet vorhandenen Potenziale zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien, zur Nutzung von unvermeidbarer Abwärme sowie zur zentralen Wärmespeicherung vor. Bereits bekannte räumliche, technische, rechtliche oder wirtschaftliche Restriktionen für die Nutzung von Wärmeerzeugungspotenzialen sind zu berücksichtigen. Darüber hinaus sind die Potenziale zur Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden und industriellen oder gewerblichen Prozessen abzuschätzen (§ 16 Absatz 2 WPG).“

Das bisherige Energiesystem ist nach wie vor durch die Nutzung (fossiler) Energieträger geprägt, die außerhalb des kommunalen Untersuchungsgebiets gewonnen und über Verbrennungs-, respektive Umwandlungsprozesse innerhalb des Gebiets der Wärmeplanung zur Bereitstellung von Wärme (und ggf. anteilig Strom bei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen) genutzt werden. Dazwischen liegen Transportprozesse über teils weite Distanzen. Auch der zunehmende Anteil erneuerbarer Energien auf der Stromseite wird etwa im Falle von Windkraftanlagen meist außerhalb des Untersuchungsgebiets realisiert und der Strom mittels Übertragungs- und Verteilnetzen zum Endkunden transportiert.

In Zukunft wird die Nutzung lokaler Potenziale erneuerbarer Energien innerhalb der kommunalen Verwaltungsgebiete einen deutlichen Bedeutungszuwachs erfahren. Im Rahmen der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans sind daher die vor Ort verfügbaren Potenziale zur Bereitstellung erneuerbaren Stroms (für Wärme) und erneuerbarer Wärme zu quantifizieren und geografisch zu verorten. Parallel dazu sind mögliche Optionen zur Einsparung des Nutzwärmebedarfs und der korrelierenden Endenergiebedarfe zu prüfen. Hierbei sollten infolge der langfristigen Betrachtungszeiträume bis 2045 z.B. auch klimatische Veränderungen in die Analysen einbezogen werden.

Konkret gliedert sich die Potenzialanalyse demnach in folgende Teilschritte:

1. Ermittlung der möglichen Energieeinsparung durch Bedarfsreduktion von Gebäude- und Prozesswärme.
2. Ermittlung der Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung.
 - i. Solarthermie
 - ii. Umweltwärme
 - iii. Biomasse
 - iv. Geothermie
 - v. Sonstige (Abwasser, erneuerbare Gase)
3. Ermittlung der EE-Strompotenziale zur Wärmeerzeugung
 - i. Wind
 - ii. PV (Frei- und Dachflächen)
4. Ermittlung Abwärmepotenziale und Wärmespeicherung

Hierbei gilt anzumerken, dass in Abhängigkeit des konkreten Untersuchungsgebiets nur eine Teilmenge der oben aufgeführten Potenziale und Analyseschritte durchzuführen ist. Die Entscheidung über die Priorisierung der einzelnen Analyseschwerpunkte ist stets in Rücksprache mit der jeweiligen Kommune zu tätigen. Für die Gebiete mit erfolgter Entscheidung zur Durchführung einer verkürzten Wärmeplanung (siehe Vorgehen und Ergebnis der Eignungsprüfung aus Kapitel 2) können ggf. Vereinfachungen vorgenommen werden.

Der BMWK-Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung [10] formuliert hierzu:

Auswirkungen der Eignungsprüfung auf die Potenzialanalyse

*„In Teilgebieten, für die als Ergebnis der Eignungsprüfung eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden kann, kann sich die Analyse der Wärmequellen auf die Potenziale beschränken, die für eine **dezentrale Versorgung** in Betracht kommen.*

*Dies umfasst **vorrangig oberflächennahe Geothermie, Umgebungsluft und Grundwasser**. Darüber hinaus wird auch in Gebieten verkürzter Wärmeplanung die Potenzialanalyse von **Freiflächen-Solarthermie und zentraler Wärmespeicherung** empfohlen, um diese für eine mögliche Nutzung in einem bestehenden oder zukünftigen nahegelegenen Wärmenetz zu ermitteln.*

*Nur in den Teilgebieten der verkürzten Wärmeplanung, in denen ein **erhöhtes Energieeinsparpotenzial** vermutet wurde, wird das Wärmeeinsparpotenzial abgeschätzt. Hierbei kann wie in der normalen Wärmeplanung vorgegangen werden.“*

4.2 Methodischer Ansatz und Datenbasis

4.2.1 Abschätzung der Wärmeeinsparpotenziale

Als strategisches Planungsinstrument zielt die kommunale Wärmeplanung auf die langfristige Transformation der Wärmeversorgung ab. Diese Transformation muss im Einklang mit der geltenden Klimagesetzgebung stehen. Zur Erreichung der deutschen Klimaziele (Klimaneutralität bis 2045) sind grundsätzlich zwei Ansätze möglich, wobei diese zueinander in Wechselwirkung stehen bzw. auch miteinander kombiniert werden können. So ist es einerseits erforderlich, die Energiebedarfe durch sukzessive zunehmende Anteile erneuerbarer (d.h. klimaneutraler) Energieträger zu decken. Andererseits sollten die Energiebedarfe, z.B. für die Wärmebereitstellung, schrittweise reduziert werden. Diese Reduzierung ist etwa über entsprechende Effizienzmaßnahmen (bessere Dämmung von Gebäuden, Einsatz moderner Heizungssysteme mit hohen Wirkungsgraden bzw. Arbeitszahlen) möglich. Auch weitere Faktoren (fortschreitende Klimaerwärmung, demografischer Wandel) beeinflussen die Energiebedarfsentwicklung auf regionaler Ebene.

Aus diesem Grund ist es im Rahmen eines kommunalen Wärmeplans unerlässlich, die erzielbaren Minderungen im Bereich Raumwärme, Trinkwarmwasserbereitung sowie Prozesswärme zu quantifizieren. Analog zu den Empfehlungen des Leitfadens für die kommunale Wärmeplanung (BMWK, BMWWSB) ist hierzu ein zweistufiges Vorgehen vorteilhaft. Im ersten Schritt sind die maximal möglichen Energieeinsparungen zu ermitteln. Diese Maximaleinsparungen können durch geeignete Rechenmodelle abgebildet werden. In den Modellen erfolgt die Verschneidung zahlreicher Einflussparameter, um für die einzelnen Gebäude einer Kommune die maximalen Einsparpotenziale zu ermitteln. Diese gebäudescharfen Ergebnisse werden anschließend auf Baublockebene aggregiert, um übergeordnete Aussagen für das Untersuchungsgebiet zu erhalten.

Ergänzend zum Vorgehen für die Schließung von Datenlücken im Kontext der Bestandsanalyse kommt auch bei der Prognose der Wärmebedarfe ein ausgereiftes GIS-Modell zum Einsatz. Die Wärmebedarfsprognose erfordert daher eine Fortschreibung maßgeblicher Einflussfaktoren, wie etwa der Entwicklung des spezifischen Wärmebedarfs und regional wirksamer Klimaeffekte. Das Grundprinzip der Berechnung ist für das Beispiel von Wohngebäuden in der vereinfachten Abbildung 4-1 visualisiert. Eine ausführliche Diskussion der Modell-Funktionsweise und der Annahmen zu Eingangsparametern kann einer DBI-Publikation entnommen werden [32].

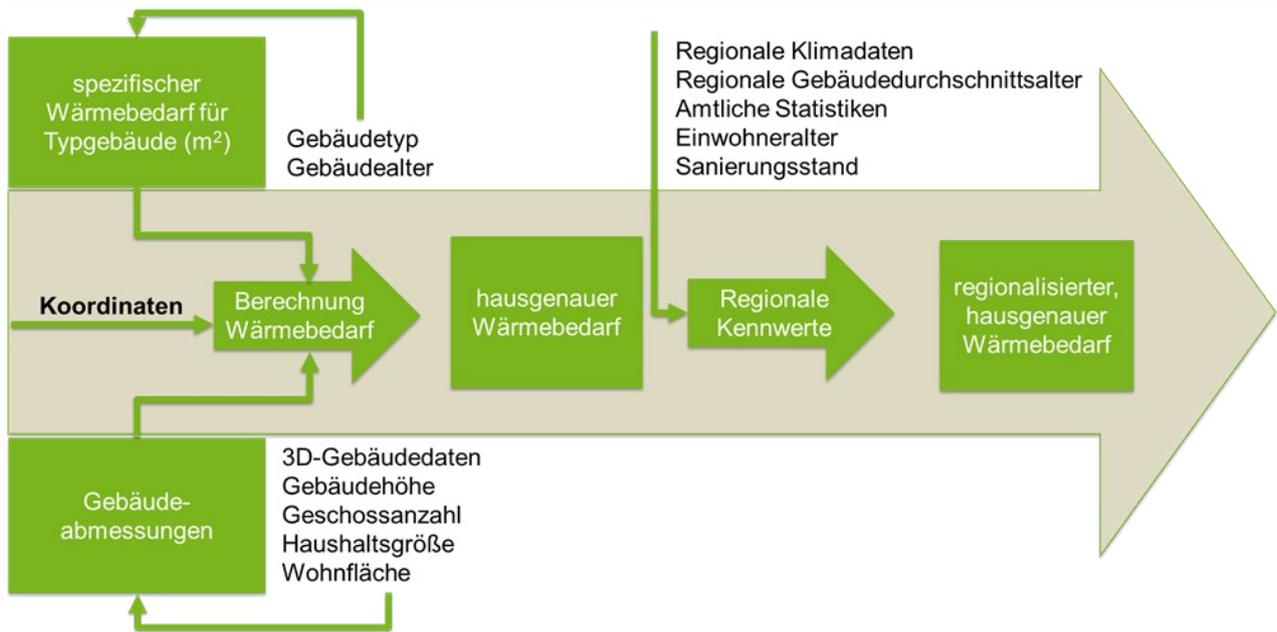


Abbildung 4-1: Modellhafter Ansatz zur Fortschreibung der Wärmebedarfe (Beispiel Wohngebäude).

Die maximalen Einsparpotenziale stehen unter der Annahme, dass der gesamte Gebäudebestand umfassenden Sanierungsmaßnahmen unterworfen wird. Zudem wird unterstellt, dass die erwartete Klimaentwicklung und weitere antizipierte Trends (z.B. Bevölkerungsrückgang im ländlichen Raum) tatsächlich in der prognostizierten Form eintreten. In vielen Fällen führt dies zu einer Überschätzung der in der Realität anzutreffenden Einspareffekte.

Im zweiten Schritt sollte daher eine Inwertsetzung der als Referenz dienenden Maximalpotenziale erfolgen. Hierzu sind weitere Restriktionen, wie etwa der Anteil denkmalgeschützter Gebäude, die Verfügbarkeit von Anlagentechnik, Fachpersonal und Baumaterialien sowie Akzeptanzfragen und Erfahrungen aus der Vergangenheit zur Plausibilisierung hinzuzuziehen. Für die vorliegende kommunale Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz wurden daher im Anschluss an die rechnerische Ermittlung der Maximaleinsparungen intensive Gespräche geführt, um eine Entscheidung über die tatsächlich umsetzbaren Einsparmöglichkeiten zu erwirken. Die Ergebnisse aus den modellhaften Analysen und der anschließenden Plausibilisierung sind im Kapitel 4.3.1 hinterlegt.

4.2.2 Analyse und Verortung der Potenziale erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung

Kapitel 3.3.4 erläutert die Ermittlung der Kapazitäten und Standorte für bestehende Anlagen im EE-Kontext. Zur Identifikation der über die Bestandssituation hinausgehenden, zusätzlichen Potenziale erneuerbarer Energien sind davon abweichend weitere Datenquellen und Rechenmodelle notwendig. DBI setzt hierzu auf verschiedene GIS-Modelle, die zur Erfassung der gängigen Anlagentypen zur Bereitstellung erneuerbaren Stroms respektive erneuerbarer Wärme entwickelt wurden. Das Grundprinzip der einzelnen Modelle für PV-Anlagen, Windkraftanlagen und solarthermische/elektrische Dach- und Freiflächenanlagen ist jedoch relativ ähnlich und kann stark vereinfacht der Abbildung 4-2 entnommen werden.

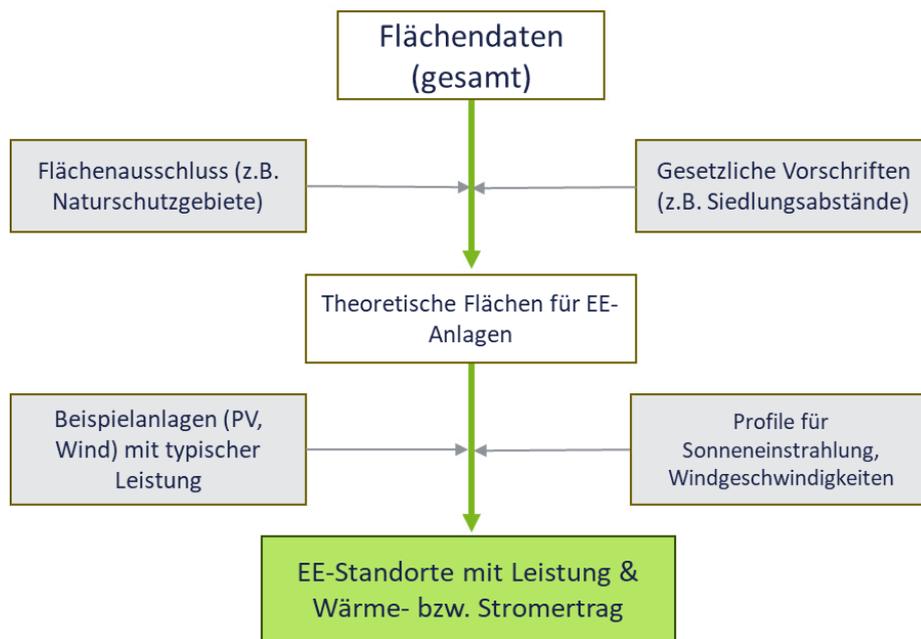


Abbildung 4-2: Vereinfachtes Vorgehen zur Ermittlung von Potenzialen erneuerbarer Energien.

Demzufolge stützt sich die EE-Potenzialermittlung zunächst auf Daten zur Flächennutzung [33] in der betreffenden Kommune. Für die Errichtung von EE-Anlagen ungeeignete bzw. ausgeschlossene Flächen werden exkludiert. Ebenfalls von Bedeutung sind die geltenden gesetzlichen Regelungen, beispielsweise zum Mindestabstand von Windkraftanlagen zu Siedlungsgebieten. Dieser beläuft sich in Sachsen derzeit auf 1.000 m und ist im Modell für Windkraftpotenziale implementiert. Im Anschluss an die Identifikation der EE-Potenzialflächen sind diese mit technischen Parametern bzw. Anlagenkennwerten zu verknüpfen. So kann anhand des Flächenbedarfs einer Windkraftanlage und weiterer Einflussparameter (z.B. zur Vermeidung von Windverschattung) eine Anlagenzahl je Fläche inklusive der Angabe typischer Leistungskennzahlen abgeleitet werden. Diese Leistungskennzahlen werden mit Jahreserzeugungsprofilen verknüpft. Für Windkraftanlagen sind hierzu etwa Windprofile für die Windgeschwindigkeiten in Rotorhöhe für die vergangenen Jahrzehnte verfügbar [34]. Im Ergebnis liegt parallel zur Leistungsangabe auch die potenzielle Ertragsmenge pro Jahr, im Falle von Windkraft also elektrischen Stroms, vor.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

4.3.1 Potenziale zur Energieeinsparung infolge Wärmebedarfsreduktion

Wie bereits im Kapitel 4.2.1 ausgeführt, ist zunächst die maximal mögliche Energieeinsparung im Wärmesektor zu ermitteln. Hierfür dient der DBI-Energieatlas als Grundlage. Im Energieatlas sind zwei Hauptszenarien hinterlegt, die insbesondere unterschiedliche Annahmen zur technologischen Entwicklung und den fortschreitenden Auswirkungen des Klimawandels treffen [32]. In der Folge weist das erste implementierte Modellszenario höhere Wärmebedarfseinsparungen aus als das zweite Szenario. Da die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz überwiegend ländlich geprägt ist, wird auf das zweite und damit konservativere Szenario zur Analyse der maximalen theoretischen Wärmebedarfseinsparungen abgestellt. Das Ergebnis der Modellrechnungen ist in der Abbildung 4-3 dargestellt. Unter Annahme dieses idealisierten Szenarios ist demnach bis zum Zieljahr 2045 eine Wärmebedarfsreduktion von -39 % (bzw. knapp -2 % p.a.) in Relation zum Status quo möglich. Dies setzt jedoch voraus, dass einerseits die Klimaerwärmung (abgebildet über verminderte Gradtagszahlen) in der prognostizierten Intensität eintritt - ebenso wie der Bevölkerungsrückgang im ländlichen Raum - und andererseits energetische Maßnahmen am gesamten Gebäudebestand (Sanierung) ergriffen werden.

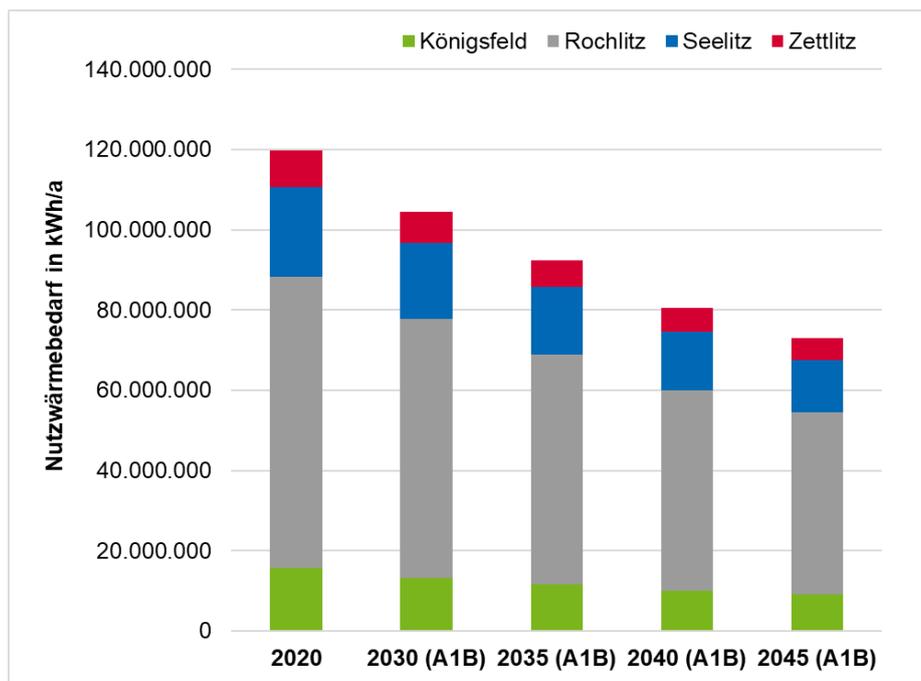


Abbildung 4-3: Maximale Wärmebedarfsreduktion im konservativen DBI-Szenario („A1B“).

Die vollständige Erfüllbarkeit dieser Prämissen der Modellrechnung erscheint vor den zahlreichen, in der Realität bestehenden, Herausforderungen jedoch unrealistisch. Demzufolge ist es zwingend nötig, die theoretischen Maximalerparungen mit der Realität zu spiegeln. Hierzu dienten intensive Gespräche mit städtischen Vertretern sowie Führungskräften der hiesigen Energieversorgung Rochlitz GmbH, die das Fernwärmenetz in der Kernstadt Rochlitz betreibt. Weiterhin ist das Feedback der lokal verantwortlichen Netzbetreiber (vorrangig des Erdgasverteilnetzes) in die Plausibilisierung eingeflossen. Zum Zweck einer Quantifizierung realistischer Wärmebedarfsminderungen stellte die EVR detaillierte Daten zur Entwicklung der wärmenetzseitigen Wärmezeugungsmengen sowie der tatsächlich abgerechneten Verbrauchsmengen bereit [35]. Die Tabelle 4-1 fasst die Wärmeverkaufsmengen für den Zeitraum von 2016 bis 2024 zusammen.

Tabelle 4-1: Vergangenheitsdaten zur Entwicklung der seitens EVR verkauften Wärmemengen [35].

	2016	2017	2018	2019	2020	2021*	2022	2023	2024**
verkaufte Wärmemenge in MWh/a	16.120	16.227	15.381	15.465	15.382	16.901	14.387	13.992	14.540
Entwicklung zum Vorjahr	-	0,7%	-5,2%	0,5%	-0,5%	9,9%	-14,9%	-2,7%	3,9%
	*witterungsbedingte, kühlere Außentemperatur **Hochrechnung								

Beim Vergleich der Jahresscheiben fallen zunächst die witterungsbedingt z.T. starken Schwankungen auf. Durch einen überdurchschnittlich kalten Winter weist das Jahr 2021 die höchste verkaufte Wärmemenge auf (rund 16,9 GWh/a) und spiegelbildlich aufgrund milderer Bedingungen das Jahr 2023 lediglich 14 GWh/a. Dennoch kann der betrachtete Zeitraum von neun Jahren als repräsentativer Indikator für die Entwicklung der Gesamtwärmemengen im Untersuchungsgebiet angesehen werden. Im Schnitt der neun Jahre liegt die Wärmebedarfsreduktion bei -1,05 % p.a. In Rücksprache mit den städtischen Verantwortlichen wurde auf Basis dieser Erkenntnisse entschieden, die realistische Wärmebedarfsreduktion auf einen Minderungsfaktor von -1 % p.a. festzuschreiben. Dieser Minderungswert wurde anschließend in das DBI-Modell als fixe Vorgabe zur Gesamtbedarfsminderung implementiert und die Modellergebnisse entsprechend skaliert. Folgerichtig sind im Modell weiterhin regionale Unterschiede (z.B. zwischen einzelnen Baublöcken und Straßenzügen aufgrund unterschiedlicher Gebäudenutzung, Gebäudealter usw.) möglich. In Summe beläuft sich die Reduktion des Gesamtwärmebedarfs jedoch auf -1 % p.a. Die prozentuale Vorgabe wurde auch auf gewerbliche bzw. industrielle Abnehmer (z.B. die Großbäckerei) angewendet. Dieses Vorgehen ist vor dem Hintergrund gängiger Literaturannahmen legitim [10].

Das Ergebnis der Plausibilisierung realistischer Wärmebedarfseinsparungen ist der Abbildung 4-4 zu entnehmen. Zunächst erfolgt hierbei die Differenzierung nach den betrachteten Gemeinden (linker Teil der Abbildung). Wenig überraschend besitzt Rochlitz auch im Zieljahr 2045 den mit Abstand größten Anteil am Gesamtwärmebedarf der Verwaltungsgemeinschaft (rund 62 %). Zettlitz bewirkt mit rund 7 % Anteil hingegen den geringsten Einfluss. Zusätzlich zeigt der rechte Teil der Abbildung 4-4 die Aufschlüsselung des Wärmebedarfs nach Abnehmertypen. Analog der Ausgangssituation sind die privaten Haushalte auch perspektivisch von vorrangiger Bedeutung für die Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs (Anteil von knapp drei Viertel am Gesamtbedarf). Insgesamt bewirkt die Wärmebedarfsminderung in Höhe von 1 % p.a. eine Gesamtreduktion von -22 % bis 2045. Im Zieljahr beläuft sich der Gesamtwärmebedarf der Verwaltungsgemeinschaft dann auf 93,2 GWh/a.

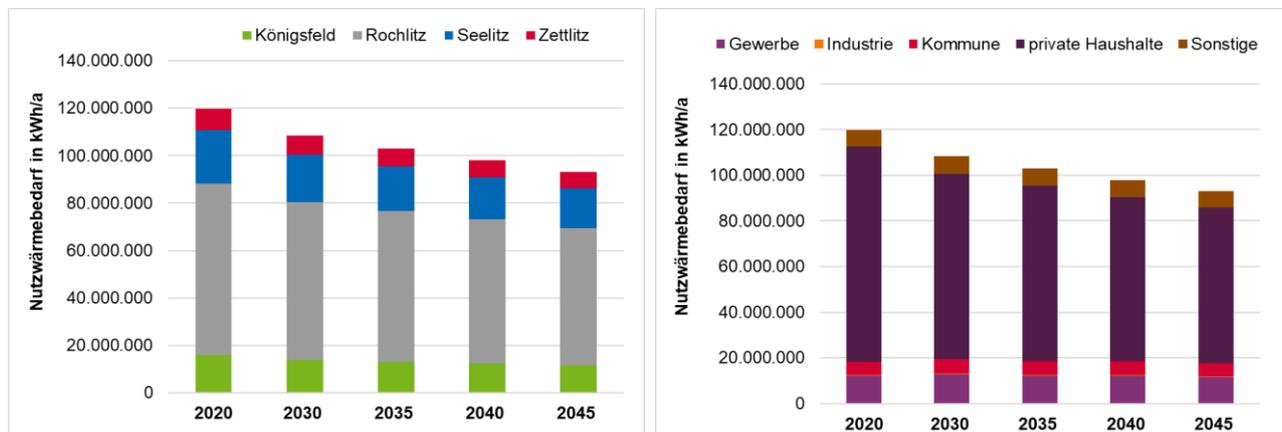


Abbildung 4-4: Erwartete Entwicklung des Wärmebedarfs nach Plausibilisierung der Maximalpotenziale (links: Aufschlüsselung nach Gemeinden; rechts: Aufschlüsselung nach Abnehmertyp).

Ergänzend zur aggregierten Auswertung ist im Vorfeld der Ableitung möglicher Wärmeversorgungsgebiete auch eine regionale Darstellung erforderlich. Die auf Baublockebene stattfindende Verringerung des Wärmebedarfs ist in der Abbildung 4-5 visualisiert.

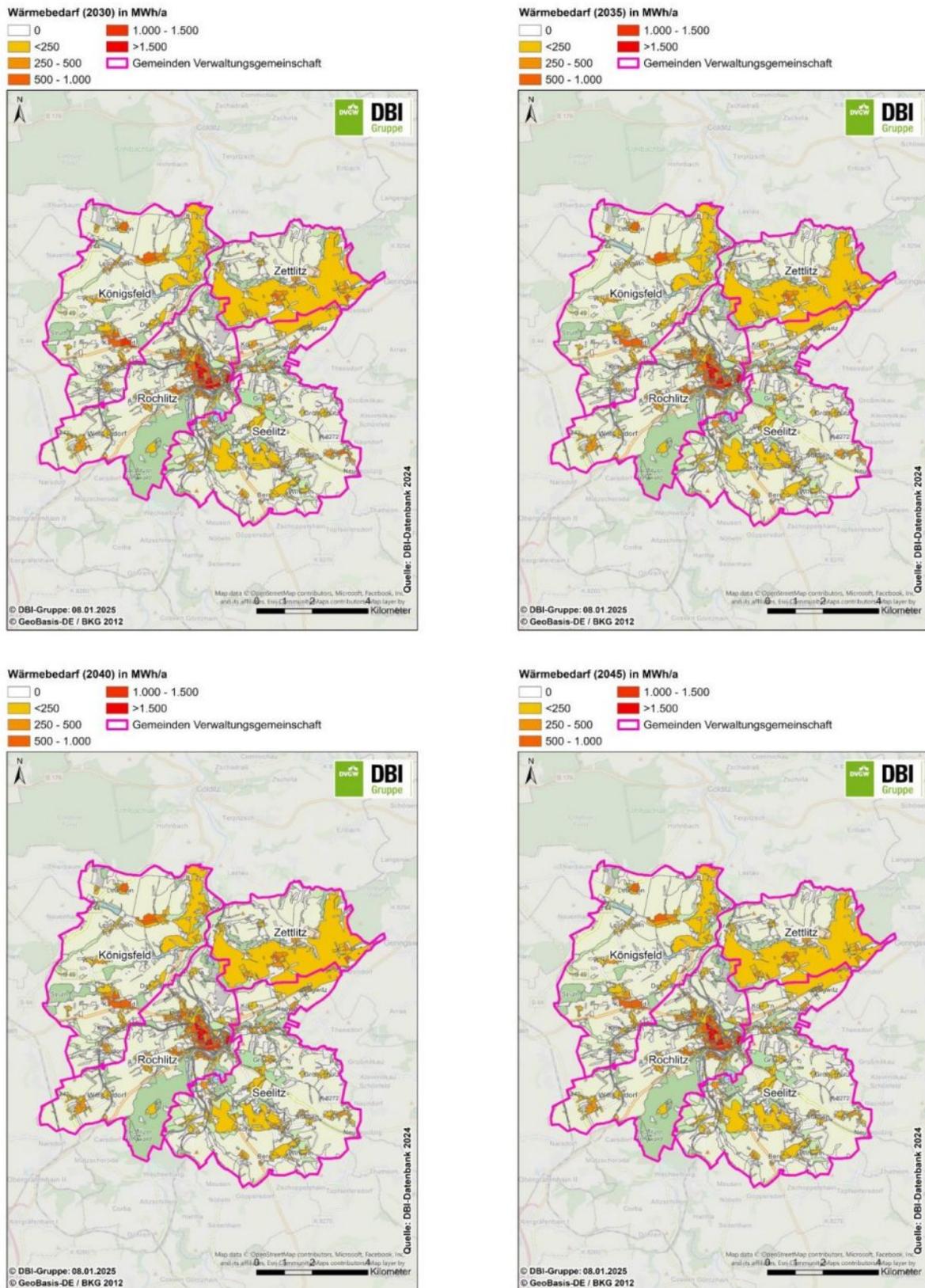


Abbildung 4-5: Entwicklung des Wärmebedarfs auf Baublockebene im Zeitraum 2030 bis 2045.

4.3.2 Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung inkl. Abwärme

4.3.2.1 Solarthermie (Dachflächen)

Die Abbildung 3-7 visualisiert die für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz ermittelten Solarthermiepotenziale bei der Nutzung von Dachflächen. Die Werte sind stets als theoretische Potenziale zu interpretieren, die die maximal generierbaren Wärmeerträge unter der Voraussetzung der Nutzung aller technisch möglichen Dachflächen repräsentieren. Hierbei wird auf Potenzialseite ausschließlich die jeweils betrachtete Technologie unterstellt. D.h. bei der Diskussion der solarthermischen Dachflächenpotenziale liegt die Annahme zugrunde, dass keine PV-Anlagen auf den identifizierten Dachflächen installiert werden. Die Definition eines konkreten Technologiemies (in diesem Fall z.B. der Anteil an Thermieanlagen vs. der Anteil an PV-Anlagen) erfolgt in den Zielszenarien (siehe Kapitel 5).

Unter den getroffenen Modellierungsannahmen (siehe Unterkapitel 4.2.2) ergibt sich das solarthermische Dachflächenpotenzial in der Verwaltungsgemeinschaft zu insgesamt rund 364,2 GWh/a (entsprechend 364,2 Mio. kWh/a). 41 % des Gesamtpotenzials entfallen hierbei bereits auf die Gemeinde Rochlitz. Dies begründet sich durch die in Rochlitz vorhandenen Gebäude und die daraus resultierende Anzahl und Parametrierung der verfügbaren Dachflächen. Seelitz bewirkt ein Viertel des Gesamtpotenzials.

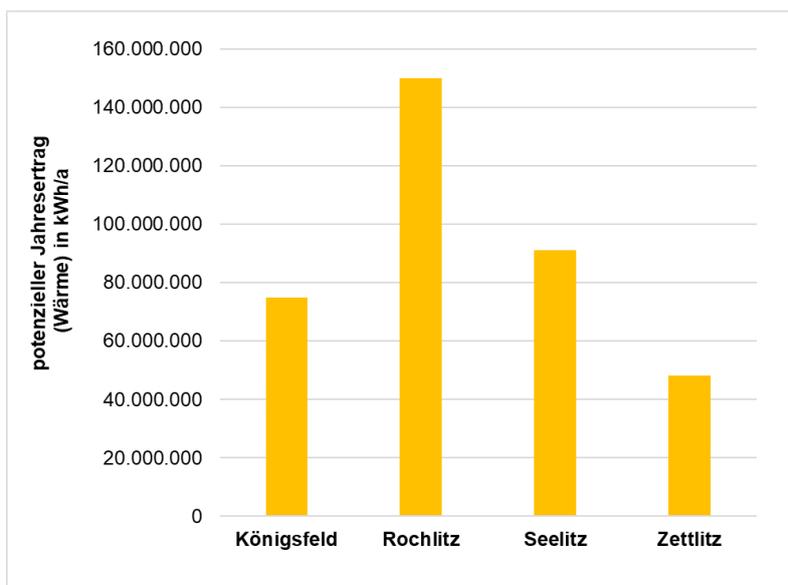


Abbildung 4-6: Hypothetische Jahreserträge erneuerbarer Wärme durch Nutzung von Solarthermie-Aufdachanlagen.

Bei der Interpretation dieser Zahlenwerte sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Zum einen werden im Kontext der Potenzialanalyse lediglich die bilanziellen Jahreserträge ermittelt. Der größte Anteil des solarthermischen Ertrags (70 % bis 80 %) entfällt auf die Sommermonate, wohingegen in den Wintermonaten deutlich geringere Erträge erzielbar sind (20 % bis 30 % des Jahresertrags). Gleichzeitig ist der Raumwärmebedarf in der Heizperiode zu decken (September bis Mai des jeweiligen Folgejahres). Dies führt zu der Erkenntnis, dass für eine geeignete Ausnutzung des solarthermischen Dachflächenpotenzials zur Raumheizung entsprechende Speichersysteme mitzudenken sind, um die zeitlichen Diskrepanzen zwischen erneuerbarem Wärmedargebot und der tatsächlichen Wärmenachfrage zu überbrücken. Grundsätzlich gilt in der Literatur die Auffassung, dass über Solarthermieanlagen ganzjährig der Wärmebedarf für die Trinkwarmwasserversorgung gedeckt werden kann. Zur Deckung des Raumwärmebedarfs wird typischerweise mit einem pauschalen Anteil von 15 % bis 20 % in Relation zum jährlichen Raumwärmebedarf gerechnet [36]. Folglich ist Solarthermie als Option einzustufen, die idealerweise in Kombination mit einer grundlastfähigen Heizungstechnologie kombiniert werden sollte (z.B. Holz-

Pelletheizung oder elektrische Wärmepumpe).

Zum anderen ist fraglich, welcher Anteil der theoretisch in rein technischer Hinsicht geeigneten Dachflächen in Zukunft tatsächlich mit Solarthermie-Aufdachanlagen bestückt werden kann. Neben Erwägungen zum Denkmalschutz und bautechnischen Randbedingungen (Statik) sind hierbei auch weitere „weiche Faktoren“, wie etwa die lokale Handwerkerverfügbarkeit, limitierende Elemente. Die Frage nach einem realistischen Anteil der mit Solarthermie-Aufdachanlagen besetzten Dachflächen wird daher in den Zielszenarien fokussiert.

Die regionale Verteilung der erzielbaren jährlichen Wärmeerträge ist in der Abbildung 4-7 exemplarisch für die Gemeinde Rochlitz visualisiert. Die Erträge skalieren erwartungsgemäß stark mit der verfügbaren Dachfläche und deren Ausrichtung. Daher sind Gebäude mit großen Dachflächen und einer möglichst idealen Südausrichtung im Vorteil.

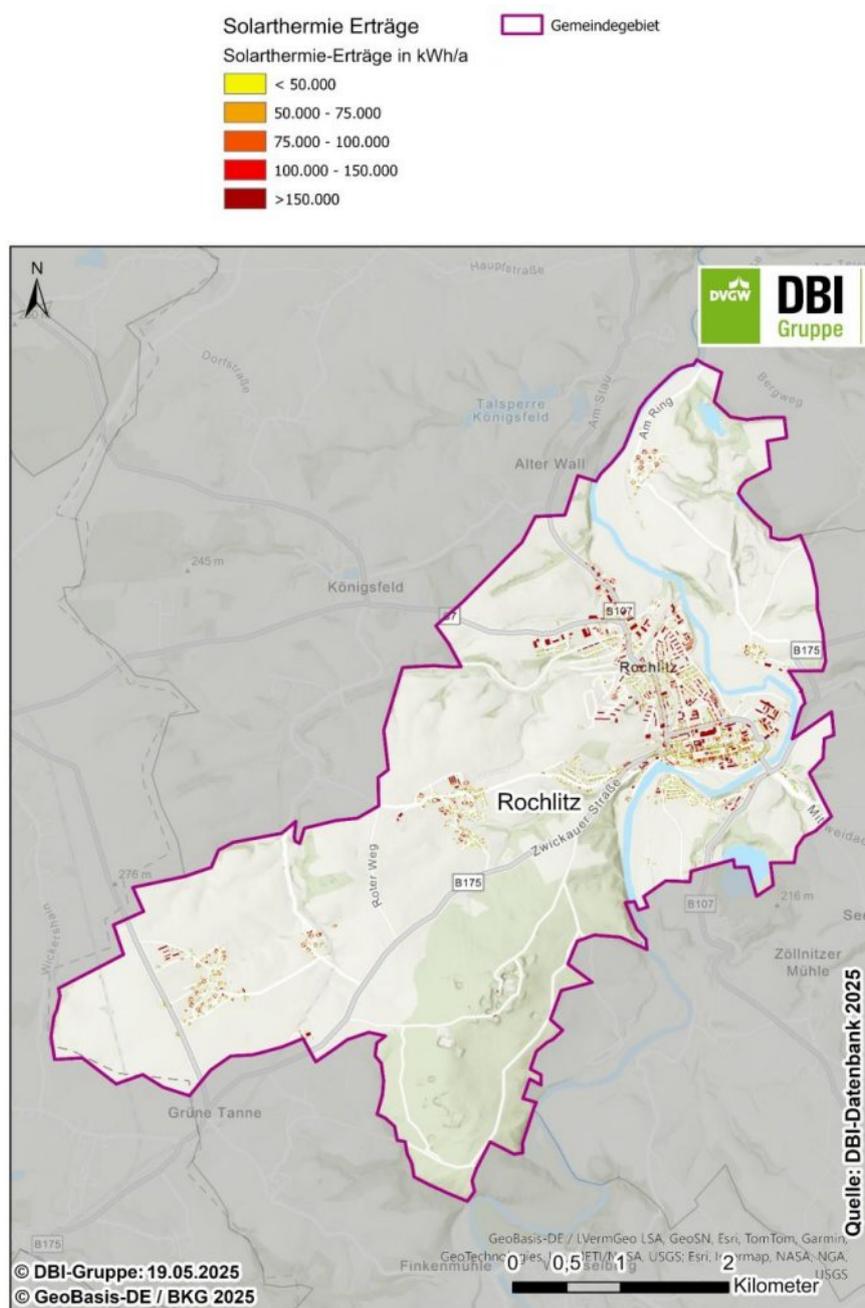


Abbildung 4-7: Dachflächenpotenziale für Solarthermie in Form der generierbaren Wärmeerträge in der Gemeinde Rochlitz.

4.3.2.2 Solarthermie (Freiflächen)

In Ergänzung zu Aufdachanlagen können Solarkollektoren auch als Freiflächenanlagen konzipiert werden. Hierbei sind im Vergleich zu Dachflächensystemen größere Freiheitsgrade in Bezug auf die Kollektorenfläche, den Aufstellungsort respektive die Ausrichtung und die Einbindung in bestehende Wärmeversorgungssysteme (z.B. in Form von Wärmenetzen) realisierbar. Voraussetzung für die Errichtung derartiger Anlagen ist jedoch die Verfügbarkeit geeigneter Flächen. Die unterschiedlichen Flächentypen inklusive der geltenden Bestimmungen und Restriktionen sind Bestandteil der Ausführungen aus Kapitel 4.2.2. Nachfolgend ist eine Zusammenfassung der Modellergebnisse zu finden.

Die Analyse der Flächen zeigte keine EEG-konformen Potenzialflächen in der Verwaltungsgemeinschaft. Jedoch kommen bestimmte Wiesenflächen zur Installation von Freiflächen-Solarthermieanlagen in Betracht. Das Modellergebnis (siehe Abbildung 4-8) attestiert der Verwaltungsgemeinschaft ein theoretisches, solarthermisches Freiflächenpotenzial in Höhe von 1.900 GWh/a wärmeseitig. Der größte Anteil des Gesamtpotenzials entfällt mit rund 38 % auf die Gemeinde Seelitz. Rochlitz bietet aufgrund dichter Bebauung in der Kernstadt sowie weiteren Flächeneinschränkungen im Rest der Gemeinde ein Freiflächenpotenzial auf Wiesenflächen in Höhe von rund 417 GWh/a thermisch (entsprechend einem Anteil von 22 % am Gesamtpotenzial).

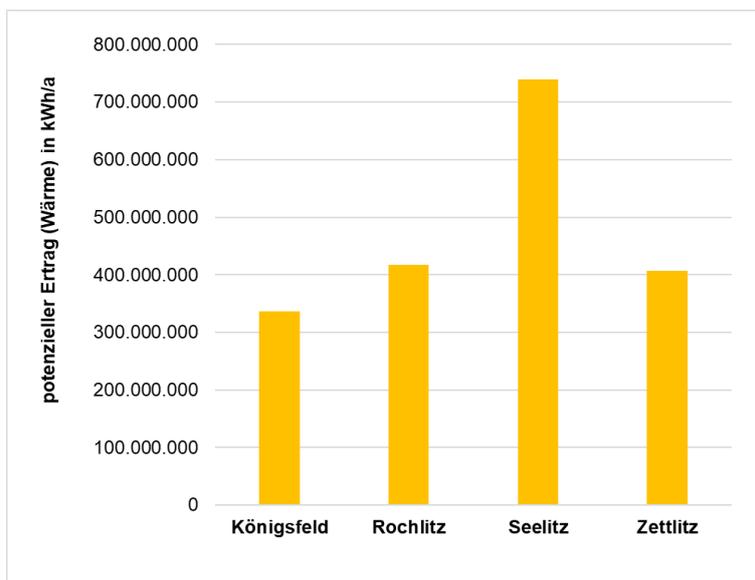


Abbildung 4-8: Hypothetische Jahreserträge erneuerbarer Wärme durch Nutzung von Solarthermie-Freiflächenanlagen (Flächentyp: Wiese).

Zusätzlich zur statistischen Auswertung der Abbildung 4-8 illustriert die Abbildung 4-9 die regionale Distribution der ermittelten Wärmeerträge auf Basis von solarthermischen Freiflächenkollektoren. Insgesamt ist eine Vielzahl theoretisch in Frage kommender Wiesenflächen zu erkennen, die teilweise Gemeindegrenzen überschreiten (so z.B. an der Grenze von Königsfeld zu Zettlitz). Seelitz ist durch eine Vielzahl kleinerer Flächen geprägt. Analog zu Aufdachanlagen gelten verschiedene Einschränkungen, die bei der Bewertung der aufgezeigten Potenziale und deren Überführung in ein Zielbild zu beachten sind. Zunächst sind größere Freiflächenanlagen der Solarthermie nur dann sinnvoll nutzbar, wenn sie adäquat in Wärmenetzsysteme eingebunden werden. Dies liegt darin begründet, dass Freiflächen und Abnehmer eine mitunter große Distanz zueinander aufweisen. Ebenso können kommunale Flächennutzungspläne die Erschließung bestimmter Gebiete für Solarthermie einschränken. Im Kontext der Potenzialanalyse werden die Flächen anhand öffentlicher Daten und bekannter Einschränkungen (z.B. Naturschutzgebiete) ermittelt. Kommunale Besonderheiten können in den Modellen nur rudimentär abgebildet werden – dasselbe gilt für Besonderheiten im örtlichen Baurecht. Weiterhin kann die tatsächliche Errichtung eines Freiflächen-Solarkollektors durch bauliche Hindernisse erschwert werden, was etwa aus der vorherrschenden

Topografie (unebene oder steile Flächen) resultiert. Nicht zuletzt sind wirtschaftliche Belange und Akzeptanzfragen als mögliche Hemmnisse zu nennen.

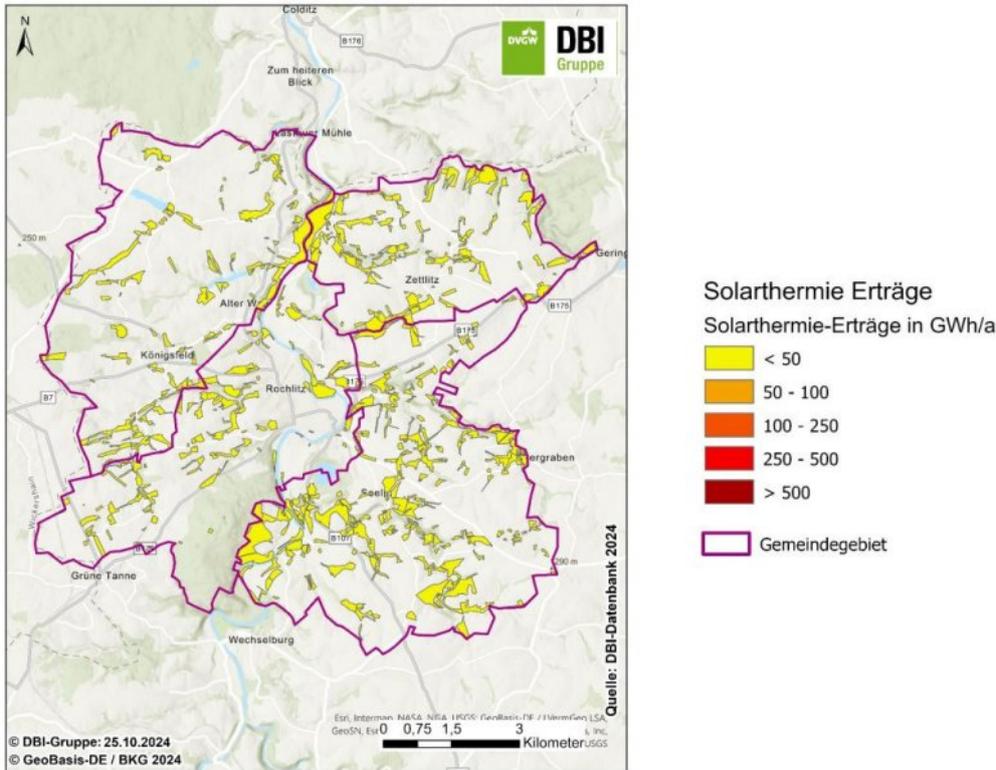


Abbildung 4-9: Regionale Verteilung der hypothetischen Jahreserträge erneuerbarer Wärme durch Nutzung von Solarthermie-Freiflächenanlagen (Flächentyp: Wiese).

4.3.2.3 Biomasse/Abwärme

Die Nutzung von Biomasse bzw. Abwärme aus Biomasseanlagen stellt eine weitere Option zur Bereitstellung von erneuerbarer Wärme (und im Falle von KWK-Anlagen auch erneuerbarem Strom) dar. In Abhängigkeit der Biomasseart unterliegt die Potenzialseite engen Begrenzungen. Allgemein gilt der Grundsatz, dass für Wärmezwecke vorgesehene Biomasse aus dem Untersuchungsgebiet selbst bzw. dessen näherer Umgebung stammen sollte. Damit können einerseits Nachhaltigkeitsaspekte adressiert werden (Vermeidung zusätzlicher Klimaauswirkungen infolge langer Transportwege). Andererseits wird so einer Überschätzung des Biomassepotenzials infolge von Doppelberücksichtigungen respektive ausbleibender Betrachtung der Nutzungskonkurrenzen entgegengewirkt.

Vor diesem Hintergrund wurde entschieden, nur bestehende Biomasseanlagen in Hinblick auf ihre zukünftigen Potenziale zur Nutzung entstehender Abwärme zu untersuchen. Konkret stehen Biogasanlagen (BGA) bzw. Biogaseinspeiseanlagen (BGEA) im Fokus. Unter BGA werden nachfolgend jene Anlagen verstanden, die Biogas vor Ort selbst erzeugen und anschließend in Blockheizkraftwerken zur parallelen Strom- und Wärmeerzeugung einsetzen. Derartige Anlagen werden gemäß dem Erneuerbare-Energien-Gesetz gefördert bzw. erhalten entsprechende Vergütungen für den in das öffentliche Netz eingespeisten Strom. Die Dauer des Vergütungszeitraumes ist hingegen begrenzt und beläuft sich in der Regel auf 20 Jahre. Anschließend müssen die Anlagenbetreiber entscheiden, welches zukünftige Geschäftsmodell sie verfolgen wollen.

Ein Ansatz besteht in der Umrüstung der BGA zu einer BGEA. Hierbei wird der Rohbiogaserzeugung eine Reihe weiterer Aufbereitungsschritte nachgeschaltet. Im Kern sind dies eine CO₂-Abtrennung sowie Trocknung und Entschwefelung. Ziel der zusätzlichen Anlagentechnik ist es, Biomethan bereitzustellen. Biomethan ist hierbei als Erdgassubstitut anzusehen, das in das verfügbare Erdgasnetz eingespeist werden kann. [37]

Einen Überblick zu den vorhandenen Anlagen und daraus ableitbaren Abwärmepotenzialen bietet die Abbildung 4-10. Das vermeintliche Potenzial in Rochlitz wird durch ein Biomethan-BHKW gebildet, das durch die Iqony Energies GmbH betrieben wird [26]. Dieses Biomethan-BHKW speist seine Abwärme allerdings bereits in das Rochlitzer Bestands-Wärmenetz ein, sodass an dieser Stelle kein zusätzliches Potenzial gehoben werden kann. Im Kontext der Biogasverstromungsanlagen existieren in der Gemeinde Zettlitz drei Biogas-BHKW mit einer gesamten elektrischen Nennleistung von 1.405 kW. Diese Anlagen stellen bei bilanzieller Betrachtung eine Abwärmemenge von ca. 13.380 MWh/a zur Verfügung. Für eine etwaige weitere Berücksichtigung dieser Abwärmemenge ist zwingend zu bedenken, dass Biogasverstromungsanlagen zumeist in landwirtschaftlichen Betrieben installiert sind. Die Abwärme der Biogas-BHKW wird hierbei in aller Regel zu einem hohen Anteil vor Ort selbst verwendet. Typisch sind etwa die Abwärmennutzung zur Beheizung von Stallungen, Gewächshäusern sowie Gebäuden auf den Grundstücken der Agrarbetriebe. Sollten darüber hinaus residuale Abwärmemengen verfügbar sein, so müssten diese in ein Wärmenetz einspeist werden, um sie zu weiteren Endabnehmern (z.B. private Haushalte) zu transportieren. Diese Aspekte werden bei der Definition der Zielszenarien unter Kapitel 5 entsprechend berücksichtigt.

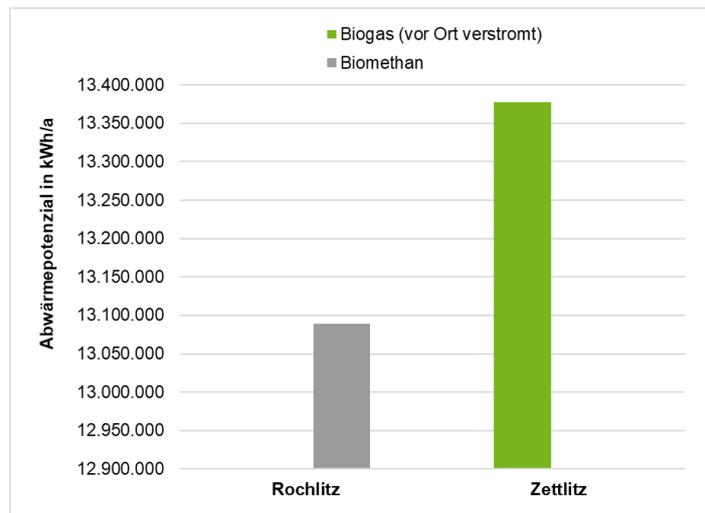


Abbildung 4-10: Abwärmepotenziale aus bestehenden Biogas- bzw. Biomethananlagen in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.

Die Standorte der erwähnten Anlagen inklusive der rechnerischen erneuerbaren Wärmepotenziale sind anhand der Abbildung 4-11 nachvollziehbar. In Königsfeld und Seelitz existieren demnach keine Biogasverstromungs- bzw. Biogaseinspeiseanlagen.

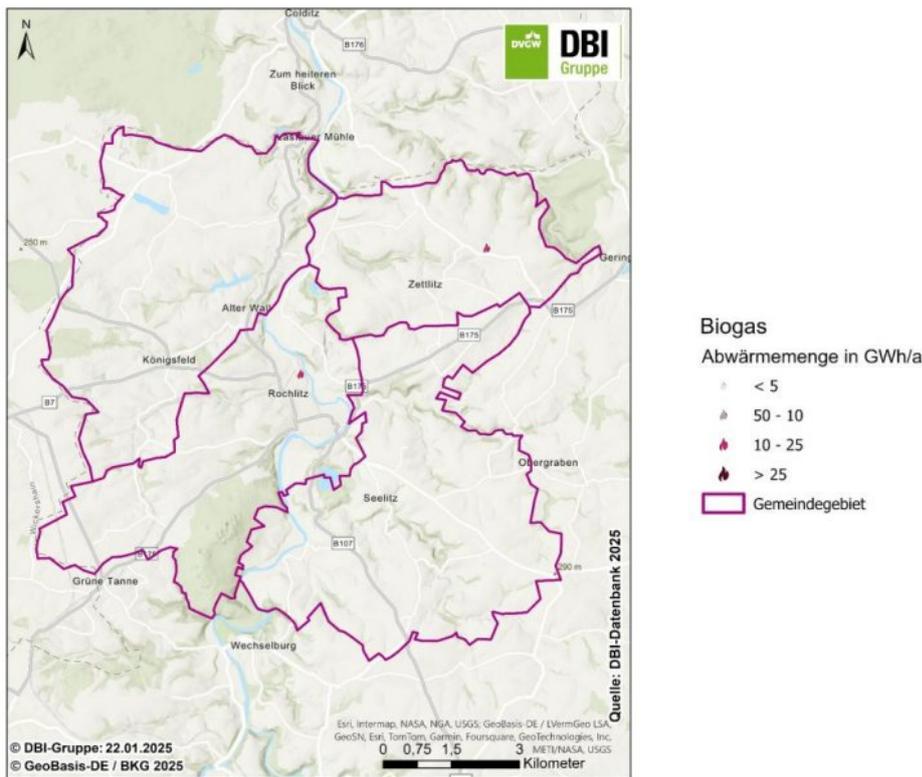


Abbildung 4-11: Regionale Verteilung der Biomasseanlagen und ihrer bilanziellen Abwärmepotenziale in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.

4.3.2.4 Geothermie

Grundlegend für die oberflächennahe Geothermie ist, dass in diesem Bereich Wärmeenergie aus der Sonneneinstrahlung und ab einer Tiefe von 10 m - 15 m Wärmeenergie aus dem Erdkern gespeichert ist. Je tiefer die Erdschichten reichen, desto wärmer werden die Gesteinsschichten. Pro hundert Meter Gesteinstiefe kann mit einer Zunahme der Gesteinstemperatur von 3 K gerechnet werden. Der geothermische Gradient, der den Wärmetransport aus der Tiefe kontinuierlich vorantreibt, ist für die Nachführung der Wärme verantwortlich. Berechnungen und weitere Informationen können der VDI 4640 entnommen werden. In diesem Zusammenhang sind die unterschiedlichen Gesteine und deren Eigenschaften für eine unterschiedliche Intensität des Wärmetransports und der Eignung zur geothermischen Energiegewinnung verantwortlich, diese können beispielhaft in Tabelle 4-2 nachgelesen werden.

Das Gebiet der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz mit den Gemeinden Königsfeld, Rochlitz, Seelitz und Zettlitz weist ein normales geothermisches Potenzial auf. Diese Aussagen basieren auf den geologischen Formationen und Gesteinen, die im Untergrund des Gebietes anzutreffen sind. Eine erste Eignungsprüfung deutet darauf hin, dass in den Gemeinden zum Teil unterschiedliche unterirdische Wärmereserven vorhanden sind, die für eine nachhaltige Energiegewinnung genutzt werden könnten. Die geologischen Formationen in diesem Gebiet bestehen aus verschiedenen Gesteinskörpern, den sogenannten Schluffsteinen (klastische Sedimente), die theoretisch eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Es gibt aber auch Festgesteine wie Gneise oder klassische Sedimentgesteine wie Vulkanite, die höhere Entzugsleistungen erbringen können. Eine Zusammenfassung mit den verfügbaren Wärmeleitfähigkeiten und spezifischen Wärmekapazitäten von Gesteinen und Geofluiden unter normalen Bedingungen ist in Tabelle 4-2 enthalten.

Tabelle 4-2: Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität von Gesteinen und Geofluiden unter Normalbedingungen [38, 39].

Gestein	Mittlere Wärmeleitfähigkeit λ $\left(\frac{J}{s \times m \times K}\right)$	Spezifische Wärmekapazität c $\left(\frac{kJ}{kg \times K}\right)$
Vulkanit (Basalt)	1,3 - 2,3	0,72 - 1,00
Lößlehm (Schwemmlöß)	1,3	
Schluff (Ton)	0,9 - 2,3	0,80 - 2,30
Gneis	1,9 - 4,0	0,75 - 0,90
Tonschiefer/ Tonstein	0,6 - 4,0	0,82 - 1,18

Mit Hilfe der Umgebungsdaten aus dem Geothermieatlas Sachsen [40] konnten Bereiche für Entzugsleistungen bei einer Endteufe von 100 m und einer Volllaststundenzahl von 1.800 h/a abgeleitet werden. Die Entzugsleistungen für das Untersuchungsgebiet sind mit den in Sachsen vorliegenden Werten vergleichbar. Für die Gemeinden können folgende Werte angenommen werden, die in der Tabelle 4-3 bis Tabelle 4-6 sowie in der Abbildung 4-12 dargestellt sind.

Tabelle 4-3: Übersicht über vorliegende Gesteine und das geothermische Potenzial in Rochlitz.

Gestein	Potenzial	Entzugsleistung Watt je m
Vulkanit	höheres Potenzial	55 - 57
Lößlehm (Schwemmlöß)	mittleres Potenzial	45 - 52
Schluff (Ton)	mittleres Potenzial	45 - 47

Tabelle 4-4: Übersicht über vorliegende Gesteine und das geothermische Potenzial in Königsfeld.

Gestein	Potenzial	Entzugsleistung Watt je m
Vulkanit	höheres Potenzial	55 - 57
Lößlehm (Schwemmlöß)	mittleres Potenzial	45 - 52

Tabelle 4-5: Übersicht über vorliegende Gesteine und das geothermische Potenzial in Seelitz.

Gestein	Potenzial	Entzugsleistung Watt je m
Festgestein (Gneis)	höheres Potenzial	52 - 57
Festgestein (Granulit)	höheres Potenzial	47 - 55

Tabelle 4-6: Übersicht über vorliegende Gesteine und das geothermische Potenzial in Zettlitz.

Gestein	Potenzial	Entzugsleistung Watt je m
Lößlehm (Schwemmlöß)	mittleres Potenzial	45 - 52
Tonschiefer	höheres Potenzial	52 - 57

Es ist darauf hinzuweisen, dass in der Gemeinde Bergbau betrieben wurde. In der Vergangenheit wurden verschiedene Kupfererz- und Steinkohlevorkommen abgebaut, die sich insbesondere im Bereich Seelitz am Erlbach befinden [41]. In diesem Zusammenhang ist es möglich, dass Bereiche der ehemaligen Gruben mit Wasser gefüllt sind. Als Quelle für eine geothermische Nutzung eignen sich diese hingegen nach aktuellem Kenntnisstand nicht, da der Stollen nur eine Länge im zweistelligen Meterbereich besitzt.

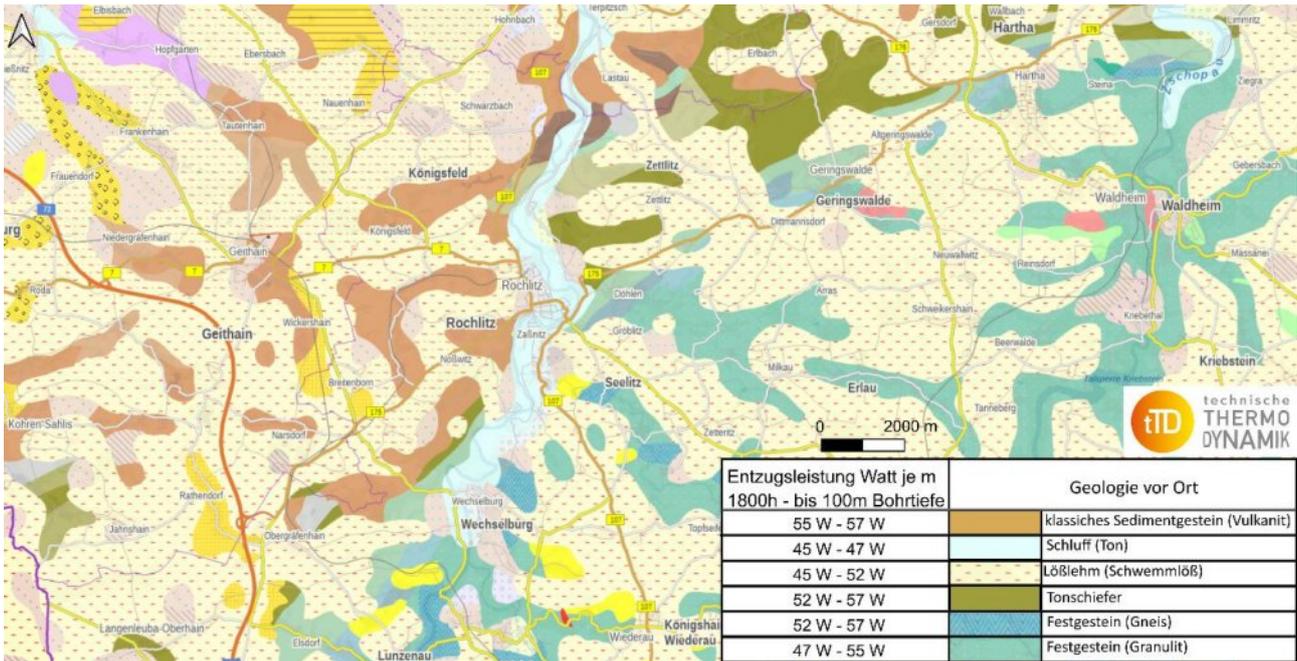


Abbildung 4-12: Betrachtungsgebiet mit geologischer Karte und den möglichen Potenzialen der Entzugsleistung Watt je m bis 100 m Bohrtiefe, Darstellung der TU Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl für technische Thermodynamik auf Basis von Daten nach [40].

4.3.2.5 Sonstige (Abwasser)

In der Theorie existieren weitere Quellen für erneuerbare Wärme bzw. Abwärme. Denkbar ist etwa, eine Wärmeauskopplung aus Wasserströmen in einer Kläranlage vorzunehmen. Jedoch sind diese Potenziale in der Regel, sofern keine konkreten Vorgängeruntersuchungen vorliegen, schwer plausibel zu quantifizieren. Darüber hinaus stellt der Versuch der Wärmeauskopplung aus Industrieprozessen, Klärwerksprozessen u.Ä. stets ein technisch komplexes Unterfangen dar, das von einer Vielzahl an individuellen Voraussetzungen vor Ort abhängig ist und einen erheblichen Eingriff in bestehende Prozesse bewirken würde. Die tatsächliche Realisierbarkeit ist daher mit bedeutend größeren Unsicherheiten behaftet als bei den zuvor diskutierten erneuerbaren Wärmepotenzialen. Auf Basis dieser Überlegungen und mangels der Verfügbarkeit entsprechender Voruntersuchungen werden für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz keine weiteren erneuerbaren Wärmepotenziale berücksichtigt.

4.3.3 Potenziale erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung für Wärme

4.3.3.1 Windkraftanlagen

Windkraftanlagen sind eine seit Jahrzehnten eingesetzte und technisch erprobte Variante zur Erzeugung erneuerbaren Stroms. In den vergangenen Jahren wurde die Technologie stetig weiterentwickelt und die durchschnittlichen Anlagengrößen in Form der Nabenhöhe und elektrischen Nennleistung wiesen starke Zuwächse auf. Im Vergleich zu Solaranlagen gilt außerdem der Vorteil, dass insbesondere auch in den Wintermonaten aufgrund der vorherrschenden Windgeschwindigkeiten hohe Erträge möglich sind. Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend die potenziellen Standorte und stromseitigen Erträge weiterer Windkraftanlagen in der Verwaltungsgemeinschaft analysiert. Hierbei wird die Nutzung von Waldflächen ausgeschlossen.

Die Abbildung 4-13 zeigt das Ergebnis der Auswertungen. Demnach konnten in Königsfeld Flächen identifiziert werden, die anhand geltender Bestimmungen (Siedlungsabstände u.Ä.) den Bau drei idealtypischer Windkraftanlagen mit einer elektrischen Nennleistung von je 5,5 MW zulassen. In Rochlitz könnte an der südöstlichen Gemeindegrenze eine Anlage theoretisch errichtet werden. In Rücksprache mit den verantwortlichen kommunalen Vertretern wurde jedoch entschieden, für die nachfolgenden Betrachtungen ausschließlich die potenziellen Anlagen in Königsfeld weiter zu berücksichtigen. Das Königsfelder Windkraftpotenzial beträgt damit nach Verknüpfung mit den hiesigen Windprofilen rund 37,9 GWh/a elektrisch. In diesem Kontext wurde eine mittlere Windgeschwindigkeit in der Höhe der Rotorachse angenommen, wobei der Mittelwert aus der Auswertung der Windprofile über einen Zeitraum von 18 Jahren resultiert.

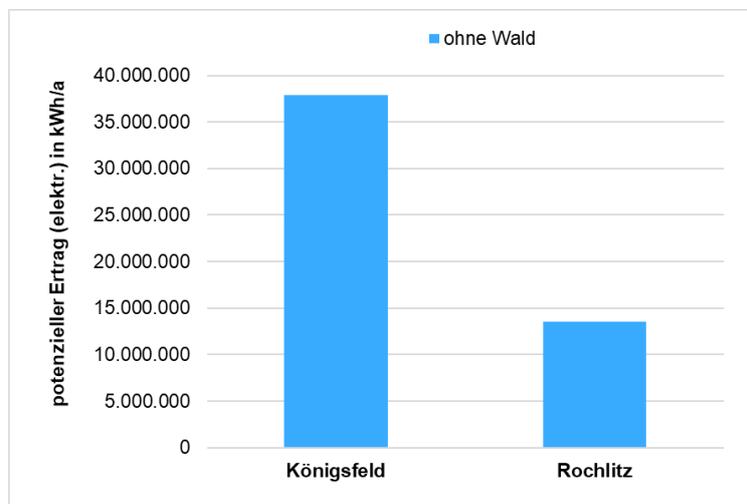


Abbildung 4-13: Potenzielle Stromerträge aus Windkraftanlagen in der Verwaltungsgemeinschaft (ohne Waldflächen).

Die räumliche Verteilung der identifizierten Windkraftstandorte ist der Abbildung 4-14 zu entnehmen. Deutlich zu erkennen ist, dass zwei Anlagen im nördlichen Grenzbereich der Gemeinde und eine Anlage im südwestlichen Abschnitt der Gemeindegrenze platziert werden könnten. Für die drei Anlagen wurde jeweils die gleiche elektrische Nennleistung angenommen sowie die erforderlichen Siedlungsabstände (mindestens 1.000 m), die nötigen Flächenbedarfe und limitierende Effekte (Wind-Verschattung etc.) berücksichtigt.

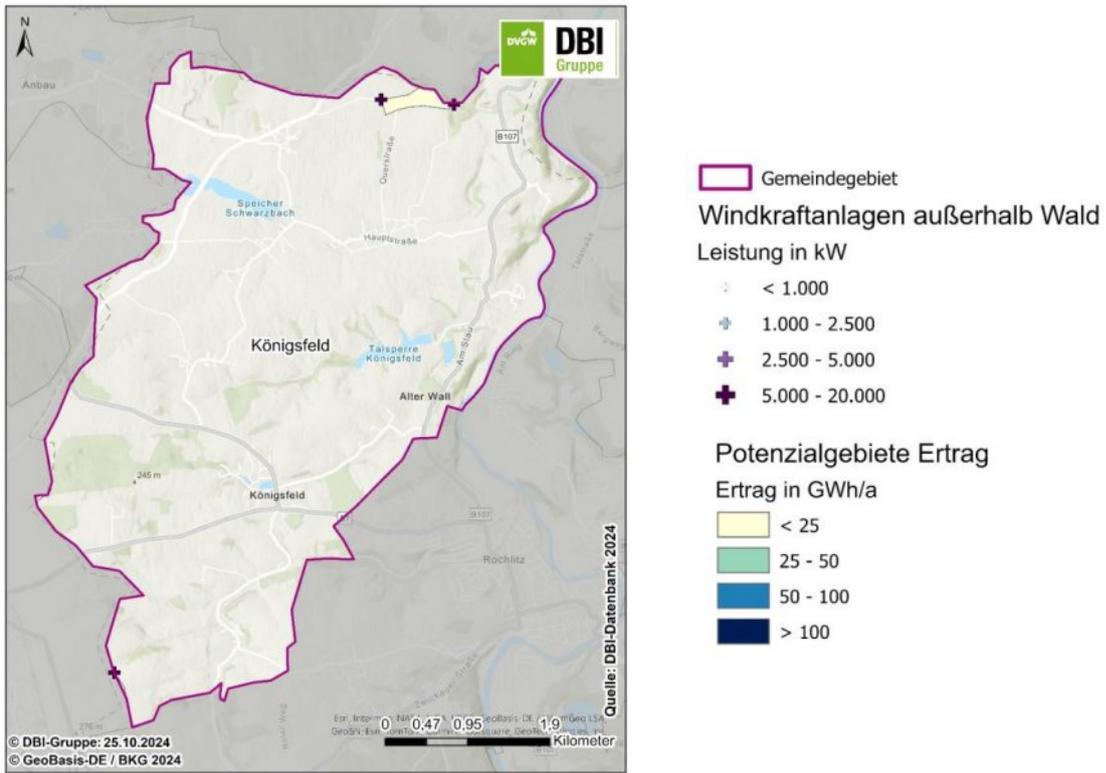


Abbildung 4-14: Identifizierte Standorte und potenzielle Stromerträge von Windkraftanlagen in Königsfeld.

4.3.3.2 Photovoltaikanlagen (Dachflächen)

Parallel zu Solarkollektoren (solarthermische Aufdachanlagen, siehe Abschnitt 4.3.2.1) ist die Installation von Photovoltaikanlagen (PV) auf geeigneten Dachflächen denkbar. Folgerichtig dient die Dachfläche dann der Bereitstellung erneuerbaren Stroms anstatt erneuerbarer Wärme. Kombinierte Anlagen sind technisch zwar möglich, in der Praxis allerdings selten anzutreffen und würden zudem keine trennscharfe Berechnung strom- und wärmeseitiger Potenziale gewährleisten. Daher wird an dieser Stelle auf deren Betrachtung verzichtet.

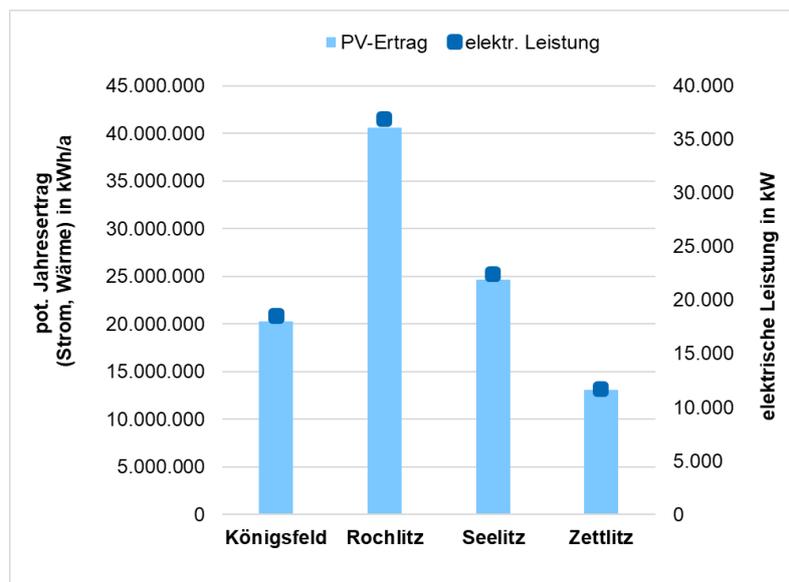


Abbildung 4-15: Hypothetische Jahreserträge erneuerbaren Stroms sowie installierbare elektrische Leistung durch Nutzung von PV-Aufdachanlagen.

Die Abbildung 4-15 fasst die ermittelten PV-Potenziale in Form der jährlichen Stromerträge zusammen. Hierbei wurden im Zuge der Berechnung neben den Dachflächen und den Neigungswinkeln auch weitere Parameter (insbesondere die solare Einstrahlung) standortscharf berücksichtigt. In Summe bietet die Verwaltungsgemeinschaft einen hypothetischen Ertrag in Höhe von 98,6 GWh/a stromseitig. Auf Rochlitz entfallen hierbei ca. 41 GWh/a elektrisch. Bei der Bewertung des Potenzials sind ähnliche Einschränkungen aufzuführen wie bei den Solarkollektoren auf Dachflächen. Demnach ist der Anteil der in der Realität mit PV-Anlagen ausstattbaren Dachflächen mit dem nötigen Augenmaß zu diskutieren. Zusätzlich zu den Restriktionen bei Solarthermieanlagen können auf der Seite des Stromverteilnetzes weitere Limitierungen auftreten. Infolge der Einspeisung erneuerbaren Stroms müssen vor allem entsprechende Netzanschlusskapazitäten vorgehalten werden. Da die Stromverteilnetze vor zukünftig weiter wachsenden Herausforderungen stehen (z.B. auch bedingt durch zunehmende Stromnachfrage infolge von Wärmepumpeninstallationen sowie der Elektromobilität), sind diese Aspekte bei der Definition geeigneter Zielszenarien einzubeziehen. Für planerische Aktivitäten zum Stromverteilnetzausbau sind die elektrischen Anschlussleistungen von größerer Bedeutung als die jährlichen Strommengen. Aus diesem Grund ist in der Abbildung 4-15 zusätzlich die aggregierte elektrische Leistung der modellierten PV-Anlagen aufgetragen. Insgesamt wäre bei Nutzung aller theoretisch möglichen Dachflächen in der Verwaltungsgemeinschaft eine Nennleistung von 89,5 MW elektrisch anzubinden, wobei Rochlitz rund 37 MW elektrisch bewirkt. Eine Bewertung der netzseitigen Machbarkeit dieser Leistungsgrößen ist an dieser Stelle nicht durchführbar, da keine Daten zu freien Netzanschlusskapazitäten des Stromverteilnetzes zur Verfügung standen.⁹

⁹ Der zuständige Verteilnetzbetreiber hat im Rahmen des iterativen Feedbackprozesses und mit Blick auf die Datenbeistellungen eine Stellungnahme der von ihm vertretenen Rechtsauffassung, den technischen Hintergründen und der Dateninterpretation bereitgestellt. Diese Stellungnahme befindet sich im Kapitel 8.2.

Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

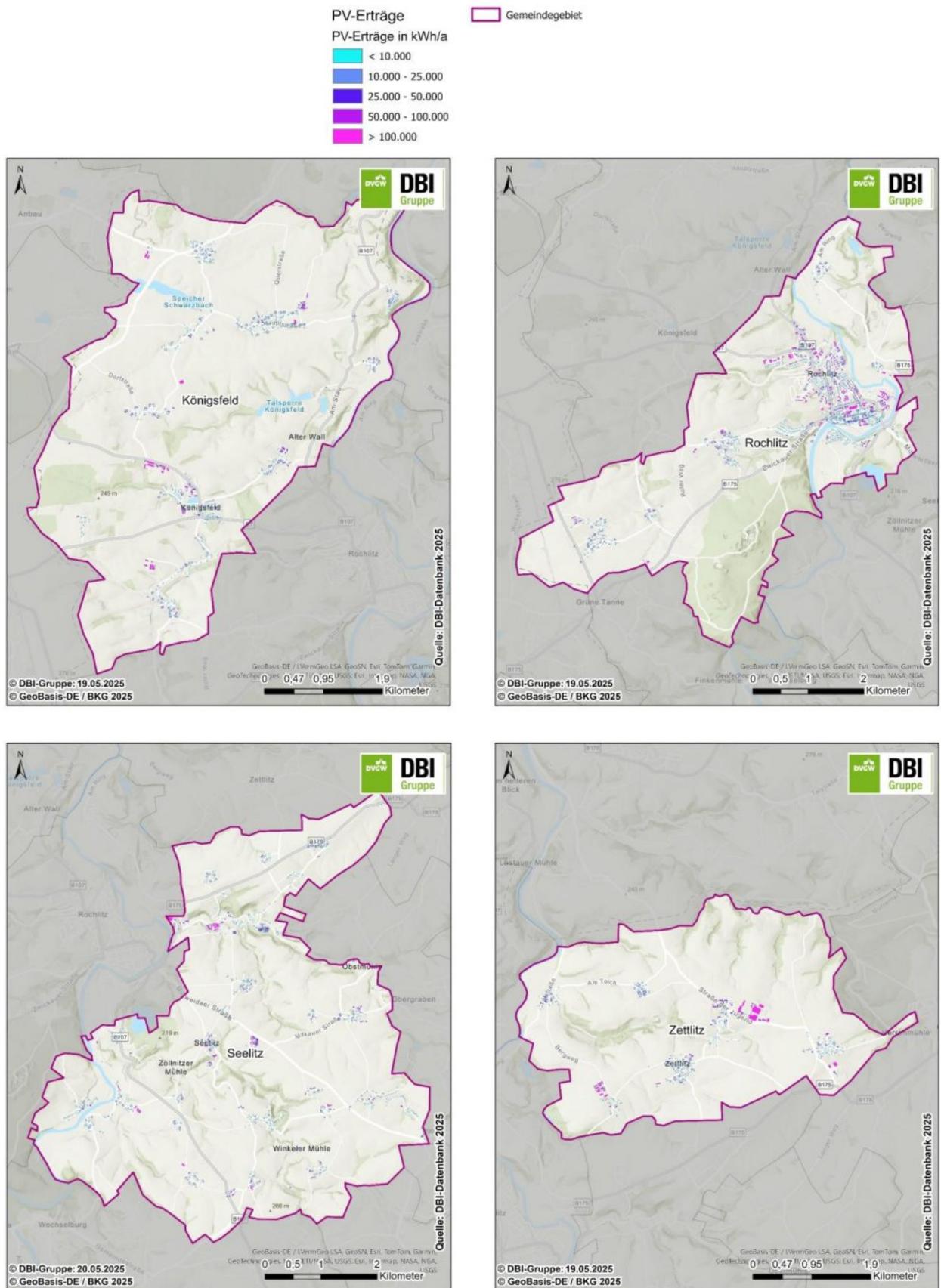


Abbildung 4-16: PV-Dachflächenpotenziale in Form der generierbaren Stromerträge in der Verwaltungsgemeinschaft.

4.3.3.3 Photovoltaikanlagen (Freiflächen)

Parallel zu den unter Abschnitt 4.3.2.2 diskutierten Thermieanlagen auf Freiflächen besteht ebenso die Möglichkeit, PV-Module auf den Freiflächen zu installieren. Anstelle der erneuerbaren Wärme kann so erneuerbare elektrische Energie bereitgestellt werden, die z.B. Wärmepumpen antreibt. Das Ergebnis der Analysen zu diesem Anlagentyp ist in der Abbildung 4-17 hinterlegt. Demzufolge besitzt die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz ein maximales Strompotenzial aus PV-Anlagen auf Weideland in der Größenordnung von 514 GWh/a elektrisch. Dies entspricht ungefähr dem Hundertfachen des aktuellen Strombedarfs für Wärmezwecke. Allerdings sind diverse Restriktionen zu bedenken, sofern ein Teil der Potenziale gehoben werden soll. Diese Einschränkungen sind prinzipiell deckungsgleich zu den Hindernissen aus Kapitel 4.3.2.2. Jedoch kommt noch erschwerend hinzu, dass derartige Anlagen einen bedarfsgerechten Anschluss an das örtliche Stromverteilnetz benötigen. Daher weist die Abbildung 4-17 auf der vertikalen Sekundärachse ebenfalls die anzubindende elektrische Nennleistung aus. Allein in Seelitz beliefe sich diese bereits auf knapp 171 MW, insgesamt hingegen auf 440 MW elektrisch.

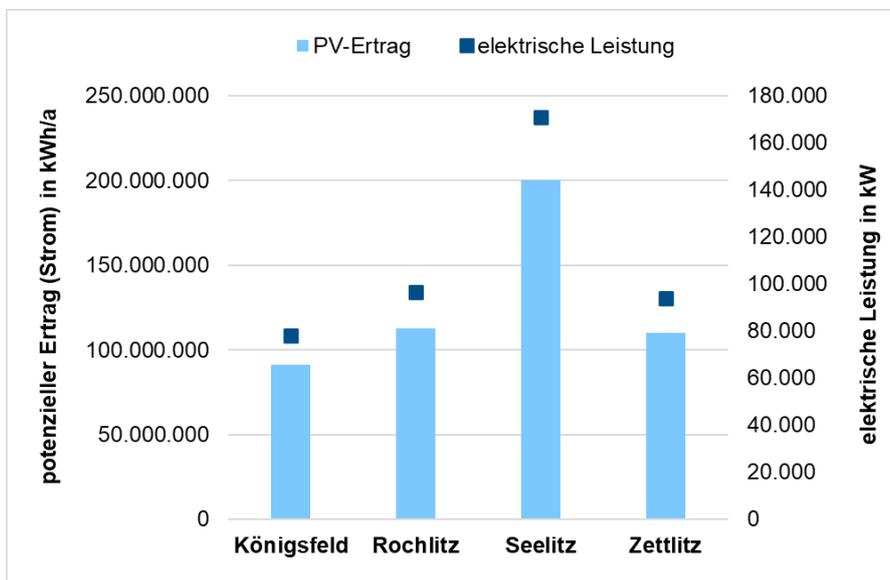


Abbildung 4-17: Hypothetische Jahreserträge erneuerbaren Stroms durch Nutzung von PV-Freiflächenanlagen (Flächentyp: Wiese).

Die Abbildung 4-17 dient zur geografischen Verortung der oben bilanziell aufgezeigten Potenzialwerte. Die identifizierten Flächen sind inklusive ihrer Lage analog zu den Darstellungen und Ausführungen unter Kapitel 4.3.2.2. Nun sind jedoch die generierbaren Stromerträge abgebildet. Es ist festzustellen, dass alle Einzelflächen maximale Erträge jeweils unter 20 GWh/a elektrisch aufweisen.

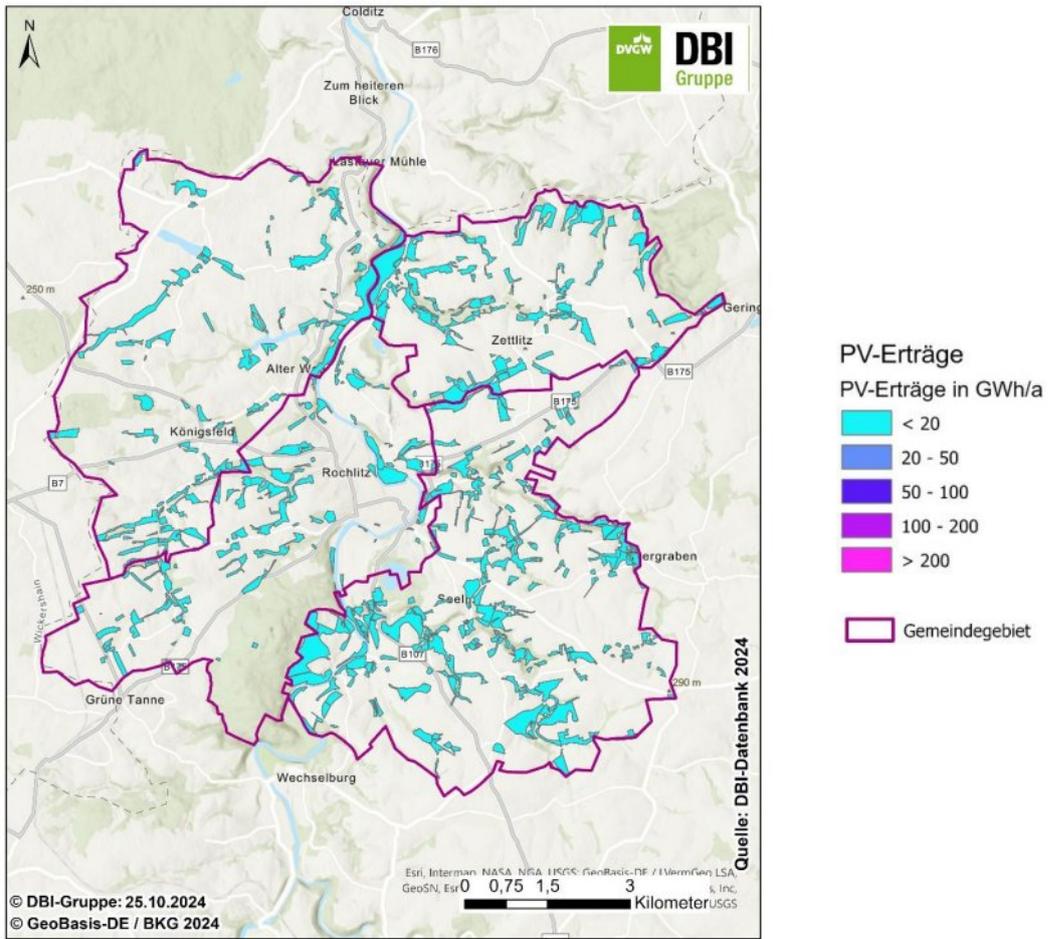


Abbildung 4-18: Regionale Verteilung der hypothetischen Jahreserträge erneuerbaren Stroms durch Nutzung von PV-Freiflächenanlagen (Flächentyp: Wiese).

4.3.4 Zusammenfassung

4.3.4.1 Erneuerbares Wärmepotenzial

Die Potenzialanalyse zeigt verschiedene Möglichkeiten zur Bereitstellung erneuerbarer Wärme. Diese unterscheiden sich zum Teil signifikant in Hinsicht auf die Potenzialhöhe, die regionale Verteilung und die zu beachtenden Restriktionen.

Eine Zusammenfassung der ermittelten hypothetischen Wärmeerträge aus erneuerbaren Quellen bzw. Abwärme ist der Abbildung 4-19 zu entnehmen. Deutlich zu erkennen sind zunächst die erheblichen theoretischen EE-Wärmemengen aus möglichen Solarkollektoranlagen auf Freiflächen. In Rücksprache mit der Kommune wurde jedoch entschieden, diese Potenziale im Kontext des Zielszenarios als nachrangig zu betrachten. Eine Ursache hierfür ist, dass zur Hebung der Freiflächenpotenziale in drei von vier Gemeinden zwangsläufig Wärmenetzinfrastrukturen nötig wären. Ebenso wurden ernsthafte Zweifel an einer wirtschaftlichen und mit der Akzeptanz der Bevölkerung vereinbaren Umsetzung geäußert. Vor diesem Hintergrund sind die Dachflächenpotenziale und Abwärmequellen von vorrangigem Interesse. Die maximal hebbaren Solarthermiefpotenziale auf Dachflächen entsprechen bei rein bilanzieller Betrachtung dem heutigen Wärmebedarf mal den Faktor drei. Jedoch gilt es die unterjährig gegenteiligen Verläufe von Wärmebedarf (im Winter) und solarthermischem Angebot (vorrangig im Sommer) bei den nachfolgenden Analysen zu beachten. Da die Abwärme des Biomethan-BHKW in Rochlitz bereits in das Wärmenetz eingespeist wird, existieren lediglich in Zettlitz infolge der bestehenden Biogasanlagen weitere Abwärmemengen. Sollen diese Abwärmepotenziale erschlossen werden, ist vorab auf mögliche Nutzungskonkurrenzen (z.B. eine bestehende Stallheizung) zu achten. Insgesamt belaufen sich die weiter zu untersuchenden Potenziale (exklusive Freiflächen) auf rund 378 GWh/a thermisch in Relation zu einem aktuellen Bedarf in Höhe von rund 120 GWh/a thermisch.

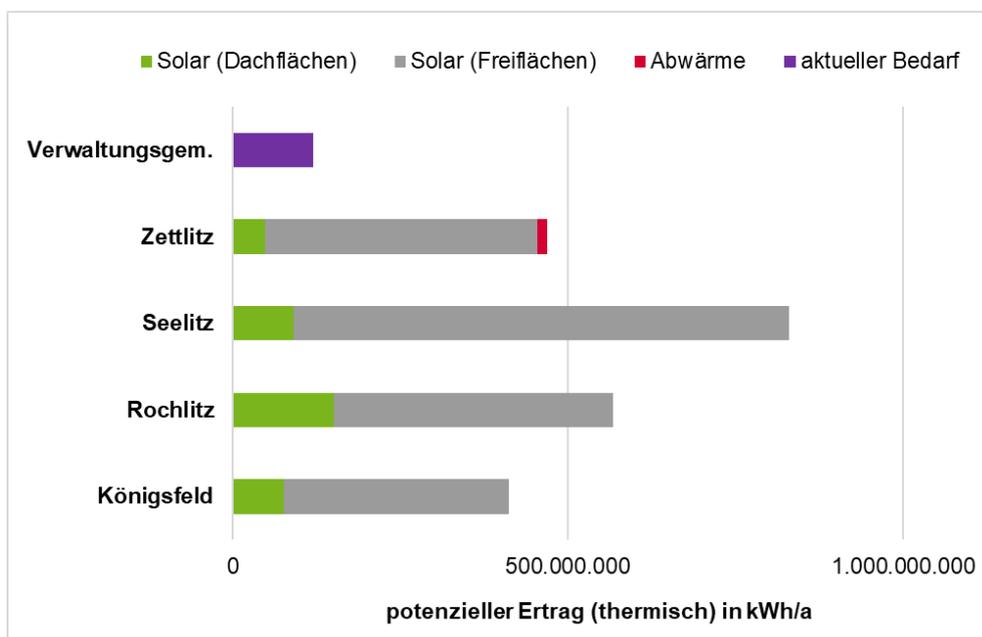


Abbildung 4-19: Zusammenfassung der EE-Wärmepotenziale und Gegenüberstellung zum aktuellen Wärmebedarf der Verwaltungsgemeinschaft.

4.3.4.2 Erneuerbares Strompotenzial für Wärmezwecke

Parallel zu den direkt für die Wärmeerzeugung nutzbaren EE-Potenzialen existieren erneuerbare Strompotenziale, die über entsprechende Umwandlungsschritte der Bereitstellung von Raumwärme, Prozesswärme und Warmwasser dienen könnten. Analog zur Diskussion der Freiflächenproblematik unter Kapitel 4.3.4.1, werden die Potenziale von PV-Freiflächenanlagen an dieser Stelle zwar der Vollständigkeit aufgeführt, jedoch für die anschließenden Konkretisierungsschritte (Erstellung des Zielszenarios) nicht mehr berücksichtigt. Zusätzlich zu den erwähnten Restriktionen bei solarthermischen Freiflächenanlagen kommt erschwerend hinzu, dass PV-Freiflächenanlagen aufgrund ihrer elektrischen Nennleistung und ihres Standorts erhebliche Schwierigkeiten bei der Anbindung an das örtliche Stromverteilnetz verursachen können. Netzseitige Restriktionen konnten im Zuge des vorliegenden Wärmeplans mangels entsprechender Daten nicht implementiert werden.¹⁰

Demzufolge stehen auch auf Stromseite klassische PV-Aufdachanlagen und Windkraftanlagen im Fokus. Bereits die PV-Anlagen auf Dachflächen zeichnen für ein Potenzial in der Größenordnung von 99 GWh/a elektrisch (Ertrag) bzw. 89 MW elektrisch (Leistung) verantwortlich. Zusätzlich lassen sich über drei idealtypische Windkraftanlagen in Königsfeld rund 37,9 GWh/a elektrisch (Ertrag) bzw. 16,5 MW elektrisch (Leistung) realisieren. Das Windpotenzial in Rochlitz wird nur der Vollständigkeit halber aufgeführt, jedoch nach mehreren Absprachen mit städtischen Vertretern in die weiteren Analyseschritte nicht einbezogen. Insgesamt betragen die weiter zu konkretisierenden Potenziale (exklusive PV-Freiflächen und Windkraft Rochlitz) rund 137 GWh/a elektrisch in Relation zu einem aktuellen Bedarf in Höhe von knapp 6 GWh/a elektrisch. Hierbei gilt zu bedenken, dass der aktuelle Strombedarf für Wärmezwecke aufgrund der geringen Durchdringung strombasierter Heizungssysteme (z.B. in Form von Wärmepumpen) sehr niedrig ist. In Zukunft erscheint ein kontinuierlicher Anstieg des Strombedarfs für Wärmezwecke wahrscheinlich, sodass zwangsläufig lokale Potenziale gehoben werden sollten.

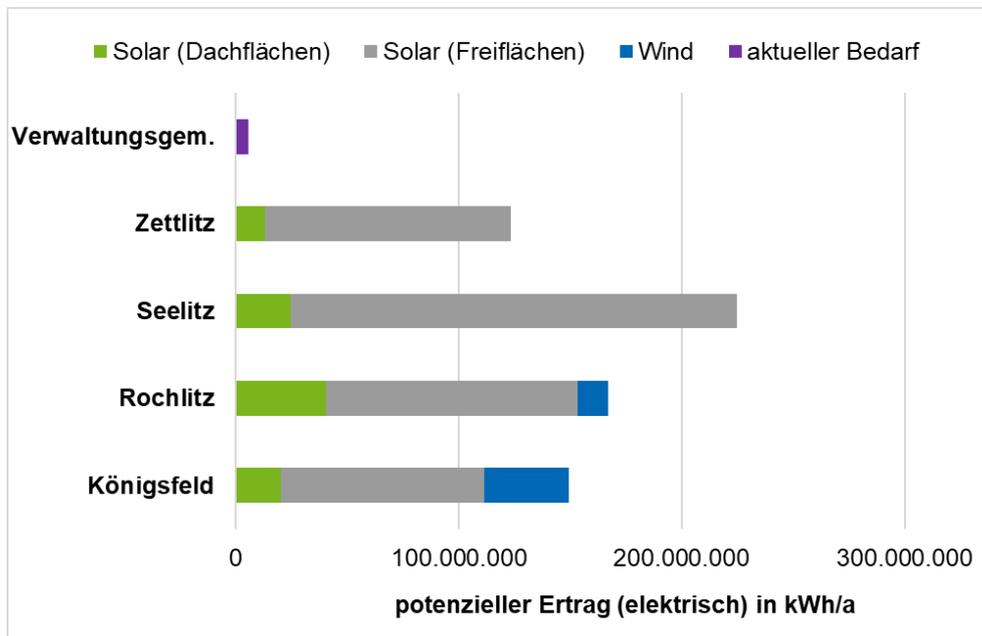


Abbildung 4-20: Zusammenfassung der EE-Strompotenziale und Gegenüberstellung zum aktuellen Strombedarf für Wärmezwecke in der Verwaltungsgemeinschaft.

¹⁰ Der zuständige Verteilnetzbetreiber hat im Rahmen des iterativen Feedbackprozesses und mit Blick auf die Datenbeistellungen eine Stellungnahme der von ihm vertretenen Rechtsauffassung, den technischen Hintergründen und der Dateninterpretation bereitgestellt. Diese Stellungnahme befindet sich im Kapitel 8.2.

5 Zielszenario, Wärmeversorgungsgebiete und Wirtschaftlichkeit

5.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen

Der BMWK-Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung [10] formuliert zusammenfassend als Hintergrund des Zielszenarios:

„Auf Grundlage der Eignungsprüfung nach § 14 WPG sowie der Bestands- und Potenzialanalyse (§§ 15 und 16 WPG) entwickelt die planungsverantwortliche Stelle ein maßgebliches Zielszenario (§ 17 Absatz 2 WPG). Die im Wärmeplan für das Zielszenario darzustellenden Indikatoren finden sich in Abschnitt III der Anlage 2 zum WPG. Das Zielszenario muss in Einklang stehen mit der Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete gemäß § 18 WPG sowie der Darstellung der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr (§ 19 WPG). Weiterhin muss das Zielszenario vereinbar sein mit den Zielen des Wärmeplanungsgesetzes (§ 1 WPG). Die Erstellung des Zielszenarios ist Gegenstand von § 17 WPG.“

Im Zuge der Phase zur Definition eines Zielbildes für die Wärmeversorgung der betrachteten Kommune erfolgt die Kombination der Erkenntnisse aus den vorangegangenen Phasen (insbesondere der Bestands- und Potenzialanalyse). Hierbei sind verschiedene Entwicklungspfade für die zukünftige Wärmeversorgung zu untersuchen, wobei diese Pfade im Einklang mit den gesetzlichen Anforderungen zur Treibhausgasreduzierung stehen müssen (z.B. Treibhausgasneutralität 2045 gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz [1]). Die Ausgestaltung zunächst mehrerer, zielkonformer Transformationspfade stellt sicher, dass verschiedene technische Lösungsoptionen gegenübergestellt werden. Aus diesem Pool von Lösungsoptionen ist anschließend jenes Zielbild auszuwählen, das von den Akteuren unter Abwägung technischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte sowie Akzeptanzfragen als attraktivster Pfad verstanden wird. Auf Basis dieses Zielbildes ist in Rücksprache mit betroffenen Akteuren (Kommune, Versorger/Netzbetreiber) eine Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete vorzunehmen. Die Gebietseinteilung soll hierbei sowohl räumlich (z.B. nach Baublöcken) als auch zeitlich (nach Stützjahren) differenziert durchgeführt werden.

Folgende Teilaufgaben leiten sich aus den Anforderungen des Zielszenarios ab:

1. Definition und Ausgestaltung möglicher Entwicklungspfade für die Wärmeversorgung in der Kommune.
2. Vereinfachte ökonomische Bewertung der definierten Entwicklungspfade.
3. Auswahl des realistischsten Zielbildes aus den untersuchten Entwicklungspfaden.
4. Analyse zur Eignung der untersuchten Teilgebiete in Hinblick auf die Versorgung mittels Wärmenetz, Wasserstoffnetz oder dezentraler Technologien.
5. Definition der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete je Stützjahr.

5.2 Methodischer Ansatz und Datenbasis

Im folgenden Abschnitt des kommunalen Wärmeplans erfolgt die Entwicklung von drei unterschiedlichen Zielszenarien, die miteinander verglichen werden. Hierbei wird sowohl eine technische als auch eine wirtschaftliche Betrachtung der jeweiligen Vorhaben vorgenommen. Aufbauend auf den Ergebnissen der Bestands- und Potenzialanalyse werden die einzelnen Szenarien analysiert und auf ihre Vereinbarkeit mit den übergeordneten Klimazielen sowie den lokalen Gegebenheiten geprüft.

5.2.1 Definition möglicher Entwicklungspfade

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz werden drei Zielszenarien entwickelt, die sich grundlegend in Bezug auf Inhalte, Technologiemix und Umsetzungsansätze unterscheiden. Für alle Szenarien gilt jedoch, dass die Klimaneutralität im Untersuchungsgebiet bis zum Jahr 2045 gewährleistet werden muss. Dies bedeutet, dass bis zu diesem Zeitpunkt die Wärmebereitstellung sowie die dafür notwendige Stromerzeugung bilanziell treibhausgasneutral erfolgt. Verbleibende Treibhausgasemissionen sind demzufolge über entsprechende Maßnahmen zu kompensieren (siehe Kapitel 5.3.3.4). Zudem ist zu berücksichtigen, dass aufgrund des langen Betrachtungszeitraums unvorhersehbare Entwicklungen in technologischen, ökologischen und ökonomischen Bereichen sowie auf lokalen, nationalen oder internationalen Ebenen auftreten können. Diese Entwicklungen entfalten womöglich Auswirkungen auf die Realisierbarkeit, Effizienz und Nachhaltigkeit der kommunalen Wärmeplanung und insbesondere auf die erstellten Zielszenarien. Unter anderem aus diesem Grund ist eine kontinuierliche Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans spätestens alle fünf Jahre gemäß § 25 WPG vorgeschrieben [4].

Da sich die vier Gemeinden Königsfeld, Rochlitz, Seelitz und Zettlitz stark in ihrer lokalen Versorgungsstruktur, der Bevölkerungsdichte und den Nutzwärmebedarfen unterscheiden (siehe Abbildung 3-11), sind diese innerhalb der drei Zielszenarien individuell zu betrachten. Besondere Berücksichtigung finden hierbei Rochlitz und Zettlitz, bedingt durch eine vollständige Wärmeplanung. In Königsfeld und Seelitz wird eine verkürzte Planung erstellt, da diese kein bestehendes Gasnetz aufweisen und die Errichtung eines Wärmenetzes jeweils sehr unwahrscheinlich ist.

Szenario 1 – Tiefengeothermie

Im ersten Zielszenario liegt der Fokus auf Tiefengeothermie. Hierfür ist die Installation einer zentralen Erzeugungsanlage vorgesehen. Der genaue Standort dieser Anlage muss noch festgelegt werden, da hierzu Probebohrungen im Untersuchungsgebiet unabdingbar sind, um das Förderpotenzial für Wärme aus dem Erdinneren zu bestimmen. Damit die erzeugte Wärme zu den Verbrauchern transportiert werden kann, ist der Aufbau bzw. Ausbau eines Wärmenetzes notwendig. Ein solches Netz besteht bereits in der Rochlitzer Innenstadt und soll zukünftig erweitert werden. Für das Gebiet Noßwitz wird der Aufbau eines Wärmenetzes vorgesehen. Dies gilt gleichermaßen für Zettlitz und Methau. Das bestehende Gasnetz würde in diesem Szenario schrittweise stillgelegt werden. Im Zieljahr 2045 wird somit keine Erdgasversorgung mehr möglich sein. In Königsfeld und Seelitz wird im Einklang mit der Beurteilung während der Eignungsprüfung kein Ausbau des Wärmenetzes und somit auch keine Nutzung der Tiefengeothermie in diesem Szenario vorgesehen. Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden mehrere Biogasanlagen im Untersuchungsgebiet identifiziert. Die Biomethananlage in Rochlitz soll ebenfalls für die Wärmebereitstellung (weiter) genutzt werden, da diese bereits in das bestehende Wärmenetz einspeist. Die Biogasanlagen in Zettlitz werden hingegen ausschließlich zur Stromerzeugung verwendet bzw. ist die anfallende Wärme vor Ort (z.B. Beheizung von Stallungen) gebunden.

Zusätzlich zur netzgebundenen Wärmeversorgung ist es notwendig, dezentrale Versorgungsmethoden bereitzustellen. Hierfür sind in allen vier Gemeinden u.a. Wärmepumpen vorgesehen. In Königsfeld und Seelitz werden zusätzlich Biomasse-Pelletheizungen zum Einsatz kommen, da hier, wie bereits erwähnt, kein Wärmenetz installiert wird. Die Speicherung der erzeugten Wärme aus den dezentralen Erzeugungsmethoden erfolgt in Wärmespeichern, die in den Gebäuden installiert werden sollen.

Großwärmespeicher werden zur Speicherung der Wärme aus den Biogasanlagen genutzt und sind in der Nähe des Erzeugungsstandorts zu errichten. Der notwendige Strombedarf für die Wärmebereitstellung aus den dezentralen Erzeugungsmethoden wird zunächst aus bestehenden erneuerbaren Anlagen bezogen, insbesondere aus der Wasserkraftanlage in Rochlitz sowie den Windkraftanlagen in Zettlitz. Wie bereits beschrieben, sind in Zettlitz die Biogasanlagen in Form der Blockheizkraftwerke ebenfalls weiterhin zur Stromerzeugung nutzbar. Alle genannten Technologien speisen in das öffentliche Netz ein und tragen so zur lokalen Stromversorgung bei. Da keine Angaben des Stromnetzbetreibers hinsichtlich der Netzkapazitäten und Ausbaupläne vorliegen, wird vereinfachend angenommen, dass die restlichen Strombedarfe durch Netzbezug gedeckt werden können¹¹. Dies gilt ebenso für die Einspeisung von lokal erzeugtem Strom aus den aufgeführten Technologien. Die Speicherung von überschüssigem Strom in lokalen Akkumulatoren ist nicht vorgesehen; stattdessen wird überschüssig erzeugter Strom in Wärme umgewandelt und in den entsprechenden Speichern gespeichert. Die Nutzung von Wasserstoff ist in diesem Szenario nicht relevant.¹²

Da die Erträge und Bedarfe von Strom und Wärme zwischen den vier Gemeinden stark variieren, wird der Ausbau der verschiedenen Technologien entsprechend angepasst. Tabelle 5-1 gibt eine Übersicht über das Szenario Tiefengeothermie und die geplanten Vorhaben sowie deren Intensität in Bezug auf den Zubau.

Tabelle 5-1: Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario eins, Tiefengeothermie.

Kategorie	Technologie	Königsfeld	Rochlitz	Seelitz	Zettlitz
Wärmebereitstellung	Tiefengeothermie		+++		+++
	Wärmepumpe	++	+	++	+
	Biogas KWK		+/-		
Wärmespeicherung	Wärmespeicher	++++	+++	++++	++++
	Großwärmespeicher		+		
Strombereitstellung	Wasserkraft		+/-		
	Biogas-KWK				+/-
	Windkraft				+/-
	Netzbezug	++++	+++	++++	+++

Legende:

+/- = derzeitiger Bestand + = geringer Ausbau/ Nutzung ++ = mittlerer Ausbau/ Nutzung
 +++ = starker Ausbau/ Nutzung ++++ = sehr starker Ausbau/ Nutzung

¹¹ Während der Planungsphase von tatsächlichen Maßnahmen erfolgt eine Überprüfung der erforderlichen Baumaßnahmen für die Anbindung an das Stromverteilsnetz. Der Ausbau erfolgt dann bedarfsgerecht und netzdienlich.
¹² Der zuständige Verteilnetzbetreiber hat im Rahmen des iterativen Feedbackprozesses und mit Blick auf die Datenbeistellungen eine Stellungnahme der von ihm vertretenen Rechtsauffassung, den technischen Hintergründen und der Dateninterpretation bereitgestellt. Diese Stellungnahme befindet sich im Kapitel 8.2.

Szenario 2 – Mix

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für die betrachteten Gemeinden der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz setzt das zweite Zielszenario den Fokus auf einen Mix verschiedener Versorgungsoptionen. Dies soll einen möglichst technologieoffenen Ansatz widerspiegeln, um für die Zukunft keine Optionen vorab auszuschließen. Hierbei erfolgt eine weitere Unterteilung der Betrachtung auf die Gemeinden Königsfeld, Rochlitz, Seelitz und Zettlitz. Im Vergleich zum ersten Zielszenario wird in diesem Szenario lediglich das Wärmenetz in Rochlitz ausgebaut, während kein Ausbau in Zettlitz stattfindet, sondern die bestehende Gasnetzinfrastruktur weiter genutzt wird. Zudem wird der Ausbau des Wärmenetzes auf die Rochlitzer Innenstadt beschränkt.

In dieses Szenario fließen ebenfalls die Bestandsanlagen mit ein, wie zum Beispiel das Biomethan-Blockheizkraftwerk (Biomethan-KWK-Anlage) in Rochlitz. Zur Strombereitstellung werden die lokalen Wind- und Wasserkraftanlagen sowie die Biogas-KWK-Anlagen in Zettlitz genutzt.

In den Gemeinden Königsfeld und Seelitz wird die Wärme dezentral bereitgestellt, hauptsächlich durch die Verwendung von privaten Wärmepumpen, Aufdach-Solarthermieanlagen sowie Biomasse-Pelletheizungen. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Nutzung von Wärmepumpen.

In Zettlitz sind keine zusätzlichen Biomasse-Pelletheizungen eingeplant; stattdessen kommen Wasserstoffthermen zum Einsatz. Dies begründet sich aus dem Umstand, dass in Zettlitz bereits ein Erdgasverteilnetz im Bestand verfügbar ist (betreffend den Ortskern Zettlitz und die Ortsteile Methau sowie Hermsdorf). Um perspektivisch H₂-Gasgeräte zu nutzen, bedarf es einer Umwidmung der bestehenden Erdgasinfrastruktur in Form der Verteilleitungen. Diese Umstellung der Verteilnetzinfrastruktur ist wiederum stark mit der Anbindung an ein zukünftiges Wasserstoffkernnetz (übergeordnete Netzebene) verknüpft. Diesbezüglich wurden Gespräche mit dem lokalen Netzbetreiber geführt, um dessen Einschätzung zur Realisierbarkeit abzufragen¹³. Im konkreten Fall geht der Netzbetreiber davon aus, dass das durch ihn betriebene Verteilnetz einerseits an das künftige H₂-Kernnetz angeschlossen wird und andererseits infolge der modernen Verteilnetzstruktur mit Baujahren insbesondere nach 1990 gut für die H₂-Umstellung geeignet ist. In Zettlitz besitzt die Wärmeversorgung durch Wasserstoffthermen daher einen zentralen Stellenwert.

In Rochlitz kommen neben den bereits genannten Technologien (Biomethan-KWK-Anlage, Wärmepumpe, Aufdach-Solarthermie und Wasserstofftherme) zusätzlich Wasserstoff-Blockheizkraftwerke (Wasserstoff-KWK-Anlagen) zum Einsatz. Diese benötigen ebenfalls einen Anschluss an eine Wasserstoffleitung und können im Gegensatz zu den Wasserstoffthermen zusätzlich Strom erzeugen. Die H₂-KWK-Anlagen bilden eine tragende Säule des künftigen Erzeugungsmixes für die Fernwärme in Rochlitz, die im zweiten Zielszenario berücksichtigt wird. Begründet wird dies durch die Absicht, dass die Fernwärme in Zielszenario zwei einen Mindestanteil des Wärmebedarfs abdecken muss. In allen Szenarien erfolgt die Verteilung der Fernwärme leitungsgebunden in den Gebieten, in denen ein Wärmenetz vorgesehen ist. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Bestandteile dieses Szenarios kann in Anhang 18 (S. O) nachvollzogen werden. Die Wärme wird analog zum ersten Zielszenario in lokalen Wärmespeichern gespeichert. Großwärmespeicher kommen in der Nähe der Biogas-KWK-Anlage in Rochlitz zum Einsatz, um größere Mengen an Wärme effizient speichern zu können.

Der für den Betrieb der Wärmetechnologien erforderliche Strombedarf wird zunächst durch die Nutzung bestehender Anlagen gedeckt. In Rochlitz wird dazu die Wasserkraftanlage verwendet, in Zettlitz kommen Windkraft- und Biogas-KWK-Anlagen zum Einsatz. Darüber hinaus werden in allen vier Gemeinden PV-Aufdachanlagen installiert, die ebenfalls zur Deckung des Strombedarfs beitragen. In Königsfeld ist zusätzlich die Installation von Windkraftanlagen vorgesehen. Strombedarfe, die nicht durch die genannten Technologien

¹³ Der zuständige Verteilnetzbetreiber hat im Rahmen des iterativen Feedbackprozesses und mit Blick auf die Datenbeistellungen eine Stellungnahme der von ihm vertretenen Rechtsauffassung, den technischen Hintergründen und der Dateninterpretation bereitgestellt. Diese Stellungnahme befindet sich im Kapitel 8.1.

gedeckt werden können, werden durch den Bezug von Strom aus dem lokalen Netz ausgeglichen. Da keine Informationen des örtlichen Stromnetzbetreibers hinsichtlich Ausbaupläne und Netzkapazitäten vorliegen, wird vereinfachend angenommen, dass das Stromnetz die erforderlichen (Residual-)Bedarfe decken und die erzeugten Erträge aufnehmen kann¹⁴. Die Speicherung von Stromüberschüssen aus privaten Anlagen, wie etwa Aufdach-Photovoltaikanlagen, erfolgt in Stromspeichern. Ebenso besteht die Möglichkeit, überschüssig erzeugten Strom durch Wärmepumpen in Wärme umzuwandeln und diese in den lokalen Wärmespeichern zu speichern.¹⁵

Tabelle 5-2 bietet eine detaillierte Übersicht über das Szenario und die geplanten Maßnahmen sowie deren Intensität in Bezug auf den Zubau.

Tabelle 5-2: Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario zwei, Mix.

Kategorie	Technologie	Königsfeld	Rochlitz	Seelitz	Zettlitz
Wärmebereitstellung	Aufdach-Solarthermie	+	+	+	++
	Wärmepumpe	+++	+	++	++
	Biogas KWK		+/-		
	Biomasse Pelletheizung	+		+	
	Wasserstofftherme		++		+++
	Wasserstoff-KWK		+++		
	Fernwärme		+		
Wärmespeicherung	Wärmespeicher	++++	+++	++++	++++
	Großwärmespeicher		+		
Strombereitstellung	Wasserkraft		+/-		
	Biogas-KWK				+/-
	Windkraft	+			+/-
	Aufdach-Photovoltaik	++	++	+++	+
	Netzbezug	++	+++	+++	+++
Legende:					
+/- = derzeitiger Bestand + = geringer Ausbau/ Nutzung ++ = mittlerer Ausbau/ Nutzung					
+++ = starker Ausbau/ Nutzung ++++ = sehr starker Ausbau/ Nutzung					

Szenario 3 – Strom

Im Rahmen des dritten Zielszenarios für die Wärmeversorgung wird der Schwerpunkt auf die Bereitstellung von Wärme auf Basis von Strom gelegt. Das bestehende Wärmenetz bleibt weiterhin in Nutzung, jedoch erfolgt kein Ausbau dieses Netzes, da dieses Szenario den Ausbau dezentraler Versorgungsmöglichkeiten fokussiert. In allen vier Gemeinden kommen Wärmepumpen und Elektroheizungen zum Einsatz, wobei der Fokus auf der Nutzung von Wärmepumpen liegt.

¹⁴ Während der Planungsphase von tatsächlichen Maßnahmen erfolgt eine Überprüfung der erforderlichen Baumaßnahmen für die Anbindung an das Stromverteilsnetz. Der Ausbau erfolgt dann bedarfsgerecht und netzdienlich.
¹⁵ Der zuständige Verteilsnetzbetreiber hat im Rahmen des iterativen Feedbackprozesses und mit Blick auf die Datenbeistellungen eine Stellungnahme der von ihm vertretenen Rechtsauffassung, den technischen Hintergründen und der Dateninterpretation bereitgestellt. Diese Stellungnahme befindet sich im Kapitel 8.2.

Zusätzlich wird das Biogas-Blockheizkraftwerk (Biogas-KWK-Anlage) in Rochlitz weiterhin zur Wärmeversorgung genutzt und speist in das bestehende Wärmenetz ein. Die Speicherung der erzeugten Wärme erfolgt, wie auch in den zuvor beschriebenen Szenarien, in lokalen Wärmespeichern sowie in Großwärmespeichern in der Nähe der KWK-Anlage. Die Bereitstellung des notwendigen Stroms erfolgt ebenfalls über die bereits genannten Bestandsanlagen. Diese umfassen die Biogas-KWK-Anlage und die Windkraftanlagen in Zettlitz sowie die Wasserkraftanlage in Rochlitz. Zusätzlich wird die Anzahl der Photovoltaik-Anlagen auf den Dächern von Gebäuden in allen vier Gemeinden erhöht, um zur Stromversorgung beizutragen.

In Königsfeld ist im Vergleich zum zweiten Zielszenario ein verstärkter Ausbau von Windkraftanlagen vorgesehen. Ergänzend wird angenommen, dass eventuelle zusätzliche Strombedarfe durch das bestehende Stromnetz gedeckt werden können¹⁶. Auch wird vereinfachend davon ausgegangen, dass das Netz die erzeugten Leistungen/Erträge aufnehmen kann.¹⁷

Im Unterschied zu den vorherigen Szenarien wird in Zielszenario drei keine Speicherung von erzeugtem Strom berücksichtigt, da angenommen wird, dass überschüssig erzeugter Strom sofort in Wärme umgewandelt wird. Diese Wärme wird dann in den vorgesehenen saisonalen Wärmespeichern gespeichert.

Der Einsatz von Wasserstoff wird in diesem Szenario nicht berücksichtigt, da der Fokus ausschließlich auf der strombasierten Wärmeerzeugung liegt.

Tabelle 5-3 gibt eine detaillierte Übersicht über das Szenario und die geplanten Technologieoptionen sowie deren Intensität in Bezug auf den Zubau.

Tabelle 5-3: Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario drei, Strom.

Kategorie	Technologie	Königsfeld	Rochlitz	Seelitz	Zettlitz
Wärmebereitstellung	Wärmepumpe	++++	++	++++	+++
	Biogas KWK		+-		
	Elektroheizung	++	++	++	++
Wärmespeicherung	Wärmespeicher	++++	+++	++++	++++
	Großwärmespeicher		+		
Strombereitstellung	Wasserkraft		+-		
	Biogas-KWK				+-
	Windkraft	+++			+-
	Aufdach-Photovoltaik	+++	++	+++	++
	Netzbezug	+++	+++	+++	+++

Legende:

+- = derzeitiger Bestand + = geringer Ausbau/ Nutzung ++ = mittlerer Ausbau/ Nutzung
 +++ = starker Ausbau/ Nutzung ++++ = sehr starker Ausbau/ Nutzung

¹⁶ Während der Planungsphase von tatsächlichen Maßnahmen erfolgt eine Überprüfung der erforderlichen Baumaßnahmen für die Anbindung an das Stromverteilnetz. Der Ausbau erfolgt dann bedarfsgerecht und netzdienlich.

¹⁷ Der zuständige Verteilnetzbetreiber hat im Rahmen des iterativen Feedbackprozesses und mit Blick auf die Datenbeistellungen eine Stellungnahme der von ihm vertretenen Rechtsauffassung, den technischen Hintergründen und der Dateninterpretation bereitgestellt. Diese Stellungnahme befindet sich im Kapitel 8.2.

Im Rahmen der weiteren Entwicklung der Zielszenarien erfolgt eine detaillierte Festlegung der quantitativen Zielwerte für den Zeitraum bis 2045. Dies umfasst die Bestimmung der Anteile erneuerbarer Energien sowohl im Bereich der Stromversorgung als auch in der Wärmebereitstellung. Die Festlegung dieser Zielwerte orientiert sich zum einen an den Vorgaben des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Strom-Bereich und zum anderen am Klimaschutzprogramm der Bundesregierung im Bereich Wärme. Dadurch werden die Soll-Anteile der erneuerbaren Energien zu den jeweiligen Zeitpunkten auf Basis des Nutzwärmebedarfs und des Strombedarfs beschrieben.

Im Bereich der Wärmeversorgung wurden folgende Zielwerte angenommen: Im Jahr 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien im Bereich Wärme zunächst 50 % des Nutzwärmebedarfs abdecken. Dieser Anteil steigt in den darauffolgenden Jahren kontinuierlich an, sodass er 65 % im Jahr 2035 und 80 % im Jahr 2040 erreichen soll. Im Jahr 2045 wird die Treibhausgasneutralität angestrebt, was bedeutet, dass zu diesem Zeitpunkt 100 % des Nutzwärmebedarfs durch erneuerbare Energien zu decken sind. Für die Stromversorgung zeichnet sich ein ähnliches Bild ab: Im Jahr 2030 soll bereits ein Anteil von 80 % erneuerbarer Energien erreicht werden, dieser soll bis 2035 auf 90 % ansteigen. In den darauffolgenden Jahren ist die Bereitstellung von Strom zu 95 % durch erneuerbare Energien vorgesehen, um schließlich bis 2045 ebenfalls 100 % zu erreichen. Die aufgeführten Zielwerte garantieren die Einhaltung der nationalen Klimaziele (Klimaneutralität im Jahr 2045) und ermöglichen eine stetige und planbare Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien über mehrere Jahre hinweg. Während für den Einsatz erneuerbarer Energien im Wärmesektor zwar partielle (z.B. für Gebäudeeigentümer in Form des GEG), jedoch keine gesamtheitlichen gesetzlichen Zielvorgaben bestehen, definiert das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) konkrete Ausbauziele für deren Anteil an der Stromerzeugung für das Jahr 2030.

Dies ist besonders relevant, da der Übergang zu grünen Energiequellen sowohl Zeit als auch finanzielle Mittel in Anspruch nimmt und darüber hinaus die benötigten Infrastrukturen bedarfsgerecht auszubauen sind (z.B. die Stromübertragungs- und Verteilnetze). Daher kann ein sofortiger oder kurzfristiger Umstieg auf erneuerbare Energien nicht realisiert werden.

Für die Planung und Umsetzung gilt die Annahme, dass die bestehende Versorgungsinfrastruktur in ihrer Nutzung und Kapazität erhalten bleibt und bei Bedarf ertüchtigt wird. Dies betrifft sowohl die Bestandsanlagen als auch den Zubau neuer Anlagen, sofern diese auf erneuerbaren Energieträgern aufbauen. Die in der Tabelle 5-1 bis Tabelle 5-3 dargestellten Energieträger wurden anteilmäßig auf Basis der festgelegten Zielwerte verteilt. Erwähnenswert ist, dass in Abhängigkeit des jeweiligen Szenarios auch anteilig nicht lokale Ressourcen für die Energieversorgung notwendig sind. So ist das aktuelle System mit leitungsgebundener Stromversorgung in Form des öffentlichen Netzes sowie z.B. auch des Erdgasnetzes und bestimmter dezentraler Technologien (Heizöl) durch die Nutzung von nicht in der Kommune vorhandenen Ressourcen geprägt. Diese aus überregionalen Quellen stammenden Energieträger sind damit zwangsläufig mit Beschaffungsrisiken (ökonomisch, physisch) verknüpft. Auch verursacht beispielsweise der Transport von Heizöl zu den Abnehmern seinerseits entsprechende THG-Emissionen. Durch die zunehmende Umstellung auf erneuerbare und lokal vorhandene Energieträger (z.B. Biogas aus Biomasse) können die Abhängigkeiten perspektivisch gemindert werden.

In Kapitel 5.3.1 werden die einzelnen Zielszenarien und deren spezifische Entwicklungen im Hinblick auf die prozentualen Anteile sowie die absoluten Nutzenergiebedarfe dargestellt.

5.2.2 Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wärmebereitstellung

Im Anschluss wird eine detaillierte Betrachtung der Endenergiebedarfe für Wärmezwecke in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz vorgenommen. Als Endenergie wird die Menge an Energie bezeichnet, welche notwendig ist, um die anfallenden (Nutzenergie-)Bedarfe zu decken. Diese ist nicht zu verwechseln mit der eigentlichen Nutzenergie, die z.B. den physischen Raumwärmebedarf widerspiegelt.

Ein konkretes Beispiel könnte eine Wärmepumpe darstellen. Hier ist die Nutzenergie äquivalent zur Wärme, die durch die Wärmepumpe bereitgestellt wird. Als Endenergie fällt Strom an, welcher für den Betrieb und somit den Wärmetransport von der Quelle (z.B. der Umgebungsluft) zur Senke (z.B. den beheizten Raum) notwendig ist. Ein wichtiger Indikator, welcher im Rahmen der Ermittlung der Endenergie einfließt, sind Wirkungsgrade respektive sogenannte Jahresarbeitszahlen. Diese beschreiben die Umwandlungsfaktoren zwischen den verwendeten Energieformen und inkludieren Verluste und Effizienzwankungen. Im Falle der Wärmepumpe (Jahresarbeitszahl: 3,05) werden aus einer Einheit Strom 3,05 Einheiten Wärme bereitgestellt. Wichtig ist aufzuführen, dass Wirkungsgrade Technologie-spezifisch sind und somit individuell berücksichtigt werden müssen. Eine Auflistung der relevanten Wirkungsgrade bzw. Jahresarbeitszahlen befindet sich im Anhang 4 (S. E).

Die Endenergiebedarfe werden somit auf den Ergebnissen der Nutzenergiebedarfe (siehe Kapitel 5.3.1) aufgebaut und mit den entsprechenden Wirkungsgraden verrechnet. Im Kapitel 5.3.2 können die Ergebnisse nachvollzogen werden.

Zusätzlich wird eine sektorale Verteilung der anfallenden Endenergiebedarfe in Bezug auf die gesamte Verwaltungsgemeinschaft durchgeführt. Ziel ist es, die Anteile eines Sektors am Gesamtbedarf abzuschätzen. Hierfür ist folgende Unterteilung maßgeblich: Gewerbe, Industrie, Kommune, private Haushalte und Sonstige. Ebenso wird unterstellt, dass die sektorale Verteilung der Endenergie der zugrundeliegenden Nutzenergieverteilung entspricht. In Abbildung 5-1 lässt sich die Entwicklung im Zeitraum von 2030 bis 2045 nachvollziehen.

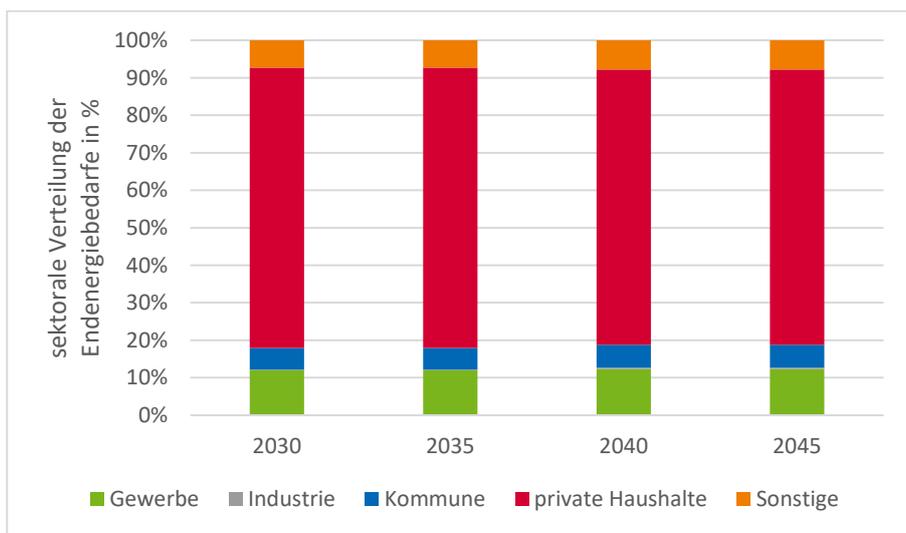


Abbildung 5-1: Sektorale Verteilung der Endenergiebedarfe im Betrachtungszeitraum 2030 bis 2045.

Deutlich erkennbar ist, dass private Haushalte mit Abstand den größten Bedarf an Nutz- sowie Endenergie aufweisen. Während im Jahr 2030 diesbezüglich noch 79 % des gesamten Bedarfs aufgewendet werden, sinkt dieser Anteil bis zum Zieljahr 2045 um ca. 5 %. Die verbleibenden Sektoren entwickeln im Verlauf des Betrachtungszeitraumes einen geringen Bedarfszuwachs. Demnach werden im Zieljahr folgende Bedarfe bezüglich der Endenergie fällig: Gewerbe 12 %; Industrie 0,3 %; Kommune 6 %; Sonstige 8 %. Die sektorale Verteilung liegt in allen Zielszenarien zu Grunde.

Im Rahmen der Szenarioentwicklung wird ein individueller Fernwärmemix, auf Basis der vorhandenen und geplanten Kapazitäten und Technologien, erstellt. Durch die maßgeblichen Unterschiede der Zielszenarien zueinander, variiert der Fernwärmemix stark. Beeinflusst wird dies zusätzlich durch die Ausbauplanungen des Wärmenetzes. Während in Zielszenario eins der Aus- und Aufbau sowohl in Rochlitz wie auch in Zettlitz vorgesehen wird, erfolgt in Zielszenario zwei ausschließlich der Zubau in der Rochlitzer Kernstadt. In Zielszenario

drei wird kein weiterer Ausbau vorgesehen. Demzufolge sind unterschiedliche Kapazitäten zwischen den Szenarien zu decken. Diesbezüglich werden unterschiedliche Entwicklungen angenommen. Der Zubau fällt in Zielszenario eins, mit einer jährlichen Wachstumsrate von 1,5 %, am höchsten aus, gefolgt von Szenario zwei (1 % p.a.) und schlussendlich Szenario drei (0 % p.a.). Zusätzlich wurden auftretende Leitungs- und Umwandlungsverluste in Höhe von ca. 20 % einkalkuliert. Auf Basis der Annahmen wird zunächst der Fernwärmebedarf für die gesamte Verwaltungsgemeinschaft (Königsfeld, Rochlitz, Seelitz, Zettlitz) bestimmt, bevor die Verteilung auf die einzelnen Kommunen erfolgt. An dieser Stelle ist erneut darauf hinzuweisen, dass in allen Szenarien keine Bedarfe in Königsfeld und Seelitz anfallen, da dort kein Fernwärmeeinsatz vorgesehen ist. Im Anschluss wird in Zielszenario eins, für Rochlitz und Zettlitz, sowie in Zielszenario zwei und drei, für Rochlitz, der Fernwärmemix gebildet. Hierfür wurden bestehende und geplante, fossile und erneuerbare Energieträger verwendet, um die Bedarfe im Zeitraum von 2030 bis 2045 zu decken. Im Zuge der Quantifizierung des energieseitigen Technologiemies fließen insbesondere auch die Abschätzungen der EVR GmbH ein [42]. Ebenso wird eine spezifische Reihenfolge für die Deckung des Bedarfs festgelegt, wobei zunächst Kapazitäten bestehender Wärmetechnologien betrachtet werden. Im Anschluss sind neue Technologiekapazitäten szenariospezifisch zur Deckung einzuplanen. Beispielhaft lässt sich das Szenario Tiefengeothermie aufführen, wobei zunächst Erdgas, im Anschluss Wärme aus Biomethan-KWK-Anlagen, danach Tiefengeothermie und schlussendlich Wärmepumpen einkalkuliert werden. Es wird stets darauf geachtet, dass die Vorgaben hinsichtlich der Anteile erneuerbarer Energien (Vorgaben des EEG und des Klimaschutzprogrammes der Bundesregierung) eingehalten werden, damit die Treibhausgasneutralität im Zieljahr 2045 erreicht wird. Der individuelle Fernwärmemix der verschiedenen Szenarien kann im Anhang 12 - 14 nachvollzogen werden (S. J - K).

Auf Basis dieser Betrachtung ergibt sich ein szenario- und zeitpunktspezifischer Fernwärmemix, welcher später in der Betrachtung der Treibhausgasemissionen berücksichtigt werden muss (siehe 5.3.3).

5.2.3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Die Fortschreibung der CO₂-Emissionsberechnung ist ein zentraler Bestandteil des kommunalen Wärmeplans und liefert eine fundierte Grundlage für die Planung, Priorisierung und Umsetzung von Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Die Fortschreibung der CO₂-Emissionsberechnung hat daher zum Ziel, die Treibhausgasemissionen (THGE) der kommunalen Wärmeversorgung für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 zu prognostizieren. Diese Berechnung erfolgt differenziert nach Energieträgern und berücksichtigt die Entwicklungen der Emissionsfaktoren sowie den zunehmenden Einsatz erneuerbarer Energien.

Die Berechnungen basieren auf einer systematischen Bestands- und Potenzialanalyse:

- **Bestandsanalyse:** Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und der Energieträgerverteilung im Ausgangsjahr (gemäß Wärmeplanungsgesetz § 15, siehe Kapitel 3).
- **Potenzialanalyse:** Identifikation der möglichen Einsparungen durch Effizienzsteigerungen respektive klimatische Trends sowie Potenziale der Nutzung erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme (gemäß Wärmeplanungsgesetz § 16, siehe Kapitel 4).

Die THG-Emissionen werden unter anderem für folgende Energieträger berechnet:

- Elektrischer Strom (für Wärmepumpen bzw. direktelektrische Heizungssysteme),
- Gas (Erdgas, Biogas, synthetisches Methan),
- Wasserstoff (grün, blau, grau),
- Heizöl,
- Feste Biomasse,
- Abwärme und Umweltwärme, Fernwärme-Mix.

Im Zuge der Fortschreibung der für die Bestandsanalyse verwendeten Emissionsfaktoren ist auf entsprechende Literatur zurückzugreifen. Gängige Studien berücksichtigen hierbei die gesetzlichen Vorgaben für die zunehmende Integration erneuerbarer Energien und die Umsetzung nationaler und europäischer Klimaschutzziele. Erwähnenswert ist zudem, dass Emissionsfaktoren genutzt werden sollten, welche auch die technologischen Vorketten der jeweiligen Energieträgerbereitstellung abbilden. Beispielsweise ist vor dem Transport und der Verteilung von Erdgas an die jeweiligen Endkunden dessen initiale Förderung ein relevanter Einflussfaktor bei der Analyse der Gesamtemissionen. Basierend auf diesen Anforderungen werden überwiegend die Emissionsfaktoren der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg verwendet [24]. Eine Ausnahme hiervon bildet die Fernwärme. Ursächlich hierfür ist die hohe Individualität der Fernwärmebereitstellung und die ebenso spezifische Höhe der netzseitigen Verluste. Daher wurde bereits für den Status quo der bescheinigte Emissionsfaktor inkl. der Netzverluste verwendet. Zur Fortschreibung des Emissionsfaktors hat die zuständige Energieversorgung Rochlitz GmbH (Betreiber des Fernwärmenetzes) realitätsnahe Annahmen zum künftigen Erzeugungsmix getroffen und daraus einen konkreten Emissionsfaktor abgeleitet. Diese wurden anschließend auf die drei untersuchten Zielszenarien adaptiert, sodass jedes Zielszenario entsprechend seiner technologischen Schwerpunktsetzung einen individuellen Energiemix und damit THG-Faktor aufweist.

Darüber hinaus wird auch für Wasserstoff ein individueller Emissionsfaktor genutzt. Der zukünftige Wasserstoffbezug ist mit hohen Unsicherheiten behaftet, da aktuell die Bezugsquellen inklusiver ihrer Anteile am Gesamtbezug nur geschätzt werden können. Als wahrscheinlich gilt, dass vor dem Jahr 2045 ein bilanzieller Wasserstoffmix durch die Transport- und Verteilungen fließen wird. In den Anfangsjahren der Wasserstoffwirtschaft ist anzunehmen, dass weiterhin überwiegend fossiler Wasserstoff aus der klassischen Dampfreformierung von Erdgas zum Einsatz kommt. Parallel dazu erscheint es plausibel, dass mit fortschreitender Zeit zunehmende Anteile blauen Wasserstoffs (Dampfreformierung von Methan mit CO₂-Abscheidung und CO₂-Speicherung/Nutzung) und grünen Wasserstoffs (aus der Elektrolyse mit erneuerbarem Strom) den Herkunftsmix bestimmen. Diese Überlegungen werden in einen (deutschlandweiten) Herkunftsmix überführt, um anhand der Anteile der jeweiligen Wasserstoffart in Kombination mit ihren spezifischen Emissionsfaktoren einen Emissionsfaktor für den resultierenden Wasserstoffmix zu berechnen. Den resultierenden Mix zeigt je Stützjahr die Abbildung 5-2 bzw. der Anhang 9. Demzufolge stammt der gesamte Wasserstoff des Status quo aus der klassischen Dampfreformierung von Methan/Erdgas. Hierbei ist anzumerken, dass gegenwärtig kein Wasserstoff in der kommunalen Wärmeversorgung, sondern lediglich für industrielle Prozesse, zum Einsatz kommt. Zukünftig wird Wasserstoff mit hoher Wahrscheinlichkeit anteilig aus der um eine CO₂-Abscheidung ergänzten Dampfreformierung stammen, was zur Reduktion der CO₂-Intensität führt (sogenannter blauer Wasserstoff). Ebenso ist grüner Wasserstoff, d.h. Wasserstoff aus der Wasserelektrolyse mit vollständig erneuerbarem Strom, für den zukünftigen Herkunftsmix bedeutsam. Dadurch sinkt bis 2045 sukzessive die CO₂-Intensität der Wasserstoffbereitstellung.

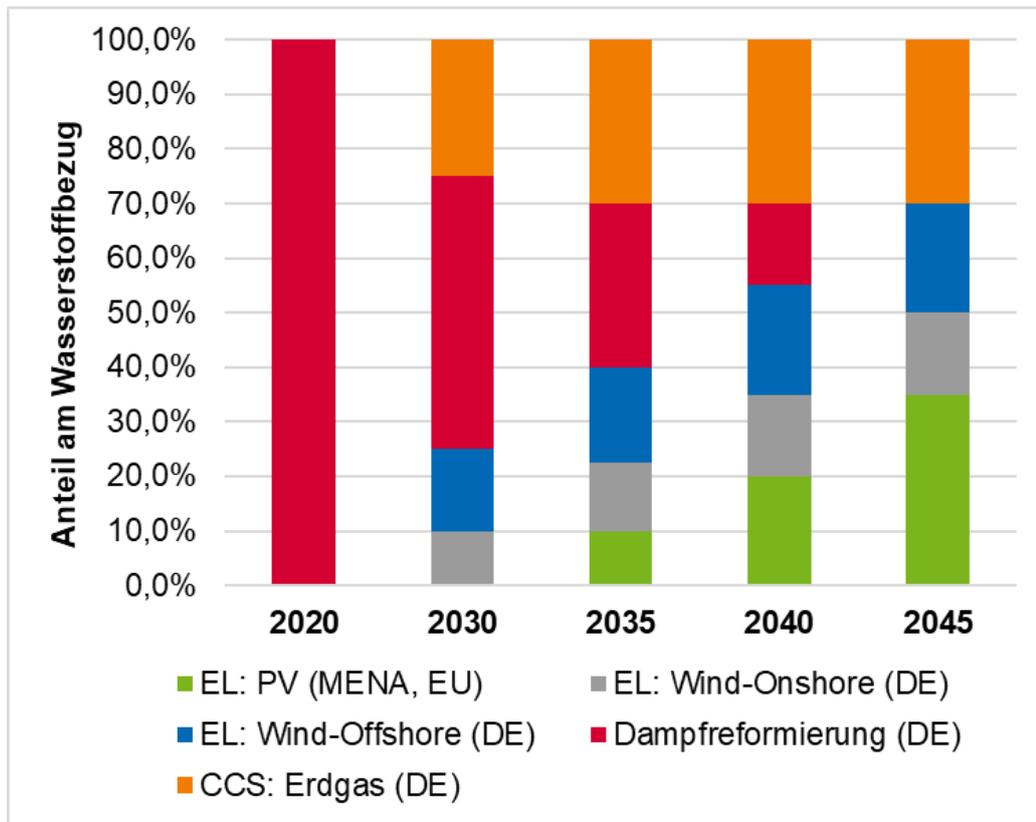


Abbildung 5-2: Annahmen zu den anteiligen Herkunftsarten für den künftigen deutschen Wasserstoffmix.

Um schließlich die resultierenden Treibhausgasemissionen (in t CO₂-Äq. p.a.) für die betrachteten Stützjahre abzuleiten, sind analog dem Vorgehen bei der Bestandsanalyse erneut die jeweiligen Endenergiebedarfe je Energieträger mit den zugehörigen Emissionsfaktoren zu multiplizieren. Dieses Vorgehen gilt einheitlich für die definierten Szenarien, wenngleich sich die Endenergiebedarfe je Szenario unterscheiden. Abweichend von der Bestandsanalyse unterliegen die Emissionsfaktoren zum Teil signifikanten Änderungen im Zeitraum von 2030 bis 2045. Ursächlich hierfür sind die Veränderungen bei der Energiebereitstellung. Insbesondere die CO₂-Intensität des deutschen Strommixes wird sich aufgrund des zunehmenden Anteils erneuerbarer Energien weitreichend reduzieren.

Die Abbildung 5-3 fasst die verwendeten Emissionsfaktoren je Stützjahr im Wärmesektor zusammen. Die genauen Zahlenwerte finden sich im Anhang 12 sowie im Anhang 11. Klar zu erkennen ist die deutliche Abnahme der CO₂-Intensität der Strombereitstellung für Wärmepumpen (Status quo mit 0,438 kg CO₂-Äq./kWh, 0,27 kg CO₂-Äq./kWh im Jahr 2030, 0,032 kg CO₂-Äq./kWh im Jahr 2045) [24]. Die Emissionsfaktoren für fossile Energieträger (Erdgas H, Heizöl L) werden hingegen als konstant angenommen.

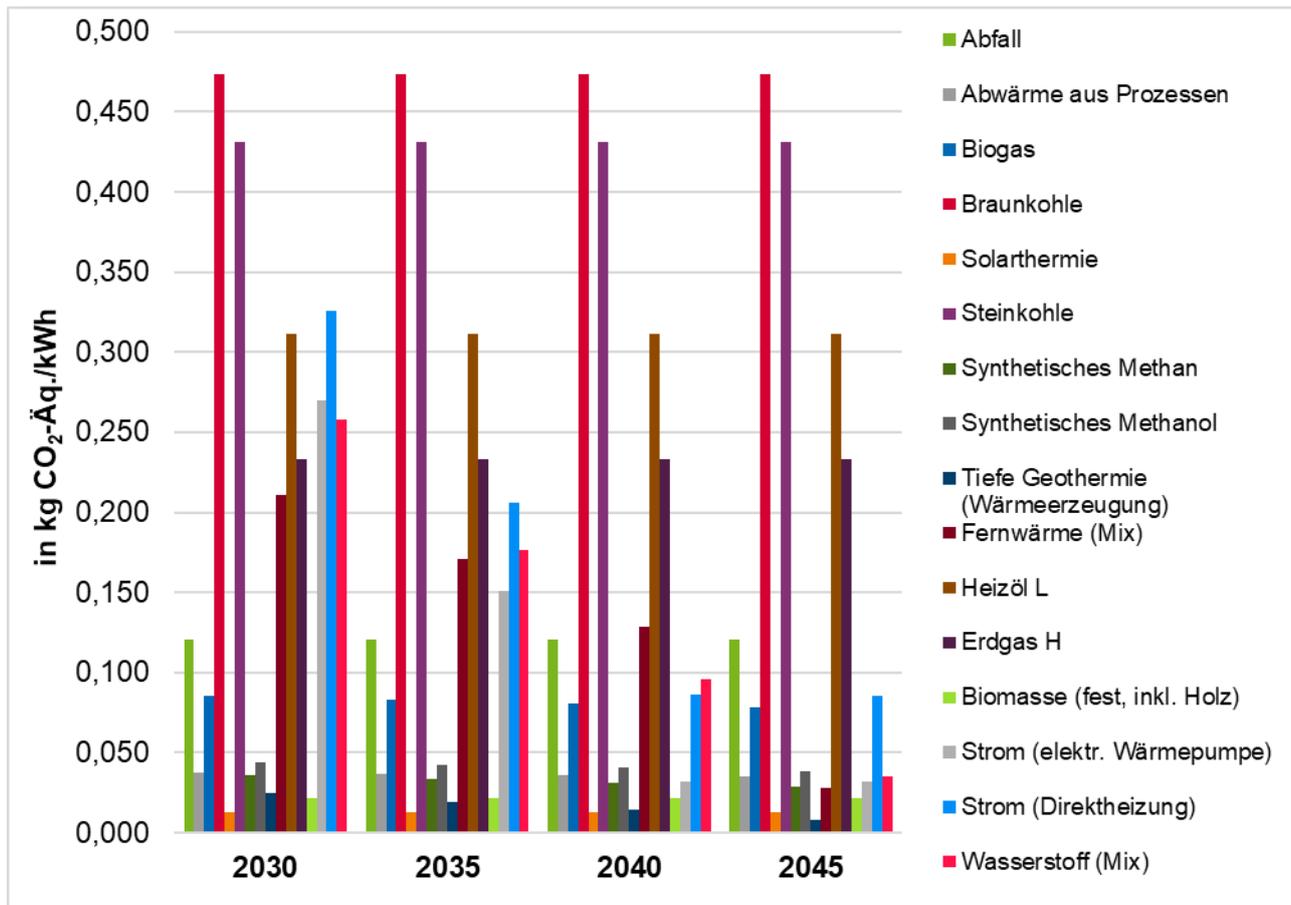


Abbildung 5-3: Überblick zur Entwicklung der spezifischen Treibhausgasemissionen je Technologie/Energieträger; eigene Darstellung auf Basis von [24].

Da die Fernwärme einem spezifischen Technologiemitx je Szenario unterliegt, wird der Verlauf der Emissionsfaktoren über die einzelnen Stützjahre in der separaten Abbildung 5-4 visualisiert. Das Szenario 1 Tiefengeothermie sticht mit der geringsten CO₂-Intensität über alle Stützjahre hinweg hervor. Die Szenarien 2 und 3 verlaufen zwischen 2030 und 2040 annähernd kongruent, während sich für 2045 ein deutlicher Fernwärme-Emissionsvorteil zugunsten des Szenario 2 ergibt.

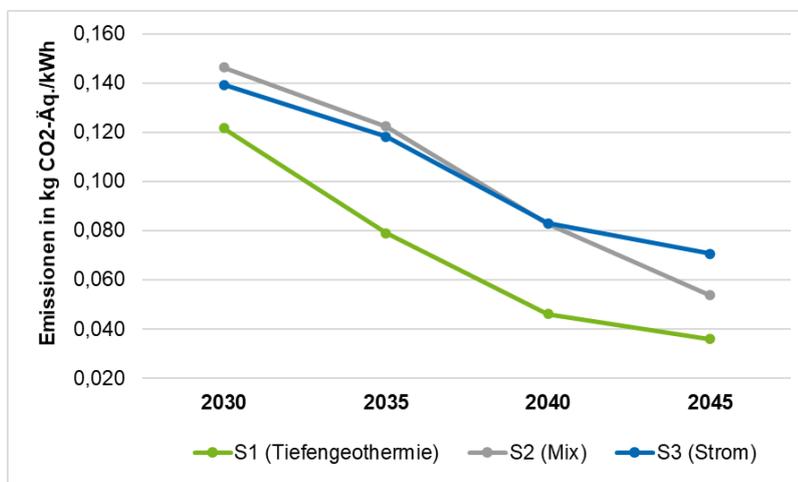


Abbildung 5-4: Vergleich der Emissionsfaktoren für den Fernwärmemix in den betrachteten Zielszenarien.

5.2.4 Einführung Wirtschaftliche Bewertung

Um die verschiedenen Zielszenarien für die kommunale Wärmeplanung hinsichtlich ihrer Ökonomie vergleichen zu können, wurde eine umfassende wirtschaftliche Analyse durchgeführt. Diese fokussiert sich auf drei Hauptaspekte: die Investitionskosten nach Technologien, die Verteilung der Kosten auf verschiedene Sektoren und die resultierenden Wärmegestehungskosten. Ziel dieser Betrachtung bis 2045 ist es, einen weiteren Indikator für die Ableitung des Zielbildes zu schaffen.

Die Analyse nimmt eine gesamtkommunale Perspektive ein und konzentriert sich primär auf die Wärmetechnologien. Ein besonderer Fokus liegt auf der Investitionsplanung für neu zu installierende Leistungen der erneuerbaren Energien. Hierbei wurde ein stufenweiser Ausbau in 5-Jahres-Intervallen bis zum Zieljahr 2045 analysiert. Diese Herangehensweise ermöglicht eine realistische Abbildung der schrittweisen Transformation des Energiesystems und berücksichtigt potenzielle technologische Entwicklungen.

Es ist wichtig zu betonen, dass die Investitionskosten für den Netzausbau und -erweiterung (z.B. der Stromverteilnetze) in dieser Analyse nicht berücksichtigt wurden. Diese Entscheidung basiert auf der Tatsache, dass zu viele unbekannte Faktoren in diesem Bereich existieren, was zu einer hohen Fehlerquote führen würde und somit die Aussagekraft der Gesamtanalyse beeinträchtigen könnte.

Um eine fundierte und zukunftsorientierte Bewertung zu ermöglichen, wurde eine breite Datenbasis herangezogen. Als Grundlage diente u.a. der Technikkatalog der KEA-BW (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg) [43, 44], der technische Standards und aktuelle und zukünftige Investitionskosten liefert. Ergänzend wurden weitere Quellen zu zukünftigen Technologien konsultiert, darunter Studien, Prognosen und Berichte von Institutionen wie Agora Energiewende [45] und der deutschen WindGuard GmbH [46].

5.2.5 Ableitung des favorisierten Zielbildes

Anhand der in den Abschnitten 5.2.2 bis 5.2.4 beschriebenen Einzelkriterien gilt es ein favorisiertes Szenario auszuwählen, das zum Zeitpunkt der Wärmeplanung als optimales Zielbild angesehen wird. Hierzu bietet sich eine Sammlung und Gegenüberstellung der einzelnen Kriterien in Tabellenform an. Ergänzend zu den ausführlich erörterten Kriterien Endenergiebedarf, Treibhausgasemissionen und Ökonomie stellen auch das Realisierungsrisiko sowie eine Einschätzung zur Versorgungssicherheit wichtige Bewertungsdimensionen dar. Die Gegenüberstellung erfolgt zunächst qualitativ je Szenario und Kriterium und wird anschließend in ein einheitliches Punktesystem überführt. Hierbei sind je Bewertungsaspekt maximal fünf Punkte zu vergeben, wobei ein bis zwei Punkte für „schlecht/negativ“ stehen und vier bis fünf Punkte als „gut/positiv“ zu interpretieren sind. Drei Punkte repräsentieren eine „mittlere/neutrale“ Einschätzung. Bei Bedarf kann in Rücksprache mit der Kommune auch eine individuelle Gewichtung der Kriterien vorgenommen werden. Den prinzipiellen Aufbau der gleichgewichteten Bewertungsmatrix (links) sowie ein beispielhaft resultierendes Netzdiagramm (rechts) visualisiert die Abbildung 5-5.

gut / positiv
 mittel / neutral
 schlecht / negativ

Kategorie	Einheit	Zielszenario X
Treibhausgasminderung	[% im Vergleich zum Status quo]	
Wärmegeheimungskosten	[ct/kWh]	
Infrastrukturen (Anpassungs- bzw. Ausbaubedarf)	-	
Realisierungsrisiko (technisch, finanziell, regulatorisch)	-	
Versorgungssicherheit	-	
Gesamtfazit	-	

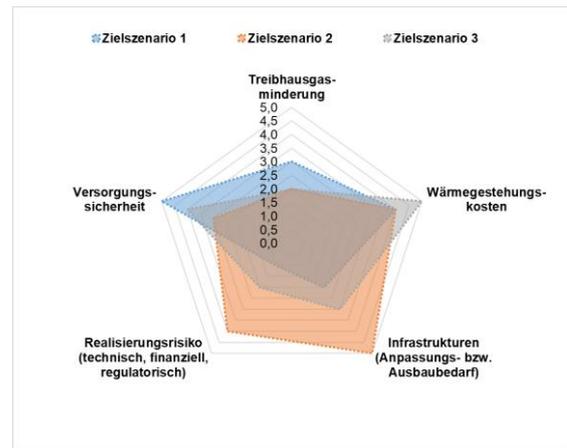


Abbildung 5-5: Bewertungsmatrix zum Vergleich der Zielszenarien (links) und resultierendes Netzdiagramm (rechts).

5.2.6 Einteilung des Untersuchungsgebiets in Wärmeversorgungsgebiete

Auf Basis des favorisierten Zielbildes für die zukünftige Wärmeversorgung in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz ist eine Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete vorzunehmen. Dies geschieht insbesondere für das Zieljahr 2045.

Mögliche Wärmeversorgungsgebiete sind:

- Wärmenetzgebiet: Wärmenetzverdichtung, Wärmenetzausbau oder Wärmenetzneubau
- Wasserstoffnetzgebiet
- Gebiet für die Einzelversorgung bzw. dezentrale Technologien (z.B. Wärmepumpen)
- Prüfgebiet

Im Zuge der Einteilung sind verschiedene Kriterien bzw. Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Besondere Bedeutung haben die technoökonomischen Faktoren der Wärmebedarfsdichte respektive Wärmelinien-dichte. Hierbei wird der prognostizierte Nutzwärmebedarf (z.B. für das Jahr 2045) entweder auf die Fläche, etwa eines Baublockes, oder auf die Länge eines nahegelegenen Straßenzuges bezogen. Beide Kenngrößen gelten als geeignetes Maß für die Beurteilung der technischen und auch ökonomischen Lukrativität für die oben genannten Versorgungsarten. In der Literatur existieren zahlreiche Erfahrungswerte zur Ableitung der Versorgungsart aus der Wärmeflächendichte und der Wärmelinien-dichte. Für die nachfolgenden Analysen nutzt KWP⁴ die Intervallgrenzen gemäß dem Leitfaden zur Wärmeplanung. Tabelle 5-4 fasst die Zahlenwerte für den Flächenbezug und Tabelle 5-5 die Werte bei Linienbezug zusammen.

Tabelle 5-4: Empfehlungen zur Wärmenetzeignung anhand der Wärmeflächendichte [10].

Wärmedichte in MWh/(ha*a)	Eignung für Wärmenetze
0 – 70	Kein technisches Potenzial
70 – 175	Wärmenetze in Neubaugebieten
175 – 415	Niedertemperaturnetze im Bestand
415 – 1.050	Konventionelle Wärmenetze im Bestand
>1.050	Sehr hohe Wärmenetzeignung

Tabelle 5-5: Empfehlungen zur Wärmenetzeignung anhand der Wärmeliniedichte [10].

Wärmeliniedichte in kWh/(m*a)	Eignung für Wärmenetze
0 – 700	Kein technisches Potenzial
700 – 1.500	Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
1.500 – 2.000	Wärmenetze in bebauten Gebieten
>2.000	Wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z.B. Straßenquerung, Querung von Bahnschienen und Gewässern)

Ergänzend wird für die Beurteilung der Eignung durch KWP⁴ ein spezialisierteres Modell angewendet. Dieses, auf dem „Fuzzy-Membership-Ansatz“ beruhende, Modell hat DBI auf der Basis von Arbeiten der Hochschule Bremen und in Kooperation mit der Hochschule weiterentwickelt. Eine ausführliche Veröffentlichung zur Modellfunktionsweise und beispielhaften Ergebnissen sowie deren Interpretation ist online verfügbar [47]. Das Grundprinzip des Modells sieht vor, anhand der Kenngröße der Wärmeliniedichte für quadratische Rasterzellen mit einer Kantenlänge gleich 100 m die Eignung für die Versorgungsarten Wärmenetz und Einzelversorgung zu bestimmen. Das Modell unterteilt jede Versorgungsart zusätzlich in verschiedene Ausprägungsstufen (z.B. Einzelversorgung++), um eine konkretere Benennung der vor Ort einsetzbaren Technologieoptionen zu ermöglichen. Kennzeichnend für das Modell ist zudem, dass es einerseits auch die Grenzbereiche zwischen zwei Versorgungsarten (z.B. zwischen Wärmenetz und Einzelversorgung) explizit ausweist. Zum anderen dient zur Beurteilung einer konkreten Rasterzelle stets auch deren Umgebung (d.h. die maximal acht benachbarten Rasterzellen mit ihren Durchschnittswerten) als Entscheidungsgröße. Damit wird vermieden, dass eine einzelne Rasterzelle aufgrund möglicher Extremwerte (sehr hohe bzw. sehr geringe Liniendichten) isoliert von ihrer Umgebung eine zwar rechnerisch sinnvolle, nicht jedoch technisch plausible Versorgungsart erhält. Somit sind regionale Versorgungscluster besser identifizierbar und es bilden sich übergeordnete Versorgungsstrukturen klarer heraus. Indifferente Bereiche mit zwei möglichen Technologieoptionen werden ebenfalls explizit kartografisch dargestellt.

5.3 Diskussion der Ergebnisse

5.3.1 Entwicklung des Nutzenergiebedarfs der Wärmebereitstellung

Szenario 1 – Tiefengeothermie

Im ersten Zielszenario liegt der Schwerpunkt auf Tiefengeothermie, welche in den Gemeinden Rochlitz und Zettlitz zum Einsatz kommt. In Rochlitz beträgt der Anteil der Tiefengeothermie im Jahr 2030 zunächst 30 % des Nutzwärmebedarfs. Dieser Anteil wird in den folgenden Jahren kontinuierlich gesteigert und erreicht 40 % im Jahr 2035, 50 % im Jahr 2040 und schließlich 60 % im Jahr 2045. In Zettlitz ist eine ähnliche Entwicklung zu erwarten, jedoch gibt es Unterschiede in den absoluten Werten, was auf die unterschiedlichen Nutzwärmebedarfe der beiden Gemeinden zurückzuführen ist. Die genauen prozentualen Anteile und absoluten Energiemengen für die Tiefengeothermie in der Gemeinde Rochlitz und der Gemeinde Zettlitz werden in Tabelle 5-6 übersichtlich dargestellt.

Tabelle 5-6: Entwicklung der Tiefengeothermie in Rochlitz und Zettlitz bis 2045.

Gemeinde	Technologie	Jahr 2030	Jahr 2035	Jahr 2040	Jahr 2045
	Zielwert erneuerbarer Energien in %	50	65	80	100
Rochlitz	Nutzenergiebedarf in kWh/a	66.745.151	63.473.974	60.729.363	57.753.020
	Anteil Tiefengeothermie in %	30	40	50	60
	Absoluter Wert Tiefengeothermie in kWh/a	20.023.545	25.389.589	30.364.681	34.651.812
Zettlitz	Nutzenergiebedarf in kWh	8.011.596	7.618.948	7.207.264	6.854.036
	Anteil Tiefengeothermie in %	30	40	50	60
	Absoluter Wert Tiefengeothermie in kWh/a	2.403.478	3.047.579	3.603.631	4.112.421

Im Rahmen der weiteren Ausarbeitung des Zielbildes für die Wärmeversorgung der betrachteten Kommune erfolgt die detaillierte Berechnung und Quantifizierung der verschiedenen Energietechnologien im Zielszenario eins. Dies umfasst die Berücksichtigung bestehender Anlagen, wie beispielsweise der Biomethan-KWK-Anlage in Rochlitz, die auf Grundlage ihrer tatsächlichen Erträge zum festgelegten Basisjahr in die Berechnungen einfließt. Dieser Schritt bildet die Grundlage für die anschließende Planung und Modellierung der Wärmeversorgung und stellt sicher, dass bereits bestehende Infrastrukturen effizient genutzt werden.

Es ist hierbei von besonderer Bedeutung, dass diese Berechnungen zunächst durchgeführt wurden, um eine fundierte Ausgangsbasis für die weiteren Planungen zu schaffen.

Für die Wärmebereitstellung ist davon auszugehen, dass 70 % des vorhandenen Abwärmepotenzials aus der Rochlitzer Biomethan-KWK-Anlage nutzbar sind. Diese Annahme trägt zur Optimierung des Systems bei und stellt sicher, dass vorhandene Ressourcen bestmöglich in den Transformationsprozess integriert werden. Anschließend erfolgt die effiziente und bedarfsorientierte Aufteilung der restlichen erforderlichen Kapazitäten, um die festgelegten Zielwerte zu erreichen. Diese Zielwerte beinhalten die ansteigenden Anteile erneuerbarer Energien für den Zeitraum von 2030 bis 2045 und sind auf die spezifischen Gegebenheiten der Kommune und ihrer Wärmeversorgungsbedürfnisse abgestimmt.

Die genaue Verteilung des Energiemixes im Zielszenario eins, mit dem Schwerpunkt auf Tiefengeothermie, wird bis zum Jahr 2045 für Rochlitz und Zettlitz aufgezeigt. Die entsprechenden Darstellungen sind in Abbildung 5-6 und Abbildung 5-7 zu finden und bieten einen Überblick über die prognostizierte Entwicklung der Wärmeversorgung unter Berücksichtigung der festgelegten Zielwerte für die Anteile erneuerbarer Energien und der vorhandenen Ressourcen (z.B. EE-Anteil entspricht 50 % des Nutzwärmebedarfs in 2030). In Anhang 15 (S. L) kann die Nutzwärmebedarfsentwicklung gesamtheitlich (inkl. fossiler Energieträger) für die Gemeinde Rochlitz nachvollzogen werden.

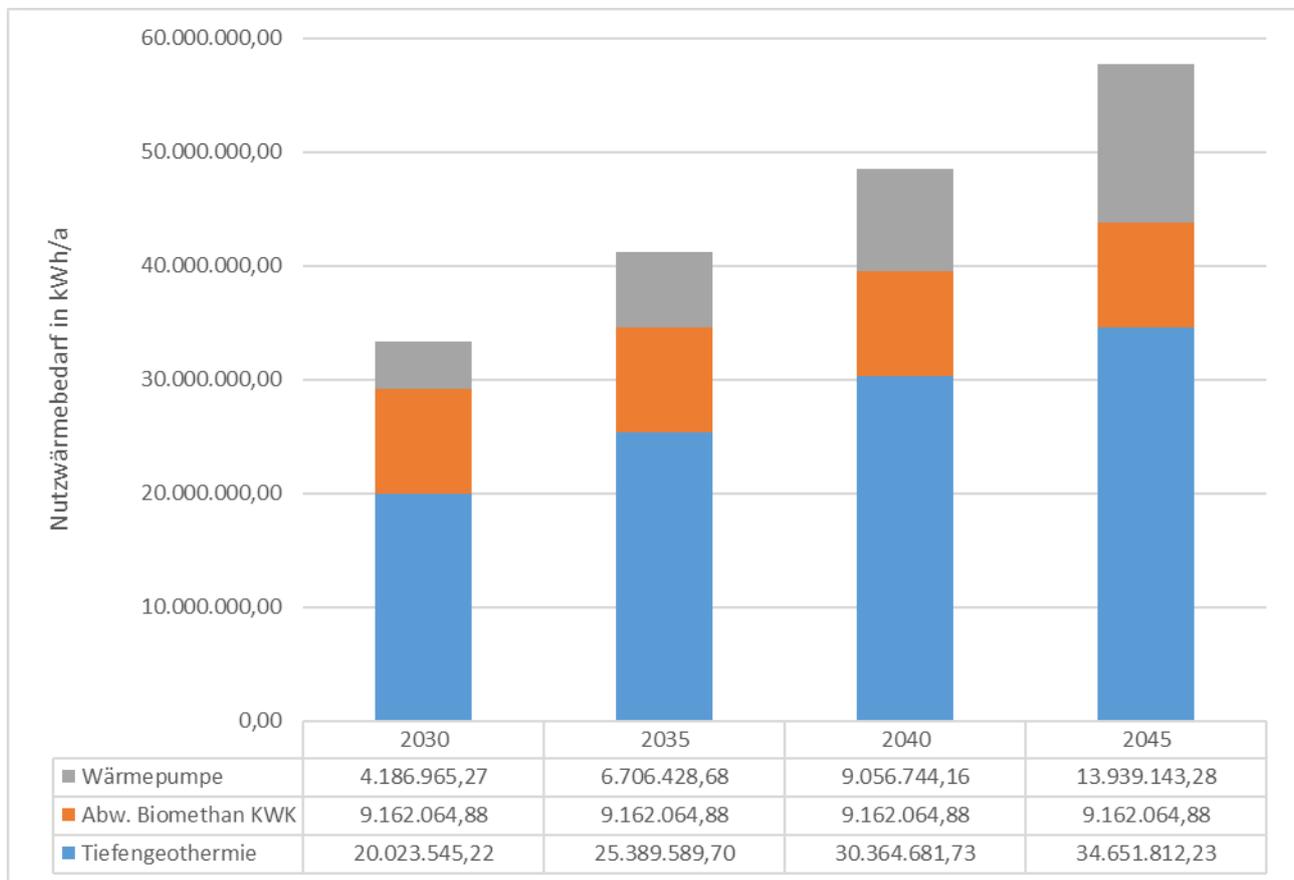


Abbildung 5-6: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Rochlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S1).

In Abbildung 5-6 wird aufgezeigt, dass der Fokus auf die Tiefengeothermie in der Gemeinde Rochlitz bereits im Jahr 2030 einen signifikanten Anteil von 20 Mio. kWh/a des Nutzwärmebedarfs ausmacht, was 60 % des durch erneuerbare Energien zu deckenden Anteils des Nutzwärmebedarfs entspricht. Im Zeitraum bis 2045 steigt dieser Anteil schrittweise auf 61,5 % im Jahr 2035 und 62,5 % im Jahr 2040 an, um im Jahr 2045 auf 60 % (34,65 Mio. kWh/a) abzusinken. Diese Entwicklung ist neben den kontinuierlich sinkenden Nutzwärmebedarfen insbesondere auf die Anpassung der Zielwerte für erneuerbare Energien zurückzuführen (2030: 50 %; 2045: 100 %).

Im Jahr 2045 wird ein verstärkter Einsatz von Wärmepumpen (13,93 Mio. kWh/a) erforderlich, um den gesamten Nutzwärmebedarf der Gemeinde Rochlitz von 57,75 Mio. kWh/a zu decken. Die Biomethan-KWK-Anlage trägt zu jedem Zeitpunkt denselben Anteil zur Deckung des Nutzwärmebedarfs bei.

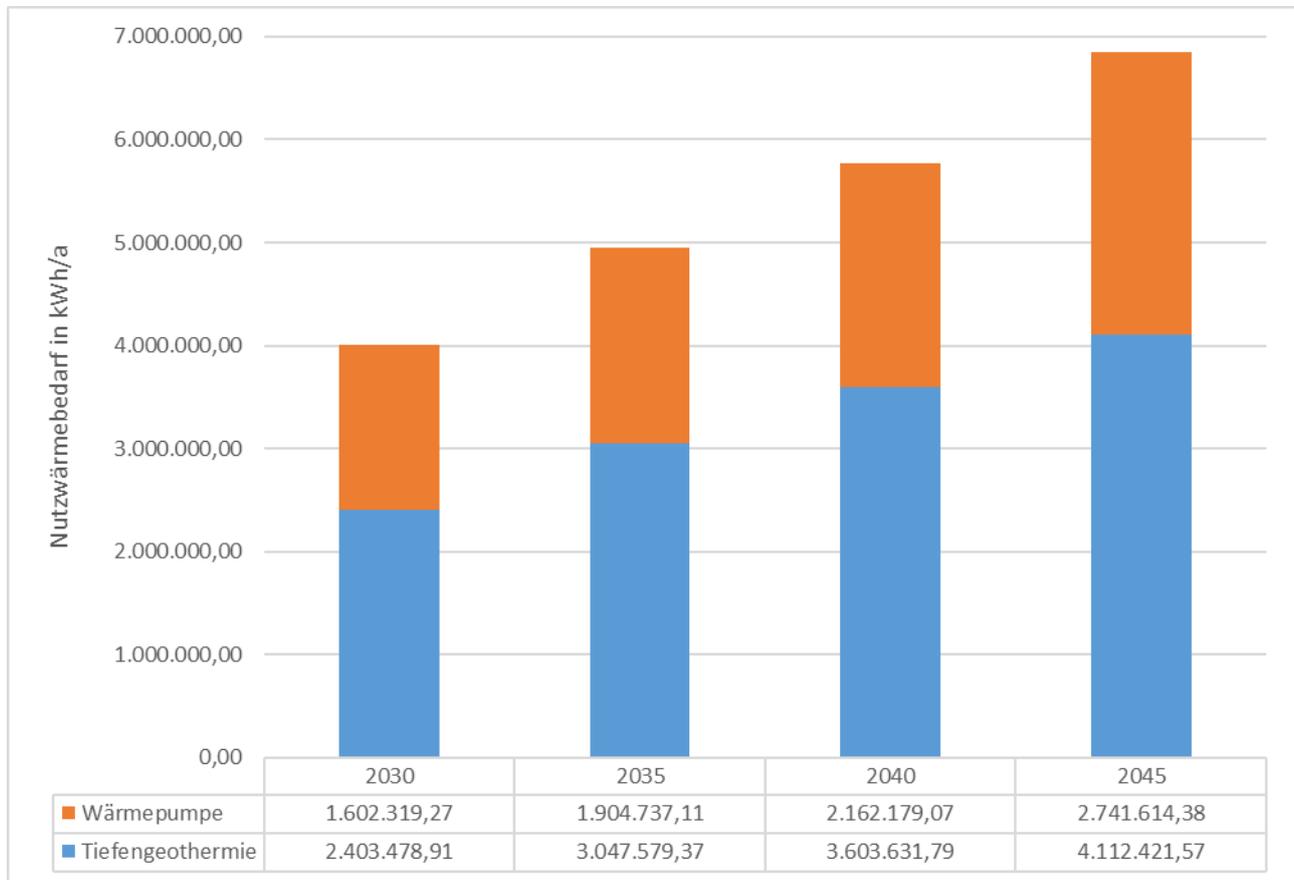


Abbildung 5-7: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Zettlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S1).

In Zettlitz lässt sich eine ähnliche Entwicklung beobachten (siehe Abbildung 5-7). Auch hier wird die Tiefengeothermie als zentraler Energieträger für die Deckung des erneuerbaren Anteils des Nutzwärmebedarfs genutzt. Der absolute Deckungswert fällt jedoch deutlich niedriger aus als in Rochlitz. Im Jahr 2030 wird die Tiefengeothermie 2,4 Mio. kWh/a bereitstellen. Dies entspricht 60 % des durch erneuerbare Energien zu deckenden Nutzwärmebedarfs der Gemeinde Zettlitz (6,85 Mio. kWh/a). Für die Jahre 2035, 2040 und 2045 entsprechen die prozentualen Anteile der Tiefengeothermie in Zettlitz den Werten in Rochlitz. Der Unterschied entsteht jedoch in den Kapazitäten der Wärmepumpen, die in Zettlitz entsprechend mehr leisten müssen, da hier keine KWK-Bestandsanlagen zur Wärmebereitstellung herangezogen werden. Im Jahr 2045 würde dies 40 % des Nutzwärmebedarfs abdecken. Dennoch sind die absoluten Werte der bereitgestellten Wärmeenergie in Zettlitz aufgrund des geringeren Nutzwärmebedarfs der Gemeinde insgesamt wesentlich geringer. Die Zusammensetzung der gesamtheitlichen Nutzwärmebedarfe (inkl. fossiler Energieträger) kann in Anhang 16 (S. M) nachvollzogen werden. Des Weiteren werden dort die Nutzwärmebedarfe der Gemeinden Königfeld und Seelitz spezifisch aufgeführt.

Der Strommix, der in Zielszenario eins maßgeblich ist, um die Nutzwärme bereitzustellen, setzt sich aus verschiedenen Technologien zusammen. Neben den Bestandsanlagen (Windkraft in Zettlitz, Wasserkraft in Rochlitz, Biogas-KWK-Anlagen in Zettlitz) ist vorgesehen, dass die restlichen Bedarfe durch das Stromnetz gedeckt werden.

Zum Ende des Betrachtungszeitraums stammen im Gesamtgebiet 3,11 Mio. kWh/a (32 %) Strom aus den bestehenden Zettlitzer Windkraftanlagen. Die lokalen Biogas-KWK-Anlagen decken 13,8 % (1,33 Mio. kWh/a) des Bedarfs ab, während die Wasserkraftanlage in Rochlitz 460.000 kWh/a liefert und somit 4,8 % des Gesamtstrombedarfs (9,67 Mio. kWh/a) deckt. Die verbleibenden Bedarfe, die nicht durch Bestandsanlagen bereitstellbar sind, werden aus dem lokalen Stromnetz bezogen (49,2 %). Es ist anzumerken, dass die angenommenen Werte und erzielten Ergebnisse im Bereich der Strombereitstellung Schwankungen unterliegen können, da erneuerbare Energien wetterabhängig sind. Daher ist erneut die Annahme relevant, dass zusätzliche Strombedarfe in jedem Fall durch das Stromnetz auszugleichen sind, wobei das Netz ebenfalls in der Lage sein muss, die Anschlussleistungen und Erträge aus den erneuerbaren Energieanlagen zu integrieren.

Szenario 2 – Mix

Im Vergleich zu Zielszenario eins setzt Zielszenario zwei auf einen Mix verschiedener dezentraler und zentraler Wärmetechnologien. Hierzu gehören unter anderem Wärmepumpen, Biomasse-Pelletheizungen, Wasserstoffthermen und H₂-KWK-Anlagen sowie Aufdach-Solarthermieanlagen. Auch in Zielszenario zwei erfolgt, im Rahmen der Nutzwärmebedarfe, die Berücksichtigung der Position Fernwärme.

Wie bereits erwähnt, wird diese in Zielszenario eins und drei erst im Kontext der Endenergie untersucht. Da es sich bei Zielszenario zwei um eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien handelt, wird an dieser Stelle auf eine erneute Erläuterung der Berechnung verzichtet. Es ist jedoch hervorzuheben, dass Bestandsanlagen zunächst vorrangig einfließen, da diese einen nachweisbaren Beitrag zur Deckung der Bedarfe leisten. Die Biomethan-KWK-Anlage in Rochlitz stellt hierbei weiterhin eine wesentliche Bestandsanlage dar. Erneut ist anzumerken, dass 70 % des Abwärmepotenzials der Anlage für die Wärmebereitstellung nutzbar sind. Auf Grundlage dieser Berechnungen hat sich folgender Energiemix für die Gemeinde Rochlitz im Zielszenario zwei ergeben (siehe Abbildung 5-8). In dieser Abbildung sind ausschließlich die Technologien dargestellt, welche zur Erreichung der erneuerbaren Energien-Quoten notwendig sind (z.B. EE-Anteil entspricht 50 % des Nutzwärmebedarfs in 2030). Der Wärmemix, inklusive fossiler Energieträger, kann in Anhang 17 (S. N) nachvollzogen werden.

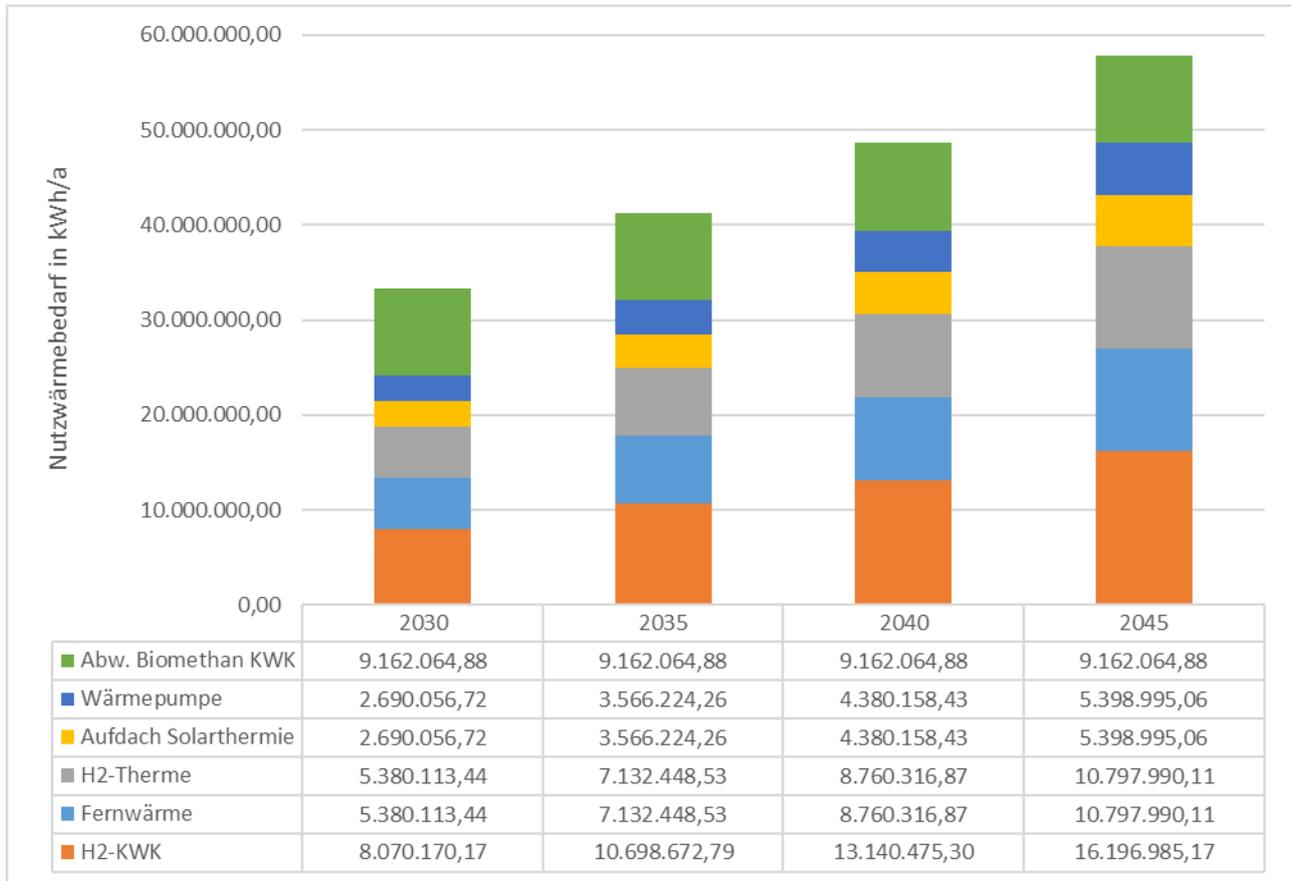


Abbildung 5-8: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Rochlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S2).

In Abbildung 5-8 lässt sich erkennen, dass der Energiemix zur Wärmeversorgung in Rochlitz nahezu gleichmäßig aus verschiedenen Versorgungsoptionen zusammengesetzt ist. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf den Bereichen Wasserstoff-KWK und Biomethan-KWK. Während der Ertrag aus den Wasserstoff-KWK-Anlagen im Betrachtungszeitraum (2030 - 2045) kontinuierlich ansteigt, bleibt der Beitrag der Biomethan-KWK-Anlagen unverändert. Dies basiert auf der Annahme, dass keine weiteren Kapazitäten ausgebaut werden und bestehende Anlagen bei Bedarf ertüchtigt werden. Somit wird konstant eine Wärmemenge von 9,16 Mio. kWh/a durch Biomethan-KWK-Anlagen bereitgestellt, was im Jahr 2045 15,9 % des jeweiligen Nutzwärmebedarfs ausmacht. Der Ertrag aus den Wasserstoff-KWK-Anlagen wird zum Jahr 2045 16,2 Mio. kWh/a betragen, was einem Anteil von 28 % des Nutzwärmebedarfs der Gemeinde Rochlitz (57,8 Mio. kWh/a) entspricht. Die kleineren Anteile entfallen auf Wärmepumpen und Aufdach-Solarthermieanlagen.

Dies ist auf die Nutzung der Fernwärme zurückzuführen, die durch das lokal bestehende und geplante Wärmenetz verteilt wird. Im Zielszenario zwei ergibt sich ein Mix aus verschiedenen erneuerbaren Energietechnologien, der sich im Verlauf des Betrachtungszeitraums entwickelt, um schließlich im Jahr 2045 die gesamten Wärmebedarfe der Gemeinde Rochlitz erneuerbar zu decken.

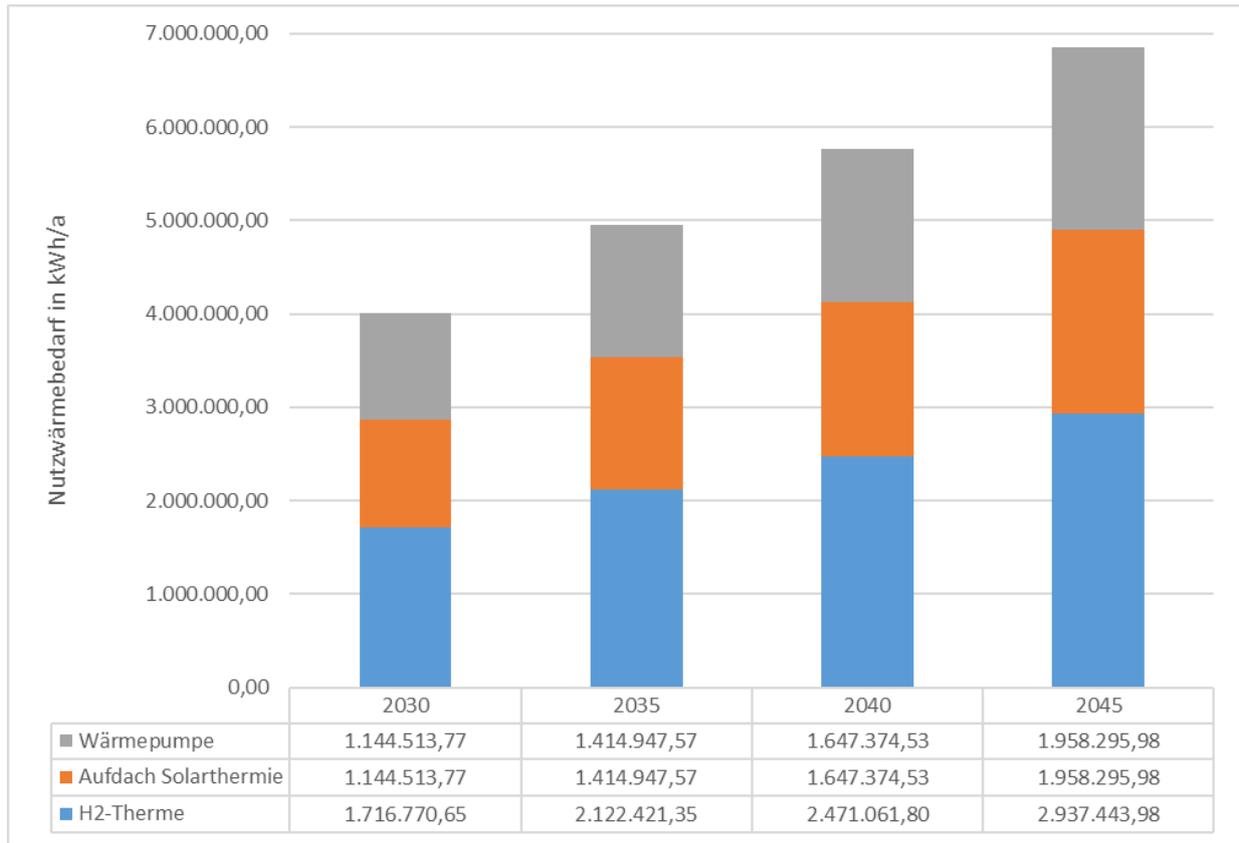


Abbildung 5-9: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Zettlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S2).

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch in Zettlitz. Abbildung 5-9 verdeutlicht, dass hier weniger Technologien zur Deckung des Wärmebedarfs beitragen. Auch hier ist erneut darauf hinzuweisen, dass in der Abbildung ausschließlich Technologien und Wärmebedarfe aufgeführt werden, welche zur Deckung der erneuerbaren Energiequoten beitragen (z.B. EE-Anteil entspricht 50 % des Nutzwärmebedarfs in 2030). Der Fokus liegt auf dem Einsatz von Wärmepumpen, Aufdach-Solarthermieanlagen und Wasserstoffthermen. Auch in Zettlitz ist ein kontinuierlicher Anstieg der Erträge und Bedarfe nachvollziehbar. Während im Jahr 2030 noch 1,71 Mio. kWh/a Wärme aus Wasserstoffthermen bereitgestellt werden, steigt dieser Wert bis zum Jahr 2045 auf nahezu 3 Mio. kWh/a an. Damit wird zum Endzeitpunkt ein Anteil von 42,9 % des Wärmebedarfs der Stadt Zettlitz (6,85 Mio. kWh/a) durch die genannte Technologie gedeckt. Die verbleibenden 57,1 % (3,91 Mio. kWh/a) werden gleichermaßen (jeweils 1,95 Mio. kWh/a) durch Wärmepumpen und Aufdach-Solarthermieanlagen bereitgestellt. Trotz der geringeren Vielfalt an technischen Anlagen ist somit eine bedarfsgerechte Bandbreite an Versorgungsmöglichkeiten (leitungsgebunden, dezentrale Strom und Solarstrahlung) vorhanden. Im Kontext der Solarthermieanlagen ist noch darauf hinzuweisen, dass diese mit Speicherlösungen in den Gebäuden respektive anderen Technologien (Wärmepumpen) kombiniert werden müssen. Die Zusammensetzung der gesamtheitlichen Nutzwärmebedarfe (inkl. fossiler Energieträger) kann in Anhang 18 (S. O) nachvollzogen werden. Des Weiteren werden dort die Nutzwärmebedarfe der Gemeinden Königsfeld und Seelitz spezifisch aufgeführt.

Damit ausreichend Strom zur Versorgung der Wärmetechnologien zur Verfügung steht, ist der Zubau von erneuerbaren Energieanlagen erforderlich. In der Verwaltungsgemeinschaft ist neben den bestehenden Wasser- und Windkraftanlagen sowie der Biogasanlagen auch der Ausbau von Photovoltaikanlagen und Windkraftanlagen vorgesehen. Strom aus Solarenergie ist eine etablierte Technologie und wird daher in allen Gemeinden verwendet. Zusätzlich wird der Zubau von Windkraftanlagen in Königsfeld eingeplant. Ebenfalls ist vorgesehen, bestehende Anlagen in Zettlitz zu modernisieren, sodass die Notwendigkeit zur Installation neuer Anlagen entfällt. Bis zum Zieljahr 2045 sollen in der Verwaltungsgemeinschaft insgesamt 4,76 Mio. kWh/a Strom aus Photovoltaikanlagen bereitgestellt werden.

Weitere Kapazitäten im Bereich Windkraft umfassen 618.455 kWh/a. Durch diese Maßnahmen leisten Photovoltaikanlagen 43,4% und Windkraftanlagen (Zubau und Bestand) 34,1 % des Gesamtstrombedarfs von 10,93 Mio. kWh/a. Somit stammen 94,2% des Gesamtstrombedarfs (bezüglich der anfallenden Wärmebedarfe) aus lokal bestehenden und geplanten erneuerbaren Energieanlagen.

Die verbleibenden 5,8 % müssen durch das bestehende Stromnetz ausgeglichen werden. Es ist zu beachten, dass die angenommenen Werte und erzielten Ergebnisse im Bereich der Strombereitstellung schwanken können, da erneuerbare Energien wetterabhängig sind. Es wird jedoch angenommen, dass zusätzliche Strombedarfe stets durch das Stromnetz ausgeglichen werden können. Neben der Strombedarfsdeckung muss das Netz ebenfalls in der Lage sein, die Leistungen und Erträge aus den erneuerbaren Energieanlagen aufzunehmen.

Szenario 3 – Strom

Im Zielszenario drei liegt der Fokus auf dem Energieträger Strom. Zur Bereitstellung von Wärme werden Technologien wie Wärmepumpen und Stromspeicherheizungen eingesetzt. Der Großteil des Wärmebedarfs wird durch dezentrale Erzeugungstechnologien gedeckt, wobei eine Ausnahme die Biomethan-KWK-Anlage in Rochlitz darstellt, die wie die anderen Bestandsanlagen im Bereich Strom ebenfalls in die Betrachtung einfließt. Die dezentralen Wärmetechnologien kommen in den Gemeinden Königsfeld, Rochlitz, Seelitz und Zettlitz zum Einsatz. Abbildung 5-10 zeigt den erneuerbaren Wärmemix für die Stadt Rochlitz im Rahmen von Zielszenario drei unter Berücksichtigung der zugrundeliegenden erneuerbaren Energiequoten (z.B. EE-Anteil entspricht 50 % des Nutzwärmebedarfs in 2030). Der Wärmemix, inklusive fossiler Energieträger, kann in Anhang 20 (S. P) nachvollzogen werden.

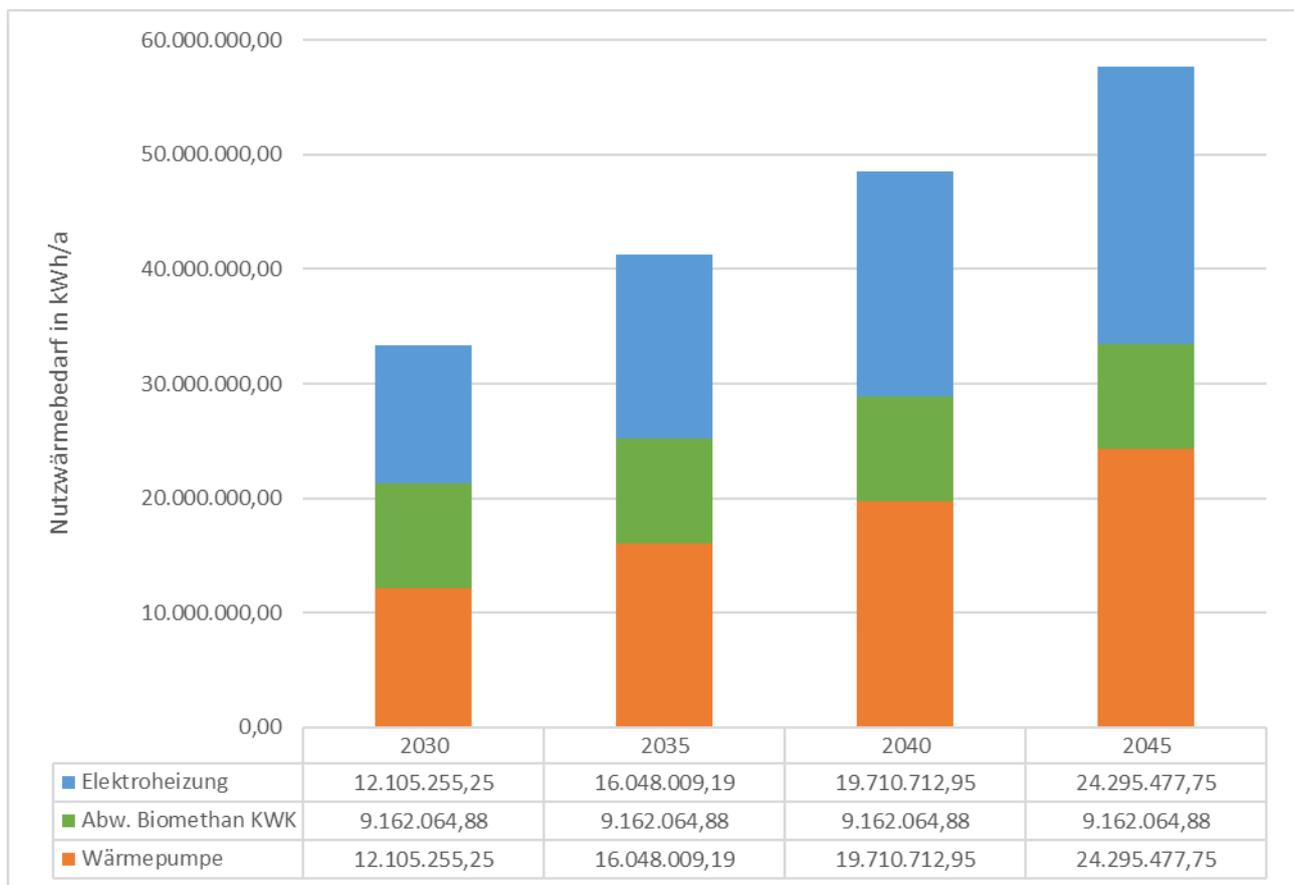


Abbildung 5-10: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Rochlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S3).

Deutlich zu erkennen ist die gleichmäßige Verteilung von Wärmepumpen und Elektroheizungen. Beide Technologien tragen im Jahr 2045 jeweils 24,3 Mio. kWh/a Wärme zur Deckung des Bedarfs bei, was 84,1 % des Nutzwärmebedarfs der Gemeinde Rochlitz (57,75 Mio. kWh/a) entspricht. Der Anteil der Wärmepumpen und Elektroheizungen beträgt jeweils 42,1 %. Die verbleibenden 15,9 % (9,16 Mio. kWh/a) werden durch die Biomethan-KWK-Anlage gedeckt.

Im Rahmen von Zielszenario drei ist kein weiterer Ausbau des Wärmenetzes vorgesehen, weshalb diese Biomethan-KWK-Anlage ausschließlich in das bestehende Rochlitzer Wärmenetz einspeist. Zudem ist ein kontinuierlicher Zubau bzw. die Installation neuer Anlagen notwendig, was auf finanzielle und zeitliche Restriktionen zurückzuführen ist.

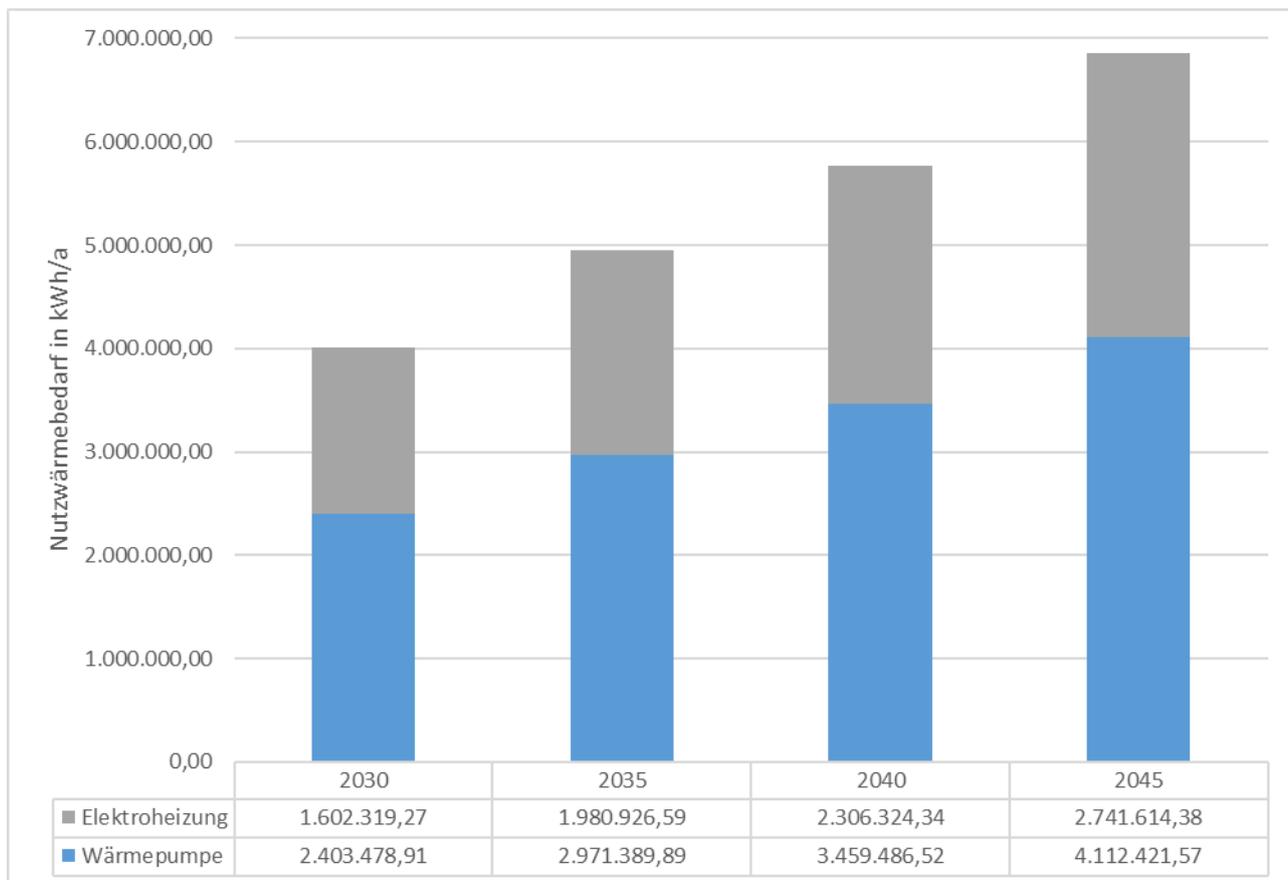


Abbildung 5-11: Erneuerbarer Energiemix Wärme der Gemeinde Zettlitz von 2030 bis 2045 auf Basis der EE-Quoten (S3).

Abbildung 5-11 beschreibt nun die Entwicklung der Wärmeversorgung der Gemeinde Zettlitz. Erneut werden ausschließlich die Technologien und Wärmebedarfe veranschaulicht, welche zur Deckung der erneuerbaren Energiequoten beitragen (z.B. EE-Anteil entspricht 50 % des Nutzwärmebedarfs in 2030). Hier liegt der Fokus auf dem Einsatz von Wärmepumpen. Diese stellen im Jahr 2045 insgesamt 4,11 Mio. kWh/a Wärme bereit, was 60 % des Zettlitzer Wärmebedarfs (6,85 Mio. kWh/a) abdeckt. Die verbleibenden 40 % (2,74 Mio. kWh/a) werden durch Elektroheizungen gedeckt. Die Versorgungssicherheit in Zielszenario drei wird jedoch als risikobehaftet eingestuft, da eine hohe Abhängigkeit von einem einzigen Energieträger (Strom) und den damit verbundenen Infrastrukturen (Stromverteilnetze) besteht. Die Zusammensetzung der gesamtheitlichen Nutzwärmebedarfe (inkl. fossiler Energieträger) kann in Anhang 20 (S. Q) nachvollzogen werden. Des Weiteren werden dort die Nutzwärmebedarfe der Gemeinden Königfeld und Seelitz spezifisch aufgeführt.

Die Strombereitstellung ist daher in Zielszenario drei von besonderer Bedeutung. Zunächst werden die Bestandsanlagen (Windkraft Zettlitz, Biogas-KWK-Anlagen Zettlitz, Wasserkraft Rochlitz) berücksichtigt. Diese Anlagen liefern im Jahr 2045 insgesamt 4,91 Mio. kWh/a Strom, was 24,6 % des Strombedarfs der

Verwaltungsgemeinschaft abdeckt. Zusätzlich ist der Ausbau von Windkraftanlagen vorgesehen, wobei bis zum Jahr 2045 eine zusätzliche Arbeit von 836.778 kWh/a durch neue Windkraftkapazitäten bereitgestellt werden muss. Dies kann entweder durch den Zubau neuer Anlagen oder die Ertüchtigung (sogenanntes Repowering) bestehender Anlagen in Zettlitz erfolgen. Durch diesen Zubau werden 4,2% des Bedarfs gedeckt. Wie auch in Zielszenario zwei ist weiterhin die Installation von Aufdach-Photovoltaikmodulen geplant. Die entsprechenden Kapazitäten für das Zieljahr betragen 7,4 Mio. kWh/a, was 37,1 % des Gesamtstrombedarfs entspricht. Die verbleibenden 38,3 % (7,64 Mio. kWh/a) müssen durch das Stromnetz ausgeglichen werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass die angenommenen Werte und erzielten Ergebnisse im Bereich der Strombereitstellung schwanken können, da erneuerbare Energien wetterabhängig sind. Ebenso unterliegen die Wärmebedarfe und damit die Strombedarfe für Wärme witterungsbedingten Schwankungen. In jedem Fall wird angenommen, dass zusätzliche Strombedarfe durch das Stromnetz ausgeglichen werden können.

Neben der Strombedarfsdeckung muss das Netz auch in der Lage sein, die Leistungen und Erträge aus den erneuerbaren Energieanlagen zu integrieren.

Im Rahmen der Nutzwärmeanalyse werden bereits deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Szenarien sichtbar. Zielszenario eins legt den Fokus auf die Tiefengeothermie zur Wärmeversorgung. Der Vorteil dieser Technologie liegt in ihrer grundlastdeckenden Fähigkeit, was auch für KWK-Anlagen zutrifft. Dadurch kann eine hohe Versorgungssicherheit für die Gemeinden Rochlitz und Zettlitz gewährleistet werden, da hier ein Ausbau des Wärmenetzes erfolgt. Für Königsfeld und Seelitz werden dezentrale Versorgungsmethoden in Betracht gezogen. Die Versorgungssicherheit ist jedoch kritisch zu hinterfragen. Die langen Entwicklungszeiten und potenziellen Verzögerungen beim Ausbau der Tiefengeothermieanlagen können zu Unsicherheiten führen. Zielszenario eins ist daher hinsichtlich des Risikofaktors kritisch einzuschätzen, da die Bestandsanlagen nicht in der Lage sind, die ausfallenden Erträge im Falle einer Verzögerung der Inbetriebnahme der Tiefengeothermieanlagen zu kompensieren.

Zielszenario zwei bietet eine deutlich größere Technologievielfalt als Zielszenario eins. Neben Fernwärme werden auch Wasserstoff und Biogas als leitungsgebundene Versorgungstechnologien eingesetzt. Zusätzlich gibt es eine Vielzahl dezentraler Erzeugungsmöglichkeiten. Diese Technologien sind weitgehend etabliert und befinden sich bereits in Nutzung, wodurch Engpässe in der Beschaffung, die die Zubaurate beeinträchtigen könnten, voraussichtlich kompensierbar sind. Allerdings ist zu beachten, dass erneuerbare Energien wetterabhängig sind, was zu Schwankungen in der Energieerzeugung und damit möglicherweise zu nicht vollständig gedeckten Bedarfen führen kann. Das Risiko in Zielszenario zwei wird insgesamt als deutlich geringer eingeschätzt als in Zielszenario eins, da auf eine Vielzahl unterschiedlicher Energieträger und -quellen zurückgegriffen wird und damit eine Risikoreduktion infolge Diversifikation erwartbar ist.

Zielszenario drei ähnelt in seiner Struktur Zielszenario eins, mit dem Unterschied, dass der Fokus auf strombasierten Heizungssystemen liegt. Auch kann eine gewisse Grundlastdeckung erreicht werden, jedoch nur unter der Voraussetzung, dass das Stromnetz ausreichend Kapazitäten für die Bedarfsdeckung, die Anbindung der EE-Leistungen und die Speicherung von Erträgen bietet. Ähnlich wie in Zielszenario zwei entsteht auch in diesem Szenario das Risiko der Versorgungssicherheit aufgrund der wetterabhängigen Verfügbarkeit erneuerbarer Energien. Ein Vorteil von Zielszenario drei ist, dass die Installation der dezentralen Wärmetechnologien relativ zügig erfolgen kann, da diese weitgehend etabliert sind. Dennoch bleibt weiterhin das Risiko einer unzureichenden Versorgungssicherheit aufgrund der starken Abhängigkeit vom Energieträger Strom bestehen. Ausfälle oder Störungen im Stromnetz würden zu weitreichenden Versorgungsengpässen führen. Insgesamt ist das Risiko daher als hoch einzustufen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Zielszenario zwei im Rahmen der qualitativen Risikobetrachtung am besten abschneidet, gefolgt von Zielszenario eins und Zielszenario drei.

5.3.2 Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wärmebereitstellung

In diesem Abschnitt erfolgt die Auswertung des Energieträgermixes, der für die einzelnen Szenarien auf Basis der jeweils definierten Technologieschwerpunkte resultiert.

5.3.2.1 Szenario 1: Tiefengeothermie

Das Szenario 1 „Tiefengeothermie“ zielt darauf ab, tiefe Geothermiequellen in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz zur klimaschonenden Transformation der kommunalen Wärmeversorgung weitreichend zu erschließen. Damit geht untrennbar ein signifikanter Umbau der Technologien und Energieträger für die Bereitstellung von Raumwärme und Prozesswärme sowie die Trinkwarmwasserbereitung einher. Zur effizienten Nutzung und Temperaturerhöhung des im Erdreich befindlichen Wärmedargebots sind (elektrische) Wärmepumpen ein zentrales Werkzeug. Durch die Etablierung alternativer Wärmequellen im Zeitverlauf bis 2045 können schrittweise klassische fossile Energieträger, insbesondere Erdgas und Heizöl, aus dem Erzeugungsmix substituiert werden. Die auf den Endenergieeinsatz bezogene Entwicklung zeigt ausgehend von der gegenwärtigen Situation die Abbildung 5-12. Der Vergleich von Ausgangssituation (2020) und Endzustand (2045) zeigt ein Einsparpotenzial für wärmebedingte Endenergie in Höhe von 38 %. Der Zielzustand charakterisiert sich mit einem Endenergiebedarf von 79 GWh/a.

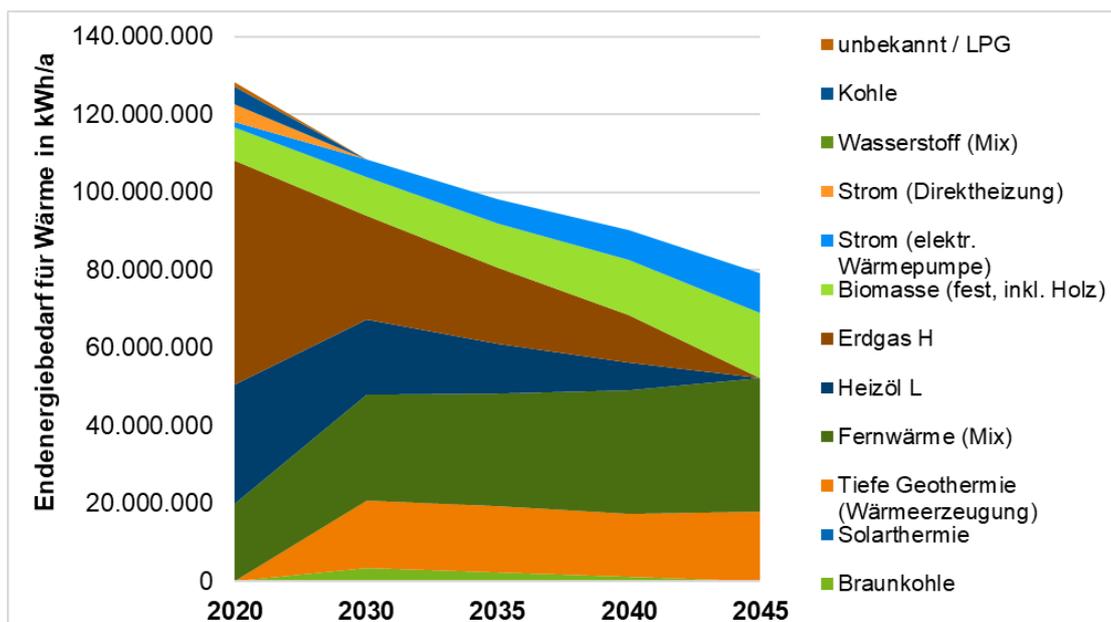


Abbildung 5-12: Entwicklung des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke, differenziert nach Energieträger (S1).

Ergänzend zur Darstellung der Absolutverläufe sind in Abbildung 5-13 die Energiemengenanteile der einzelnen Energieträger bzw. Technologien aufgetragen, normiert auf 100 %. Sowohl aus der Abbildung 5-12 als auch der Abbildung 5-13 gehen klare Entwicklungstendenzen hervor. Zum einen sinkt die Bedeutung fossiler Energieträger wie Erdgas oder Heizöl. Zum anderen erfordert der geltende Rechtsrahmen zunehmende Anteile erneuerbarer Energien am Wärmemix, was sich in den ansteigenden Endenergiebedarfen von tiefer Geothermie, Solarthermie und Biomasse widerspiegelt. Indirekt tragen auch Fernwärme (Mix), Wasserstoff (Mix) und Strom für Wärmepumpen respektive Direktheizungen zur Transformation der Wärmeversorgung bei.

Dies liegt in den bis 2045 zunehmenden Anteilen grünen Wasserstoffs am Wasserstoffmix und erneuerbaren Stroms (z.B. aus Wind- oder PV-Anlagen) am Strommix begründet. Der Fernwärmemix nimmt hierbei eine Sonderstellung ein, da unter diesem Oberbegriff sowohl klassische Fernwärmeerzeugungssysteme (BHKW, Heizkessel) als auch die erneuerbaren Technologieoptionen subsumiert werden. Die energiemengenseitige Aufschlüsselung des Fernwärme-Mix im ersten Szenario ist Anhang 12 (S. J) zu entnehmen. An dieser Stelle sei lediglich darauf hingewiesen, dass im ersten Szenario auch in Zettlitz ein Fernwärmenetz aufzubauen ist. Nur so kann eine sinnvolle Integration des tiefengeothermischen Potenzials in das kommunale Wärmeversorgungssystem sichergestellt werden. Damit einhergehend steigt der Endenergiebedarf für Fernwärmezwecke überproportional an, da eine größere Abnehmerzahl in Relation zum Status quo maßgeblich ist. Daraus resultierend beträgt der Endenergiebedarf für den Fernwärmemix rund 34 GWh/a im Zieljahr 2045 (entspricht einem Anteil von 43 % am Gesamtbedarf).

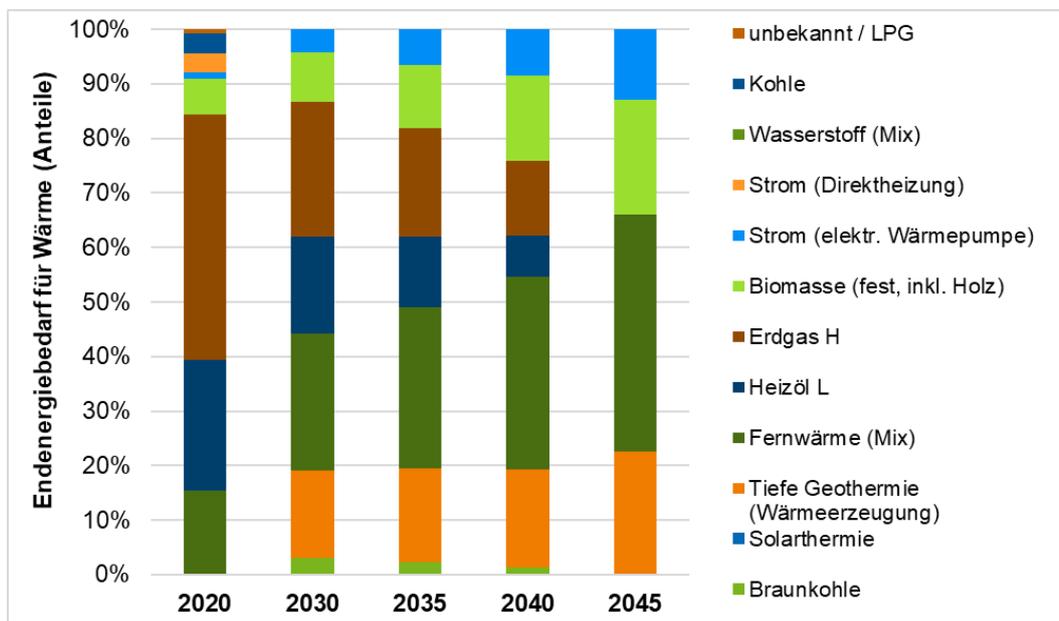


Abbildung 5-13: Entwicklung der Energieträgeranteile am Wärmemix (S1).

Zur Einschätzung der Bedeutung leitungsgebundener Infrastrukturen fasst die Abbildung 5-14 abschließend die Energiemengen zusammen, die entweder über Gas- und Fernwärmenetze oder sonstige Versorgungsarten geliefert werden. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Endenergiebedarfe der Gemeinden Rochlitz, Seelitz, Zettlitz und Königfeld ist Anhang 21 (S. R) zu entnehmen. Die Position Fernwärme wird dabei nicht explizit mit dargestellt, da diese aus den aufgeführten Energieträgern gespeist wird. Dadurch werden Doppelbetrachtungen vermieden. Strom zählt in diesem Kontext ausdrücklich nicht zur leitungsgebundenen Wärmeversorgung. Demnach weist das Szenario 1 für das Jahr 2045 einen Anteil von 43 % für die leitungsgebundene Wärmeversorgung auf.

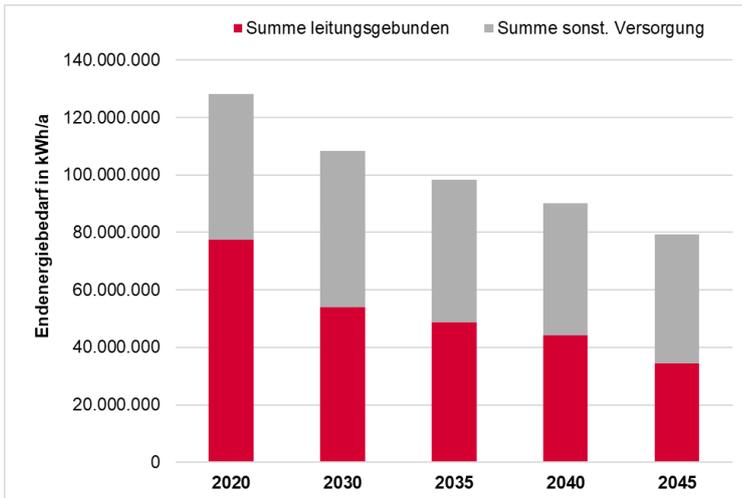


Abbildung 5-14: Differenzierung der Versorgungsarten (S1).

Im Bereich der sektoralen Bedarfsbetrachtung zeigt sich, dass 2045 der größte Teil der Endenergie im Sektor der privaten Haushalte benötigt wird, mit einem Bedarf von 58,11 Mio. kWh/a. Nachfolgend fallen im Bereich Gewerbe 9,79 Mio. kWh/a an. Der Sektor Sonstige benötigt 6,19 Mio. kWh/a, während die Kommune 4,88 Mio. kWh/a verbraucht. Die Industrie stellt mit einem Bedarf von 0,23 Mio. kWh/a die kleinste Position dar.

5.3.2.2 Szenario 2: Mix

Konträr zu den Szenarien 1 und 3 setzt das 2. Szenario keinen konkreten Technologiefokus. Vielmehr besteht der Ansatz in diesem Szenario in der Etablierung eines ausgewogenen Technologiemixes. Dies stellt sicher, dass eine etwaige Fehleinschätzung bezüglich Ergiebigkeit, Kosten, THG-Minderungspotenzial und Umsetzbarkeit einer Technologie nicht das Gesamtziel der klimafreundlichen Transformation der Wärmeversorgung in der Kommune gefährdet. Somit bietet das Mixszenario vielfältige Handlungsoptionen zum Umbau der kommunalen Wärmeversorgung.

Diesem Ansatz folgend, veranschaulicht die Abbildung 5-15 zunächst die prognostizierte Entwicklung des Endenergiebedarfs. Hierbei fällt auf, dass im Mixszenario der Energieträger Wasserstoff zum Einsatz kommt. Dessen Anteile am Gesamtenergiemix (ohne Fernwärme) steigen kontinuierlich von 11 % in 2030 bis 16 % im Jahr 2045 an. Somit beträgt der Wasserstoffbedarf exklusive des Anteils für Fernwärme im Zieljahr 2045 rund 15 GWh/a. Zum Betrieb des Wärmenetzes werden im Jahr 2045 weitere 15,2 GWh/a Wasserstoff aufgewendet. Der über umgestellte Erdgasverteilungen gelieferte Wasserstoff wird einerseits in KWK-Anlagen (zur Versorgung des Wärmenetzes) als auch in dezentralen H₂-Heizungen verwendet. Darüber hinaus nimmt Solarthermie einen großen Stellenwert im Mixszenario ein (Anteil von rund 1/3 am Gesamtenergiemix in 2045). In diesem Kontext ist anzumerken, dass die Solarthermie in aller Regel in Kombination mit anderen Technologien zum Einsatz kommt. Denkbar ist die Verwendung von Solarkollektoren in Verbindung mit H₂-Kesseln oder elektrischen Wärmepumpen. Somit kann ganzjährig der Warmwasserbedarf und anteilig der Raumwärmebedarf in den Wintermonaten solarthermisch gedeckt werden. Die dritte maßgebliche Säule im Wärmemix der Zukunft bildet erneut die Fernwärme, wobei unterschiedliche Energieträger respektive Technologien den Fernwärmemix bilden. Konkret sind dies im Jahr 2045 Biomethan und der bereits erwähnte (grüne) Wasserstoff. In Summe beläuft sich der Endenergiebedarf der Fernwärmebereitstellung auf knapp 29 GWh/a. Elektrischer Strom wird in diesem Szenario ausschließlich für den Antrieb von Wärmepumpen erwartet (keine direktelektrischen Heizungssysteme) und verursacht in 2045 einen Endenergiebedarf von 7,5 GWh/a (entsprechend einem Anteil von 8,3 %).

Energieträger-übergreifend ist im zweiten Szenario ein Gesamtbedarf in Höhe von rund 90 GWh/a festzustellen. Setzt man dies ins Verhältnis zum Status quo, so ergibt sich ein Reduktionspotenzial von 30 %. Die Verteilung der Endenergiebedarfe auf die Gemeinden Rochlitz, Seelitz, Zettlitz und Königsfeld kann im Anhang 22 (S. T) nachvollzogen werden. Die Position Fernwärme wird dabei nicht explizit mit dargestellt, da diese aus den aufgeführten Energieträgern gespeist wird. Dadurch werden Doppelbetrachtungen vermieden.

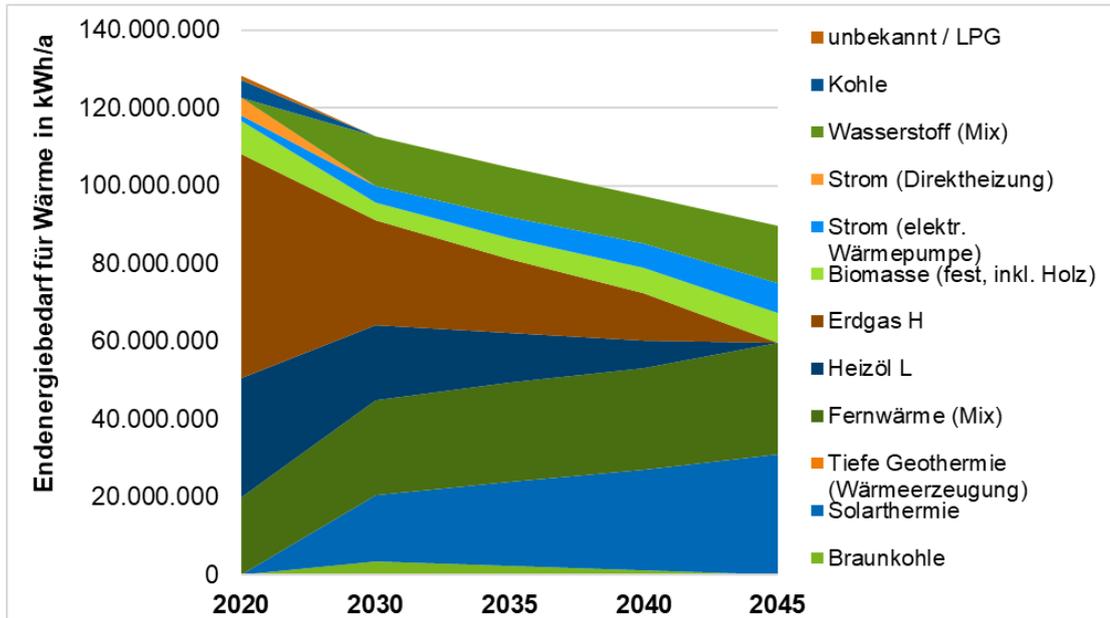


Abbildung 5-15: Entwicklung des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke, differenziert nach Energieträger (S2).

Die je Betrachtungsjahr auf 100 % normierten Anteile der einzelnen Energieträger am Gesamtmix der Wärmebereitstellung sind in der Abbildung 5-16 aufgetragen.

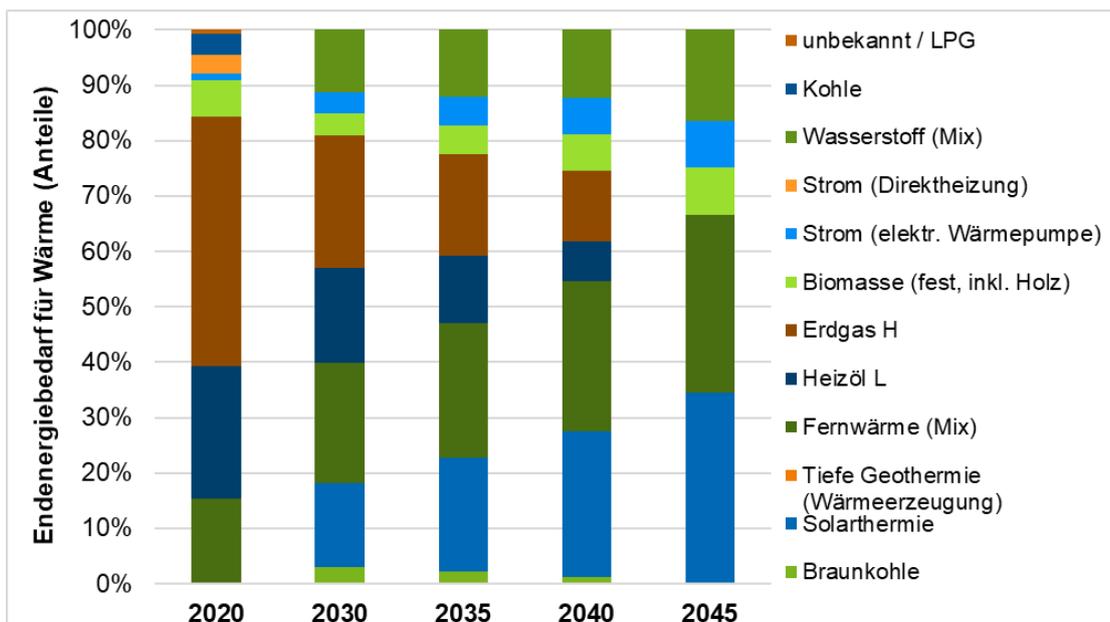


Abbildung 5-16: Entwicklung der Energieträgeranteile am Wärmemix (S2).

Die Verteilung der Energiemengen auf die übergeordneten Versorgungsarten ist durch Betrachtung der Abbildung 5-17 nachvollziehbar. Im Vergleich zu Szenario 1 entfällt im Szenario 2 ein höherer Anteil des Gesamtenergiebedarfs auf die leitungsgebundene Wärmeversorgung (49 %).

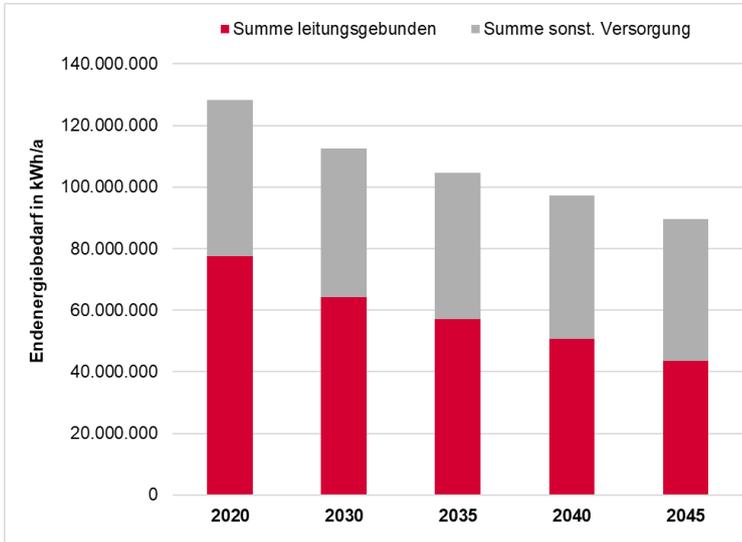


Abbildung 5-17: Differenzierung der Versorgungsarten (S2).

Erneut stellen die privaten Haushalte mit einem Bedarf von 65,74 Mio. kWh/a den größten Verbrauchssektor dar. Es folgt das Gewerbe mit einem Bedarf von 11,08 Mio. kWh/a. Die Sektoren Sonstige (7 Mio. kWh/a), Kommune (5,52 Mio. kWh/a) und Industrie (0,26 Mio. kWh/a) folgen in absteigender Reihenfolge.

5.3.2.3 Szenario 3: Strom

Abschließend erfolgt die Analyse der Energiebedarfe zur Wärmebereitstellung im 3. Szenario. Dieses setzt einen starken Fokus auf strombasierte Technologien, d.h. im Kern Wärmepumpen und direktelektrische Systeme. Im Vergleich zu den übrigen Szenarien können damit deutliche Effizienzvorteile gehoben werden. Dies liegt im Wirkprinzip von Wärmepumpen begründet, bei denen keine Umwandlung (bzw. nur als Randeffekt) der elektrischen Energie in thermische Energie stattfindet. Vielmehr dient der bezogene Strom zum Antrieb der Wärmepumpe, sodass z.B. mit einer Kilowattstunde investiertem Strominput realistischweise rund 3 kWh an Wärme bereitstellbar sind¹⁸. Diese Zusammenhänge haben einen erheblichen Einfluss auf die Endenergiebilanz, die bei Strom- bzw. Wärmepumpen-lastigen Szenarien geringere Absolutwerte aufweist.

So beträgt der Endenergiebedarf des Wärmesektors im Jahr 2045 rund 66 GWh/a. In Relation zum Status quo ist demnach nahezu eine Halbierung möglich. Elektrischer Strom liefert im Zieljahr 2045 dann exklusive Fernwärme ca. 49 GWh/a bzw. einen Anteil von drei Vierteln des Gesamtbedarfs. Als ergänzender Wärmeversorgungspfad ist der Fernwärmemix mit rund 16 GWh/a eingeplant.

¹⁸ Die zugehörige Verhältnisgröße wird als Jahresarbeitszahl (JAZ) bezeichnet und beträgt in diesem Fall JAZ = 3.

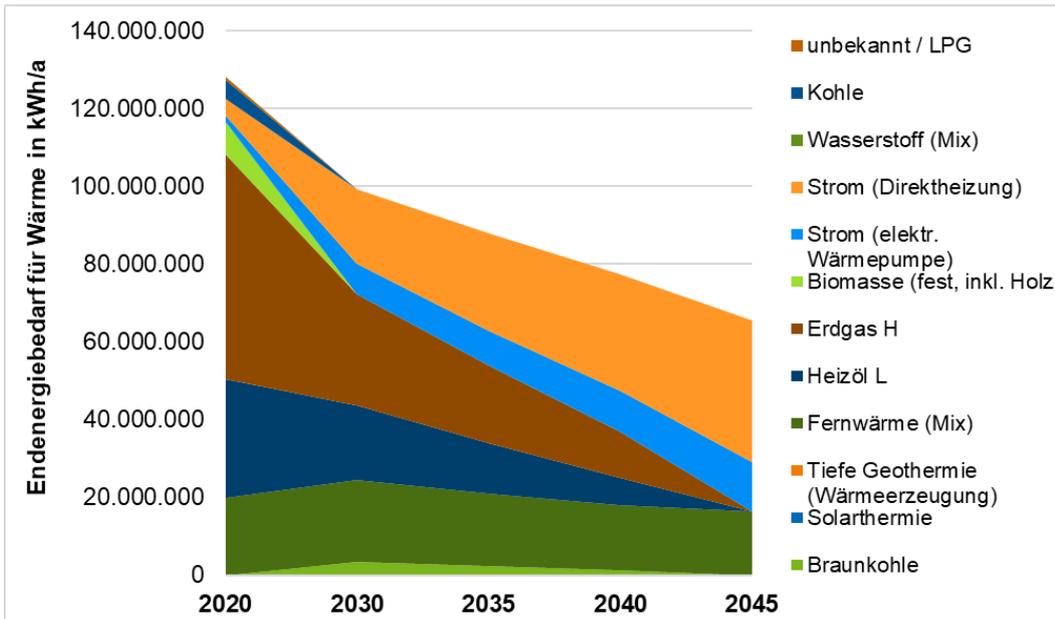


Abbildung 5-18: Entwicklung des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke, differenziert nach Energieträger (S3).

Die je Betrachtungsjahr auf 100 % normierten Anteile der einzelnen Energieträger am Gesamtmix der Wärmebereitstellung sind aus der Abbildung 5-19 entnehmbar. Hierbei ist zu erkennen, dass sich die 49 GWh/a elektrischer Energie auf rund 36 GWh/a direktelektrische Systeme und rund 13 GWh/a Wärmepumpen aufgliedern. Trotz der erheblichen Unterschiede zwischen Wärmepumpenstrom und Direktheizung sind die maßgeblichen Nutzwärmemengen für beide elektrische Technologieansätze sehr ähnlich, was sich erneut aus dem oben beschriebenen Wirkprinzipien begründet¹⁹. Die Verteilung der Endenergiebedarfe auf die Gemeinden Rochlitz, Seelitz, Zettlitz und Königsfeld kann im Anhang 23 (S. V) nachvollzogen werden. Die Position Fernwärme wird dabei nicht explizit mit dargestellt, da diese aus den aufgeführten Energieträgern gespeist wird. Dadurch werden Doppelbetrachtungen vermieden.

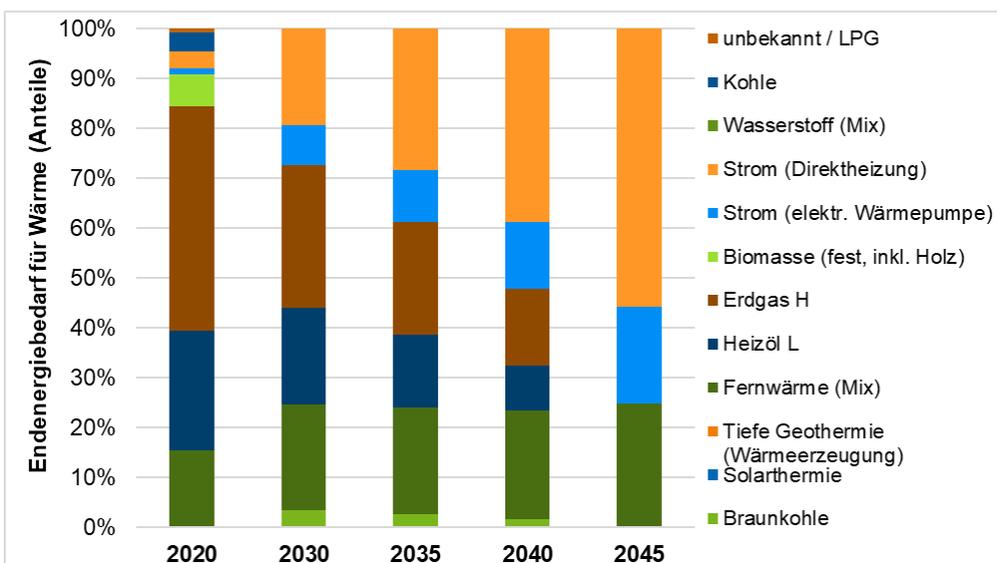


Abbildung 5-19: Entwicklung der Energieträgeranteile am Wärmemix (S3).

¹⁹ Direktelektrische Heizungen werden mit einem Wirkungsgrad von 100 % bilanziert. Aus einer Kilowattstunde elektrischem Strom (Input) wird demnach 1 kWh Nutzwärme. Für Wärmepumpen gilt eine Jahresarbeitszahl von 3,05. Durch eine investierte Kilowattstunde in Form von elektrischem Strom kann folglich eine Nutzwärmemenge von 3,05 kWh bereitgestellt werden.

Aufgrund der stromfokussierten Wärmebereitstellung weist Szenario 3 im Zieljahr 2045 lediglich einen geringen Anteil leitungsgebundener Wärmeversorgung auf (25 %). Erneut sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass Strom für Wärmepumpen oder Direktheizungen nicht zur leitungsgebundenen Wärmeversorgung zuzurechnen ist. Die Anteile der Versorgungsarten am Gesamtenergiebedarf sind für die Betrachtungsjahre in der Abbildung 5-20 aufgetragen.

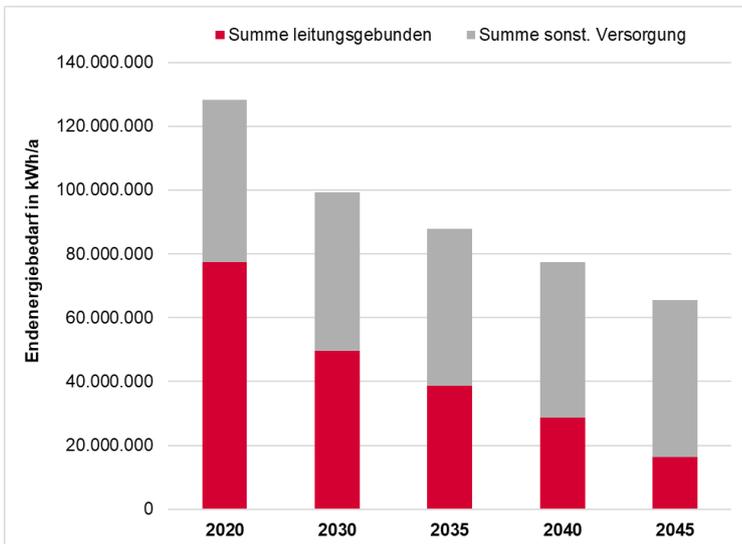


Abbildung 5-20: Differenzierung der Versorgungsarten (S3).

Die sektorale Verteilung der Endenergiebedarfe bleibt wie in den vorherigen Szenarien unverändert: die privaten Haushalte benötigen den größten Anteil (48,13 Mio. kWh/a), gefolgt vom Gewerbe (8,11 Mio. kWh/a), dem Sektor Sonstige (5,12 Mio. kWh/a), der Kommune (4,04 Mio. kWh/a) und der Industrie (0,19 Mio. kWh/a). In Summe lässt sich ein Gesamtbedarf von rund 66 GWh/a ableiten.

Es wird somit deutlich, dass in allen Szenarien die privaten Haushalte den größten Anteil an Endenergie ausmachen. Daher ist es besonders wichtig, in diesem Sektor frühzeitig mit der Umstellung auf erneuerbare Alternativen zu beginnen, da hier die größten Bedarfe zu decken sind. Des Weiteren zeigt sich, dass die leitungsgebundene Versorgung in den Szenarien eins und zwei eine zentrale Rolle einnimmt. Auch hier sollte der Ausbau und die Umwidmung frühzeitig erfolgen, um eine zukunftsfähige Energieversorgung sicherzustellen.

Damit die netzgebundene Wärmeversorgung ordnungsgemäß genutzt werden kann, ist ein funktionierendes Wärmenetz unerlässlich. Wie bereits in den theoretischen Grundlagen beschrieben, ist der Ausbau des Wärmenetzes in Zielszenario eins und zwei vorgesehen, wobei Zielszenario eins insbesondere den Ausbau des Kernnetzes in Rochlitz sowie den Anschluss von Noßwitz umfasst. In Zettlitz ist der Aufbau eines Wärmenetzes inkl. des Anschlusses von Methau geplant. Angesichts der Entwicklung des Fernwärme-Endenergiebedarfs kann davon ausgegangen werden, dass ein weitreichender und umfänglicher Zubau erforderlich sein wird. Basierend auf den Endenergiebedarfen wird ein Zuwachs von etwa 73,5 % bis zum Zieljahr 2045 erwartet. In Zielszenario zwei ist ausschließlich der Ausbau des bestehenden Netzes in der Rochlitzer Kernstadt vorgesehen, was zu einer geringeren Zubaubaurate führen dürfte (45,3 %). Dennoch wird aufgrund der erforderlichen Bearbeitungsdauer und der finanziellen Aufwendungen empfohlen, frühzeitig mit den Erweiterungsmaßnahmen zu beginnen, um eine ordnungsgemäße Versorgungssicherheit der netzgebundenen Anschlüsse gewährleisten zu können.

5.3.3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Nachfolgend findet sich die Diskussion der je Szenario resultierenden Treibhausgasemissionen für die Wärmeversorgung. Hierbei wird auf den unter Kapitel 5.2.2 beschriebenen methodischen Ansatz inklusive der literaturbasierten Emissionsfaktoren zurückgegriffen.

5.3.3.1 Szenario 1: Tiefengeothermie

Im ersten Szenario findet bereits bis 2035 eine signifikante Reduktion der wärmebedingten Treibhausgasemissionen auf dann 19.000 t CO₂-Äq./a statt (entspricht -40 % in Relation zu 2020). Im Zieljahr 2045 betragen die verbleibenden Emissionen bilanziell rund 2.100 t CO₂-Äq./a. Im Vergleich zur gegenwärtigen Emissionssituation ist damit eine Gesamtreduktion von bis zu -93 % realisierbar. Die verbleibenden Emissionen sind überwiegend auf die Fernwärme- und Stromnutzung zurückzuführen.

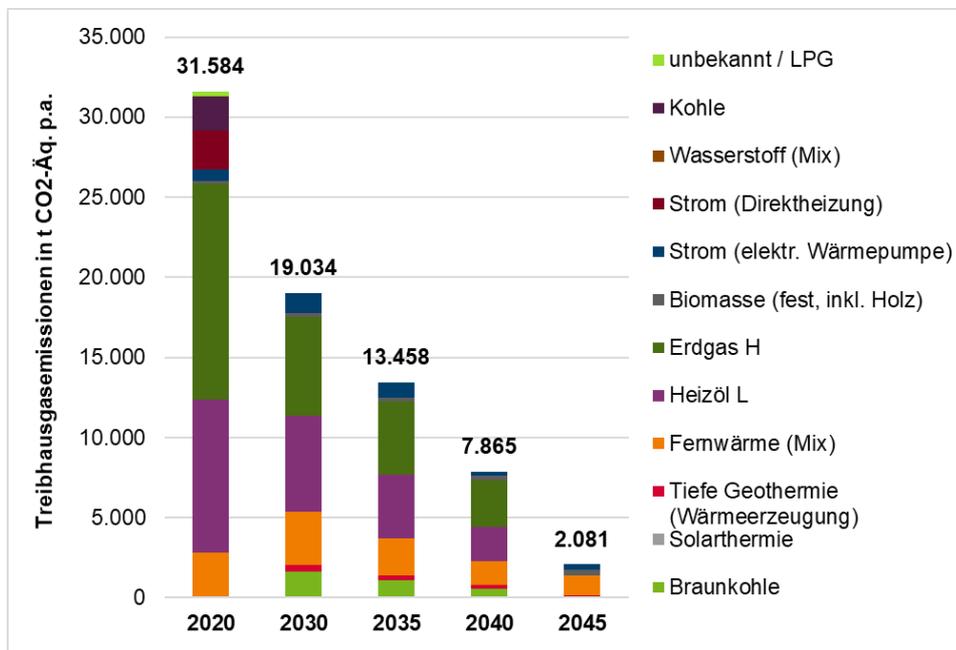


Abbildung 5-21: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S1).

5.3.3.2 Szenario 2: Mix

Parallel zur in Kapitel 5.3.2.2 beschriebenen Zunahme des H₂-Einsatzes für Wärmezwecke steigen die Anteile klimafreundlicher H₂-Erzeugungstechnologien, sodass die CO₂-Intensität der Wasserstoffnutzung im Wärmesektor sukzessive abnimmt (siehe Kapitel 5.2.3). In Verbindung mit der Substitution fossiler Energieträger (Heizöl, Erdgas), den zunehmenden Anteilen erneuerbarer Energien am Strommix und dem gesetzeskonformen Umbau der Fernwärmeerzeugung ist bis 2030 im Vergleich zu 2020 ungefähr eine Halbierung der Emissionsbelastung erwartbar. Im Zieljahr 2045 belaufen sich die verbleibenden CO₂-Emissionen schließlich auf rund 2.800 t CO₂-Äq./a. Dies entspricht zwischen der Ausgangssituation und dem Endzustand einer Gesamtreduktion von -91 %.

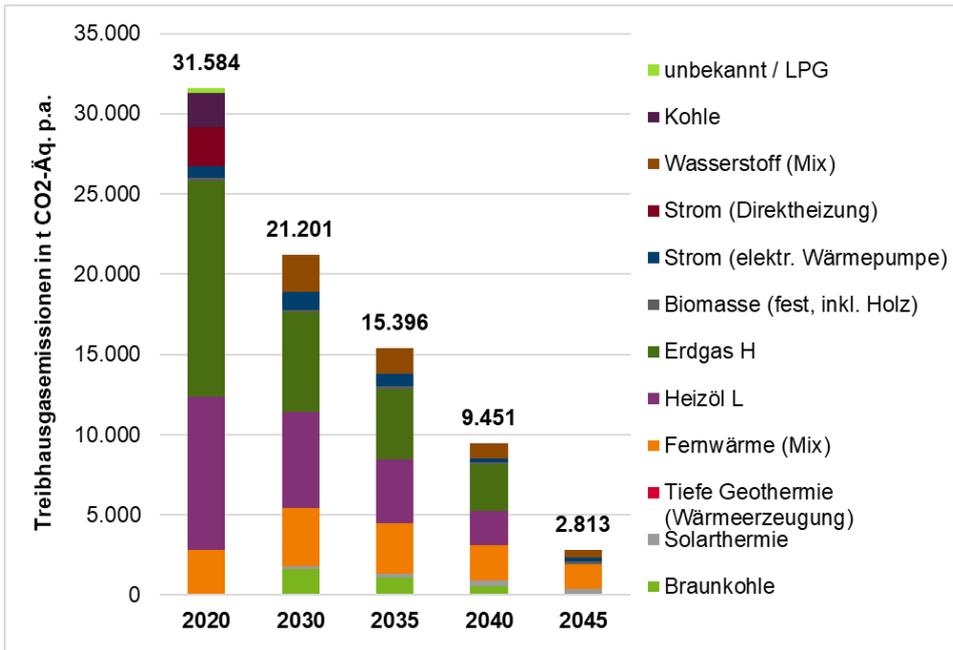


Abbildung 5-22: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S2).

5.3.3.3 Szenario 3: Strom

Im dritten Szenario zeigt sich ein flacherer Degressionspfad der Emissionen als bei den übrigen Szenarien. Zwar konnte das dritte Szenario mit der größten Endenergiebedarfseinsparung aufwarten, allerdings ist die Energienutzung bis einschließlich 2045 zum Teil mit höheren CO₂-Intensitäten verbunden. Dies führt bis 2035 mit Bezugnahme auf den Anfangszustand 2020 zu einer CO₂-Emissionsreduktion um -42 % und bis 2045 um -85 %.

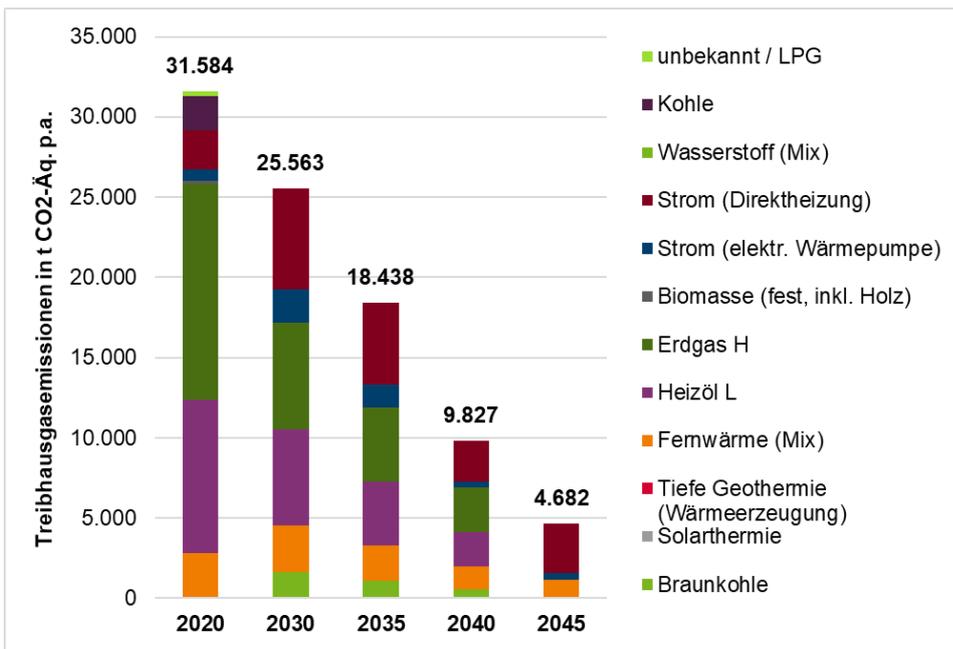


Abbildung 5-23: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S3).

5.3.3.4 Zusammenfassung und Kompensation verbleibender Emissionen

Die Abbildung 5-24 stellt die Emissionsentwicklung der im Vorfeld einzeln diskutierten Szenarien tabellarisch und grafisch gegenüber. Klar zu erkennen ist hierbei der über den vollständigen Betrachtungszeitraum hinweg bestehende Emissionsvorteil des Szenario 1 (Tiefengeothermie). Das stromfokussierte Szenario (S3) ist stets nachteilig im Vergleich zu Szenario 1 und Szenario 2, wenngleich für das Jahr 2040 annähernd eine Äquivalenz zwischen S2 und S3 erkennbar ist. Das Szenario 3 führt damit zu den höchsten Residualemissionen, die perspektivisch kompensiert werden müssen, um eine Netto-Treibhausgasneutralität der kommunalen Wärmeversorgung zu gewährleisten. Die antizipierten Emissionseinspareffekte sind an die Bedingung geknüpft, dass alle angenommenen Transformationsprozesse bei Energieträgern und zugehörigen Infrastrukturen auch tatsächlich in die Realität überführt werden. Konkret muss also etwa der Strommix die angenommenen EE-Anteile erreichen (betrifft alle Szenarien) und im Falle des Szenario 1 die Energiequelle Tiefengeothermie im unterstellten Umfang und Zeitplan erschlossen werden.

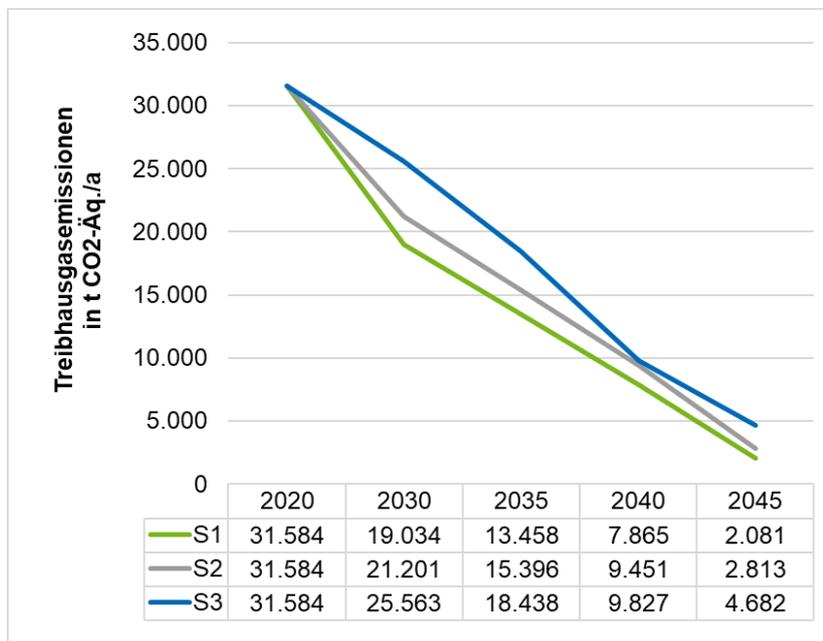


Abbildung 5-24: Gegenüberstellung der fortgeschriebenen THG-Emissionen in den betrachteten Szenarien.

Alle Szenarien haben demzufolge gemein, dass auch im Zielhorizont 2045 noch Restemissionen verbleiben. Diese Situation in der Kommune ist vergleichbar mit den erwarteten gesamtdeutschen Entwicklungstendenzen. Auch hier gehen führende Forschungsinstitutionen (dena, Agora) davon aus, dass eine Reduktion der energie- und prozessbedingten Emissionen auf null nicht plausibel ist. Dies ist zwangsläufig unumgänglich und liegt in den erwähnten Vorketten der Energiebereitstellung sowie der dafür nötigen Anlagen und Prozesse begründet. Demnach bewirkt auch eine 100-prozentige Nutzung erneuerbaren Stroms aus PV-Anlagen noch Emissionen, wenngleich in sehr geringem Maße (27 g CO₂-Äq./kWh bei Trendfortschreibung). Dies erscheint nur logisch, da auch die PV-Module (meist im Ausland, z.B. China) produziert und zum Endnutzer transportiert werden müssen.

Zur Erzielung der Netto-Treibhausgasneutralität 2045 im Wärmesektor – wie auch im Gesamtsystem – sind folgerichtig Maßnahmen zur Kompensation der Residualemissionen erforderlich. Hierzu besteht eine große Bandbreite möglicher Lösungsansätze. Nachfolgend sind diese nur stichpunktartig aufgeführt, da für vertiefte Studien auf gängige Literatur verwiesen wird [48].

Technische Möglichkeiten

Carbon Capture and Storage (CCS)

- **Beschreibung:** Bei der CCS-Technologie wird CO₂ aus industriellen Prozessen oder der Verbrennung fossiler Brennstoffe abgeschieden und in unterirdischen geologischen Formationen gespeichert.
- **Vorteile:** Kann große Mengen CO₂ effektiv binden.
- **Herausforderungen:** Hohe Kosten und technische Komplexität, mögliche Umweltauswirkungen der Lagerung.

Direct Air Capture (DAC)

- **Beschreibung:** DAC-Technologien entnehmen CO₂ direkt aus der Luft und speichern es entweder dauerhaft oder nutzen es industriell.
- **Vorteile:** Potenzial zur großflächigen Anwendung und flexible Standortwahl.
- **Herausforderungen:** Derzeit noch teuer und energieintensiv.

Biologische Möglichkeiten

Aufforstung und Wiederaufforstung

- **Beschreibung:** Pflanzung neuer Bäume und Wiederherstellung abgeholzter Wälder, die CO₂ durch Photosynthese binden.
- **Vorteile:** Zusätzlicher Nutzen für die Biodiversität und das Ökosystem.
- **Herausforderungen:** Landnutzungskonflikte und lange Zeiträume bis zur vollen CO₂-Bindung.

Waldmanagement und nachhaltige Forstwirtschaft

- **Beschreibung:** Verbesserung der Waldbewirtschaftung, um den Kohlenstoffgehalt bestehender Wälder zu erhöhen und Waldbrände zu reduzieren.
- **Vorteile:** Langfristige Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung.
- **Herausforderungen:** Erfordert kontinuierliches Management und Investitionen.

Die Kombination technischer und biologischer Ansätze wird entscheidend sein, um die zukünftigen CO₂-Emissionen zu kompensieren und die Klimaziele zu erreichen. Jede Methode hat ihre eigenen Vorteile und Herausforderungen, und oft ist eine Kombination verschiedener Maßnahmen die effektivste Strategie. Welche der Kompensationsstrategien in der Kommune vorzugsweise anzuwenden ist, ist nicht Bestandteil dieser Untersuchung. Es ist jedoch erwähnenswert, dass die aufgeführten Kompensationsstrategien vorzugsweise im überregionalen Kontext aufeinander abzustimmen sind, d.h. die Kommunen sollten in Rücksprache mit Bund und Ländern synergetisch zusammenarbeiten.

5.3.4 Ergebnisse der wirtschaftlichen Bewertung

Ziel der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist es, trotz einiger Unsicherheiten eine vergleichbare Bewertung der Zielszenarien für das kommunale Gebiet bis 2045 herzustellen.

Abbildung 5-25 zeigt eine Übersicht der Gesamtkosten für neu zu installierende Erzeugungskapazitäten im Wärme- und Stromsektor unter Berücksichtigung der Inflationsentwicklung. Die Analyse verdeutlicht die Unterschiede zwischen den drei Zielszenarien.

Zielszenario 1 (Tiefengeothermie) weist mit etwa ~131 Mio. € die höchsten Gesamtinvestitionskosten auf. Der Hauptanteil von etwa 90 % entfällt auf die Tiefengeothermie (TGT). Zielszenario 2 (Mix) positioniert sich mit Investitionskosten von circa 84 Mio. € im mittleren Bereich. Der größte Investitionsanteil entfällt auf die Wasserstoff-Kraft-Wärme-Kopplung (H₂-KWK) (~26 Mio. €) sowie auf Aufdach-Solarthermieanlagen (~36 Mio. €). Zielszenario 3 (Strom) erweist sich als das kostengünstigste mit Investitionskosten von etwa 32 Mio. €.

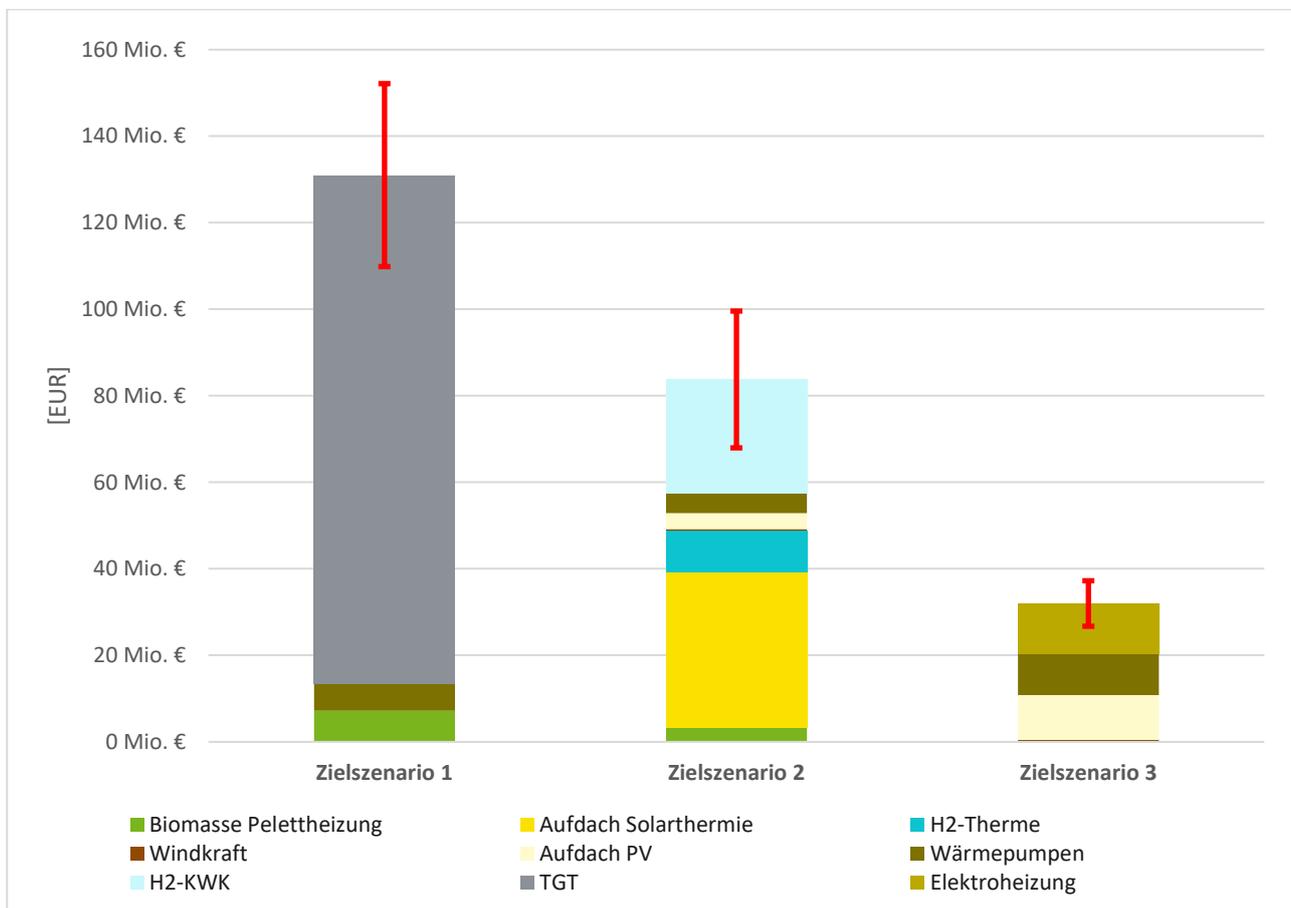


Abbildung 5-25: Gesamtinvestitionskosten neu zu installierender Erzeugungsleistungen – Wärme & Strom – nach Technologie & Zielszenario bis 2045 (inkl. Inflation; Kostenvarianz von +/-20%).

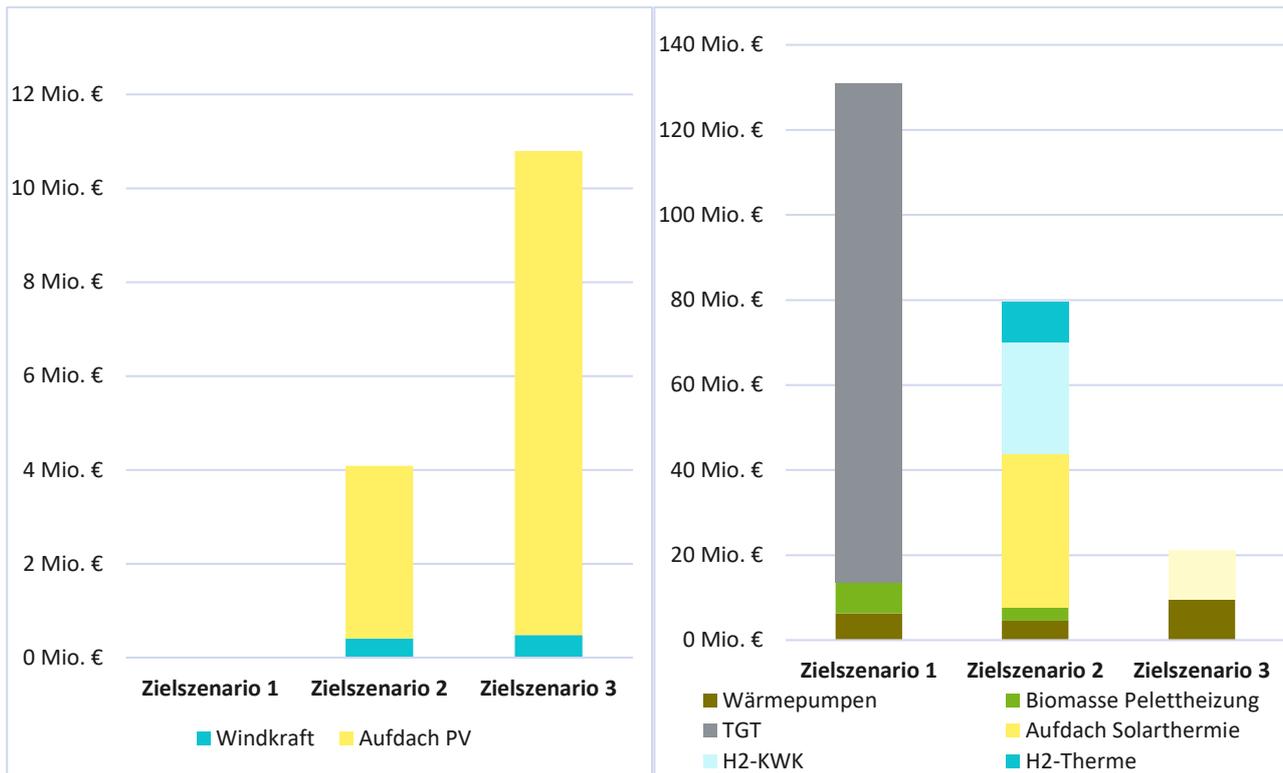


Abbildung 5-26: Vergleich der Investitionskosten für Strom (linke Abbildung) und Wärme (rechte Abbildung) – nach Technologie und Zielszenario bis 2045 (mit Inflation).

Im Vergleich der Investitionskosten von Strom und Wärme wird deutlich, dass die Gesamtkosten im Stromsektor geringer ausfallen als im Wärmesektor. Zielszenario 1 zeichnet sich durch eine besondere Kosteneffizienz im Stromsektor aus, da es auf bereits vorhandene Technologien und Infrastrukturen zurückgreift. Folglich entstehen in diesem Szenario keine zusätzlichen Investitionskosten für die Stromerzeugung. Die bestehenden Anlagen sind ausreichend dimensioniert, um den prognostizierten Strombedarf zu decken.

Im Gegensatz dazu erfordern sowohl Zielszenario 2 als auch Zielszenario 3 Investitionen in den Ausbau der Stromerzeugungskapazitäten. Konkret umfassen die Investitionen in beiden Szenarien:

1. Ausbau der Windkraftanlagen: Um die erhöhte Stromnachfrage zu bedienen, sind Investitionen in den Ausbau der Windenergieanlagen erforderlich (~0,5 Mio. €).
2. Installation neuer Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen): Zusätzlich zu dem Ausbau der Windkraftanlagen sind Investitionen in PV-Anlagen vorgesehen. In Zielszenario 3 sind mehr PV-Anlagen nötig (~10,3 Mio. €), weswegen hier die Investitionskosten höher ausfallen als in Zielszenario 2 (~3,7 Mio. €).

Bei Betrachtung der Investitionskosten im Wärmesektor zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Zielszenarien, wobei die Wärmetechnologien generell höhere Investitionen erfordern als der Stromsektor. Mit etwa 90 % (~118 Mio. €) ist der Investitionsanteil der Tiefengeothermie im Zielszenario 1 besonders hoch. Im Zielszenario 2 hat vor allem die Aufdach-Solarthermie mit etwa 33 % (~36 Mio. €) den größten Investitionsanteil. Im Zielszenario 3 verteilen sich die Investitionskosten für Wärmepumpen mit etwa 45 % (~10 Mio. €) und für Elektroheizungen mit etwa 55 % (~12 Mio. €) relativ ausgewogen.

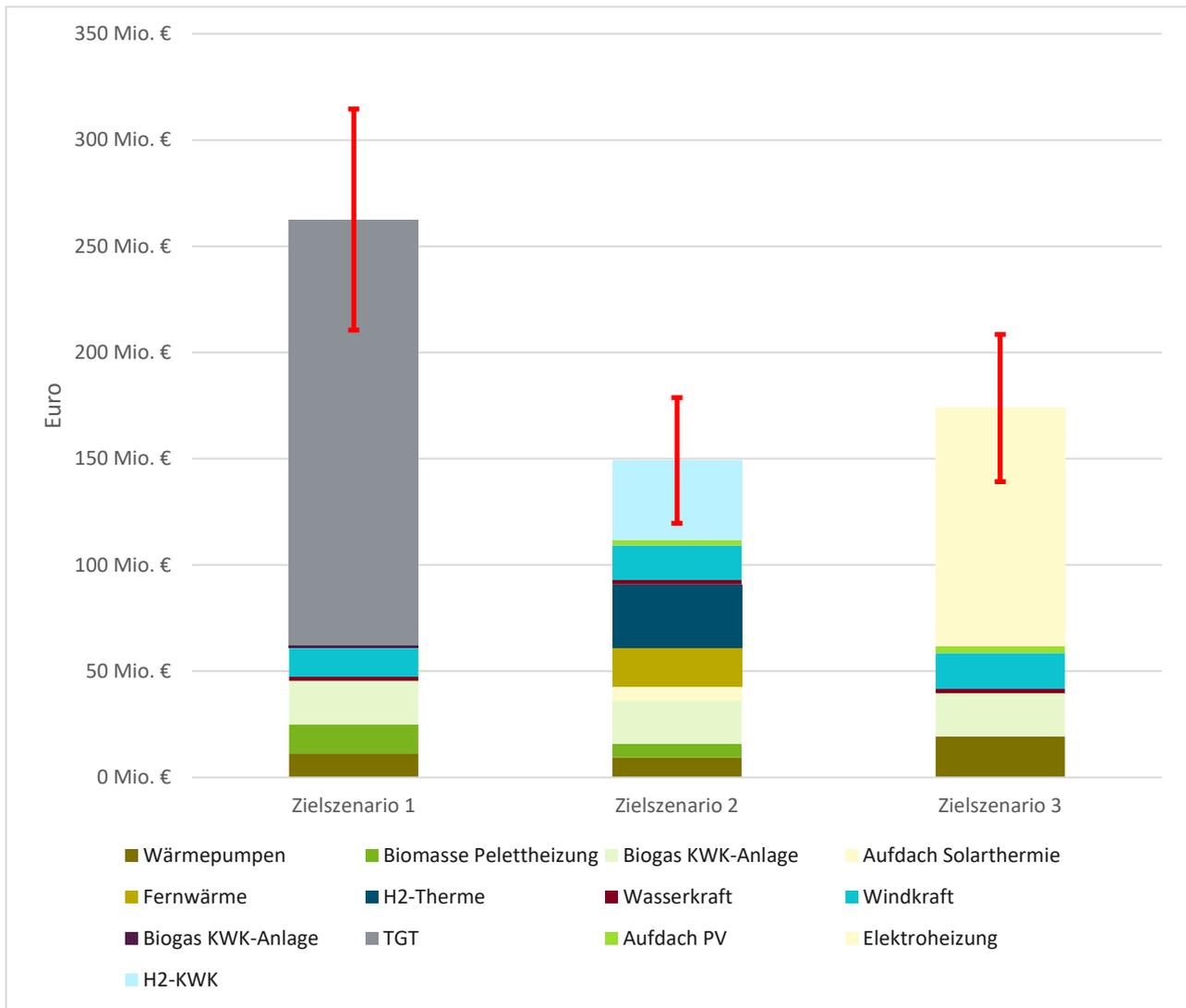


Abbildung 5-27: Kumulierte Betriebskosten (fixe und variable Kosten) der neu zu installierenden Leistungen in der Kommune – nach Technologie und Zielszenario bis 2045 (mit Inflation).

Abbildung 5-27 zeigt die kumulierten Betriebskosten der neu zu installierenden Leistungen in der Kommune. Zielszenario 2 zeichnet sich durch die niedrigsten Betriebskosten aus, welche sich über die verschiedenen Technologien relativ ausgewogen verteilen. Im Gegensatz dazu weist Zielszenario 1 die höchsten Betriebskosten auf. Der Hauptgrund hierfür liegt in dem signifikanten Anteil der Tiefengeothermie. Zielszenario 3 positioniert sich zwischen den beiden anderen Optionen, wobei hier insbesondere der Anteil der Elektroheizung einen maßgeblichen Einfluss auf die Betriebskosten hat.

Weiterhin wurde eine Bewertung der Investitionsbedarfe nach Sektoren durchgeführt. Ziel ist, neben der Berücksichtigung in der Entscheidungsauswahl eines Zielszenarios, die entsprechende nachgelagerte Realisierung mit Förderungsmaßnahmen optimal zu gestalten. Zur Bewertung wurden die Investitionskosten nach Sektoren (private Haushalte und gewerbliche/öffentliche Eigentümer der Technologie) gegliedert.

Abbildung 5-28 zeigt eine prozentuale Verteilung der neu zu installierenden Erzeugungsleistungen. Es wird deutlich, dass der Großteil der Investitionen im Zielszenario 1 durch gewerbliche/öffentliche Betreiber/Eigentümer der Technologie getätigt wird. Im Zielszenario 3 hingegen entfällt ein Großteil der Investitionen auf die privaten Haushalte. Im Zielszenario 2 besteht ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen beiden Sektoren. Gründe hierfür liegen in der entsprechenden Technologieauswahl der Zielszenarien.

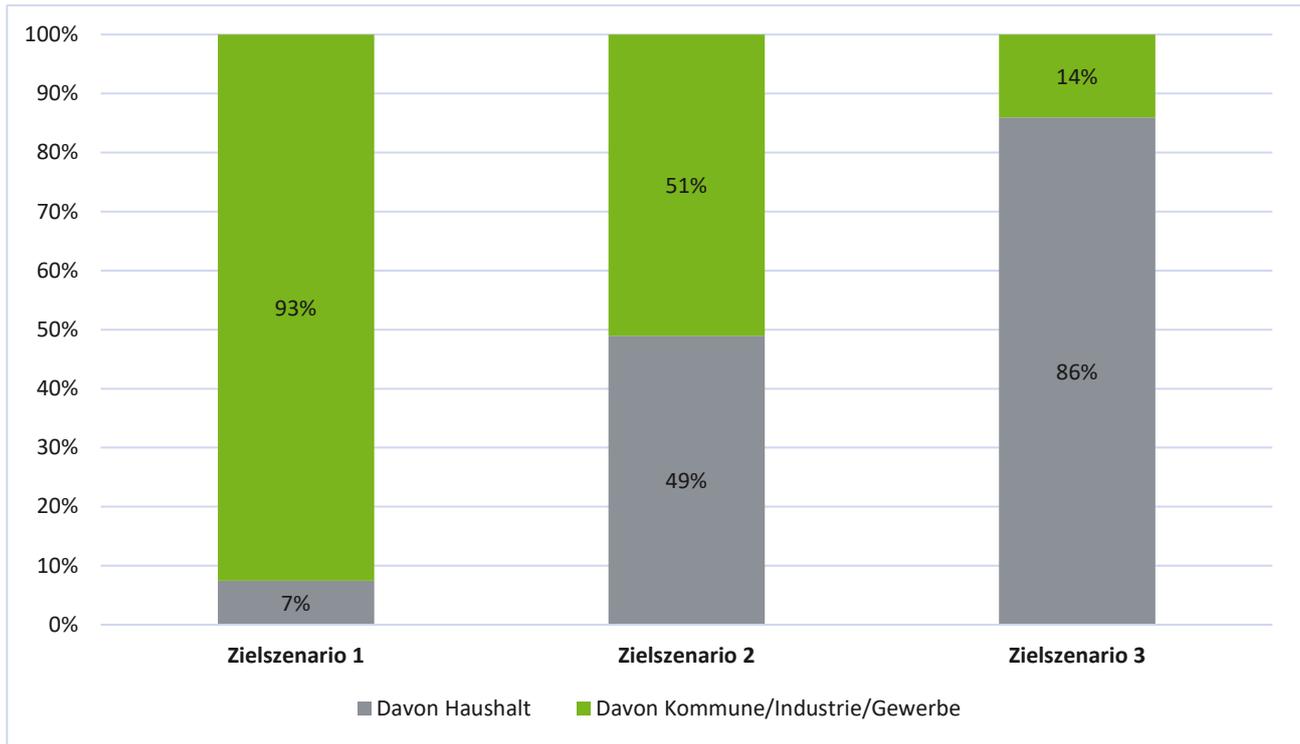


Abbildung 5-28: Prozentuale Verteilung der Investitionskosten neu zu installierender Erzeugungsleistungen (nach Sektor & Zielszenario bis 2045).

Abbildung 5-29 bietet eine umfassende Darstellung der Wärmegestehungskosten in den verschiedenen Zielszenarien unter Berücksichtigung mehrerer Faktoren. Diese Faktoren umfassen primär Investitionskosten, Betriebskosten und Finanzierungskosten. Die Wärmegestehungskosten helfen vor allem bei der Bewertung der langfristigen Wirtschaftlichkeit. Im Vergleich weist Zielszenario 1 mit $\sim 0,26 \text{ €/kWh}$ die höchsten Wärmegestehungskosten auf, dann Zielszenario 2 mit $\sim 0,15 \text{ €/kWh}$ und Zielszenario 3 zeichnet sich durch die niedrigsten Wärmegestehungskosten von $\sim 0,14 \text{ €/kWh}$ aus. Diese Differenzierung in den Wärmegestehungskosten reflektiert die technologischen und strukturellen Charakteristika der jeweiligen Szenarien.

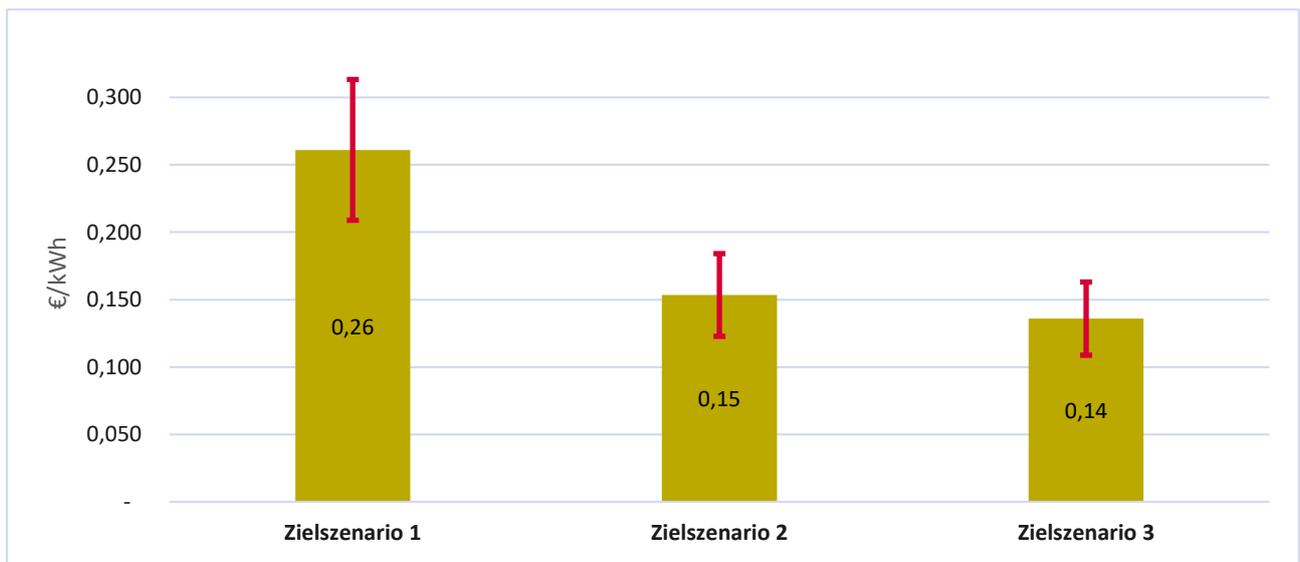


Abbildung 5-29: Wärmegestehungskosten der Zielszenarien im Betrachtungszeitraum 2030-2045 (in €/kWh; inklusive Inflation; Kostenvarianz +/-20%).

Zusammenfassend lässt sich für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung feststellen, dass die Unterschiede in den Investitionsstrukturen der Zielszenarien die verschiedenen strategischen Ausrichtungen in der Transformation des kommunalen Strom- und Wärmesektors widerspiegeln.

- **Zielszenario 1** setzt auf eine zentrale Lösung durch den Einsatz von Tiefengeothermie. Diese Strategie bietet das Potenzial für eine langfristig stabile und nachhaltige Wärmeversorgung, erfordert jedoch die höchsten Anfangsinvestitionen im Vergleich zu den anderen beiden Zielszenarien. Ein Großteil dieser Investitionen würde von öffentlichen oder gewerblichen Eigentümern bzw. Betreibern getragen und nicht von privaten Haushalten.
- **Zielszenario 2** verfolgt einen gemischten Ansatz, der verschiedene Technologien kombiniert. Durch diese Diversifikation sollen die Vorteile unterschiedlicher Energiequellen genutzt und eine höhere Systemflexibilität erreicht werden. Die Investitionskosten liegen unter denen von Zielszenario 1, aber etwas über denen von Zielszenario 3. Die Finanzierung der Technologien würde zu etwa 50 % durch private Haushalte und zu 50 % durch öffentliche oder gewerbliche Eigentümer erfolgen. Die Wärmegestehungskosten bewegen sich auf einem ähnlichen Niveau wie in Zielszenario 3.
- **Zielszenario 3** stellt die kostengünstigste Option dar – sowohl hinsichtlich der Investitionskosten als auch der Wärmegestehungskosten. Allerdings wurde der notwendige Ausbau bzw. die Erweiterung des Stromnetzes im Rahmen der KWP nicht analysiert. Es ist anzunehmen, dass ein Teil dieser Kosten bereits über die Netzentgelte und damit als Bestandteil des Strompreises in die Berechnungen eingeflossen ist. Insgesamt erfordert dieses Szenario die stärkste finanzielle Beteiligung privater Haushalte.

Es ist zu beachten, dass gewisse Unsicherheiten in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bestehen. Die Investitionskosten für den Ausbau und die Erweiterung der Netzinfrastruktur sind aufgrund zahlreicher unbekannter Faktoren nicht in die Wärmegestehungskosten einbezogen. Dies betrifft sowohl den Ausbau bzw. die Erweiterung des Wärmenetzes (Zielszenarien 1 und 2) als auch des Stromnetzes (Zielszenario 3).

Zudem ist der Betrachtungshorizont der KWP bis 2045 zu berücksichtigen. Die Betriebs- und Geschäftsmodelle für zentrale Technologien sind derzeit offen, sodass sowohl eine größere als auch eine kleinere Dimensionierung denkbar ist. Auch die unterschiedlichen Abschreibungs- und Nutzungsdauern der Technologien wurden nicht vollständig in die Betrachtung einbezogen – etwa die Tiefengeothermie, deren Nutzungsdauer bis zu 50 Jahre betragen kann. Diese Faktoren können die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Zielszenarien unterschiedlich stark beeinflussen.

Daher ist davon auszugehen, dass die initiale Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eine Kostenvarianz von $\pm 20\%$ je Zielszenario aufweist. Dennoch bleibt das Hauptziel der Betrachtung – die Vergleichbarkeit der Zielszenarien sowie der Ergebnisse, auch unter Berücksichtigung dieser Kostenvarianz – gewährleistet.

5.3.5 Ableitung des favorisierten Zielbildes

Auf Basis der Analysen zu den einzelnen Treibhausgasminderungspfaden, Investitions- und Gestehungskosten sowie weiterer Überlegungen hinsichtlich der Aspekte Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit ist eine vergleichende Gegenüberstellung der Szenarien verfügbar. Die verbale und ausführliche Begründung je Szenario und Bewertungskriterium ist dem Anhang 6 zu entnehmen. Nachfolgend wird auf die je Kategorie mit ein bis fünf Punkten versehene Einschätzung inklusive ihrer grafischen Darstellung fokussiert. Die Tabelle 5-7 zeigt das Ergebnis des Bewertungsprozesses.

Tabelle 5-7: Bewertungsmatrix mit Punktesystem zum Vergleich der Zielszenarien.

gut / positiv	4 bis 5 Punkte
mittel / neutral	2 bis 3 Punkte
schlecht / negativ	0 bis 1 Punkte

Kategorie	Zielszenario 1	Zielszenario 2	Zielszenario 3
	Tiefengeothermie	Mix	Strom
Treibhausgasminderung	5,0	3,0	1,0
Wärmegestehungs-kosten	3,0	3,0	5,0
Infrastrukturen (Anpassungs- bzw. Ausbaubedarf)	2,0	4,0	1,0
Realisierungsrisiko (technisch, finanziell, regulatorisch)	1,0	4,0	2,0
Versorgungssicherheit	1,0	5,0	2,0
Gesamtfazit	12,0	19,0	11,0

Demzufolge erhält Szenario 1 die maximale Punktzahl bezüglich der antizipierten CO₂-Emissionsentwicklung, da die Minderung verglichen mit der Ausgangssituation mit -93 % stärker ausfällt als bei Szenario 2 (-91 %) und Szenario 3 (-85 %). Die Treibhausgasreduzierung im Szenario 1 kann jedoch nur dann realisiert werden, wenn der weitreichende Einsatz dieser Technologie gelingt. Hierfür wären das Wärmenetz in Rochlitz deutlich zu erweitern (Anschluss zahlreicher weiterer Abnehmer) und in Zettlitz ein neues Wärmenetz aufzubauen, was als hoher Anpassungs- und Aufbaubedarf im Bereich der leitungsgebundenen Infrastrukturen zu werten ist. Auch würde dies mit hoher Wahrscheinlichkeit bedeuten, dass in Zettlitz das bereits bestehende Erdgasverteilnetz einem Rückbau zugeführt werden muss. Das ist vor dem Hintergrund der bereits seit Jahrzehnten in das Netz getätigten Investitionen und der verlässlichen Wärmeversorgung kritisch zu hinterfragen (sunken costs). Ein ähnliches Bild zeichnet sich bei den Infrastrukturen für das Stromszenario (S3) ab. Zwar wären hier in Rochlitz keine wesentlichen Änderungen am bestehenden Wärmenetz nötig und es würde auch kein Neubau von Wärmenetzen in anderen Gemeinden erfolgen. Allerdings bedingt der starke Stromfokus einen signifikanten und schnellen Ausbau des Stromverteilnetzes in allen vier Gemeinden der Verwaltungsgemeinschaft. Ob dieser technisch möglich ist, kann indes nicht bewertet werden. Dies liegt unter anderem in der fehlenden Datenbasis zu den Stromnetzkapazitäten (Ein-/Auspeisung) begründet²⁰. Die zugrundeliegenden Umsetzungszeiträume lassen jedoch Schwierigkeiten bei der Realisierung erwarten.

Folgerichtig ist für die Szenarien 1 und 3 mit hohen Realisierungsrisiken zu rechnen. Diese begründen sich technisch, z.B. über das geothermische Wärmedargebot, das mangels Explorationsbohrungen nicht seriös quantifizierbar ist. Parallel dazu zeitigen die auf Einzeltechnologien fokussierten Szenarien hohe wirtschaftliche Risiken, die einerseits zu Lasten der Kommune (Tiefengeothermie) und andererseits zu Lasten der Netzbetreiber (Strom) gehen. Allgemein ist zu bedenken, dass ein Stromverteilnetzausbau – auch im Falle einer technischen Realisierbarkeit – aller Wahrscheinlichkeit nach weitgehend über die Netzentgelte auf die Verbraucher umgelegt wird.

Bei den Wärmegestehungskosten ist Szenario 3 führend und erhält daher die Maximalpunktzahl. Der Fokus auf Tiefengeothermie (S1) und der Technologiemix (S2) führen zu sehr ähnlichen Wärmegestehungskosten. Jedoch ist darauf hinzuweisen, dass die Kostenschätzungen für die Szenarien 1 und 3 aufgrund der breitbandigen

²⁰ Der zuständige Verteilnetzbetreiber hat im Rahmen des iterativen Feedbackprozesses und mit Blick auf die Datenbeistellungen eine Stellungnahme der von ihm vertretenen Rechtsauffassung, den technischen Hintergründen und der Dateninterpretation bereitgestellt. Diese Stellungnahme befindet sich im Kapitel 8.2.

Rahmenbedingungen mit höheren Unsicherheiten behaftet sind. Die potenzielle Versorgungssicherheit ist insbesondere bei Szenario 2 als sehr gut zu bewerten. Durch den Einsatz bzw. die Kombination verschiedener und weitgehend etablierter Technologien ist ein starker Diversifikationseffekt gegeben. Sollte eine der im Mixszenario angesetzten Technologien nicht oder nicht im erwarteten Umfang einsetzbar sein, so ist eine Substituierbarkeit durch andere Technologien wahrscheinlich. Eine grafische Gegenüberstellung der bewerteten Einzelkategorien zeigt die Abbildung 5-30.

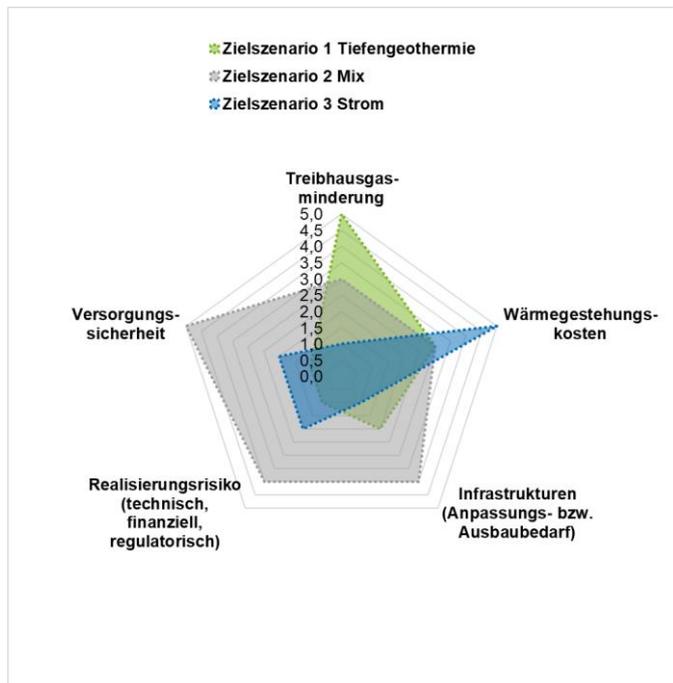


Abbildung 5-30: Netzdiagramm der nach fünf Kategorien bewerteten Zielszenarien.

Unter Beachtung aller Bewertungskategorien ist eine klare Empfehlung für das Szenario 2 („Mix“) auszusprechen. Es ermöglicht potenziell eine starke Minderung der aktuell ausgestoßenen CO₂-Emissionen, weist einen breit diversifizierten Technologiemix auf und lässt die geringsten technischen, finanziellen und regulatorischen Risiken erwarten. Umgekehrt formuliert vermeidet damit das Szenario 2 eine Maximalausprägung bei lediglich einer Kategorie zu Lasten der anderen Bewertungskriterien, was in der Abbildung 5-30 durch ein breit aufgespanntes Netz visualisiert wird.

5.3.6 Eignungsstufen und Wärmeversorgungsgebiete

5.3.6.1 Eignungsstufen Rochlitz

Aufgrund ihres Anteils an der Gesamteinwohnerzahl sowie auch der Gebäudeanzahl in der Verwaltungsgemeinschaft ist die Gemeinde Rochlitz von vorrangigem Interesse bezüglich der Ausweisung der Eignungsgebiete. Im Einklang mit der Erläuterung des methodischen Grundprinzips sind zunächst die einzelnen Eignungsstufen je Versorgungsart (Wärmenetz, Gasnetz, dezentral) separat zu prüfen. Diese werden anschließend in Rücksprache mit der Kommune sowie den Versorgern in ein stimmiges Gesamtbild überführt. Dieses weist je Ortsteil die in technoökonomischer Hinsicht geeignetste Versorgungsart für das Zielbild 2045 zu. Grundsätzlich gilt hierbei die Rangfolge, dass zunächst die leitungsgebundenen Optionen geprüft werden (Wärmenetz, H₂-Netz). Erscheinen diese wenig lukrativ, so ist die Einzelversorgung anzuraten.

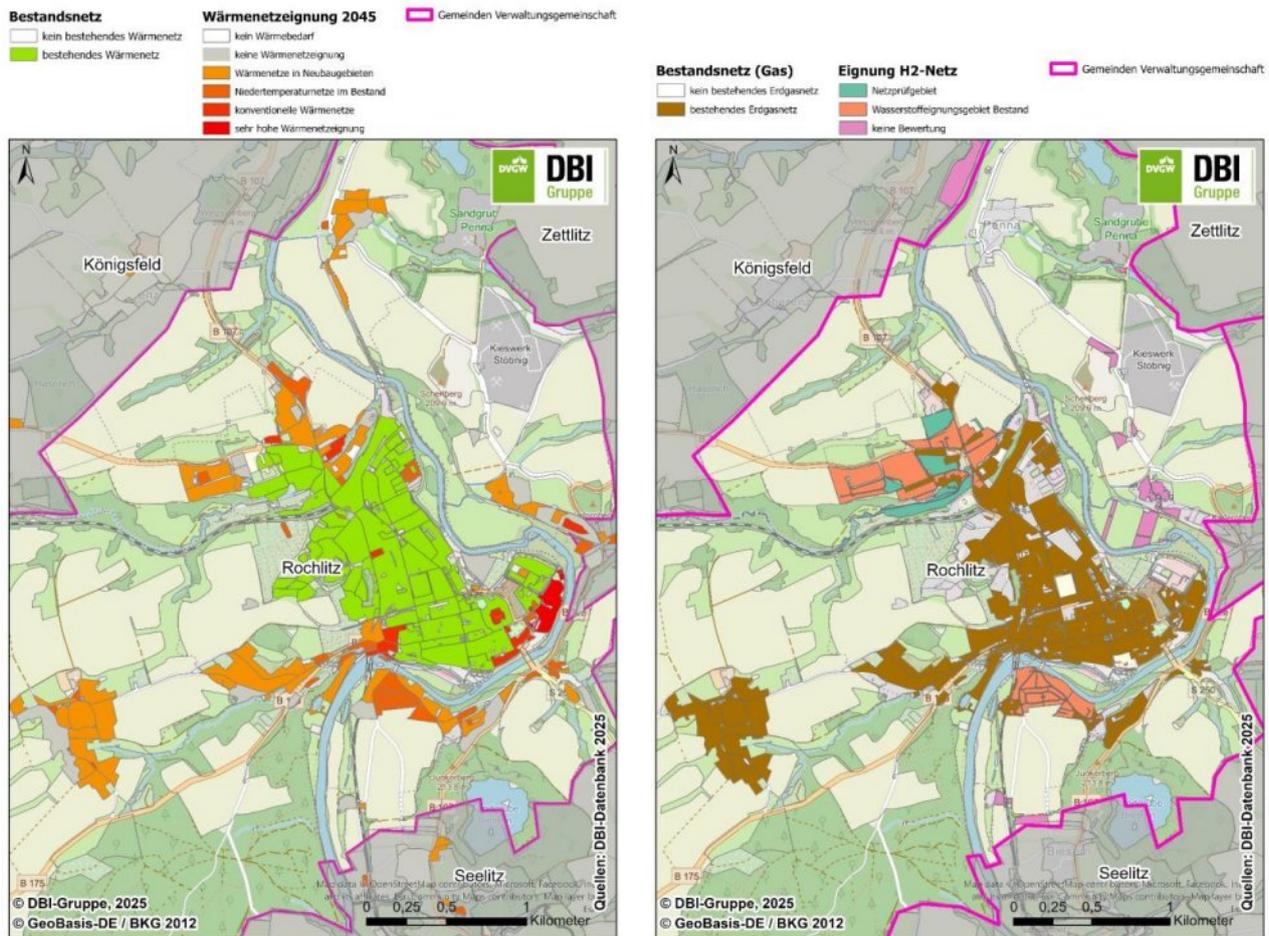


Abbildung 5-31: Eignungsstufen in Rochlitz Nord für Wärmenetze (links) und Wasserstoffnetze (rechts, nach [49]).

Analog zur Visualisierung im linken Teil der Abbildung 5-31 sind weite Teile der Kernstadt bereits über das bestehende Wärmenetz erschlossen. Im Kontext etwaiger H₂-Versorgungsgebiete wird auf eine Datenbeistellung des zuständigen Gasverteilnetzbetreibers inetz GmbH zurückgegriffen [49]. Abweichend von der Terminologie des WPG (siehe Ziffer V der Anlage 2 zu § 23) wird für die Kartendarstellungen auf konkretisierte Kategorien zur Ableitung der Wärmenetzplanung bzw. Wasserstoffnetzplanung aufgebaut. Die Wärmenetz-Kategorien entstammen dem BMWK-Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung; die Wasserstoffnetz-Kategorien sind eine Vorgabe des zuständigen Verteilnetzbetreibers. Eine Verknüpfung zwischen den genutzten Kategorien und den WPG-Kategorien ist dem Anhang 7 respektive dem Anhang 8 zu entnehmen.

Ergänzend zur Kernstadt weist demnach der Ortsteil Noßwitz eine bestehende Erdgasversorgung auf. Ein Anschluss weiterer Abnehmer an das dann auszubauende Wärmenetz erscheint insbesondere im Bereich der Kernstadt geboten. Konkret sind im Rochlitzer Norden die Bereiche östlich und westlich der Colditzer Straße und ggf. das Gewerbegebiet am Eichberg²¹ attraktive Erweiterungsoptionen. Südwestlich der Kernstadt sind das Teilgebiet nahe Burgstraße/Mühlgraben, das Wohngebiet am Weinberg und das Schloss/Schlossaue interessant. Auch im Ortsteil Zassnitz zeigen sich günstige Wärmebedarfsdichten. Allerdings müsste hier im Rahmen eines Wärmenetzausbaus die Zwickauer Mulde gequert werden.

²¹ Für das Gewerbegebiet ist über nachfolgende Untersuchungen zu prüfen, welches Abnahmeprofil die Bedarfsträger aufweisen (Wärmemengen sowie unterjähriger Verlauf) und welches Temperaturniveau benötigt wird. Gerade im Kontext industriell-gewerblicher Abnehmer sind meist hohe Energiebedarfe auf hohem Temperaturniveau gefordert, was Wärmenetzlösungen ausschließen kann und gasbasierte Ansätze (Wasserstoff) begünstigt.

Eine ähnliche Herausforderung findet sich im Stadtteil Stöbnig. In diesem Stadtteil ist auch seitens des Gasverteilnetzbetreibers keine Bewertung verfügbar.

Die südwestlich gelegenen Stadtteile Breitenborn und Wittgendorf sind in der Abbildung 5-32 eingezeichnet. Bei isolierter Betrachtung zeigen diese günstige Wärmebedarfsdichten für Wärmenetze in Neubaugebieten, allerdings ist das Bestandsnetz weit entfernt (>3 km Luftlinie) und auch zwischen den Ortsteilen herrscht eine nachteilhafte Distanz (rund 1 km Luftlinie bezogen auf die Ortsmittelpunkte). Ein Gasnetz ist nicht vorhanden und damit auch zukünftig sehr unwahrscheinlich. Daher ist an dieser Stelle eine Einzelversorgung anzuraten.

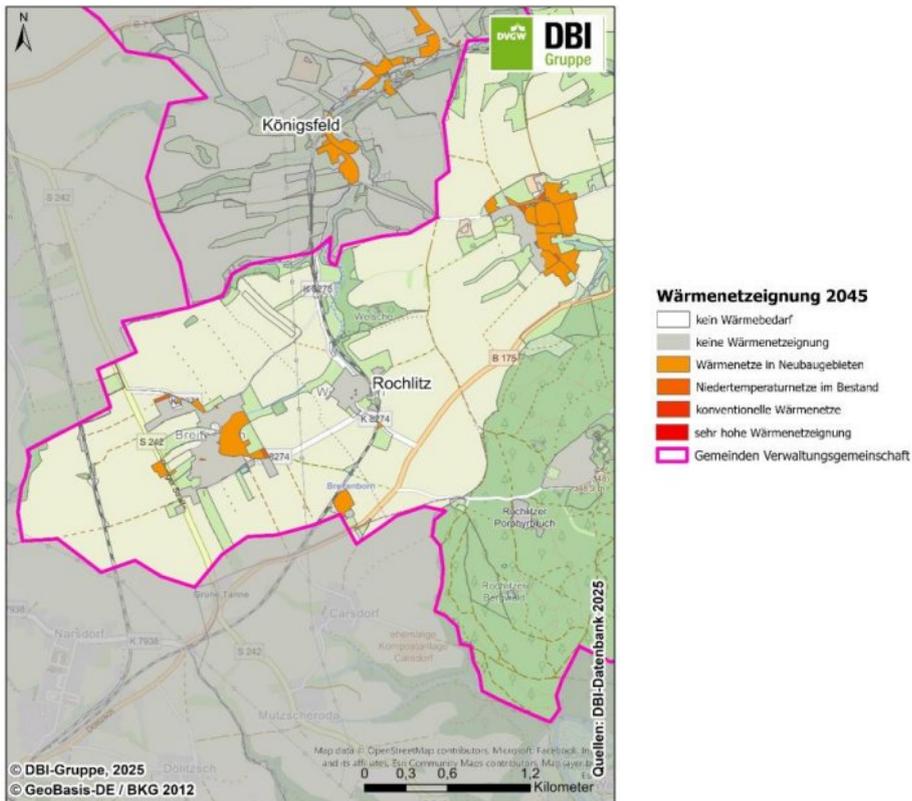


Abbildung 5-32: Eignungsstufen in Rochlitz Süd-West für Wärmenetze.

Die anhand der Flächendichte je Baublock abgeleiteten Eignungsarten werden abschließend mit dem unter 5.2.6 erläuterten Modell („Fuzzy-Membership-Ansatz“) gegengeprüft. Das Modell baut maßgeblich auf einem durch die Hochschule Bremen entwickelten Rechenansatz auf [47]. Die Ergebnisse für die Gemeinde Rochlitz sind anhand der Abbildung 5-33 nachzuvollziehen. Auch die Ergebnisse des fortgeschrittenen Modells zeigen eine klare Vorteilhaftigkeit für eine Wärmenetzversorgung der Kernstadt 2045. Im südlichen Bereich ist demnach auch im Jahr 2045 aufgrund hoher Liniendichten eine klassische Fernwärmeversorgung (hohe Vorlauftemperatur) attraktiv. Im nördlichen Teil der Kernstadt zeigen sich hingegen Tendenzen für Niedertemperaturnetze. Da die Kernstadt über ein zusammenhängendes Wärmenetz versorgt wird, ist in nachfolgenden Untersuchungen eine Konkretisierung der Parameter eines zukünftig verdichteten bzw. erweiterten Wärmenetzes notwendig. In Noßwitz sind moderne Wärmenetze mit niedrigen Temperaturen rein rechnerisch möglich. Allerdings ist aufgrund des vorhandenen und modernen Mitteldruck-Erdgasnetzes hier eine Umstellung des Verteilnetzes auf Wasserstoff mit hoher Wahrscheinlichkeit die bessere Option. Für Wittgendorf und Breitenborn zeigt auch das Fuzzy-Membership-Modell die klare Notwendigkeit einer Einzelversorgung.

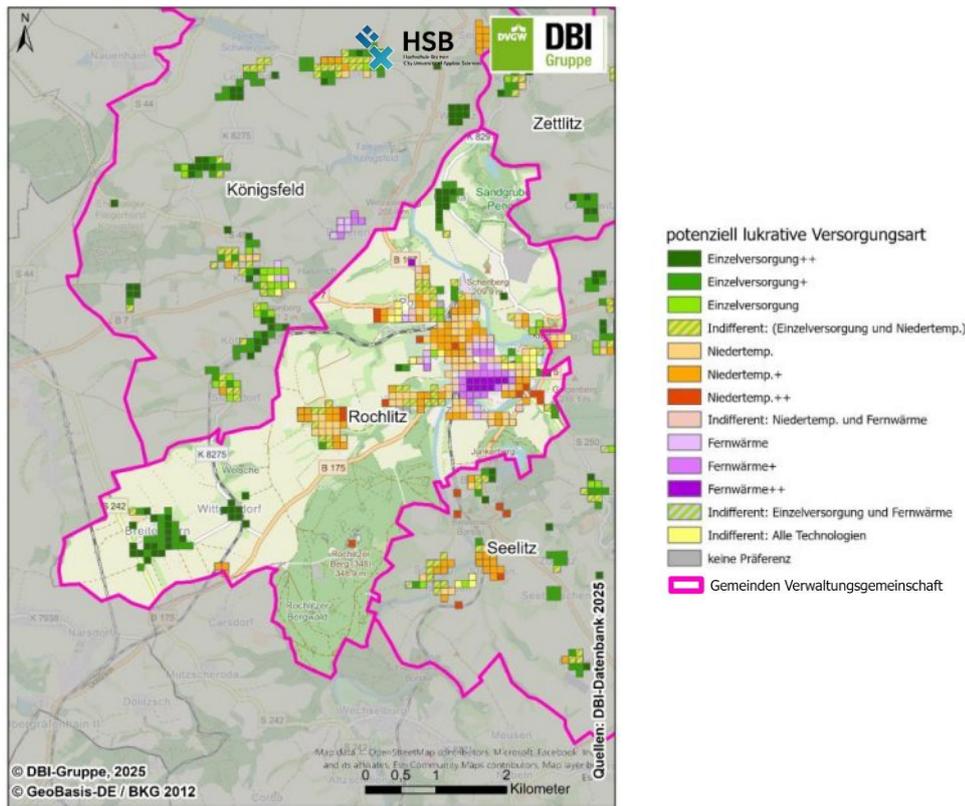


Abbildung 5-33: Plausibilisierung der Wärmeversorgungsoptionen in Rochlitz anhand Fuzzy-Membership-Methodik [47].

Insgesamt ergeben damit die in Tabelle 5-8 zusammengefassten Empfehlungen zur Gebietseinteilung in Rochlitz.

Tabelle 5-8: Vorschlag zur Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045 (Rochlitz).

Versorgungsart	Betroffene Stadt- bzw. Ortsteile
Wärmenetz	<ul style="list-style-type: none"> – Kernstadt (Verdichtung) – Bereiche östlich und westlich der Colditzer Straße (Ausbau) – Gewerbegebiet am Eichberg (Ausbau, auch H₂ möglich)
Wasserstoffnetz	<ul style="list-style-type: none"> – Zassnitz – Gewerbegebiet am Eichberg (auch Wärmenetz möglich) – Noßwitz – Gewerbliche Abnehmer (Großbäckerei)
Dezentral/Einzelversorgung	<ul style="list-style-type: none"> – Stöbnig – Penna – Breitenborn – Wittgendorf

5.3.6.2 Eignungsstufen Zettlitz

Analog der Gemeinde Rochlitz ist auch die Gemeinde Zettlitz Bestandteil der ausführlichen Wärmeplanung, siehe Ergebnisse der Eignungsprüfung unter Abschnitt 2.3. Demzufolge werden die Eignung für Wärmenetze und die Eignung für Wasserstoffverteilnetze zunächst getrennt voneinander betrachtet. In Zettlitz sind bislang kein Wärmenetz, dafür jedoch ein Erdgasverteilnetz im Bestand verfügbar. Abbildung 5-34 visualisiert im linken Teil die Eignung für Wärmenetzgebiete (2045). Hierbei ist ersichtlich, dass der den südlichen Gemeindeteil umfassende größte Baublock aufgrund der niedrigen Wärmedichte keine Wärmenetzeignung aufweist. Zusätzlich gibt es Ortsteile, in denen rechnerisch Wärmenetze in Neubaugebieten aufgebaut werden könnten. Allerdings sind diese Ortsteile dezentral versprengt mit größeren Distanzen dazwischen, was eine Erschließung sehr schwierig gestalten würde. Konträr dazu existiert abseits vom Ortskern auch in den Ortsteilen Methau und Hermsdorf bereits ein Erdgasverteilnetz. Für den südwestlichen Teil des Ortskerns Zettlitz weist der Verteilnetzbetreiber ein Netzprüfgebiet aus.

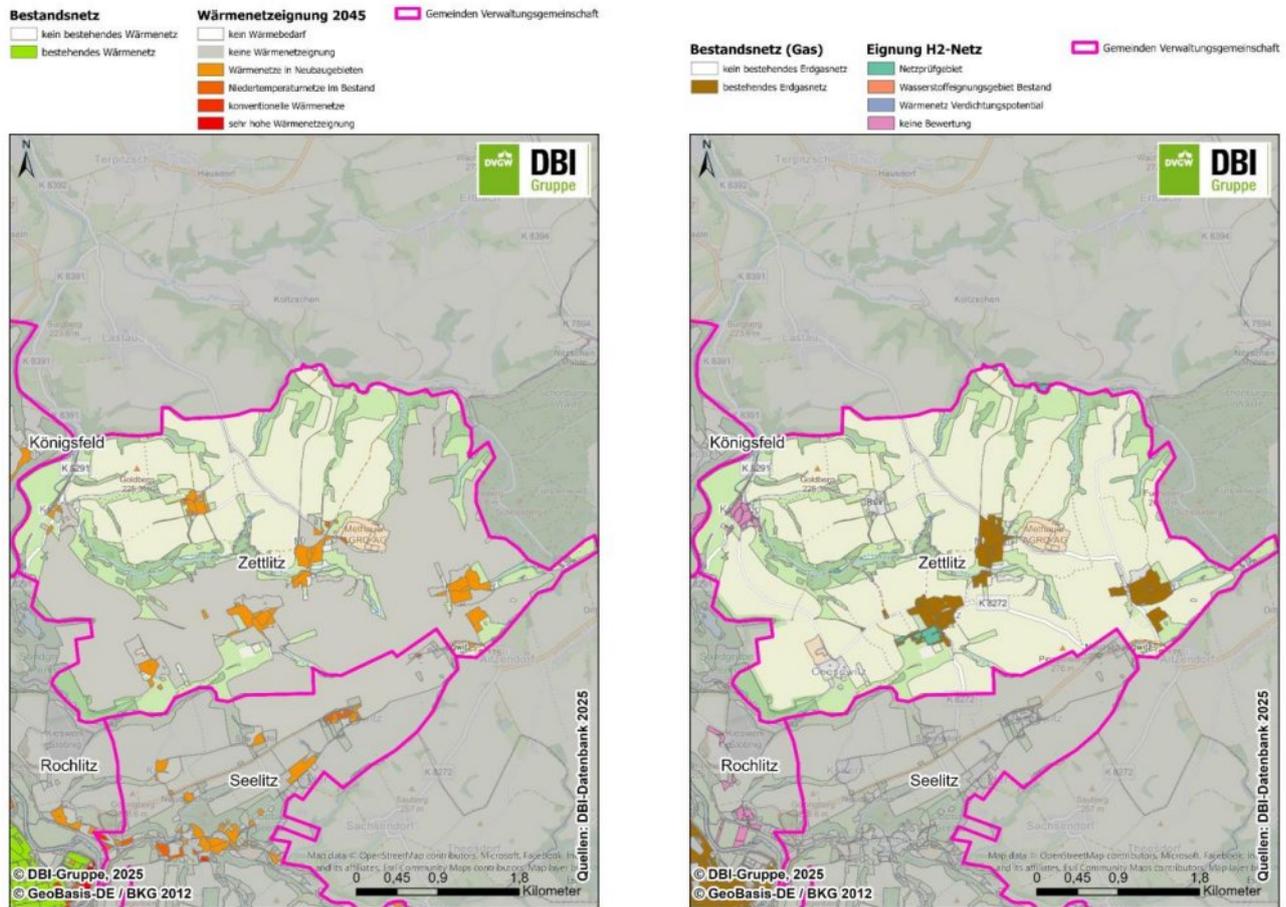


Abbildung 5-34: Eignungsstufen in Zettlitz für Wärmenetze (links) und Wasserstoffnetze (rechts, nach [49]).

Zur Gegenprüfung und Plausibilisierung der Erkenntnisse aus der flächenbezogenen Darstellung und den Daten des Verteilnetzbetreibers wird erneut auf das Modell gemäß Fuzzy-Membership-Ansatz zurückgegriffen. Die rasterscharfen Ergebnisse repräsentiert die Abbildung 5-35. Diese zeigt in Abhängigkeit des konkreten Ortsteils ein inhomogenes Bild. Für den Ortskern, Methau und Hermsdorf sind einige Rasterzellen mit prinzipieller Eignung für moderne Niedertemperatur-Wärmenetze ersichtliche.

Die dafür verantwortlichen hohen Liniendichten begünstigen gleichzeitig auch andere leitungsgebundene Infrastrukturen, namentlich Erdgasvertei- und perspektivisch Wasserstoffverteilnetze. Die Ortsteile Geesewitz, Rûx und Kralapp sind hingegen eindeutig für eine Einzelversorgung prädestiniert.

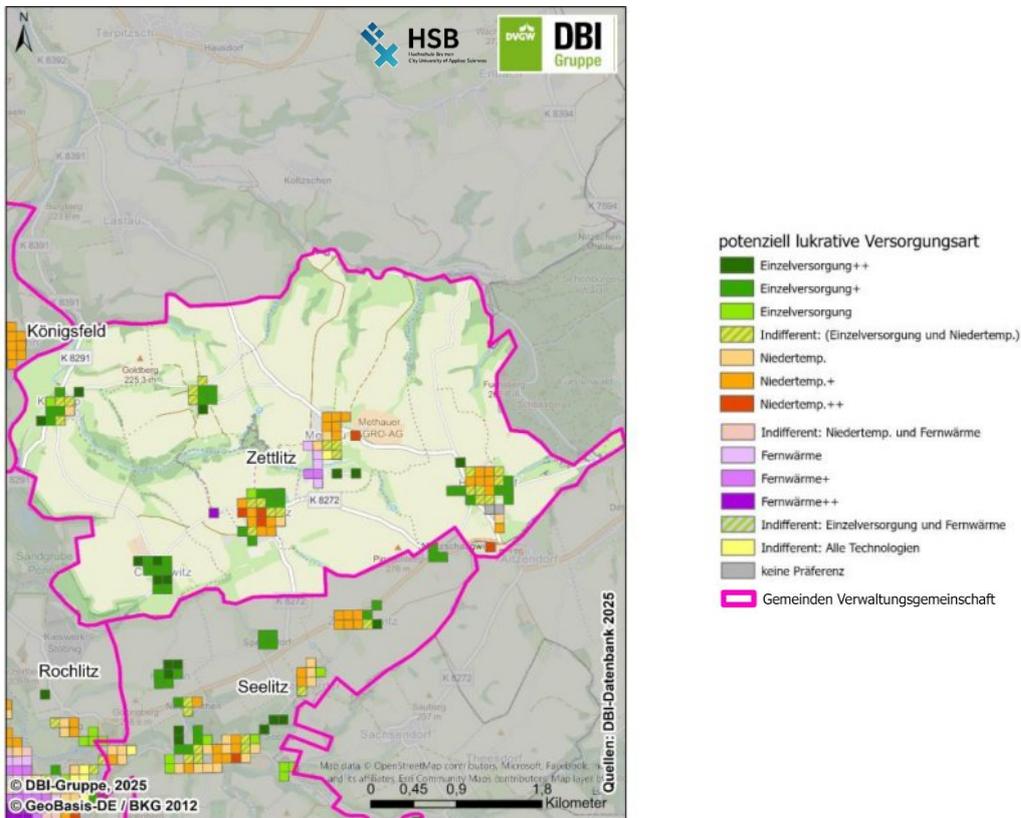


Abbildung 5-35: Plausibilisierung der Wärmeversorgungsoptionen in Zettlitz anhand Fuzzy-Membership-Methodik [47].

Unter Abwägung der vor Ort maßgeblichen Voraussetzungen ergeben damit die in Tabelle 5-9 zusammengefassten Empfehlungen zur Gebietseinteilung in Zettlitz.

Tabelle 5-9: Vorschlag zur Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045 (Zettlitz).

Versorgungsart	Betroffene Stadt- bzw. Ortsteile
Wärmenetz	– Nicht relevant
Wasserstoffnetz	– Ortskern Zettlitz – Methau – Hermsdorf
Dezentral/Einzelversorgung	– Geesewitz – Rûx – Kralapp

5.3.6.3 Eignungsstufen Königsfeld und Seelitz

Im Einklang mit der Eignungsprüfung ist für Königsfeld und Seelitz mangels Wärmenetz bzw. Erdgasnetz lediglich eine verkürzte Wärmeplanung durchzuführen. Bereits die Eignungsprüfung hatte starke Hinweise auf den dezentralen Versorgungscharakter in den genannten Gemeinden geliefert. Dennoch wird für Plausibilisierungszwecke zusätzlich das Modell nach Fuzzy-Membership-Ansatz auf die Gemeinden angewendet. Die kartografischen Resultate sind der Abbildung 5-36 zu entnehmen, wobei der linke Teil die Gemeinde Königsfeld und der rechte Teil die Gemeinde Seelitz zeigt. Aus den Berechnungen geht klar die überwiegende Mehrheit von Rasterzellen hervor, die für eine klassische Einzelversorgung, etwa durch Biomasse-Heizungen oder Wärmepumpen, geeignet sind. Nur vereinzelt zeigen sich Wärmenetz-geeignete Rasterzellen, so z.B. im Ortsteil Leupahn im Norden von Königsfeld oder im Ortsteil Zetteritz im südöstlichen Bereich der Gemeinde Seelitz. Da es sich hier um wenige Rasterzellen mit einer geringen Abnehmerzahl handelt, erscheint der Aufbau für jedwede netzgebundene Infrastruktur abseits der Stromversorgung ausgeschlossen. Damit bestätigen sich die Einschätzungen aus der Eignungsprüfung und sowohl Königsfeld als auch Seelitz bilden eindeutige Gebiete für eine dezentrale Versorgung mit Einzellösungen.

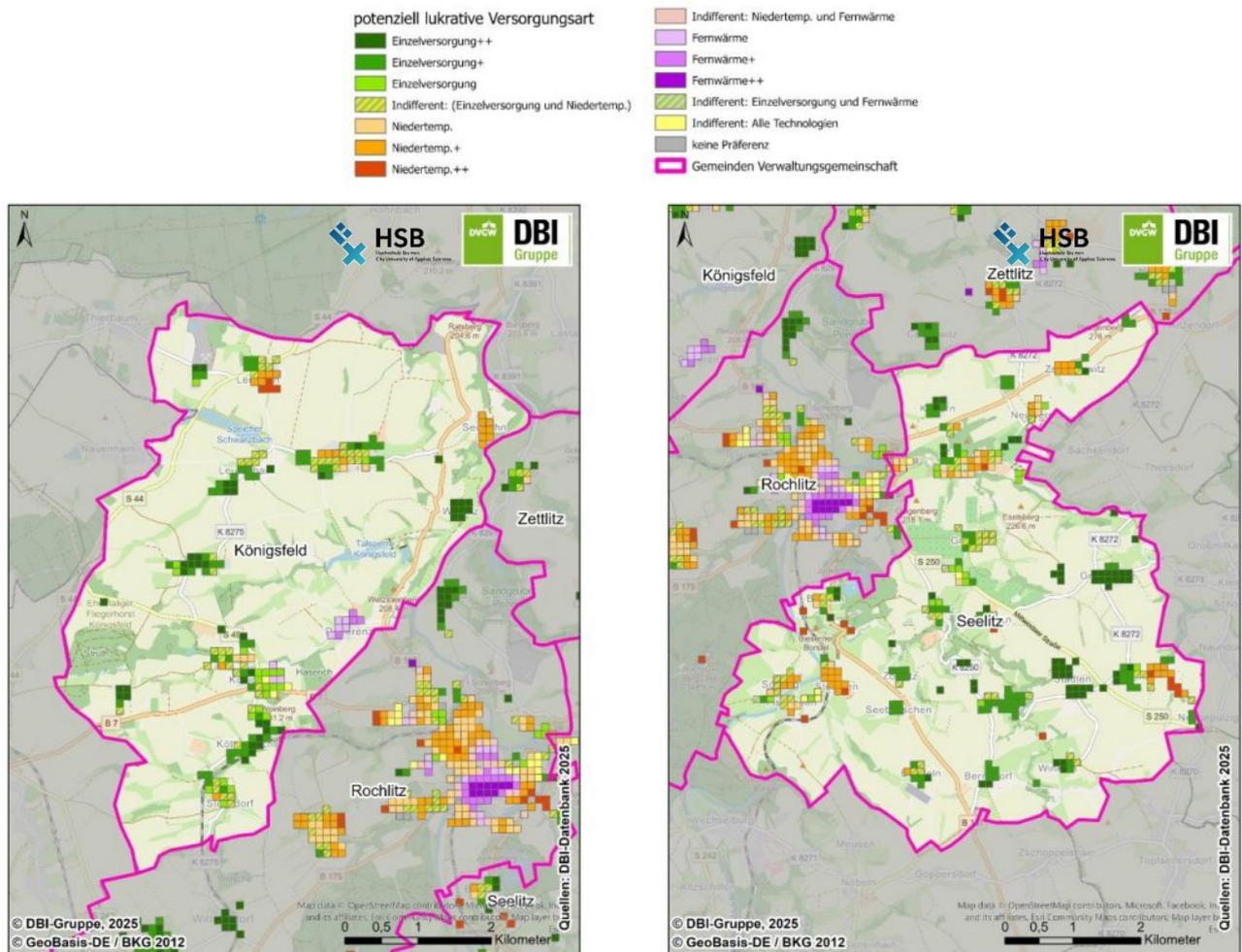


Abbildung 5-36: Plausibilisierung der Wärmeversorgungsoptionen in Königsfeld (links) und Seelitz (rechts) anhand Fuzzy-Membership-Methodik [47].

5.3.6.4 Zusammenfassung der resultierenden Wärmeversorgungsgebiete

Nachfolgend ist die finale Einteilung des beplanten Gebiets in Wärmeversorgungsgebiete zu finden. Die Einteilung erfolgte unter Zuhilfenahme der Eignungsstufen für die unterschiedlichen Wärmeversorgungsarten in den einzelnen Baublöcken. Ebenso sind die Hinweise seitens Kommune und Verteilnetzbetreiber in den Entscheidungsprozess eingeflossen.

Die resultierenden Wärmeversorgungsgebiete für die Gemeinde Rochlitz visualisiert die Abbildung 5-37. Demzufolge weisen die meisten Baublöcke in der Kernstadt ein Wärmenetz-Bestandsgebiet auf. Wenige Baublöcke sind bislang nicht durch das Wärmenetz erschlossen und werden demzufolge als Wärmenetz-Verdichtungsgebiet ausgewiesen. Hierbei ist ab 2030 als Verdichtungszeitpunkt vorgesehen, da die Verdichtung in der Kernstadt kurzfristig erfolgen kann. Wärmenetz-Ausbaugebiete finden sich östlich der Bahnstrecke Rochlitz – Wechselburg – Glauchau im südlichen Bereich der Kernstadt sowie im Gebiet zwischen Lindenallee/B175 und Uferstraße. Von einer Verfügbarkeit wird ab 2035 ausgegangen, da im Vergleich zur Verdichtung weitere Planungsvorleistungen erforderlich sind und die Gebiete trassenseitig erschlossen werden müssen. Ebenso können bei ansteigender Abnehmerzahl Erweiterungen in Bezug auf den Wärmeerzeugungspark erforderlich werden.

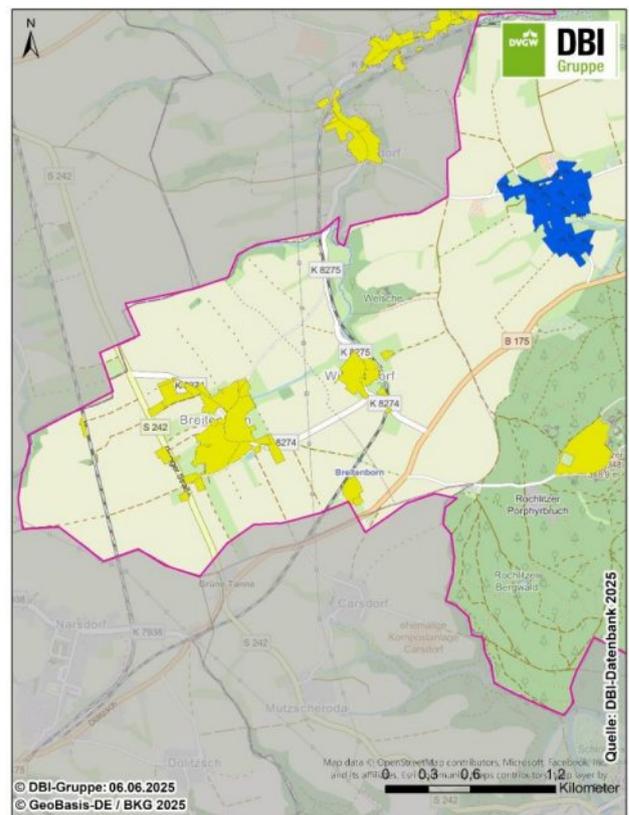
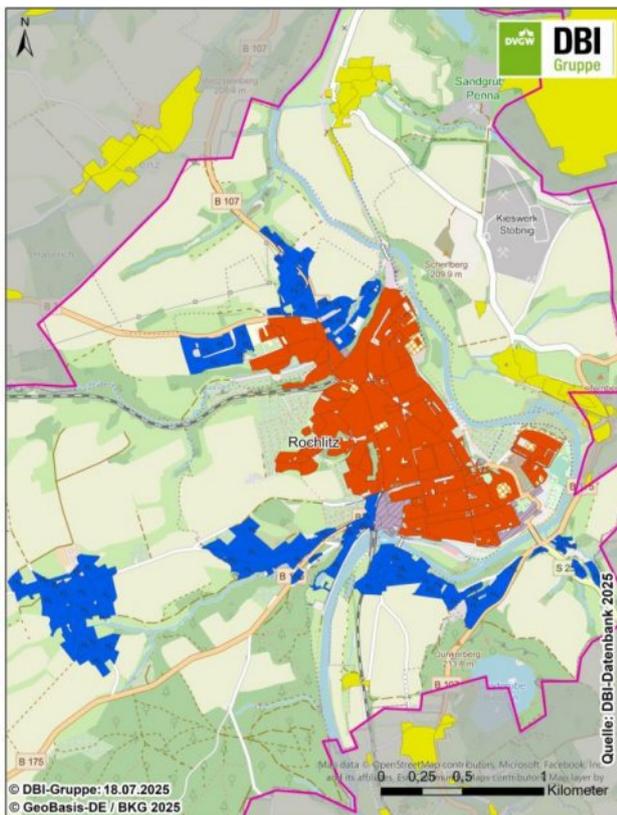


Abbildung 5-37: Resultierende Wärmeversorgungsgebiete in Rochlitz (links: Kernstadt / Rochlitz Nord; rechts: Rochlitz Süd).

Charakteristisch für den nördlichen Bereich der Rochlitzer Kernstadt sind zudem die gewerblichen Abnehmer. Da dieser Abnehmertyp andere Anforderungen an die zu liefernde Wärme stellt (Temperaturniveau, Energiemengen, zeitliches Profil) und gleichzeitig bereits ein Erdgasnetz im Bestand verfügbar ist, sind die zugehörigen Baublöcke als Wasserstoffnetzgebiet klassifiziert. Darüber hinaus befindet sich im Stadtteil Noßwitz ein modernes Mitteldruck-Erdgasnetz. Die Entfernung zu den westlichen Ausläufern des bestehenden Wärmenetzes würde einen Ausbau des Netzes bis in den Noßwitzer Stadtteil unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten erschweren. Auch ein neu errichtetes Insel-Wärmenetz in Noßwitz ist im Sinne der Vermeidung von neuen Doppelinfraststrukturen zu vermeiden. Aus diesem Grund ist Noßwitz als Wasserstoffnetzgebiet vorgesehen. Das gilt auch für den südlich der Zwickauer Mulde befindlichen Stadtteil entlang der Zaßnitzer Straße, da dieser ein Erdgasnetz im Bestand aufweist und ein Ausbau des Wärmenetzes aufgrund der nötigen Querung der Zwickauer Mulde technisch herausfordernd und wirtschaftlich unattraktiv ist. Sämtliche Wasserstoffnetzgebiete in Rochlitz werden nach Rücksprache mit Fernleitungs- und Verteilnetzbetreiber mit einer Verfügbarkeit ab 2040 gekennzeichnet. Im Einklang zur Darstellung in der rechten Hälfte der Abbildung 5-37 sind die im südlichen Teil der Gemeinde Rochlitz gelegenen Ortsteile als Gebiete für die dezentrale Versorgung vorgesehen. Dies betrifft vornehmlich Breitenborn und Wittgendorf.

Die Abbildung 5-38 fasst die Gebietseinteilung für die Gemeinde Zettlitz zusammen. Der Zettlitzer Ortskern sowie die Ortsteile Methau und Hermsdorf besitzen bereits ein Erdgasverteilnetz inklusive moderner Mitteldruckebene. Das junge Baualter begünstigt nach aktuellem Kenntnisstand eine zukünftige Umstellung auf Wasserstoff. Konträr dazu müsste als Alternative in den genannten Ortsteilen ein vollständig neues Wärmenetz aufgebaut werden. Folgerichtig sind für die bislang mit Erdgas versorgten Baublöcke in Zettlitz entsprechende Wasserstoffnetzgebiete ab 2040 vorgesehen. Die übrigen Bereiche sind aufgrund ihrer Abnehmerstruktur (geringe Gebäudeanzahl, auseinanderliegende Ortsteile) als Gebiete für die dezentrale Versorgung einzustufen.

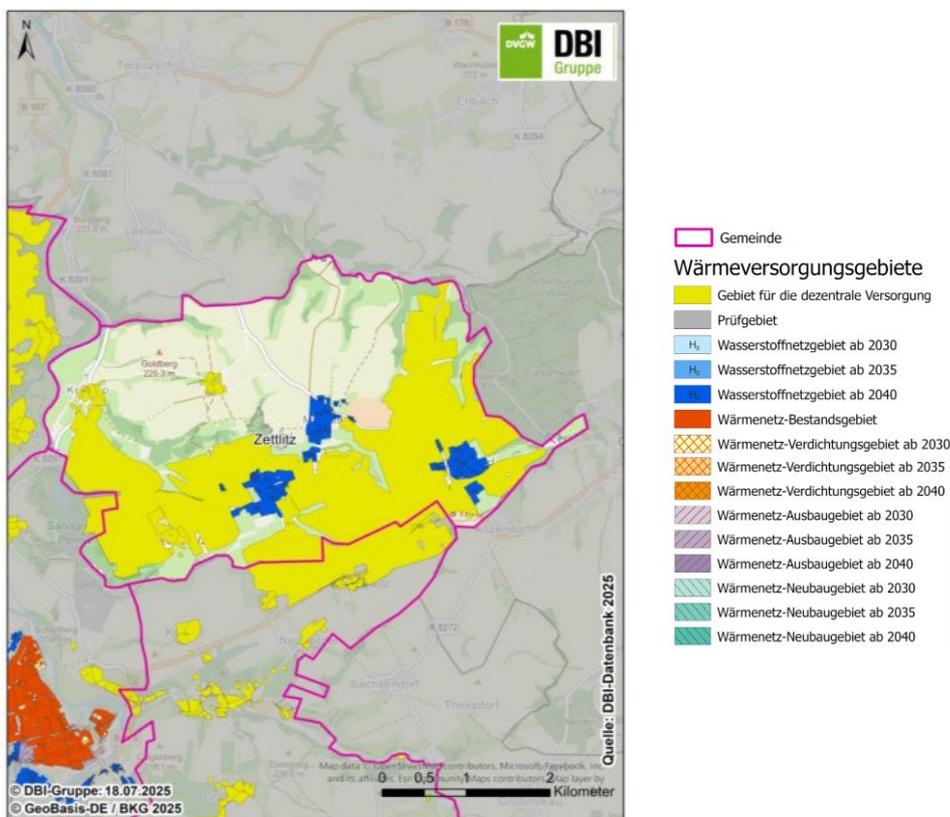


Abbildung 5-38: Resultierende Wärmeversorgungsgebiete in Zettlitz.

Abschließend sind die Wärmeversorgungsgebiete für die Gemeinden Königsfeld und Seelitz zu definieren. Das Ergebnis der Einteilung repräsentiert die Abbildung 5-39. Analog zu den Erkenntnissen der Eignungsprüfung (siehe Kapitel 2.3) und der Plausibilisierung im Kapitel 5.3.6, sind beide Gemeinden vollständig als Gebiete für die dezentrale Versorgung prädestiniert. Die stark ländliche Prägung, mit teils vielen auseinanderliegenden Ortsteilen (Seelitz), untermauert diese Entscheidung.

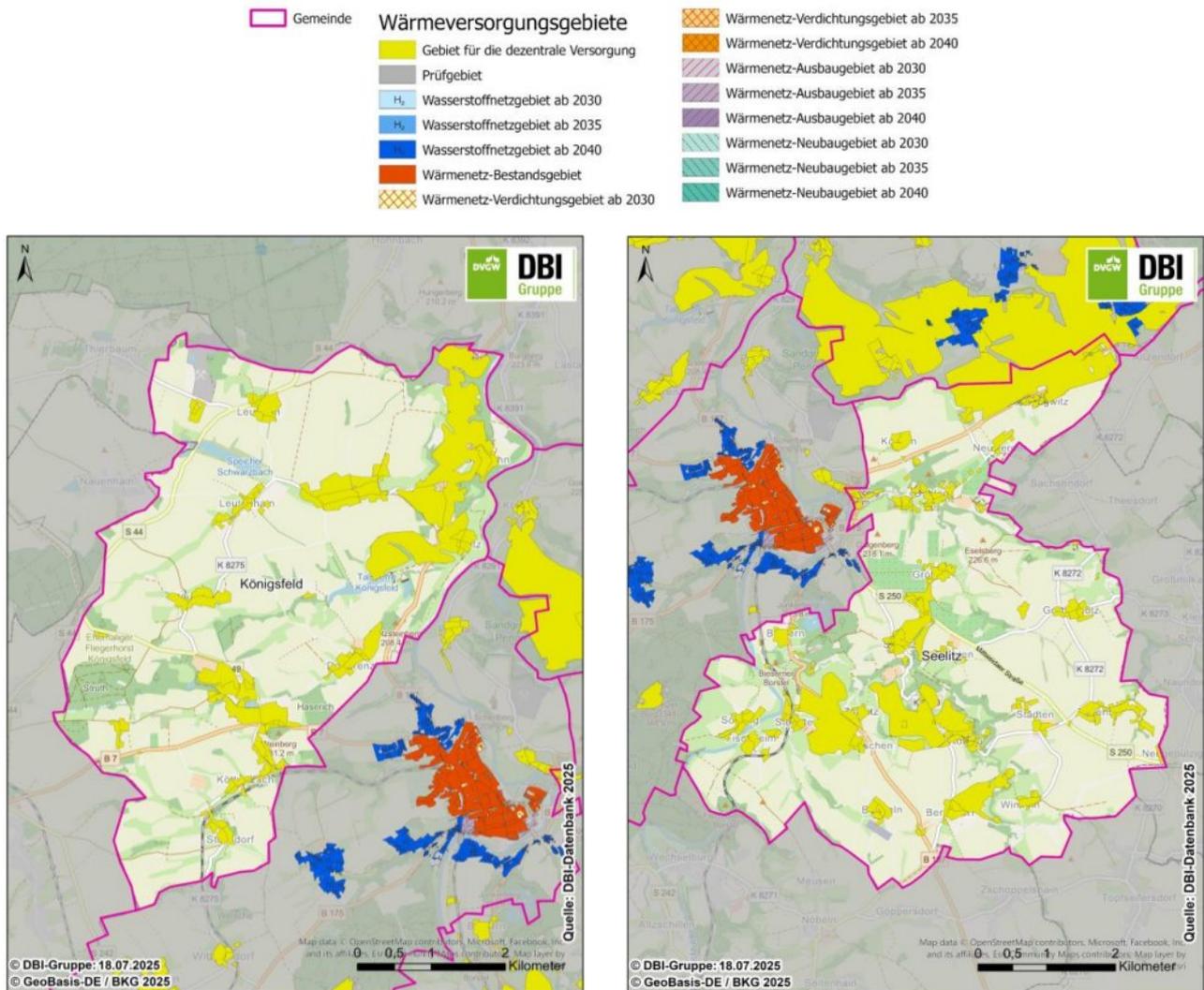


Abbildung 5-39: Resultierende Wärmeversorgungsgebiete in Königsfeld (links) und Seelitz (rechts).

6 Umsetzungsstrategie

6.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen

Der BMWK-Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung [10] formuliert zusammenfassend als Hintergrund der Umsetzungsstrategie:

„§ 20 WPG definiert die Anforderungen an die Umsetzungsstrategie: Danach ist erforderlich, dass die planungsverantwortliche Stelle unmittelbar von ihr selbst zu realisierende Umsetzungsmaßnahmen auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse entwickelt, die im Einklang mit dem Zielszenario stehen. Mit der Umsetzungsstrategie bzw. den zugehörigen Umsetzungsmaßnahmen soll das Ziel der Versorgung mit ausschließlich aus erneuerbaren Energien oder aus unvermeidbarer Abwärme erzeugter Wärme bis zum Zieljahr erreicht werden können.

Die Umsetzungsmaßnahmen können gemeinsam mit weiteren Akteuren identifiziert werden und es können Vereinbarungen zur Umsetzung mit den betroffenen Personen oder Dritten abgeschlossen werden.“

In den vorangegangenen Arbeitsschritten von Bestands-, Potenzial- und Zielszenarienanalyse werden vielfältige Daten zur Formulierung einer Umsetzungsstrategie gesammelt und gegenübergestellt. Insbesondere die Bestandssituation der kommunalen Wärmeversorgung wird mit den lokalen Potenzialen erneuerbarer Energien abgeglichen. Zudem erfolgt bereits in der Phase des Zielszenarios eine Einteilung des Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete, wobei auch die bereits vorhandenen (Erdgas- bzw. Wärmenetze) und perspektivisch verfügbaren (Wasserstoffverteilnetze) Infrastrukturen einfließen. Die Umsetzungsstrategie versteht sich als Paket konkreter Maßnahmen, das zur Erreichung des übergeordneten Ziels einer klimaverträglichen Wärmeversorgung schrittweise implementiert werden muss. Kennzeichnend für diese Phase der Wärmeplanung ist, dass die zu definierenden Maßnahmen schwerpunktmäßig aus kommunaler Perspektive zu bewerten sind.

Die Umsetzungsstrategie gliedert sich in nachstehende Teilaufgaben:

- Zusammenstellung einer „long-list“ aller plausiblen Maßnahmen zur Sicherstellung einer klimafreundlichen, bezahlbaren und versorgungssicheren Wärmeversorgung der Zukunft.
- Zuordnung der Maßnahmen zu strategischen Handlungsfeldern sowie Bewertung der potenziellen Rolle der Kommune für die Umsetzung.
- Priorisierung der Maßnahmen nach ihrem Beitrag zur THG-Minderung, den zu erwartenden Umsetzungskosten und möglichen Realisierungsrisiken.
- Erstellung von detaillierten Maßnahmenblättern für prioritär umzusetzende Maßnahmen inkl. Zeithorizont.

Sind die Maßnahmen zur Umsetzung definiert, wird abschließend auf die Aspekte der Verstetigung und der Erfolgskontrolle (Controlling) eingegangen. Hierzu sind eine entsprechende Verstetigungsstrategie sowie ein Controllingkonzept vorzulegen. Während die Verstetigungsstrategie darauf abzielt, die kommunale Wärmeplanung dauerhaft in Verwaltungsstrukturen, politische Entscheidungsprozesse und Finanzierungsmodelle zu integrieren, bezieht sich die Controllingstrategie gezielt auf die Überwachung, Steuerung und Optimierung der Zielerreichung im Transformationsprozess.

6.2 Methodischer Ansatz und Datenbasis

Auswirkungen der Eignungsprüfung auf die Umsetzungsstrategie

*„In (Teil-)Gebieten, für die auf Basis der Eignungsprüfung nach § 14 WPG eine **verkürzte Wärmeplanung** durchgeführt werden kann, ist die **Erstellung einer Umsetzungsstrategie optional**. Es wird jedoch **empfohlen**, auch für diese Gebiete einen Maßnahmenplan zu entwickeln. Die Ausgestaltung des vereinfachten Verfahrens für Kommunen mit weniger als 10.000 Einwohnerinnen und Einwohnern liegt in der Zuständigkeit der Länder. Die Länder können damit auch entscheiden, ob und wie diese Kommunen eine Umsetzungsstrategie erstellen müssen.“ [10]*

Die Umsetzungsstrategie fußt auf den Daten der Bestands- und Potenzialanalyse sowie dem definierten Zielszenario. Hierzu zählt auch die Einteilung der Kommune in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete. Aus der umfangreichen Datenbasis wird zunächst eine ausführliche Liste mit Maßnahmen zur Transformation der Wärmeversorgung zusammengestellt. Idealerweise werden die Maßnahmen mit einer groben zeitlichen Einordnung und den für die Umsetzung erforderlichen Akteuren untersetzt. In diesem Kontext sind zwingend die womöglich im Rahmen der vorangestellten Phasen erkannten Hemmnisse und Herausforderungen zu berücksichtigen. Umsetzungshemmnisse können etwa die durch lokale Voraussetzungen eingeschränkte Hebbbarkeit von Potenzialen erneuerbarer Energien betreffen²².

Darüber hinaus können bereits in diesem Schritt potenzielle „no-regret“ Maßnahmen identifiziert werden. Diese definieren sich als Handlungsschritte, die weitgehend unabhängig von zukünftigen Entwicklungen bzw. dem eigentlichen Wärmeplan technisch sinnvoll und wirtschaftlich attraktiv sind. Charakteristisch für diesen Maßnahmentyp ist der hohe Beitrag zur Zielerreichung (THG-Minderung) bei gleichzeitig hoher Wahrscheinlichkeit für eine wirtschaftliche Umsetzbarkeit.

Beispiele für derartige Maßnahmen könnten sein:

1. Effizienzmaßnahmen in (öffentlichen) Gebäuden und Netzen
 - Wärmeverluste in bestehenden Wärmenetzen reduzieren (bessere Dämmung, Absenkung der Vorlauftemperaturen).
 - Optimierung von Heizsystemen (Hydraulischer Abgleich, moderne Steuerungssysteme).
 - Sanierung ineffizienter Gebäude (Dämmung, Fenster, Dach).

2. Ausbau erneuerbarer Wärmeerzeugung
 - Integration von Solarthermieanlagen in Nah- und Fernwärmenetze.
 - Nutzung von Abwärme aus Industrie, Rechenzentren oder Kläranlagen.

3. Förderung und Umstellung auf nachhaltige Heizsysteme
 - Förderprogramme für Haushalte zur Umstellung auf klimafreundliche Heizsysteme.
 - Umstellung von fossilen Heizsystemen auf erneuerbare Alternativen (z.B. Holz-Pelletheizungen in Bestandsgebäuden, wenn Netze nicht verfügbar sind).

²² Denkbar ist z.B., dass im Rahmen der Potenzialanalyse Windkraftflächen ausgewiesen wurden, die aufgrund lokaler Eigentumsverhältnisse respektive infolge von Akzeptanzhindernissen für eine tatsächliche Umsetzung nicht geeignet sind.

4. Infrastrukturmaßnahmen für eine zukunftssichere Wärmeversorgung
 - Flächen sichern für zukünftige Wärmenetze oder Erzeugungsanlagen.
 - Sukzessive Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze (z.B. durch Biomasse, Großwärmepumpen oder Geothermie).

5. Kommunale und politische Maßnahmen
 - Einführung von Informationskampagnen und Beratungsangeboten („Wärmestammtisch“) für Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen.
 - Kooperation mit lokalen Energieversorgern zur schrittweisen Dekarbonisierung.

Wurden bereits im Vorfeld der Wärmeplanung Strategien, Konzepte oder Machbarkeitsstudien zur Energieversorgung angefertigt, so sind diese auf Relevanz für den Wärmeplan zu prüfen und ggf. einzubeziehen.

Die ausführliche Maßnahmenliste dient anschließend als Grundlage für die nachfolgenden Konkretisierungsschritte. Zunächst erfolgt die Zuordnung der Maßnahmen zu übergeordneten Handlungsfeldern. Anschließend ist die potenzielle Rolle der Kommune bei der Maßnahmenetablierung einzuschätzen. Eine Auswahl möglicher Handlungsfelder und die denkbaren Funktionen der Kommune sind in Tabelle 6-1 zusammengefasst.

Tabelle 6-1: Überblick zu möglichen Strategiefeldern und kommunalen Rollen bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Wärmetransformation [10].

Strategie- bzw. Handlungsfeld	Rolle der Kommune
<p>Potenzialerschließung, Flächensicherung und Ausbau erneuerbarer Energien</p>	<p>Rolle der Verbraucherin: Maßnahmen führen zu einer Reduktion des Verbrauchs der Liegenschaften im direkten Einflussbereich der Kommune, weitere Akteure sind meist nicht nötig (z.B. vorzeitige Sanierung und Tausch der Wärmeversorgungsart der eigenen Liegenschaften).</p>
<p>Wärmenetzausbau und -transformation: Maßnahmen, die den Auf- bzw. Ausbau und/oder die Transformation von Wärmenetzen begünstigen.</p>	<p>Rolle der Versorgerin: Maßnahmen führen dazu, dass geeignete Wärmeversorgungsarten aufgebaut werden, oft sind weitere Akteure wie Wärmenetzbetreibende für die erfolgreiche Maßnahmenumsetzung notwendig (z.B. Schaffen der Rahmenbedingungen für den Ausbau von Wärmenetzen, Rückkauf von Versorgungsunternehmen, Gründen von Stadtwerken oder Genossenschaften).</p>
<p>Sanierung/Modernisierung und Effizienzsteigerung in Industrie und Gebäuden: Maßnahmen, die zur Reduktion des Wärme- bzw. Energiebedarfs in Wohngebäuden bzw. betrieblich genutzten Gebäuden und/oder industriellen Prozessen führen.</p>	<p>Rolle der Reguliererin: Maßnahmen führen durch Vorgaben dazu, dass zielkonforme Wärmeversorgungsarten ermöglicht bzw. verpflichtet werden (z.B. Ausweisung von Flächen im Flächennutzungsplan für die Nutzung von erneuerbaren Energien, Vorgaben in den Bauplänen, Festlegung von Fernwärmesatzungen, Abschluss von Rahmenvereinbarungen mit den kommunalen Unternehmen).</p>
<p>Heizungsumstellung und Transformation der Wärmeversorgung in Gebäuden und Quartieren: Maßnahmen, die die Heizungsumstellung von Akteurinnen und Akteuren beeinflussen und/oder auf den Aufbau nachhaltiger Quartierslösungen abzielen.</p>	<p>Rolle der Motiviererin: Maßnahmen führen dazu, dass Dritte geeignete Investitionen tätigen (z.B. durch gezielte Information einzelner Akteure, Entwicklung von Förder- und Beratungsprogrammen).</p>
<p>Strom-/Wasserstoffnetzausbau: Maßnahmen, die auf den Auf- bzw. Ausbau von Strom- und Wasserstoffnetzen und/oder die Transformation (bzw. ggf. Stilllegung) bestehender Gasverteilnetze sowie sonstiger Energieinfrastrukturanlagen fokussieren.</p>	
<p>Verbraucherverhalten und Suffizienz: Maßnahmen, die Bewusstsein schaffen und Potenziale im Bereich der Vermeidung heben.</p>	

Die beschriebene Strukturierung der Vielzahl möglicher Maßnahmen und Handlungsfelder hilft bei der anschließenden Priorisierung. Um prioritär durchzuführende Maßnahmen selektieren zu können, sollte jede der Maßnahmen in ihrem jeweiligen Handlungsfeld nach einheitlichen Kriterien beurteilt werden. Hierbei ist der Bewertungszyklus zur kommunalen Wärmeversorgungs-transformation entscheidend (siehe Abbildung 6-1).

Folglich ist bedeutsam, in welchem Maßstab eine Maßnahme auf die Ziele zur Treibhausgas-minderung einzahlt. Ferner sind die zu erwartenden Kosten für die Umsetzung (Investition) und danach (Gestehungskosten) abzuschätzen und mit bekannten Fördermöglichkeiten abzugleichen²³. THG-Minderung und ökonomische Bewertung müssen final mit dem zu erwartenden Realisierungsrisiko gespiegelt werden, wobei auch die zu veranschlagenden Umsetzungszeiträume maßgeblich sind.

Abbildung 6-1: Zielzyklus bei der Bewertung von Maßnahmen zur klimagerechten Transformation der kommunalen Wärmeversorgung.



Im Ergebnis liegt ein nach allen relevanten Kriterien bewertetes Maßnahmenbündel vor. Für die prioritär anzugehenden Schritte empfiehlt sich eine Aufbereitung in Maßnahmensteckbriefen. Diese beschreiben für ein konkretes Teilgebiet in kompakter und einheitlicher Gliederung die wichtigsten Handlungsoptionen aus kommunaler Sicht. Die von KWP⁴ verwendete Vorlage zu Maßnahmensteckbriefen ist in der Abbildung 6-2 visualisiert und fußt auf den Empfehlungen aus der Literatur bzw. den Erfahrungen aus bereits verfügbaren kommunalen Wärmeplänen.

Maßnahme	
Ziel der Maßnahme	
Beschreibung der Maßnahme	
Schaubild der Maßnahme	
Eignungsgebiet	
Verantwortliche(r) Akteur	
Jährliches Treibhausgaseinsparpotenzial	
Geschätzte Kosten	
Umsetzbarkeit	
Fördermöglichkeiten	
Priorität	
Anmerkung KWP4	

Abbildung 6-2: Aufbau des Merkblattes zur Beschreibung prioritärer Maßnahmen der Wärmetransformation.

²³ Für die Transformation der Wärmeversorgung sind z.B. die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) und die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) von zentralem Interesse.

Im Anschluss an die Definition der Umsetzungsmaßnahmen erfolgt die Ausformulierung von Verstetigungsstrategie und Controllingkonzept. Die Verstetigungsstrategie zeigt zunächst auf, welche strukturellen und prozessualen Elemente für die erfolgreiche Entwicklung des Transformationspfads im Bereich Wärme und die Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans erforderlich sind. Die Entwicklung eines Controlling-Konzepts dient der Verfolgung der tatsächlichen Zielerreichung inklusive der Definition von geeigneten Indikatoren und Rahmenbedingungen für die Datenerfassung und -auswertung. Ein quantifizierbarer Indikator zur Kontrolle der Zielerreichung ist beispielsweise in der Entwicklung der CO₂-Emissionen aufgrund der kommunalen Wärmeversorgung zu identifizieren.

Das Controllingkonzept sollte im Einklang mit folgenden Grundsätzen stehen:

- Sicherstellung der Einhaltung der in der Wärmeplanung festgelegten Meilensteine, insbesondere zur Reduktion fossiler Energieträger und zum Ausbau erneuerbarer Wärmequellen.
- Identifikation von Abweichungen und Entwicklung von Gegenmaßnahmen.
- Bereitstellung verlässlicher Entscheidungsgrundlagen für die Stadtverwaltung und politische Gremien.
- Optimierung von Prozessen und Ressourcenallokation zur effizienten Umsetzung der Maßnahmen.

6.3 Diskussion der Ergebnisse

6.3.1 Long list

Die Langfassung der Maßnahmenliste fasst Tabelle 6-2 zusammen. Hierbei erfolgt einerseits die Zuordnung zu den übergeordneten Handlungsfeldern (z.B. Erschließung erneuerbarer Energien-Potenziale) und andererseits eine Zuweisung der potenziellen Rolle der Kommune. Von besonderem Interesse sind hierbei die Maßnahmen im Bereich der (leitungsgebundenen) Infrastrukturen. Diese sollten durch „weiche“ Maßnahmen, etwa im Bereich der politischen Kommunikation, zielgerichtet ergänzt und begleitet werden.

Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

Tabelle 6-2: Ausführliche Liste mit Maßnahmen und Handlungsfeldern für die Wärmetransformation in Rochlitz.

Kategorie	Maßnahme	Verbrauchen	Versorgen	Regulieren	Motivieren
Potenzialererschließung & Ausbau erneuerbarer Wärmeerzeugung					
	Bestandssicherung Biomethan- und Biogasanlagen <ul style="list-style-type: none"> Durchführung ggf. nötiger Ersatzinvestitionen am Biomethan-BHKW Rochlitz Einwirkung auf Biogasanlagenbetreiber in Zettlitz zum Weiterbetrieb der Anlagen nach Auslauf der EEG-Vergütung (z.B. über langfristige Abnahmebeziehungen, Umrüstung auf Biomethan mit kommunaler Beteiligung) 		x		x
	Errichtung weiterer lokaler EE-Anlagen <ul style="list-style-type: none"> Windkraftanlagen in Königsfeld Installation von Solarkollektoren bzw. PV-Anlagen auf Liegenschaftsdächern 		x		
	Berücksichtigung der Wärmeplanungsergebnisse bei der Fortschreibung und Aktualisierung der Regionalplanung			x	
Infrastrukturmaßnahmen (Transformation netzgebundener Infrastrukturen)					
	Durchführung einer Transformationsstudie für das bestehende Wärmenetz <ul style="list-style-type: none"> Konkretisierung der Möglichkeiten zur klimagerechten Transformation des Wärmenetzes im Rahmen einer geförderten Studie gemäß Bundesprogramm effiziente Wärmenetze (BEW) 		x		
	Flächensicherung für Wärmenetze <ul style="list-style-type: none"> Bereitstellung und Sicherung von Flächen für künftige Wärmenetze 			x	
	Verdichtung und Ausbau des bestehenden Wärmenetzes <ul style="list-style-type: none"> Identifikation potenzieller Abnehmer in der Nähe des Bestandsnetzes (z.B. durch Bürgerbefragung) Bereitstellung gemeindeeigener Wegefächern für die Verlegung von Infrastrukturen 		x		
	Optimierung des Wärmenetzes <ul style="list-style-type: none"> Reduktion von Wärmeverlusten durch bessere Dämmung und Absenkung der Vorlauftemperaturen 		x		
	Aufbau eines Wasserstoffnetzes bzw. Umstellung des bestehenden Erdgasnetzes <ul style="list-style-type: none"> kooperative und proaktive Zusammenarbeit mit hiesigem Gasverteilnetzbetreiber zur Diskussion der Anforderungen & Optionen Entwicklung eines Netzes für grünen Wasserstoff als langfristige Option 		x		
	Verstärkungs- und Ausbaumaßnahmen am lokalen Stromverteilnetz <ul style="list-style-type: none"> kooperative und proaktive Zusammenarbeit mit hiesigem Stromverteilnetzbetreiber zur Diskussion der Anforderungen & Optionen Priorisierung und frühzeitige Einleitung von Anpassungsmaßnahmen für elektrische Betriebsmittel 		x	x	
Kommunale & politische Maßnahmen					
	Wärmestammtisch und Beratung <ul style="list-style-type: none"> Einführung von Informationskampagnen und Beratungsangeboten 				x
	Gründung von Bürgerenergiegenossenschaften <ul style="list-style-type: none"> Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger an Entscheidungen und finanziellen Erträgen aus EE-Anlagenparks 				x
Verbraucherverhalten & Suffizienz					
	Bewusstseinsbildung <ul style="list-style-type: none"> Initiativen zur Vermeidung von überflüssigem Energieverbrauch 				x
	Hydraulischer Abgleich & Steuerung <ul style="list-style-type: none"> Optimierung von Heizsystemen durch moderne Steuerungstechniken 				x
	Förderung suffizienter Wohnformen <ul style="list-style-type: none"> Unterstützung von energieeffizienten Wohnmodellen (z.B. Wohngemeinschaften nach dem Modell "Jung und alt unter einem Dach") 				x
Sanierung/Modernisierung und Effizienzsteigerung in Gebäuden					
	Zusammenarbeit mit (städtischen) Wohnungsunternehmen und Baugenossenschaften <ul style="list-style-type: none"> Entwicklung von Sanierungsstrategien für große Gebäudeportfolios Schaffung von Anreizen zur Umsetzung der Effizienzmaßnahmen 			x	x
	Sanierung ineffizienter Gebäude <ul style="list-style-type: none"> Identifikation von Wärmelecks mittels Thermografie Verbesserung der Gebäudedämmung Austausch alter Fenster, Dämmmaßnahmen an Dächern 	x			
	Erhebung und Erschließung von Leerständen	x			

6.3.2 Maßnahmenblätter für prioritäre Handlungsfelder

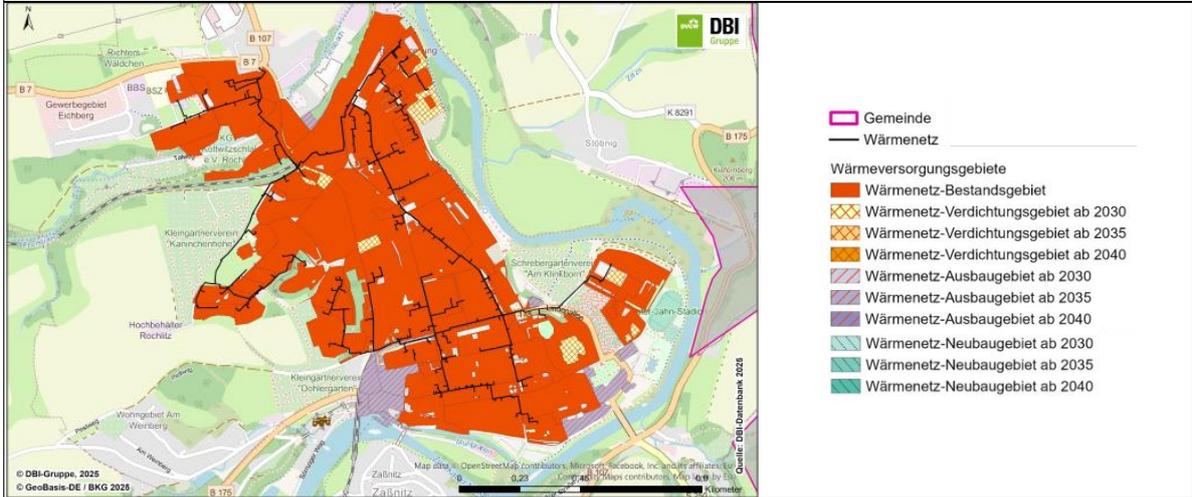
Steckbrief 1a	
BEW-Studie zur Transformation und Erweiterung des bestehenden Fernwärmenetzes in Rochlitz	
Ziel der Maßnahme: Untersuchung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit einer Erweiterung des bestehenden Fernwärmenetzes, um den Anteil erneuerbarer Energien in der kommunalen Wärmeversorgung zu erhöhen und CO2-Emissionen zu reduzieren.	
Beschreibung: Durchführung einer umfassenden Studie zur Analyse der Potenziale und Herausforderungen einer Fernwärmenetz-Erweiterung. Die Studie soll folgende Aspekte untersuchen: - Bestandsaufnahme des aktuellen Netzes - Identifikation potenzieller Erweiterungsgebiete bzw. pot. weiterer Abnehmer (Befragung) - Analyse des Wärmebedarfs in den Zielgebieten - Technische Machbarkeit der Netzausdehnung - Integration erneuerbarer Energiequellen (z.B. Solarthermie, Geothermie, Biomasse) - Wirtschaftlichkeitsberechnung und Kostenanalyse - Umweltauswirkungen und CO2-Einsparpotenzial - Rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen	
Eignungsgebiet & räumlicher Fokus	Gesamtes Stadtgebiet Rochlitz, mit Fokus auf dicht besiedelte Gebiete und Neubaugebiete
Verantwortliche(r) Akteur(e)	EVR in Zusammenarbeit mit der Kommunalverwaltung
Jährliches Treibhausgas-einsparpotenzial	Abhängig vom Ergebnis der Studie; geschätzt 5.000-10.000 Tonnen CO2 pro Jahr
Geschätzte Kosten	50.000 - 100.000 Euro für die Durchführung der Machbarkeitsstudie
Umsetzbarkeit & Umsetzungsplan	Mittel bis hoch, abhängig von den Ergebnissen der Studie und der Bereitschaft zur Investition 1. Zieldefinition und Projektabgrenzung 2. Bestandsanalyse des Wärmenetzes 3. Potenzialanalyse erneuerbarer Energien und Abwärme 4. Entwicklung von Transformationsszenarien 5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach BEW-Vorgaben 6. Entscheidungsvorbereitung & BEW-Antrag
Fördermöglichkeiten	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) KfW-Förderprogramme für Kommunen Landesspezifische Förderprogramme für Klimaschutz und erneuerbare Energien
Priorität	Hoch, da die Studie die Grundlage für zukünftige Investitionen und Klimaschutzmaßnahmen im Wärmesektor bildet
Anmerkung KWP4	Die Machbarkeitsstudie ist ein wichtiger erster Schritt zur Transformation der kommunalen Wärmeversorgung. Sie liefert wesentliche Erkenntnisse für die langfristige Planung und hilft, Investitionsrisiken zu minimieren. Eine frühzeitige Einbindung von Bürgern und lokalen Stakeholdern wird empfohlen, um die Akzeptanz für mögliche Netzausbaumaßnahmen zu erhöhen. Über das mehrstufig in Modulen angelegte BEW können ergänzend zum Invest auch Betriebskosten des Netzes gefördert werden.

Steckbrief 1b

Transformation und Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze

Ziel der Maßnahme: Modernisierung des Wärmenetzes inkl. Erzeugungsanlagen zur EE-Erhöhung und CO₂-Senkung.

Beschreibung:
 Auf Basis der Erkenntnisse aus Detailuntersuchungen (z. B. nach BEW) schrittweise Implementierung der wärmenetzseitigen Maßnahmen. Hierzu zählen insbesondere die vertragliche Bindung potenzieller Abnehmer, die Errichtung/Erweiterung der Erzeugungsanlagen mit EE-Fokus, die Überprüfung einer potenziellen Absenkung des Netz-Temperaturniveaus, Dämmmaßnahmen an Wärmetrassen und der technische Anschluss weiterer Abnehmer. Als Voraufgabe sind die Eigentumsverhältnisse für Freiflächen, z. B. zur Errichtung weiterer Erzeugungsanlagen, zu erfassen.



Eignungsgebiet & räumlicher Fokus	Rochlitz Kernstadt sowie Gebiete nördlich/südlich der Kernstadt
Verantwortliche(r) Akteur(e)	EVR, ggf. Gasverteilnetzbetreiber beteiligen
Jährliches Treibhausgas-einsparpotenzial	abh. von Erzeugungsmix und Anzahl weiterer angeschlossener Abnehmer
Geschätzte Kosten	abh. von Erzeugungsmix und Anzahl weiterer angeschlossener Abnehmer
Umsetzbarkeit & Umsetzungsplan	Hoch, da breites Technologiespektrum für Erzeugungsanlagen und Anschluss weiterer Abnehmer Stand der Technik. 1. Förderantrag stellen und Zuwendungsbescheid einholen 2. Technische Feinplanung und Genehmigungen 3. Ausschreibung und Vergabe 4. Bau und Installation 5. Inbetriebnahme und Optimierung 6. Berichtswesen und Fördermittelabrechnung
Fördermöglichkeiten	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) für Invest- und Betriebskosten Wärmenetz
Priorität	Hoch, da insbes. in Rochlitz ein erheblicher Teil des Wärmebedarfs über das Netz gedeckt wird und damit das Netz ein starker Hebel zur CO ₂ -Minderung ist.
Anmerkung KWP4	Zunächst sollte die nach BEW vorgesehene Machbarkeitsstudie durchgeführt werden, da diese die Grundlage für die Investitions- und Betriebskostenförderung darstellt. Sobald sich konkrete Ergebnisse zur technisch-wirtschaftlichen Ausgestaltung des zukünftigen Netzes abzeichnen, ist mit der Umsetzungsvorbereitung zu beginnen. Hierzu bietet sich die Bildung einer kommunalen Arbeitsgruppe unter Beteiligung aller betroffenen Akteure an.

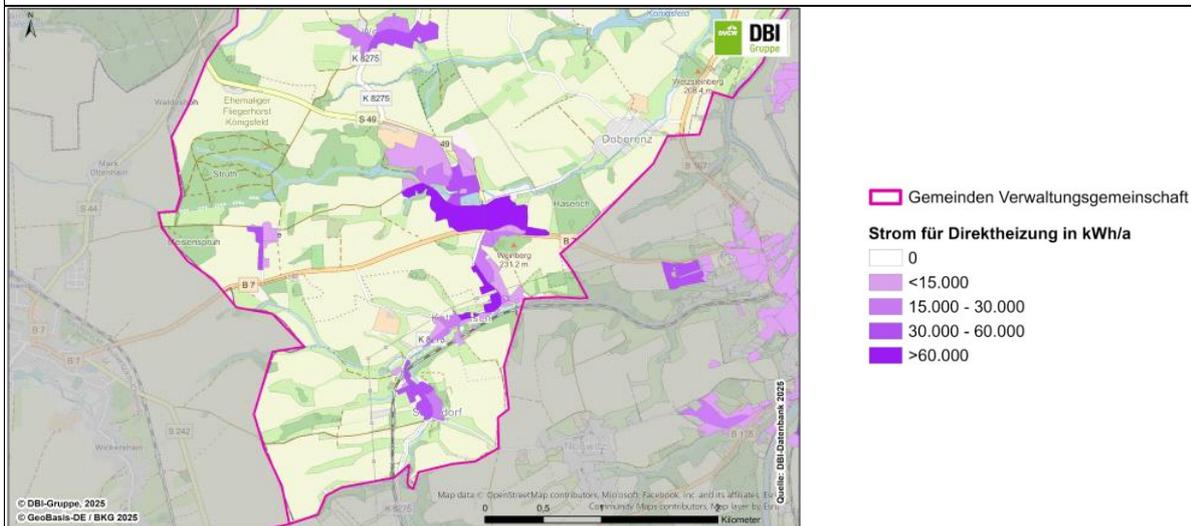
Steckbrief 2

Verstärkungs- und Ausbaumaßnahmen am lokalen Stromverteilnetz

Ziel der Maßnahme: Ermöglichung des Anschlusses weiterer Einspeiser und Abnehmer an das Stromverteilnetz.

Beschreibung:

Das Stromverteilnetz stellt parallel zum Gasverteilnetz und Wärmenetz die dritte zentrale Infrastruktur der kommunalen Wärmewende dar. Das Stromverteilnetz wird zukünftig mit steigenden Herausforderungen konfrontiert, da sowohl weitere Einspeiser (Wind-/PV-Anlagen) als auch Abnehmer (z.B. Wärmepumpen, Ladesäulen) anzubinden sind. Daher müssen zielgerichtet und frühzeitig Anpassungsmaßnahmen für elektrische Betriebsmittel identifiziert und eingeleitet werden. Auch IT-seitige Maßnahmen (z.B. bessere Laststeuerung über flexible Verbraucher) sind zu prüfen.



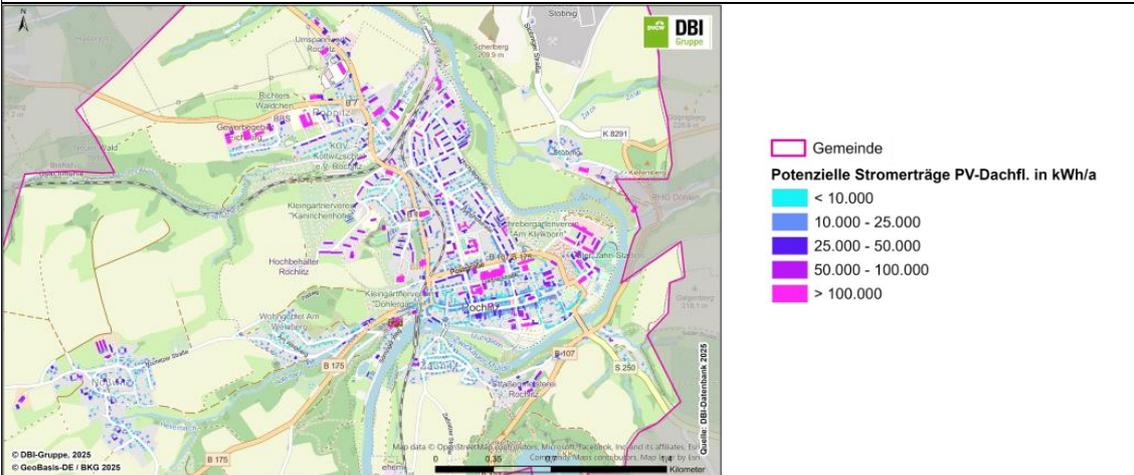
Eignungsgebiet & räumlicher Fokus	Gesamte Verwaltungsgemeinschaft, Fokus auf dezentrale Versorgungsgebiete mit erhöhten Strombedarfen für Wärme (z.B. Ortskern Königsfeld, Weißbach, Stollsdorf)
Verantwortliche(r) Akteur(e)	Stromverteilnetzbetreiber, Kommunalverwaltung, ggf. private Akteure (Industrie)
Jährliches Treibhausgas-einsparpotenzial	kein direktes Einsparpotenzial. Das indirekte Einsparpotenzial bemisst sich anhand der durch die Netzmaßnahmen ermöglichte Anbindung von EE-Abnehmern und EE-Einspeisern.
Geschätzte Kosten	Stark abhängig von konkreten Maßnahmen und Umsetzungszeiträumen. Die Kosten trägt zunächst der Verteilnetzbetreiber, wobei später eine anteilige Umlage auf Kunden über die Netzentgelte erfolgt.
Umsetzbarkeit & Umsetzungsplan	Mittel: Abhängigkeit von konkret notwendigen Netzmaßnahmen. Planungs- u. Genehmigungsverfahren sind in Deutschland aufgrund geltender Regularien häufig zeitaufwändig (>5 Jahre) 1. Netzanalyse und Bedarfsermittlung 2. Zielnetzplanung und Szenarienentwicklung 3. Technische Planung konkreter Maßnahmen 4. Abstimmung mit Netzbetreiber und Kommunen 5. Genehmigung und Förderung 6. Umsetzung und Integration
Fördermöglichkeiten	liegt im Verantwortungsbereich des Stromverteilnetzbetreibers
Priorität	Hoch, da lange Umsetzungszeiträume und gleichzeitig "Flaschenhals" für weitere Maßnahmen
Anmerkung KWP4	Die enge Zusammenarbeit zwischen Stromverteilnetzbetreiber sowie kommunalen als auch privaten Akteuren ist essenziell, um Fehlinvestitionen zu vermeiden.

Steckbrief 3

Errichtung weiterer lokaler EE-Anlagen

Ziel der Maßnahme: Erhöhung der strom- bzw. wärmeseitigen Erzeugungskapazität von EE-Anlagen.

Beschreibung:
 Die Potenzialanalyse hat aufgezeigt, dass in Königsfeld weitere Windkraftanlagen (bis zu drei Anlagen mit je 5,5 MW elektrisch) installiert werden sollten.
 Ebenso ist Installation von Solarkollektoren bzw. PV-Anlagen auf Liegenschaftsdächern anzuraten, um die lokale erneuerbare Strom- und Wärmeerzeugung weiter auszubauen.
 Der stromseitige EE-Ausbau ist zwingend an die verfügbaren Kapazitäten des Stromverteilnetzes geknüpft. Daher muss der lokale Verteilnetzbetreiber Strom frühzeitig in diese Vorhaben eingebunden werden. Darüber hinaus sind auch Möglichkeiten zur Speicherung von elektrischem Strom bzw. Wärme zu prüfen, um die zeitlichen und örtlichen Unterschiede zwischen Erzeugung und Bedarf auszugleichen.



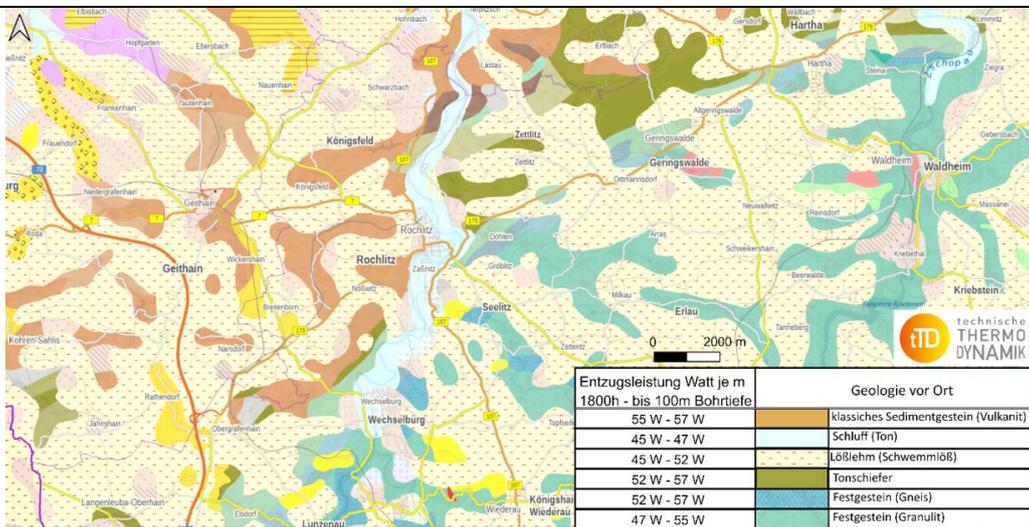
Eignungsgebiet & räumlicher Fokus	Windkraft: Königsfeld PV: gesamte Verwaltungsgemeinschaft, Fokus auf nicht erschlossene Dachflächen ohne genehmigungsseitige Einschränkungen (z.B. Denkmalschutz)
Verantwortliche(r) Akteur(e)	Kommunalverwaltung, Stromverteilnetzbetreiber
Jährliches Treibhausgas-einsparpotenzial	abh. von Umfang installierter EE-Anlagen. Bsp. einer Windkraftanlage mit 5,5 MWel: ca. 6.000 t CO ₂ e Einsparung p.a. im Vergleich zu dt. Strommix
Geschätzte Kosten	Bsp. Windkraftanlage: 1,2 Mio. € - 1,7 Mio. € je MW Bsp. PV-Aufdachanlage der Größe 30 kW bis 100 kW elektr.: 1.000 € bis 1.300 € je kW
Umsetzbarkeit & Umsetzungsplan	Mittel bis hoch: Anlagen sind Stand der Technik, Installation (z.B. von Windkraftanlagen im ländlichen) Raum kann jedoch mit logistischen (Anlieferung Teile) und technischen (Netzanbindung) Herausforderungen einhergehen. 1. Standortprüfung und Vorplanung 2. Wirtschaftlichkeitsprüfung 3. Genehmigungs- und Anzeigeverfahren 4. Detailplanung und Ausschreibung 5. Bau und Netzanschluss 6. Inbetriebnahme, Monitoring und Betriebsführung
Fördermöglichkeiten	BMWK/BAFA: Förderung im Rahmen des Programmes „Bürgerenergiegesellschaften“ bei Windenergie an Land
Priorität	Hoch, die Erhöhung des erneuerbaren Stromanteils ist eine Grundvoraussetzung der Energie- und damit Wärmewende.
Anmerkung KWP4	Mit Blick auf die Windkraftanlagen könnten in Königsfeld mit wenigen Anlagen vergleichsweise hohe EE-Strommengen erzeugt werden. Hierfür müssen abseits der technischen Projektierung auch Akzeptanzfragen in der Bevölkerung adressiert werden. Gelingt der EE-Ausbau, steht lokaler EE-Strom z.B. für den Antrieb von Wärmepumpen zur Verfügung. Darüber hinaus bietet sich die Zusammenarbeit mit Nachbargemeinden an, um überregionale Potenziale zu heben.

Steckbrief 4

Machbarkeitsstudie Tiefengeothermie inkl. Probebohrungen

Ziel der Maßnahme: Prüfung der Optionen zur Nutzung von tiefengeothermischen Quellen inkl. Wärmedargebot

Beschreibung:
 Die erzielbare Wärmeerzeugung aus Tiefengeothermie ist derzeit noch mit hohen Unsicherheiten behaftet. Um diese aufzulösen, sind konkretisierende Analysen erforderlich. Zunächst muss das geothermische Potenzial für verschiedenen mögliche Entnahmestandorte geprüft werden. Die Eigentumsverhältnisse der betroffenen Flächen sind zu prüfen, ebenso wie die Einbindbarkeit in das bestehende Wärmenetz. Ggf. sind Probebohrungen erforderlich.



Eignungsgebiet & räumlicher Fokus	Rochlitz, Zettlitz
Verantwortliche(r) Akteur(e)	Kommunalverwaltung, ggf. EVR
Jährliches Treibhausgas-einsparpotenzial	abh. von ermitteltem Potenzial und Anzahl Abnehmer
Geschätzte Kosten	<=50.000 EUR für reine Machbarkeitsuntersuchung Probebohrungen verursachen ggf. Zusatzkosten
Umsetzbarkeit & Umsetzungsplan	Hoch für Machbarkeitsstudie, gering bis mittel für tatsächliche Quellenerschließung 1. Projektinitiation und Zieldefinition 2. Geowissenschaftliche Vorstudien 3. Oberflächennahe/oberflächenferne Potenzialbewertung 4. Genehmigungs- und Verfahrensklärung 5. Wirtschaftlichkeitsanalyse (vorläufig) und ggf. Probebohrungen 7. Entscheidungsvorbereitung
Fördermöglichkeiten	als Teilkapitel zu EE-Wärmequellen ggf. über BEW
Priorität	mittel, da zahlreiche EE-Alternativen vorhanden
Anmerkung KWP4	Tiefengeothermie kann ein bedeutsames Potenzial für die erneuerbare Wärmeversorgung darstellen. Konkretisierende Untersuchungen beanspruchen jedoch viel Zeit und die nötigen Investitionen für eine tatsächliche Umsetzung können hoch ausfallen.

6.3.3 Exkurs: Ausblick leitungsgebundene Infrastrukturen

Nachfolgend werden Aussagen bezüglich der Entwicklung der Gas-, Wasserstoff- und Wärmenetze getroffen. Hierfür wurde sich mit dem lokalen Gasnetzbetreiber „inetz GmbH“ abgestimmt. Es wird spezifisch das Zielszenario zwei betrachtet, da sich dieses, basierend auf der Gesamtbewertung, als vorteilhaft erwiesen hat.

Wärmenetz

Derzeit existiert in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz ein Wärmenetz im Bestand, das die Kernstadt Rochlitz umfasst. In Summe beläuft sich die gegenwärtige Netzlänge (Vor- und Rücklauf) auf rund 25 km. Im Kontext des favorisierten Zielbilds (S2) wird ein Pfad zur Erweiterung des Bestandsnetzes aufgezeigt. Stadtteile, die potenziell für eine Erweiterung geeignet erscheinen, sind insbesondere im Norden (östlich sowie westlich der Colditzer Straße, ggf. auch das Gewerbegebiet am Eichberg) zu finden. Auch die südlich gelegene Burgstraße, der Bereich Mühlgraben und die Gebiete nahe Weinberg sowie Schlossaue kommen in Betracht. In den genannten Teilgebieten zeigen sich einerseits hohe Wärmeflächendichten von z.T. über 415 MWh/(ha*a) und andererseits weisen verschiedene Straßenabschnitte Liniendichten von größer 1.500 kWh/(m*a) auf.

Grundsätzlich sind weitere Gebiete nahe der Kernstadt bei isolierter Beurteilung anhand Flächendichte und Liniendichte attraktiv für eine Wärmenetzversorgung. Allerdings wurden hier auch kritische Netzpunkte identifiziert. Diese begründen sich beispielsweise aus infrastrukturellen Restriktionen. Das äußert sich etwa in notwendigen Flußquerungen.

Mit der Anbindung weiterer Abnehmer an das Fernwärmenetz ist zwangsläufig eine Überprüfung der Erzeugungskapazitäten im Heizkraftwerk erforderlich. Der bislang in Kombination mit dem Biomethan-BHKW eingesetzte Dampfkessel könnte durch wasserstoffbasierte (KWK-) Systeme oder eine Großwärmepumpe ergänzt werden. Ebenso ist anzuraten, Maßnahmen zur Effizienzsteigerung des Netzes zu ergreifen. Ein wesentlicher Effizienzhebel ist in der Absenkung des Temperaturniveaus (Vorlauftemperatur) zu identifizieren. Derzeit wird das Netz mit einer Vorlauftemperatur zwischen 80 °C und 95 °C betrieben, sodass sich in Abhängigkeit der Abnahmeverhältnisse Rücklauftemperaturen zwischen 55 °C und 60°C ergeben. Um eine Temperaturabsenkung zu erreichen und gleichzeitig die Versorgungssicherheit weiterhin zu gewährleisten, ist eine Kombination verschiedener Einzelmaßnahmen erforderlich. Hierzu zählen neben dem erwähnten Einsatz eines Niedertemperatur-Wärmeerzeugers in Form der Wärmepumpe unter anderem:

- Verbesserung der Wärmedämmung an Wärmetrassen,
- Anpassung/Modernisierung der Wärmeübergabestationen,
- Einsatz effizienter Heizungssysteme auf Endkundenseite (z.B. Fußbodenheizung anstelle klassischer Radiatoren).

Gasnetz

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden Gasnetzverläufe sowie notwendige Betriebsparameter seitens des Netzbetreibers zur Verfügung gestellt. Basierend darauf erfolgten Analysen hinsichtlich der Entwicklung der Versorgungsstruktur im Untersuchungsgebiet. Die Einbindung von Gasnetzgebietstransformationsplänen konnte zum Zeitpunkt nicht durchgeführt werden, da diese auf den Ergebnissen der kommunalen Wärmeplanung aufbauen. Um die Pläne zu erstellen, muss die (rechtsverbindliche) Einteilung in bzw. Ausweisung von Wasserstoffnetzgebieten erfolgen. Zusätzlich ist es notwendig, dass die Kommune die Gebietseinteilung nach § 26 WPG formal beschließt und verabschiedet. Der notwendige FAUNA-Beschluss, hinsichtlich genauer Inhalte der Fahrpläne, wurde am 17.12.2024 von der Bundesnetzagentur (BNetzA) veröffentlicht und wird derzeit seitens der inetz GmbH geprüft.

Im Rahmen der Gasnetzplanungen wird derzeit eine Studie (seitens inetz GmbH in Zusammenarbeit mit INFRACON Infrastruktur Service GmbH & Co. KG) zur Prüfung der Umstellung des Hochdruck-Gasnetzes von Erdgas auf Wasserstoff durchgeführt. Diese befindet sich derzeit noch in Erstellung und wird im Laufe des Jahres 2025 veröffentlicht. Da keine relevanten Informationen vorab veröffentlicht werden dürfen, sind diese nach Veröffentlichung in der genannten Studie nachzuvollziehen. Zusätzlich zur Umstellplanung der Erdgasleitungen ist die Entwicklung des Wärmenetzes im Rahmen der Gasnetzplanung zu berücksichtigen. Durch den, in Zielszenario 2 (Mix), geplanten Ausbau in der Rochlitzer Kernstadt können teilweise Gasnetz-Stilllegungen, im Bereich der privaten Abnehmer, auftreten. Betroffen wären dabei die derzeitig an das Wärmenetz angeschlossenen Bereiche sowie die Gebiete nördlich und östlich der Colditzer Straße, ggf. das Gewerbegebiet am Eichberg, die Burgstraße, der Bereich Mühlgraben und die Gebiete nahe Weinberg und Schlossaue. Diese Entwicklung erfordert, dass die Wärmenetze wie vorgesehen realisiert werden und die entsprechenden Wärmebedarfe vollständig und kontinuierlich gedeckt sind. Ein umfangreicher Rückbau der Gasnetze ist nicht zu erwarten, da Zielszenario 2 (Mix) von einer wasserstoffbasierten Wärmeerzeugung im Bereich der Fernwärme ausgeht. Demnach ist die bestehende Gasnetzstruktur, für den Transport von Wasserstoff, essenziell.

Zum jetzigen Zeitpunkt werden 45 % des wärmeseitigen Gesamtenergiebedarfs (128 GWh/a) der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz durch den Energieträger Erdgas gedeckt. Dies entspricht einem absoluten Bedarf von knapp unter 60 GWh/a. In Zielszenario zwei werden verschiedene Methoden, zur Deckung der zukünftig erwarteten Wärmebedarfe, genutzt. Eine der Möglichkeiten ist die leitungsgebundene Versorgung mit Wasserstoff. Hierbei ist darauf zu achten, dass dieser treibhausgasneutral produziert und bereitgestellt wird, damit das Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2045 eingehalten werden kann. Im Zieljahr deckt grüner Wasserstoff ca. 30 % des wärmeseitigen Endenergiebedarfs (89 GWh/a) ab. Dies entspricht einem Absolutwert von 27 GWh/a.

Die lokale Erzeugung von erneuerbarem und fossilem Wasserstoff durch Elektrolyseure ist für die gesamte Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz nicht vorgesehen. Diese Entscheidung wurde in Abstimmung mit der inetz GmbH, aufgrund der bereitgestellten Informationen und vorhandenen Plänen, getroffen. Begründet wird dies durch die limitierten Wind- und Photovoltaikpotenziale im Untersuchungsgebiet. Die Aufschlüsselung nach den Kommunen Königsdorf, Rochlitz, Seelitz und Zettlitz kann in der Eignungsprüfung nachvollzogen werden.

Neben Wasserstoff kann ebenso Biogas als leitungsgebundener Energieträger im Bereich der Wärmebereitstellung eingesetzt werden. Die derzeitig in der Verwaltungsgemeinschaft bestehenden Biogasanlagen sind im Betrachtungszeitraum bis 2045 weiterhin in Betrieb zu halten und bei Bedarf zu ertüchtigen. Während die Anlage in Zettlitz szenarienübergreifend zur Strombereitstellung verwendet wird, stellt die Anlage in Rochlitz Wärme zur Verfügung. Wie bereits in Kapitel 5.3.1 ersichtlich, wird davon ausgegangen, dass zu jedem Betrachtungszeitpunkt der Beitrag zur Wärmeversorgung gleich ist. Durch die Anlage in Rochlitz werden somit ca. 10,8 GWh/a Wärme jährlich zur Verfügung gestellt. In Bezug auf den Rochlitzer Energiebedarf (ca. 54 GWh/a) wird somit ein Anteil von rund 20 % abgedeckt. Bezogen auf die gesamte Verwaltungsgemeinschaft (89 GWh/a) werden ca. 12 % abgedeckt. Die Biomethan-Einspeisepotenziale sind somit zu jedem Zeitpunkt der Untersuchung gewährleistet und stellen einen signifikanten Beitrag zur Wärmeversorgung dar. Die Kombination aus Biogas und Wasserstoff im Bereich der leitungsgebundenen Versorgung erfüllt zum Zielzeitpunkt somit ca. 50 % der anfallenden Bedarfe.

Der aktuelle Beitrag des DVGW („Lokale Versorgung mit Wasserstoff – Zum Beitrag von Wasserstoff in einer klimaneutralen Energiezukunft“) [50] stellt grundlegende Informationen bezüglich des Einsatzes von Wasserstoff in Gasnetzen, aber auch der Eignungsfähigkeit von Gasheizungen dar. Es wird ersichtlich, dass moderne Gasbrennwertgeräte problemlos bis zu 20 Vol.-% Wasserstoffanteil im Erdgas bereits derzeit verarbeiten können. Ebenso ist festzustellen, dass die Verwendung von reinem Wasserstoff problemlos gewährleistet werden kann, indem die Systeme im Baukasten-Prinzip nachgerüstet werden können.

Wasserstoffnetz

Damit Wasserstoff leitungsgebunden verteilt werden kann, müssen bestehende Erdgasleitungen umgewidmet werden. Während ältere Gasleitungen, für den Transport von Wasserstoff, ertüchtigt werden müssen, können neue Leitungssysteme in der Regel problemlos für die Beimischung oder den alleinigen Transport des Gases zügig verwendet werden. In Rücksprache mit dem Gasnetzbetreiber inetz GmbH werden die Leitungen hinsichtlich der Tauglichkeit für Wasserstoff geprüft. Hierfür wird derzeit eine Studie in Zusammenarbeit zwischen der inetz GmbH und der INFRACON Infrastruktur Service GmbH & Co. KG erstellt. Da die Ergebnisse noch nicht veröffentlicht wurden, lässt sich keine spezifische Aussage hinsichtlich der Umstellung spezifischer Netzabschnitte treffen. Diese Informationen können zu einem späteren Zeitpunkt in der entsprechenden Studie ermittelt werden. Grundsätzlich lässt sich aufführen, dass der Anschluss an ein Wasserstoffnetz bzw. die Beimischung von Wasserstoff in das bestehende Erdgasnetz, für die Verwaltungsgemeinschaft seitens der inetz GmbH, vorgesehen ist (siehe 8.1 Stellungnahme Betreiber Erdgasverteilnetz). Die Veröffentlichung der Ergebnisse der Studie soll noch im Jahr 2025 erfolgen.

6.3.4 Verstetigungsstrategie

Die Verstetigungsstrategie für die kommunale Wärmeplanung (KWP) Rochlitz zielt darauf ab, die langfristige Implementierung und kontinuierliche Weiterentwicklung der Maßnahmen zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2045 sicherzustellen. Die Strategie basiert auf den Anforderungen der Kommunalrichtlinie und umfasst organisatorische, finanzielle, regulatorische und kommunikative Maßnahmen. Diese werden nachfolgend erläutert.

1. Institutionelle Verankerung und regelmäßige Fortschreibung

Die Stadt Rochlitz verpflichtet sich, die kommunale Wärmeplanung als „rollierendes Instrument“ fortzuführen. Dies beinhaltet eine regelmäßige Fortschreibung der Wärmeplanung in einem fünfjährigen Zyklus, um neue technologische Entwicklungen, veränderte gesetzliche Rahmenbedingungen und aktuelle Energiebedarfsdaten zu integrieren. Insbesondere das in Sachsen ausstehende Landesgesetz zur Wärmeplanung könnte spezielle Anforderungen an die Fortschreibung des initialen Wärmeplans entfalten. Zur institutionellen Verankerung kann z.B. eine zentrale Koordinierungsstelle in der Stadtverwaltung eingerichtet werden, die als Ansprechpartner für alle Beteiligten dient und die Umsetzung der Maßnahmen begleitet.

2. Finanzierung und Fördermittelakquise

Um eine langfristige Umsetzung der Maßnahmen sicherzustellen, wird ein Finanzierungskonzept entwickelt, das sowohl kommunale Mittel als auch Förderprogramme von Bund und Land einbezieht. Die Stadt Rochlitz strebt an, aktiv Fördermittel, wie etwa aus dem Bundesprogramm effiziente Wärmenetze (BEW), der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) und anderen relevanten Programmen zu beantragen, insbesondere für den Ausbau erneuerbarer Wärmeerzeugung, die Sanierung von Bestandsgebäuden und die Dekarbonisierung der Wärmenetze. Zudem wird die Kommune strategische Partnerschaften mit lokalen Unternehmen und Energieversorgern eingehen, um Investitionen in die Infrastruktur zu erleichtern.

3. Monitoring und Erfolgskontrolle

Ein kontinuierliches Monitoring der Maßnahmenumsetzung ist essenziell, um Zielabweichungen frühzeitig zu erkennen und gegenzusteuern. Hierzu wird ein Indikatorensystem zur Messung der Wärmebedarfsentwicklung, des Anteils erneuerbarer Energien und der CO₂-Reduktion etabliert. Die Stadt Rochlitz wird jährliche Fortschrittsberichte erstellen und der Öffentlichkeit sowie dem Stadtrat vorlegen. Weitere Informationen zu den Möglichkeiten der Erfolgskontrolle sind im Kapitel 6.3.5 zu finden.

4. Kommunale Steuerungsinstrumente und rechtliche Rahmenbedingungen

Die Stadt Rochlitz sollte bestehende kommunale Planungsinstrumente – wie Bebauungspläne und Satzungen – nutzen, um die Wärmeplanung rechtlich zu verankern. Beispielsweise kann eine Wärmeleitplanung in Neubaugebieten verpflichtend gemacht werden, um den Anschluss an erneuerbare Wärmenetze zu fördern. Zudem werden ordnungsrechtliche Maßnahmen geprüft, um fossile Heizsysteme schrittweise zu reduzieren.

5. Akteursbeteiligung und Bürgerengagement

Die Einbindung von Bürgern, Unternehmen, Energieversorgern und weiteren Akteuren ist zentral für eine erfolgreiche Umsetzung der Wärmeplanung. Die Stadt Rochlitz kann im Sinne eines kontinuierlichen Austausch- und Dialogprozesses regelmäßig Stakeholder-Workshops und Informationsveranstaltungen durchführen. Über die städtische Webseite und analoge Medien (z.B. das Amtsblatt) ist es möglich, Bürgerinnen und Bürger über den Fortschritt der Wärmeplanung bzw. weitere Aktivitäten zu deren Umsetzung zu informieren und Beteiligungsmöglichkeiten zu schaffen. Insbesondere die Wohnungswirtschaft und die Industrie sollten in die Umsetzung konkreter Projekte eingebunden werden.

6. Wissenstransfer und Kooperationen

Rochlitz wird sich aktiv mit anderen Kommunen austauschen, um von Best-Practice-Beispielen zu profitieren und eigene Erfahrungen weiterzugeben. Durch die Teilnahme an Netzwerken wie der „Kommunalen Klimaschutzinitiative“ wird ein kontinuierlicher Wissenstransfer sichergestellt. Zudem werden Kooperationen mit Forschungseinrichtungen und Hochschulen angestrebt, um innovative Lösungen in die Praxis zu übertragen.

7. Flexibilität und Anpassungsfähigkeit

Da sich die Rahmenbedingungen für die Wärmewende dynamisch entwickeln, wird die Strategie bewusst flexibel gestaltet. Neue Technologien, gesetzliche Änderungen und wirtschaftliche Entwicklungen werden regelmäßig evaluiert und in die Planung integriert. Dies gewährleistet, dass Rochlitz auch langfristig auf einem nachhaltigen Transformationspfad bleibt.

Die beschriebenen Teilelemente der Verstetigungsstrategie zur KWP Rochlitz stellen sicher, dass die Stadt systematisch auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung hinarbeitet. Durch institutionelle Verankerung, strategische Finanzierung, kontinuierliches Monitoring und breite Akteursbeteiligung wird die Wärmewende langfristig abgesichert und für kommende Generationen nachhaltig gestaltet.

6.3.5 Controllingkonzept

Nachfolgend werden die wesentlichen Teilaspekte des erarbeiteten Controllingkonzepts beschrieben.

Indikatoren und Monitoring

Ein zentrales Element des Controllingkonzepts ist die Einführung eines strukturierten Indikatorensystems, das die kontinuierliche Erfassung und Bewertung relevanter Daten sicherstellt.

Die Indikatoren umfassen:

- Klimawirksamkeit: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Wärmesektor (CO₂-Äquivalente pro Jahr).
- Energieversorgung: Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmebereitstellung (Prozentualer EE-Anteil im Wärmemix).
- Netzausbau: Ausbaugrad leitungsgebundener Wärmeversorgung (Trassenkilometer und Anschlussquote).
- Gebäudesanierung: Sanierungsrate im Gebäudebestand (Prozent der modernisierten Wohn- und Gewerbegebäude).
- Wirtschaftlichkeit: Investitionskosten und Betriebskosten der umgesetzten Maßnahmen im Vergleich zu den Planwerten.

Diese Kennzahlen werden jährlich aktualisiert und in einem Monitoring-Bericht dokumentiert.

Soll-Ist-Vergleich und Steuerungsmechanismen

Das Controllingkonzept basiert auf einem regelmäßigen Soll-Ist-Vergleich, der Abweichungen von den Zielwerten identifiziert. Mögliche Gründe für Abweichungen (z. B. verzögerte Infrastrukturprojekte, nicht erreichte Einsparziele) werden analysiert und durch geeignete Steuerungsmechanismen korrigiert. Dazu gehören:

- Anpassung von Maßnahmenplänen (z. B. verstärkte Förderung dezentraler Wärmelösungen, wenn Netzausbau verzögert ist).
- Nachsteuerung von Finanzierungsmodellen durch Akquise zusätzlicher Fördermittel.
- Verstärkte Kommunikationsmaßnahmen, falls Akteursbeteiligung geringer ausfällt als geplant.

Berichtswesen und Entscheidungsunterstützung

Zur kontinuierlichen Information der politischen Entscheidungsträger wird ein jährlicher Controlling-Bericht erstellt. Dieser enthält:

- Eine Bewertung der Fortschritte anhand der Indikatoren.
- Eine Analyse der identifizierten Herausforderungen und Abweichungen.
- Handlungsempfehlungen für die Stadtverwaltung und den Stadtrat.
- Eine Übersicht über die Finanzierungs- und Investitionssituation.

Der Bericht dient als Entscheidungsgrundlage für mögliche Anpassungen in der Wärmeplanung.

Digitalisierung und Datenmanagement

Ein leistungsfähiges Datenmanagementsystem sollte eingerichtet werden, um alle relevanten Monitoring-Daten effizient zu erfassen, auszuwerten und darzustellen. Dies umfasst:

- Nutzung von Geoinformationssystemen (GIS) zur Visualisierung des Netzausbaus und der Wärmeverbräuche.
- Automatisierte Datenschnittstellen zu Energieversorgern und relevanten Behörden.
- Transparente Bereitstellung relevanter Kennzahlen für Bürger und Unternehmen.

Die Controllingstrategie mit den beschriebenen Elementen stellt sicher, dass die Wärmeplanung Rochlitz nicht nur als einmaliges Konzept, sondern als dynamischer, steuerbarer Prozess verstanden wird. Durch ein strukturiertes Monitoring, klare Steuerungsmechanismen und eine enge Verzahnung mit politischen Entscheidungsprozessen wird sichergestellt, dass die gesetzten Klimaziele effizient, wirtschaftlich und nachhaltig erreicht werden.

7 Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung

7.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen

Der BMWK-Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung [10] formuliert zusammenfassend im Kontext der Akteursanalyse und Prozessorganisation:

„Nach § 7 WPG sind die Öffentlichkeit sowie alle Behörden und Träger öffentlicher Belange, deren Aufgabenbereiche von der Wärmeplanung berührt werden, von der planungsverantwortlichen Stelle im Rahmen der Wärmeplanung zu beteiligen. Den Betreibern von Energieversorgungsnetzen, Wärmenetzen oder natürlichen oder juristischen Personen, die als zukünftige Betreiber absehbar in Betracht kommen, kommt im Rahmen der Wärmeplanung eine herausgehobene Stellung zu. Diese Akteure sind daher von der planungsverantwortlichen Stelle zwingend zu beteiligen (§ 7 Absatz 2 WPG). Die Beteiligung der weiteren Akteure steht im pflichtgemäßen Ermessen der planungsverantwortlichen Stelle und richtet sich nach § 7 Absatz 3 WPG.“

Die Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung ist ein zentraler Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung. Sie verfolgt zwei wesentliche Ziele: Zum einen sollen Bürgerinnen und Bürger frühzeitig informiert werden, um Transparenz über den Planungsprozess zu schaffen und ihnen eine fundierte Meinungsbildung zu ermöglichen. Zum anderen dient die Einbindung relevanter Fachakteure – darunter Netzbetreiber, Energieversorger und Wohnungsunternehmen – dazu, Wissen zu vernetzen und sicherzustellen, dass die Wärmeplanung realistisch, technisch umsetzbar und wirtschaftlich tragfähig ist.

Durch eine offene und kontinuierliche Kommunikation werden Planungsoptionen nachvollziehbar vermittelt und frühzeitige Abstimmungen ermöglicht. Dies stärkt das Vertrauen in den Prozess, fördert Akzeptanz für die geplanten Maßnahmen und trägt dazu bei, langfristig tragfähige Lösungen für die kommunale Wärmeversorgung zu entwickeln.

Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) legt klare Vorgaben für die Einbindung relevanter Akteure sowie für die Information der Öffentlichkeit fest:

- **Einbindung von Fachakteuren:**
Fachakteure wie Netzbetreiber und Energieversorger müssen frühzeitig und fortlaufend in den Planungsprozess eingebunden werden (§ 7 Abs. 2 WPG). Ihre Mitwirkung ist verpflichtend (§ 7 Abs. 4 WPG), und sie sind zur Bereitstellung relevanter Daten verpflichtet (§ 11 WPG).
- **Informationspflicht gegenüber der Öffentlichkeit und Trägern öffentlicher Belange (TÖB):**
Die Öffentlichkeit sowie relevante Behörden und Träger öffentlicher Belange müssen über den Beschluss zur kommunalen Wärmeplanung informiert werden (§ 7 Abs. 1 WPG).
- **Bekanntmachung der Planungsergebnisse:**
Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung sind unverzüglich im Internet zu veröffentlichen (§ 13 Abs. 2 WPG), um allen Beteiligten einen transparenten Zugang zu den Informationen zu ermöglichen.
- **Öffentliche Einsichtnahme und Möglichkeit zur Stellungnahme:**
Vor der finalen Beschlussfassung muss der Entwurf der Wärmeplanung öffentlich ausgelegt werden, sodass Bürgerinnen und Bürger sowie Fachakteure Stellungnahmen abgeben können (§ 13 Abs. 4 WPG).

Diese gesetzlichen Vorgaben stellen sicher, dass die Wärmeplanung nicht nur fachlich fundiert erfolgt, sondern auch gesellschaftlich breit abgestützt ist. Die Einbindung der relevanten Akteure und eine transparente Kommunikation sind essenziell, um langfristig tragfähige und akzeptierte Lösungen für die kommunale Wärmeversorgung zu entwickeln.

7.2 Überblick zu durchgeführten Beteiligungsprozessen und Veranstaltungen

Aufbauend auf den in Kapitel 7.1 beschriebenen Zielen und gesetzlichen Anforderungen der Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung wurde für die kommunale Wärmeplanung der Stadt Rochlitz ein strukturierter Beteiligungsprozess umgesetzt.

Den Ausgangspunkt der Beteiligungsstrategie bildete eine umfassende Umfeld-, Themen- und Stakeholderanalyse, die dazu diente, die relevanten Akteure sowie zentrale Fragestellungen und Herausforderungen für die Region zu identifizieren. Diese Analyse legte die Grundlage für eine zielgerichtete Kommunikation und eine passgenaue Einbindung der betroffenen Gruppen.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde ein individuell angepasstes Kommunikationskonzept entwickelt. Dieses Konzept definierte die wesentlichen Prämissen für die Öffentlichkeits- und Akteursbeteiligung, berücksichtigte spezifische Herausforderungen des Prozesses und enthielt eine strukturierte Abfolge an Maßnahmen zur Information und Mitwirkung.

Zur Gewährleistung einer konsistenten und einheitlichen Kommunikation wurde zudem ein FAQ-Dokument erarbeitet, das sowohl für die interne Abstimmung als auch für externe Anfragen genutzt wurde. Dieses Dokument diente als Basis für die Beantwortung häufig gestellter Fragen und trug dazu bei, eine klare und sachliche Informationsvermittlung sicherzustellen.

Ein zentrales Element der Öffentlichkeitskommunikation war die Erstellung einer speziellen Landingpage, die als Unterseite auf der Webseite der Stadt Rochlitz eingerichtet wurde. Diese Seite bietet Bürgerinnen und Bürgern die Möglichkeit, sich umfassend über die kommunale Wärmeplanung zu informieren, den aktuellen Bearbeitungsstand einzusehen und Antworten auf häufige Fragen zu finden. Ergänzend dazu wurden regelmäßige Veröffentlichungen im Amtsblatt bereitgestellt, um auch offline einen breiten Informationszugang zu gewährleisten.

Um zentrale Akteure frühzeitig in den Prozess einzubinden, fand am 25.04.2024 eine Auftaktveranstaltung statt, an dem 29 Akteure aus Kommunalpolitik und Versorgungsunternehmen, Wohnungsunternehmen sowie Immobilienbesitzer, Gewerbebetrieben und der Landwirtschaft teilnahmen. In diesem Rahmen wurden die Ziele der kommunalen Wärmeplanung vorgestellt und erste Diskussionen über Herausforderungen und Kooperationspotenziale geführt. Die Teilnehmenden erhielten zum Abschluss die Möglichkeit, ihre Fragen und Impulse in den Projektauftritt einzugeben.



Abbildung 7-1: Impression von der Auftaktveranstaltung am 25.04.2024 im Rathaus Rochlitz.

Zudem wurden Online-Treffen mit den Netzbetreibern (inetz GmbH, Mitnetz Strom mbH, EVR GmbH) organisiert, um Zwischenergebnisse zu besprechen und die technische Umsetzbarkeit geplanter Maßnahmen frühzeitig abzustimmen. So fand etwa im November 2024 eine gesonderte „Versorgerinfo“ statt, in deren Rahmen die genannten Netzbetreiber über die Fortschritte des Wärmeplanungsprozesses sowie die Ergebnisse aus Bestands-, Potenzial- und Zielszenarienanalyse in Kenntnis gesetzt wurden. Derartige Veranstaltungen dienen auch dazu, das Feedback der Netzbetreiber hinsichtlich der Auswirkungen der Wärmetransformation auf ihre Infrastrukturen einzuholen.

Um den Auftraggeber Große Kreisstadt Rochlitz über den Bearbeitungsfortschritt und zentrale Ergebnisse in Kenntnis zu setzen, fanden zudem im 4-Wochen-Rhythmus Jour fixe statt. Diese boten die Möglichkeit, das Feedback seitens der Kommune einzuholen und den Wärmeplanungsprozess iterativ an die kommunalen Bedürfnisse anzugleichen. Einige Jour fixe Termine fanden unter Beteiligung der SAENA statt, die als neutrales Organ den Planungsprozess begleitete. Ergänzt wurden die Jour fixe durch bilaterale (telefonische) Absprachen.

Ein wichtiger Meilenstein im Beteiligungsprozess war die Bürgerinformationsveranstaltung am 5. Dezember 2024, die in der Phase der Szenarioanalyse stattfand. Ziel war es, nicht nur über bereits entwickelte Konzepte zu informieren, sondern auch Raum für Anmerkungen und Anpassungen zu lassen, bevor abschließende Entscheidungen getroffen wurden. Die Veranstaltung bot Bürgerinnen und Bürgern die Möglichkeit, offene Fragen zu klären und ihre Perspektiven in den weiteren Planungsprozess einzubringen. In der abschließenden Fragerunde wurden zahlreiche Aspekte thematisiert, die die finanzielle, technische und strategische Ausrichtung der Wärmeversorgung betreffen. Diskutiert wurden unter anderem die Kosten und Fördermittel der Planung, die zukünftige Rolle von Wärmenetzen, die Auswirkungen auf die Gasinfrastruktur sowie Herausforderungen bei der Integration erneuerbarer Energien, insbesondere in denkmalgeschützten Gebäuden.



Abbildung 7-2: Impression von der Bürgerinformationsveranstaltung am 05.12.2024 im Bürgerhaus Rochlitz.

Durch diese abgestimmte Kombination aus gezielter Akteursbeteiligung und öffentlicher Kommunikation konnte eine hohe Transparenz im Planungsverfahren gewährleistet und eine breite Informationsbasis für die beteiligten Gruppen geschaffen werden.

8 Disclaimer: Stellungnahmen der Verteilnetzbetreiber

Konsistent zur wiederholten Erwähnung in den vorangegangenen Kapiteln ist die Erstellung eines Wärmeplans als ein iterativer Prozess zu verstehen. Parallel zu den Anforderungen der Kommune wird den Betreibern der Verteilnetzinfrastrukturen Strom und Gas sowie etwaigen Wärmenetzbetreibern die Möglichkeit eingeräumt, Hinweise zu den Berechnungen respektive abgeleiteten Schlussfolgerungen/Maßnahmen zu geben.

In diesem Zusammenhang besteht seitens WPG die Anforderung, den Planungsprozess mit einem hohen Maß an Transparenz durchzuführen. Daher sind nachfolgend die Kernaspekte aus den Stellungnahmen der jeweils betroffenen Netzbetreiber separat aufgeführt. Somit wird sichergestellt, dass der für die inhaltliche KWP-Durchführung verantwortliche Dienstleister KWP⁴ die ingenieurmäßigen Zusammenhänge zunächst gesetzeskonform erarbeitet. Anschließend werden die Hinweise der Verteil- und Wärmenetzbetreiber dem gegenübergestellt. Im letzten Schritt konsolidiert die planungsverantwortliche Stelle das qualitative und quantitative Planwerk und wägt die nächsten Schritte respektive Vorzugsoptionen ab.

8.1 Stellungnahme Betreiber Erdgasverteilstrom

Der verantwortliche Erdgasverteilstrombetreiber inetz GmbH übermittelte mit Stand 28.05.2025 folgende Stellungnahme zum Entwurf des Wärmeplans für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz:

Die KWP stellt aus Sicht von inetz einen entscheidenden Schritt dar, um den Wandel hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung strukturiert, technologieoffen, bezahlbar und resilient zu gestalten. Für Rochlitz bedeutet dies, zentrale infrastrukturelle Weichenstellungen zu treffen, die sowohl Versorgungssicherheit als auch wirtschaftliche und ökologische Nachhaltigkeit gewährleisten.

Vor diesem Hintergrund möchten wir betonen, dass das bestehende Gasverteilnetz eine tragende Säule der Energie- und Wärmeversorgung in Rochlitz darstellt. Die im Bericht enthaltenen Daten in der Bestandsanalyse zum Erdgasverteilnetz können wir als Netzbetreiber insgesamt bestätigen und heben hervor, dass die Wärmeversorgung der Verwaltungsgemeinschaft in erster Linie durch das Gasverteilnetz gedeckt wird (ca. 60 GWh/a bzw. ca. 50 %).

Von den betrachteten Zukunftsszenarien begrüßen wir ausdrücklich den technologieoffenen Ansatz und möchten betonen, dass wir das „Mix“-Szenario als grundsätzlich vorzugswürdig erachten. Es vereint verschiedene erneuerbare und klimafreundliche Technologien und ermöglicht zugleich die Integration von Wasserstoff als klimaneutraler Energieträger. Die Verfügbarkeit und Einbindung von Wasserstoff schafft dabei nicht nur neue Perspektiven für das bestehende Gasnetz, sondern trägt auch zur Versorgungssicherheit und Systemstabilität bei. Es ist anzumerken, dass hinsichtlich des konkreten technischen Fortschritts und der Preisentwicklung bei allen Versorgungsoptionen zum gegenwärtigen Zeitpunkt hohe Unsicherheiten bestehen. In den Szenarien der Tiefengeothermie und Elektrifizierung kommen hierzu unbezifferte, massive Investitionen in den Umbau der Energieversorgung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz hinzu. Das Szenario „Mix“ spiegelt nach unserer Einschätzung die hohe Bedeutung der Wasserstoffversorgung bei gleichzeitiger Integration sinnvoller Einzelkomponenten wie der Solarthermie wider.

Das von inetz betriebene Erdgasnetz in Rochlitz ist grundsätzlich wasserstofftauglich und kann im Zuge der Transformation der Energieversorgung technisch auf Wasserstoff umgestellt werden. Daher haben wir als Gasnetzbetreiber im Sinne einer zielgerichteten Weiterentwicklung der Infrastruktur einen Versorgungsvorschlag für Wasserstoffnetzgebiete in Anlehnung an § 18 Absatz 4 WPG im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung

eingereicht. Darauf aufbauend erarbeiten wir aktuell in Zusammenarbeit mit dem vorgelagerten Fernleitungsnetzbetreiber ein Umstellungskonzept für unser Transportleitungssystem, das Grundlage für die Versorgung und spätere Transformation des kommunalen Erdgasnetzes in Rochlitz ist. Allerdings sind wir nur im Falle einer Einteilung von Wasserstoffnetzgebieten im Zielbild der KWP in der Lage, für jene Gebiete einen Fahrplan gemäß der Festlegung „FAUNA“ der BNetzA zu entwickeln.

Gleichzeitig weisen wir darauf hin, dass gemäß den gesetzlichen Vorgaben jene Teile des Gasnetzes, die nicht in die Transformation überführt werden, mittelfristig – spätestens bis zum Jahr 2045 – stillzulegen sind. Dieser Stilllegungsprozess wird sich über mehrere Jahre erstrecken, weshalb im Fall der Nichttransformation erste Leitungsabschnitte bereits deutlich vor 2045 stillgelegt werden müssen. Diese Entscheidung hat weitreichende Auswirkungen auf die zukünftige Wärmeversorgung der Wohn- und Verwaltungsgebäude sowie der Wirtschaftsunternehmen in Rochlitz und sollte im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung frühzeitig berücksichtigt und abgestimmt werden. Angesichts der vorstehenden Argumentation empfehlen wir, im Rahmen des Zielbildes – bei entsprechender Eignung und Vorteilhaftigkeit – Wasserstoffnetzgebiete einzuteilen.

Als Gasnetzbetreiber verstehen wir uns als aktiver Partner der Stadt Rochlitz bei der Umsetzung der Wärmewende. Wir stehen bereit, die Transformation der Wärmeversorgung für die Stadt Rochlitz im Sinne einer bezahlbaren, sicheren und umweltverträglichen Energieversorgung mitzugestalten.

8.2 Stellungnahme Betreiber Stromverteilnetz

Der verantwortliche Stromverteilnetzbetreiber Mitnetz Strom mbH übermittelte mit Stand 12.05.2025 folgende Stellungnahme zum Entwurf des Wärmeplans für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz:

"Als Verteilnetzbetreiber Strom erhöht die Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom GmbH (MITNETZ Strom) die Netzanschlusskapazität ihrer Netze im Zuge der Dekarbonisierung laufend und in erheblichem Umfang. Gleichzeitig steigt aber vielerorts auch die Stromnachfrage der Netzkunden. Die freie Netzanschlusskapazität – die die Differenz zwischen der Maßzahl der Leistungsfähigkeit des Netzes und der Kundennachfrage bildet – ist daher keine statische Größe eines bestimmten Punktes im Verteilungsnetz. Sie unterliegt vielmehr dauernden Veränderungen und steht zudem in Wechselwirkung mit allen anderen Punkten im gleichen Netz. Daher kann sie nicht als zeitunabhängiger Zahlenwert angegeben werden. Aussagen hierzu können nur tagesaktuell getroffen werden und verweisen auf die Möglichkeit der tagesaktuellen Auskunft zur schnellen Netzanschlussprüfung (snap) unter (<https://snap.mitnetz-strom.de/>).

Informationen zu geplanten und genehmigten Vorhaben erhalten sie im Netzausbauplan (NAP) der Verteilnetzbetreiber (Regionalszenario). Dabei ist zu beachten, dass Bauvorhaben in Abhängigkeit vom Genehmigungszeitraum und Projektfortschritt Dritter stehen. Bei konkretem Bedarf können Informationen gesondert erfragt werden. Weiter verweist MITNETZ Strom auf das Netzportal der Verteilnetzbetreiber zur Veröffentlichung von Netzausbauplänen in der Mittel- und Hochspannungsebene, welches öffentlich zugänglich ist.

In Niederspannungsnetzen sind – im Regelfall mit kurzer Vorlaufzeit – laufend eine Vielzahl von Optimierungs-, Verstärkungs-, Erneuerungs- und Ausbaumaßnahmen vorgesehen. Da für alle gebäudebezogenen Anwendungen und damit auch für Wärmepumpen gem. Niederspannungsanschlussverordnung resp. Energiewirtschaftsgesetz eine Anschlusspflicht besteht, muss der Netzbetreiber einen hinreichenden Netzausbau unter Beachtung § 14a EnWG sicherstellen. Dieses sichern wir als Netzbetreiber jederzeit zu, so dass unsere Niederspannungsnetze für den Prozess der Kommunalen Wärmeplanung keinen Engpass darstellen. Es werden an dieser Stelle wegen der kurzen Vorlaufzeiten keine einzelnen, zweckdienlichen Baumaßnahmen angegeben. Diese können bei konkretem Bedarf gesondert angefragt werden."

8.3 Stellungnahme Betreiber Wärmenetz

Der verantwortliche Betreiber für das Rochlitzer Wärmenetz Energieversorgung Rochlitz GmbH (EVR) übermittelte mit Stand 03.06.2025 folgende Stellungnahme zum Entwurf des Wärmeplans für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz:

Es erscheint unschlüssig, dass der Hochlauf einer wasserstoffbasierten Wärmeversorgung in den bei der Zielszenarioanalyse gezeigten fünf-Jahresschritten stattfinden wird. In der technischen Praxis kann das Erdgasverteilstromnetz nur in sehr begrenztem Umfang Wasserstoffanteile aufnehmen. Die im Szenario 2 fortgeschriebenen Endenergiebedarfe müssten demzufolge ab einem tatsächlichen Umstellzeitpunkt (z.B. fiktiv 2035) einen abrupten Wechsel von Erdgas/Methan auf Wasserstoff zeigen - anstelle der linearen Übergänge.²⁴

²⁴ Eine Begründung für das Vorgehen findet sich im Kapitel 5. Im Kern ist zu konstatieren, dass zum Zeitpunkt der KWP-Erstellung der genaue Zeitpunkt für die Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff nicht definiert werden kann. Ebenso ist unklar, welche Leitungsabschnitte umgestellt werden. Um diese Unschärfe dennoch abbilden zu können, wurde sich für die Approximation über lineare Verläufe zwischen den Stützjahren im 5-Jahres-Rhythmus entschieden und dieses Vorgehen auch gegenüber dem Erdgasverteilstromnetzbetreiber kommuniziert.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Die kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz hatte die systematische Untersuchung der Wärmeversorgungsstruktur in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz zum Ziel. Die Gemeinden Königsfeld, Rochlitz, Seelitz und Zettlitz bilden das Untersuchungsgebiet. Im ersten Schritt erfolgte eine **Eignungsprüfung** für jede der vier Gemeinden. Diese diente der Entscheidungsfindung hinsichtlich der Durchführung einer verkürzten respektive vollständigen Wärmeplanung. Im Ergebnis war für die Gemeinden Rochlitz und Zettlitz eine vollständige Wärmeplanung notwendig. Ursächlich hierfür sind in Rochlitz vorrangig das bestehende Erdgas- und Wärmenetz, eine kompakte Kernstadt mit hohen Wärmebedarfsdichten und die in Form des Biomethan-BHKW vorhandene erneuerbare Wärmequelle. Auch in Zettlitz sind ein Erdgasverteilnetz sowie Biogasanlagen im Bestand verfügbar. Konträr dazu weisen Königsfeld und Seelitz eine stark ländliche Prägung mit dezentralen Versorgungsstrukturen auf. Leitungsgebundene Wärmeversorgungsinfrastruktur ist weder in Königsfeld noch Seelitz im Bestand verfügbar und auch in Zukunft aufgrund der Rahmenbedingungen als sehr unwahrscheinlich einzustufen. Dies führte zur Entscheidung über die Durchführung einer verkürzten Wärmeplanung in den zwei genannten Gemeinden. Die verkürzte Wärmeplanung stützt sich maßgeblich auf Modelldaten zu Wärmebedarfen und konzentriert auf dezentrale Wärmeversorgungsoptionen für die Zukunft.

Der Eignungsprüfung folgte der zweite Schritt in Gestalt der **Bestandsanalyse**. Hierzu wurden parallel zu den bereits existierenden Bestandsinfrastrukturen (Erdgasverteilnetz in Rochlitz/Zettlitz und Wärmenetz in Rochlitz) die Wärmebedarfe sowie EE-Anlagen zusammengetragen. Der Aufstellung der Wärme- und THG-Bilanz ging ein umfassender Abgleich von Modelldaten (DBI-Energieatlas) und realen Verbrauchsdaten (aggregierte und anonymisierte Gasverbräuche, Wärmenetzverbräuche sowie Strombedarfe für Wärmezwecke) voraus. Bei verfügbaren Realdaten wurden modellierte Daten durch die Realwerte ersetzt. Als Resultat ist zu konstatieren, dass Rochlitz aufgrund seiner Einwohnerzahl und damit Gebäudeanzahl mit 60 % den größten Anteil am gegenwärtigen Wärmebedarf in der Verwaltungsgemeinschaft besitzt. Das Wärmenetz in der Rochlitzer Kernstadt versorgt angeschlossene Endkunden mit rund 16 GWh/a. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass die Fernwärmeversorgung aufgrund des Biomethaneinsatzes bereits einen bilanziellen EE-Anteil von 40 % aufweist. Abseits des Wärmenetzes überwiegt in Rochlitz die erdgasbasierte Wärmeversorgung. Das Erdgasverteilnetz ist umfassend ausgebaut mit einer hohen Anschlussdichte. In Zettlitz besteht parallel zum Ortskern auch in den Ortsteilen Methau und Hermsdorf der Anschluss an das Mitteldruck- und Hochdruckerdgasnetz. Da in Zettlitz kein Wärmenetz verfügbar ist, werden nicht erdgasversorgte Gebäude über dezentrale Technologien (v.a. Ölheizung, Holz, Strom/Wärmepumpe) versorgt. Insgesamt verursacht Zettlitz 8 % des Wärmebedarfs in der Verwaltungsgemeinschaft. Königsfeld und Seelitz weisen konträr zu den vorgenannten Gemeinden eine stark ländliche Prägung auf mit vorwiegend Ein- und Zweifamilienhäusern. Insbesondere Seelitz besitzt zahlreiche räumlich verteilte Ortsteile. In den Gemeinden mit verkürzter Wärmeplanung überwiegen Ölheizungen, ergänzt um variierende Anteile Strom, Holz und zum Teil noch Kohle. Sie bewirken 13 % (Königsfeld) bzw. 19 % (Seelitz) Anteil am Wärmebedarf. Für die Verwaltungsgemeinschaft ist in Summe ein Gesamtwärmebedarf von rund 120 GWh/a (Nutzenergie) maßgeblich. Zur Bereitstellung der Nutzwärme werden knapp 130 GWh/a an Endenergie benötigt und 31.600 t CO₂-Äquivalente pro Jahr an Treibhausgasen emittiert. Damit liegt der pro-Kopf-CO₂-Ausstoß der Verwaltungsgemeinschaft etwas unterhalb des bundesdeutschen Durchschnitts.

Die aufgeführten Merkmale zur Gebäude- und Siedlungsstruktur übersetzen sich in geringe Wärmedichten unterhalb 175 MWh/(ha*a) im überwiegenden Anteil der Baublöcke von Königsfeld, Seelitz und Zettlitz. In Rochlitz ist bezogen auf die Kernstadt davon abweichend festzustellen, dass zahlreiche Baublöcke mittlere Wärmedichten größer 175 MWh/(ha*a) und hohe Wärmedichten größer 415 MWh/(ha*a) besitzen. In der Folge haben zentral gelegene Straßenabschnitte in Rochlitz Wärmeliniedichten über 1.500 kWh/(m*a), was die hohe Eignung für leitungsgebundene Wärmeversorgung (über Gas- und Wärmenetze) untermauert.

Im Anschluss an die Bestandsanalyse folgte die **Potenzialanalyse**. In dieser Planungsphase mussten einerseits die Potenziale zur Wärmebedarfsreduktion ermittelt werden. Andererseits erfolgte eine Gegenüberstellung dieser zukünftigen Wärmebedarfe zu den lokal vorhandenen Potenzialen erneuerbarer Energien. Die Prognose der Wärmebedarfe fußt auf intensiven Gesprächen mit kommunalen Vertretern und dem Betreiber des Fernwärmenetzes. Im Ergebnis wurde ein Degressionspfad von -1 % pro Jahr bezogen auf die Entwicklung des Nutzwärmebedarfs bis 2045 etabliert. Daher sind im Zieljahr noch rund 93 GWh/a Nutzwärme bereitzustellen. Analog zur gegenwärtigen Situation verursachen auch zukünftig die privaten Haushalte den überwiegenden Anteil (73 %) am Wärmebedarf. Ergänzend zu den bestehenden Anlagen erneuerbarer Energien existieren weitere EE-Potenziale in der Verwaltungsgemeinschaft. Konkret können auf Dachflächen wahlweise PV-Anlagen (insgesamt bis zu 99 GWh/a elektrisch) oder Solarkollektoren (insgesamt bis zu 364 GWh/a thermisch) errichtet werden. Allerdings sind im Kontext der Aufdachanlagen z.B. die Vorgaben des Denkmalschutzes ein mögliches Hemmnis. Solarthermische bzw. PV-Freiflächenanlagen bieten deutlich größere Potenziale, wurden nach Gesprächen mit der Kommune jedoch als nachrangig eingestuft. Ursächlich hierfür sind die zahlreichen Hürden, z.B. benötigte Netzinfrastrukturen (Wärmenetz/Stromnetz), Nutzungskonkurrenzen (Landwirtschaft vs. Energieproduktion) und bestehende Eigentumsverhältnisse für die identifizierten Freiflächen. Die Nutzung weiterer Abwärmepotenziale, z.B. aus den in Betrieb befindlichen Biogasanlagen in Zettlitz (in Summe rund 13,4 GWh/a thermisch), ist zu prüfen. Eine aus Sicht der Kommune attraktive erneuerbare Wärmequelle stellt die (tiefe) Geothermie dar. Für die Verwaltungsgemeinschaft sind nach einer indikativen Prüfung durchschnittliche geothermische Potenziale festzustellen. Eine Konkretisierung dieser Potenziale ist nur über weiterführende Untersuchungen, z.B. Explorationsbohrungen, möglich. Charakteristisch für Königsfeld ist zudem die Eignung für weitere Windkraftanlagen. Demnach konnten geeignete Flächen für insgesamt drei Stück mit je 5,5 MWel und einem Stromertrag bei durchschnittlichen Windverhältnissen von 37,9 GWh/a elektrisch identifiziert werden. Kommen neue stromerzeugende EE-Anlagen in Betracht, so ist zwingend die Rücksprache mit dem lokalen Stromverteilnetzbetreiber erforderlich. Nur so können Netzausbau und eine zunehmende EE-Stromerzeugung zueinander in Einklang gebracht werden. Mögliche Akzeptanzhindernisse waren indes mangels Quantifizierbarkeit kein Bestandteil der Potenzialanalyse.

Auf Basis der Erkenntnisse aus Eignungsprüfung, Bestands- und Potenzialanalyse erfolgte die **Zielszenarioanalyse**. Hierbei wurden verschiedene Entwicklungspfade für die Wärmeversorgung in der Verwaltungsgemeinschaft bis 2045 erarbeitet. Aus den Diskussionen gingen die drei Szenarien "Tiefengeothermie" (S1), "Mix" (S2) und "Strom" (S3) hervor. Im Einklang mit der Namensgebung verfolgt das Szenario eins einen Fokus auf Geothermie. Insbesondere das Rochlitzer Wärmenetz soll im Szenario perspektivisch mit Geothermiequellen versorgt werden. Auch in Zettlitz ist der Aufbau eines Geothermie-Wärmenetzes angedacht. Das Mixszenario verfolgt einen möglichst ausgewogenen Technologiemix. Hierbei wird neben Biomethan und Strom auch (erneuerbarer) Wasserstoff als Baustein für die künftige Wärmeversorgung in Rochlitz und Zettlitz gewertet. Das dritte Szenario basiert auf der Überlegung einer stark zunehmenden Elektrifizierung der Wärmeversorgung, z.B. über Wärmepumpen. Die drei Szenarien wurden mit den Bewertungsaspekten Treibhausgasminderung, Wärmegestehungskosten, Infrastruktur, Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit gegenübergestellt. Das Szenario eins ermöglicht perspektivisch die größte Treibhausgasminderung, ist allerdings auch mit hohen Realisierungsrisiken, langen Umsetzungszeiträumen und womöglich hohen Investitionskosten verknüpft. Das Szenario drei bewirkt aus kommunaler Perspektive die wahrscheinlich geringsten Wärmegestehungskosten, allerdings ist der Ausbaubedarf auf Stromnetzseite nicht bewertbar und daher nicht in die Berechnung inkludiert. Das Szenario zwei bildet über alle Kriterien hinweg das ausgewogenste Zielszenario. Es gewährleistet aufgrund des breiten Technologiemixes eine hohe Versorgungssicherheit, besitzt die zweitgrößte Treibhausgasminderung und setzt gezielt Anreize zur bedarfsgerechten Weiterentwicklung bestehender Netzinfrastrukturen. Daher erging seitens KWP⁴ die Empfehlung, das Szenario zwei (Mix) weiterzuverfolgen. Es diene demzufolge der Ausweisung möglicher Wärmeversorgungsgebiete. Königsfeld und Seelitz sind in der Folge über die gesamte Gemeindefläche für die dezentrale Versorgung vorgesehen.

In der Kernstadt Rochlitz ist der überwiegende Teil der Baublöcke bereits als Wärmenetz-Bestandsgebiet definiert. Die wenigen innerstädtisch nicht erschlossenen Baublöcke wurden als Wärmenetz-Verdichtungsgebiet ab 2030 markiert. Wärmenetz-Ausbaugebiete finden sich ab 2035 östlich der Bahnstrecke Rochlitz – Wechselburg – Glauchau im südlichen Bereich der Kernstadt sowie im Gebiet zwischen Lindenallee/B175 und Uferstraße. Der Stadtteil Noßwitz sowie die südlich der Zwickauer Mulde gelegenen Bereiche wurden als Wasserstoffnetzgebiete ab 2040 identifiziert. Ebenso sind in der Gemeinde Zettlitz neben dem Ortskern auch die Ortsteile Methau und Hermsdorf bereits über moderne Erdgasverteilinfrastrukturen erschlossen. Die Neuerrichtung einer parallelen Wärmenetzinfrastruktur wurde als technisch unnötig und wirtschaftlich herausfordernd eingestuft. Demzufolge sind die benannten Ortsteile ebenfalls als Wasserstoffnetzgebiete ab 2040 eingeteilt. Die übrigen Zettlitzer Ortsteile sind als Gebiete für die dezentrale Versorgung vorgesehen.

Die ingenieurseitigen Arbeiten und Analysen der diskutierten Einzelaspekte mündeten final in der **Umsetzungsstrategie**. Ziel dieser Phase des kommunalen Wärmeplans war es, prioritäre Maßnahmen und Handlungsfelder zum bezahlbaren, klimafreundlichen und versorgungssicheren Umbau der Wärmeversorgung abzuleiten. Als unabhängiger Ingenieurdienstleister empfiehlt KWP⁴ zunächst die zeitnahe Fokussierung auf das Rochlitzer Wärmenetz. Konkret bietet sich eine Machbarkeitsstudie zur Transformation des Wärmenetzes gemäß Bundesprogramm effiziente Wärmenetze (BEW) an. Diese Machbarkeitsstudie bildet die Grundlage für eine Förderung zukünftiger investiver Maßnahmen am Netz (z.B. Umbau der Wärmeerzeugung, Netzausbau) und auch die laufenden Betriebskosten. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie ist es unabdingbar, weitere Abnehmer über die Durchführung einer Befragung zu identifizieren. Ebenso liegt ein deutlich stärkerer Fokus auf der detaillierten Analyse der Netzauslegung, einer Wirtschaftlichkeitsrechnung und rechtlich-regulatorischen Rahmenbedingungen.

Weiterhin gilt als wahrscheinlich, dass in Zukunft eine anteilige Elektrifizierung der bisherigen Wärmeversorgung stattfindet. Das kann sich etwa in der Installation neuer Wärmepumpen widerspiegeln. Darüber hinaus ist der Zubau neuer EE-Stromerzeugungsanlagen an die verfügbaren Netzkapazitäten geknüpft. Daher ist empfehlenswert, auf Basis der indikativen Erkenntnisse aus dem kommunalen Wärmeplan den Austausch mit dem hiesigen Stromverteilnetzbetreiber zu intensivieren. Ziel sollte sein, nötige Verstärkungsmaßnahmen bzw. Ausbauvorhaben am Stromverteilnetz frühzeitig zu definieren und einen zwischen Kommune, Bedarfsträgern und Netzbetreiber konsistenten Fahrplan abzuleiten.

In diesem Kontext ist ebenso ratsam, proaktiv die Errichtung weiterer EE-Anlagen zu prüfen und voranzutreiben. Besonders lohnend erscheint die Errichtung weiterer Windkraftanlagen im Norden von Königsfeld, nahe der Gemeindegrenze. Hier ist einerseits ein hinreichender Abstand zu Siedlungsgebieten gewährleistet und andererseits kann mit wenigen Anlagen ein zusätzlicher erneuerbarer Stromertrag von bis zu 37,9 GWh/a generiert werden. Im Vergleich zu PV-Aufdachanlagen ist somit eine bedeutend geringere Anlagenzahl erforderlich und bestimmte Hemmnisse, wie etwa der Denkmalschutz, sind nicht relevant. Um die Akzeptanz für derartige Vorhaben zu erhöhen, bietet sich die Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger an den finanziellen Erträgen der Windparks an. Darüber hinaus ist zum Zweck der direkten erneuerbaren Wärmeerzeugung ein Weiterbetrieb des bestehenden BHKW in Rochlitz essenziell. Langfristige Lieferverträge für das benötigte Biomethan bilden dafür eine Grundvoraussetzung.

Um die zukünftige erneuerbare Wärmebereitstellung weiter zu diversifizieren, kann gleichlautend zu den Wünschen der Kommune die Geothermie einen wichtigen Baustein im Erzeugungsmix darstellen. Da die erzielbare Wärmemenge jedoch zum Kenntnisstand der KWP mit hohen Unsicherheiten behaftet ist, bietet sich eine Machbarkeitsuntersuchung inklusive Probebohrungen bzw. Flächenanalysen an. Anhand der Ergebnisse und regionalen Verteilung der Potenziale ist die Einbindbarkeit in die bestehende Wärmenetzstruktur besser abschätzbar.

Parallel zu den analytischen Arbeiten der KWP wurde fortlaufend die **Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung** gewährleistet. Am 25.04.2024 fand eine Auftaktveranstaltung in Rochlitz statt. Es wurde ebenso eine Unterseite auf der Webseite der Stadt Rochlitz eingerichtet und die wichtigsten Erkenntnisse aus den KWP-Phasen in Form von Informationsblättern zur Verfügung gestellt. Am 05.12.2024 bestand für Gebäudeeigentümer/Vermieter, Mieter, kommunale Vertreter und weitere Interessenten im Rahmen einer Bürgerinformationsveranstaltung die Möglichkeit, Fragen und Anregungen zur KWP abzugeben. Die Betreiber der Netzinfrastrukturen Wärme, Strom und Gas wurden bedarfsgerecht in den Prozess des Wärmeplans eingebunden.

Literaturverzeichnis

- [1] *Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist: Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), 2021.* [Online]. Verfügbar unter:
http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl121059.pdf
- [2] *Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes, 13.06.23.*
- [3] Umweltbundesamt, Hg., "Erneuerbare Energien in Deutschland: Daten zur Entwicklung im Jahr 2024", Dessau-Roßlau, März 2025. [Online]. Verfügbar unter:
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/hgp_erneuerbareenergien_2024.pdf. Zugriff am: 27. Mai 2025.
- [4] "Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze: Wärmeplanungsgesetz (WPG)" in *Bundesgesetzblatt, 2023.*
- [5] "Gesetz zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes, zur Änderung des Bürgerlichen Gesetzbuches, zur Änderung der Verordnung über Heizkostenabrechnung, zur Änderung der Betriebskostenverordnung und zur Änderung der Kehr- und Überprüfungsordnung: Gebäudeenergiegesetz (GEG)" in *Bundesgesetzblatt, 2023.*
- [6] Sachsen, Statistisches Landesamt des Freistaates, *Bevölkerungsstand, Einwohnerzahlen: Eckdaten für Sachsen.* [Online]. Verfügbar unter: <https://www.statistik.sachsen.de/html/bevoelkerungsstand-einwohner.html> (Zugriff am: 4. März 2025).
- [7] Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, *Digitale Geodaten.* [Online]. Verfügbar unter:
<https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitale-geodaten.html>.
- [8] J. Spreer, "Datenbeistellung zum Fernwärmenetz Rochlitz: Verbrauchsdaten und Trassenverläufe", Rochlitz, 26. Juni 2024.
- [9] E. Schuhmann, "Datenbeistellung zum Erdgasverteilnetz in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz: Verbrauchsdaten und Trassenverläufe", Chemnitz, 7. Mai 2024.
- [10] ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH *et al., Hg., "Leitfaden Wärmeplanung: Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche",* Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin, Juni 2024.
- [11] Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Hg., "Ergebnisse des Zensus 2022: Bevölkerung", Wiesbaden, 22. Aug. 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.zensus2022.de/DE/Ergebnisse-des-Zensus/_inhalt.html. Zugriff am: 4. März 2025.
- [12] Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Hg., "Ergebnisse des Zensus 2022: Gebäude- und Wohnungszählung", Wiesbaden, 22. Aug. 2024. [Online]. Verfügbar unter:
https://www.zensus2022.de/DE/Ergebnisse-des-Zensus/_inhalt.html. Zugriff am: 4. März 2025.
- [13] OpenStreetMap Foundation, *OpenStreetMap - Deutschland.* [Online]. Verfügbar unter:
<https://www.openstreetmap.de/>.
- [14] Planungsverband Region Chemnitz, Hg., "Raumordnungsplan Wind: Ausschlussgebiete und Suchraum", Zwickau, Jan. 2024.
- [15] *DBI GIS-Datenbank.* Leipzig, 2025.

- [16] Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH, Hg., "Datenbeistellung zum Stromverteilnetz", Kabelsketal, 11. Juli 2024.
- [17] Bundesnetzagentur, Hg., "Marktstammdatenregister: Einheiten und Anlagen", Bonn, 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.marktstammdatenregister.de/>.
- [18] "Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung: Energiewirtschaftsgesetz - EnWG" in *Bundesgesetzblatt*, 2005. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/EnWG.pdf
- [19] "Verordnung über das zentrale elektronische Verzeichnis energiewirtschaftlicher Daten: Marktstammdatenregisterverordnung - MaStRV" in *Bundesgesetzblatt*, 2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/mastrv/MaStRV.pdf>
- [20] "Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien: Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023" in *Bundesgesetzblatt*, 2014. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/EEG_2023.pdf
- [21] "Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung: Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz - KWKG" in *Bundesgesetzblatt*, 2015. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/kwkg_2016/KWKG_2025.pdf
- [22] Umweltbundesamt, *Klima | Energie - Die Treibhausgase*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase> (Zugriff am: 10. Juli 2024).
- [23] Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Hg., "Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen", Darmstadt, 10. März 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.iwu.de/fileadmin/tools/kea/kea.pdf>.
- [24] M. Peters, B. Bartenstein, H. Hebisch, C. Kaiser und F. Anders, *Technikkatalog zur Kommunalen Wärmeplanung - Emissionsfaktoren CO₂ von 2020 bis 2040: Version 1.1*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/kommunale-waermeplanung/einfuehrung-in-den-technikkatalog>.
- [25] C. Quaas, "Ergänzende Informationen zum Wärmenetz Rochlitz im Rahmen des vierten Jour fixes", mündlich, Aug. 2024.
- [26] Energieversorgung Rochlitz GmbH, *Fernwärme für Rochlitz: Erzeugung - das Heizwerk*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.fernwaerme-rochlitz.de/de/fernwaerme-fuer-rochlitz/erzeugung> (Zugriff am: 10. Juni 2025).
- [27] Umweltbundesamt, Hg., "Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch: auf Basis UBA, AGEE-Stat: "Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland" (Stand 02/2025)", Dessau-Roßlau, Feb. 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>.
- [28] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Hg., *Leitfaden Biogas: Von der Gewinnung zur Nutzung*, 7. Aufl. Rostock: Druckerei Weidner, 2016.
- [29] H. Wirth, "Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland", Freiburg, 9. Apr. 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf&ved=2ahUKEwjloomquOaNAXL2wIHHR_EPScQFnoECBcQAQ&usq=AOvVaw25-l8qfM9oCD_RAgI8VGUU. Zugriff am: 10. Juni 2025.

- [30] S. Zickgraf, "Bescheinigung über die energetische Bewertung der Fernwärme nach FW 309-6 (Stand 06/16) der Fernwärmeversorgung Rochlitz der Energieversorgung Rochlitz GmbH", Ludwigshafen, 4. Juni 2018.
- [31] Umweltbundesamt, *Kohlendioxid-Emissionen im Bedarfsfeld „Wohnen“*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/kohlendioxid-emissionen-im-bedarfsfeld-wohnen> (Zugriff am: 14. Mai 2025).
- [32] P. Heinrich, N. Steyer, T. Wenzel, F. Lehnert, E. Grube und M. Bleidiebel, "DBI-Ansatz zur Modellierung von Wärmebedarfen" Forschungsbericht, Leipzig. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dbi-gruppe.de/wp-content/uploads/2024/02/waermebedarf_zukunft.pdf. Zugriff am: 5. August 2024.
- [33] J. Amme, "Der Photovoltaik- und Windflächenrechner - Geodaten Potenzialflächen" Version v1.0, 2022.
- [34] Deutscher Wetterdienst, *Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Leistungen - Open Data Bereich des Climate Data Center*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/cdc/climate-data-center.html> (Zugriff am: 19. Mai 2025).
- [35] C. Quaas, "Verbrauchsstatistik zur Fernwärmeversorgung Rochlitz: Auswertung für die Jahre 2016 bis 2024", Rochlitz, 7. Jan. 2025.
- [36] *Solare Deckungsrate*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.heizung.de/lexikon/solare-deckungsrate.html> (Zugriff am: 14. Mai 2025).
- [37] P. Adler, E. Billig, A. Brosowski, J. Daniel-Gromke, I. Falke und E. Fischer, Hg., *Leitfaden Biogasaufbereitung und -einspeisung*, 5. Aufl. Gülzow-Prüzen: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 2014. [Online]. Verfügbar unter: <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb16/868893196.pdf>
- [38] Bundesverband Geothermie, *Wärmeleitfähigkeit*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/w/waermeleitfaehigkeit> (Zugriff am: 14. Mai 2025).
- [39] R.-D. Rogler, "Wärmeleitfähigkeit verschiedener Bettungsmaterialien erdverlegter Stromtrassen und ihre Wirkung auf den Nennstrom", Dresden, 2018. [Online]. Verfügbar unter: https://www2.htw-dresden.de/~rogler/free/IRO_2018.pdf. Zugriff am: 14. Mai 2025.
- [40] Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, *Geothermieatlas Sachsen*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.geologie.sachsen.de/geothermieatlas-13914.html>. (Zugriff am: 14. Mai 2025).
- [41] Historischer Bergbau Seelitz e. V., *Bergbau am "Vogelsang" bei Seelitz*. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.bergbau-seelitz.de/> (Zugriff am: 10. Juni 2025).
- [42] C. Quaas, "Datensatz zu den Leitplanken im künftigen Energiemix der Fernwärmebereitstellung Rochlitz", Rochlitz, 27. Jan. 2025.
- [43] M. Peters, B. Bartenstein, H. Hebisch, C. Kaiser und F. Anders, "Kommunale Wärmeplanung: Einführung in den Technikkatalog: Version 1.1", Stuttgart, Juni 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Wissensportal/KEA-BW_Einfuehrung_Technikkatalog.pdf. Zugriff am: 6. Juni 2025.
- [44] M. Peters, B. Bartenstein, H. Hebisch, C. Kaiser und F. Anders, *Technikkatalog zur Kommunalen Wärmeplanung: Version 1.1*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/kommunale-waermeplanung/einfuehrung-in-den-technikkatalog>.
- [45] *Agorameter: Version 4.0*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/daten-tools/agorameter/live/chart/power_generation/01.06.2025/04.06.2025/hourly (Zugriff am: 6. Juni 2025).

- [46] S. Lüers, A.-K. Wallasch und M. Heyken, "Kostensituation der Windenergie an Land - Stand 2024", Varel, Stuttgart, Hannover, 1. Okt. 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/eeg-eb-wal-kostensituation-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=8. Zugriff am: 6. Juni 2025.
- [47] J. Knies, P. Heinrich, N. Steyer, Y. E. Gerling und T. Schwarz, "Ein ArcGIS-Pro-Modell zur Ermittlung von Eignungsbereichen für Wärmeversorgungsoptionen am Beispiel der Stadt Bremen", Bremen, 2024.
- [48] M. Bui *et al.*, "Carbon capture and storage (CCS): the way forward", *Energy Environ. Sci.*, Jg. 11, Nr. 5, S. 1062–1176, 2018, doi: 10.1039/c7ee02342a.
- [49] N. Lauckner, "Versorgungsvorschlag zur zukünftigen Gasversorgung in der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz", Chemnitz, 28. Nov. 2024.
- [50] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Hg., "Lokale Versorgung mit Wasserstoff: Zum Beitrag von Wasserstoff in einer klimaneutralen Energiezukunft", Bonn, März 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/lokale-versorgung-wasserstoff-dvgw-2025.pdf>. Zugriff am: 15. Mai 2025.
- [51] N. Langreder, F. Lettow, M. Sahnoun, S. Kreidelmeyer, A. Wünsch und S. e. a. Lengning, "Technikkatalog Wärmeplanung: Version 1.1", Aug. 2024.

Anhang

Anhang 1:	Ergebnis der Eignungsprüfung für die vier Gemeinden der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.	C
Anhang 2:	Anteiliger Heizungsbestand in der Verwaltungsgemeinschaft (Bezugsgröße: Gebäudeanzahl).	D
Anhang 3:	Regionale Verteilung der Baualtersklassen von Gebäuden mit Wohnraum anhand Zensus 2022 (1 km Gitter) [12]	D
Anhang 4:	Angenommene Wirkungsgrade/Jahresarbeitszahlen für Bestands- u. Potenzialanalyse [10, 43, 50] ...	E
Anhang 5:	Standorte von Großverbrauchern mit Wärmebedarfen (Nutzenergie) größer 1 GWh/a.	E
Anhang 6:	Bewertungsmatrix mit ausführlicher verbaler Begründung der Bewertung je Zielszenario.	F
Anhang 7:	Verknüpfung der Kategorien zur Eignung eines Teilgebiets für Wärmenetze [10].	G
Anhang 8:	Verknüpfung der Kategorien zur Eignung eines Teilgebiets für Wasserstoffnetze [10].	G
Anhang 9:	Annahmen zur Entwicklung des Wasserstoff-Herkunftsmixes bis 2045.	G
Anhang 10:	Übersicht zu den angenommenen THG-Emissionsfaktoren bis 2045 (Wärmeerzeugung).	H
Anhang 11:	Übersicht zu den angenommenen THG-Emissionsfaktoren bis 2045 (Stromerzeugung).	I
Anhang 12:	Deckung des Fernwärmebedarfs im Zielszenario 1, Rochlitz & Zettlitz.	J
Anhang 11:	Deckung des Fernwärmebedarfs im Zielszenario 2, Rochlitz.	K
Anhang 14:	Deckung des Fernwärmebedarfs im Zielszenario 3, Rochlitz.	K
Anhang 15:	Entwicklung Nutzwärmebedarf im Zielszenario 1 exklusive Fernwärme, Rochlitz.	L
Anhang 16:	Nutzwärmebedarf der gesamten Verwaltungsgemeinschaft, Zielszenario 1.	M
Anhang 17:	Entwicklung Nutzwärmebedarf im Zielszenario 2, inklusive anteiliger Fernwärme, Rochlitz.	N
Anhang 18:	Nutzwärmebedarf der gesamten Verwaltungsgemeinschaft, Zielszenario 2.	O
Anhang 19:	Entwicklung Nutzwärmebedarf im Zielszenario 3, exklusive Fernwärme, Rochlitz.	P
Anhang 20:	Nutzwärmebedarf der gesamten Verwaltungsgemeinschaft, Zielszenario 3.	Q
Anhang 21:	Entwicklung Endenergiebedarf im Zielszenario 1, alle Energieträger (Fernwärme ist anteilig aus den aufgeführten Energieträgern gedeckt), alle Gemeinden.	R
Anhang 22:	Entwicklung Endenergiebedarf im Zielszenario 2, alle Energieträger (Fernwärme ist anteilig aus den aufgeführten Energieträgern gedeckt), alle Gemeinden.	T
Anhang 23:	Entwicklung Endenergiebedarf im Zielszenario 3, alle Energieträger (Fernwärme ist anteilig aus den aufgeführten Energieträgern gedeckt), alle Gemeinden.	V

Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

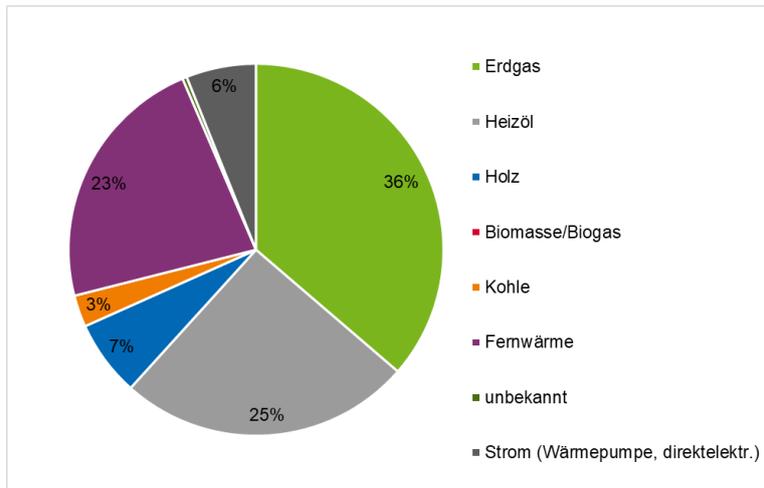
Anhang 1:

Ergebnis der Eignungsprüfung für die vier Gemeinden der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz.

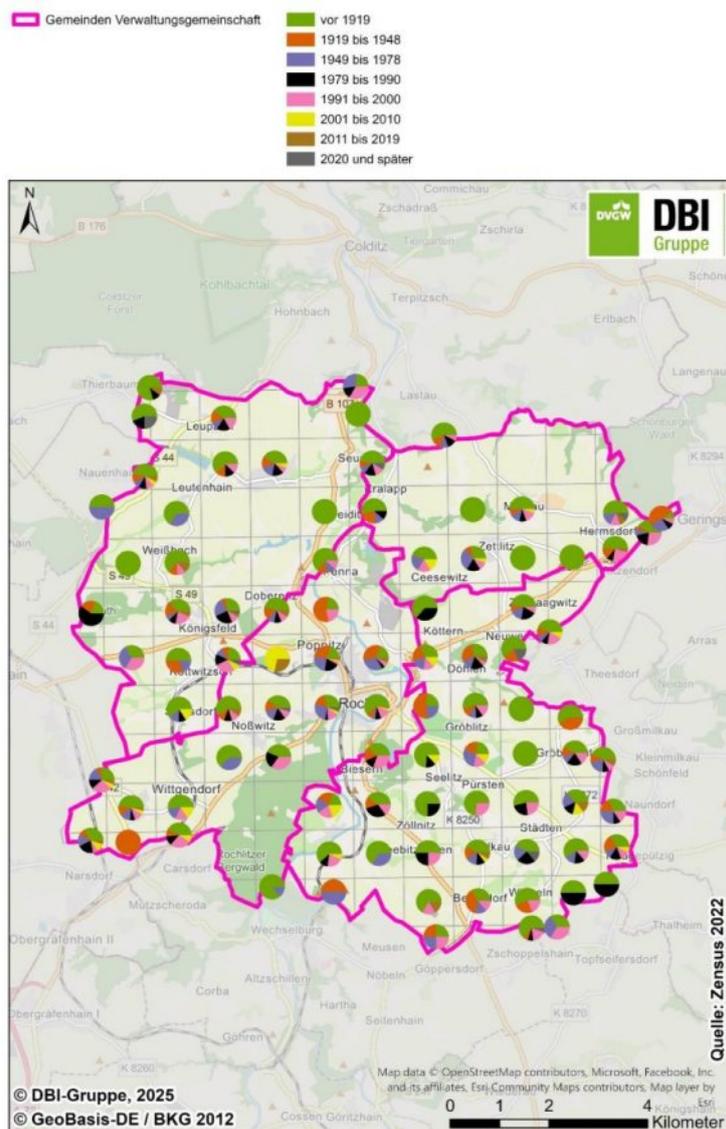
Teilgebiet		Königsfeld	Rochlitz	Seelitz	Zettlitz	Quelle
leitungsgebundene Infrastrukturen (Bestand)	Erdgasnetze vorh.?	nein	ja	nein	ja	inez
	Wärmernetz vorh.?	nein	ja	nein	nein	EVR
leitungsgebundene Infrastrukturen (Zukunft)	H ₂ -Netz geplant?	eher nein	eher ja	eher nein	eher ja	inez
	H ₂ -Versorgung durch übergeordnete Netzebenen mögl.?	unklar	unklar	unklar	unklar	inez
Siedlungsstruktur	H ₂ -Versorgung durch dezentrale Erzeugung (Elektrolyse)	eher nein	eher nein	eher nein	eher nein	Potenziale für Wind und PV limitiert
	Fläche in qm	28.020.748	24.054.812	31.248.499	15.669.425	BKG
	Hauptflächennutzung	Agrarflächen, Weide	Agrarflächen, Wald	Agrarflächen, Weide	Agrarflächen, Weide	BKG, OSM
	Anteil Wohn- an Gesamtlf.	6%	10%	6%	5%	berechnet
	Einwohner (2020)	1.379	5.658	1.669	668	BKG
Industrie	EW je km ²	49,2	235,2	53,4	42,6	berechnet
	Industriegebiete(e)	ja	ja	nein	nein	BKG, OSM
	Ankerkunden	Baustoffwerke?	Großbäckerei Stölzel	keine	keine	Stadt, DBI-Datenbank
Potenziale erneuerbarer Energien/Abwärme	Plangebiete für Wind/PV vorhanden?	Wind	keine	keine	keine	Stadt, ROPW
	sonstige relevante EE-Wärmequellen (Biomasse, Kläranlage, Geothermie)	keine (Geothermie?)	Kläranlage	Bergwerk, Grubenwasser?	keine (Geothermie?)	Regionaleplan, DBI-Datenbank, TUBAF
	hebbare Abwärmequellen (z.B. Industrie) vorhanden?	keine	Industrie/GHD?	keine	Agrarbetrieb?	Stadt, Eigenrecherche
	bestehende Wärmeversorgung bereits überw. (>75%) EE?	nein	nein	nein	nein	Stadt, Eigenrecherche
Gebäude u. Wohnbebauung	Anzahl Gebäude bzw. Adresspunkte	541	1.738	739	292	DBI-Datenbank
	Wohngebäude/private Haushalte	484	1.291	622	248	Zensus 2022
	Anteil 1 Wohnung	82%	59%	77%	82%	berechnet
	Anteil 2 Wohnungen	14%	12%	18%	13%	berechnet
	Anteil / mehr als 2 Wohnungen	4%	30%	5%	5%	berechnet
	Prägung / räumliche Verteilung	eher dezentral	zentral/kompakt	stark dezentral	eher dezentral	DBI-Datenbank
Wärmelichte (modelliert, Status quo)	Altersstruktur Gebäude / Sanierungsstatus	67 % vor 1979	74 % vor 1979	70 % vor 1979	72 % vor 1979	Zensus 2022
	Wärmebedarfsdichte (mittleres Wetterjahr) in MW/ha ^a	61,7	162,0	55,5	71,1	berechnet
Fazit verkürzte Wärmeplanung		kein techn. Potenzial	Wärmernetz in Neubaugebiet	kein techn. Potenzial	Wärmernetz in Neubaugebiet	berechnet, BMWK Leitfadens KWP
		ja	nein	ja	nein	
Begründung		- kein Gasnetz vorh. - kein Wärmernetz - H ₂ -Netz unwahrsch. - überwiegend EFH/ZFH - dezentrale Wohnbebauung - W-Dichte <70 MW/ha ^a	- Gasnetz vorh. - Wärmernetz vorh. - H ₂ -Netz möglich - ggf. Abwärme/EE-Wärme - höchster Anteil MFH/Wohnblöcke - kompakte Wohnbebauung - W-Dichte > 70 MW/ha ^a	- kein Gasnetz vorh. - kein Wärmernetz - H ₂ -Netz unwahrsch. - höchster Anteil EFH/ZFH in VG - stark dezentrale Wohnbebauung - W-Dichte <70 MW/ha ^a	- Gasnetz vorh. - kein Wärmernetz - H ₂ -Netz möglich - Agrarbetriebe, BGA - dezentrale Wohnbebauung - W-Dichte >70 MW/ha ^a	
wenn verkürzte Planung: inklusive oder exklusive vereinf. Bestandsanalyse?		inklusive	-	inklusive	-	

Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

Anhang 2: Anteiliger Heizungsbestand in der Verwaltungsgemeinschaft (Bezugsgröße: Gebäudeanzahl).



Anhang 3: Regionale Verteilung der Baualtersklassen von Gebäuden mit Wohnraum anhand Zensus 2022 (1 km Gitter) [12].

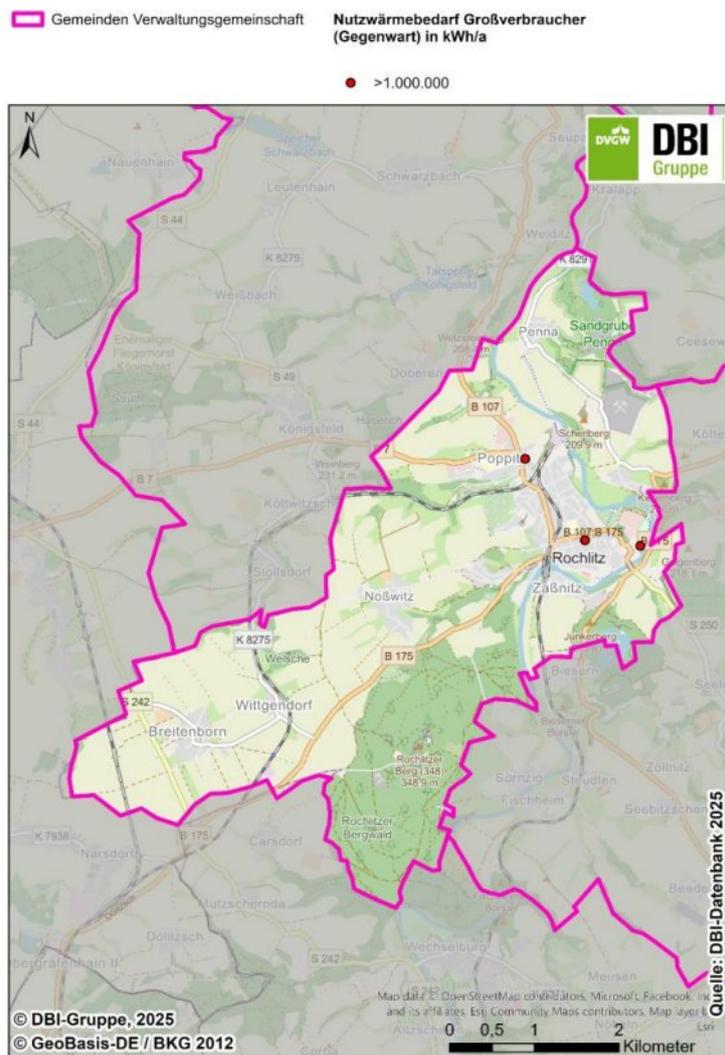


Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

Anhang 4: Angenommene Wirkungsgrade/Jahresarbeitszahlen für Bestands- u. Potenzialanalyse [10, 44, 51]

Energieträger/Technologie	Wirkungsgrad / Jahresarbeitszahl
Öl	0,93
Holz (Hackschnitzel)	0,94
Biomasse (Pellet)	0,85
Wärmepumpe	3,05
Strom (Direktheizung)	1,00
Kohle	0,80
unbekannt	0,75
Gas	0,95
Fernwärme (Mix)	0,78
Tiefengeothermie	1,00
Biomethan KWK-Anlage	0,85
Aufdach Solarthermie	0,45
H ₂ KWK-Anlage	1,00
H ₂ Therme	0,99
Elektroheizung	1,00

Anhang 5: Standorte von Großverbrauchern mit Wärmebedarfen (Nutzenergie) größer 1 GWh/a.



Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

Anhang 6: Bewertungsmatrix mit ausführlicher verbaler Begründung der Bewertung je Zielszenario.

Kategorie	Einheit	Zielszenario 1	Zielszenario 2	Zielszenario 3
		Tiefengeothermie	Mix	Strom
Treibhausgasminderung	[% im Vergleich zum Status quo]	-93%	-91%	-85%
Wärmegestehungskosten	[ct/kWh]	<ul style="list-style-type: none"> Vergleichbare Wärmegestehungskosten mit Zielszenario 2 (im Rahmen der definierten Betrachtung)* Großer Anteil der Investitionskosten entfällt auf eine Technologie (Tiefengeothermie) Großer Anteil der Investitionskosten durch öffentliche/gewerbliche Eigentümer zu erbringen 	<ul style="list-style-type: none"> Vergleichbare Wärmegestehungskosten mit Zielszenario 1 (im Rahmen der definierten Betrachtung) Die Investitionskosten verteilen sich auf verschiedene Technologien Ausgeglichener Anteil der zu erbringenden Investitionskosten zwischen öffentlichen/gewerblichen Eigentümern und privaten Eigentümern 	<ul style="list-style-type: none"> Geringste Wärmegestehungskosten (im Rahmen der definierten Betrachtung)* Großteil der Investitionskosten entfällt auf zwei Technologien (Wärmepumpe und Elektroheizung) Größter Anteil der Investitionskosten durch private Eigentümer zu erbringen
Infrastrukturen (Anpassungs- bzw. Ausbaubedarf)	-	<ul style="list-style-type: none"> hoher Ausbaubedarf Wärmenetz Rochlitz Erichtungsbedarf Wärmenetz Zettlitz unnötiger Aufbau von Parallelinfrastrukturen (Gas-Wärmenetz Zettlitz) niedriger bis moderater Ausbaubedarf Stromverteilnetz 	<ul style="list-style-type: none"> mittlerer Ausbaubedarf Wärmenetz Rochlitz Umstellbedarf Erdgasverteilnetz auf Wasserstoff in Rochlitz & Zettlitz moderater Ausbaubedarf Stromverteilnetz 	<ul style="list-style-type: none"> kein Ausbaubedarf Wärmenetz Rochlitz hoher Ausbaubedarf Stromverteilnetz in allen Gemeinden
Realisierungsrisiko (technisch, finanziell, regulatorisch)	-	<ul style="list-style-type: none"> hohes finanzielles Risiko für Erschließung Tiefengeothermie (fehlgeschlagene Probebohrungen etc.) hohes technisches Risiko für Ergiebigkeit Geothermievorkommen 	<ul style="list-style-type: none"> mittleres Risiko zur technischen Umstellung der Erdgasverteilnetze auf Wasserstoff bezogen auf Einzeltechnologien jeweils moderates finanzielles Risiko, da Alternativen verfügbar für Gesamtsystem geringe technische/regulatorische Risiken, da breiter Technologiemix 	<ul style="list-style-type: none"> mittleres bis hohes finanzielles Risiko für Verbraucher infolge der Umverteilung der Ausbaukosten für das Stromverteilnetz auf Endkunden (Netznutzer) hohes technisches Risiko, dass benötigter Stromnetzausbau nicht in benötigten Zeiträumen erfolgt unklare zukünftige Regulatorik bezgl. Netzentgelten
Versorgungssicherheit	-	<ul style="list-style-type: none"> Versorgungssicherheit ggf. stark eingeschränkt, wenn Exploration Tiefengeothermie und Ausbau Wärmenetze nicht fristgerecht oder in benötigtem Umfang erfolgen 	<ul style="list-style-type: none"> breiter Technologiemix erhöht Resilienz der Wärmeversorgung (Diversifikation) hoher Anteil grundlastfähiger Technologien (z.B. H₂-KWK, Biomethan) 	<ul style="list-style-type: none"> Versorgungssicherheit ggf. stark eingeschränkt, wenn Stromverteilnetze Anforderungen nicht gerecht werden hohe Abhängigkeit von nicht grundlastfähigen EE-Anlagen vor Ort (Winterversorgung nur über signifikante Speicher- respektive Netzkapazitäten sichergestellt)
Gesamtfazit	-	<ul style="list-style-type: none"> hohe THG-Minderung bei erfolgreicher Umsetzung mittleres Kostenniveau Wärmegestehung hohes Risikoniveau für Realisierung u. Versorgungssicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> hohe THG-Minderung bei erfolgreicher Umsetzung mittleres Kostenniveau Wärmegestehung gerines Risikoniveau für Realisierung u. Versorgungssicherheit, breit diversifizierter Technologiemix 	<ul style="list-style-type: none"> mittlere THG-Minderung bei erfolgreicher Umsetzung geringes Kostenniveau Wärmegestehung hohes Risikoniveau für Realisierung u. Versorgungssicherheit, verbraucherseitige Kosten

Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

Anhang 7: Verknüpfung der Kategorien zur Eignung eines Teilgebiets für Wärmenetze [10].

Intervall Wärmedichte in MWh/(ha*a)	Kategorie Leitfaden Wärmeplanung (BMWK)	Kategorie WPG
<70	Kein technisches Potenzial	sehr wahrscheinlich ungeeignet
70 - 175	Wärmenetze in Neubaugebieten	wahrscheinlich ungeeignet
175 - 415	Niedertemperaturnetze im Bestand	wahrscheinlich geeignet
415 – 1.050	Konventionelle Wärmenetze im Bestand	wahrscheinlich geeignet
>1.050	Sehr hohe Wärmenetzeignung	sehr wahrscheinlich geeignet

Anhang 8: Verknüpfung der Kategorien zur Eignung eines Teilgebiets für Wasserstoffnetze [10].

Kategorie Verteilnetzbetreiber	Kategorie WPG
Keine Bewertung	sehr wahrscheinlich ungeeignet
Netzprüfgebiet (indifferent)	wahrscheinlich ungeeignet
Netzprüfgebiet (indifferent)	wahrscheinlich geeignet
Wasserstoffeignungsgebiet Bestand	sehr wahrscheinlich geeignet

Anhang 9: Annahmen zur Entwicklung des Wasserstoff-Herkunftsmixes bis 2045.

Typ	Herkunft	2020	2030	2035	2040	2045
grün	EL: PV (MENA, EU)	0,0%	0,0%	10,0%	20,0%	35,0%
grün	EL: Wind-Onshore (DE)	0,0%	10,0%	12,5%	15,0%	15,0%
grün	EL: Wind-Offshore (DE)	0,0%	15,0%	17,5%	20,0%	20,0%
grau	Dampfreformierung (DE)	100,0%	50,0%	30,0%	15,0%	0,0%
blau	CCS: Erdgas (DE)	0,0%	25,0%	30,0%	30,0%	30,0%
	Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

Anhang 10: Übersicht zu den angenommenen THG-Emissionsfaktoren bis 2045 (Wärmeerzeugung).

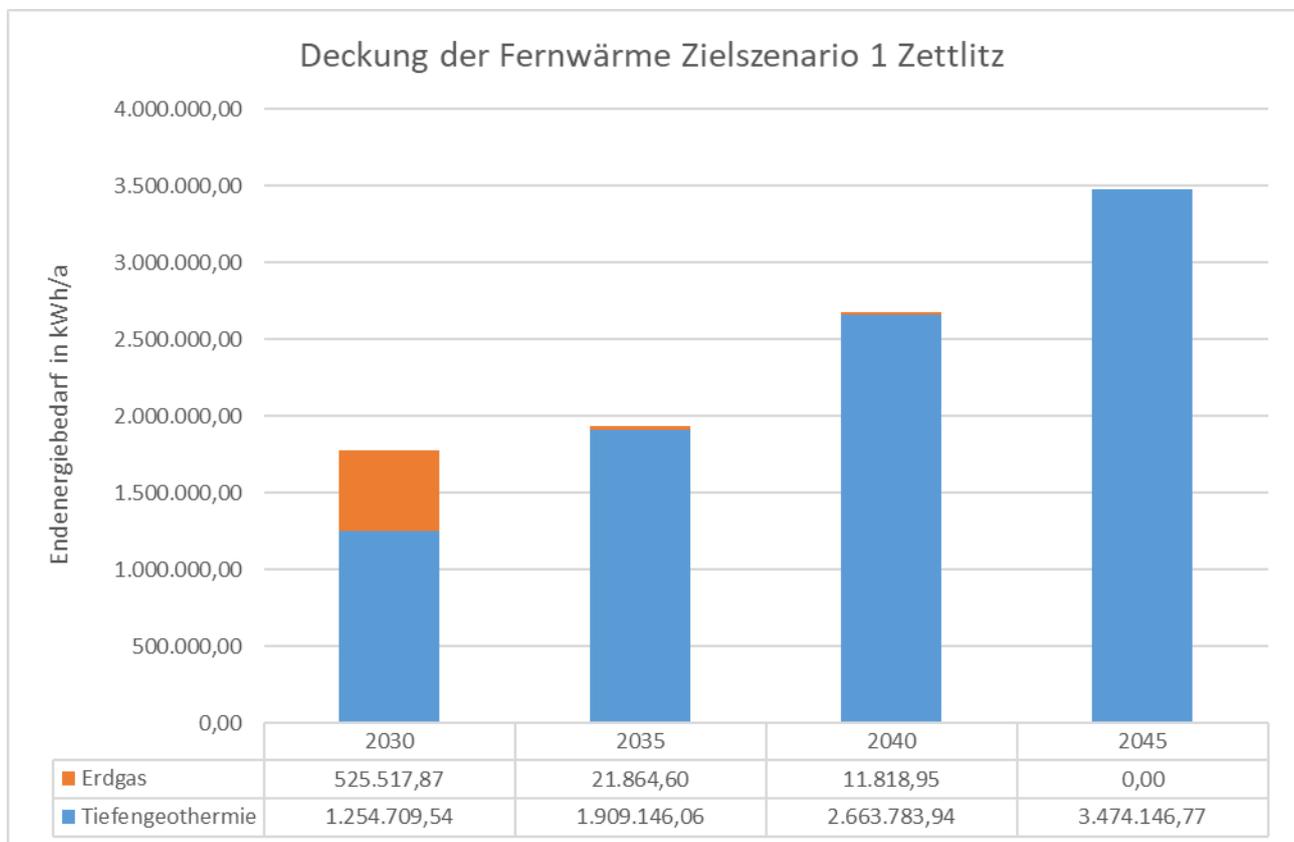
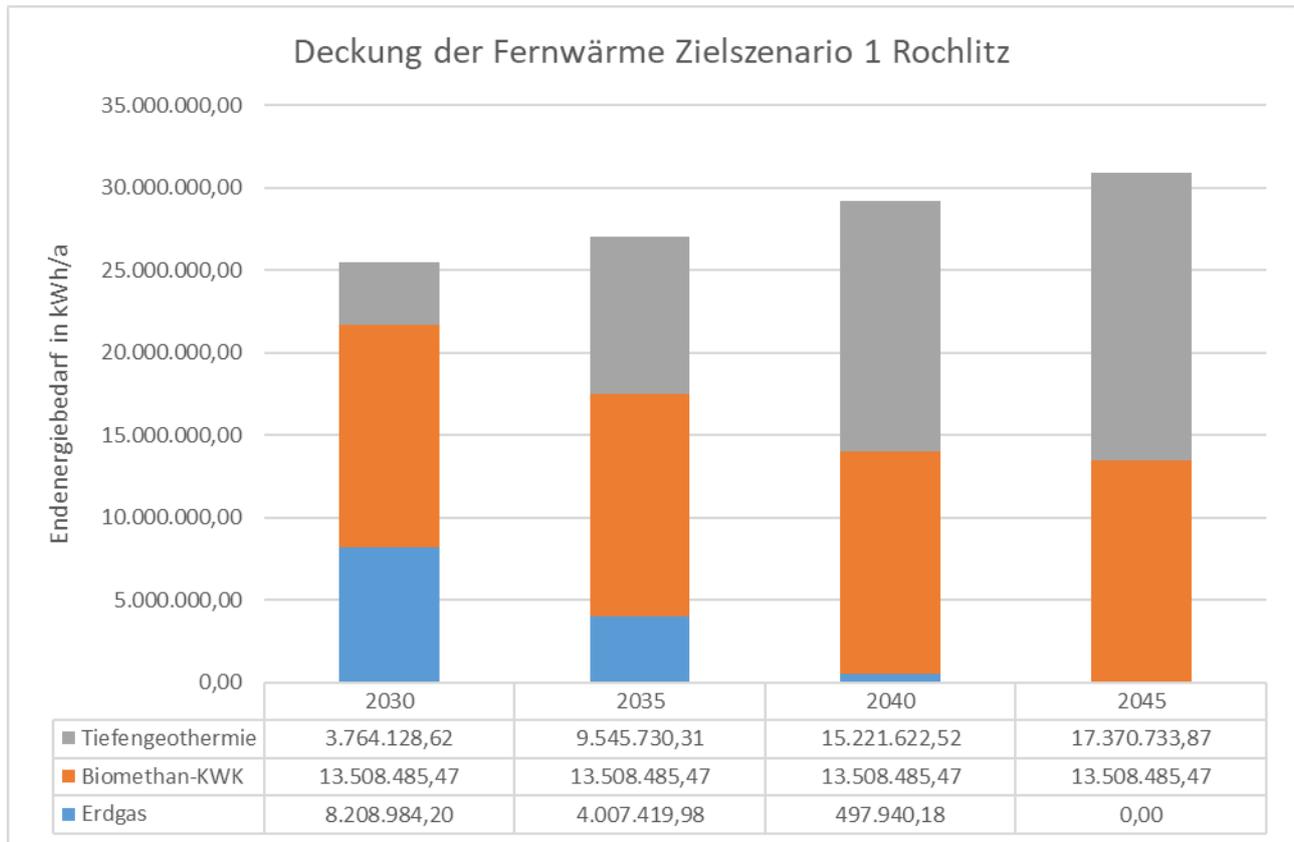
Wärmeerzeugung		2020	2021	2030	2035	2040	2045
<i>Jeweils in t CO₂-Äquivalent pro MWh Endenergie</i>							
	Heizöl	0,318	0,311	0,311	0,311	0,311	0,311
	Erdgas	0,247	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233
	Braunkohle	0,411	0,473	0,473	0,473	0,473	0,473
	Steinkohle	0,438	0,431	0,431	0,431	0,431	0,431
	Abfall	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121
	Holz	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
	Biogas	0,090	0,090	0,086	0,083	0,081	0,079
	Synthetisches Methan		0,041	0,036	0,034	0,031	0,029
	Synthetisches Methanol		0,048	0,044	0,042	0,041	0,039
	Elektrische Wärmepumpe	0,137	0,029	0,028	0,028	0,028	0,027
	Stromdirektheizung	0,438	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053
	Solarthermie	0,025	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
	Tiefe Geothermie (Wärmeerzeugung)		0,036	0,025	0,020	0,014	0,008
	Abwärme aus Prozessen		0,040	0,038	0,037	0,036	0,035
Wärmenetz aus KWK	Brennstoff: Stein-/Braunkohle	0,260	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
	Gasförmiger und flüssiger Brennstoff	0,260	0,180	0,171	0,171	0,171	0,167
	Erneuerbarer Brennstoff	0,260	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037
Wärmenetz aus Heizwerk	Brennstoff: Stein-/Braunkohle	0,260	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
	Gasförmiger und flüssiger Brennstoff	0,260	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
	Erneuerbarer Brennstoff	0,260	0,060	0,042	0,033	0,024	0,014
	Wärmenetzleitungen		0,043	0,042	0,041	0,040	0,040

Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

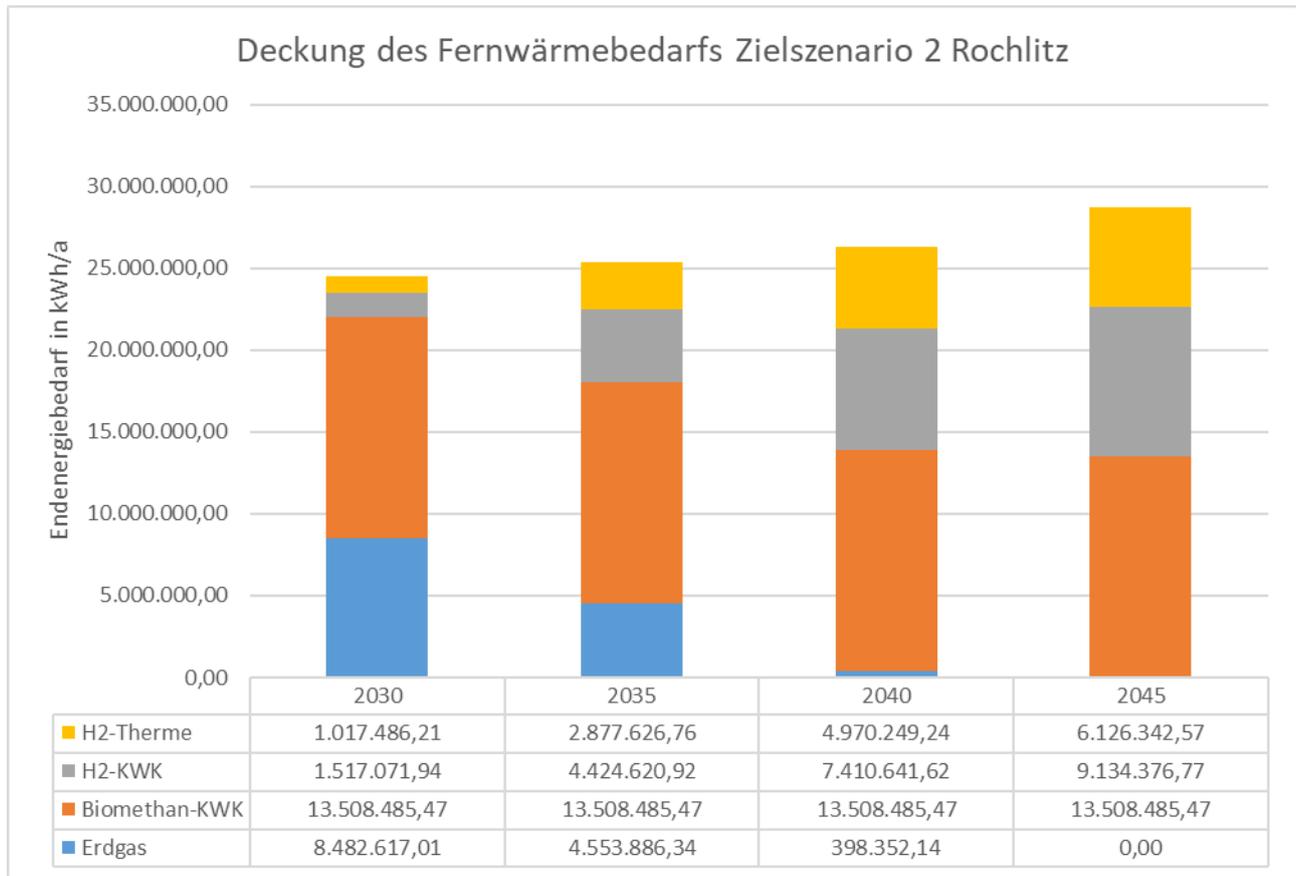
Anhang 11: Übersicht zu den angenommenen THG-Emissionsfaktoren bis 2045 (Stromerzeugung).

Stromerzeugung							
<i>Jeweils in t CO₂-Äquivalent pro MWh</i>							
<i>Endenergie</i>							
	2020	2021	2030	2035	2040	2045	
Wasserkraft	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Windkraft	0,010	0,010	0,009	0,009	0,008	0,007	
Fotovoltaik	0,040	0,040	0,035	0,033	0,030	0,027	
Geothermie	0,089	0,089	0,080	0,076	0,071	0,066	
Festbrennstoffe, Holz	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Flüssige Biomasse	0,116	0,116	0,113	0,112	0,110	0,109	
Biogas	0,097	0,097	0,092	0,090	0,087	0,085	
Synthetisches Methan		0,041	0,036	0,034	0,031	0,029	
Klärgas/Deponiegas	0,051	0,051	0,048	0,047	0,046	0,045	
Wasserstoff		0,050	0,035	0,027	0,019	0,011	
Strom-Mix-D (UBA)		0,485					
Strom-Mix-D (IINAS Szenario)	0,438		0,270	0,151	0,032	0,032	

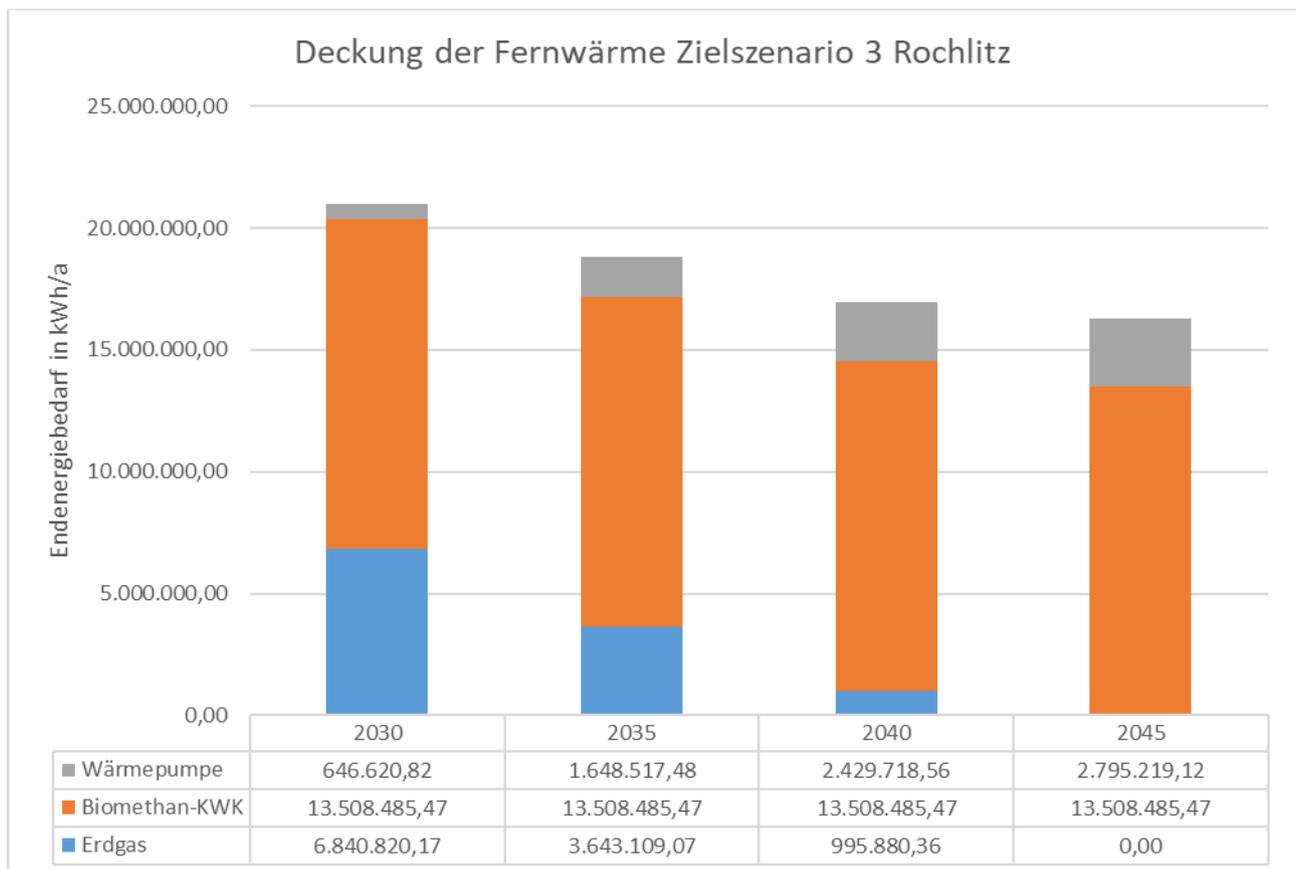
Anhang 12: Deckung des Fernwärmebedarfs im Zielszenario 1, Rochlitz & Zettlitz.



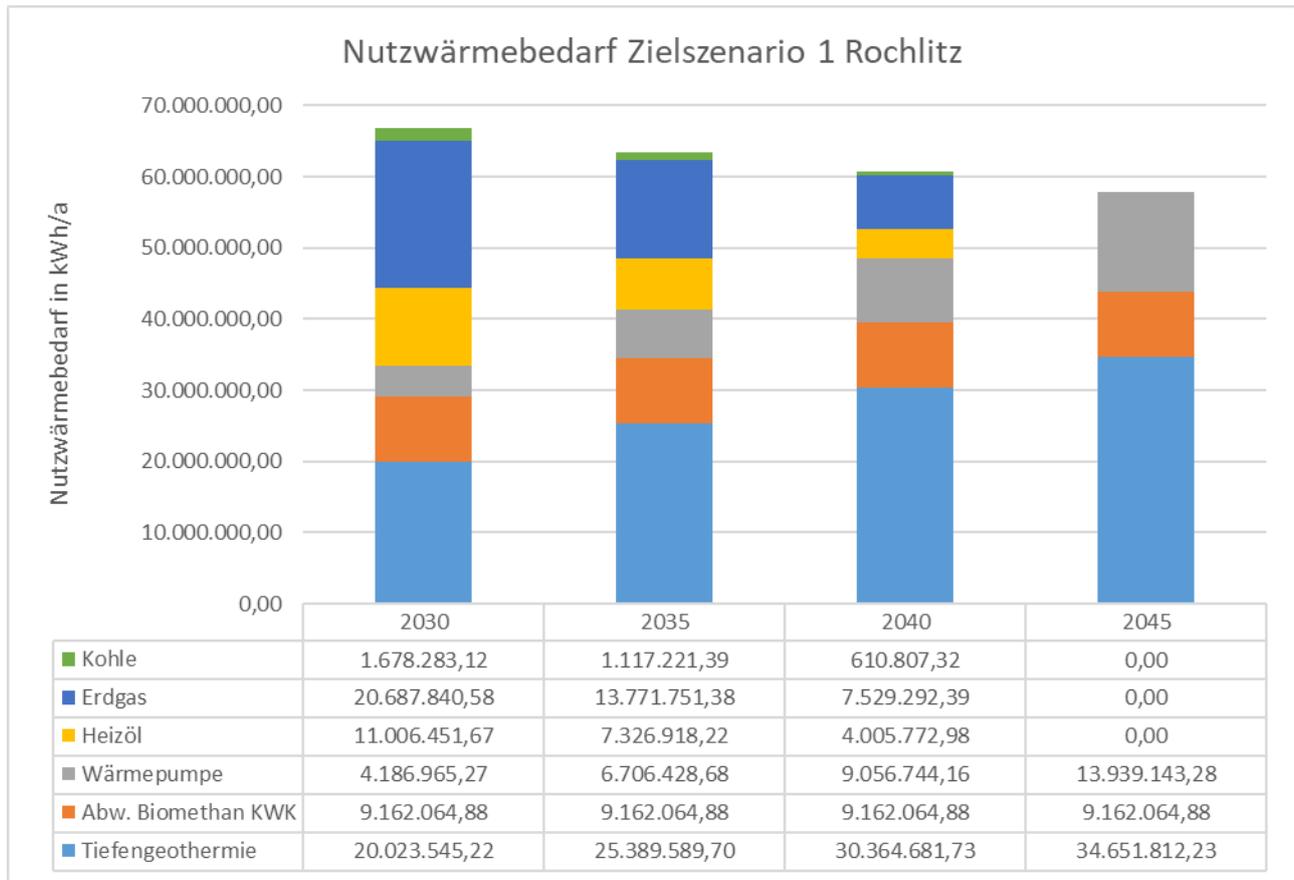
Anhang 13: Deckung des Fernwärmebedarfs im Zielszenario 2, Rochlitz.



Anhang 14: Deckung des Fernwärmebedarfs im Zielszenario 3, Rochlitz.



Anhang 15: Entwicklung Nutzwärmebedarf im Zielszenario 1 exklusive Fernwärme, Rochlitz.

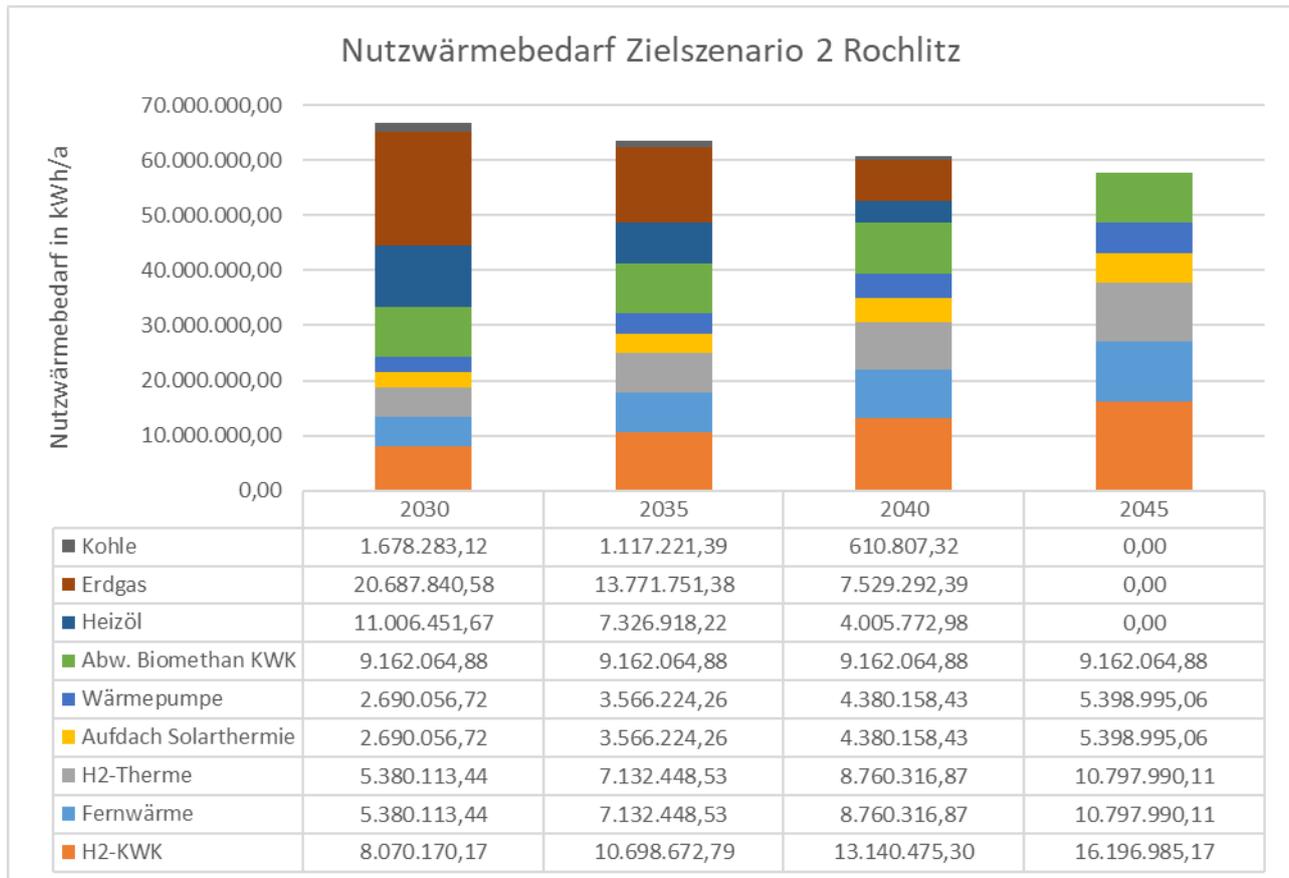


Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

Anhang 16: Nutzwärmebedarf der gesamten Verwaltungsgemeinschaft, Zielszenario 1.

Gemeinde	Technologie	Jahr 2030 in kWh	Jahr 2035 in kWh	Jahr 2040 in kWh	Jahr 2045 in kWh
Königsfeld	Heizöl	2.273.972,21	1.513.767,46	812.542,39	0,00
	Erdgas	4.274.181,73	2.845.293,01	1.527.263,10	0,00
	Kohle	346.739,29	230.821,93	123.897,89	0,00
	Wärmepumpen	3.447.446,61	4.589.882,40	4.927.406,77	5.857.393,52
	Biomasse Pelletheizung	3.447.446,61	3.934.184,91	4.927.406,77	5.857.393,52
	SUMME	13.789.786	13.113.950	12.318.517	11.714.787
Rochlitz	Heizöl	11.006.451,67	7.326.918,22	4.005.772,98	0,00
	Erdgas	20.687.840,58	13.771.751,38	7.529.292,39	0,00
	Kohle	1.678.283,12	1.117.221,39	610.807,32	0,00
	TGT	20.023.545,22	25.389.589,70	30.364.681,73	34.651.812,23
	Abwärme Biomethan KWK- Anlagen best.	9.162.064,88	9.162.064,88	9.162.064,88	9.162.064,88
	Wärmepumpen	4.186.965,27	6.706.428,68	9.056.744,16	13.939.143,28
	SUMME	66.745.151	63.473.974	60.729.363	57.753.020
Seelitz	Heizöl	3.261.110,98	2.170.898,87	1.168.156,70	0,00
	Erdgas	6.129.617,98	4.080.444,00	2.195.679,44	0,00
	Kohle	497.259,94	331.022,48	178.122,59	0,00
	Wärmepumpen	4.943.994,45	6.582.365,34	7.083.917,46	8.420.918,77
	Biomasse Pelletheizung	4.943.994,45	5.642.027,44	7.083.917,46	8.420.918,77
	SUMME	19.775.978	18.806.758	17.709.794	16.841.838
Zettlitz	Heizöl	1.321.133,40	879.469,31	475.398,72	0,00
	Erdgas	2.483.216,03	1.653.059,62	893.564,36	0,00
	Kohle	201.448,75	134.103,03	72.489,63	0,00
	TGT	2.403.478,91	3.047.579,37	3.603.631,79	4.112.421,57
	Wärmepumpen	1.602.319,27	1.904.737,11	2.162.179,07	2.741.614,38
	SUMME	8.011.596	7.618.948	7.207.264	6.854.036
Verwaltungs- gemeinschaft	SUMME	108.322.511	103.013.630	97.964.938	93.163.681

Anhang 17: Entwicklung Nutzwärmebedarf im Zielszenario 2, inklusive anteiliger Fernwärme, Rochlitz.

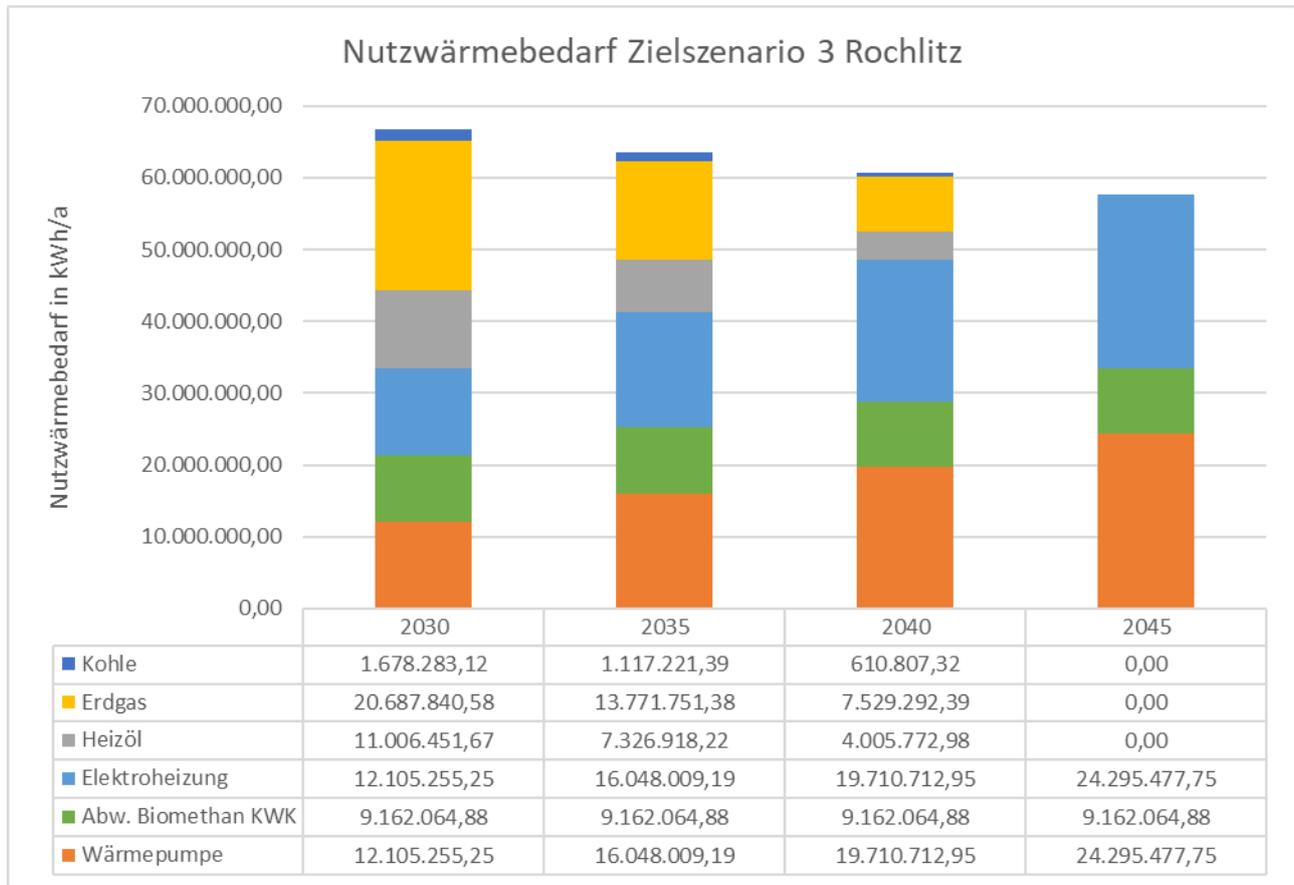


Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

Anhang 18: Nutzwärmebedarf der gesamten Verwaltungsgemeinschaft, Zielszenario 2.

Gemeinde	Technologie	Jahr 2030 in kWh	Jahr 2035 in kWh	Jahr 2040 in kWh	Jahr 2045 in kWh
Königsfeld	Heizöl	2.273.972,21	1.513.767,46	812.542,39	0,00
	Erdgas	4.274.181,73	2.845.293,01	1.527.263,10	0,00
	Kohle	346.739,29	230.821,93	123.897,89	0,00
	Wärmepumpen	4.136.935,93	5.114.440,38	5.912.888,13	7.028.872,22
	Biomasse Pelletheizung	1.378.978,64	1.704.813,46	1.970.962,71	2.342.957,41
	Aufdach Solarthermie	1.378.978,64	1.704.813,46	1.970.962,71	2.342.957,41
	SUMME	13.789.786	13.113.950	12.318.517	11.714.787
Rochlitz	Heizöl	11.006.451,67	7.326.918,22	4.005.772,98	0,00
	Erdgas	20.687.840,58	13.771.751,38	7.529.292,39	0,00
	Kohle	1.678.283,12	1.117.221,39	610.807,32	0,00
	H2-KWK	8.070.170,17	10.698.672,79	13.140.475,30	16.196.985,17
	Fernwärme sonst.	5.380.113,44	7.132.448,53	8.760.316,87	10.797.990,11
	H2-Therme	5.380.113,44	7.132.448,53	8.760.316,87	10.797.990,11
	Aufdach Solarthermie	2.690.056,72	3.566.224,26	4.380.158,43	5.398.995,06
	Wärmepumpe	2.690.056,72	3.566.224,26	4.380.158,43	5.398.995,06
	Abw. Biomethan KWK	9.162.064,88	9.162.064,88	9.162.064,88	9.162.064,88
		SUMME	66.745.151	63.473.974	60.729.363
Seelitz	Heizöl	3.261.110,98	2.170.898,87	1.168.156,70	0,00
	Erdgas	6.129.617,98	4.080.444,00	2.195.679,44	0,00
	Kohle	497.259,94	331.022,48	178.122,59	0,00
	Wärmepumpen	4.943.994,45	6.112.196,39	7.083.917,46	8.420.918,77
	Aufdach Solarthermie	2.471.997,23	3.056.098,20	3.541.958,73	4.210.459,38
	Biomasse Pelletheizung	2.471.997,23	3.056.098,20	3.541.958,73	4.210.459,38
	SUMME	19.775.978	18.806.758	17.709.794	16.841.838
Zettlitz	Heizöl	1.321.133,40	879.469,31	475.398,72	0,00
	Erdgas	2.483.216,03	1.653.059,62	893.564,36	0,00
	Kohle	201.448,75	134.103,03	72.489,63	0,00
	H2-Therme	1.716.770,65	2.122.421,35	2.471.061,80	2.937.443,98
	Aufdach Solarthermie	1.144.513,77	1.414.947,57	1.647.374,53	1.958.295,98
	Wärmepumpen	1.144.513,77	1.414.947,57	1.647.374,53	1.958.295,98
	SUMME	8.011.596	7.618.948	7.207.264	6.854.036
Verwaltungsg.	SUMME	108.322.511	103.013.630	97.964.938	93.163.681

Anhang 19: Entwicklung Nutzwärmebedarf im Zielszenario 3, exklusive Fernwärme, Rochlitz.

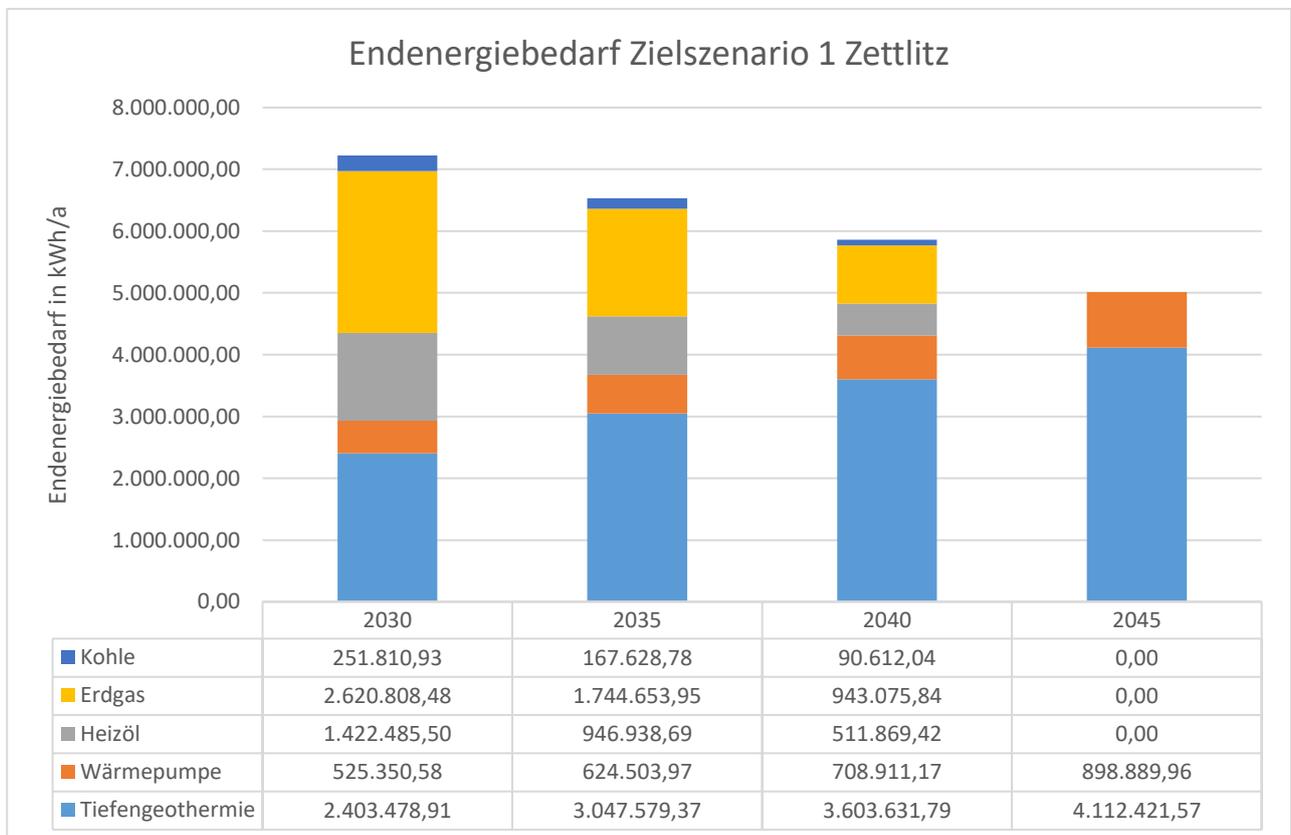
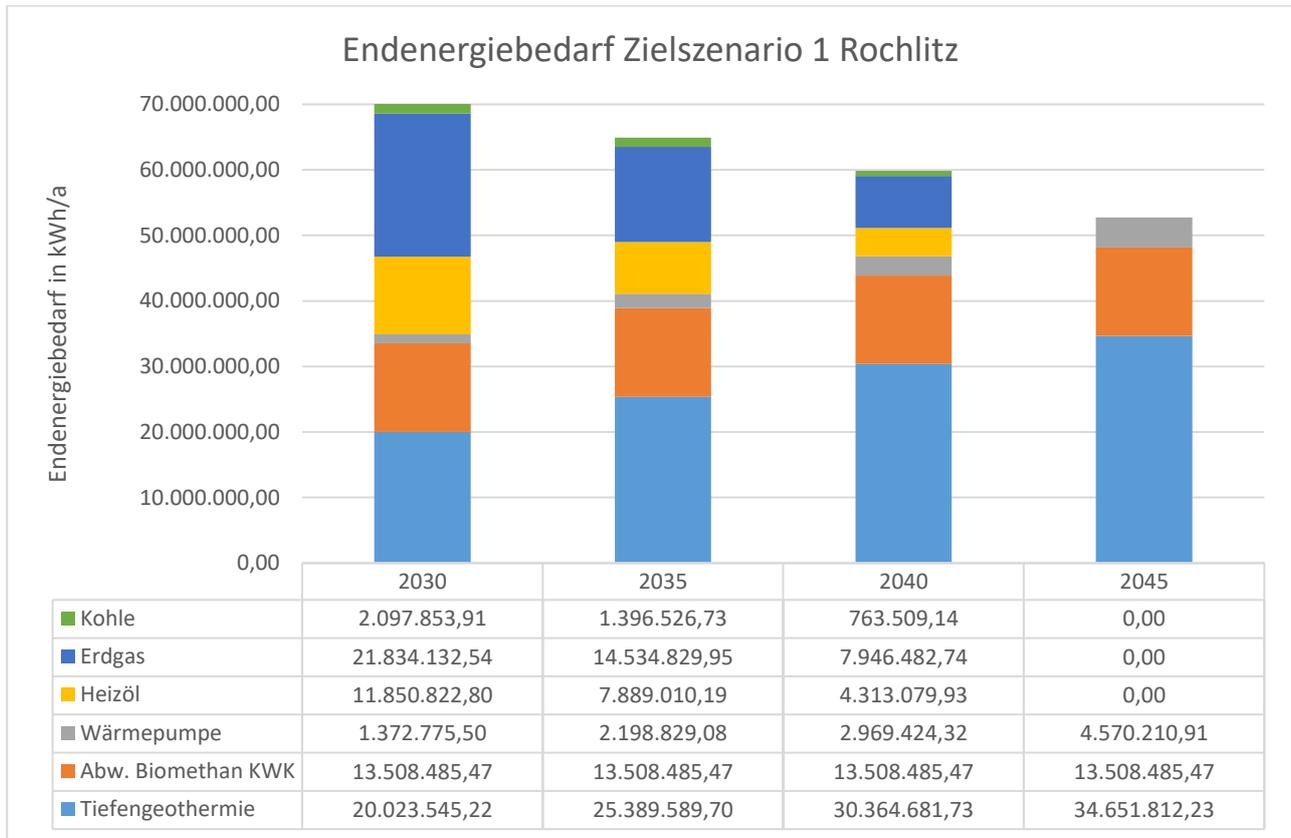


Kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz (Sachsen)

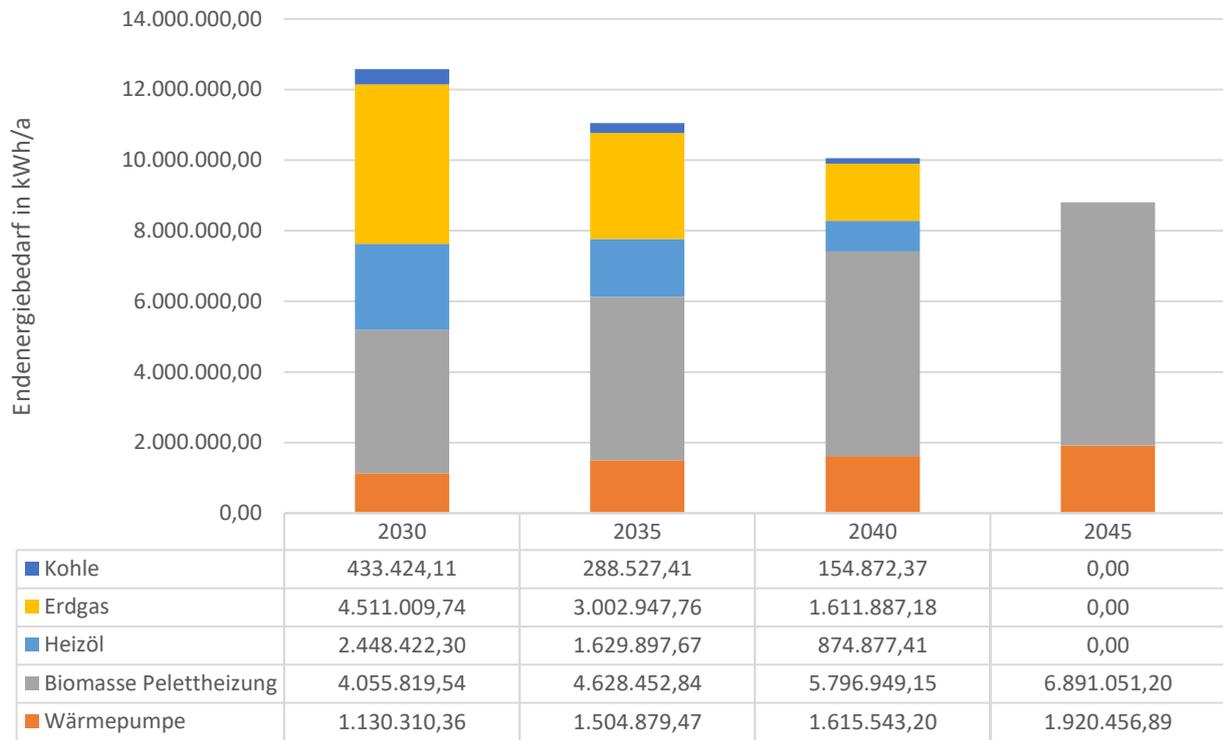
Anhang 20: Nutzwärmebedarf der gesamten Verwaltungsgemeinschaft, Zielszenario 3.

Gemeinde	Technologie	Jahr 2030 in kWh	Jahr 2035 in kWh	Jahr 2040 in kWh	Jahr 2045 in kWh
Königsfeld	Heizöl	2.273.972,21	1.513.767,46	812.542,39	0,00
	Erdgas	4.274.181,73	2.845.293,01	1.527.263,10	0,00
	Kohle	346.739,29	230.821,93	123.897,89	0,00
	Wärmepumpen	4.596.595,48	5.682.711,54	6.569.875,70	7.809.858,02
	Elektroheizung	2.298.297,74	2.841.355,77	3.284.937,85	3.904.929,01
	SUMME	13.789.786	13.113.950	12.318.517	11.714.787
Rochlitz	Heizöl	11.006.451,67	7.326.918,22	4.005.772,98	0,00
	Erdgas	20.687.840,58	13.771.751,38	7.529.292,39	0,00
	Kohle	1.678.283,12	1.117.221,39	610.807,32	0,00
	Wärmepumpe	12.105.255,25	16.048.009,19	19.710.712,95	24.295.477,75
	Elektroheizung	12.105.255,25	16.048.009,19	19.710.712,95	24.295.477,75
	Abw. Biomethan KWK	9.162.064,88	9.162.064,88	9.162.064,88	9.162.064,88
	SUMME	66.745.151	63.473.974	60.729.363	57.753.020
Seelitz	Heizöl	3.261.110,98	2.170.898,87	1.168.156,70	0,00
	Erdgas	6.129.617,98	4.080.444,00	2.195.679,44	0,00
	Kohle	497.259,94	331.022,48	178.122,59	0,00
	Wärmepumpen	6.591.992,60	8.149.595,19	9.445.223,28	11.227.891,69
	Elektroheizung	3.295.996,30	4.074.797,59	4.722.611,64	5.613.945,85
	SUMME	19.775.978	18.806.758	17.709.794	16.841.838
Zettlitz	Heizöl	1.321.133,40	879.469,31	475.398,72	0,00
	Erdgas	2.483.216,03	1.653.059,62	893.564,36	0,00
	Kohle	201.448,75	134.103,03	72.489,63	0,00
	Wärmepumpe	2.403.478,91	2.971.389,89	3.459.486,52	4.112.421,57
	Elektroheizung	1.602.319,27	1.980.926,59	2.306.324,34	2.741.614,38
	SUMME	8.011.596	7.618.948	7.207.264	6.854.036
Verwaltungs-gemeinschaft	SUMME	108.322.511	103.013.630	97.964.938	93.163.681

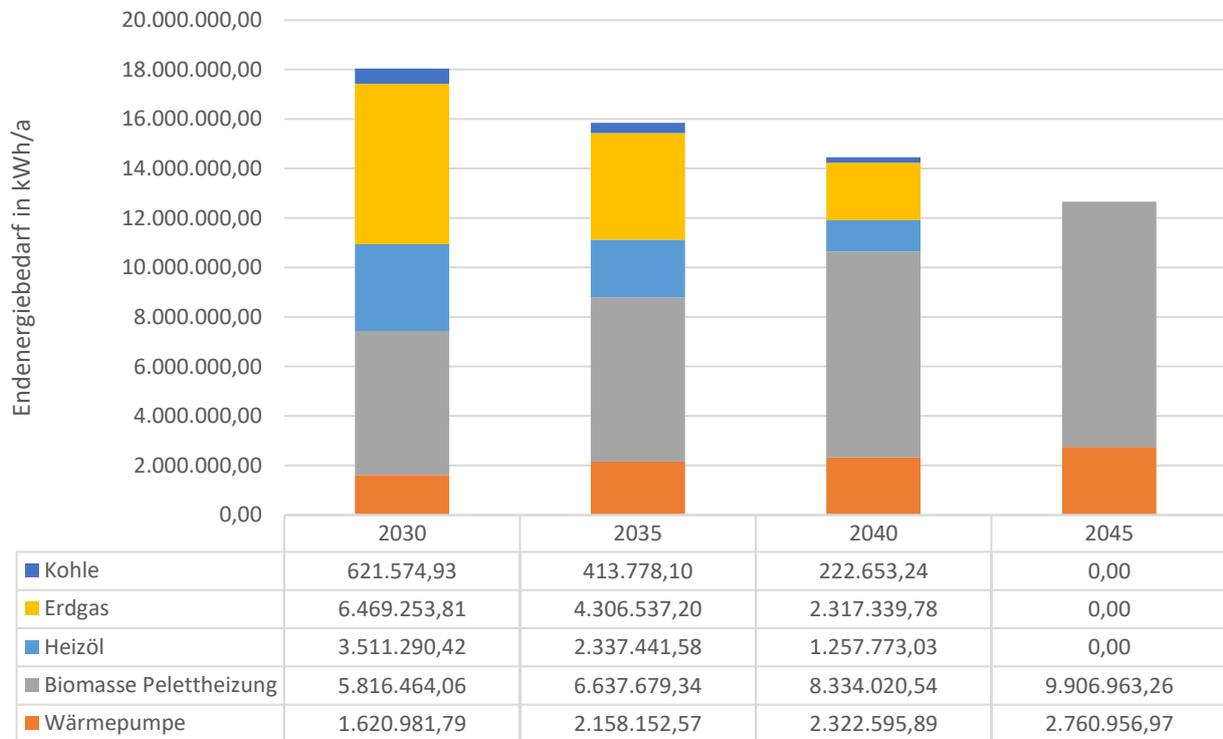
Anhang 21: Entwicklung Endenergiebedarf im Zielszenario 1, alle Energieträger (Fernwärme ist anteilig aus den aufgeführten Energieträgern gedeckt), alle Gemeinden.



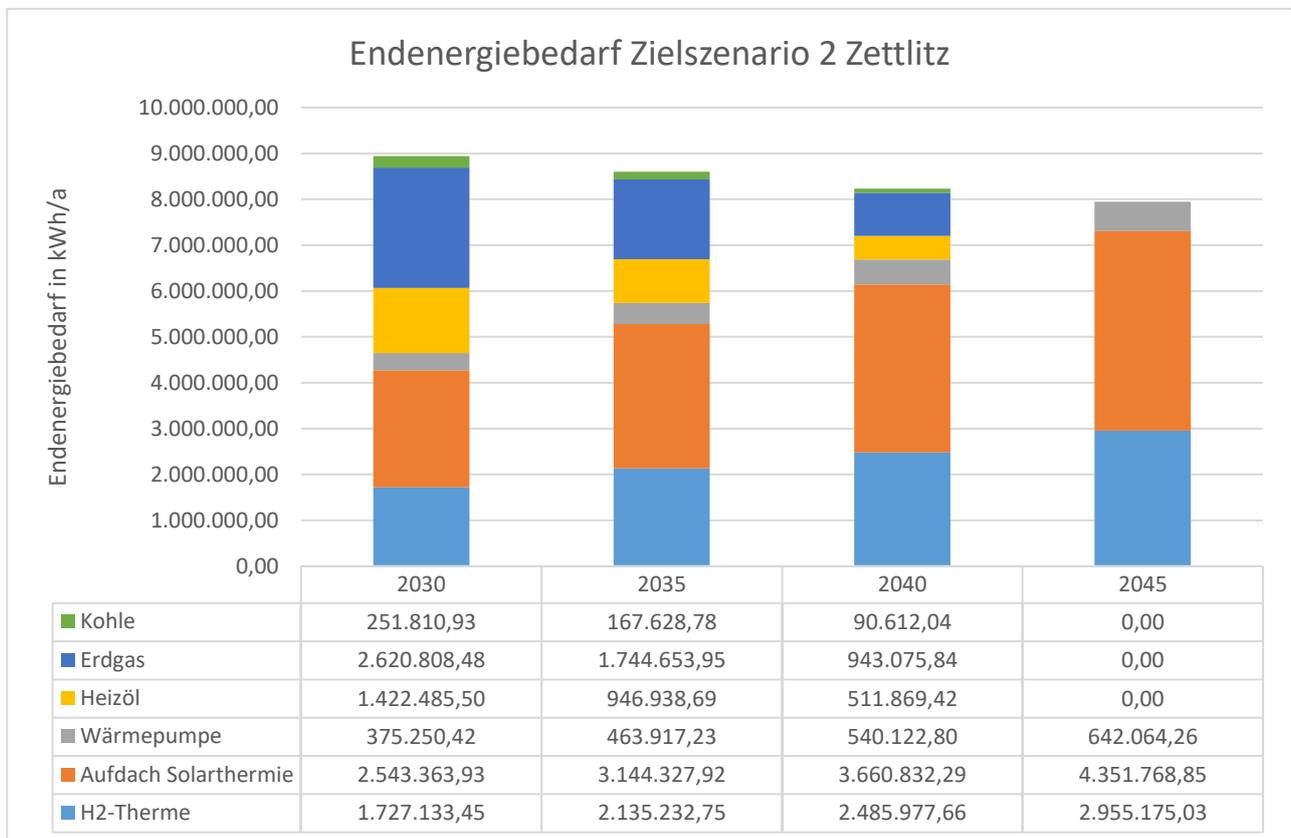
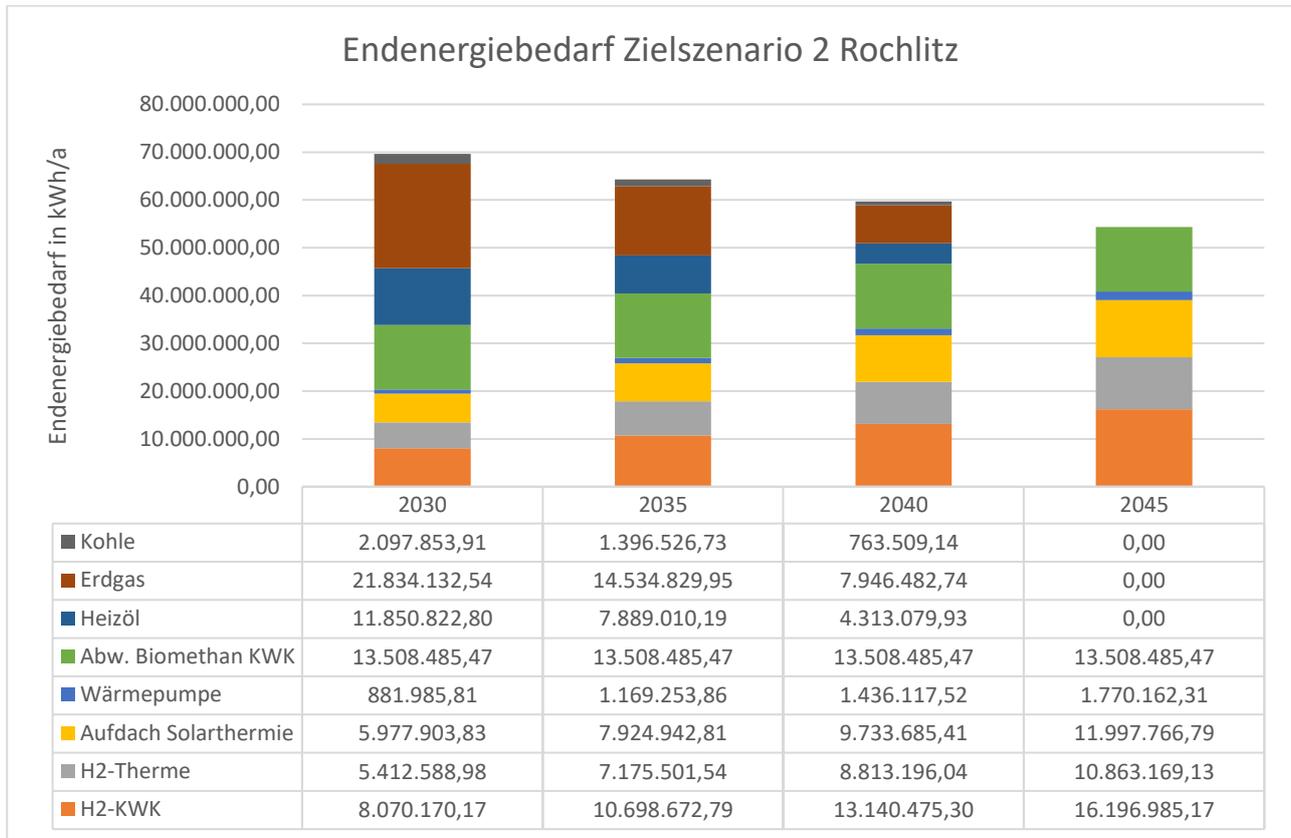
Endenergiebedarf Zielszenario 1 Königsfeld



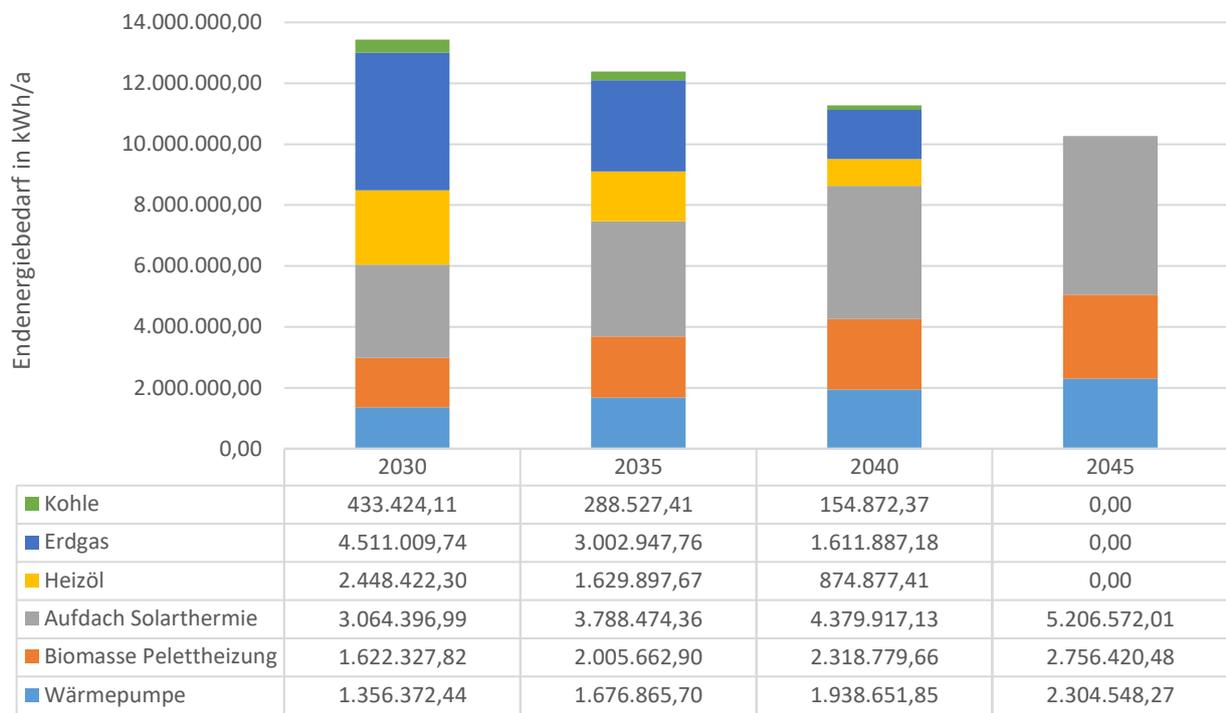
Endenergiebedarf Zielszenario 1 Seelitz



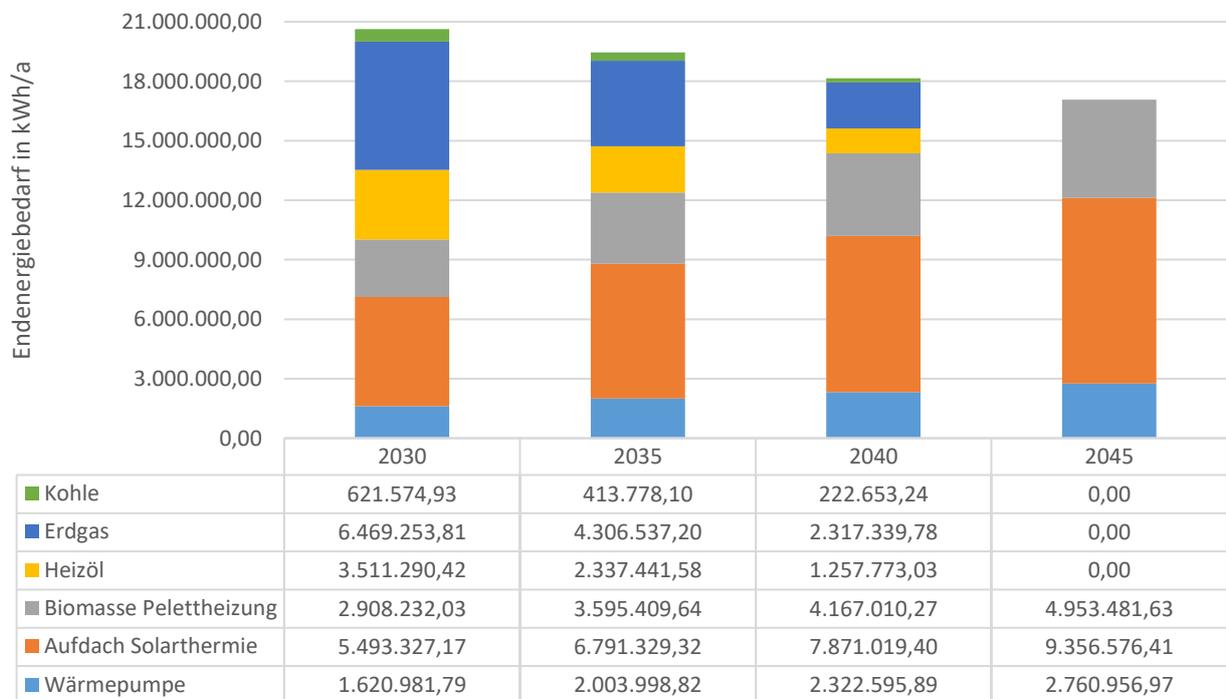
Anhang 22: Entwicklung Endenergiebedarf im Zielszenario 2, alle Energieträger (Fernwärme ist anteilig aus den aufgeführten Energieträgern gedeckt), alle Gemeinden.



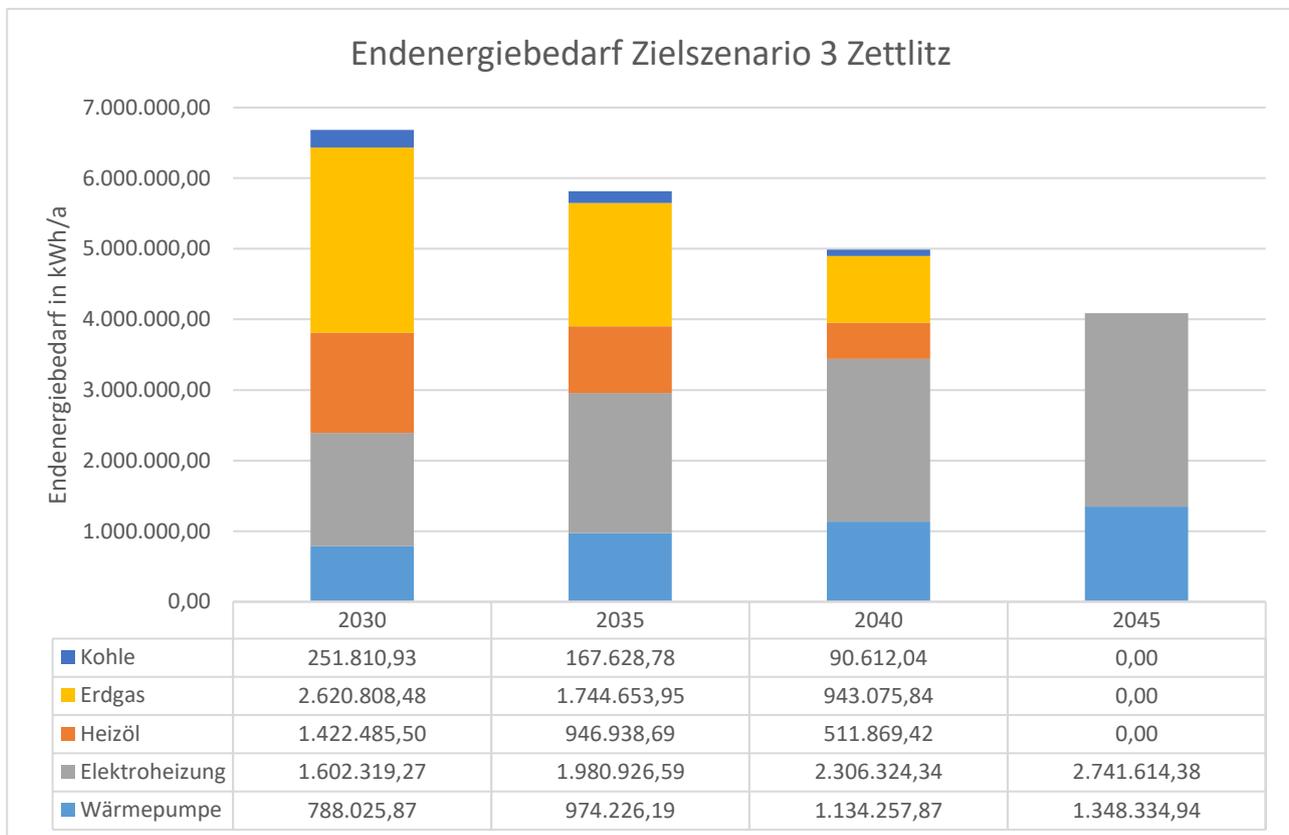
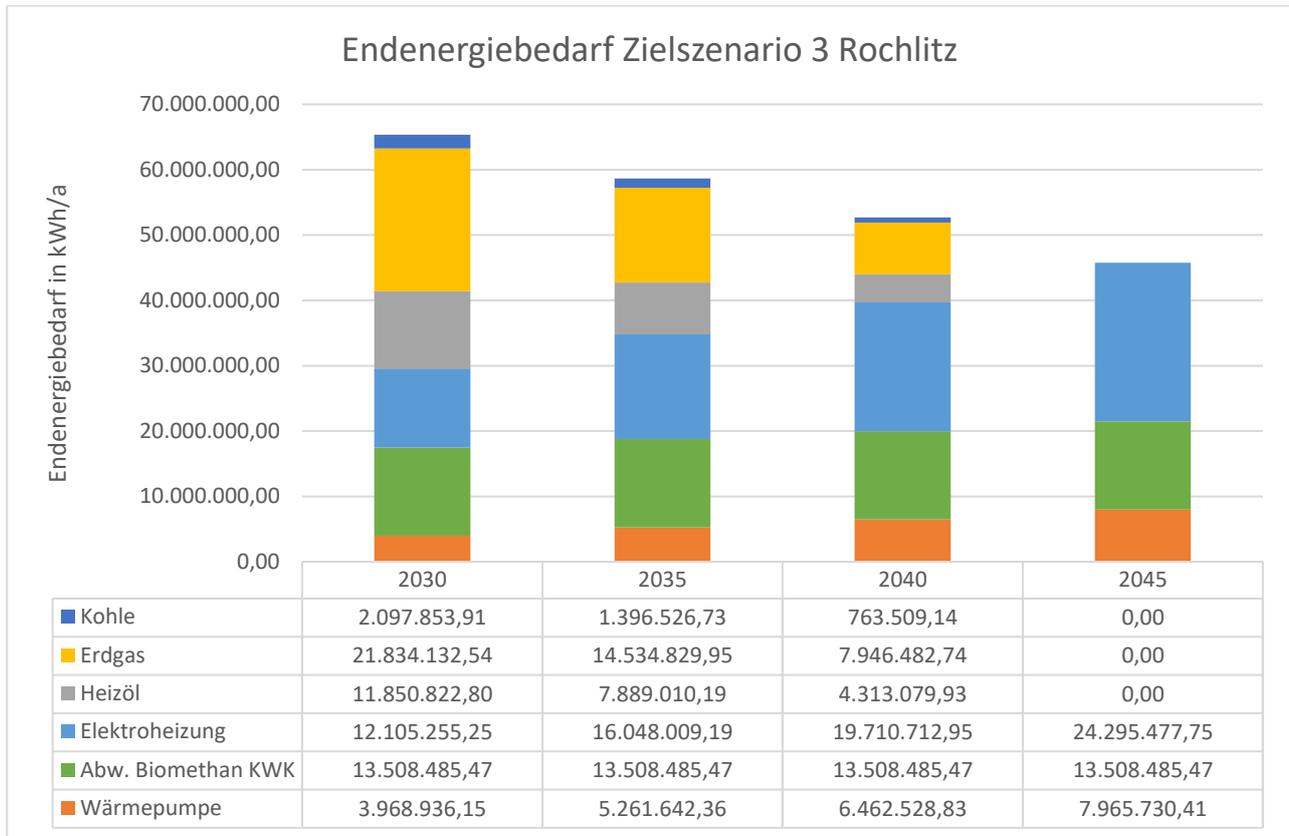
Endenergiebedarf Zielszenario 2 Königsfeld



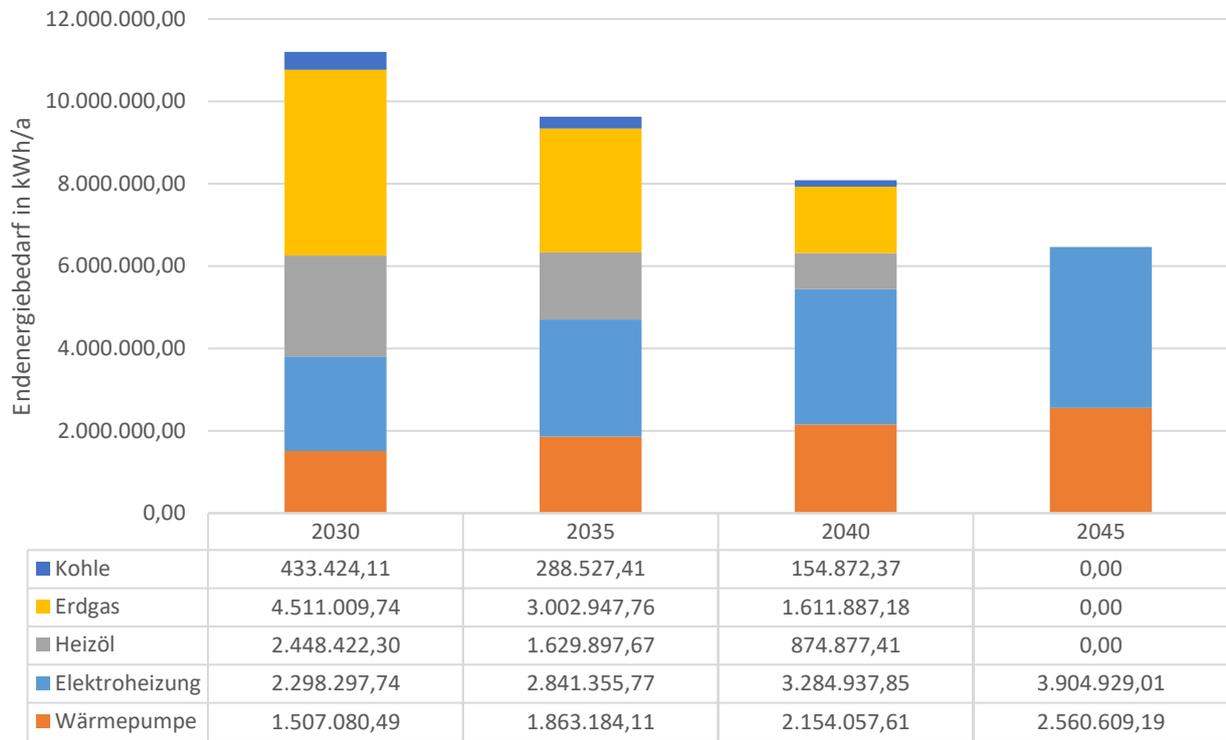
Endenergiebedarf Zielszenario 2 Seelitz



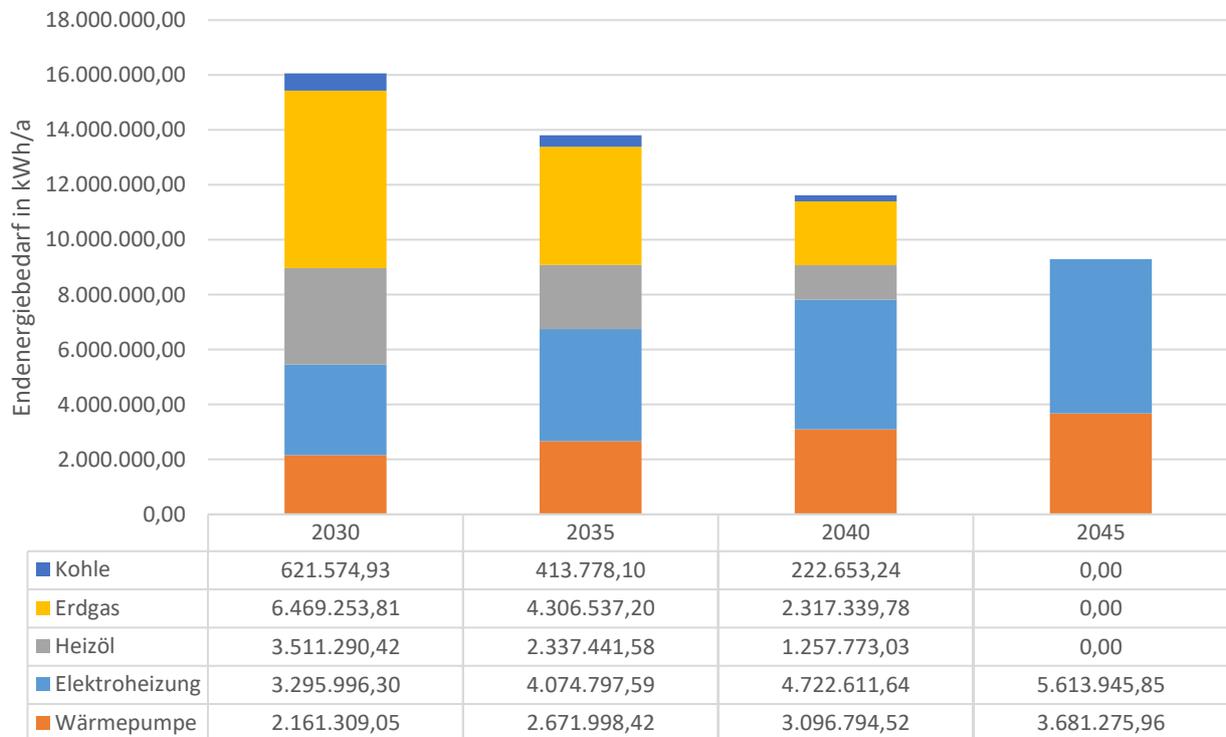
Anhang 23: Entwicklung Endenergiebedarf im Zielszenario 3, alle Energieträger (Fernwärme ist anteilig aus den aufgeführten Energieträgern gedeckt), alle Gemeinden.



Endenergiebedarf Zielszenario 3 Königsfeld



Endenergiebedarf Zielszenario 3 Seelitz





Kontaktmöglichkeiten

Besuchen Sie uns unter:

» www.kwp4.com

Oder kommen Sie direkt auf uns zu:

» info@kwp4.com

» 0341 27111-7994