

Kommunale Wärmeplanung

Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz

Abschlussbericht



Impressum

Abschlussbericht

KWP VG Lugau-Niederwürschnitz

Kommunale Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz

Erstellt im Auftrag von

Stadtverwaltung Lugau (Erzgeb.)

Vertreten durch den Bürgermeister Herrn Thomas Weikert

Obere Hauptstraße 26

09385 Lugau

T +49 37295/52-0

info@stv.lugau.de

<https://www.lugau.de/>

Durchführung

Projektleitung

Martin Günther, Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH)

martin.guenther@vionta.de

T +49 341 27111 7993

Kontakt

VIONTA GmbH & Co. KG

Maximilianallee 4

04129 Leipzig

www.vionta.de

Projektpartner

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Florian Lehnert, Dipl.-Wi.-Ing.; Thomas Wenzel, Dipl.-Wi.-Ing.

VIONTA GmbH

Jana Schippmann, B.Eng.

iE2S

Swenja Braun, M.Sc.; Tobias Boldt, M.Eng.

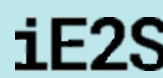
NeulandQuartier

Christopher Sieben, B.A.; Paulina Seeligmüller, M.Sc.

TU Bergakademie Freiberg

Lehrstuhl für Technische Thermodynamik

Dr.-Ing. Thomas Grab; MBA Timm Wunderlich



Laufzeit

04.03.2025 bis 31.12.2025

Das diesem Abschlussbericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit unter dem Förderkennzeichen 67K29218 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kurzfassung / Management Summary

Die **kommunale Wärmeplanung (KWP) für die Verwaltungsgemeinschaft Lugau – Niederwürschnitz** verfolgt das Ziel, eine langfristig klimaneutrale, sozial akzeptierte und wirtschaftlich tragfähige Wärmeversorgung bis 2045 zu entwickeln. Das Untersuchungsgebiet umfasst die Verwaltungsgemeinschaft mit rund 10.100 Einwohnern auf 28 km², gegliedert in die Teilgebiete Lugau, Niederwürschnitz sowie Erlbach-Kirchberg und Ursprung. Im Fokus steht die Transformation des bestehenden Wärmesystems, die Nutzung erneuerbarer Energien und die Reduktion der Treibhausgasemissionen gemäß Bundes-Klimazielen.

Im ersten Schritt erfolgt die **Eignungsprüfung**. Aufgrund vorhandener leitungsgebundener Infrastrukturen (Erdgasnetz, Wärmenetz in Lugau) und mittlerer bis hoher Wärmebedarfsdichten wird eine vollständige Wärmeplanung durchgeführt. Abwärmepotenziale sind nicht relevant.

Der zweite Schritt der **Bestandsanalyse** erfasst den Status Quo von Gebäuden, Siedlungsstruktur, Infrastrukturen, Wärmebedarfen, Energieträgern und THG-Emissionen. Der jährliche Nutzwärmebedarf beträgt 109 GWh/a, überwiegend für Raumwärme in privaten Haushalten (70 %). Nahezu dreiviertel der Wärmeversorgung erfolgt leitungsgebunden, primär über Erdgas, welches einen Anteil von siebzig Prozent am Endenergiebedarf aufweist. Der Anteil erneuerbarer Energien liegt aktuell bei 7 % (Biomasse, Wärmepumpen). Die Treibhausgasemissionen betragen 28.500 t CO₂/a, was 2,8 t pro Kopf entspricht.

Im Rahmen der sich anschließenden **Potenzialanalyse** werden die Einsparpotenziale auf Wärmebedarfsseite ermittelt und mit dem potenziellen erneuerbaren Energiedargebot für Wärmezwecke abgeglichen. Bis 2045 sinkt der Wärmebedarf auf ca. 82 GWh/a (BMWK-Szenario O45-H₂). Die theoretischen EE-Potenziale sind sehr hoch, u.a. bei Solarthermie auf Dachflächen, Freiflächen und Grubenwassergeothermie. Stromseitig bieten Photovoltaik-Dachflächen und Freiflächen-Photovoltaik Potenzial. Windkraft ist möglich, aber vom Auftraggeber ausgeschlossen.

Die konkrete Ausgestaltung möglicher Zielpfade für die Wärmeversorgung ist Bestandteil der **Zielszenarienanalyse**. Drei Pfade wurden entwickelt. 1. Wasserstoff-Szenario: Nutzung des bestehenden Erdgasnetzes, sukzessive Umstellung auf H₂-ready-Technologien, ergänzt durch Wärmepumpen und PV-Ausbau. 100 % EE bis 2045. 2. Wärmenetze & Grubenwasser: Ausbau von Wärmenetzen (15 % Anteil), Integration von Grubenwasser und Großwärmepumpen. 3. Elektrifizierung: Fokus auf Wärmepumpen, kein Netzausbau, höchster Strombedarf. Das Wasserstoff-Szenario wird bevorzugt, da es Versorgungssicherheit, Flexibilität und kosteneffiziente Nutzung bestehender Infrastruktur bietet. Diese kann schrittweise auf Wasserstoff umgestellt werden. Technische Bewertungen bestätigen die grundsätzliche Eignung des Netzzustands. Gleichzeitig schafft das Szenario die Möglichkeit, künftig grünen Wasserstoff einzubinden und damit eine nachhaltige Dekarbonisierung umzusetzen.

Die Ergebnisse der vorherigen Phasen münden schließlich in der **Umsetzungsstrategie**. Maßnahmen umfassen EE-Ausbau (PV, Solarthermie), Gebäudesanierung, Vorbereitung der H₂-Infrastruktur, Wärmenetzverdichtung, Monitoring und Bürgerbeteiligung. Die Fortschreibung erfolgt alle 5 Jahre gemäß WPG.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	viii
Formelzeichen-, Index- und Abkürzungsverzeichnis	x
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Zielstellung	1
1.2 Darstellung des Untersuchungsgebietes	3
2 Eignungsprüfung	5
2.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen der Eignungsprüfung	5
2.2 Räumlich-strukturelle Analyse	7
2.3 Ergebnis der Eignungsprüfung	9
3 Bestandsanalyse	13
3.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen	13
3.2 Methodischer Ansatz und Datenbasis	13
3.2.1 Exkurs: Baublöcke nach WPG	14
3.2.2 Analyse der Gebäude- und Siedlungsstruktur	15
3.2.3 Analyse der leitungsgebundenen Infrastrukturen	15
3.2.3.1 Wärmenetz	16
3.2.3.2 Erdgasverteilnetz	16
3.2.3.3 Stromverteilnetz	17
3.2.4 Analyse des Wärmebedarfs	17
3.2.5 Bestandsanlagen erneuerbarer Energien	20
3.2.6 Analyse der Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung	20
3.3 Ergebnisse der Bestandsanalyse	23
3.3.1 Gebäude- und Siedlungstypen	23
3.3.2 Leitungsgebundene Infrastrukturen	25
3.3.2.1 Wärmenetze	25
3.3.2.2 Erdgasverteilnetz	27
3.3.2.3 Stromverteilnetz	30
3.3.3 Wärmebedarfe	30
3.3.4 Bestandsanlagen erneuerbare Energien	39
3.3.5 Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung	41
4 Potenzialanalyse	43
4.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen	43
4.2 Methodischer Ansatz und Datenbasis	44
4.2.1 Abschätzung der Wärmeeinsparpotenziale	44

Inhalt

4.2.2	Analyse und Verortung der Potenziale erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung	45
4.3	Ergebnisse der Potenzialanalyse	47
4.3.1	Potenziale zur Energieeinsparung infolge Wärmebedarfsreduktion	47
4.3.2	Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung inkl. Abwärme	50
4.3.2.1	Solarthermie (Dachflächen)	50
4.3.2.2	Solarthermie (Freiflächen)	51
4.3.2.3	Biomasse/ Abwärme	53
4.3.2.4	Grubenwassergeothermie	53
4.3.3	Potenziale erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung für Wärme	59
4.3.3.1	Windkraftanlagen	59
4.3.3.2	Photovoltaikanlagen (Dachflächen)	60
4.3.3.3	Photovoltaikanlagen (Freiflächen)	61
4.3.4	Zusammenfassung	62
4.3.4.1	Erneuerbares Wärmepotenzial	62
4.3.4.2	Erneuerbares Strompotenzial für Wärmezwecke	63
5	Zielszenario, Wärmeversorgungsgebiete und Wirtschaftlichkeit	64
5.1	Ziele und gesetzliche Anforderungen	64
5.2	Methodischer Ansatz und Datenbasis	65
5.2.1	Definition möglicher Entwicklungspfade	65
5.2.1.1	Szenario 1 - Wasserstoff	66
5.2.1.2	Szenario 2 – Wärmenetze und Grubenwasser	68
5.2.1.3	Szenario 3 - Elektrifizierung	70
5.2.2	Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wärmebereitstellung	72
5.2.3	Entwicklung der Treibhausgasemissionen	74
5.2.4	Einführung wirtschaftliche Bewertung	77
5.2.5	Ableitung des favorisierten Zielbildes	77
5.2.6	Einteilung des Untersuchungsgebietes in Wärmeversorgungsgebiete	78
5.3	Diskussion der Ergebnisse	80
5.3.1	Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wärmebereitstellung	80
5.3.1.1	Endenergiebedarf Szenario 1 - Wasserstoff	81
5.3.1.2	Endenergiebedarf Szenario 2 - Wärmenetze und Grubenwasser	89
5.3.1.3	Endenergiebedarf Szenario 3 – Elektrifizierung	98
5.3.2	Entwicklung der Treibhausgasemissionen	106
5.3.2.1	Treibhausgasemissionen Szenario 1 – Wasserstoff	106
5.3.2.2	Treibhausgasemissionen Szenario 2 – Wärmenetze und Grubenwasser	107
5.3.2.3	Treibhausgasemissionen Szenario 3 – Elektrifizierung	108
5.3.2.4	Zusammenfassung und Kompensation verbliebender Emissionen	110
5.3.3	Ergebnisse der wirtschaftlichen Bewertung	112
5.3.4	Ableitung des favorisierten Zielbildes	119

Inhalt

5.3.5	Darstellung der Wärmeversorgungsarten nach § 19 WPG	124
5.3.5.1	Eignungsstufen Cluster Lugau	125
5.3.5.2	Eignungsstufen Cluster Niederwürschnitz	129
5.3.5.3	Eignungsstufen Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung	132
5.3.6	Gebietseinteilung Szenario Wasserstoff nach § 18 WPG	135
6	Umsetzungsstrategie	140
6.1	Ziele und gesetzliche Anforderungen	140
6.2	Methodischer Ansatz und Datenbasis	141
6.3	Diskussion der Ergebnisse	142
6.3.1	Long list	142
6.3.2	Maßnahmenblätter für prioritäre Handlungsfelder	144
6.3.3	Verstetigungsstrategie	156
6.3.4	Controllingkonzept	157
7	Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung	160
7.1	Ziele und gesetzliche Anforderungen	160
7.2	Überblick zu durchgeführten Informations- und Beteiligungsprozessen sowie Veranstaltungen	161
8	Disclaimer: Stellungnahmen der Verteilnetzbetreiber	163
8.1	Stellungnahme Betreiber Erdgasverteilnetz (inetz GmbH)	163
8.2	Stellungnahme Betreiber Stromverteilnetz (Mitnetz Strom mbH)	164
8.3	Stellungnahme Betreiber Wärmenetz (Danpower Energie Service GmbH)	164
9	Zusammenfassung und Ausblick	165
10	Anhang	167
11	Literatur	189

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme aus erneuerbaren Energien [1]	1
Abbildung 1-2:	Untersuchungsgebiet der Kommunalen Wärmeplanung der Verbandsgemeinde Lugau-Niederwürschnitz.....	3
Abbildung 2-1:	Darstellung des Prozesses und der Leitfragen der Eignungsprüfung [5]	6
Abbildung 2-2:	Kartografische Darstellung der Flächennutzung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz [6]	7
Abbildung 2-3:	Prozentuale Verteilung der Landnutzung in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz [6]	9
Abbildung 2-4:	Darstellung der Beantwortung der Leitfragen des Prüfschemas für das Teilgebiet 1 Stadt Lugau / Erzgeb. [5].....	10
Abbildung 2-5:	Darstellung der Beantwortung der Leitfragen des Prüfschemas für das Teilgebiet 2 Erlbach-Kirchberg & Ursprung [5]	11
Abbildung 2-6:	Darstellung der Beantwortung der Leitfragen des Prüfschemas für das Teilgebiet 3 Niederwürschnitz [5]	12
Abbildung 3-1:	Vereinfachte Skizze für das Vorgehen zur Ermittlung WPG-konformer Baublöcke.	15
Abbildung 3-2:	Modellhafter Ansatz zur Wärmebedarfsermittlung (Beispiel: Wohngebäude).	18
Abbildung 3-3:	Vereinfachte Abfolge der Schritte zum Realdatenabgleich.	19
Abbildung 3-4:	Energiewandlungskette von der Primär- zur Nutzenergie [19].	21
Abbildung 3-5:	Treibhausgasintensität verschiedener Energieträger zum Status quo, eigene Darstellung nach [19], [20].	22
Abbildung 3-6:	Anzahl der Adresspunkte in der Verwaltungsgemeinschaft in Abhängigkeit vom Gebäudetyp.	23
Abbildung 3-7:	baublockbezogene Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude.	24
Abbildung 3-8:	baublockbezogene Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps.	25
Abbildung 3-9:	Trassenverlauf des Wärmenetz Lugau, eigene Darstellung gemäß auf Basis von [XX] inkl. Anschlussleitungen.	27
Abbildung 3-10:	Verteilung der Inbetriebnahmejahre der einzelnen Druckstufen des Erdgasnetzes in der Verwaltungsgemeinschaft [10].....	28
Abbildung 3-11:	Spezifische Längen der Erdgasinfrastruktur auf Baublockebene in der Verwaltungsgemeinschaft	29
Abbildung 3-12:	Regionale Verteilung der absoluten Nutzwärmebedarfe je Baublock in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau/Erzgeb. und Niederwürschnitz.....	31
Abbildung 3-13:	Wärmebedarfsdichten auf Baublockebene zum Status Quo in der Verwaltungsgemeinschaft	32
Abbildung 3-14:	Wärmelinienindichten auf Straßenzugebene zum Status Quo der Verwaltungsgemeinschaft	33
Abbildung 3-15:	Baublockscharfe Verteilung der für Wärmezwecke eingesetzten Energieträger in der Kernstadt von Lugau/Erzgeb. (Teilgebiet 1).....	34
Abbildung 3-16:	Baublockscharfe Verteilung der für Wärmezwecke eingesetzten Energieträger im Teilgebiet 2 (Erlbach-Kirchberg und Ursprung).....	35

Abbildung 3-17: Baublockscharfe Verteilung der für Wärmezwecke eingesetzten Energieträger in der Gemeinde Niederwürschnitz (Teilgebiet 3)	36
Abbildung 3-18: Differenzierung des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke nach Sektor und Energieträger	37
Abbildung 3-19: Differenzierung des Endenergiebedarfs für Wärme nach Art der Bereitstellung.	38
Abbildung 3-20: Differenzierung des Wärmebedarfs nach Anwendungszweck.	38
Abbildung 3-21: Anteil erneuerbarer sowie fossiler Energieträger an der Wärmeversorgung.	39
Abbildung 3-22: Art, Leistung und Standort bestehender EE-Anlagen in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz [22]	40
Abbildung 3-23: Treibhausgasemissionen infolge der Wärmebereitstellung, Differenzierung nach Energieträgern. ...	41
Abbildung 3-24: Treibhausgasemissionen der Wärmebereitstellung: Differenzierung nach Sektoren zum Status Quo.	42
Abbildung 4-1: Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser in privaten Haushalten und GHD im Szenario O45-H ₂ in TWh/a (eigene Darstellung nach [25]).	45
Abbildung 4-2: Vereinfachtes Vorgehen zur Ermittlung von Potenzialen erneuerbarer Energien.	46
Abbildung 4-3: sektorscharfe Wärmebedarfsprognose für die VG Lugau und Niederwürschnitz bis 2045	47
Abbildung 4-4: Entwicklung des Wärmebedarfs auf Baublockebene im Zeitraum 2030 bis 2045.	48
Abbildung 4-5: Entwicklung der spezifischen Wärmebedarfsdichte im Zeitraum 2030 bis 2045.....	49
Abbildung 4-6: Potenzielle Wärmeerträge für Solarthermie als Aufdachanlagen in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz	50
Abbildung 4-7: Regionale Verteilung der hypothetischen Jahreserträge erneuerbarer Wärme durch Nutzung von Solarthermie-Freiflächenanlagen	52
Abbildung 4-8: Technische Anlagenmöglichkeiten der Grubenwassergeothermienutzung [37]	54
Abbildung 4-9: Standorte der Areale die durch eine Grubenwassergeothermieanlage aktiviert werden können	57
Abbildung 4-10: Identifizierte Standorte und potenzielle Leistungen der Windenergieanlagen in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz [45], [46]	59
Abbildung 4-11: PV-Dachflächenpotenziale in Form der generierbaren Stromerträge.....	60
Abbildung 4-12: Regionale Verteilung der hypothetischen Jahreserträge erneuerbaren Stroms durch Nutzung von PV-Freiflächenanlagen	61
Abbildung 4-13: Zusammenfassung der EE-Wärmepotenziale und Gegenüberstellung zum aktuellen Wärmebedarf in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz.....	62
Abbildung 4-14: Zusammenfassung der EE-Strompotenziale und Gegenüberstellung zum aktuellen Strombedarf in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz	63
Abbildung 5-1: Sektorale Verteilung der Endenergiebedarfe im Betrachtungszeitraum 2030 bis 2045.	73
Abbildung 5-2: Annahmen zu den anteiligen Herkunftsarten für den künftigen deutschen Wasserstoffmix.	75
Abbildung 5-3: Überblick zur Entwicklung der spezifischen Treibhausgasemissionen je Technologie/Energieträger [19], [20].	76
Abbildung 5-4: Vergleich der Emissionsfaktoren für den Fernwärmemix in den betrachteten Zielszenarien.	76

Abbildung 5-5: Bewertungsmatrix zum Vergleich der beispielhaften Zielszenarien (links) und resultierendes beispielhaften Netzdiagramm (rechts).....	78
Abbildung 5-6: Nutzwärmebedarfsentwicklung im gesamten Untersuchungsgebiet	80
Abbildung 5-7: Energiemix Wärme nach Energieträgern von 2030 bis 2045	82
Abbildung 5-8: Deckung des Strombedarfs zur Wärmeerzeugung in den Stützjahren 2030 bis 2045	83
Abbildung 5-9: Anteil der Leitungsgebundenen Energieversorgung	84
Abbildung 5-10: Energiemix Wärme nach Energieträgern von 2030 bis 2045	90
Abbildung 5-11: Deckung des Strombedarfs zur Wärmeerzeugung in den Stützjahren 2030 bis 2045	91
Abbildung 5-12: Anteil der Leitungsgebundenen Energieversorgung	92
Abbildung 5-13: Energiemix Wärme nach Energieträgern von 2030 bis 2045	98
Abbildung 5-14: Deckung des Strombedarfs zur Wärmeerzeugung in den Stützjahren 2030 bis 2045	100
Abbildung 5-15: Anteil der Leitungsgebundenen Energieversorgung	101
Abbildung 5-16: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S1)	107
Abbildung 5-17: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S2)	108
Abbildung 5-18: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S3)	110
Abbildung 5-19: Gegenüberstellung der fortgeschriebenen THG-Emissionen in den betrachteten Szenarien	111
Abbildung 5-20: Gesamtinvestitionskosten neu zu installierender Erzeugungsleistungen - Wärme & Strom – nach Technologie & Zielszenario bis 2045 (inkl. Inflation).....	113
Abbildung 5-21: Vergleich der Investitionskosten für Strom und Wärme – nach Technologie und Zielszenario bis 2045 (mit Inflati-on).	114
Abbildung 5-22: Kumulierte Betriebskosten (fixe und variable Kosten) der neu zu installierenden Leistungen in der Kommune – nach Technologie und Zielszenario bis 2045 (mit Inflation).....	115
Abbildung 5-23: Vergleich der %-Verteilung der Investitionskosten neu zu installierender Erzeugungsleistung nach Sektor bis 2045.	116
Abbildung 5-24: Wärmegestehungskosten der Zielszenarien im Betrachtungszeitraum 2030-2045 (in €/kWh; inklusive Inflation; Kostenvarianz $\pm 20\%$).	118
Abbildung 5-25: Abbildung der Bewertung der Szenarien.....	123
Abbildung 5-26: Eignungsstufen Wärmenetzgebiete Cluster Lugau/Erzgeb.	126
Abbildung 5-27: Eignungsstufen Wasserstoffnetzgebiete Cluster Lugau/Erzgeb.	127
Abbildung 5-28: Eignungsstufen Gebiete für die dezentrale Versorgung Cluster Lugau/Erzgeb.....	128
Abbildung 5-29: Eignungsstufen Wärmenetzgebiete Cluster Niederwürschnitz.....	129
Abbildung 5-30: Eignungsstufen Wasserstoffnetzgebiete Cluster Niederwürschnitz	130
Abbildung 5-31: Eignungsstufen Gebiete für die dezentrale Versorgung Cluster Niederwürschnitz	131
Abbildung 5-32: Eignungsstufen Wärmenetzgebiete Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung	132
Abbildung 5-33: Eignungsstufen Wasserstoffnetzgebiete Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung.....	133
Abbildung 5-34: Eignungsstufen Gebiete für die dezentrale Versorgung Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung	134
Abbildung 5-35: Gebietseinteilung des Szenarios Wasserstoff.....	136

Abbildung 5-36: Gebietseinteilung des Szenarios Wasserstoff, Cluster Lugau/Erzgeb. 137

Abbildung 5-37: Gebietseinteilung des Szenarios Wasserstoff, Cluster Niederwürschnitz 138

Abbildung 5-38: Gebietseinteilung des Szenarios Wasserstoff, Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung 139

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Kenndaten des Wärmenetz Lugau/Erzgeb.	26
Tabelle 3-2:	technische Kenndaten des bestehenden Erdgasverteilnetz in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau & Niederwürschnitz gemäß [10]	28
Tabelle 4-1:	Für die Potentialberechnung der Strecken notwendige Ausgangsparameter	56
Tabelle 4-2:	Ergebnisse zu den Wärmepotenzialen Grubenwasser in Lugau.....	57
Tabelle 5-1:	Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario Eins, Wasserstoff	68
Tabelle 5-2:	Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario Zwei, Wärmenetze und Grubenwasser.....	70
Tabelle 5-3:	Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario Drei, Elektrifizierung	71
Tabelle 5-4:	Empfehlungen zur Wärmenetzeignung anhand der Wärme-flächendichte [12]	79
Tabelle 5-5:	Empfehlungen zur Wärmenetzeignung anhand der Wärmelinien-dichte [12]	79
Tabelle 5-6:	Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf im gesamten Untersuchungsgebiet.	85
Tabelle 5-7:	Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im gesamten Untersuchungsgebiet.....	85
Tabelle 5-8:	Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz	85
Tabelle 5-9:	Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz	86
Tabelle 5-10:	Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf im Cluster Lugau/Erzgeb.	86
Tabelle 5-11:	Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im Cluster Lugau/Erzgeb.....	86
Tabelle 5-12:	Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger im Ort Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)	87
Tabelle 5-13:	Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im Ort Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)	87
Tabelle 5-14:	Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in dem Ort Niederwürschnitz	88
Tabelle 5-15:	Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude in Niederwürschnitz.....	88
Tabelle 5-16:	Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf im gesamten Untersuchungsgebiet	93
Tabelle 5-17:	Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im gesamten Untersuchungsgebiet.....	93
Tabelle 5-18:	Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger	93

Tabelle 5-19:	Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im beplanten Gebiet.....	94
Tabelle 5-20:	Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf in Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)	94
Tabelle 5-21:	Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)	94
Tabelle 5-22:	Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in dem Ort Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)	95
Tabelle 5-23:	Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im Ort Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)	95
Tabelle 5-24:	Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf in Niederwürschnitz.....	96
Tabelle 5-25:	Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Niederwürschnitz.....	96
Tabelle 5-26:	Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in dem Ort Niederwürschnitz	96
Tabelle 5-27:	Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude in Niederwürschnitz.....	97
Tabelle 5-28:	Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf	101
Tabelle 5-29:	Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung	102
Tabelle 5-30:	Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger	102
Tabelle 5-31:	Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im beplanten Gebiet.....	102
Tabelle 5-32:	Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf im Cluster Lugau/Erzgeb.	103
Tabelle 5-33:	Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im Cluster Lugau/Erzgeb.	103
Tabelle 5-34:	Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in dem Ort Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)	103
Tabelle 5-35:	Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im Ort Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)	103
Tabelle 5-36:	Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in dem Ort Niederwürschnitz	105
Tabelle 5-37:	Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude in Niederwürschnitz.....	105
Tabelle 5-38:	Treibhausgasemissionen je Stützjahr im Zielszenario Wasserstoff	106
Tabelle 5-39:	Treibhausgasemissionen je Stützjahr im Zielszenario Wärmenetze und Grubenwasser	108
Tabelle 5-40:	Treibhausgasemissionen je Stützjahr im Zielszenario Elektrifizierung	109
Tabelle 5-41:	Bewertungsmatrix zum Vergleich der Zielszenarien	119
Tabelle 6-1:	"Long-list" der Maßnahmen	142

Formelzeichen-, Index- und Abkürzungsverzeichnis

Gleichungen

Gleichung 1: Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der Treibhausgasemissionen. 20

Abkürzungen

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEG EM	Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) - Sanierung mit Einzelmaßnahmen an Wohn- oder Nichtwohngebäuden
BEW	Bundesprogramm effizienter Wärmenetze
BMWK/	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (heute: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie)
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
CCS	Carbon Capture and Storage (Abscheidung, Transport und Speicherung von Kohlenstoffverbindungen)
CCU	Carbon Capture and Utilization (Abscheidung, Transport und Nutzung von Kohlenstoffverbindungen)
DAC	Direct Air Capture (Abscheidung direkt aus der Luft von Kohlenstoffverbindungen)
DE	Deutschland
EE	Erneuerbare Energie
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EL	Elektrolyse
EU	Europäische Union
elektr.	elektrisch
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
Erdgas H	Hochkalorisches Erdgas (high calorific gas)
Erdöl L	leichtflüssiges Erdöl
EW	Einwohner:innen
FRL	Förderrichtlinie
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GeoBG	Gesetz zur Beschleunigung des Ausbaus von Geothermieranlagen, Wärmepumpen, Wärmeleitungen und Wärmespeichern

GIS	Geoinformationssystem
GWP	Global Warming Potentials
HD	Hochdruckebene
IINAS	Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt Köln
KEA	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Staatliche deutsche Förderbank)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
KWP	Kommunale Wärmeplanung
KWW	Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende
LPG	Liquefied Petroleum Gas (Verflüssigtes Gas aus Erdöl)
MaStR	Marktstammdatenregister
MaStRV	Marktstammdatenregisterverordnung
MD	Mitteldruckebene
MENA	Middle East and North Africa: geopolitische Region, die den Nahen Osten (Middle East) und Nordafrika umfasst
Mio.	Millionen
ND	Niederdruckebene
NEP	Netzentwicklungsplan Strom
PV	Photovoltaik
RED III	Renewable Energy Directive III
RLM-Kunde	Kunde der einer registrierenden Leistungsmessung unterliegt
SAB	Sächsische Aufbaubank
Strom-Mix-D	Strom-Mix-Deutschland
SZ1	Szenario Mix
SZ2	Szenario Elektrifizierung
TGT	Tiefengeothermie
THG	Treibhausgas
THGE	Treibhausgasemissionen
TÖB	Träger öffentlicher Belange
UBA	Umweltbundesamt
WEA	Windenergieanlage
WPG	Wärmeplanungsgesetz

Physikalische Größen und Einheiten

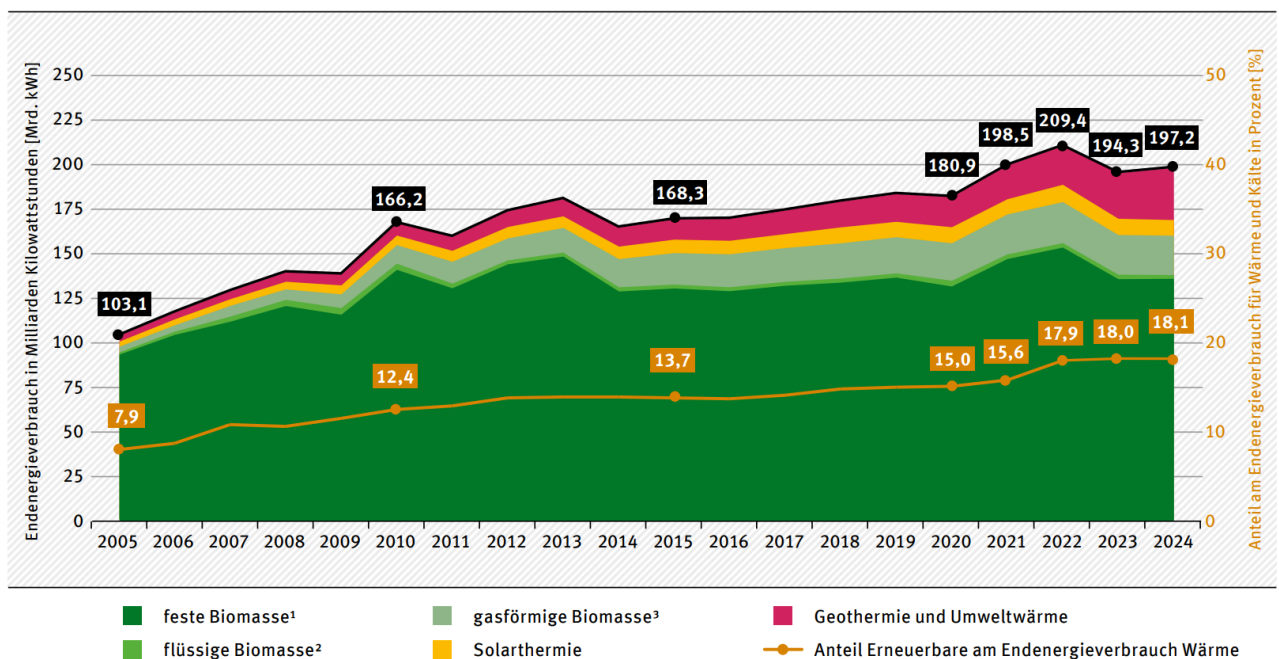
Energieverbrauch/-bedarf	kWh/a, MWh/a, GWh/a, TWh/a
Leistung	kW
Spezifische Gasnetzlänge	m/km ²
Treibhausgasemissionen	g CO ₂ -Äquivalent (g CO ₂ -Äq.)
	kg CO ₂ -Äquivalent (kg CO ₂ -Äq.)
	t CO ₂ -Äquivalent (t CO ₂ -Äq.)
Wärmebedarfsdichte	MWh/(ha·a)
Wärmeliniendichte	MWh/(m·a)

1 Einleitung

1.1 Motivation und Zielstellung

Deutschland steht mit 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. Hierbei müssen alle energieverbrauchenden Sektoren ihren Beitrag leisten. Daraus folgend sind Maßnahmen der Energiewende auf Bundes-, Landes- und Gemeindeebene notwendig.

Insbesondere der Wärmesektor ist von zentralem Interesse. In den Jahren 2023 und 2024 entfielen lediglich 18 Prozent der Wärmebereitstellung auf die Nutzung erneuerbarer Energieträger [1] (Abbildung 1-1).



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

Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

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

Ende 2023 wurde daher das Wärmeplanungsgesetz (WPG) erlassen [2] und die Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) verabschiedet [3]. 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 auf Gemeindeebene. 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 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, welches nach seiner erstmaligen Erstellung in regelmäßigen Zeitschritten (z.B. aller fünf Jahre) fortgeschrieben bzw. aktualisiert wird. Neben der Einbindung zentraler Akteure (Wohnungswirtschaft, Netzbetreiber, Bürgerinnen und Bürger) soll dies die Zukunftsfähigkeit des Konzeptes sicherstellen.

Abzugrenzen ist die KWP von weiterführenden Detailplanungen, wie etwa der technoökonomischen Bewertung des Ausbaus der leitungsgebundenen Wärmeversorgung vor Ort. Diese können 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 Darstellung des Untersuchungsgebietes

Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung wird die Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz betrachtet, welche sich im Westen des Erzgebirgskreises in Sachsen befindet. Mit Stand 2022 hat die Verwaltungsgemeinschaft eine Einwohnerzahl von 10.114 Einwohner und Einwohnerinnen [4]. Abbildung 1-2 zeigt das Untersuchungsgebiet der Kommunalen Wärmeplanung.

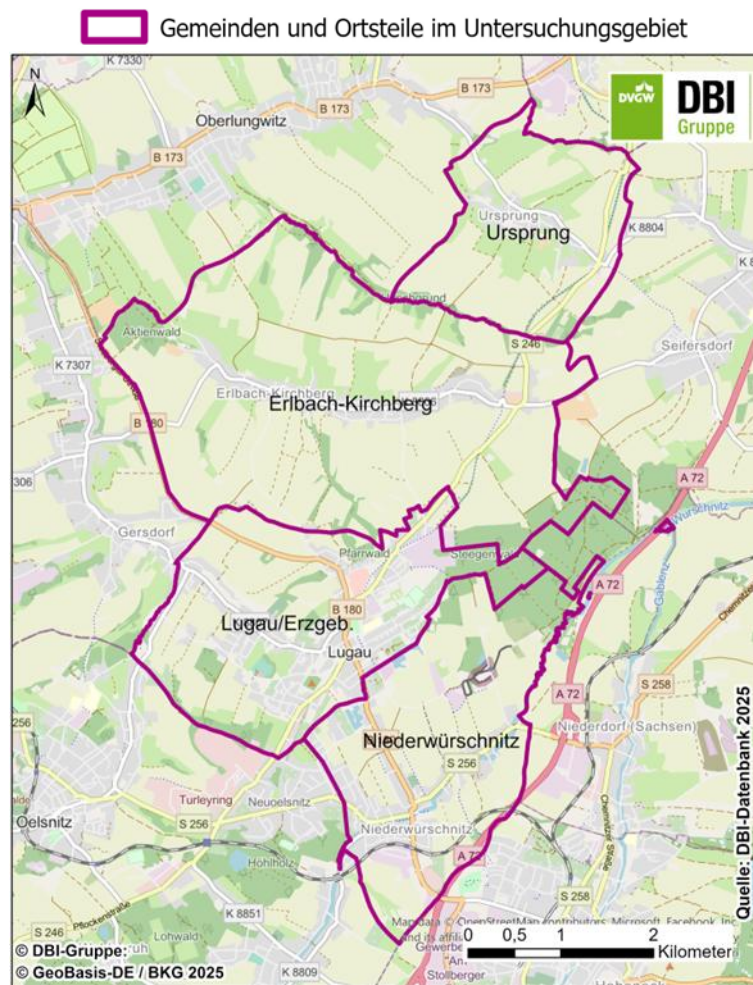


Abbildung 1-2: Untersuchungsgebiet der Kommunalen Wärmeplanung der Verbandsgemeinde Lugau-Niederwürschnitz

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz wurde gemäß § 14 Wärmeplanungsgesetz (WPG) eine Eignungsprüfung zur Abgrenzung geeigneter Teilgebiete durchgeführt. Grundlage hierfür bildete eine räumlich-strukturelle Analyse, die insbesondere die siedlungsstrukturellen Gegebenheiten sowie die Gliederung nach den untersten administrativen Einheiten (Ortsteile) berücksichtigt.

Im Ergebnis dieser Analyse wurde entschieden, die beiden Ortsteile Erlbach-Kirchberg und Ursprung aufgrund ihrer vergleichbaren Siedlungsstruktur als Straßendörfer sowie ihrer funktionalen Verflechtungen zu einem gemeinsamen Teilgebiet zusammenzuführen. Diese Zusammenfassung trägt der strukturellen Homogenität beider Ortsteile Rechnung und ermöglicht eine konsistente Betrachtung im Rahmen der Wärmeplanung.

Die Stadt Lugau/Erzgebirge mit ihrem kompakten Siedlungskern und eigener infrastruktureller Prägung bildet

hingegen ein eigenständiges Teilgebiet. Ebenso bleibt die Gemeinde Niederwürschnitz als abgegrenztes Teilgebiet bestehen, da sie durch ihre Lage, ihre eigenständige Siedlungsentwicklung sowie die bestehende Infrastruktur klare räumliche Abgrenzungen aufweist.

Damit ergibt sich für die weitere Bearbeitung eine Dreiteilung der kommunalen Wärmeplanung in die Teilgebiete:

- Stadt Lugau/Erzgeb.
- Erlbach-Kirchberg & Ursprung (vereintes Straßendorf-Teilgebiet)
- Gemeinde Niederwürschnitz

Diese Abgrenzung ermöglicht eine sachgerechte Eignungsprüfung gemäß § 14 WPG und bildet die Grundlage für eine differenzierte Betrachtung der jeweiligen Potenziale und Herausforderungen in der kommunalen Wärmeplanung.

2 Eignungsprüfung

2.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen der Eignungsprüfung

Die Aufstellung eines Kommunalen Wärmeplans beginnt mit der Eignungsprüfung. Diese untersucht, ob für das geplante Gebiet oder in Teilgebieten eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden kann.

Der Handlungsleitfaden zur Kommunalen Wärmeplanung vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [5] fasst das Ziel der Eignungsprüfung folgendermaßen zusammen:

„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).“

In den Gebieten, bei denen die Entscheidung für eine ausführliche Wärmeplanung getroffen wird, werden alle technisch möglichen, ökonomisch sinnvollen und mit den deutschen Klimazielen vereinbaren Wärmeversorgungsoptionen betrachtet. Wohingegen in Teilgebieten mit verkürzter Wärmeplanung dezentrale Versorgungsstrategien und -maßnahmen im Vordergrund stehen (§14 Abs. 4 WPG).

Im Vorfeld der eigentlichen Bestands- und Potenzialanalysen werden im Rahmen der Eignungsprüfung Strukturdaten sowie modellierte Energiedaten, wie beispielsweise Kennzahlen zur Bevölkerungsdichte, Flächennutzung, Gebäudestruktur, vorhandene EE-Anlagen, Wärmebedarfe und leitungsgebundene Infrastrukturen (Erdgas- sowie Wärmenetze), der Kommune quantitativ bzw. qualitativ ausgewertet.

Zur Beurteilung, ob sich eine verkürzte oder normale Wärmeplanung empfiehlt, wird das Prüfschema der BMWK/BMWSB genutzt (Abbildung 2-1). Das Prüfschema beinhaltet Leitfragen und führt mithilfe dessen zur Entscheidung über die Art der Wärmeplanung.

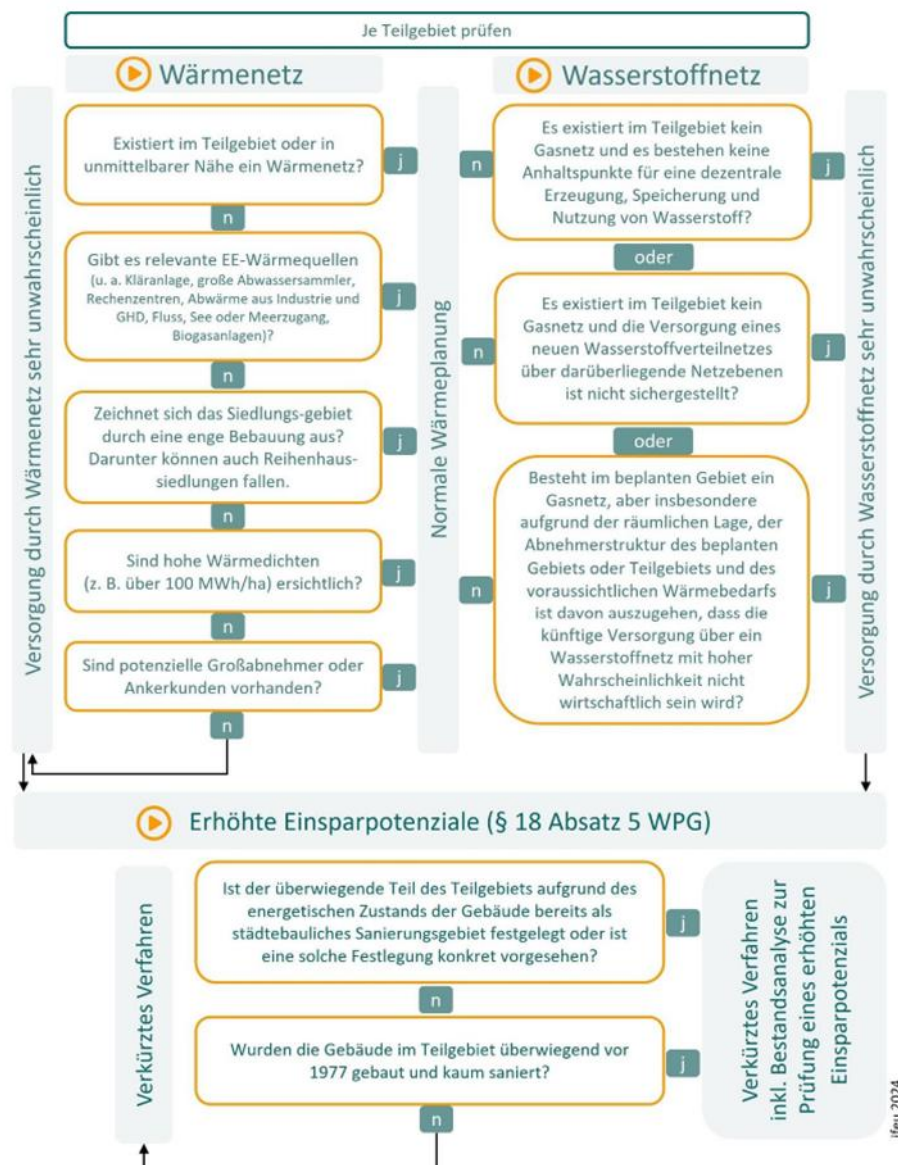


Abbildung 2-1: Darstellung des Prozesses und der Leitfragen der Eignungsprüfung [5]

2.2 Räumlich-strukturelle Analyse

Die Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz besitzt eine Gesamtfläche von ca. 28 Quadratkilometern [6]. Im Osten des Untersuchungsgebietes befinden sich ausgedehnte Waldgebiete. Die Wohngebiete verteilen sich überwiegend entlang der Infrastrukturen (Abbildung 2-2).

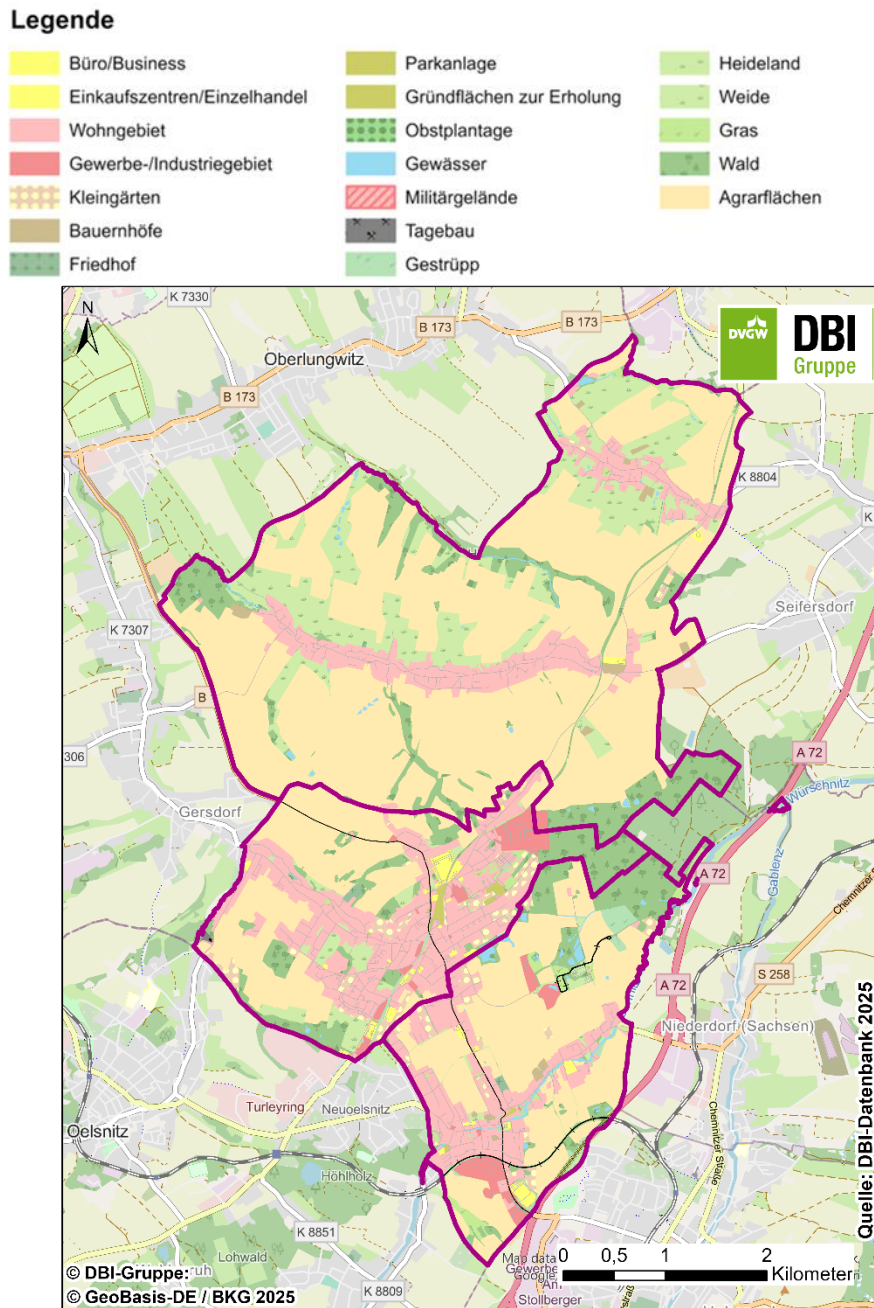


Abbildung 2-2: Kartografische Darstellung der Flächennutzung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz [6]

Die Analyse der Flächennutzung zeigt deutliche Unterschiede in der Struktur der einzelnen Teilgebiete der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz. Dies ist für die Wärmeplanung von hoher Relevanz, da die Siedlungsdichte, die Verteilung der Wohn- und Gewerbeflächen sowie der Anteil unbebauter Flächen maßgebliche Einflussfaktoren für die zukünftige Wärmeversorgung darstellen (siehe Abbildung 2-3).

Erlbach-Kirchberg & Ursprung

Dieses Teilgebiet weist mit rund 63 % Agrarflächen den höchsten Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche auf. Ergänzt wird die Nutzung durch einen Waldanteil von etwa 10 %, wodurch das Gebiet insgesamt stark durch unbebaute Flächen geprägt ist. Wohngebiete machen mit weniger als 10 % nur einen kleineren Anteil aus. Auffällig ist der vergleichsweise geringe Anteil an Gewerbe- und Industrieflächen sowie Büro-/Businessnutzungen, was die eher ländlich geprägte Struktur bestätigt. Insgesamt handelt es sich um ein Teilgebiet mit überwiegend extensiver Nutzung und geringer baulicher Verdichtung.

Niederwürschnitz

Die Gemeinde Niederwürschnitz zeigt eine dichtere Siedlungsstruktur. Das Teilgebiet weist mit rund 50 % Agrarflächen einen hohen Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche auf. Rund 20 % der Fläche entfallen auf Wohngebiete. Ergänzend sind Gewerbe- und Industrieflächen mit etwa 4 % vertreten. Der Waldanteil liegt bei etwa 13 %, wodurch sich ein ausgewogenes Verhältnis zwischen bebauten und unbebauten Flächen ergibt. Auffällig ist hier die Mischung aus Wohnen, Gewerbe und naturnahen Flächen, die Niederwürschnitz zu einem multifunktionalen Teilgebiet macht.

Lugau/Erzgeb.

Die Stadt Lugau weist die kompakteste Siedlungsstruktur auf. Mit rund einem Drittel Wohngebietsfläche liegt hier der mit Abstand höchste Anteil im Vergleich der Teilgebiete vor. Landwirtschaftliche Flächen machen nur ca. 32 % aus, während Gewerbe-/Industriegebiete und weitere Nutzungen jeweils kleinere Anteile einnehmen. Auffällig ist die große Bedeutung des Waldes im Stadtgebiet (rund 15 %). Diese Flächenverteilung spiegelt den urbanen Charakter Lugaus wider, der sich deutlich von den ländlich geprägten Ortsteilen abgrenzt.

Gesamtbetrachtung

Für das gesamte Untersuchungsgebiet ergibt sich ein heterogenes Bild: Während Erlbach-Kirchberg & Ursprung klar landwirtschaftlich dominiert sind, weist Niederwürschnitz eine gemischte Struktur aus Wohnen, Gewerbe und Waldflächen auf. Die Stadt Lugau ist hingegen stark verdichtet und überwiegend durch Wohnnutzung geprägt. Damit spiegeln die Teilgebiete in ihrer Gesamtheit die Spannbreite von ländlichen Räumen bis hin zu urban geprägten Siedlungsstrukturen wider. Diese Differenzierung ist für die Wärmeplanung entscheidend, da die energetischen Anforderungen, Potenziale und infrastrukturellen Voraussetzungen in den drei Teilgebieten stark variieren.

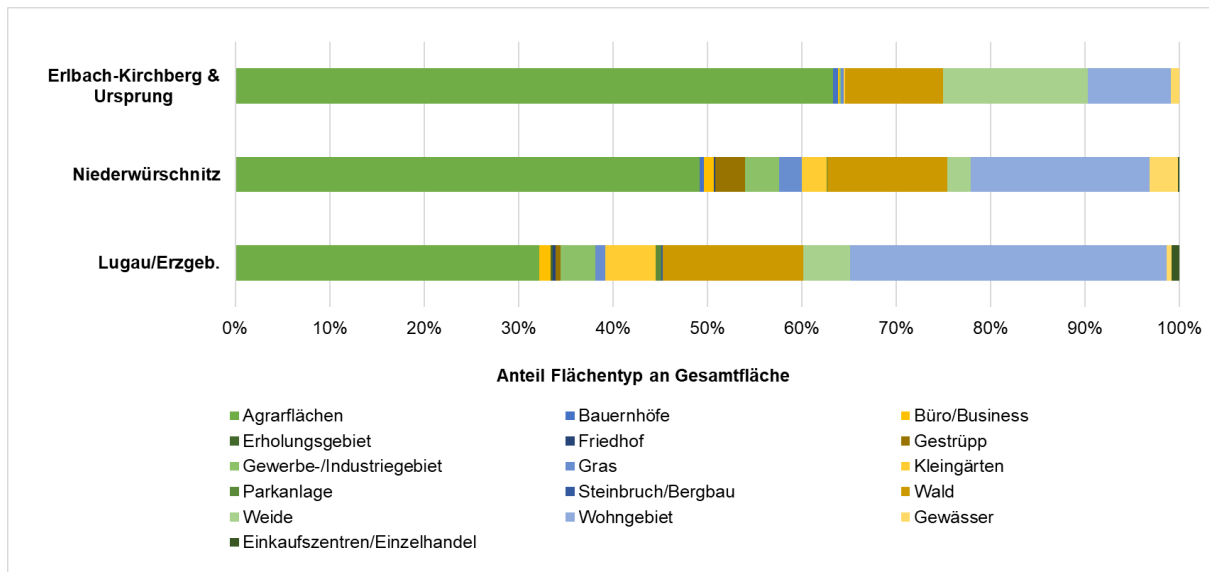


Abbildung 2-3: Prozentuale Verteilung der Landnutzung in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz [6]

Insgesamt konnten in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz 2.946 Adresspunkte ermittelt werden, wovon 2.660 Wohngebäude bzw. private Haushalte sind [6]. Mehr als die Hälfte der Gebäude sind vor 1945 gebaut worden. Der Anteil an Ein- oder Zweifamilienhäusern ist im Verhältnis zum Gesamtbestand sehr hoch mit 75 % [4].

Durch die Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz verläuft ein Erdgasverteilnetz, welches von der sächsischen inetz GmbH betrieben wird. Weiterhin gibt es im Teilgebiet Lugau/Erzgeb. ein bestehendes Wärmenetz der Danpower Energie Service GmbH. Aufgrund weniger Industrie- und Gewerbebetriebe bestehen keine hebbaren Abwärmequellen im Untersuchungsgebiet.

Eine Zusammenfassung der räumlich-strukturellen Analyse bietet der Anhang 1.

2.3 Ergebnis der Eignungsprüfung

Als Einschätzungshilfe, ob eine normale oder verkürzte Wärmeplanung durchgeführt wird, dient das Prüfungsschema der BMWK/BMWSB [5]. Auf Grundlage der räumlich-strukturellen Analyse und deren Anwendung auf das Prüfschema geht hervor, dass für die Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz eine normale Wärmeplanung durchgeführt wird. Dies leitet sich aus dem vorhandenen Erdgasverteilnetz, welches potenziell die Möglichkeit bietet, auf Wasserstoff umgestellt zu werden, ab. Der verantwortliche Gasnetzbetreiber inetz GmbH hat dazu mitgeteilt, dass derzeit die Umstellung der Erdgas- auf Wasserstoffnetze geprüft wird. Die Umstellung ist wiederum abhängig von der zu erwartenden Wasserstoffnachfrage und möglichen technischen Restriktionen z.B. Materialverträglichkeit, weshalb im Prüfschema die Leitfrage zum Wasserstoffnetz noch mit „unklar“ beantwortet wird. Laut inetz GmbH wird grüner Wasserstoff aber als alternativer Energieträger zukünftig von steigender Bedeutung sein. Der Prozess der Eignungsprüfung ist für jedes Teilgebiet in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

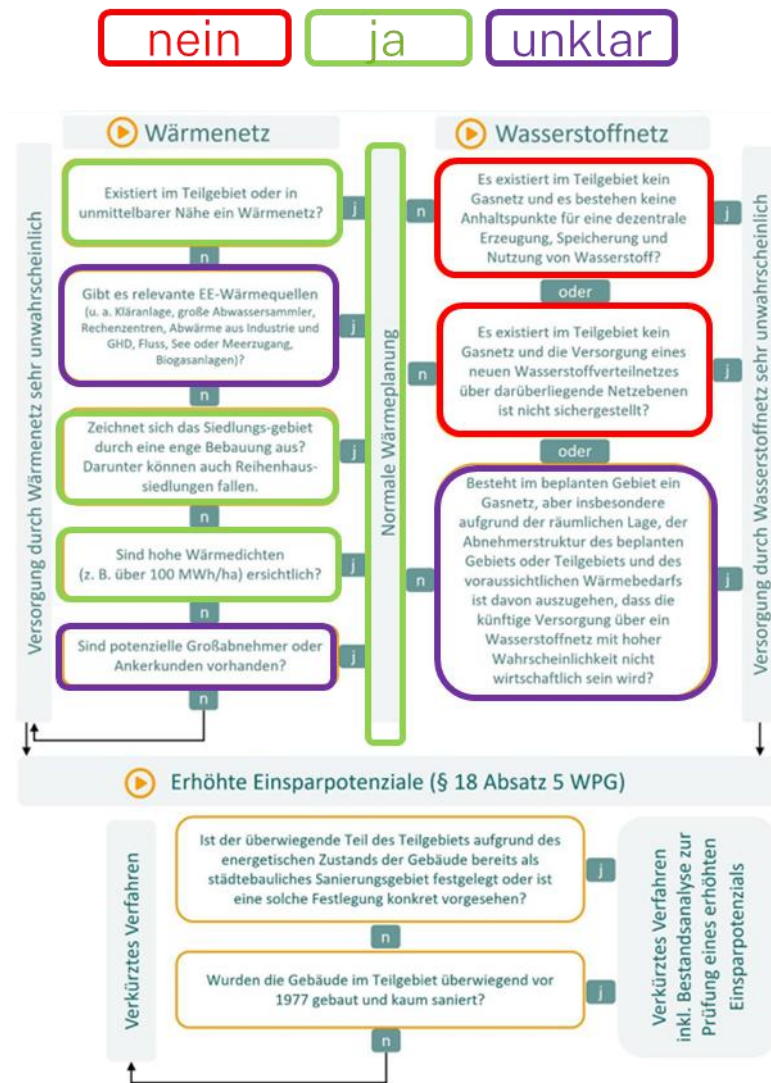


Abbildung 2-4: Darstellung der Beantwortung der Leitfragen des Prüfschemas für das Teilgebiet 1 Stadt Lugau / Erzgeb. [5]

Gemäß dem Prüfschema der Eignungsprüfung wurde für das Teilgebiet 1, die Stadt Lugau/Erzgeb., die Entscheidung getroffen, dass eine normale Wärmeplanung erforderlich ist (siehe Abbildung 2-4). Ausschlaggebend hierfür sind die vorhandenen Infrastrukturen, die eine differenzierte Betrachtung im Rahmen der Wärmeplanung notwendig machen. In Lugau/Erzgeb. besteht sowohl ein flächendeckendes Erdgasnetz als auch ein bereits vorhandenes Wärmenetz. Diese Ausgangslage erfordert eine detaillierte Analyse der Transformationsmöglichkeiten sowie der Perspektiven zur Dekarbonisierung.

Darüber hinaus wurden im Rahmen der räumlich-strukturellen Analyse eine dichte Bebauung sowie teilweise hohe Wärmedichten identifiziert. Diese Gegebenheiten sprechen für ein erhebliches Potenzial zur Entwicklung einer integrierten Wärmeplanung, die den Anforderungen des Wärmeplanungsgesetzes umfassend Rechnung trägt.

Für das Teilgebiet 2, bestehend aus den Ortsteilen Erlbach-Kirchberg und Ursprung, wurde die Eignungsprüfung gemäß Prüfschema durchgeführt. Die Analyse zeigt, dass sich das Prüfschema im Vergleich zu den stärker verdichteten Bereichen der Verwaltungsgemeinschaft insbesondere auf der linken Seite verändert. Dies ist vor allem auf die ländliche Siedlungsstruktur mit fehlendem Wärmenetz und geringer Bebauungsdichte zurückzuführen.

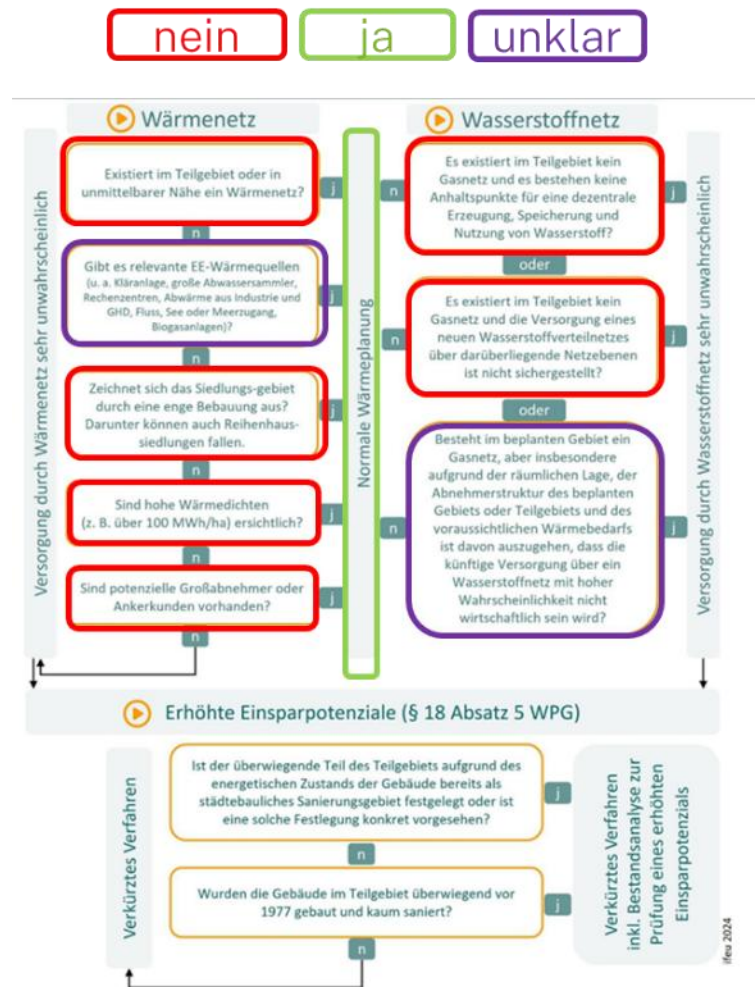


Abbildung 2-5: Darstellung der Beantwortung der Leitfragen des Prüfschemas für das Teilgebiet 2 Erlbach-Kirchberg & Ursprung [5]

Im Ergebnis der Eignungsprüfung (siehe Abbildung 2-5) konnte festgestellt werden, dass im Teilgebiet Erlbach-Kirchberg und Ursprung weder eine enge Wohnbebauung noch hohe Wärmedichten vorliegen. Ebenso fehlen Industrie- und Gewerbeflächen, sodass keine relevanten Abwärmepotenziale zu erwarten sind. Gleichwohl ist zu berücksichtigen, dass ein Erdgasnetz vorhanden ist, das große Teile des Gebietes abdeckt und eine gesicherte Versorgung gewährleistet. Dieser Umstand spricht dafür, dass auch in diesem Teilgebiet eine normale Wärmeplanung erforderlich ist, um die Perspektiven für eine schrittweise Transformation und Dekarbonisierung der bestehenden Gasinfrastruktur zu entwickeln.

Für das Teilgebiet 3, die Gemeinde Niederwürschnitz, wurde die Eignungsprüfung anhand des Prüfschemas durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die Rahmenbedingungen grundsätzlich vergleichbar mit dem Teilgebiet 2 (Erlbach-Kirchberg & Ursprung) sind, jedoch mit einigen strukturellen Unterschieden, die insbesondere die Siedlungsdichte und die Nutzung von Flächen betreffen.

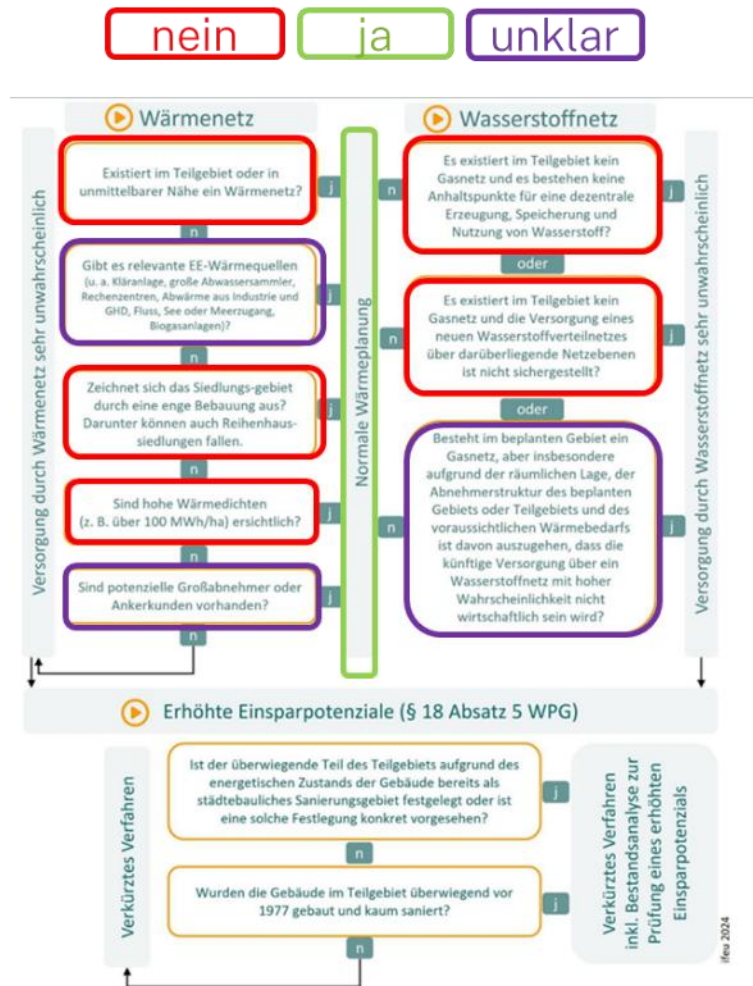


Abbildung 2-6: Darstellung der Beantwortung der Leitfragen des Prüfschemas für das Teilgebiet 3 Niederwürschnitz [5]

Im Zuge der Eignungsprüfung (siehe Abbildung 2-6) wurde festgestellt, dass in Niederwürschnitz – ähnlich wie im Teilgebiet 2 – ein bestehendes Erdgasnetz große Teile des Gebietes abdeckt und somit eine gesicherte Versorgung gegeben ist. Im Unterschied zu den Straßendörfern sind hier allerdings Industrie- und Gewerbeflächen vorhanden, sodass eine Detailprüfung der Abwärmepotenziale vorgenommen wurde. Diese Analyse ergab jedoch, dass keine relevanten Abwärmemengen identifiziert werden konnten.

Darüber hinaus liegen in Niederwürschnitz im Vergleich zu Erlbach-Kirchberg & Ursprung höhere Wärmedichten vor. Diese bleiben jedoch deutlich unterhalb der im Prüfschema relevanten Schwelle von 100 MWh/ha. Vor diesem Hintergrund wird auch für Niederwürschnitz eine normale Wärmeplanung erforderlich, um sowohl die bestehenden Infrastrukturen als auch die potenziellen zukünftigen Entwicklungen systematisch in die Planung einzubeziehen.

3 Bestandsanalyse

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

3.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen

Der BMWK-Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung [5] 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 Erdgasvertei- und Wärmenetzen.
4. Ableitung der Treibhausgasemissionen, die infolge der gegenwärtigen Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme entstehen.

3.2 Methodischer Ansatz und Datenbasis

Für die Durchführung der Bestandsanalyse stellen Realdaten (z.B. Erdgasverbräuche) eine wichtige Basis dar. Diese können von der planungsverantwortlichen Stelle im Einklang mit § 10 Absatz 1 WPG von den betroffenen Energieversorgungsunternehmen respektive Betreibern lokaler Versorgungsinfrastrukturen (Strom-, Gas- und Wärmenetze) abgefragt werden. Die Anlage 1 zu § 15 WPG listet die zur Durchführung der Bestandsanalyse erhebbaren Daten auf. Die für die einzelnen Teilschritte der Bestandsanalyse benötigten Informationen werden in den nachfolgenden Unterkapiteln einleitend beschrieben.

3.2.1 Exkurs: Baublöcke nach WPG

Gemäß WPG sind aggregierte Kartendarstellungen im Rahmen der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans essenziell. Somit können einerseits Datenschutzerfordernungen und andererseits bessere Verständlichkeit und Auswertbarkeit gewährleistet werden. Für die nachfolgenden Planungs- bzw. Umsetzungsanalysen bietet sich die Nutzung von Baublöcken an. Dies wird auch seitens WPG gefordert. WPG-konforme Baublöcke definieren sich wie folgt [2]:

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. Zur Berechnung dienen folgende Eingangsdaten:

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

Das Vorgehen kann über die in der Abbildung 3-1 skizzierte (jedoch vereinfachte) Schrittfolge nachvollzogen werden. Mit Blick auf die Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz sind auf Basis des beschriebenen Vorgehens rund 308 Baublöcke vorhanden.

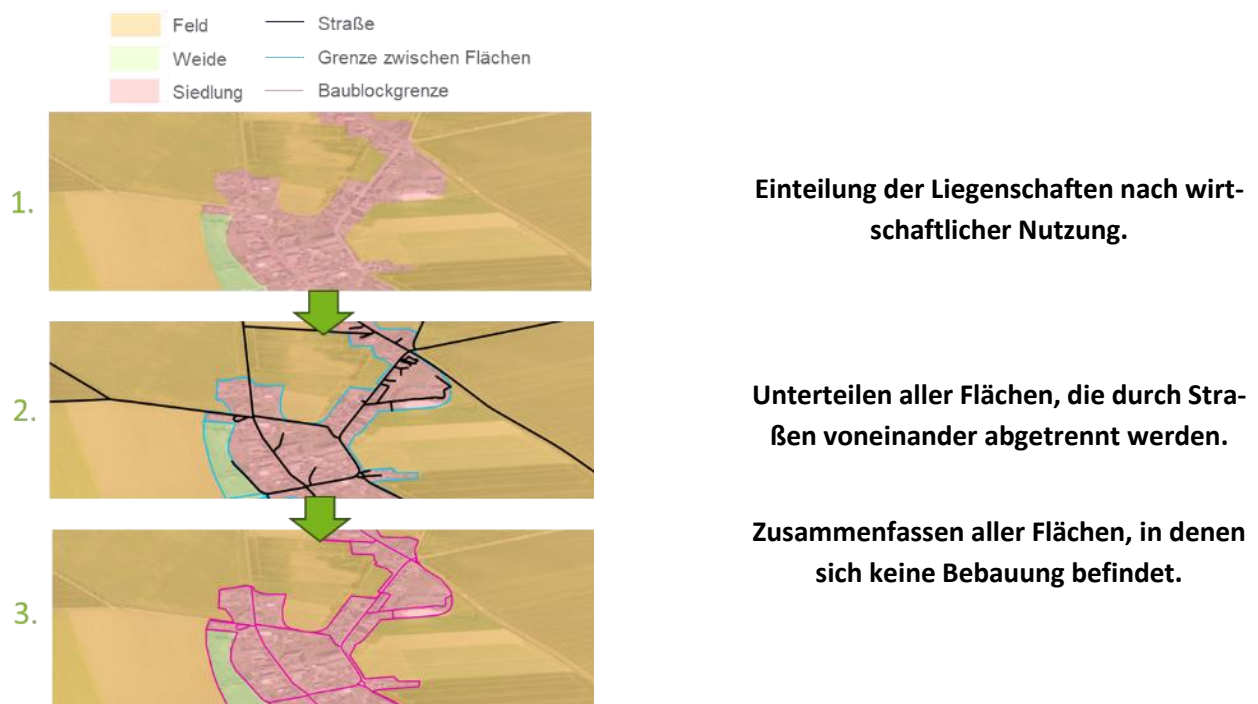


Abbildung 3-1: Vereinfachte Skizze für das Vorgehen zur Ermittlung WPG-konformer Baublöcke.

3.2.2 Analyse der Gebäude- und Siedlungsstruktur

In Abhängigkeit der Größe (z.B. Fläche oder Einwohnerzahl) einer Kommune variieren die Gebäudeanzahl sowie die individuelle Zusammensetzung an Gebäudetypen. Eine Klassifizierung ermöglicht die Zuordnung eines Gebäudes zu den Kategorien "Wohngebäude" und "Nicht-Wohngebäude". Eine konkretere 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 um kommunale Gebäude (z.B. Schulen), gewerblich genutzte Gebäude aus dem Bereich Einzelhandel und Dienstleistung oder industrielle Gebäude bzw. Gebäude des verarbeitenden Gewerbes. Im Zuge der vorliegenden Analysen nutzt der Auftragnehmer eine kommerzielle, deutschlandweite Gebäudedatenbank, die abseits der eigentlichen Gebäudestandorte auch den Gebäudetyp enthält [7]. 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 wie z.B. die Open Street Map Database [8].

Zusätzlich kann für die Gebäude anhand der Zensus-Daten (Bezug auf Rasterzellen 1 km x 1 km) [4] eine Abschätzung getroffen werden, wie hoch der Anteil der jeweiligen Baualtersklasse ist und dies auf die Baublöcke im Untersuchungsgebiet bezogen werden.

3.2.3 Analyse der leitungsgebundenen Infrastrukturen

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.

3.2.3.1 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 [2].

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 Danpower Energie Service GmbH zurückgegriffen [9]. Die Identifikation der tatsächlich an das Wärmenetz angeschlossenen Gebäude stützt sich auf weitere Datensätze des Betreibers, welche die Abnehmerstrukturen adressieren. Die Auswertung erfolgte mit Excel und unter Nutzung eines Geoinformationssystems (GIS).

3.2.3.2 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 [2].

1. Textliche/grafische Darstellungen
 - a) Der aktuelle jährliche Endenergieverbrauch von Wärme nach Energieträgern und Endenergiesektoren in Kilowattstunden.
 - b) 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 Erdgasleitungen nicht trassen- bzw. leitungsscharf 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 [10]. Konkret wurden übermittelt:

- 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.

Die Daten des Erdgasverteilnetzes wurden gesichtet und in das erstellte GIS-Projekt überführt.

3.2.3.3 Stromverteilnetz

Im Zuge der Aufstellung einer Gesamtbilanz der Wärmebereitstellung sowie der dafür eingesetzten Energieträger ist die Berücksichtigung stromseitiger Daten erforderlich. Dies betrifft insbesondere strombasierte Heizungstechnologien (direktelektrisch bzw. elektrische Wärmepumpen). Der zuständige Stromverteilnetzbetreiber Mitnetz Strom mbH hat hierzu folgende Daten bereitgestellt [11]:

- Installierte Wärmepumpenanzahl im Untersuchungsgebiet 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 Daten vor. Daher erfolgt die Auswertung überwiegend auf der Basis von Excel.

3.2.4 Analyse des Wärmebedarfs

Im Vorfeld der Ermittlung der Wärmebilanz ist eine Differenzierung zwischen den Begrifflichkeiten „Wärmebedarf“ und „Wärmeverbrauch“ notwendig. In der Literatur [12] findet sich beispielsweise folgende Abgrenzung. Im Zuge der KWP sind beide Kenngrößen von Bedeutung.

Wärmebedarf:

„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.“

Wärmeverbrauch:

„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 [...]“

Für die Analyse des Wärmebedarfs werden insbesondere für die Bestandsanalyse in großem Umfang Realdaten genutzt. Konkret sind folgende Realdatensätze zur Ermittlung der Wärmebilanz sowie der aktuellen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) in die Berechnungen eingeflossen:

- Wärmenetzseitige Verbräuche (Danpower Energie Service GmbH) [9]
- Erdgasseitige Verbräuche im Verteilnetz (inetz GmbH) [10],
- Elektroenergiebedarf für Wärmepumpen (Mitnetz Strom mbH). [11]

Modellierte Wärmebedarfe werden über den in Abbildung 3-2 dargestellten Ansatz ermittelt und bei den Gebäuden einbezogen, wo Datenlücken der Realdaten vorliegen und dezentrale Versorgungen zur Wärmebereitstellung eingesetzt werden.

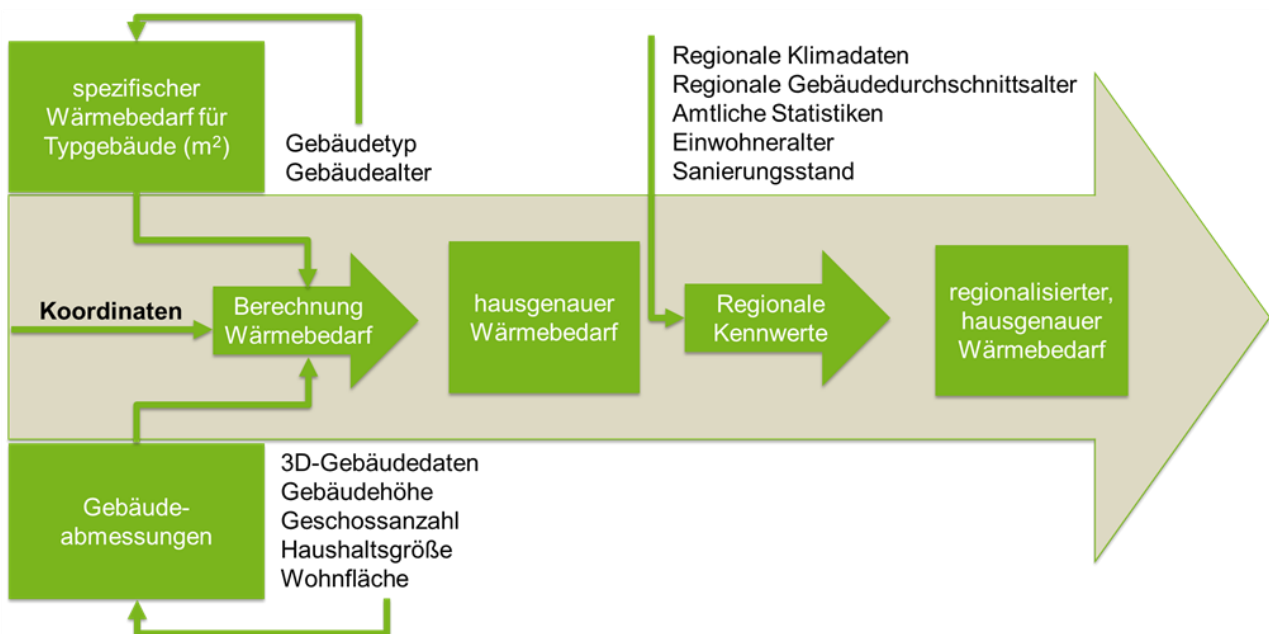


Abbildung 3-2: Modellhafter Ansatz zur Wärmebedarfsermittlung (Beispiel: Wohngebäude).

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

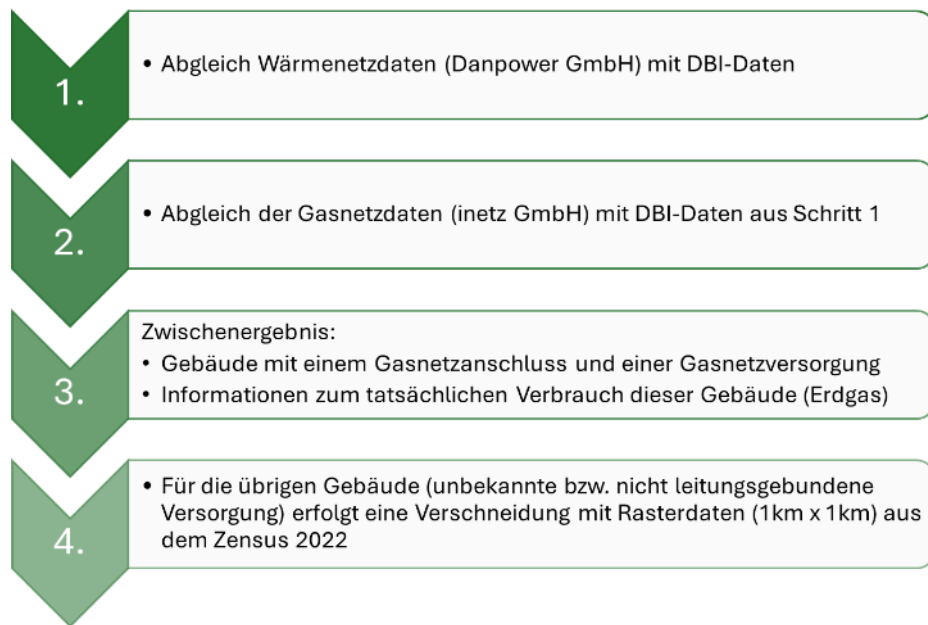


Abbildung 3-3: Vereinfachte Abfolge der Schritte zum Realdatenabgleich.

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 [4]) geschlossen, sodass jeder Gebäudestandort mit Informationen zum Nutzwärmebedarf, der eingesetzten Heizungstechnologie und den resultierenden Endenergiebedarfen ausgestattet ist.

3.2.5 Bestandsanlagen erneuerbarer Energien

Um bestehende Erneuerbare-Energien-Anlagen zu erfassen, ist der Rückgriff auf verschiedene Datenquellen erforderlich. Die wichtigste Informationsquelle ist hierbei das Marktstammdatenregister (MaStR) [13]. 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. Die rechtliche Basis für das MaStR ist im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) [14] und der Marktstammdatenregisterverordnung (MaStRV) [15] geregelt. Weitere relevante Gesetze sind das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) [16] und das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) [17].

Im MaStR sind unter anderem Anlagenarten, wie Stromerzeugungsanlagen (z. B. Photovoltaik, Windenergie, Biomasse, Wasserkraft, Kraft-Wärme-Kopplung) oder Speicheranlagen (z.B. Batteriespeicher) registrierungspflichtig. 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. In Summe ist somit der Bestand für EE-Anlagen je Kommune bewertbar.

3.2.6 Analyse der Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung

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 CO₂-Emissionen von der eingesetzten Endenergiemenge und dem Emissionsfaktor abhängig sind. Die Abgrenzung der Energieformen entlang der einzelnen Umwandlungsschritte ist in Abbildung 3-4 dargestellt. Die Endenergie entspricht dabei dem zweiten Umwandlungsschritt. Der Emissionsfaktor 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 Kohlendioxid¹ [18].

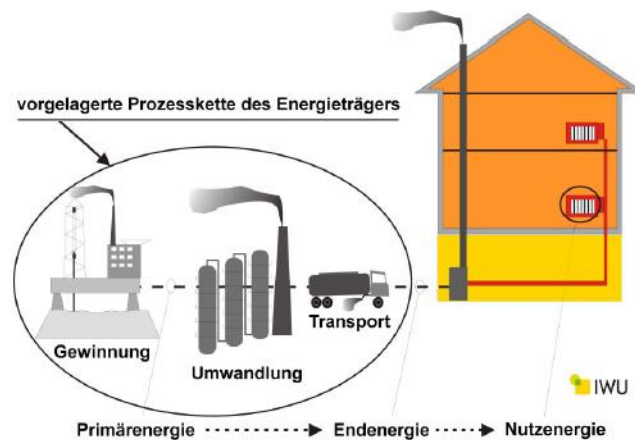


Abbildung 3-4: Energiewandlungskette von der Primär- zur Nutzenergie [19].

Die für die Berechnung benötigten Emissionsfaktoren sind der Literatur zu entnehmen. Im Zuge der Berechnung der Treibhausgasbilanz des Status quo wird im vorliegenden Wärmeplan vorwiegend auf Tabellenwerke [20] der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA) sowie des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) Köln [19] zurückgegriffen, siehe Abbildung 3-5. 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) [20]. Für das bestehende Fernwärmenetz wurde darüber hinaus der von der Danpower Energie Service GmbH ausgewiesene spezifische Emissionsfaktor von 98 g CO₂/kWh und Jahr berücksichtigt. Durch die Integration dieses netzspezifischen Wertes konnten die Emissionen präzise ermittelt und in die Gesamtdarstellung überführt werden.

¹ Der zugehörige dimensionslose Äquivalenzfaktor wird als Global Warming Potentials (GWP) bezeichnet und beträgt bei Methan unter Annahme eines Bezugszeitraumes von 100 Jahren rund 25.

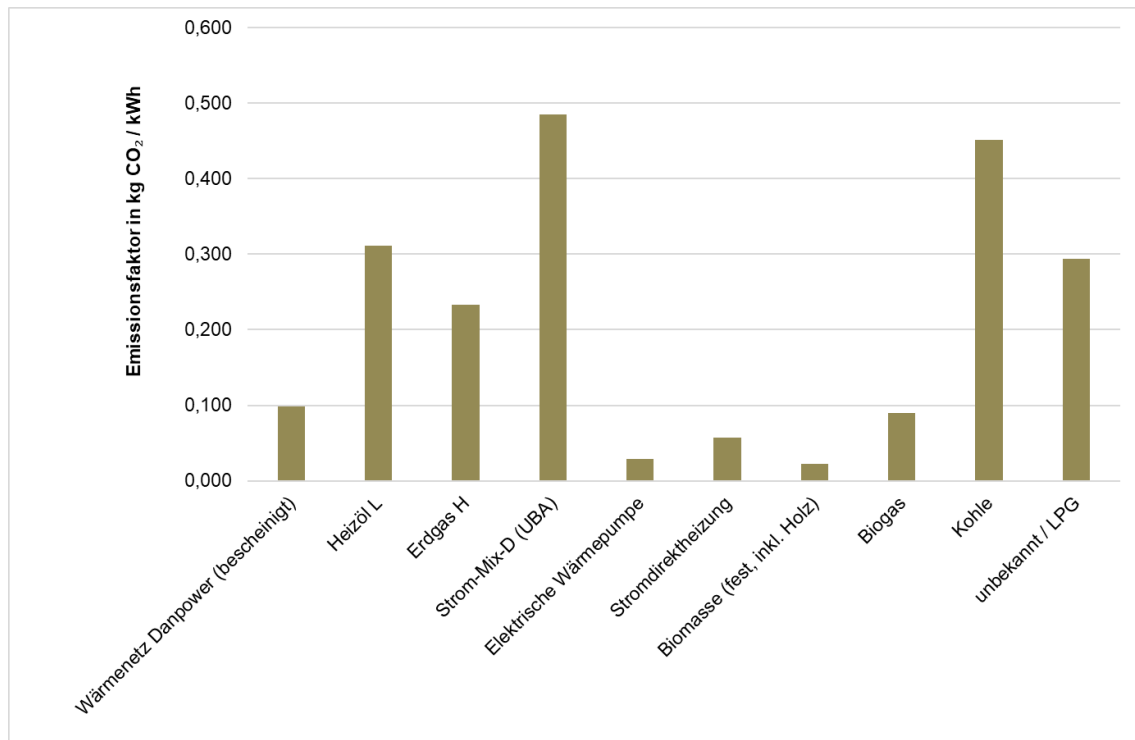


Abbildung 3-5: Treibhausgasintensität verschiedener Energieträger zum Status quo, eigene Darstellung nach [19], [20].

3.3 Ergebnisse der Bestandsanalyse

3.3.1 Gebäude- und Siedlungstypen

In Abbildung 3-6 ist die Anzahl der Adresspunkte in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau/Erzgeb. und Niederwürschnitz in Abhängigkeit von den Gebäudetypen dargestellt. Hierbei gilt zu beachten, dass ein Gebäude mehrere Adresspunkte aufweisen kann, z.B. in Gestalt mehrerer Hauseingänge. Folglich ist die Anzahl an Adresspunkten mindestens gleich oder größer der Gebäudeanzahl. Dabei fällt auf, dass in der Verwaltungsgemeinschaft mit 90 % der Großteil der Adresspunkte von privaten Haushalten geprägt ist. Die regionale Verteilung der Baualtersklassen von Gebäuden mit Wohnraum ist im Anhang 2 hinterlegt.

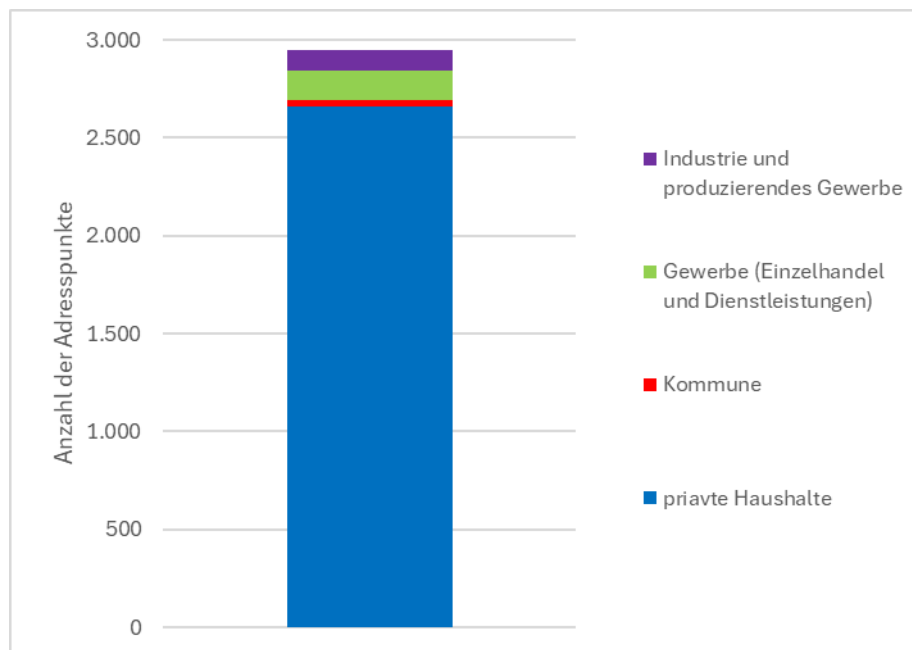


Abbildung 3-6: Anzahl der Adresspunkte in der Verwaltungsgemeinschaft in Abhängigkeit vom Gebäudetyp.

Neben den Gebäudetypen ist für die nachfolgenden Analysen zur Erstellung des kommunalen Wärmeplans die aktuelle Flächennutzung in der Verwaltungsgemeinschaft von Bedeutung. Diese wurde bereits in Kapitel 2.2 erläutert.

In Abhängigkeit vom Gebäudealter können die benötigten Wärmebedarfe aufgrund älterer Sanierungsstände und geringerer Dämmung höher ausfallen. In Abbildung 3-7 ist die überwiegende Baualtersklasse je Baublock dargestellt (Basis: Zensus 2022 [4]). Von den im Zensus definierten Klassen sind in der Verwaltungsgemeinschaft fünf Klassen vertreten. Der Großteil der Gebäude stammt dabei aus der Zeit vor 1919 bzw. ist zwischen 1919 bis 1948 oder zwischen 1949 und 1978 erbaut worden. Zusätzlich sind nach der Wiedervereinigung (zwischen 1991-2000) Gebäude in Baublöcken im Ortsteil Ursprung sowie in Lugau im Bereich der Vertrauensschachtstraße neu erbaut worden, die hier den Großteil des Gebäudebestands ausmachen (siehe Anhang 3).

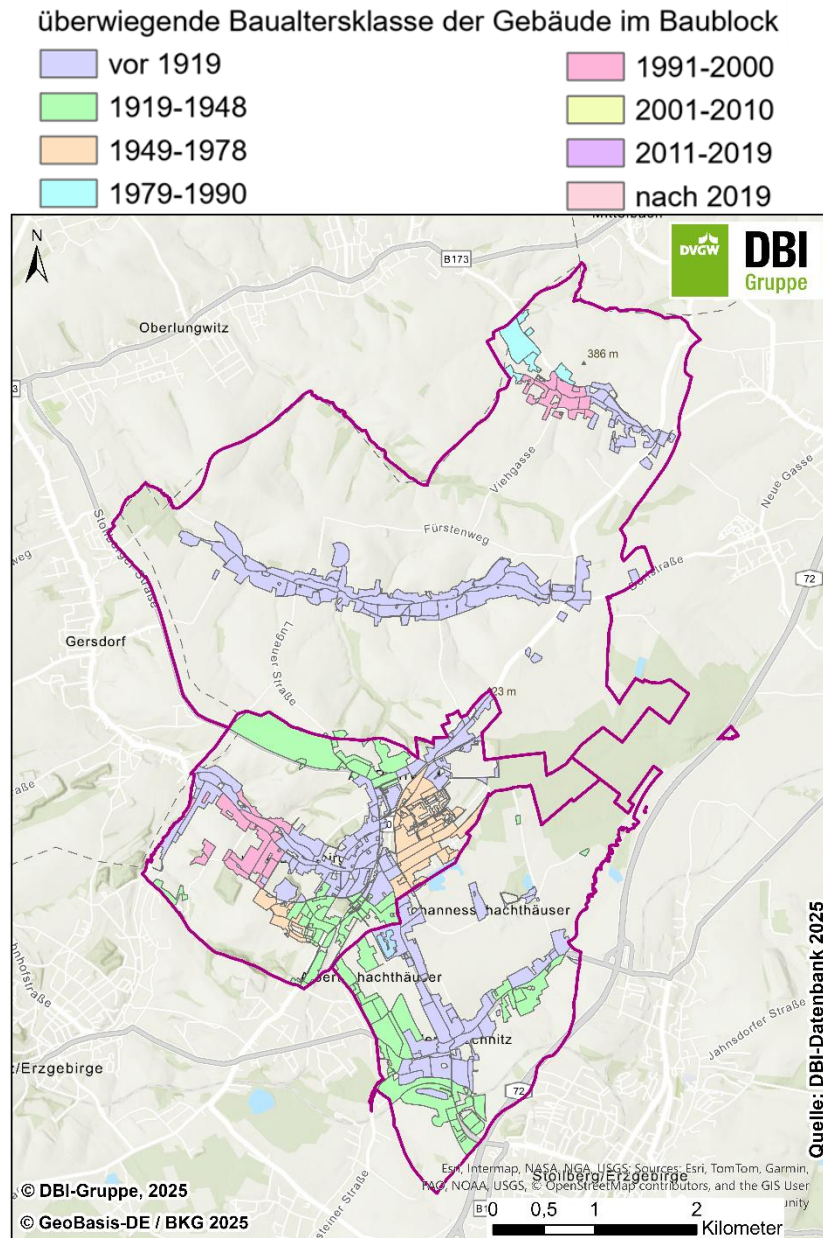


Abbildung 3-7: baublockbezogene Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude.

Innerhalb des Sektors private Haushalte kann zwischen verschiedenen Gebäudetypen unterschieden werden, je nachdem ob es sich um ein Einfamilienhaus oder Mehrfamilienhaus handelt. Mehrfamilienhäuser können dabei, wie beispielsweise bei Reihenhäusern, kleiner sein, oder aber auch groß, wie bei Wohnblöcken. In Abbildung 3-8 ist je Baublock der überwiegende Gebäudetyp dargestellt. Dabei wird deutlich, dass in der Verwaltungsgemeinschaft Einfamilienhäuser dominierend sind. In einzelnen Baublöcken stellen jedoch auch kleine bzw. große Mehrfamilienhäuser den Großteil dar. Eine detaillierte Darstellung je Teilgebiet ist im Anhang 4 zu finden.

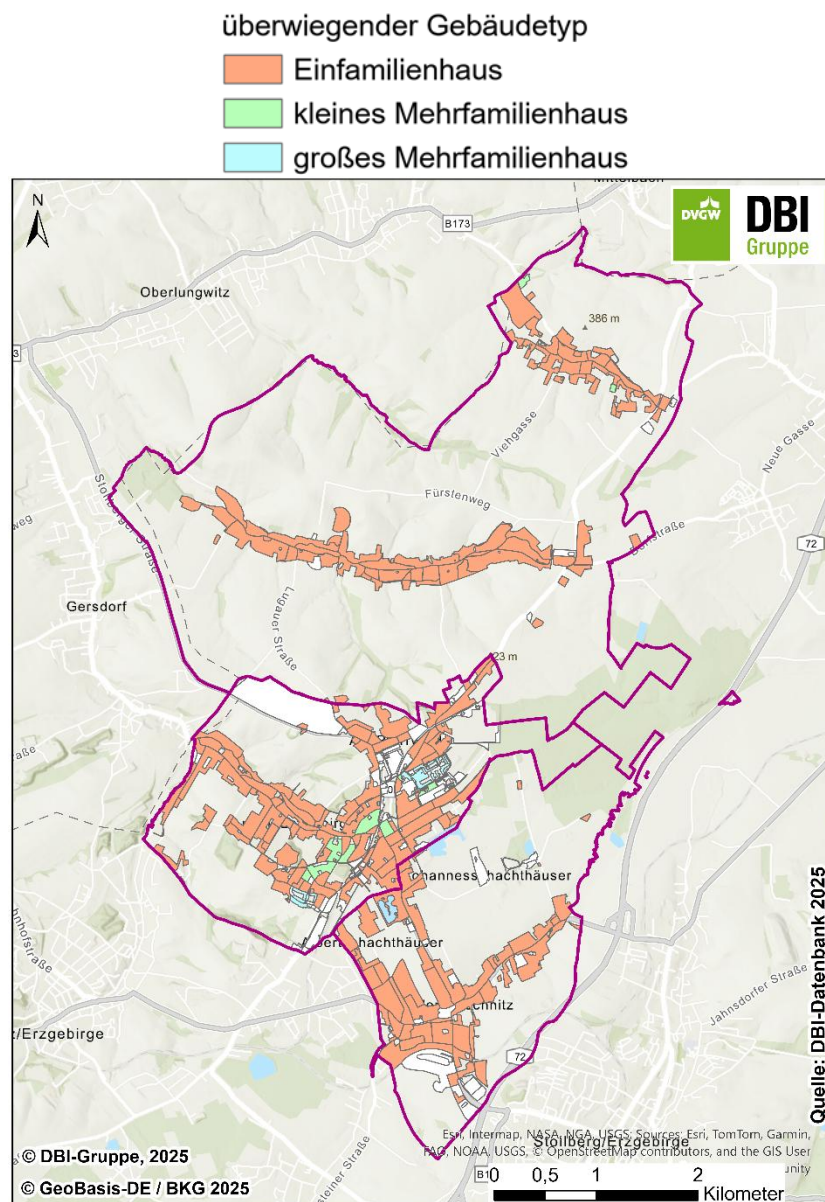


Abbildung 3-8: baublockbezogene Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps.

Eine detaillierte Darstellung je Teilgebiet ist im Anhang 5 zu finden.

3.3.2 Leitungsgebundene Infrastrukturen

3.3.2.1 Wärmenetze

Die nach dem WPG geforderten wichtigsten Kennzahlen und Merkmale des bestehenden, von der *Danpower Energie Service GmbH* betriebenen, Wärmenetzes sind in der folgenden Tabelle 3-1 zusammengefasst.

Tabelle 3-1: Kenndaten des Wärmenetz Lugau/Erzgeb.

Kategorie	Einheit	Wert
Art (Wasser/Dampf)	-	Wasser
Inbetriebnahmejahr	-	1985
Anzahl Abnehmer	-	31
Wärmeabnahme (Ø 2022-2024)	MWh/a	3.945
Höhe der Wärmeverteilverluste	%	15 - 20
Trassenlänge gesamt	m	2.800
Primärenergiefaktor		0,62
CO ₂ -Faktor	g/kWh	98
Energieträger	-	Erdgas, Erdgas/HEL & Holz
Gesamt-Anschlussleistung	kW	2.688

Das Wärmenetz der Stadt Lugau/Erzgeb. befindet sich in dem Wohngebiet zwischen der Albert-Schweitzer-Straße und Sallauminer Straße. Mit einer Trassenlänge von knapp 3 km und einem Wärmeabsatz von rund 4 GWh/a versorgt das Wärmenetz mehr als 30 Abnehmer (Adresspunkte) in der Stadt. Die Wärmebereitstellung erfolgt über die beiden Energieträger Erdgas und Holz, was den vergleichsweise geringen Primärenergiefaktor erklärt. Der ins GIS übertragene Verlauf des Wärmenetzes inkl. der Anschlussleitungen ist in der nachfolgenden Abbildung 3-9 dargestellt.



Abbildung 3-9: Trassenverlauf des Wärmenetz Lugau, eigene Darstellung gemäß auf Basis von [XX] inkl. Anschlussleitungen.

3.3.2.2 Erdgasverteilnetz

Eine weitere bedeutende Bestandsinfrastruktur stellt das Erdgasverteilnetz dar. Dieses wird im Untersuchungsgebiet von der inetz GmbH betrieben. Erwähnenswert ist der Umstand, dass in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau & Niederwürschnitz alle Druckebenen vorzufinden sind. Die gemäß WPG geforderten Kennwerte zum Erdgasverteilnetz sind in der Tabelle 3-2 zusammengefasst. In Summe sind 2.522 Abnehmer an das Verteilnetz angeschlossen. Hierfür sind insgesamt mehr als 75 km an Leitungsinfrastruktur installiert, wobei der Großteil mit rund 55 % auf die Niederdruckebene entfällt. Erwähnenswert ist die Lage mehrere wichtiger Hochdruckleitungen im Gebiet der Verwaltungsgemeinschaft.

Tabelle 3-2: technische Kenndaten des bestehenden Erdgasverteilnetz in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau & Niederwürschnitz gemäß [10]

Kategorie	Einheit	Wert
Art		Erdgas
Jahr Inbetriebnahme (ND)		1974 bis 2021
Jahr Inbetriebnahme (MD)		1996 bis 2021
Jahr Inbetriebnahme (HD)		1965 bis 2021
Trassenlänge (ND)	m	41.600
Trassenlänge (MD)	m	9.600
Trassenlänge (HD)	m	24.000
Gesamtanzahl Anschlüsse (Adresspunkte)	Stk.	2.522

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 Abbildung 3-10. Analog zu anderen Kommunen in Ostdeutschland setzte auch in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau & Niederwürschnitz nach der Wiedervereinigung eine umfangreiche Neubautätigkeit ein.

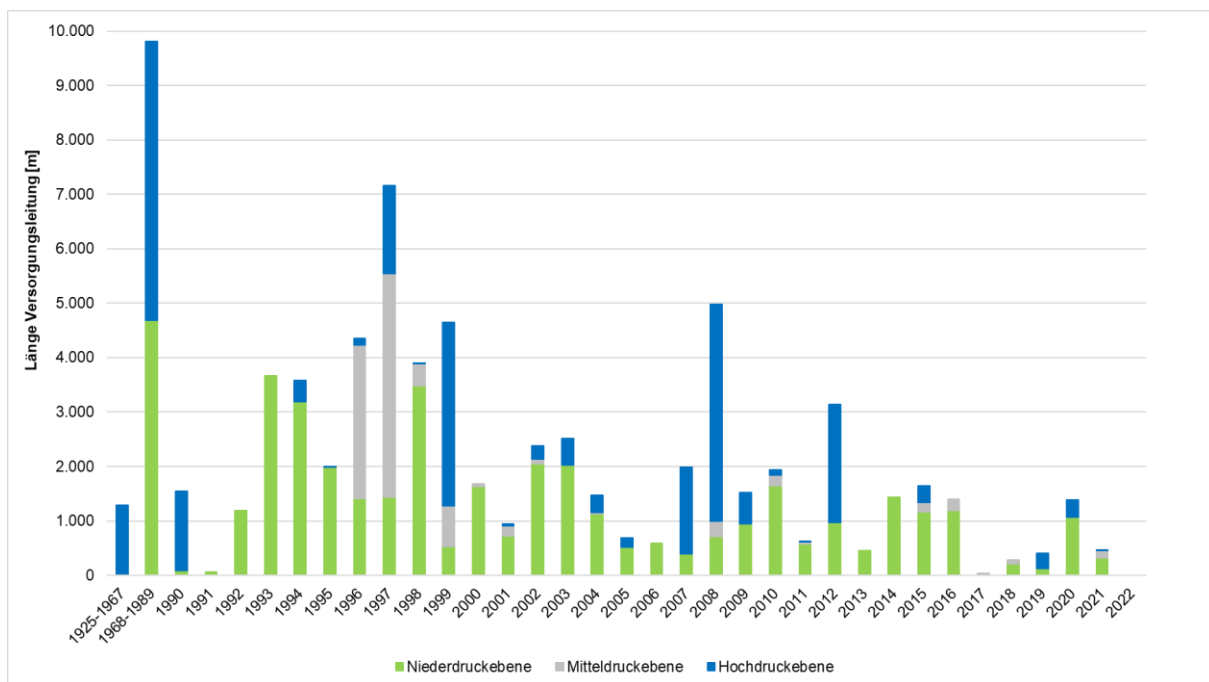


Abbildung 3-10: Verteilung der Inbetriebnahmejahre der einzelnen Druckstufen des Erdgasnetzes in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau & Niederwürschnitz gemäß [10]

Die kartografische Veranschaulichung der Gasnetzlängen kann Abbildung 3-11 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 Quadratkilometer Baublockfläche ausgewiesen. Hier wird deutlich, dass vor allem in den dicht bebauten Gebieten hohe spezifische Netzlängen zu finden sind.

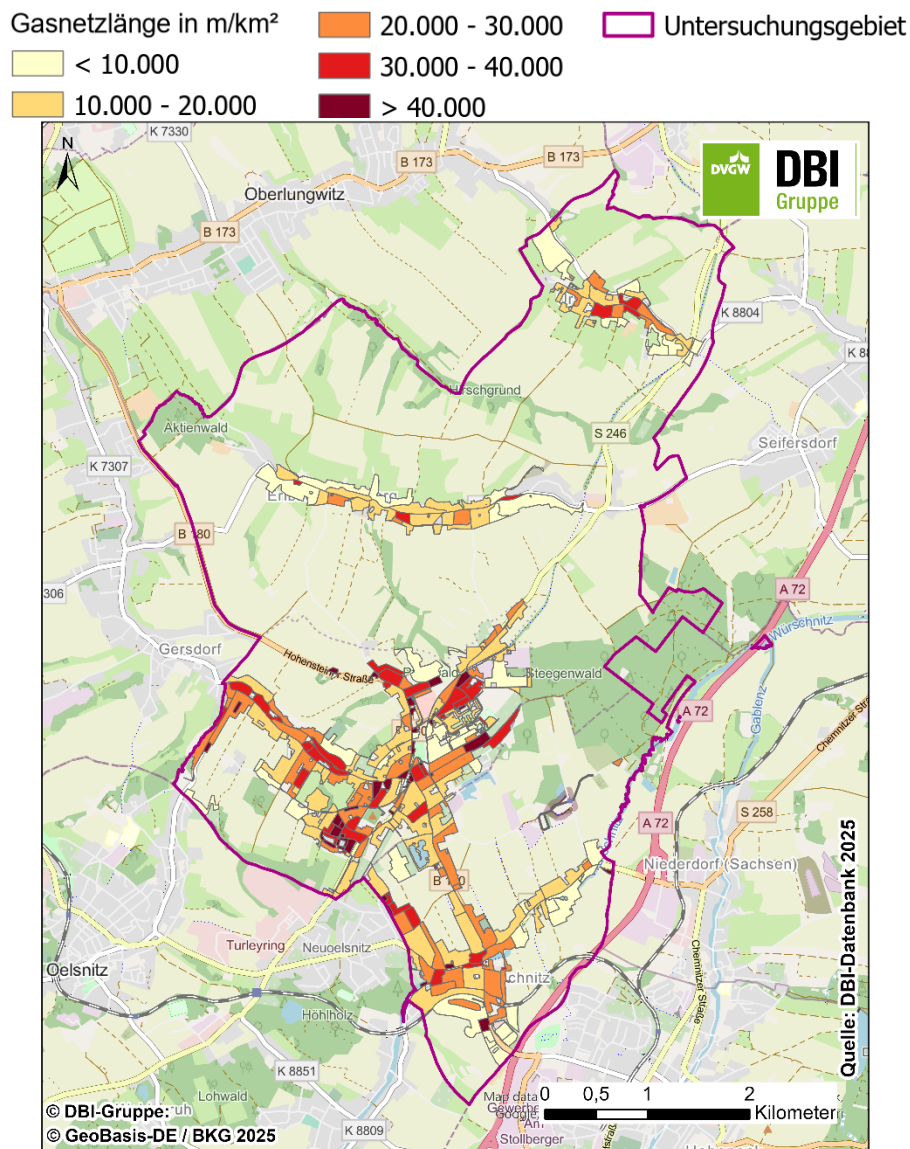


Abbildung 3-11: Spezifische Längen der Erdgasinfrastruktur auf Baublockebene in der Verwaltungsgemeinschaft
Eine detaillierte Darstellung je Teilgebiet ist im Anhang 6 zu finden.

3.3.2.3 Stromverteilnetz

Das lokale Stromverteilnetz wird durch die Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH betrieben. Diese haben für die Verwaltungsgemeinschaft Lugau/Erzgeb. und Niederwürschnitz die Daten getrennt gemäß den Gemeinden Lugau/Erzgeb. (Teilgebiet 1 und 2) und der Gemeinde Niederwürschnitz (Teilgebiet 3) übergeben. Die werden demnach getrennt ausgewertet.

Lugau/Erzgeb. mit den Ortsteilen Erlbach-Kirchberg und Ursprung

Für die Gemeinde Lugau/Erzgeb. wurde übermittelt, dass rund 26 km Mittelspanungsleitungen sowie 38 Netzstationen installiert sind. Über das Stromnetz werden in Lugau/Erzgeb. 82 Wärmepumpen mit einem Energiebedarf von rund 348 MWh/a versorgt (Stand: 2022). Von der dabei erzeugten Wärme können durch 24 Wärmespeicher ca. 161 MWh/a Wärme gespeichert werden. Die durchschnittliche Stromliefermenge über die Jahre 2018-2022 der envia Mitteldeutsche Energie AG in Lugau/Erzgeb. beträgt rund 29,1 GWh/a. Insgesamt konnten in Lugau/Erzgeb. über Erneuerbare-Energie-Anlagen sowie Kraftwärmekopplungsanlagen durchschnittlich 5 GWh/a in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. [11]

Niederwürschnitz

Für die Gemeinde Niederwürschnitz wurde übermittelt, dass rund 26 km Mittelspanungsleitungen sowie 15 Netzstationen sowie ein Umspannwerk installiert sind. Über das Stromnetz werden in Niederwürschnitz 31 Wärmepumpen mit einem Energiebedarf von rund 138 MWh/a versorgt (Stand: 2022). Von der dabei erzeugten Wärme können durch 10 Wärmespeicher ca. 36 MWh/a Wärme gespeichert werden. Die durchschnittliche Stromliefermenge über die Jahre 2018-2022 der envia Mitteldeutsche Energie AG in Niederwürschnitz beträgt rund 15,5 GWh/a. Insgesamt konnten in Niederwürschnitz über Erneuerbare-Energie-Anlagen sowie Kraftwärmekopplungsanlagen durchschnittlich 1,9 GWh/a in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. [11]

3.3.3 Wärmebedarfe

Im Einklang mit der Beschreibung des methodischen Vorgehens (siehe Kapitel 3.2.4) resultiert die nachfolgende Wärmebilanz für die Verwaltungsgemeinschaft Lugau & Niederwürschnitz aus einer Kombination von Real- sowie Modelldaten. Zunächst werden die Nutzwärmebedarfe für die Verwaltungsgemeinschaft Lugau & Niederwürschnitz analysiert. Nachfolgend finden sich hierfür sowohl Kartendarstellungen zur geografischen Verteilung der absoluten Bedarfe sowie abgeleiteten Bedarfsgrößen (z.B. flächenbezogene Wärmedichte).

In Abbildung 3-12 sind die absoluten Nutzwärmebedarfe in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau & Niederwürschnitz dargestellt. Hierbei wurden die Nutzwärmebedarfe im Einklang mit den Bestimmungen des WPG auf Baublockebene aggregiert. Vor allem entlang der Stollberger Straße sind dabei hohe Wärmebedarfe erkennbar, welche aufgrund der Abnehmerstruktur (Anzahl der Gebäude und Wärmebedarfe innerhalb eines Baublocks) zum Teil hohe Wärmebedarfssummen aufweisen.

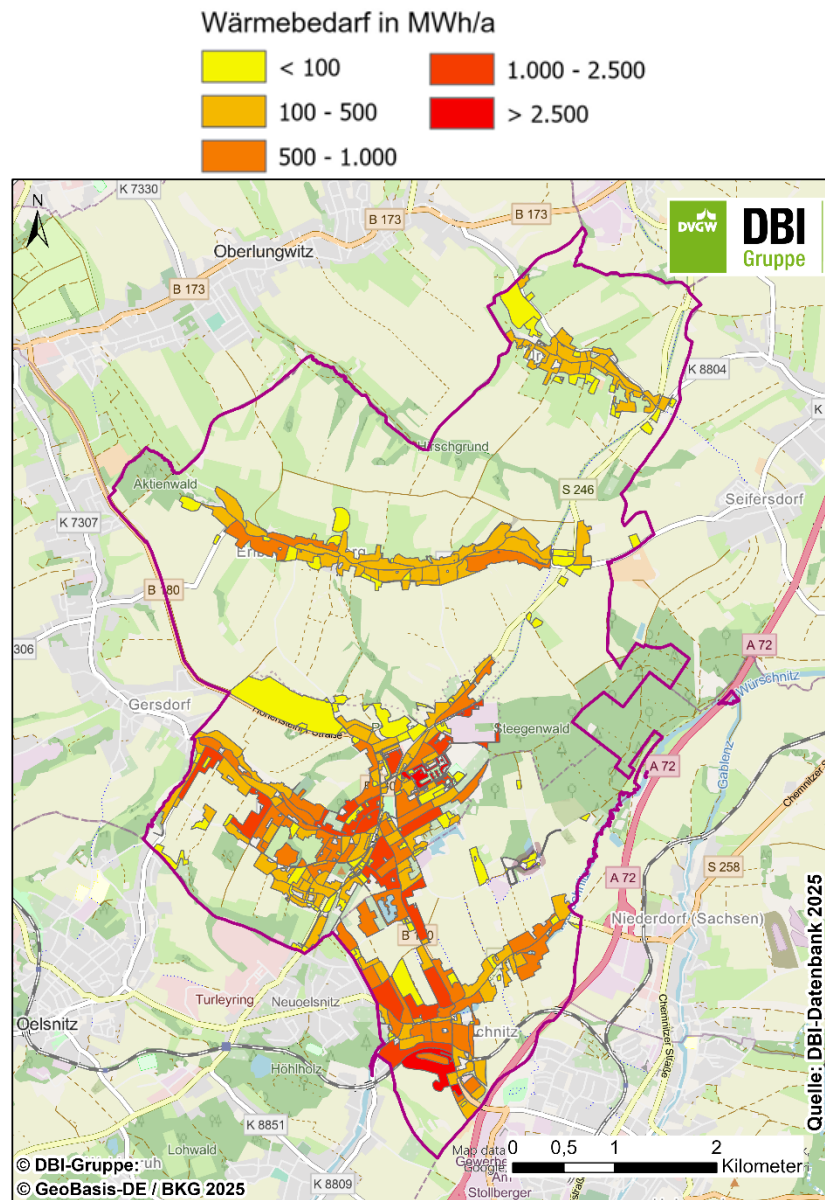


Abbildung 3-12: Regionale Verteilung der absoluten Nutzwärmebedarfe je Baublock in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau/Erzgeb. und Niederwürschnitz

Aufgrund der stark unterschiedlichen Flächengrößen 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 3-13 die flächenbezogenen Wärmebedarfsdichten für die Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz. Im Vergleich zur absoluten Darstellung werden v.a. in größeren Baublöcken hier die flächenbezogenen Wärmebedarfe deutlich geringer und im Vergleich kleinere Baublöcke mit höheren Bedarfen werden besser sichtbar. Ab dem Kennwert von 415 MWh/(ha*a) wird im Leitfaden für die Kommunale Wärmeplanung von einer Eignung für Wärmenetze bei Bestandsgebäuden gesprochen [5]. Eine detaillierte Darstellung je Teilgebiet ist im Anhang 7 zu finden.

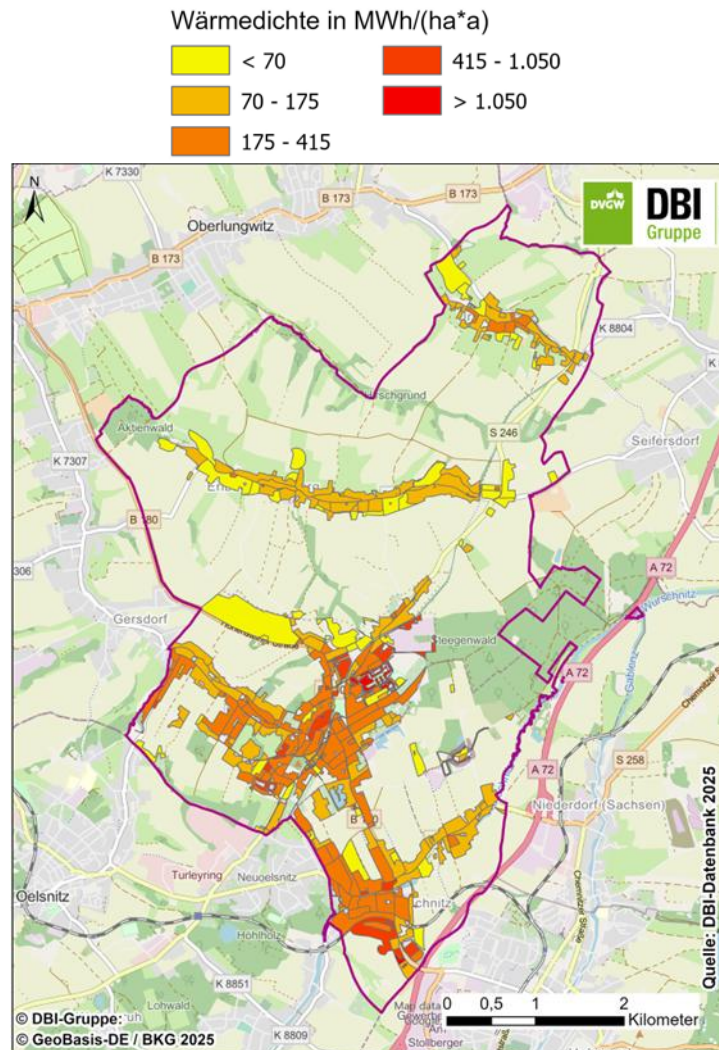


Abbildung 3-13: Wärmebedarfsdichten auf Baublockebene zum Status Quo in der Verwaltungsgemeinschaft

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 Wärmelinienindichte 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 der Regel unterirdisch entlang von Straßenzügen verlegt werden. Wärmenetze können teils aber auch oberirdisch verlaufen. Die kartografische Darstellung der Wärmelinienindichten in der Verwaltungsgemeinschaft ist in Abbildung 3-14 dargestellt. Wie auch bei Flächendichten existieren auch bei Liniendichten spezielle Kennwerte zur Eignung von Wärmenetzen. Laut Leitfaden Wärmeplanung [5] gilt ab einem Kennwert von $1,5 \text{ MWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$ eine Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten. Im Vergleich mit diesem Kennwert erreichen deutlich mehr Gebiete mit aktuellen Wärmenetzen den vorgegebenen Kennwert. Eine detaillierte Darstellung je Teilgebiet ist im Anhang 8 zu finden.

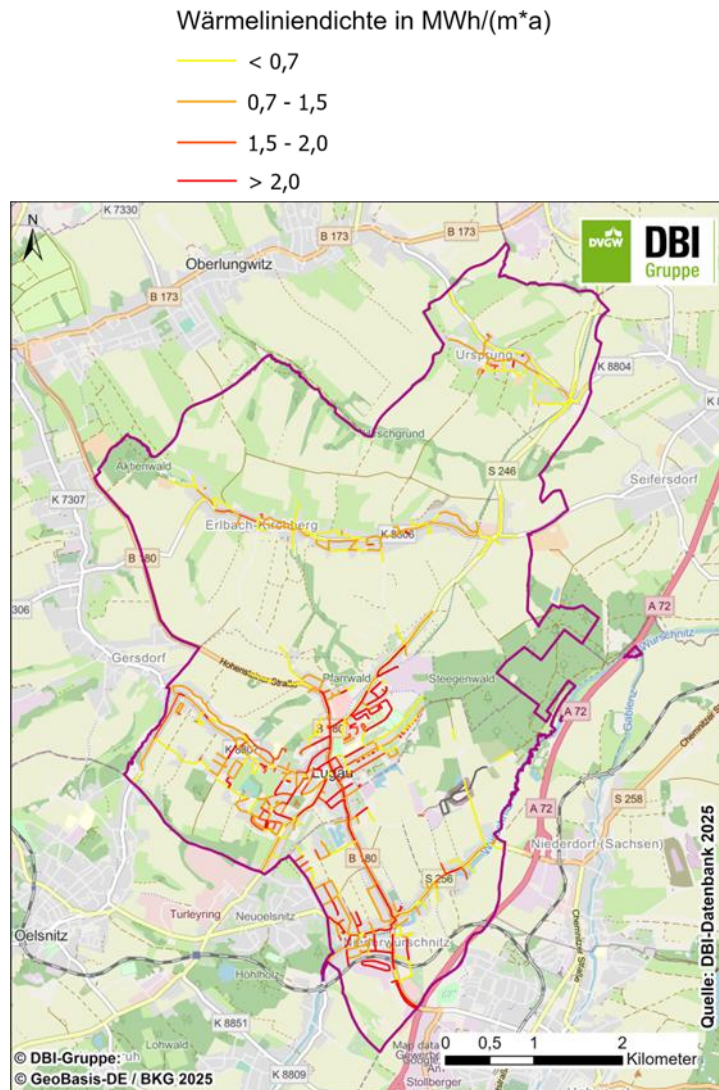


Abbildung 3-14: Wärmelinienendichten auf Straßenzugabeine zum Status Quo der Verwaltungsgemeinschaft

Für die Überführung der Nutzwärmebedarfe in Endenergiebedarfe ist die Kenntnis zu den eingesetzten Wärmeversorgungs-technologien, inklusive ihrer regionalen Verteilung in den Ortsteilen und Gemeinden, notwendig. Wie bereits im Kapitel 3.2.4 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 [4]. Die statistische Aufschlüsselung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Heizungsbestände ist im Anhang 3 einsehbar. Ein Rückgriff auf Schornsteinfegerdaten war nicht möglich, da diese infolge von Datenschutzbedenken nicht bereitgestellt wurden. Die Verteilungen der eingesetzten Energieträger für Wärmezwecke auf Baublockebene werden in den nachfolgenden Abbildungen je Teilgebiet dargestellt. Hier wird der hohe Anteil an erdgasversorgten Gebäuden deutlich. Eine detaillierte Darstellung je Teilgebiet ist im Anhang 9 zu finden.

Teilgebiet 1: Stadt Lugau/Erzgeb.

In der Abbildung 3-15 ist die Kernstadt von Lugau/Erzgeb. dargestellt und es wird deutlich, dass ein Großteil der Nutzwärmebedarfe über den Energieträger Erdgas /Gas bereitgestellt wird. In den jeweiligen umliegenden Baublocken hat dann auch die dezentrale Versorgung mit Heizöl große Anteile an der Energieträgerverteilung. Markant sind auch die vier Baublocke mit dem bereits vorgestellten Fernwärmenetz der Stadt (orange Anteile).

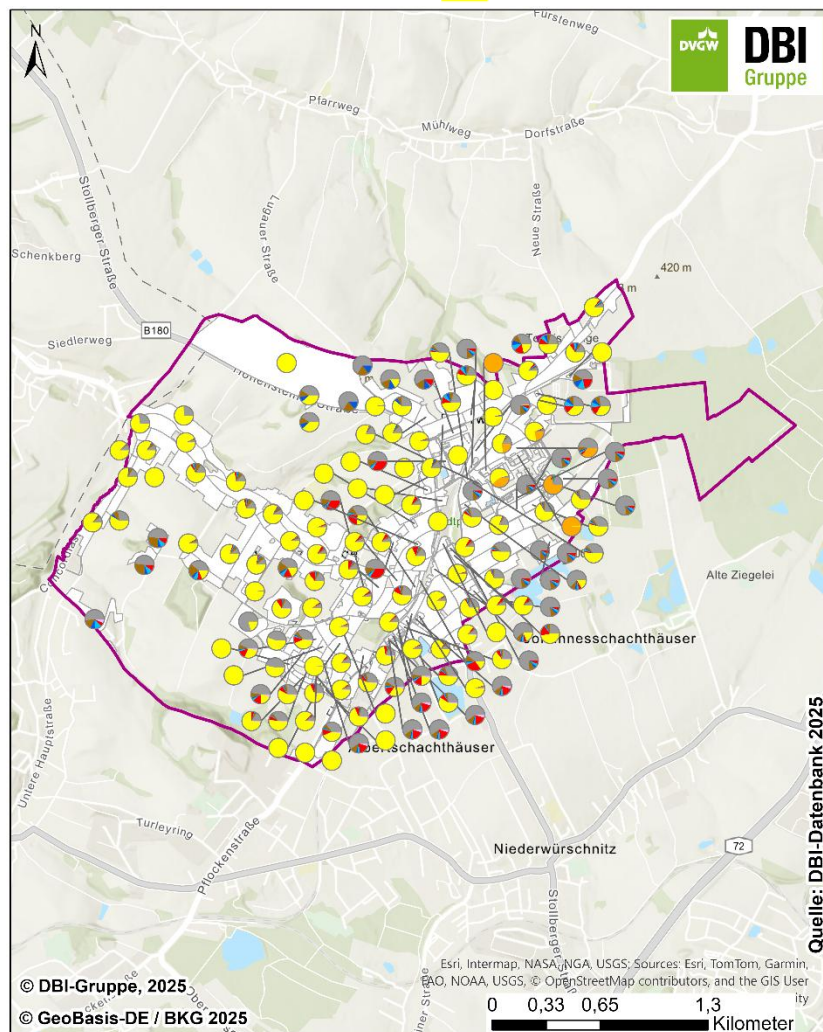
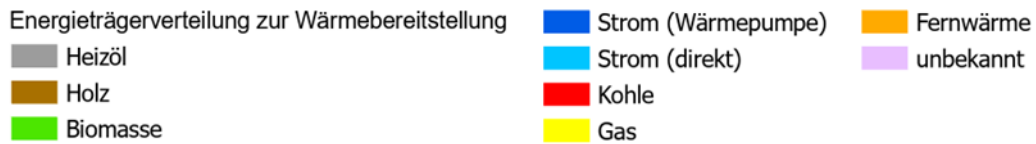


Abbildung 3-15: Baublockscharfe Verteilung der für Wärmezwecke eingesetzten Energieträger in der Kernstadt von Lugau/Erzgeb. (Teilgebiet 1)

Teilgebiet 2: Erlbach-Kirchberg und Ursprung

Die Abbildung 3-16 der beiden Ortsteile Erlbach-Kirchberg sowie Ursprung zeigt das sehr ländlich geprägte Teilgebiet 2. Es sind jeweils in den Straßendörfern zentrale Gasinfrastrukturen vorhanden, in den jeweiligen Randgebieten große Anteile an dezentraler Versorgung insb. Mit dem Energieträger Heizöl sowie Kohle.

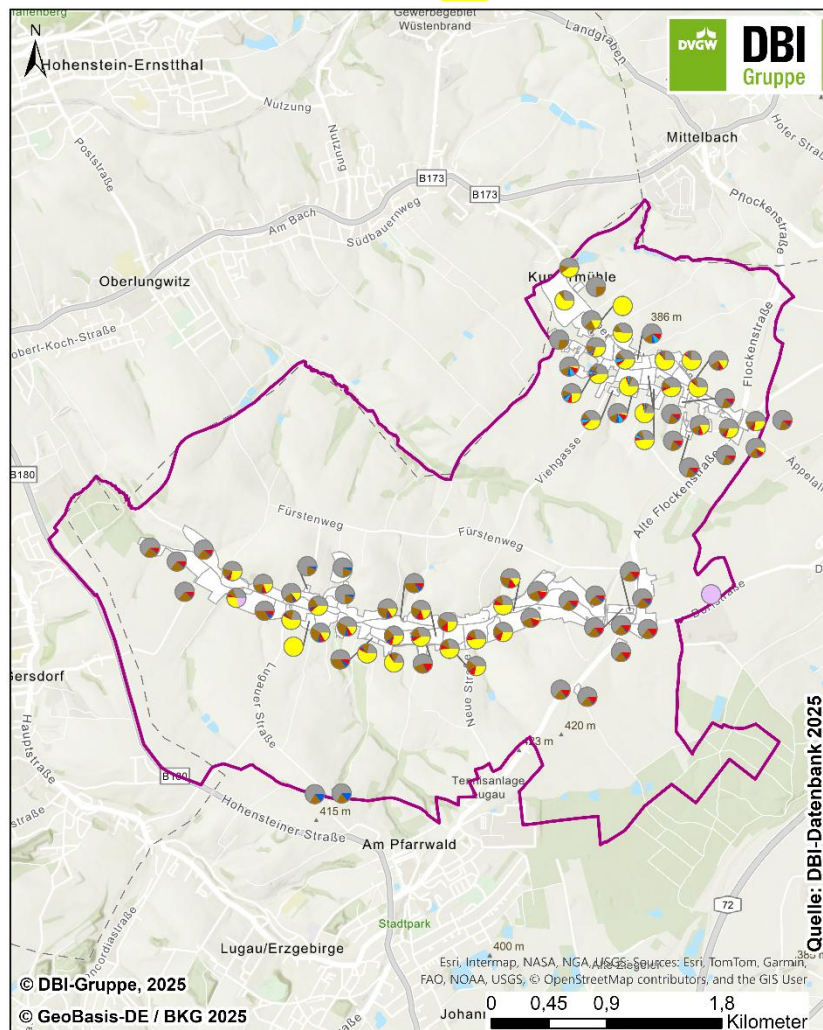
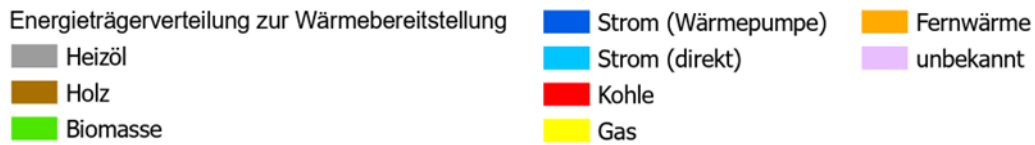


Abbildung 3-16: Baublockscharfe Verteilung der für Wärmezwecke eingesetzten Energieträger im Teilgebiet 2 (Erlbach-Kirchberg und Ursprung)

Teilgebiet 3: Niederwürschnitz

Die baublockscharfe Energieträgerverteilung der Gemeinde Niederwürschnitz wird in der Abbildung 3-17 dargestellt. Es wird deutlich, dass ein Großteil der Baublocks über einen Anschluss an das Gasverteilnetz verfügen. Die dezentrale Versorgung kann insb. in den nördlichen Baublocks attestiert werden. Auffällig sind darüber hinaus noch die südlichen kohlebasierten Baublocks.

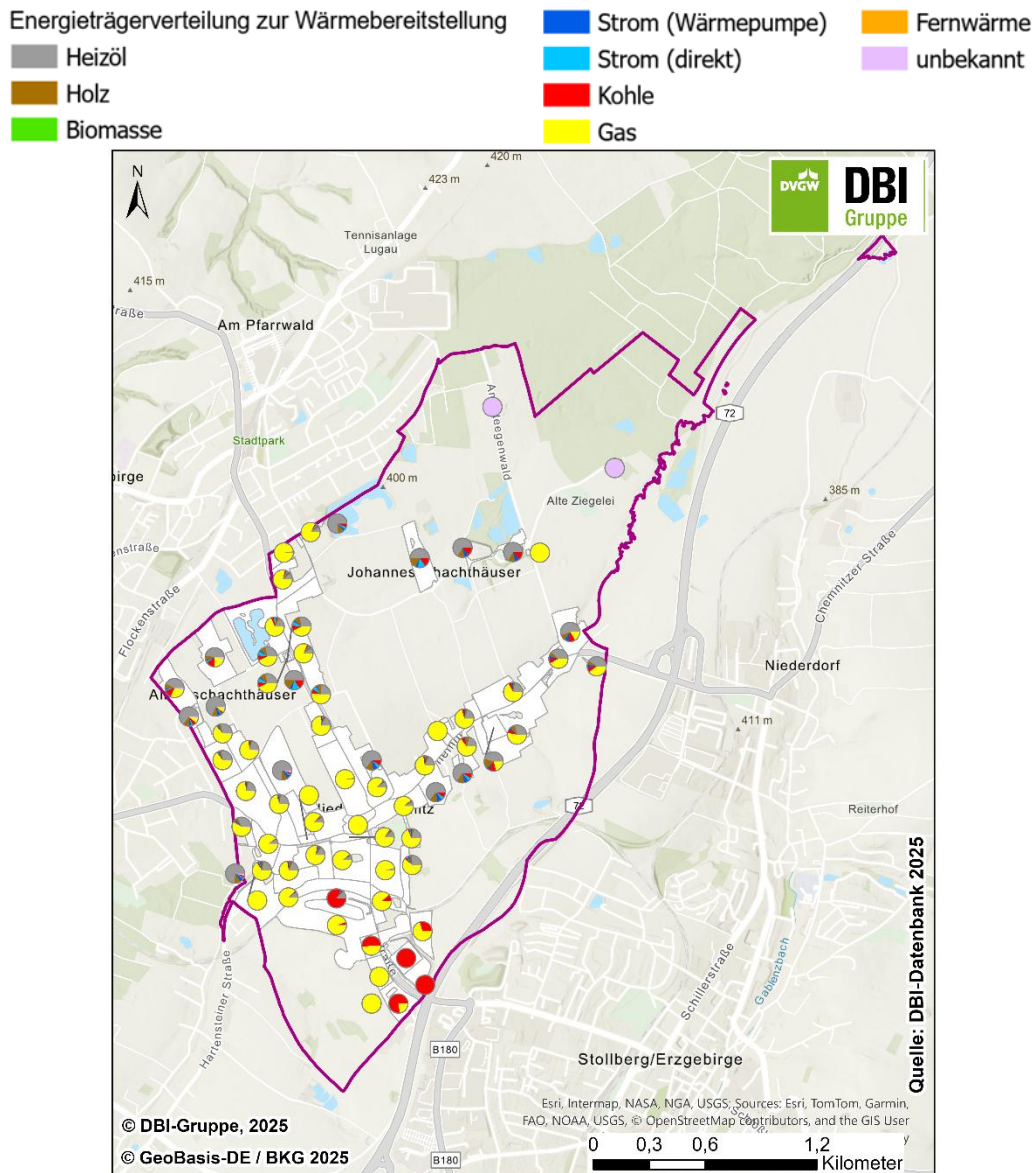


Abbildung 3-17: Baublockscharfe Verteilung der für Wärmezwecke eingesetzten Energieträger in der Gemeinde Niederwürschnitz (Teilgebiet 3)

Insgesamt verdeutlicht die Analyse insbesondere die hohen Anteile leitungsgebundener Versorgung und unterstreicht damit die zentrale Bedeutung von Erdgas für die Verwaltungsgemeinschaft im Erzgebirge.

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

Gemäß WPG sind die Endenergiebedarfe für Wärmezwecke sowohl nach Sektoren als auch Energieträger aufzuschlüsseln (siehe Abbildung 3-18). Erwartungsgemäß sind die privaten Haushalte für den Großteil (70 %) des Endenergieverbrauchs für Wärmezwecke verantwortlich. In Abhängigkeit des Sektors schwanken zudem die eingesetzten Energieträger stark. In privaten Haushalten besetzt fossiles Erdöl mit einem Anteil von 19 % einen hohen Stellenwert am Endenergiebedarf des Sektors. Ähnlich sieht es für Einzelhandel und Dienstleistung sowie für die Industrie und das produzierende Gewerbe aus. Lediglich in kommunalen Einrichtungen macht Erdöl einen Anteil von ca. 10 % aus.

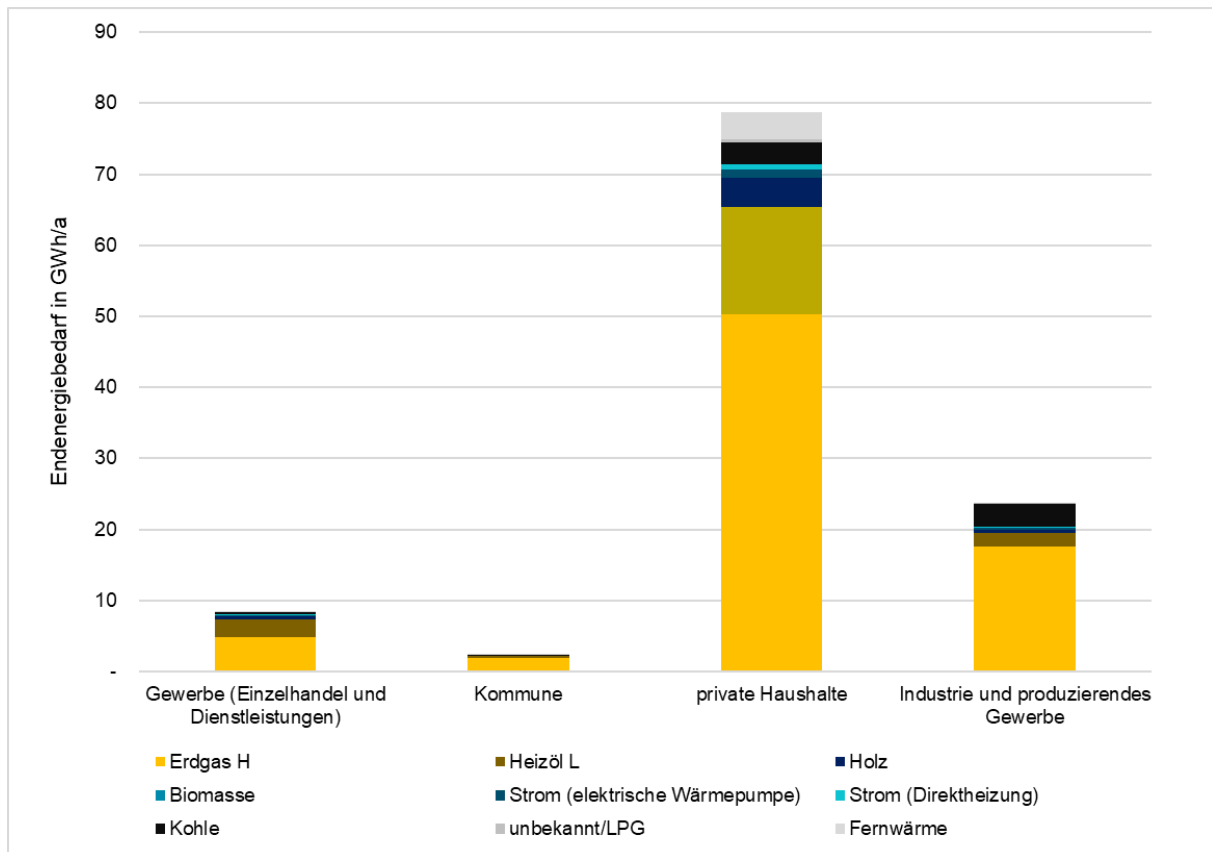


Abbildung 3-18: Differenzierung des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke nach Sektor und Energieträger.

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. In Abbildung 3-19 wird ersichtlich, dass aktuell bereits 70 % des Wärmebedarfs über leitungsgebundene Infrastrukturen zur Verfügung gestellt werden. Die verbleibenden 30 % werden über dezentrale Lösungen (Einzelversorgungen, z.B. Ölheizungen) abgedeckt.

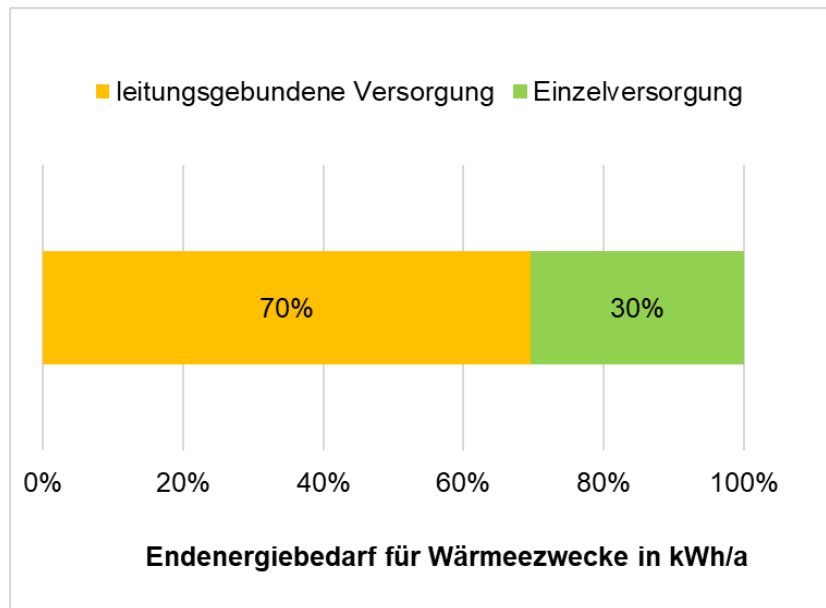


Abbildung 3-19: Differenzierung des Endenergiebedarfs für Wärme nach Art der Bereitstellung.

Zusätzlich ist eine Differenzierung der Wärmenachfrage nach konkretem Anwendungszweck durchzuführen. Dies ist in Abbildung 3-20 visualisiert. Die sektorseitige Aufschlüsselung (siehe Abbildung 3-18) zeigte bereits die hohe Bedeutung der privaten Haushalte für die Gesamtwärmebilanz für die Verwaltungsgemeinschaft. Daher besitzt die Raumwärmebereitstellung mit knapp zwei Dritteln am Gesamtbedarf den maßgeblich größten Anteil bei der Unterscheidung nach dem Anwendungszweck. In Relation zum Gesamtbedarf ist Prozesswärme mit einem Anteil von 27 % von vergleichbar großer Rolle.

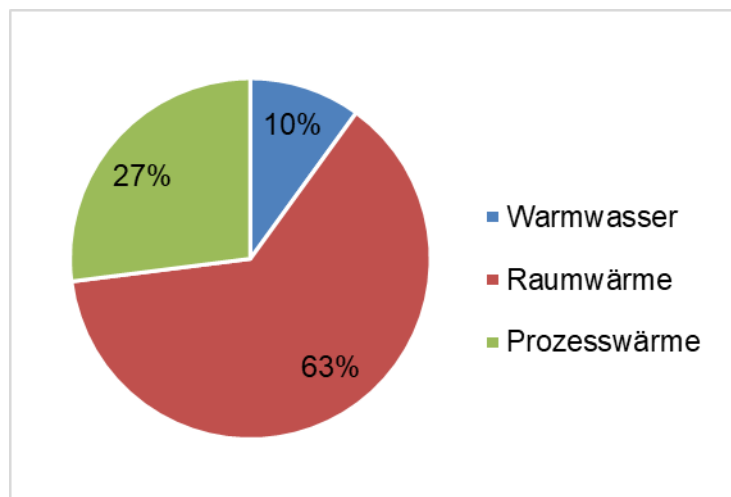


Abbildung 3-20: Differenzierung des Wärmebedarfs nach Anwendungszweck.

Entscheidend für die künftige Transformation der Wärmeversorgung in der Verwaltungsgemeinschaft ist das Verhältnis zwischen erneuerbarer und fossiler Wärmeversorgung über alle Energieträger und Technologien hinweg. Der fossile Anteil muss schrittweise bis 2045 auf klimafreundliche Alternativen umgestellt werden. Bei Betrachtung der Abbildung 3-21 wird der aktuell noch geringe Anteil erneuerbarer Wärmequellen deutlich. Demnach sind zurzeit lediglich 7 % des Endenergiebedarfs für Wärmeezwecke regenerativen Quellen zuzuordnen. Für die Berechnung des erneuerbaren Anteils wurden ergänzend zu Holz/Biomasse auch der erneuerbare Energieanteil für strombasierte Heizungen (Wärmepumpen, Direktheizung) einbezogen. Damit liegt der erneuerbare Wärmeanteil in der Verwaltungsgemeinschaft deutlich unter dem bundesdeutschen

Durchschnitt der Jahre 2022 bis 2024 mit ca. 18 % [21].

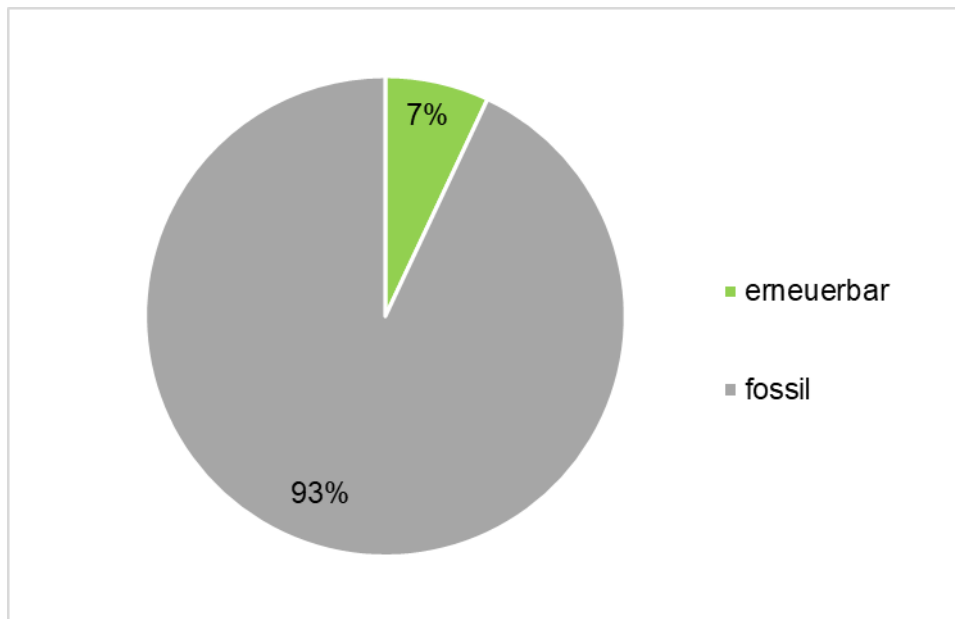


Abbildung 3-21: Anteil erneuerbarer sowie fossiler Energieträger an der Wärmeversorgung.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in der Verwaltungsgemeinschaft zum gegenwärtigen Stand in Summe rund 109 GWh/a Nutzwärme nachgefragt werden. In Kombination mit dem ermittelten Technologiemix (eingesetzter Heizungssysteme) sind zur Bereitstellung dieser Nutzwärmemenge ca. 113 GWh/a Endenergie erforderlich. Der mit Abstand bedeutendste Energieträger (Anteil in Höhe von 70 %) ist hierbei Erdgas.

3.3.4 Bestandsanlagen erneuerbare Energien

Die nachfolgenden Informationen zu den Bestandsanlagen im Untersuchungsgebiet basieren auf dem Marktstammdatenregister (Stand: 2024). In der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz sind in den Nutzungsbereichen Landwirtschaft, GHD und Industrie 15 Photovoltaikanlagen vorhanden. Diese haben einen jährlichen Ertrag von insgesamt 4 GWh/a. Die größte Anlage ist die Freiflächenanlage im Norden der Gemeinde Niederwürschnitz. Neben den gewerblichen PV-Anlagen sind 490 PV-Anlagen im privaten Bereich vorhanden. Dies sind ausschließlich Photovoltaikanlagen oder Balkonkraftwerke. Zusammen ergibt sich ein jährlicher Ertrag von 2,9 GWh/a. Neben den Photovoltaikanlagen befinden sich im Teilgebiet 2 (Erlbach-Kirchberg und Ursprung) noch drei WEA-Anlagen mit einer elektrischen Gesamtnennleistung von 3,3 MW die pro Jahr rund 4,5 GWh/a erzeugen. Die Standorte der Photovoltaikanlagen und der Windenergieanlagen sind in Abbildung 3-22 dargestellt².

² 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 Marktstammdatenregister, wonach bis 30 kW elektrisch keine Gebäudestandorte in Form der exakten Koordinaten ausgewiesen werden.

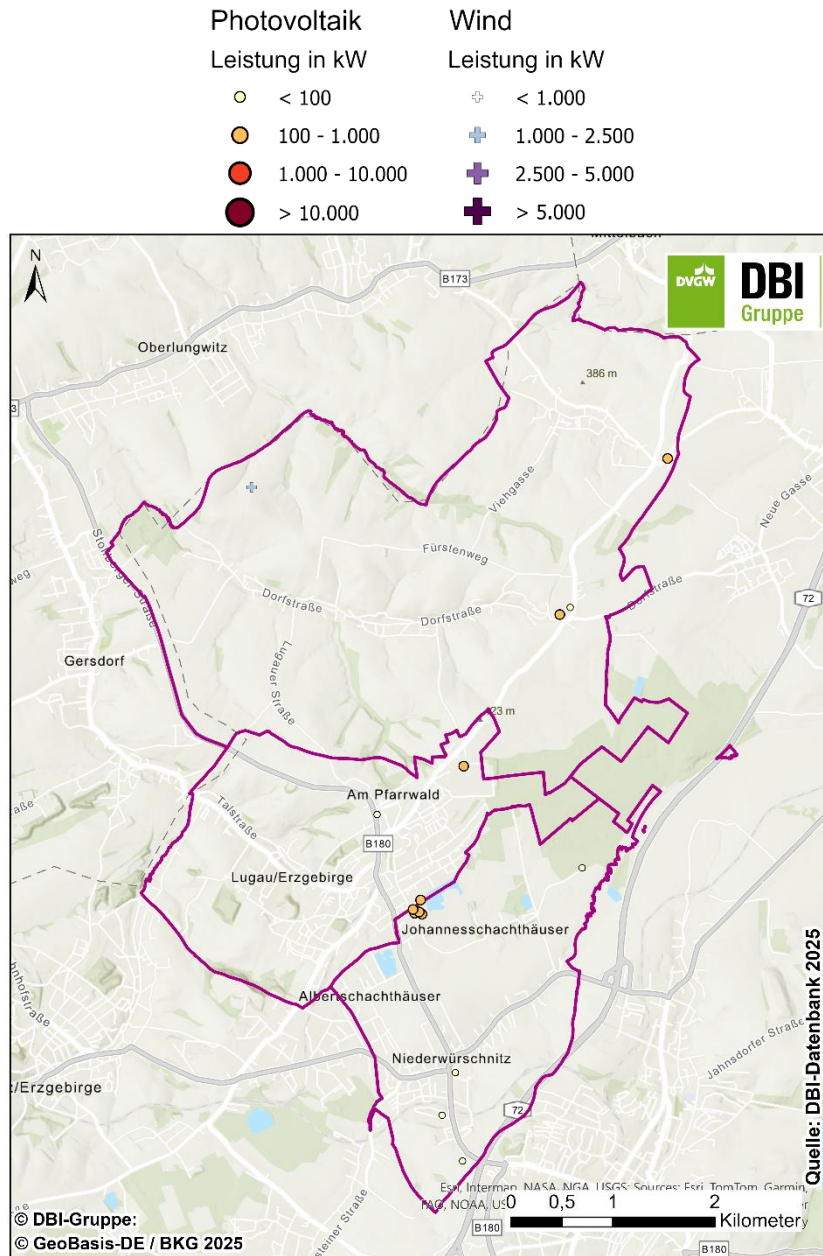


Abbildung 3-22: Art, Leistung und Standort bestehender EE-Anlagen in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz [22]

Im Zuge der Bestandsanalyse wurde neben den innerhalb der Verwaltungsgemeinschaft gelegenen Anlagen auch eine Biogasanlage betrachtet, die sich nur wenige Meter außerhalb des abgegrenzten Untersuchungsgebiets befindet. Obwohl die Anlage somit nicht auf dem Gebiet der Verwaltungsgemeinschaft Lugau–Niederwürschnitz liegt, wurde sie aufgrund ihrer räumlichen Nähe und ihres potenziellen Einflusses auf die lokale Wärmeversorgung im Bestand miterfasst. Die Biogasanlage wird privatwirtschaftlich betrieben und unterliegt damit nicht dem direkten Einfluss der kommunalen Wärmeplanung. Entsprechend wurde sie ausschließlich im Rahmen der Bestandsaufnahme berücksichtigt, jedoch nicht in die Entwicklung von Zielszenarien einbezogen. Über mögliche zukünftige Entwicklungen, Erweiterungen oder die Nutzung von Abwärmepotenzialen liegen keine belastbaren Informationen vor.

technische Kennwerte der Biogasanlage:

- Elektrische Nennleistung: 400 kW
- Elektrische Arbeit: ca. 3 GWh/a
- Potenzielle nutzbare Abwärme: ca. 4 GWh/a

Die Biogasanlage stellt damit grundsätzlich ein relevantes lokales Erneuerbare-Energien-Potenzial dar, das – bei entsprechender Kooperation mit dem Betreiber – perspektivisch zur weiteren Dekarbonisierung der Wärmeversorgung beitragen könnte. Im Rahmen der vorliegenden kommunalen Wärmeplanung wurde sie jedoch nicht in die Szenarienentwicklung integriert, da sie sich außerhalb der kommunalen Gebietskulisse befindet und keine gesicherten Informationen über eine künftige Wärmenutzung oder Einspeisung vorliegen.

3.3.5 Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung

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 3-23 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 [20] besitzt Erdgas hingegen nur einen Anteil von rund 61 % an den Gesamtemissionen, während durch dieses 66 % des Endenergiebedarfs für Wärme gedeckt werden. Konträr dazu bewirkt Heizöl rund 22 % der Emissionen, während es 17 % am Endenergiebedarf ausmacht.

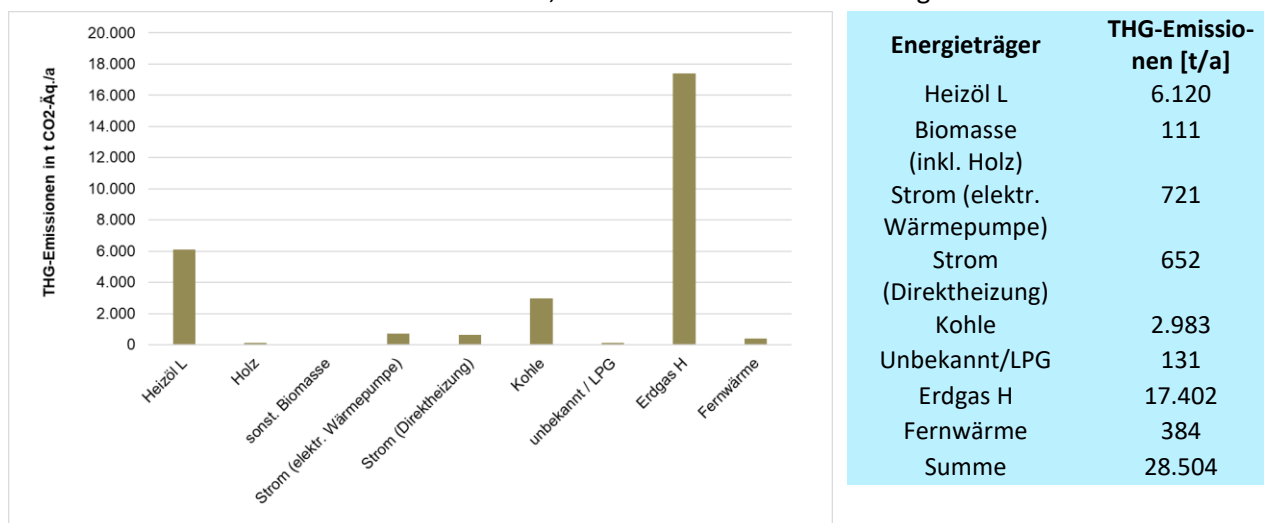


Abbildung 3-23: Treibhausgasemissionen infolge der Wärmebereitstellung, Differenzierung nach Energieträgern.

Parallel zur Differenzierung der THG-Emissionen nach Energieträger ist ebenso die Aufschlüsselung nach Sektoren erforderlich. Die Ergebnisse sind hierbei in Abbildung 3-24 dargestellt. Die Gesamtbilanz ist wesentlich von der Nutzung Heizöls bzw. Erdgases in den privaten Haushalten und der Erdgasnutzung im Bereich Einzelhandel und Dienstleistung abhängig. Betrachtet man die Emissionen infolge der Wärmeerzeugung im Verhältnis zur Einwohnerzahl (ca. 10.100) in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz, so

ergibt sich ein Pro-Kopf-Wert in Höhe von 2,8 t(CO₂) je Einwohner und Jahr. Der bundesweite Durchschnitt liegt mit 2,1 t(CO₂) je Einwohner und Jahr in einer ähnlichen Größenordnung³ [23].

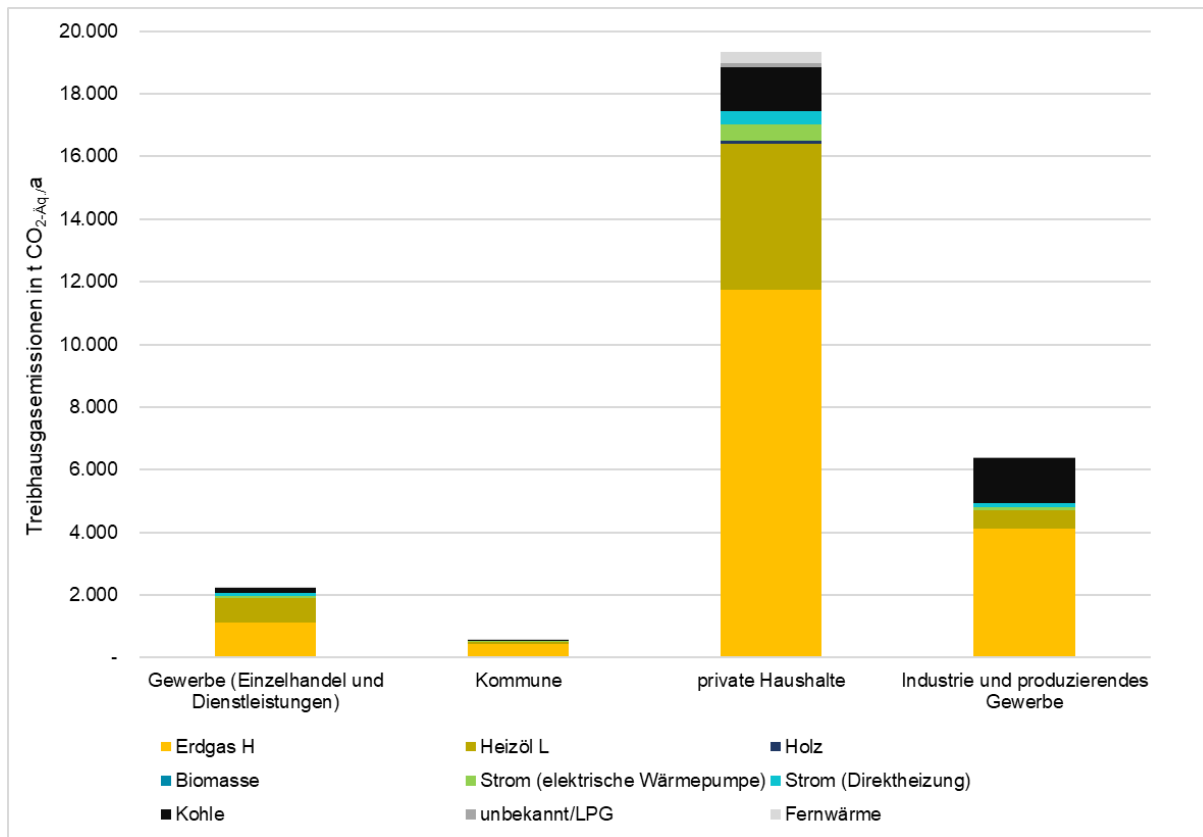


Abbildung 3-24: Treibhausgasemissionen der Wärmebereitstellung: Differenzierung nach Sektoren zum Status Quo.

³ Für die Berechnung wurden die wärmeinduzierten Emissionen im Bedarfsfeld Wohnen der deutschen Einwohnerzahl gegenübergestellt.

4 Potenzialanalyse

4.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen

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.

Zukünftig wird die Bedeutung der Nutzung lokaler Potenziale erneuerbarer Energien innerhalb der kommunalen Verwaltungsgebiete immer weiter zunehmen. Aus diesem Grund werden im Rahmen der Potenzialanalyse die vor Ort verfügbaren Potenziale zur Bereitstellung erneuerbarer Wärme und erneuerbaren Stroms (für Wärme) quantifiziert und potenzielle Standorte ermittelt. Darüber hinaus werden Optionen zur Einsparung des Wärmebedarfes untersucht und analysiert. Dafür sind entsprechende Effizienzmaßnahmen wie etwa die Durchführung von energetischen Gebäudesanierungen notwendig. Der BMWK-Leitfaden zur Kommunalen Wärmeplanung [5] 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).“

Konkret werden im Rahmen der Potenzialanalyse mögliche Energieeinsparungen durch die Bedarfsreduktion von Gebäude- und Prozesswärme, Potenziale zur Wärmeerzeugung durch erneuerbare Energien (Solarthermie, Umweltwärme, Biomasse, Geothermie und Sonstige) sowie EE-Strompotenziale zur Wärmeerzeugung (Wind und Photovoltaik) ermittelt. Im letzten Schritt werden darüber hinaus mögliche Abwärmepotenziale und Möglichkeiten zur Wärmespeicherung diskutiert.

Allgemein ist bei den Ergebnissen der Potenzialanalyse zu beachten, dass es sich um theoretische EE-Potenziale handelt, die die maximal generierbaren Wärmerträge unter der Voraussetzung der Nutzung aller technisch möglichen Flächen darstellen. Zudem wird jede Technologie einzeln und damit unabhängig von anderen betrachten. Die Definition eines konkreten Technologiemies (z.B. der Anteil an Solarthermieanlagen vs. der Anteil an Photovoltaik-Anlagen) erfolgt in den Zielszenarien (siehe Kapitel 5).

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, BMWSB) 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.

Für die Fortschreibung der Wärmebedarfe wird auf Langfristszenarien des BMWK zurückgegriffen. Diese beinhalten verschiedene Szenarien zur Transformation des Energiesystems in Deutschland. Im Wesentlichen wird hier zwischen zwei Pfaden Unterschieden: T45 [24] und O45 [25]. T45 ist hierbei der Technologiepfad, bei dem das Erreichen der Klimaneutralität bis 2045 durch einen starken Ausbau der erneuerbaren Energien, die Elektrifizierung in verschiedenen Sektoren sowie den Einsatz von Wasserstoff gelingen soll. Innerhalb dieses Pfades wird zwischen T45-Strom und T45-H₂ unterschieden, je nachdem, ob innerhalb des Szenarios Wasserstoff oder die Elektrifizierung in den Fokus rückt. Bei O45 handelt es sich um den Ordnungsrahmenpfad. Hierbei soll die Klimaneutralität durch die Optimierung der bestehenden Technologien und Infrastrukturen erreicht werden. Fossile Brennstoffe können in Kombination mit CO₂-Abscheidung (CCU) oder CO₂-Speicherung (CCS) weiter eingesetzt und somit deren Emissionen reduziert werden. Wie im Technologiepfad werden hier zwei Szenarien innerhalb dieses Ordnungsrahmenpfades unterschieden: O45-Strom setzt vor allem auf Strom aus Erneuerbaren Energien zur Wärmegewinnung, während O45-H₂ Wasserstoff über Gasverteilnetze zur Wärmeerzeugung in die Gebäude leiten. Im Vergleich zwischen den zwei Pfaden ergeben sich folgende Vorteile bei O45 gegenüber T45:

- Mehr Reduktion des Energieverbrauchs: durch bewusstes Verhalten und Suffizienz
- Geringere Abhängigkeit von Technologiedurchbrüchen
- Stabilere Stromsysteme durch Lastverschiebung und flexible Nachfrage
- Bessere Anschlussfähigkeit an lokale Strategien (z.B. kommunale Wärmeplanung)

Nach einer Abstimmung mit der inetz GmbH und Stadtverwaltung wurde sich für das Szenario O45-H₂ entschieden. In Deutschland führt dieses Szenario zu einer moderaten Reduktion des Energieverbrauchs im

Gebäudesektor um 32 % von 820 TWh/a (2020) auf 560 TWh/a (2045) (siehe Abbildung 4-1). Erdgas wird bis 2035 weiter eine große Bedeutung in den Sektoren private Haushalte und Gewerbe, Handel und Dienstleistung (kurz: GHD) aufweisen, während EE-Wärmetechnologien einen realistischen Aufwuchspfad in der Versorgung annehmen. Für den Sektor Industrie und produzierendes Gewerbe wird ein konstanter Wärmebedarf bis 2045 angenommen.

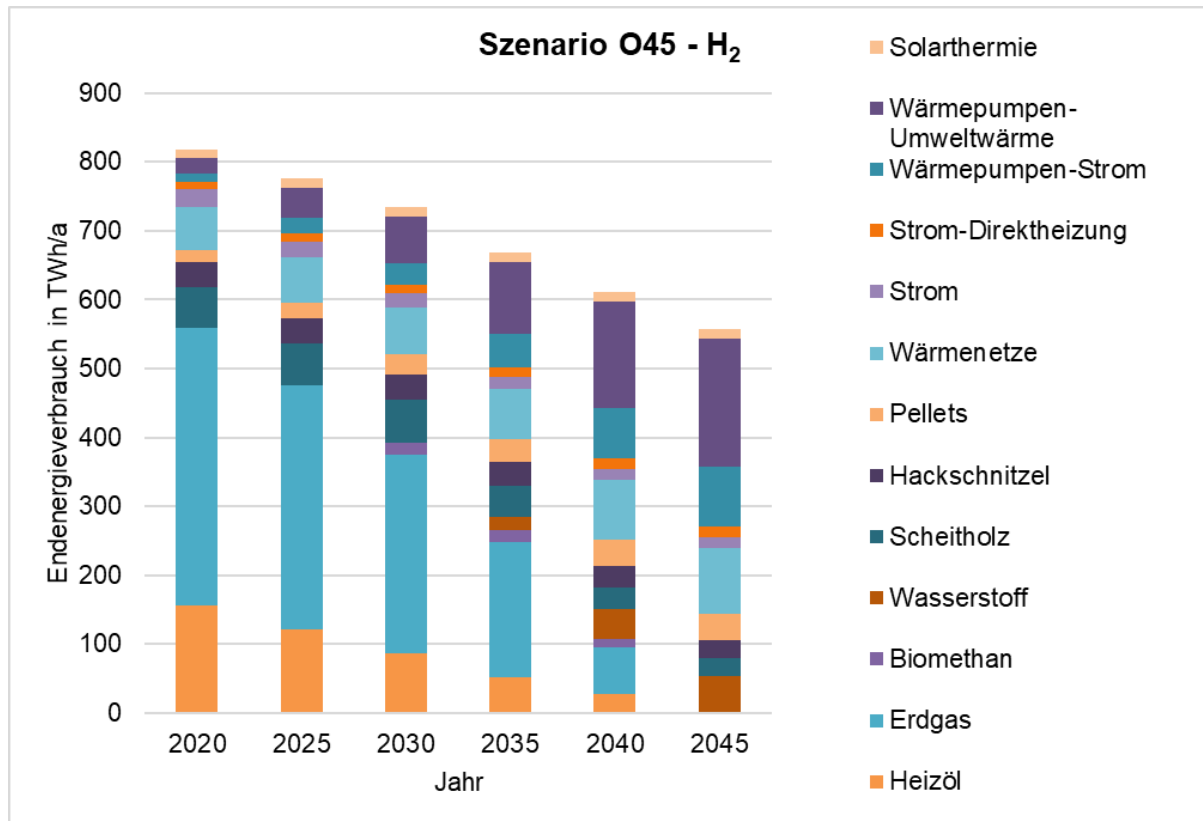


Abbildung 4-1: Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser in privaten Haushalten und GHD im Szenario O45-H₂ in TWh/a (eigene Darstellung nach [25]).

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

Bestandsanlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien wurden bereits in Kapitel 3.3.4 dargestellt. 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.

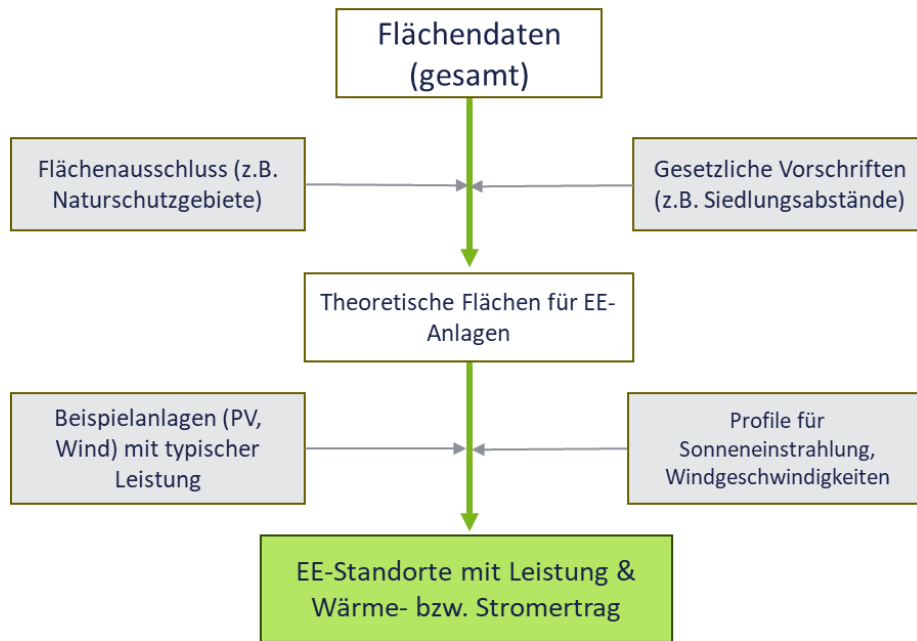


Abbildung 4-2: Vereinfachtes Vorgehen zur Ermittlung von Potenzialen erneuerbarer Energien.

Demzufolge stützt sich die EE-Potenzialermittlung zunächst auf Daten zur Flächennutzung [26] 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 Windenergieanlagen 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 [27]. Im Ergebnis liegt parallel zur Leistungsangabe auch die potenzielle Ertragsmenge pro Jahr, im Falle von Windkraft also elektrischen Stroms, vor.

4.3 Ergebnisse der Potenzialanalyse

4.3.1 Potenziale zur Energieeinsparung infolge Wärmebedarfsreduktion

Das Ergebnis der Wärmebedarfsprognose für die Verwaltungsgemeinschaft wird anhand des O45-H₂ Szenarios (siehe 4.2.1) ist in Abbildung 4-3 dargestellt. Zum Status Quo beträgt der Wärmebedarf für Nutzenergie ca. 109 GWh/a. Dieser reduziert sich bis 2035 um 13 % auf 94 GWh/a und bis 2045 um 25 % auf ca. 82 GWh/a. Analog der Ausgangssituation sind die privaten Haushalte auch perspektivisch von vorrangiger Bedeutung mit einem Anteil von 64 % am Wärmebedarf in 2045. Die leichte Reduktion von einem Anteil von 70 % der privaten Haushalte am Gesamtwärmebedarf in 2022 liegt an der Annahme, dass die Wärmebedarfe für Industrie und das produzierende Gewerbe zukünftig konstant angenommen wurden und somit einen höheren Anteil ausmachen.

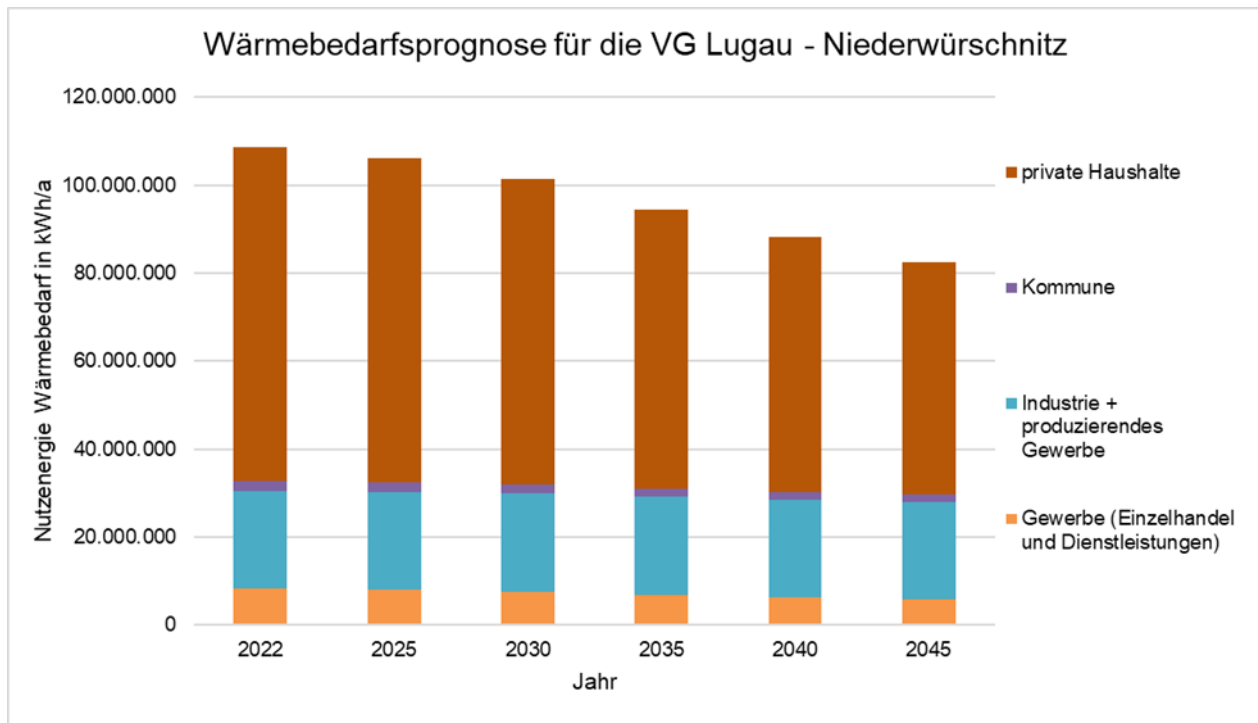


Abbildung 4-3: sektorscharfe Wärmebedarfsprognose für die VG Lugau und Niederwürschnitz bis 2045

Die auf Baublockebene stattfindende Verringerung des Wärmebedarfs bis 2045 wird in nachfolgenden Abbildung 4-4 verdeutlicht.

Da die absoluten Werte wie bereits in Kapitel 3.2.4 beschrieben je nach Baublockgröße die Ergebnisse verzerren können, sind in Abbildung 4-5 die spezifischen Wärmebedarfsdichten dargestellt. Hier werden auch die Wärmebedarfsreduktionen deutlicher als bei den Absolutwerten.

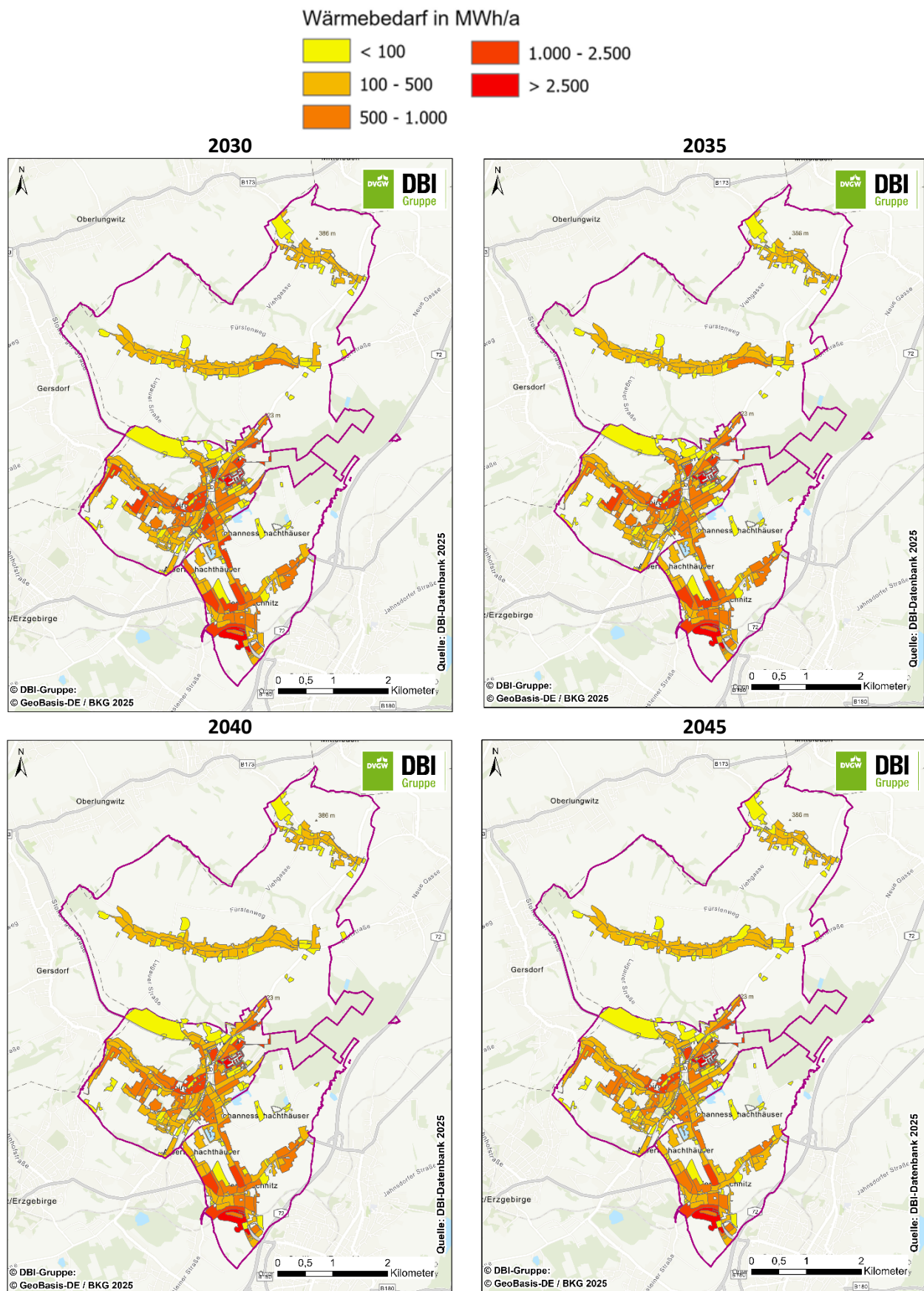


Abbildung 4-4: Entwicklung des Wärmebedarfs auf Baublockebene im Zeitraum 2030 bis 2045.

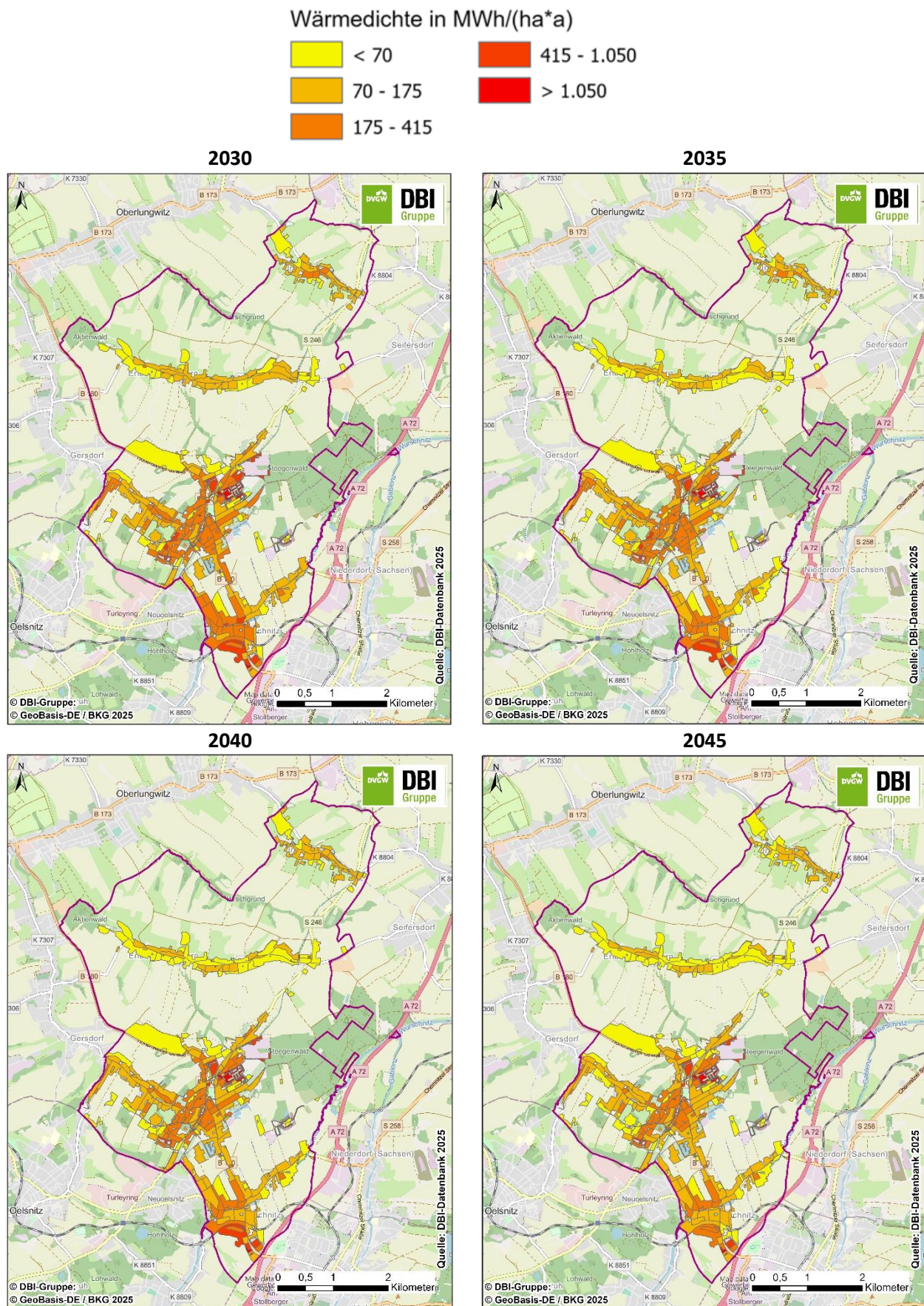


Abbildung 4-5: Entwicklung der spezifischen Wärmebedarfsdichte im Zeitraum 2030 bis 2045.

4.3.2 Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmerzeugung inkl. Abwärme

4.3.2.1 Solarthermie (Dachflächen)

Die Berechnung des Potenzials für Solarthermie erfolgt anhand der Einflussparameter Ausrichtung der Dachflächen und Strahlungsintensität. Für die Verwaltungsgemeinschaft ergibt sich ein solarthermisches Dachflächenpotenzial von rund 262 GWh/a. Dies entspricht mehr als dem zweifachen Endenergieverbrauch der Verwaltungsgemeinschaft (ca. 113 GWh/a wärmeseitig). Die regionale Verteilung der erzielbaren jährlichen Wärmeerträge ist in der Abbildung 4-6 visualisiert. Die Erträge hängen stark von der verfügbaren Dachfläche und deren Ausrichtung ab. Daher sind Gebäude mit großen Dachflächen und einer möglichst idealen Südausrichtung im Vorteil. Begrenzt wird das Potenzial beispielsweise durch bautechnische oder aus dem Denkmalschutz resultierenden Auflagen.

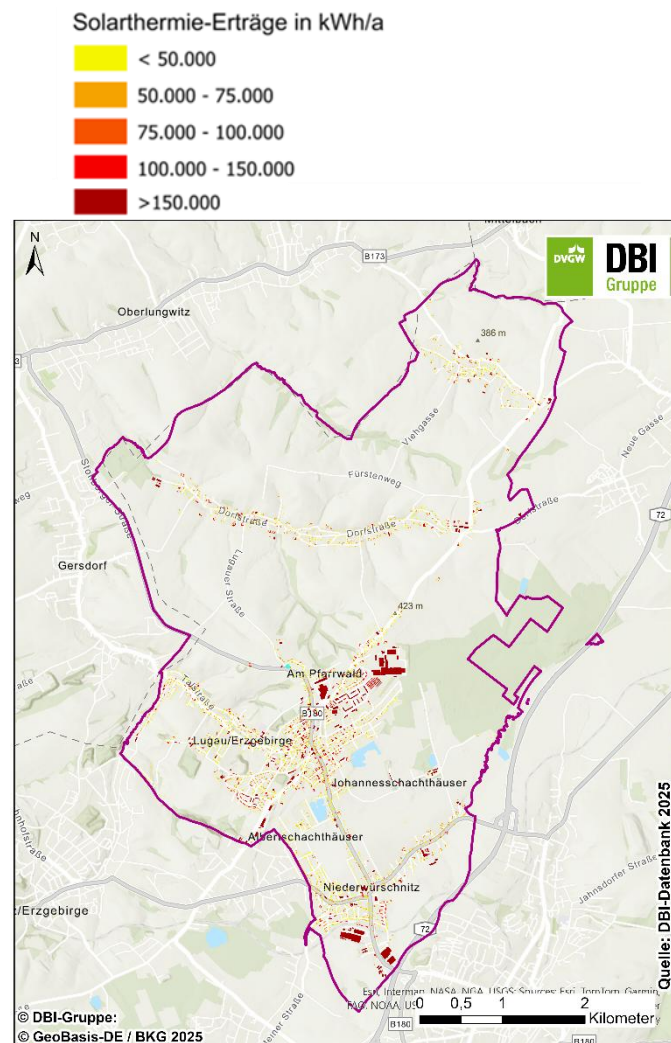


Abbildung 4-6: Potenzielle Wärmeerträge für Solarthermie als Aufdachanlagen in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz

Bei der Interpretation des theoretischen Maximalpotenzials sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Der größte Anteil des solarthermischen Ertrags (63 %) entfällt auf die Sommermonate, in den Wintermonaten sind dagegen geringere Erträge erzielbar (37 % des Jahresertrags). Als Sommermonate gelten hier die Monate Mai bis September, als Wintermonate Oktober bis April. Diese Einteilung orientiert sich am Mietrecht,

wonach von 1. Oktober bis 30. April die Mieter in der Lage sein sollten (unabhängig von der jeweiligen Außentemperatur), ihre Wohnräume auf Temperaturen zwischen 20 und 22 Grad Celsius zu erwärmen [28]. Für eine geeignete Ausnutzung des solarthermischen Dachflächenpotenzials zur Raumheizung sind entsprechende Speichersysteme zu bedenken, um die jahreszeitlichen Unterschiede hinsichtlich der Wärmebereitstellung und -nachfrage auszugleichen. Grundsätzlich gilt die Auffassung, dass mithilfe von Solarthermieanlagen der Wärmebedarf für die Trinkwarmwasserversorgung über das gesamte Jahr bereitgestellt werden kann. Der Raumwärmebedarf hingegen kann mit Solarthermie in der Regel nur zu 15 % gedeckt werden [29]. Demzufolge stellt Solarthermie eine Technologie dar, die idealerweise in Kombination mit einer grundlastfähigen Heizungstechnologie kombiniert werden sollte (z.B. Holz-Pellettheizung, elektrische Wärmepumpe, o.Ä.).

Die Ergebnisse der Potenziale zu Solarthermie als Aufdachanlagen sind im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz berechnet worden, sind aber im eigentlichen Sinne kein expliziter Bestandteil der KWP:

„Eine detaillierte Ermittlung der Solarthermie-Potenziale auf allen Dachflächen für die dezentrale Wärmezeugung im beplanten Gebiet ist explizit nicht Teil der Potenzialermittlung. Zum einen ist davon auszugehen, dass ein großer Teil der geeigneten Flächen für die Stromerzeugung mittels PV-Anlagen genutzt wird. Zum anderen wird Solarthermie in den meisten Fällen nur anteilig zur Wärmeversorgung einzelner Gebäude beitragen können.“ [5]

4.3.2.2 Solarthermie (Freiflächen)

Neben Aufdachanlagen ist die Konzeption von Solarkollektoren auch als Freiflächenanlagen möglich. Im Gegensatz zu Dachflächensystemen bestehen bei Freiflächenanlagen mehr Freiheiten in Bezug auf die Kollektorfläche, den Aufstellungsort und der Ausrichtung der Anlagen. Besonders sinnvoll ist die Einbindung der Solarthermie in bereits existierende oder zukünftige Wärmenetze sowie in Gewerbe- und Industriegebiete mit Prozesswärmebedarfen.

In der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz sind mehrere EEG-konforme Potenzialflächen vorhanden. Als Grundlage dienen hier die frei verfügbaren Geodaten zur sächsischen Photovoltaik- Freiflächenverordnung (PVFVO), die die benachteiligten Gebiete i.S.d. Richtlinie 86/465/EWG (Deutschland)⁴ sowie seit 1. Januar 2023 kumulativ deren Neuordnungen 2015/2020⁵ darstellt [30].

Für das Untersuchungsgebiet besteht ein Potenzial in Höhe von 2.500 GWh/a. Abbildung 4-7 illustriert die regionale Verteilung der ermittelten Wärmeerträge. Begrenzt wird das Potenzial im Wesentlichen vom örtlichen Baurecht, der vorherrschenden Topografie und regionalen Besonderheiten wie etwa besonders wertvolle Ackerflächen.

⁴ des Rates vom 14. Juli 1986 betreffend das Gemeinschaftsverzeichnis der benachteiligten landwirtschaftlichen Gebiete i.S.d. Richtlinie 75/268/EWG (Deutschland) (ABl. L 273 vom 24. September 1986, S. 1, in der Fassung der Entscheidung der Kommission 97/172/EG (ABl. L 72 vom 13. März 1997, S. 1 (Stand 1997)

⁵ i.S.d. Artikels 32 der Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 (ABl. L 347 vom 20. Dezember 2013, S. 487) in der Fassung der Delegierten Verordnung (EU) 2021/1017 vom 15. April 2021 (ABl. L 224 vom 24. Juni 2021, S. 1)

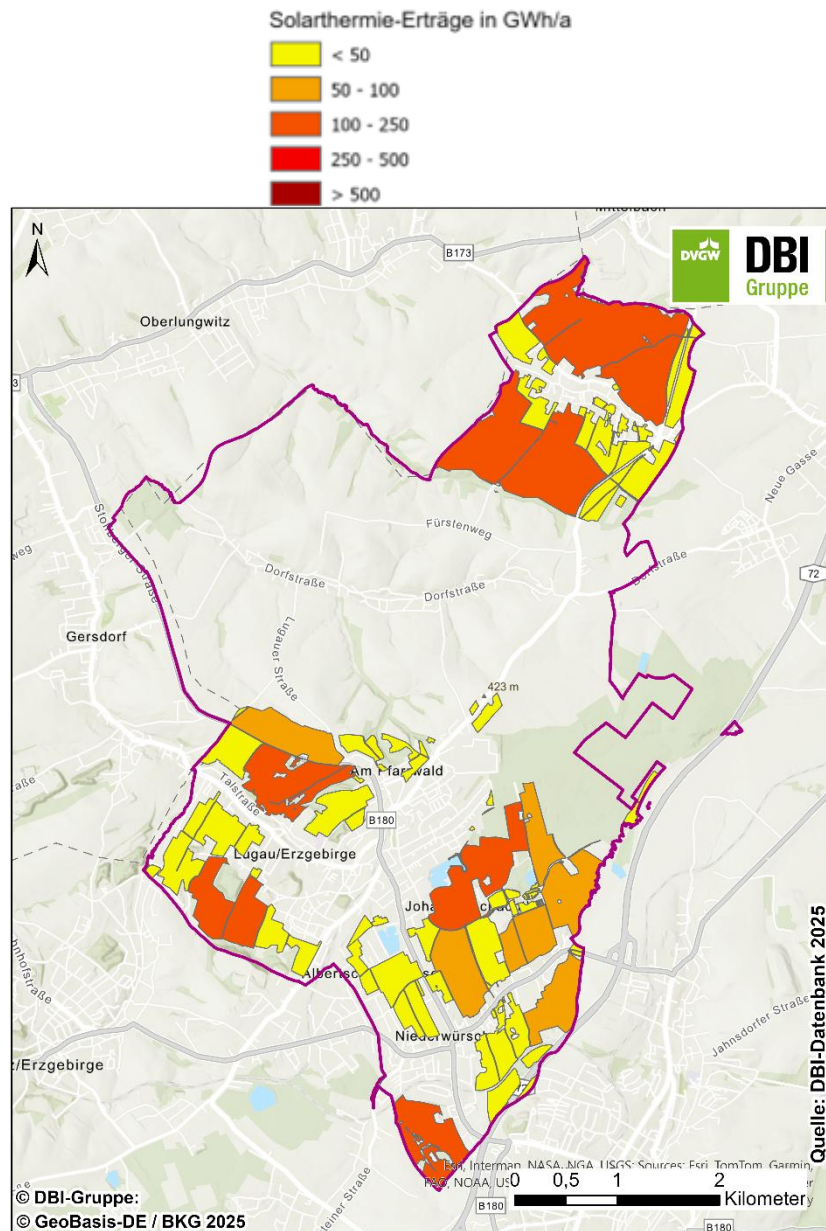


Abbildung 4-7: Regionale Verteilung der hypothetischen Jahreserträge erneuerbarer Wärme durch Nutzung von Solarthermie-Freiflächenanlagen

4.3.2.3 Biomasse/ Abwärme

Die Nutzung von Biomasse sowie von Abwärme aus Biomasseanlagen stellt eine weitere Möglichkeit zur Bereitstellung erneuerbarer Wärme dar; im Falle von KWK-Anlagen kann zusätzlich auch erneuerbarer Strom erzeugt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die eingesetzte Biomasse idealerweise aus dem Untersuchungsgebiet selbst oder zumindest aus dessen direkter Umgebung stammt, um zusätzliche Klima- und Umweltwirkungen durch lange Transportwege zu vermeiden.

Im Untersuchungsgebiet der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz existiert derzeit keine eigene Biogasanlage. Im Rahmen des Berichts wurde jedoch eine Anlage einbezogen, die nur wenige Meter außerhalb des Gemeindegebiets liegt und daher zumindest inhaltlich mitbetrachtet wurde. Zukünftig ist zu prüfen, inwieweit eine technische und wirtschaftliche Integration dieser Anlage in das Gesamtsystem möglich ist und welchen Beitrag sie zur lokalen erneuerbaren Wärmeversorgung leisten kann.

Ergänzend wurden auch industrielle Betriebe untersucht, die potenziell größere Mengen an Abwärme bereitstellen könnten. Nach persönlichen Gesprächen mit den Unternehmen konnte jedoch kein Betrieb nennenswerte oder dauerhaft verfügbare Abwärmepotenziale angeben. Als Gründe wurden unter anderem interne Effizienzmaßnahmen genannt, die im Rahmen eines nach ISO 50001 strukturierten Energiemanagementsystems umgesetzt wurden. Viele Betriebe reduzieren dadurch ihr Abwärmeaufkommen kontinuierlich oder nutzen entstehende Abwärme bereits vollständig für eigene Prozesse (z. B. Rückwärmenutzung, interne Wärmeversorgung). Vor diesem Hintergrund stehen für eine externe Nutzung derzeit keine relevanten oder dauerhaft verfügbaren Abwärmepotenziale zur Verfügung. Aus diesem Grund wurden diese Potenziale in den Zielszenarien nicht weiter berücksichtigt.

4.3.2.4 Grubenwassergeothermie

Bei aktivem Bergbau bzw. bei einer künstlichen Grundwasserabsenkung wird das ständig in das Bergwerk (z. B. Tagebau) einströmende Grubenwasser (Summe aus Oberflächen-, Sicker- und Grundwasser) über umfangreiche Wasserhaltungssysteme aus tiefen Bereichen nach oben befördert. Anschließend wird das Grubenwasser auf ein Vorfluterniveau gehoben und über Leitungen abgeleitet. [31] Menschen gemachte Austrittsstellen, wie die Mundlöcher von Wasserlösungsstollen, an denen das Grubenwasser auf natürliche Weise aus dem Berg tritt, können unter Umständen bereits während des aktiven Bergbaubetriebs und vor einer Flutung vielfältig genutzt werden (siehe Abbildung 4-8). Eine Nutzung von künstlichen Bergbauseen als Wärmequelle ist ebenfalls möglich [32], [33], [34]. Wasser aus den Streckensystemen, welches meist durch Pumpen aus unterschiedlichen Teufen gefördert werden muss, kann ebenfalls als Wärmequelle genutzt werden.

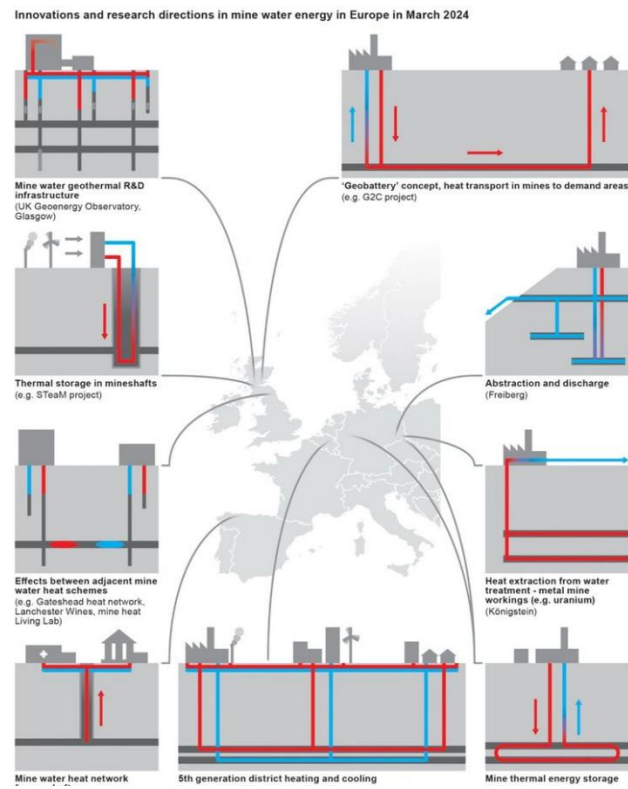


Abbildung 4-8: Technische Anlagenmöglichkeiten der Grubenwassergeothermienutzung [37]

Derzeit sind in Europa verschiedene Systeme aktiv, die als Referenzen herangezogen werden können. Die Nutzung der Grubenwassergeothermie wird in verschiedenen europäischen Ländern gefördert und bietet vielfältige Möglichkeiten zur nachhaltigen Energiegewinnung und -speicherung. Die bereits umgesetzten Konzepte reichen von der Wärmenutzung für einzelne Gebäude über die Versorgung ganzer Stadtteile bis hin zu innovativen Wärmespeichersystemen. Jedes dieser Konzepte wird individuell an die lokalen Standortbedingungen wie Wassertemperatur, Gegebenheiten des Bergwerks und vorhandene Abnehmerinfrastruktur angepasst. Ein Beispiel für die direkte Nutzung von Grubenwasser ist das Projekt Heerlen Mijnwater in den Niederlanden [35]. Hier wird Grubenwasser für die Fernwärmeversorgung und die Kühlung der fünften Netzgeneration bereitgestellt. In einem geschlossenen Kreislauf wird die Energie des Grubenwassers genutzt, um Heiz- und Kühlsysteme auf effiziente und umweltfreundliche

Weise zu versorgen. Ein weiteres Beispiel ist die thermische Speicherung in Schächten, wie sie im Projekt STEaM (UK) untersucht wird. [36] Dabei dient Grubenwasser als Speichermedium für Wärme, die je nach Bedarf flexibel zu- oder abgeführt werden kann. Mit dieser Technologie können Wärmeüberschüsse gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt für Heizprozesse genutzt werden. In Gateshead (UK) oder Ehrenfriedersdorf wird das Prinzip der Entnahme und Wiedereinleitung angewendet. Dies wird durch verschiedene Bohrungen in das Grubengebäude realisiert. Hier wird Grubenwasser aus Strecken des Bergwerks gehoben, thermisch genutzt und anschließend in eine entfernte Strecke wieder eingeleitet. Dieses Verfahren gewährleistet eine nachhaltige Nutzung des Wassers bei gleichzeitiger Energiegewinnung. [37], [38]

Fokusanalyse Grubenwasser Lugau

Die hohen Temperaturen im Erdinneren erzeugen ein Temperaturgefälle zur kühleren Erdoberfläche. Entlang dieses Gefälles steigt kontinuierlich Wärme auf. In Deutschland beträgt der durchschnittliche geothermische Wärmestrom etwa 65 mW/m². Dieser Wert erscheint zwar relativ gering, doch könnte bei vollständiger Nutzung der Erdwärme der weltweite Primärenergiebedarf mehr als doppelt gedeckt werden. Dies ist jedoch technisch nicht realisierbar. [39]

Für die Gemeinde Lugau bietet sich eine besondere Form der Erdwärmenutzung an. Ein Teil davon ist das stillgelegte Bergwerk mit seinen zahlreichen wassergefüllten Hohlräumen, dass die Grubenwassergeothermie bildet. Das Wasser steht mit dem Gestein in Kontakt, hat somit eine hohe Wärmeübertragungsfläche und nimmt entsprechend dessen Temperatur an. Das Lugau/Oelsnitzer Revier wurde bereits in verschiedenen Studien als möglicher Untersuchungsstandort für die Nutzung der Grubenwassergeothermie in Sachsen untersucht. [40], [41], [42]

Eine detaillierte Studie zum geothermischen Potenzial des Grubengebäudes Lugau/Oelsnitz wurde 2007 vom Landesamt für Umwelt und Geologie, der Geothermie Neubrandenburg GmbH sowie in 2024 von der TU Bergakademie Freiberg angefertigt [42]. Für die energetische Nutzung des Grubenwassers in Lugau kann das Grubenwasser mittels Wasserhebung und anschließender Reinjektion genutzt werden, wobei die Wärme oberhalb ausgekoppelt wird.

Bei der energetischen Grubenwassernutzung mit anschließender Wiedereinleitung in das Bergwerk könnten Restriktionen für Oberflächengewässer, zukünftig umgangen (auf Basis des Entwurfs des Geothermie-Beschleunigungsgesetzes GEOBG) [43]. Dennoch sind Kennwerte wie die Einleittemperaturen und Bestimmungen des Grundwassers zu beachten. Durch größere Entnahmetiefen können höhere Temperaturniveaus erschlossen werden, wobei die Mineralisation zu beachten ist, da sie die Anlagentechnik beeinflussen kann. Aufgrund dieser Vorteile sowie der geringeren Standortgebundenheit wird diese Nutzungsform in diesem Bericht bevorzugt untersucht, wobei auch auf die damit verbundenen Herausforderungen eingegangen wird.

Neben der Möglichkeit, eine umweltfreundliche Wärmebereitstellung durch Grubenwassergeothermie zu realisieren, ist die zuverlässige Wärmeversorgung von übergeordneter Bedeutung. Das heißt, die Anlage muss über ihre gesamte Lebensdauer hinweg die Wärmeleistung erbringen, für die sie ausgelegt wurde. Ist dies nicht der Fall, nimmt die Wärmeleistung mit der Zeit ab. Dies kann insbesondere dann passieren, wenn dem Wasser ein zu hoher Wärmestrom entzogen wird. Wird das stark abgekühlte Grubenwasser anschließend wieder injiziert, kann es seine Temperatur bis zur Entnahme aus dem Gebirge möglicherweise nicht vollständig regenerieren. Die Regeneration wird im Betrieb zunehmend dadurch erschwert, dass das Gebirge an der Streckenwand kontinuierlich abgekühlt wird. Es ist also möglich, dass eine Grubenwasserhaltung im Reinjektionsbetrieb den Gebirgsmantel um die wassergefüllte Strecke nach einer gewissen Zeit so stark abkühlt, dass nicht mehr genügend Wärme vom Gebirge übertragen werden kann. Dadurch sinkt die Wärmeleistung der Anlage. Dies kann reduziert bzw. abgepuffert werden, wenn die Strecken in Zeiten ohne Wärmebedarf, z. B. im Sommer, regeneriert werden. Dies kann durch Solarthermie, Abwärme oder Gebäudekühlung erfolgen. Dabei wird die in den Gebäuden aufgenommene Wärme durch Kühlung in das Grubengebäude eingespeist.

Methodik

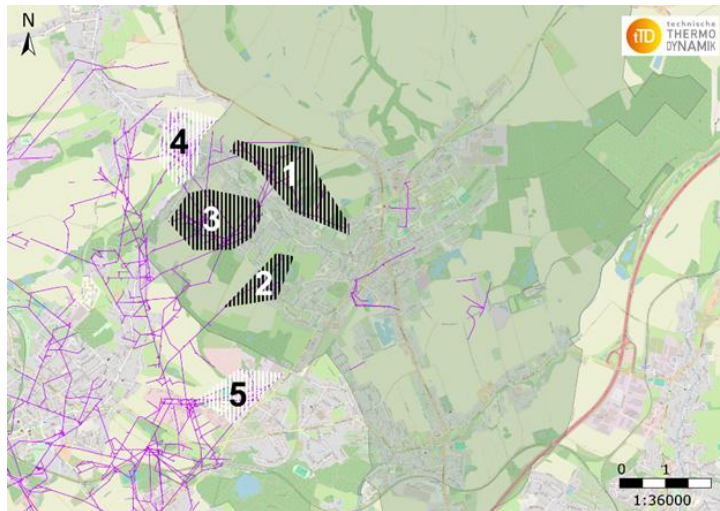
Die für die Potenzialbestimmung durchgeführte Methodik baut unter anderem auf den Ergebnissen des Projekts MareEn auf und stellt eine Erweiterung dar. Um eine breite Datenbasis zu schaffen, wurde eine umfassende Literaturrecherche und Auswertung früherer Projekte durchgeführt. Für die Bewertung wurden folgende Parameter detailliert untersucht: Alter der Grubenbaue, vorhandene Entwässerungssysteme, geflutete Teufen, Hohlraumvolumen, bekannte Risswerke, Temperaturverhältnisse, Wasserchemie und allgemeine Zugänglichkeit. Die Informationen konnten aus Studien sowie aus GIS-Karten herausgelesen werden. Die Werte der jeweiligen Kriterien sind in Tabelle 4-1 zu finden. Um die Potenziale für die kommunale Wärmeplanung zu ermitteln, wurden diese Faktoren berücksichtigt und in ein weiterentwickeltes Modell implementiert.

Tabelle 4-1: Für die Potentialberechnung der Strecken notwendige Ausgangsparameter

Zuordnung	Parameter
Geometrie Strecke	Länge L in m
	Durchmesser D in m
Eigenschaften Grubenwasser	Dichte ρ_{H_2O} in kg/m ³
	Spezif. Wärmekapazität c_{p,H_2O} in J/(kg*K)
	Wärmeleitfähigkeit λ_{H_2O} W/(m*K)
	Temperaturniveau T_{0,H_2O} in °C
Eigenschaften Gestein	Dichte ρ_{Gest} in kg/m ³
	Spezif. Wärmekapazität $c_{p,Gest}$ in J/(kg*K)
	Wärmeleitfähigkeit λ_{Gest} in W/(m*K)
	Temperaturniveau $T_{0,Gest}$ in °C
Zus. Kalkulationsparameter	Betrachtungszeitraum t in Jahren
	Geförderter Volumenstrom $\dot{V}$ in m ³ /h
	Minimale Reinjektionstemperatur in °C

Sind die Werte für einen bestimmten Untersuchungsstandort auf einem Streckenabschnitt ermittelt, können sie dem Berechnungscode zugeführt werden. Im Folgenden wird für die Standorte die Entzugsleistung beschrieben, bei der ein konstanter Betrieb möglich ist. Dabei wird davon ausgegangen, dass die sich unterhalb des Feldes befindlichen Streckenabschnitte thermisch über die Laufzeit aktiviert werden und als Wärmequelle dienen. Das bedeutet, dass am Ende des Betrachtungszeitraums (30 Jahre) eine minimale Reinjektionstemperatur erreicht wird, sofern keine Regeneration des Wassers, beispielsweise durch Abwärme, erfolgt. Um eine zu starke Unterkühlung zu vermeiden, die den Anlagenbetrieb langfristig gefährden könnte, wurde die minimale Reinjektionstemperatur für alle Berechnungen auf 6 °C festgesetzt. Zudem wurde in der Analyse das Wasservolumen der Hohlräume sowie eine geringe Interaktion mit den umgebenden Wässern berücksichtigt, da es durch die Aufprägung einer Strömung sowie die Änderung der Temperatur im Grubenwasser zu Durchmischungen kommen wird. Die Annahme ist, dass ein Wasservolumen von ca. 20 %, das sich nicht im Streckenbereich befindet, aktiviert wird. Für die Bewertung der Potenziale wurde zudem zwischen zwei Fällen unterschieden, um einen Eindruck vom Wärmepotenzial zu erhalten, das sich ergibt, wenn eine Grubenwasseranlage mit unterschiedlichen Betriebsweisen betrieben wird. Einerseits wurde ein Volllastszenario betrachtet, das 8.760 Stunden im Jahr abdeckt, und andererseits ein Teillastbetrieb, der 2.400 Stunden zeigt. Beide Fälle wurden auf eine Laufzeit von 30 Jahren ausgelegt. Für die Potenzialbewertung wurden im Folgenden drei Standorte bzw. Felder innerhalb der Gemeinde Lugau identifiziert und einer Bewertung zugeführt (siehe Abbildung 4-9). Zwei weitere Potenzialfelder sind nur zur Information mit enthalten, da sie nicht unter dem kommunalen Gebiet liegen und somit aus den KWP-Betrachtungsgebiet fallen. Entsprechend sollte mit der Nachbarkommune über eine potenzielle Nutzung der Felder gesprochen werden. Die in violetten Markierungen in der Abbildung 4-9 verdeutlichen die ehemaligen Grubenbaue des Reviers. Östlich des ersten und zweiten Feldes sind weitere Grubenbaue verzeichnet, diese sind nach Absprache mit dem

Bergbaumuseum Oelsnitz wahrscheinlich nicht vollständig wassergefüllt und wurden aus diesem Grund nicht weiter betrachtet. [44]



Nr. Bezeichnung

- 1 Pfarrgrund
- 2 Gottes Segen
- 3 Fundgrube / Vertrauensschacht

Gebiete in Nachbargemeinden Oelsnitz

- 4 Untere Hauptstraße/Rosa-Luxemburg-Straße
- 5 Bergbaumuseum

Abbildung 4-9: Standorte der Areale die durch eine Grubenwassergeothermieanlage aktiviert werden können

Ergebnisse

Die mit dem Simulationsmodell erzielten Ergebnisse sind in Tabelle 4-2 ersichtlich. Darin ist zu erkennen, dass die Potenziale bei einer 30-jährigen Nutzung der jeweiligen Areale unterschiedlich ausfallen. Bei einer Volllast mit entsprechend hohen Wärmeabnahmen im Sommer können 500 bis 750 kW erreicht werden. Bei Teillast können 1.800 bis 2.700 kW Wärmeleistung bereitgestellt werden. Somit wird deutlich, dass an verschiedenen Orten im gesamten kommunalen Gebiet die Möglichkeit Grubenwassergeothermie zu erschließen und nutzen vorhanden ist. Die Potenziale legen eine Nutzung als möglich nahe. Wenn der Bau einer Grubenwassergeothermieanlage forciert werden soll, ist dennoch eine genaue Planung für das weitere Vorgehen erforderlich.

Tabelle 4-2: Ergebnisse zu den Wärmepotenzialen Grubenwasser in Lugau

Nummer	Bezeichnung	Wärmepotenzial in kW (Extraktion 8760h/a)	Wärmepotenzial in kW (Extraktion 2400h/a)
1	Pfarrgrund	602	2.200
2	Gottes Segen	485	1.770
3	Fundgruben/ Vertrauensschacht	750	2.700
Gebiete in Nachbargemeinde Oelsnitz			
4	Untere Hauptstraße/Rosa-Luxemburg-Straße	550	2.040
5	Bergbaumuseum	620	2.250

Für die weitere Analyse in diesem Bereich bestehen dennoch einige Unsicherheiten, die es zu benennen gilt:

- Unklare Grundwasserströmungsverhältnisse (die Strömung des Grundwassers kann „neues Wasser“ mitführen, das noch nicht thermisch genutzt wurde – dadurch können höhere Leistungen/ höheres Potenzial erreicht werden).
- Unklare tatsächliche Verhältnisse im Boden (Verbrüche, offene Strecken: Sind die Schachttüren offen oder geschlossen?).
- Wie hoch ist das tatsächliche Flächenverhältnis zwischen Wasser und Gestein? Hohe Oberflächen, wie sie beim Abbau entstehen, könnten zu deutlich höheren Potenzialen führen.
- In welchem Zustand sind die Abbaufelder und wo befinden sie sich genau, da sie in den Übersichtsrisen nicht verzeichnet sind? Große Flächen, in denen das Wasser langsam durchströmen kann, können das Potenzial erhöhen.

4.3.3 Potenziale erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung für Wärme

4.3.3.1 Windkraftanlagen

Zur Bestimmung des Potenzials von Strom aus Windenergie sind die geltenden gesetzlichen Regelungen beachtet worden. Windenergieanlagen (WEA) in Sachsen müssen einen Mindestabstand von 1.000 m zu Siedlungsgebieten aufweisen. Innerhalb von Waldgebieten bestehen Potenzialflächen für die Errichtung von Windenergieanlagen. Für die fünf Windenergieanlagen, die im hier verwendeten Modell eine elektrische Nennleistung von jeweils 5,5 MW aufweisen, ist ein kumulierter Ertrag von etwa 62 GWh/a berechnet worden.

Die räumliche Verortung der Anlagen ist in Abbildung 4-10 zu erkennen. Weiterhin ist zu bedenken, dass sich die Windenergieanlagen im Suchraum für WEAs durch den Planungsverband befindet. Eine Umsetzung ist unter den geltenden Bedingungen daher möglich.

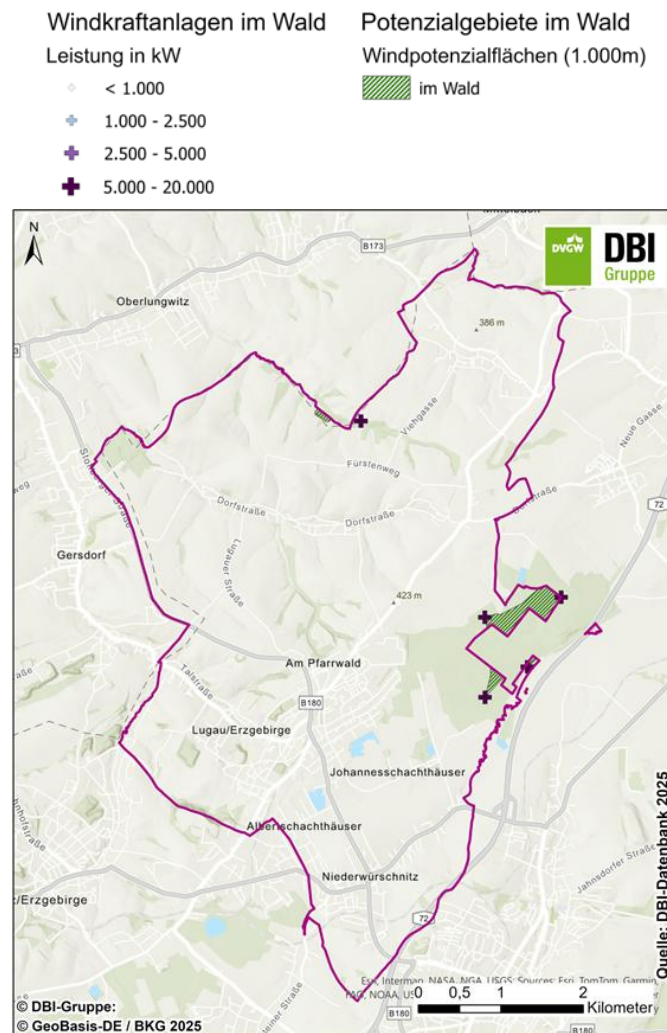


Abbildung 4-10: Identifizierte Standorte und potenzielle Leistungen der Windenergieanlagen in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz [45], [46]

4.3.3.2 Photovoltaikanlagen (Dachflächen)

Neben der Installation von Solarkollektoren sind auch Photovoltaikanlagen auf Dachflächen zur Produktion von Strom denkbar. Technisch besteht ebenfalls die Möglichkeit kombinierte Anlagen zu nutzen, die aber in der Praxis noch wenig Anwendung finden. In Summe bietet die Verwaltungsgemeinschaft einen potenziellen Ertrag von 71 GWh/a stromseitig. Bei der Berechnung sind die Dachflächen, der Neigungswinkel und die solare Einstrahlung berücksichtigt worden. Die räumliche Verteilung der Erträge aus Photovoltaikanlagen auf Dachflächen ist der Abbildung 4-11 zu entnehmen.

Für Photovoltaikanlagen auf Dachflächen ergeben sich gleiche Limitierungen des potenziellen Ertrags wie bei Solarthermieranlagen. Zusätzlich bestehen hier aber auch Einschränkungen im Hinblick auf das Stromverteilnetz (z.B. Netzanschlusskapazität).

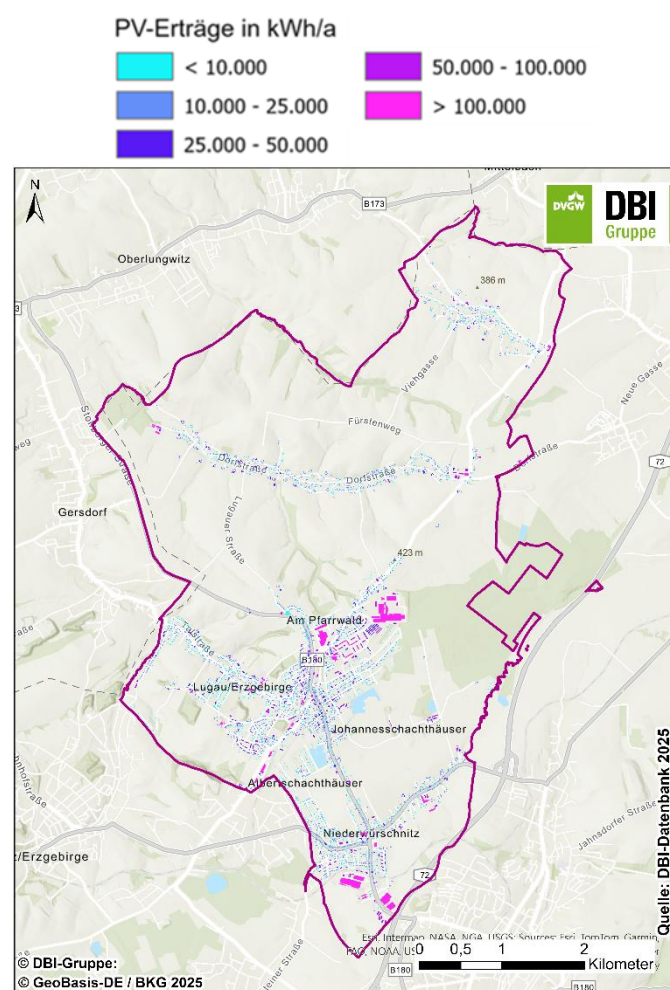


Abbildung 4-11: PV-Dachflächenpotenziale in Form der generierbaren Stromerträge

4.3.3.3 Photovoltaikanlagen (Freiflächen)

Parallel zu den im Kapitel 4.3.2.2 diskutierten Thermieanlagen auf Freiflächen besteht ebenso (bzw. sogar vorrangig) die Möglichkeit, Photovoltaik-Module auf den konformen Freiflächen zu installieren. Voraussetzung für die Errichtung von PV-Anlagen ist die Verfügbarkeit von geeigneten Flächen, die gemäß den frei verfügbaren Geodaten zur sächsischen Photovoltaik- Freiflächenverordnung (PVFVO) gegeben sind. Die größte verfügbare PV-Freiflächenanlage liegt ganz im Norden des Untersuchungsgebietes mit einem Potenzial von über 50 GWh/a (siehe Abbildung 4-12).

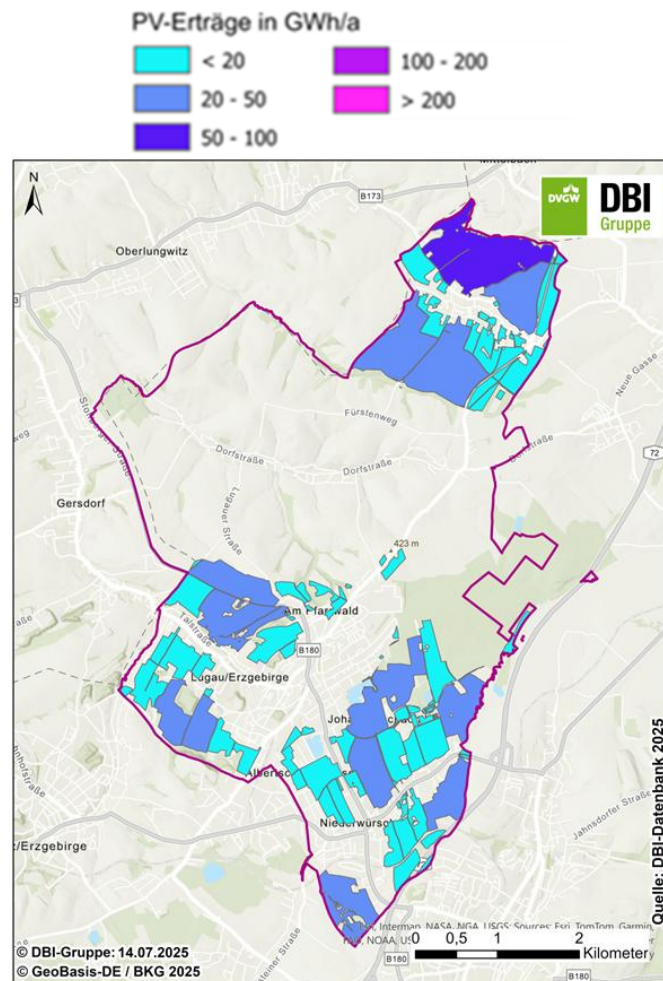


Abbildung 4-12: Regionale Verteilung der hypothetischen Jahreserträge erneuerbaren Stroms durch Nutzung von PV-Freiflächenanlagen

Auch bei Freiflächen-Photovoltaik sind verschiedene Restriktionen zu bedenken, welche deckungsgleich zu den Hindernissen aus dem Kapitel 4.3.2.2 sind. Zusätzlich wird ein bedarfsgerechter Anschluss an das örtliche Stromverteilnetz benötigt.

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 4-13 zu entnehmen. Deutlich zu erkennen sind zunächst die erheblichen theoretischen EE-Wärmemengen aus möglichen Solarkollektoranlagen auf Freiflächen. Die maximal hebbaren Solarthermiepoteziale auf Dachflächen entsprechen bei rein bilanzieller Betrachtung dem zweifachen des heutigen Wärmebedarfs. Jedoch gilt es die unterjährig gegenteiligen Verläufe von Wärmebedarf (im Winter) und solarthermisches Angebot (vorrangig im Sommer) bei den nachfolgenden Analysen zu beachten. Weiterhin besteht durch die Grubenwassergeothermie ein Abwärmepotenzial von 16 GWh/a. Insgesamt beläuft sich das Gesamtpotenzial an erneuerbarer Wärme auf 5.474 GWh/a.

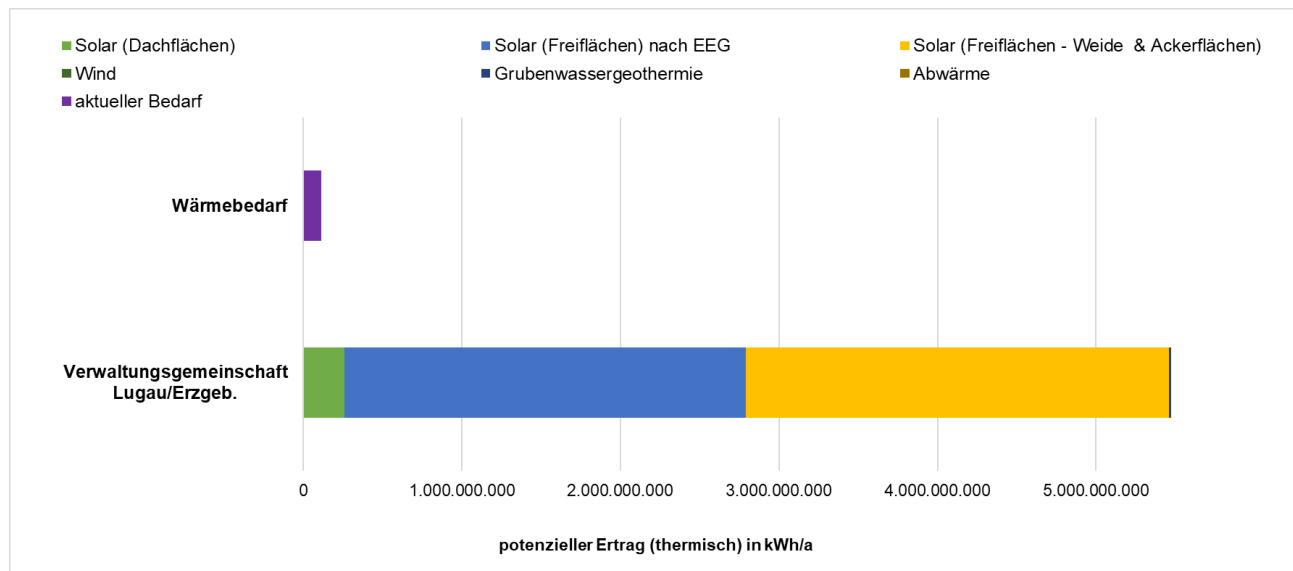


Abbildung 4-13: Zusammenfassung der EE-Wärmepotenziale und Gegenüberstellung zum aktuellen Wärmebedarf in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz

4.3.4.2 Erneuerbares Strompotenzial für Wärmezwecke

Parallel zu den direkt für die Wärmeerzeugung nutzbaren EE-Potenzialen existieren erneuerbare Strompotenziale, die über entsprechende Umwandschritte der Bereitstellung von Raumwärme, Prozesswärme und Warmwasser dienen könnten.

Auf Stromseite stehen klassische PV-Aufdachanlagen und Windenergieanlagen im Fokus. Bereits die PV-Anlagen auf Dachflächen zeichnen ein Potenzial in der Größenordnung von etwa 71 GWh/a elektrisch (Ertrag). Im Vergleich dazu bieten Photovoltaikanlagen auf Freiflächen (EEG-konform) ein theoretisches Maximalpotenzial von ca. 685 GWh/a. Zusätzlich lässt sich über die beiden idealtypischen Windenergieanlagen rund 62 GWh/a elektrisch (Ertrag) realisieren (Abbildung 4-14). Allgemein 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.

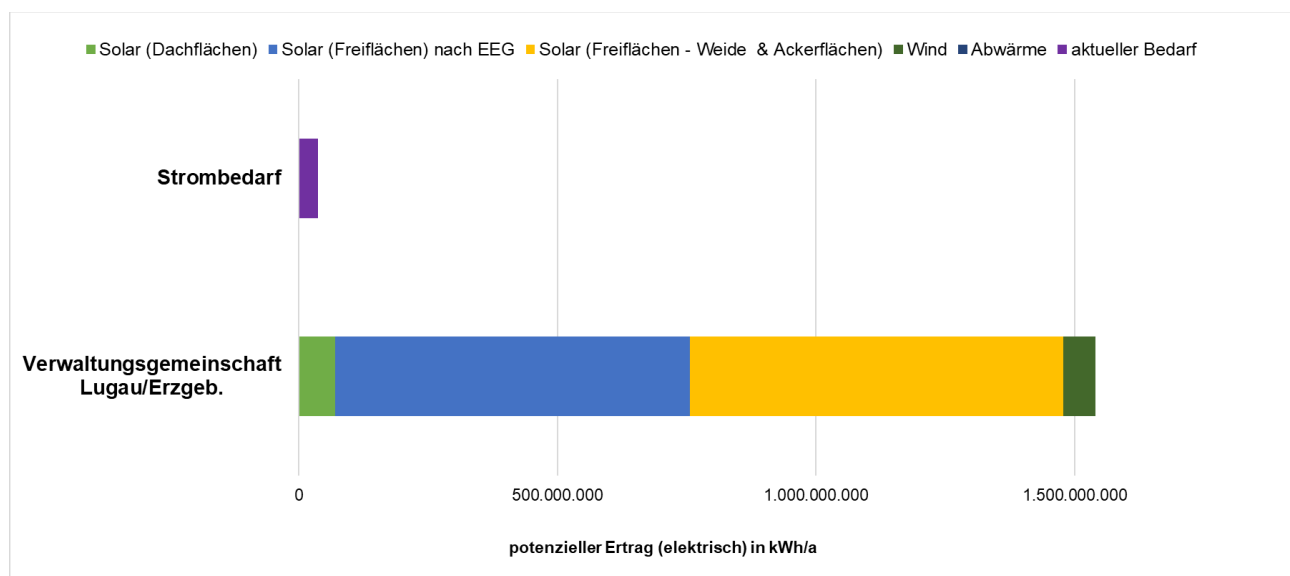


Abbildung 4-14: Zusammenfassung der EE-Strompotenziale und Gegenüberstellung zum aktuellen Strombedarf in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz

5 Zielszenario, Wärmeversorgungsgebiete und Wirtschaftlichkeit

5.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen

Der BMWK-Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung formuliert zusammenfassend als Hintergrund des Zielszenarios [12]:

„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 Treibhausgasminderung stehen müssen (z.B. Treibhausgasneutralität 2045 gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz) [47]. 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, Netzbetreiber) eine Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete vorzunehmen. Die Gebietseinteilung soll 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. Es 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 Lugau-Niederwürschnitz werden drei Zielszenarien entwickelt, die sich grundlegend in Bezug auf Inhalte, Technologiemix und Umsetzungsansätze unterscheiden. Für alle Szenarien gilt, 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 über entsprechende Maßnahmen zu kompensieren (siehe Kapitel 5.3.2.4). 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 [2]. Die Zielszenarien sind als Vorschlag zu verstehen, mehrere Zielszenarien dienen der Vergleichbarkeit. Jedes Zielszenario enthält eigene Realisierungsrisiken, sowie Vorteile gegenüber den anderen Zielszenarien. Die Bewertung der Zielszenarien erfolgt neutral. Welches Zielszenario favorisiert umgesetzt werden sollte, wird von der Kommune entschieden. Im Rahmen dieses Berichtes erfolgt lediglich eine neutrale Einordnung der Zielszenarien hinsichtlich Machbarkeit und Risiken.

Der Auftraggeber wünscht ausdrücklich, dass die Potenziale im Bereich der Windenergieanlagen nicht weiter berücksichtigt werden. Aus diesem Grund sind sie im Rahmen der Zielszenarioanalyse nicht weiter beachtet worden. Für die Strombereitstellung werden die Aufdach- und Freiflächen-PV-Anlagen, sowie das Stromnetz dienen. Es bleibt zu erwähnen, dass im Allgemeinen davon abgeraten wird, einzelne Potenziale auszuschließen. Windenergieanlagen haben im Hinblick auf die zeitliche Verfügbarkeit von Strom zur Wärmeerzeugung erhebliche Vorteile gegenüber den PV-Anlagen. Im Rahmen der Fortschreibung sollte überprüft werden, ob ein gänzlicher Ausschluss dieses Potenzials der Kommune weiterhin sinnvoll erscheint. Die Strombereitstellung über Netzbezug schließt die Windenergieanlagen nicht aus und es ist davon auszugehen, dass ein erheblicher Anteil des Stromes im Zieljahr mit Windenergieanlagen erzeugt wird [48]. Weiterhin ist eine rechnerische Deckung des Strombedarfs für die Wärmeerzeugung über die Aufdach- und Freiflächen-PV-Anlagen möglich, hier wird allerdings nicht beachtet, dass die Stromerzeugung der Freiflächen- und Aufdach- PV-Anlagen im Sommer und zum Mittagszeitpunkt ihren Höhepunkt hat, der Wärmebedarf aber vor allem in den Wintermonaten anfällt. Um den Wärmebedarf im Bereich der strombasierten Wärmeerzeuger im Winter mittels PV-Erzeugtem Strom zu decken, sind saisonale Wärmespeicher unabdingbar [49].

Für die Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz ist eine Clusterung mit drei Clustern vorgenommen worden. Die Cluster sind Lugau/Erzgebirge, Niederwürschnitz und Erlbach-Kirchberg, alle drei Cluster

unterliegen der vollständigen Wärmeplanung.

5.2.1.1 Szenario 1 - Wasserstoff

Im Rahmen des ersten Zielszenarios wird der Schwerpunkt der Bereitstellung von Wärme auf den Energieträger Wasserstoff gesetzt. Es besteht aktuell ein Wärmenetz im Cluster Lugau/Erzgebirge und in diesem Szenario wird kein weiteres Wärmenetz erschlossen. Das vorhandene Wärmenetz bleibt erhalten, es wird nicht abgebaut oder ausgebaut, lediglich die Energiedeckung des Wärmenetzes wird bis 2045 sukzessive durch erneuerbare Energien ersetzt. Hierbei werden die Grenzwerte des WPGs eingehalten [2]. Die Bereitstellung der Wärme erfolgt mittels dezentraler Versorgungsmöglichkeiten, sowie den Energieträgern Erdgas und Wasserstoff. Für die Versorgung des Fernwärmenetzes kommen Großwärmepumpen und die bereits eingesetzten Holzhackschnitzel zum Einsatz, sowie perspektivisch eine H₂-KWK-Anlage. Da der Nutzwärmebedarf der bereits angeschlossenen Adresspunkte voraussichtlich sinken wird, könnte das Bestands-Wärmenetz verdichtet werden, ohne dass die bereitgestellte Energiemenge übers Wärmenetz erhöht werden muss. Dies würde sukzessive an die Verringerung des tatsächlichen Verbrauchs angepasst werden. Der Wasserstoff soll über die vorhandene Erdgasnetzinfrastruktur verteilt werden. Aufgrund der Betrachtungsintervalle in fünf Jahres Schritten und nach Rücksprache mit dem jeweiligen Netzbetreiber kann zum aktuellen Stand der Energieträger Wasserstoff erstmalig zum Zeitpunkt 2045 berücksichtigt werden. Das Zielszenario ist so aufgebaut, dass der Energieträger Erdgas bis zum Stützjahr 2040 in den Berechnungen, einen leicht verringerten Anteil der Energieversorgung erhält (ca. 50 %). Die voraussichtliche Wärmebedarfsreduktion ist einkalkuliert, weshalb der absolute Wert der Erdgasversorgung in den Stützjahren stärker sinkt, während der relative Anteil weniger stark sinkt. Die restlichen fossilen Energieträger, wie Heizöl und Kohle, werden sukzessive durch strombasierte dezentrale Versorgungsmöglichkeiten, konkret Wärmepumpen, ersetzt. Aufgrund der überwiegenden Erhaltung der Erdgasversorgung bis zum Prognosestützjahr 2040 erfolgt die Umstellungsgeschwindigkeit langsam. Im Jahr 2030 werden 25 % des Wärmebedarfs über erneuerbare Energien gedeckt, 2035 sind es 35 %, 2040 decken erneuerbare Energien 44 % des Wärmebedarfs in dem Untersuchungsgebiet. 2045 muss die Wärmeerzeugung nach WPG aus 100 % erneuerbaren Energien gedeckt werden. Alle Gebäude mit vorhandenen Erdgasnetzanschluss sollen die Möglichkeit bekommen, ihre Wärme zukünftig mit Wasserstoff zu erzeugen. Gebäude, die aktuell mit dezentralen Versorgungsmöglichkeiten Wärme erzeugen, würden auch zukünftig Wärme dezentral erzeugen, mittels Wärmepumpen, Elektroheizungen oder Holz. Gebäude, welche mittels Wärme aus einem Wärmenetz versorgt werden, erhalten die Möglichkeit, dies zukünftig dabei zu belassen. Es bleibt zu erwähnen, dass die Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen sich an die Regelungen des Gebäudeenergiegesetz (GEG) zu halten haben [3], [50]. Nach Beschluss des kommunalen Wärmeplans greift das GEG im Falle der Havarie der Heizung. Es gibt Übergangsfristen in diesem Falle, welche von den spezifischen Gegebenheiten, wie der Möglichkeit an ein Wärmenetzanschluss, abhängig sind. [50] In den im Anschluss an die KWP per Stadtratsitzung ausgewiesenen Wasserstoffnetzgebieten kann eine H₂-ready-Therme eingebaut werden. Das Szenario entspricht dem Versorgungsvorschlag der inetz und dem Wunsch des Auftraggebers [51].

Die Bereitstellung des Stroms erfolgt in diesem Szenario über die vorhandenen Bestandsanlage sowie weiteren Freiflächen- und Aufdach- PV-Anlagen. Darüber hinaus wird im Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung der Strombedarf zum Teil über die bestehende Windenergieanlage gedeckt. Der restliche Strombedarf wird über das Stromnetz gedeckt. Das Stromnetz wird nach Angabe der Stromnetzbetreiber nach Bedarf ausgebaut und wird den Ansprüchen entsprechend angepasst.

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.

In Tabelle 5-1 kann das grundlegende geplante Vorhaben im Szenario Wasserstoff in den einzelnen Stützjahren nachvollzogen werden. Es wird zwischen Bestand („B“) und Ausbau („A“) unterschieden. Ersteres berücksichtigt ausschließlich solche Kapazitäten, welche im Rahmen der Bestandsanalyse erfasst wurden. Der Ausbau legt die Werte der Bestandsanalyse zu Grunde, jedoch werden zusätzliche, noch nicht bestehende Kapazitäten, ermittelt im Rahmen der Potenzialanalyse, berücksichtigt und einkalkuliert. Da die Wärmepumpe die effizienteste Technologie, verglichen mit den Elektroheizungen und der Biomasse Pelletheizung, darstellt, wurde davon ausgegangen, dass vorrangig diese Technologie ausgebaut wird. Hier bleibt zu erwähnen, dass den Eigentümern und Eigentümerinnen die individuelle Entscheidung zu einer Technologie bleibt und die Entscheidung freisteht, welche der dezentralen Versorgungsmöglichkeiten sie sich einbauen.

Um dezentral Wärme mit dem Energieträger Wasserstoff zu erzeugen, eignen sich folgende Technologien:

- **Brennstoffzellen-Heizsysteme:** Wasserstoff reagiert elektrochemisch mit Sauerstoff in einer Brennstoffzelle. Dabei entstehen Strom, Wärme und Wasser.
- **H₂-Ready-Gasthermen:** Modifizierte Gasthermen, die mit Erdgas starten und später auf Wasserstoff umgestellt werden können.
- **Direktverbrennung von Wasserstoff:** Wasserstoff wird wie Erdgas verbrannt, z.B. in speziellen Heizkesseln.

Es wurde davon ausgegangen, dass in den meisten Fällen eine H₂-Ready-Gastherme sinnvoll erscheint. So kann das Erdgas bis zum Umstellungszeitpunkt mit derselben Technologie genutzt werden, wie der Wasserstoff nach der Netztransformation. Dennoch obliegt die Entscheidung der Einzelperson, welche der Technologie verwendet werden möchte.

Tabelle 5-1: Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario Eins, Wasserstoff

Kategorie	Technologie	Lugau/Erzgebirge	Niederwürschnitz	Erlbach-Kirchberg & Ursprung
Wärme	Wärmepumpe	A +++	A +++	A +++
	Elektroheizung	B	B	B
	Biomasse Pelletheizung	B	B	B
	Aufdach Solarthermie	A ++	A ++	A ++
	H ₂ -Therme	A +++	A +++	A +++
	H ₂ -KWK-Anlage	A +	-	-
	Großwärmepumpe	A ++	-	-
	Holzackschnitzel	B	-	-
Strom	Aufdach-PV	A +++	A +++	A +++
	Freifläche-PV	A +++	A +++	A +++
	Windenergieanlagen	-	-	B
	Netzbezug	A +++	B	B

Legende: A + = geringer Ausbau; A ++ = mittlerer Ausbau; A +++ = verstärkter Ausbau; B = Bestand

5.2.1.2 Szenario 2 – Wärmenetze und Grubenwasser

Im zweiten Szenario wird sich auf den Ausbau von Wärmenetzes fokussiert. Im Zieljahr werden circa 15 % des Gesamtnutzwärmebedarfs über Wärmenetze gedeckt. Nach Bestandsanalyse liegt aktuell ein Wärmenetz in Lugau/Niederwürschnitz vor. Für dieses Szenario müsste das Wärmenetz ausgebaut werden. Weiterhin würde ein Wärmenetz in Niederwürschnitz neu erschlossen werden. Das Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung eignet sich nicht für die Erschließung eines Wärmenetzes. So würde der Nutzwärmebedarf im Bereich der Fernwärme von ca. 3,2 GWh/a im Stützjahr 2030 auf ca. 13 GWh/a im Zieljahr 2045 steigen. Dabei würden neue Wärmenetze in Gebieten mit hoher Wärmenetzeignung erschlossen und diese sukzessive ausgebaut und erweitert werden. Es wird die Annahme getroffen, dass die neuen Fernwärmenetze mit mindestens 65 % erneuerbaren Wärmequellen gespeist werden. Dies entspricht der Vorgabe im WPG [2]. Hierzu dienen unter Anderem Großwärmepumpen in den Stützjahren 2033 bis 2045, ab 2030 wird mit der Wärmegewinnung mittels der Grubenwassergeothermie gerechnet. Die Potenziale wurden von der TUBAF untersucht und in der Potenzialanalyse dargestellt (siehe Kapitel 0). Es wurde die Annahme getroffen, dass zwei der fünf untersuchten Schächte für die Wärmegewinnung genutzt werden. Es wurden die Schächte ausgewählt, die sich in der unmittelbaren Nähe von Gebieten liegen, welche sich zum Wärmenetzneubau eignen. Dies sind der Vertrauensschacht und der Gottes Segen Schacht in dem Cluster Lugau/Erzgebirge. In diesem Szenario wird die gleiche Verfügbarkeit von Wasserstoff zugrunde gelegt. In etwa 20 % des Nutzwärmebedarfs im Zieljahr werden mittels Wasserstoffes gedeckt. Der Wasserstoff wird analog zu dem Zielszenario „Wasserstoff“ in dezentralen H₂-Thermen zur Wärmeerzeugung verwendet und über die vorhandenen

Erdgasleitungen ab 2045 zu den einzelnen Gebäuden transportiert. Im diesen Zielszenario kann eine berechnete möglich Quote von 50 % Erneuerbarer Wärme vom Nutzwärmebedarf im Stützjahr 2030 erreicht werden. Im Stützjahr 2035 könnte eine Quote von 65 % erreicht werden, im Jahr 2040 könnten es 74 % sein. Im Jahr 2045 müssen nach gesetzlicher Vorgabe eine Quote von 100 % erneuerbaren Energien im Strom- und Wärmebereich erreicht werden. In Gebieten, die sich für Wärmenetze eignen, könnten, unter der Voraussetzung der Findung von umsetzenden Betreibern, Wärmenetze erschlossen werden. Die Entscheidung zum Anschluss an ein Wärmenetz bleibt frei. Alternative Versorgungsmöglichkeiten stellen die dezentralen Versorgungsmöglichkeiten, wie bspw. Wärmepumpen oder H₂-Thermen dar. Gebiete, die sich nicht für die Wärmenetzerschließung eignen, werden in diesem Szenario, unter der Voraussetzung, dass sich mindestens ein Erdgasnetzanschluss in dem Baublock befindet, als Wasserstoffnetzgebiete gekennzeichnet. In der Berechnung wird angenommen, dass vor allem Wärmepumpen für die Deckung des Wärmebedarfs dienen. Dies resultiert aus der erhöhten Effizienz der Wärmepumpen gegenüber den anderen dezentralen Versorgungsmöglichkeiten. Die Entscheidung zu einer der dezentralen Versorgungsmöglichkeit ist frei und andere Technologien können gewählt werden.

Die Bereitstellung des Stroms erfolgt in diesem Szenario über die vorhandenen Bestandsanlage sowie weiteren Freiflächen- und Aufdach- PV-Anlagen. Darüber hinaus wird im Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung der Strombedarf zum Teil über die bestehende Windenergieanlage gedeckt. Der restliche Strombedarf wird über das Stromnetz gedeckt. Das Stromnetz wird nach Angabe der Stromnetzbetreiber nach Bedarf ausgebaut und wird den Ansprüchen entsprechend angepasst. Ein verstärkter Ausbau des Stromnetzes wird in diesem Szenario angenommen, um die Bedarfe vollständig decken zu können.

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. Im Bereich der Fernwärme könnten ebenfalls Großwärmespeicher errichtet werden, um die zeitliche Verschiebung zwischen Wärmeerzeugung und Wärmebedarf zu überbrücken.

In Tabelle 5-2 kann das grundlegende geplante Vorhaben im Szenario Wärmenetze und Grubenwasser nachvollzogen werden. Es wird zwischen Bestand („B“) und Ausbau („A“) unterschieden. Ersteres berücksichtigt ausschließlich die Kapazitäten, welche im Rahmen der Bestandsanalyse erfasst wurden. Der Ausbau legt die Werte der Bestandsanalyse zu Grunde. Jedoch werden zusätzliche, noch nicht bestehende Kapazitäten im Rahmen der Potenzialanalyse ermittelt, berücksichtigt und einkalkuliert. Da die Wärmepumpe die effizienteste Technologie, verglichen mit den Elektroheizungen und der Biomasse-Pellettheizung, darstellt, wurde davon ausgegangen, dass vorrangig diese Technologie ausgebaut wird. Der Ausbau von Aufdach Solarthermie-Anlagen wurde in diesem Szenario betrachtet. Dabei werden maximal 2 % des Gesamtpotenzials für Aufdach-Thermieanlagen gehoben. Dies kann ebenfalls über Freiflächen-Solarthermie bereitgestellt werden, dies geschieht üblicherweise nicht im privaten dezentralen Bereich, sondern zentral über ein Wärmenetz. Hier bleibt zu erwähnen, dass den Eigentümern und Eigentümerinnen die individuelle Entscheidung zu einer Technologie bleibt und die Entscheidung freisteht, welche der dezentralen Versorgungsmöglichkeiten sie sich einbauen.

Tabelle 5-2: Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario Zwei, Wärmenetze und Grubenwasser

Kategorie	Technologie	Lugau/Erzgebirge	Niederwürschnitz	Erlbach-Kirchberg & Ursprung
Wärme	Wärmepumpe	A +++	A ++	A +++
	Elektroheizung	B	B	B
	Biomasse Pellettheizung	B	B	B
	Aufdach Solarthermie	A ++	A ++	A ++
	H ₂ -Therme	A ++	A ++	A ++
	Grubenwassergeothermie	A ++	-	-
	Holzackschnitzel	B	-	-
	Großwärmepumpen	A +	A +++	-
Strom	Aufdach-PV	A +++	A +++	A +++
	Freifläche-PV	A +++	A +++	A +++
	Windenergieanlagen	-		B
	Netzbezug	A +++	B	A ++

Legende: A + = geringer Ausbau; A ++ = mittlerer Ausbau; A +++ = verstärkter Ausbau; B = Bestand

5.2.1.3 Szenario 3 - Elektrifizierung

Im Rahmen des dritten Zielszenarios wird der Schwerpunkt der Bereitstellung von Wärme auf Technologien gesetzt, welche mit Strom Wärme erzeugen. Dies sind die (Groß-)Wärmepumpen und die Elektroheizungen, wobei aus Effizienzgründen in aller Regel die Wärmepumpen bevorzugt werden würden. Die Großwärmepumpen dienen dazu, das vorhandene Wärmenetz in Lugau zu transformieren. Ein Ausbau dieses Netzes ist in diesem Szenario nicht angedacht. Weiterhin werden auch keine neuen Wärmenetze erschlossen. Da der Nutzwärmebedarf der bereits angeschlossenen Adresspunkte im Bestands-Wärmenetz voraussichtlich sinken wird, könnte das Wärmenetz verdichtet werden, ohne dass die bereitgestellte Energiemenge übers Wärmenetz erhöht werden muss. Dies würde sukzessive an die Verringerung des tatsächlichen Verbrauchs angepasst werden. Das Erdgasnetz könnte schrittweise bis 2045 stillgelegt werden und die gesamte Wärmebedarfserzeugung findet im Zieljahr mittels dezentralen Versorgungstechnologien statt, mit Ausnahme des bestehenden Wärmenetzes im Cluster Lugau/Erzgeb. Es ist eine hohe Umstellungsgeschwindigkeit angenommen worden. Im diesen Zielszenario kann bis 2030 eine berechnete möglich Quote von 60 % Erneuerbarer Wärme vom Nutzwärmebedarf erreicht werden. Im Stützjahr 2035 könnte eine Quote von 75 % erreicht werden, im Jahr 2040 könnten es 90 % sein. Im Jahr 2045 müssen nach gesetzlicher Vorgabe eine Quote von 100 % erneuerbaren Energien im Strom- und Wärmebereich erreicht werden.

Die Bereitstellung des Stroms erfolgt in diesem Szenario über die vorhandenen Bestandsanlage sowie weiteren Freiflächen- und Aufdach- PV-Anlagen. Darüber hinaus wird im Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung der

Strombedarf zum Teil über die bestehende Windenergieanlage gedeckt. Der restliche Strombedarf wird über das Stromnetz gedeckt. Das Stromnetz wird nach Angabe der Stromnetzbetreiber nach Bedarf ausgebaut und wird den Ansprüchen entsprechend angepasst. Es bleibt zu erwähnen, dass dieses Szenario aufgrund der weitreichenden Elektrifizierung die höchsten Strombedarfe erreicht. Dementsprechend muss das Stromnetz stärker ausgebaut werden, verglichen mit den Szenarien Eins und Zwei.

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. Im Bereich der Fernwärme könnten ebenfalls Großwärmespeicher errichtet werden, um die zeitliche Verschiebung zwischen Wärmeerzeugung und Wärmebedarf zu überbrücken.

In Tabelle 5-3 kann das grundlegende geplante Vorhaben im Szenario Elektrifizierung in den einzelnen Stützjahren nachvollzogen werden. Es wird zwischen Bestand („B“) und Ausbau („A“) unterschieden. Ersteres berücksichtigt ausschließlich die Kapazitäten, welche im Rahmen der Bestandsanalyse erfasst wurden. Der Ausbau legt die Werte der Bestandsanalyse zu Grunde, jedoch werden zusätzliche, noch nicht bestehende Kapazitäten, im Rahmen der Potenzialanalyse ermittelt, berücksichtigt und einkalkuliert. Da die Wärmepumpe die effizienteste Technologie, verglichen mit den Elektroheizungen und der Biomasse Pelletheizung, darstellt, wurde davon ausgegangen, dass vorrangig diese Technologie ausgebaut wird. Hier bleibt zu erwähnen, dass den Eigentümern und Eigentümerinnen die individuelle Entscheidung zu einer Technologie bleibt und die Entscheidung freisteht, welche der dezentralen Versorgungsmöglichkeiten sie sich einbauen.

Tabelle 5-3: Qualitative Beschreibung der Technologieschwerpunkte von Zielszenario Drei, Elektrifizierung

Kategorie	Technologie	Lugau/Erzgebirge	Niederwürschnitz	Erlbach-Kirchberg & Ursprung
Wärme	Wärmepumpe	A +++	A ++	A +++
	Elektroheizung	B	B	B
	Biomasse Pelletheizung	B	B	B
	Aufdach Solarthermie	A +++	A +++	A +++
	Holzhackschnitzel	B	-	-
	Großwärmepumpen	A +	-	-
Strom	Aufdach-PV	A +++	A +++	A +++
	Freifläche-PV	A +++	A +++	A +++
	Windenergieanlagen	-	-	B
	Netzbezug	A +++	B	A ++

Legende: A + = geringer Ausbau; A ++ = mittlerer Ausbau; A +++ = verstärkter Ausbau; B = Bestand

5.2.2 Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wärmebereitstellung

Im Anschluss wird eine detaillierte Betrachtung der Endenergiebedarfe für Wärmezwecke in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz 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 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 den Wärmetransport von der Quelle (z.B. der Umgebungsluft) zur Senke (z.B. dem 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 Effizienzschwankungen. Im Falle der Wärmepumpe (Jahresarbeitszahl: 3,05) werden aus einer Einheit Strom 3,05 Einheiten Wärme bereitgestellt. Wichtig ist aufzuführen, dass Wirkungsgrade Technologiespezifisch sind und individuell berücksichtigt werden müssen. Eine Auflistung der relevanten Wirkungsgrade bzw. Jahresarbeitszahlen befinden sich im Anhang 10.

Die Endenergiebedarfe werden auf den Ergebnissen der Nutzenergiebedarfe (siehe Anhang 11 bis Anhang 16) aufgebaut und mit den entsprechenden Wirkungsgraden verrechnet. Im Kapitel 5.3.1 können die Ergebnisse nachvollzogen werden. Im Anhang wird ebenfalls die Aufteilung zwischen Lugau und Niederwürschnitz deutlich.

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

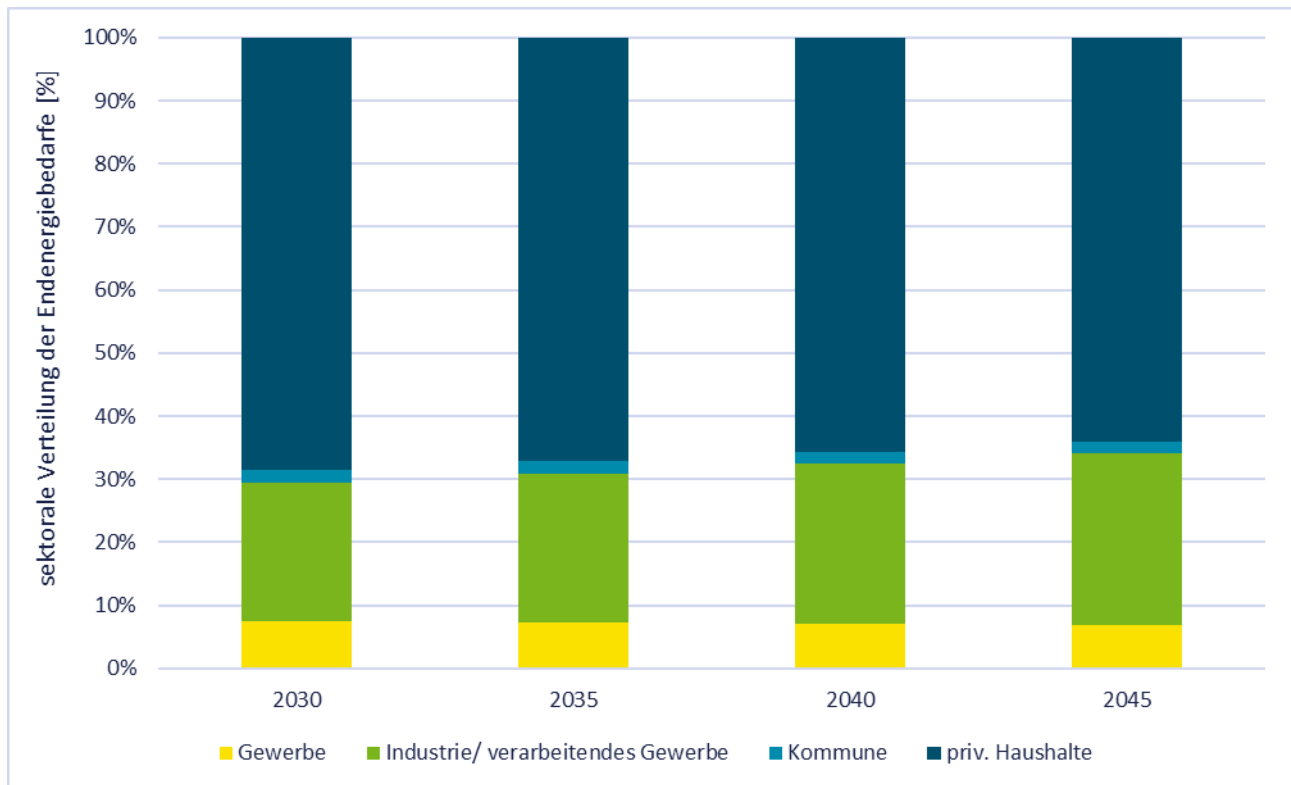


Abbildung 5-1: Sektorale Verteilung der Endenergiebedarfe im Betrachtungszeitraum 2030 bis 2045.

Deutlich erkennbar ist, dass private Haushalte mit Abstand den größten Bedarf an Nutz- sowie Endenergie aufweisen. Absteigend weist die Industrie den zweithöchsten Bedarf auf, mit etwa einem Viertel des Gesamtenergiebedarfs. Im Anschluss daran folgen die Kategorien Gewerbe und abschließend die Kommune. Im Jahr 2045 entfallen 64 % der Bedarfe auf den Sektor priv. Haushalte. Im Status Quo sind entfallen ca. 70 % des Nutzwärmebedarfs auf die privaten Haushalte. Zur Deckung der Endenergiebedarfe der restlichen Sektoren werden im Zieljahr folgende Anteile fällig: Gewerbe 7 %; Kommune: 2 %; Industrie/ verarbeitendes Gewerbe: 27 %. Diese 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. Beeinflusst wird dies zusätzlich durch die Ausbauvorhaben des bestehenden Wärmenetzes. Auf Grundlage der verschiedenen vorgesehenen Energietechnologien innerhalb aller Szenarien, werden unterschiedliche Bedarfs-Zuwachsraten im Bereich der Fernwärme kalkuliert. Im Anschluss wird der Fernwärmemix gebildet. Der individuelle Fernwärmemix je Szenario kann im Anhang 17 bis Anhang 19 nachvollzogen werden.

Auf Basis dieser Betrachtung ergibt sich ein szenario- und zeitpunktspezifischer Fernwärmemix, welcher später in der Betrachtung der Treibhausgasemissionen berücksichtigt werden muss (siehe 5.2.3).

Dadurch, dass die Fernwärme auf Basis der dargestellten Energieträger gespeist wird, ist diese anteilmäßig in der jeweiligen Betrachtung einkalkuliert. Im Kapitel 5.3.1 werden explizite Betrachtungen der Fernwärme aufgeführt, welche darstellen wie sich die Position zusammensetzt und welche Endenergiebedarfe für die Deckung aus den unterschiedlichen zugrundeliegenden Energiequellen anfallen. Zusätzlich zu den Wirkungsgraden der Energieträger (siehe Anhang 10) werden 25 % Leitungs- und Umwandlungsverluste in Wärmenetzen einkalkuliert.

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 (siehe Anhang 20 und Anhang 21).

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, Biomethan),
- 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 die gesetzlichen Vorgaben für die zunehmende Integration erneuerbarer Energien und die Umsetzung nationaler und europäischer Klimaschutzziele. Erwähnenswert ist, 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 [20]. Eine Ausnahme bildet die Fernwärme. Ursächlich ist die hohe Individualität der Fernwärmebereitstellung und die ebenso spezifische Höhe der netzseitigen Verluste. Der Emissionsfaktor der Fernwärme wurde berechnet, indem jeweils die prozentualen Anteile der zugrunde liegenden Wärmetechnologie, welche in das Fernwärmenetz speist, mit dem spezifischen Emissionsfaktor dieser Wärmetechnologie multipliziert und diese Werte anschließend addiert wurden. Dies wurde auf die drei untersuchten Zielszenarien adaptiert, sodass jedes Zielszenario entsprechend seiner technologischen Schwerpunktsetzung einen individuellen Energiemix und damit THG-Faktor im Bereich der Fernwärme aufweist.

Darüber hinaus wird für Wasserstoff ein individueller Emissionsfaktor genutzt. Der zukünftige Wasserstoffbezug ist mit hohen Unsicherheiten behaftet, da aktuell die Bezugsquellen inklusive 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. Demzufolge stammt der gesamte Wasserstoff des Status quo aus der klassischen Dampfreformierung von Methan/Erdgas. Hierbei ist anzumerken, dass landesweit gegenwärtig wenig Wasserstoff in der kommunalen Wärmeversorgung, hauptsächlich 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. Dies ist in Abbildung 5-3 dargestellt.

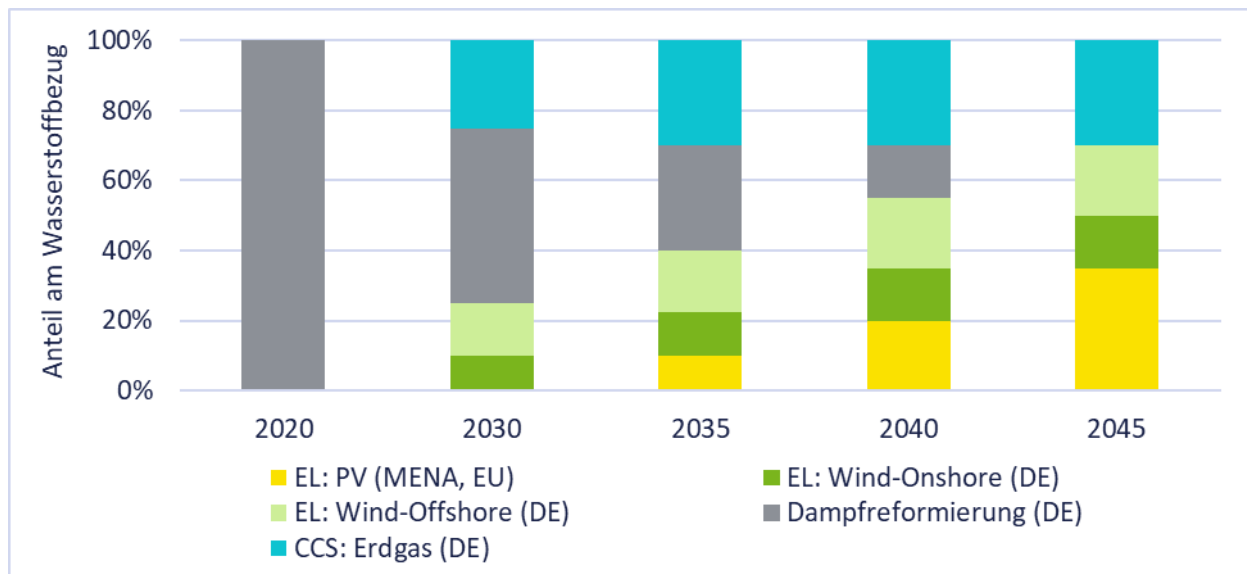


Abbildung 5-2: Annahmen zu den anteiligen Herkunftsorten für den künftigen deutschen Wasserstoffmix.

Um die resultierenden Treibhausgasemissionen (in t CO₂-Äq. p.a.) für die betrachteten Stützjahre abzuleiten, sind analog dem Vorgehen bei der Bestandsanalyse 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 20 und Anhang 21. 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) [20]. Die Emissionsfaktoren für

fossile Energieträger (Erdgas H, Heizöl L) werden als konstant angenommen.

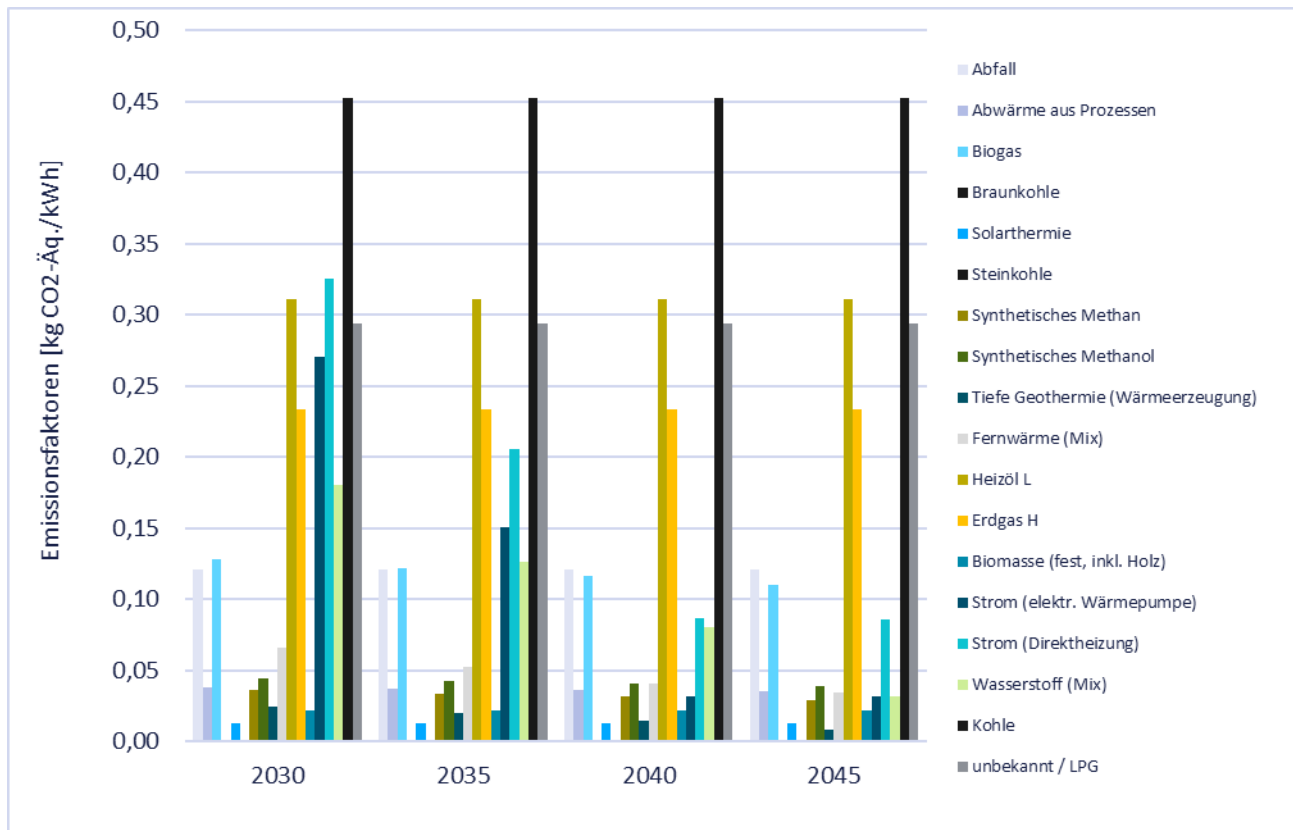


Abbildung 5-3: Überblick zur Entwicklung der spezifischen Treibhausgasemissionen je Technologie/Energieträger [19], [20].

Da die Fernwärme einem spezifischen Technologiemark je Szenario unterliegt, wird der Verlauf der Emissionsfaktoren über die einzelnen Stützjahre in der separaten Abbildung 5-4 visualisiert.

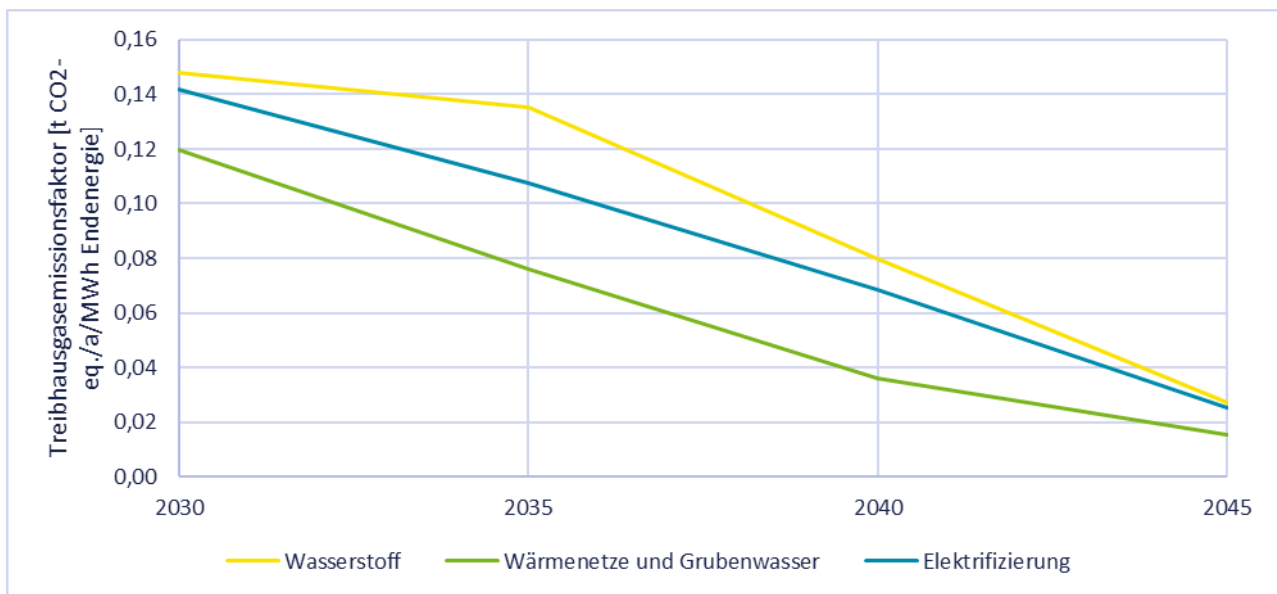


Abbildung 5-4: Vergleich der Emissionsfaktoren für den Fernwärmemix in den betrachteten Zielszenarien.

Der Emissionsfaktor der Fernwärme ist im Szenario Wärmenetze und Grubenwasser am geringsten. Dies ist zu begründen, durch die Verwendung von der Grubenwassergeothermie, denn diese Technologie weist einen Emissionsfaktor von 0,025 t CO₂-eq./a/MWh im Jahr 2030 auf, welcher sich bis zum Zieljahr auf 0,008 t CO₂-

eq./($a \cdot \text{MWh}$) verringert. Damit verursacht die Grubenwassergeothermie am wenigsten Treibhausgasemissionen von den eingesetzten Technologien. Da im Wasserstoffscenario generell von einer verlangsamten Umstellungsgeschwindigkeit ausgegangen wird, wird im Bereich der Fernwärme ebenfalls angenommen, dass die Transformation des bestehenden Wärmenetzes langsamer erfolgt als im Szenario Elektrifizierung. Dies spiegelt sich in der Abbildung 5-4 wider. Im Szenario Wasserstoff kommen ab 2045 H_2 -KWK-Anlagen zur Fernwärmedeckung zum Einsatz, dies erklärt den Versatz zwischen dem ersten und dritten Szenario hinsichtlich des Fernwärmeemissionsfaktor im Zieljahr. Der Emissionsfaktor für Strom liegt im Jahr 2030 bei $0,27 \text{ t CO}_2\text{-eq./}(a \cdot \text{MWh})$ und verringert sich bis zum Zieljahr 2045 auf $0,032 \text{ t CO}_2\text{-eq./}(a \cdot \text{MWh})$ aufgrund der Transformation der Stromerzeugung zu ausschließlich erneuerbaren Energien. Unter anderem auf Basis des Emissionsfaktors für den Strom wurde der Emissionsfaktor der Großwärmepumpen berechnet. Dieser fließt jeweils in allen drei Szenarien in den Fernwärmeemissionsfaktor ein. Der Fernwärmemix wird u.a. auch aus Biomasse gespeist. Bei der Verbrennung von Biomasse entsteht CO_2 , das zwar als „biogen“ gilt, aber trotzdem in die Atmosphäre gelangt, somit also nicht emissionsfrei ist. Man spricht hier von bilanzieller Treibhausgasneutralität.

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 Wärmebereitstellungskosten. 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 Ausbau des Stromverteilnetzes 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 Fehlertoleranz 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 der Technikatalog der KEA-BW (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg) [52] [53], welcher technische Standards und aktuelle und zukünftige Investitionskosten liefert. Ergänzend wurden weitere Quellen zu zukünftigen Technologien konsultiert, darunter Studien und Prognosen von Institutionen wie Agora Energiewende [54] und der WindGuard GmbH [55].

5.2.5 Ableitung des favorisierten Zielbildes

Anhand der in den Abschnitten 5 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 Nutz- und Endenergiebedarf, Treibhausgasemissionen und Ökonomie stellen 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 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.

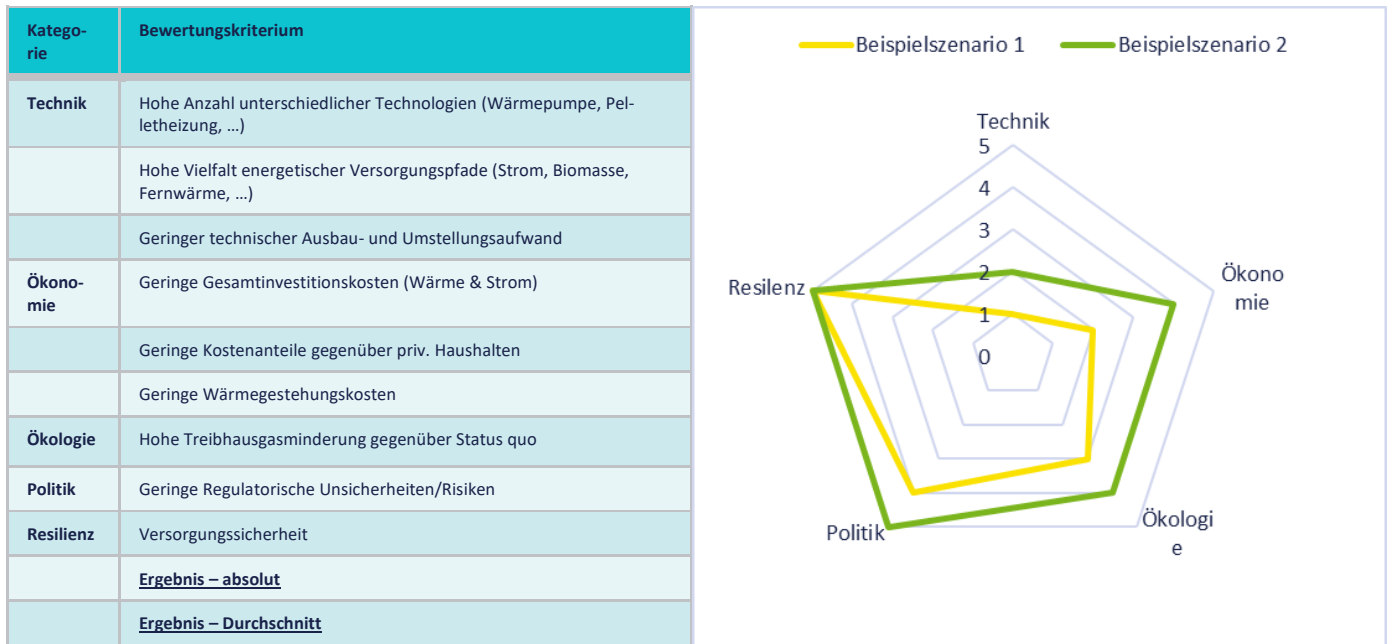


Abbildung 5-5: Bewertungsmatrix zum Vergleich der beispielhaften Zielszenarien (links) und resultierendes beispielhaftes Netzdiagramm (rechts).

5.2.6 Einteilung des Untersuchungsgebietes in Wärmeversorgungsgebiete

In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die gemeinsame Entscheidung zur Fokussierung auf das Zielszenario Wasserstoff getroffen.

Auf Basis des favorisierten Zielbildes für die zukünftige Wärmeversorgung in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz ist eine Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete vorzunehmen. Dies geschieht insbesondere für das Zieljahr 2045. Zur Vergleichbarkeit wurde die Gebietseinteilung für alle Szenarien vorgenommen. Die Gebietseinteilung der nicht favorisierten Zielbilder sind im Anhang 22 bis Anhang 24 zu finden

Mögliche Wärmeversorgungsgebiete sind:

- Wärmenetzgebiet: Wärmenetz-Bestandgebiet, Wärmenetz-Verdichtungsgebiet, Wärmenetz-Ausbaugebiet oder Wärmenetz-Neubaugebiet in den Stützjahren 2030, 2035 und 2040
- Wasserstoffnetzgebiet in den Stützjahren 2030, 2035 und 2040
- Gebiet für die dezentrale Versorgung

- Prüfgebiet

Die Einteilung ist als iterativer Prozess zu verstehen, bei dem durch den beauftragten Dienstleister zunächst ein Initialvorschlag erarbeitet wird. Dieser ist anschließend durch die Kommune zu prüfen, wobei auch das Feedback der zuständigen Verteilnetzbetreiber für die Strom-, Gas- und Wärmenetzversorgung einzubeziehen ist. Idealerweise haben die Infrastrukturbetreiber bereits vorab Vorschläge für eine mögliche Einteilung zugearbeitet. Die finale Entscheidung obliegt der Kommune. Im Rahmen der turnusmäßigen Fortschreibung des Wärmeplans ist denkbar, dass Einteilungen konkretisiert oder an geänderte Rahmenbedingungen angepasst werden.

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 der Auftragnehmer die Intervallgrenzen gemäß dem Leitfaden zur Wärmeplanung [12]. 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 [12]

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 Wärmelinien-dichte [12]

Wärmelinien-dichte in kWh/m*a	Eignung für Wärmenetze
0 – 700	Kein technisches Potenzial
700 – 1.500	Wärmenetze bei Neerschließung 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)

5.3 Diskussion der Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die berechneten Ergebnisse grafisch gezeigt, erklärt und eingeordnet. Es wurde grundsätzlich jede Zahl auf ihre zweite signifikante Stelle gerundet. Die Minderung des Nutzwärmebedarfs lässt sich wie folgt in Abbildung 5-6 abbilden.

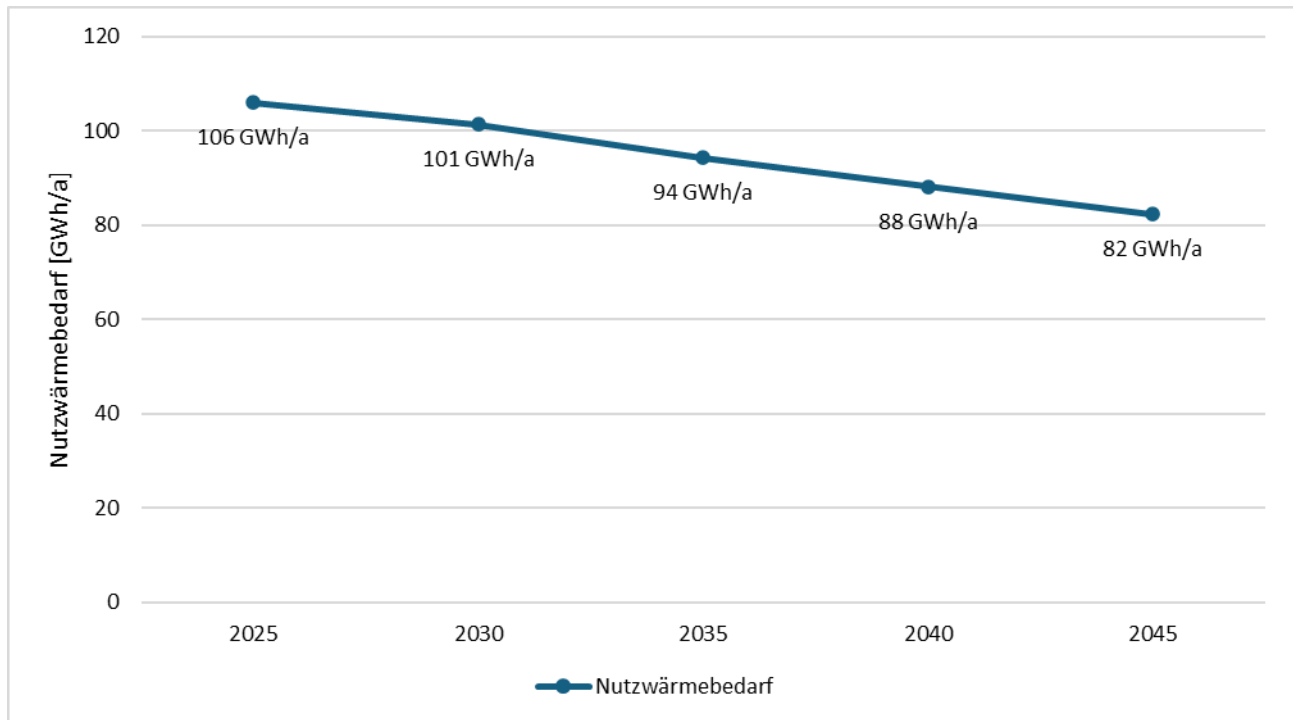


Abbildung 5-6: Nutzwärmebedarfsentwicklung im gesamten Untersuchungsgebiet

5.3.1 Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wärmebereitstellung

Die Endwärmebedarfe werden für jedes Szenario erläutert. Im Anhang 11 bis Anhang 16 ist eine vollständige tabellarische Auflistung der Nutz- und Endwärmebedarfe aller verwendeten Energieträgern je Stützjahr zu finden. In diesen Tabellen lässt sich die genaue Aufteilung nach Clustern ablesen. Die Aufteilung nach Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung) und Niederwürschnitz lässt sich im Anhang aus den Tabellen ablesen, sowie in Kapitel 5.3.6 in der Gebietseinteilung nachvollziehen. Der Übersicht halber findet die Beschreibung und die grafische Darstellung der Endenergie für die gesamte Verwaltungsgemeinschaft statt. Die Endenergie berechnet sich aus der Division der Nutzenergie durch den Wirkungsgrad, welcher multipliziert wird mit eventuellen weiteren Verlusten wie Leitungsverlusten. Im Folgenden wird, wenn nicht anders gekennzeichnet, ausschließlich die Endenergie betrachtet, grafisch sowie textlich.

5.3.1.1 Endenergiebedarf Szenario 1 - Wasserstoff

Im Zielszenario Eins, Wasserstoff, richtet sich der Fokus auf die Wärmebereitstellung mittels Erdgasnetz, mit den Energieträgern Erdgas und Wasserstoff. Da diese Energieträger über das vorhandene Erdgasnetz zu den Haushalten transportiert wird, wird die Energieversorgung mittels dieser Gase im weiteren Bericht als leitungsgebundene Energieversorgung bezeichnet. Korrekterweise wird die Wärme dezentral erzeugt, bspw. in H₂-ready-Thermen. Leitungsgebundene Energieversorgung meint die Versorgung der Haushalte mit einem Energieträger über Leitungen, also bspw. Die Versorgung der Gebäude mit Wasserstoff über das Erdgasnetz oder die Versorgung mit Fernwärme über ein Wärmenetz. Die leitungsgebundene Wärmeversorgung beschreibt hingegen die Wärme, welche über ein Wärmenetz verteilt wird, sowie alle, in den spezifischen Gebäuden sich befindlichen, zentralen Wärmeerzeugungsanlagen, welche Gas als Energieträger verwenden. Als dezentrale Versorgungsmöglichkeiten lassen sich die Wärmepumpe, die Elektroheizung und die Erzeugung von Wärme mittels Biomasse, Heizöl und Kohle nennen.

Im Rahmen der weiteren Ausarbeitung des Zielbildes für die Wärmeversorgung erfolgt die detaillierte Berechnung und Quantifizierung der verschiedenen Energietechnologien im Zielszenario Wasserstoff. Dies umfasst die Berücksichtigung bestehender Anlagen, wie beispielsweise der Elektroheizungen, die auf Basis 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 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 im Zieljahr 49 % des Nutzwärmebedarfs mittels Wasserstoffes erzeugt wird. Dieser Anteil ist etwas geringer als der Anteil an Erdgas in der aktuellen Wärmeversorgung. Diese Annahme trägt zur Optimierung des Systems bei und stellt sicher, dass vorhandene Infrastruktur bestmöglich in den Transformationsprozess integriert wird. Anschließend erfolgt die effiziente und bedarfsorientierte Aufteilung der restlichen erforderlichen Kapazitäten, um den festgelegten Zielwert im Jahr 2045 zu erreichen.

Die genaue Verteilung des Energiemixes im Zielszenario Wasserstoff wird bis zum Jahr 2045 aufgezeigt. Die entsprechende Darstellung ist in Anhang 14 zu finden und bietet einen Überblick über die prognostizierte Entwicklung der Wärmeversorgung unter Berücksichtigung der festgelegten Zielwerte und der vorhandenen Ressourcen. Dort lässt sich die genaue Aufteilung der Cluster entnehmen.

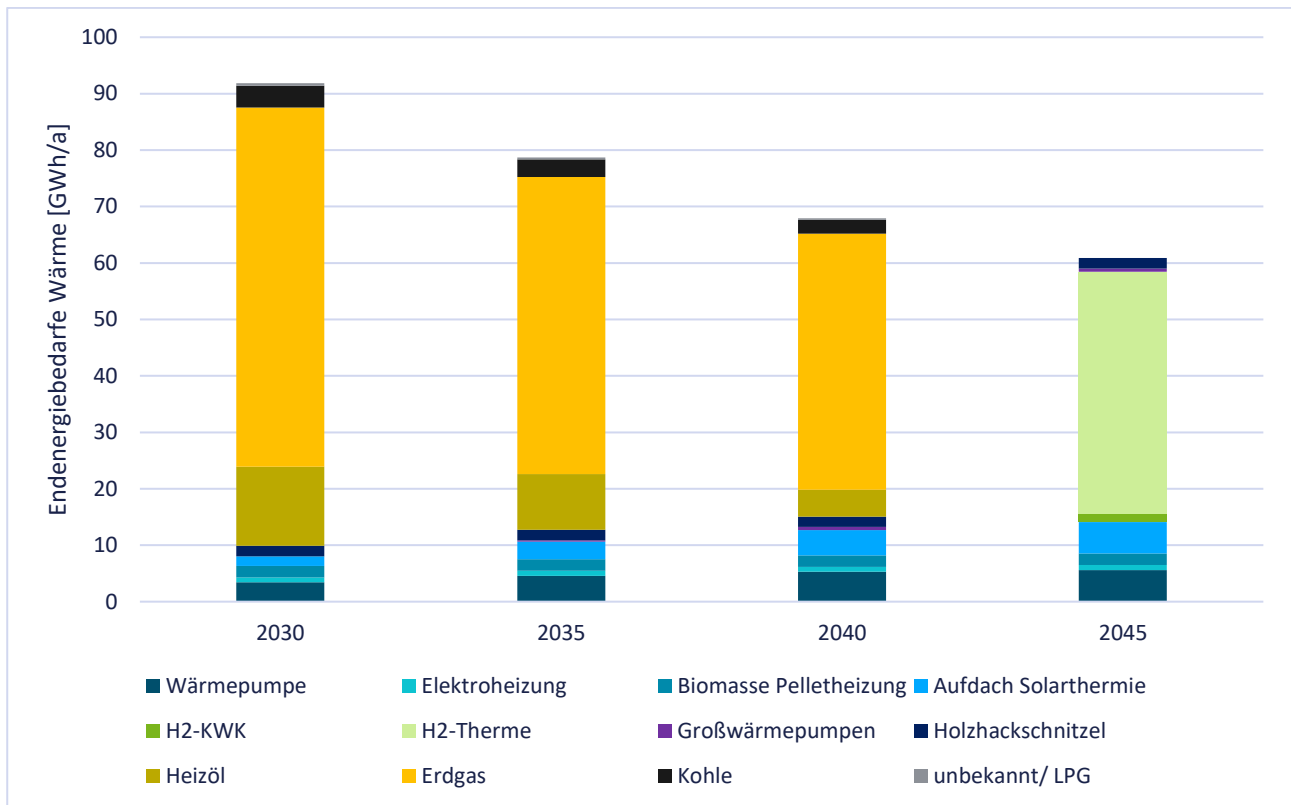


Abbildung 5-7: Energiemix Wärme nach Energieträgern von 2030 bis 2045

In Abbildung 5-7 lässt sich erkennen, dass der Energiemix zur Wärmeversorgung zum größten Teil durch Erdgas gedeckt wird, welches dann im Zieljahr 2045 durch Wasserstoff ersetzt wird. Im Bereich der dezentralen stromgetriebenen Versorgungsmöglichkeiten liegt ein besonderer Fokus auf den Wärmepumpen. Während der Ertrag der Wärmepumpen im Betrachtungszeitraum (2030–2045) kontinuierlich ansteigt, bleibt der Beitrag der Biomasse-Pelletheizung und der Elektroheizung 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 6,3 Mio. kWh/a durch Biomasse-Pelletheizungen und Elektroheizungen bereitgestellt. Der Ertrag aus den H₂-Thermen wird zum Jahr 2045 43 Mio. kWh/a betragen, was einem Anteil von 49 % des Nutzwärmebedarfs (41 GWh/a), sowie 60 % des Endenergiebedarfs (43 GWh/a) entspricht. Im Stützjahr 2040 werden 58 % des Endenergiebedarfs (45 GWh/a), bzw. 49 % des Nutzenergiebedarfs (43 GWh/a) über Erdgas gedeckt. Anhand der prozentualen Anteile des Erdgases, bzw. des Wasserstoffes am Nutzenergiebedarf, erkennt man, dass das Erdgas durch Wasserstoff im Zieljahr ersetzt werden würde. Die Annahme, die dem zugrunde liegt, ist, dass alle Haushalte, welche zurzeit mit Erdgas heizen, zukünftig die Option haben mit Wasserstoff zu heizen. Die Differenz in dem absoluten Wert der Nutzenergie der Gase ist durch die allgemeine Nutzwärmebedarfssenkung zu begründen. Die restlichen fossilen Wärmeerzeugungsmöglichkeiten würden im Vergleich zum Erdgas schneller durch erneuerbare Wärmeerzeugungsmöglichkeiten ersetzt werden. (Groß-)Wärmepumpen werden im Zieljahr 38 % (entspricht 31 GWh/a Nutzenergie, bzw. 10 GWh/a Endenergie) des Nutzwärmebedarfs abdecken. Die kleinsten Anteile entfallen auf Elektroheizungen (1,5 % Anteil am Nutzwärmebedarf; 1,2 GWh/a Nutz- sowie Endenergie). Hier wird kein kapazitätsmäßiger Zubau vorgesehen, ebenso wie bei den Biomasse-Pelletheizungen. Diese erzeugen im Zieljahr 5,2 % des Gesamtnutzwärmebedarfs, was 4,3 GWh/a Nutzenergie, bzw. 5,1 GWh/a Endenergie entspricht. Im Zielszenario Wasserstoff ist der Zielpfad so gewählt, dass möglichst lange die Versorgung mit Erdgas aufrechterhalten bleibt. Es soll die vorhandene Infrastruktur erhalten bleiben und die aktuelle Wärmeversorgung wenig verändert werden. Dies entspricht dem Versorgungsvorschlag des Erdgasnetzbetreibers

inetz GmbH [51]. Vor dem Zieljahr wird eine Umstellung der Erdgasleitungen auf Wasserstoff erfolgen. Diese würde sukzessive in Teilgebieten bis 2045 erfolgen. Der Einfluss fossiler Energieträger schwindet zu jedem Betrachtungszeitpunkt. Hervorgerufen wird dies durch die zugrundeliegenden Annahmen hinsichtlich der Anteile erneuerbarer Energien zu den unterschiedlichen Betrachtungszeitpunkte. Die berechneten erneuerbaren Wärmequoten betragen: 2030: 25 %// 2035: 35 %// 2040: 44 %// 2045: 100 %.

Durch die starke Fokussierung auf Wasserstoff in diesem Szenario, ist der Strombedarf zur Wärmeerzeugung, welchen sich aus dem Strombedarf der Technologien Wärmepumpe, Elektroheizungen und Großwärmepumpe zusammensetzt, vergleichsweise niedrig. Dennoch ist mit einem steigendem Strombedarf zu rechnen, denn die Technologie Wärmepumpe wird in diesem Szenario weitreichend ausgebaut. Damit ausreichend Strom zur Versorgung der Wärmetechnologien zur Verfügung steht, ist der Zubau von erneuerbaren Energieanlagen erforderlich. In allen Clustern ist der Ausbau von Photovoltaikanlagen vorgesehen, da Windenergieanlagen vom Auftraggeber ausgeschlossen wurden. Strom aus Solarenergie ist eine etablierte Technologie und wird in nahezu allen Kommunen verwendet. Bis zum Zieljahr 2045 sollten insgesamt 5,9 GWh/a Strom aus Photovoltaikanlagen bereitgestellt werden. Die Bestandsanlagen im Bereich der Photovoltaik, welche im Rahmen der Bestandsanalyse erhoben wurden, erzeugen 6,9 GWh/a. Es bleibt anzumerken, dass die Erzeugung nicht zeitgleich mit dem Bedarf auftritt und somit Maßnahmen zur Strom- oder Wärmespeicherung durchzuführen sind. Es wurde angenommen, dass bis zu 10 % des erzeugten Stromes der Bestandsanlagen zur Wärmeerzeugung genutzt werden kann. Die Abbildung 5-8 zeigt die rechnerische Deckung des Strombedarfs über Aufdach- und Freiflächen-PV-Anlagen, die Bestandswindenergieanlage in Erlbach-Kirchberg & Ursprung, sowie dem Stromnetz, jeweils inbegriffen sind die Bestandsanlagen.

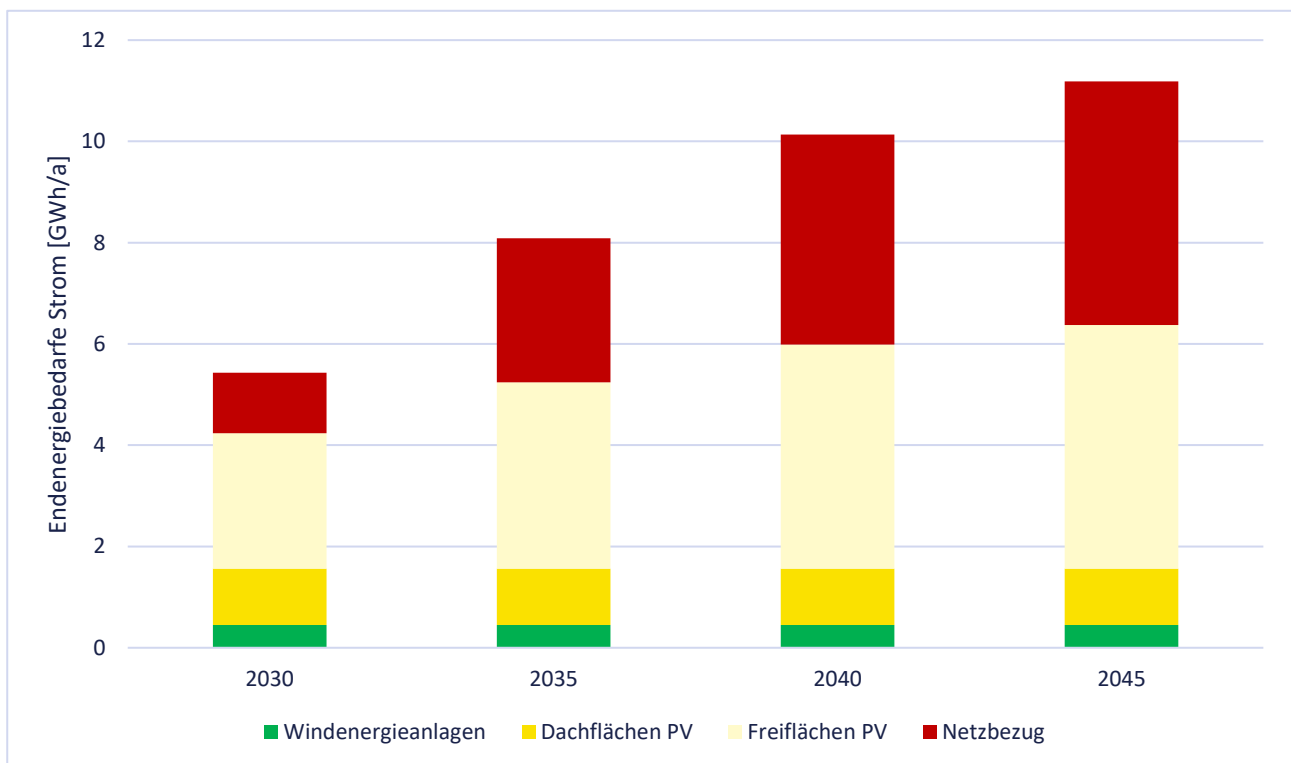


Abbildung 5-8: Deckung des Strombedarfs zur Wärmeerzeugung in den Stützjahren 2030 bis 2045

Der verbleibende Strombedarf, welcher durch die zeitliche Versetzung von Erzeugung und Bedarf entstehen kann, muss 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 angenommen, dass zusätzliche Strombedarfe durch das Stromnetz

ausgeglichen werden können. Neben der Strombedarfsdeckung muss das Netz in der Lage sein, die Leistungen und Erträge aus den erneuerbaren Energieanlagen aufzunehmen. Hierfür ist ein Ausbau des Stromnetzes unabdingbar. Nach Aussagen der ortansässigen Netzbetreiber wird das Stromnetz bedarfsgerecht ausgebaut. [11]

Die Entwicklung der Endenergiebedarfe im Strombereich differenziert nach Energieträgern und Clustern kann im Anhang 14 nachvollzogen werden.

Die Verteilung der Endenergiemengen auf die übergeordneten Energieversorgungsarten ist durch Betrachtung der Abbildung 5-9 nachvollziehbar. Im Szenario Wasserstoff entfällt ein Anteil von 65 % des Gesamtenergiebedarfs im Jahr 2045 auf die leitungsgebundene Energieversorgung. Im Jahr 2030 sind es 66 %. Im Jahr 2035 sind 63 % der Energieversorgung leitungsgebunden. Im Jahr 2040 sind es 61 %. Die prozentuale Verschiebung in der Energieversorgung, betrachtend die Endenergie, ist durch den hohen Wirkungsgrad der Wärmepumpen im Vergleich zu den anderen dezentralen Versorgungsmöglichkeiten zu begründen.



Abbildung 5-9: Anteil der Leitungsgebundenen Energieversorgung

Folgende Tabelle 5-6 zeigt den Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf des Untersuchungsgebietes. Das Wärmenetzgebiet erstreckt sich im Cluster Lugau/Erzgeb. Die restlichen Cluster haben kein Wärmenetz, demnach sind keine Gebäude Niederwürschnitz am Wärmenetz angebunden. Die Berechnung der Anzahl der Gebäude erfolgt anhand des Nutzwärmebedarfs. Dabei ergeben die absoluten sowie die prozentualen Werte nur einen ungefähren Wert, denn die dahinterstehende Annahme ist, dass der prozentuale Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Nutzwärmebedarf proportional zu dem prozentualen Anteil der Gebäude am Wärmenetz an der Gesamtheit der Gebäude ist.

Die Abnahme am Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf zwischen den Stützjahren 2035 und 2040 ist mit der verstärkten Verwendung von Großwärmepumpen zu begründen. Der Anteil am Nutzwärmebedarf steigt hingegen. Dies ist im Anhang 11 nachzuvollziehen.

Tabelle 5-6: Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf im gesamten Untersuchungsgebiet.

	Status Quo	2030	2035	2040	2045
Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf	3,5 %	4,7 %	4,8 %	4,2 %	5,6 %
Gebäude am Wärmenetz, absolut	31	32	34	37	39
Gebäude am Wärmenetz, prozentual	1,1 %	1,1 %	1,2 %	1,3 %	1,3 %

Die folgende Tabelle 5-7 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Gigawattstunden sowie in Prozent für das gesamte Untersuchungsgebiet, welches in diesem Fall identisch mit dem Cluster Lugau/Erzgeb. Ist. Niederwürschnitz hat kein Wärmenetz und in diesem Szenario ist keines in dem Cluster geplant, demzufolge gibt es keine analoge Tabelle für Niederwürschnitz.

Tabelle 5-7: Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im gesamten Untersuchungsgebiet

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Wasserstoff (H2-KWK-Anlage)	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	39 % / 1,5 GWh/a
Strom (Großwärmepumpe)	0 % / 0 GWh/a	4,6 % / 0,19 GWh/a	17 % / 0,57 GWh/a	14 % / 0,57 GWh/a
Holzackschnitzel	40 % / 1,9 GWh/a	45 % / 1,9 GWh/a	56 % / 1,9 GWh/a	47 % / 1,9 GWh/a
Erdgas	60 % / 2,8 GWh/a	51 % / 2,1 GWh/a	27 % / 0,88 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Die folgende Tabelle 5-8 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger im Szenario Wasserstoff, sowie den absoluten jährlichen Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers. Der jährliche Endenergieverbrauch aus Gasnetzen nach Energieträgern ist ebenfalls dem Anhang 14 an den Positionen Wasserstoff und Erdgas zu entnehmen. Die Abnahme des Endenergieverbrauchs gasförmiger Energieträger zwischen 2040 und 2045 bei gleichbleibender Anzahl an angeschlossenen Adresspunkten ist durch Sanierungsmaßnahmen und damit verringerten Energiebedarfen der angeschlossenen Adresspunkte zu begründen.

Tabelle 5-8: Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Wasserstoff	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	100 % / 44 GWh/a
Erdgas	100 % / 64 GWh/a	100 % / 53 GWh/a	100 % / 45 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Nach der Bestandsanalyse sind aktuell 2.522 Adresspunkte an das Gasverteilnetz angeschlossen. Unter

Berücksichtigung der Wärmebedarfsreduktion wird über den Nutzwärmebedarf die mögliche Anzahl der Adresspunkte mit Anschluss an das Gasverteilnetz berechnet. Die folgende Tabelle 5-9 zeigt die Entwicklung der Anzahl der angeschlossenen Adresspunkte an das Gasverteilnetz an. Die Anzahl der angeschlossenen Adresspunkte sinkt kontinuierlich bis zum Stützjahr 2040. Ab dem Stützjahr beginnt die Umstellung des Netzes auf Wasserstoff. So ist zu erwarten, dass dies schrittweise in Teilgebieten zwischen 2040 und 2045 geschehen wird.

Tabelle 5-9: Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz

	Status quo	2030	2035	2040	2045
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, absolut	2.500	2.200	2.000	1.900	1.900
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, relativ	86 %	76 %	67 %	63 %	63 %
Anteil von Gas am Nutzwärmebedarf	67 %	59 %	52 %	49 %	49 %

Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)

Folgende Tabelle 5-10 zeigt den Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf in Lugau.

Tabelle 5-10: Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf im Cluster Lugau/Erzgeb.

	Status Quo	2030	2035	2040	2045
Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf	3,5 %	4,7 %	4,8 %	4,2 %	5,6 %
Gebäude am Wärmenetz, absolut	31	32	34	37	39
Gebäude am Wärmenetz, prozentual	1,1 %	1,1 %	1,2 %	1,3 %	1,3 %

Die folgende Tabelle 5-11 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Gigawattstunden sowie in Prozent für das Cluster Lugau/Erzgeb.

Tabelle 5-11: Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im Cluster Lugau/Erzgeb.

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Wasserstoff (H₂-KWK-Anlage)	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	39 % / 1,5 GWh/a
Strom (Großwärmepumpe)	0 % / 0 GWh/a	4,6 % / 0,19 GWh/a	17 % / 0,57 GWh/a	14 % / 0,57 GWh/a
Holzackschnitzel	40 % / 1,9 GWh/a	45 % / 1,9 GWh/a	56 % / 1,9 GWh/a	47 % / 1,9 GWh/a
Erdgas	60 % / 2,8 GWh/a	51 % / 2,1 GWh/a	27 % / 0,88 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Die folgende Tabelle 5-12 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger im Szenario Wasserstoff, sowie den absoluten jährlichen Endenergieverbrauch des

jeweiligen Energieträgers für die Cluster Lugau/Erzgeb. Sowie Erlbach-Kirchberg & Ursprung, also für den Ort Lugau.

Tabelle 5-12: Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger im Ort Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Wasserstoff	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	100 % / 39 GWh/a
Erdgas	100 % / 55 GWh/a	100 % / 46 GWh/a	100 % / 39 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Nach der Bestandsanalyse sind aktuell 2.153 Adresspunkte in den Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung vorhanden. Unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsreduktion wird über den Nutzwärmebedarf die mögliche Anzahl der Adresspunkte mit Anschluss an das Gasverteilnetz berechnet. Die folgende Tabelle 5-13 zeigt die Entwicklung der Anzahl der angeschlossenen Adresspunkte an das Gasverteilnetz im Ort Lugau an.

Tabelle 5-13: Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im Ort Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)

	Status quo	2030	2035	2040	2045
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, absolut	1.850	1.600	1.400	1.400	1.400
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, relativ	86 %	76 %	67 %	63 %	63 %
Anteil von Gas am Nutzwärmebedarf	67 %	59 %	52 %	49 %	49 %

Niederwürschnitz

Die folgende Tabelle 5-14 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger im Szenario Wasserstoff, sowie den absoluten jährlichen Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers für das Cluster bzw. den Ort Niederwürschnitz.

Tabelle 5-14: Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in dem Ort Niederwürschnitz

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Wasserstoff	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	100 % / 4,9 GWh/a
Erdgas	100 % / 9,1 GWh/a	100 % / 7,2 GWh/a	100 % / 5,7 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Nach der Bestandsanalyse sind aktuell 793 Adresspunkte im Cluster Niederwürschnitz vorhanden. Unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsreduktion wird über den Nutzwärmebedarf die mögliche Anzahl der Adresspunkte mit Anschluss an das Gasverteilnetz berechnet. Die folgende Tabelle 5-15 zeigt die Entwicklung der Anzahl der angeschlossenen Adresspunkte an das Gasverteilnetz im Ort Niederwürschnitz an.

Tabelle 5-15: Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude in Niederwürschnitz

	Status quo	2030	2035	2040	2045
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, absolut	680	600	530	500	500
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, relativ	86 %	76 %	67 %	63 %	63 %
Anteil von Gas am Nutzwärmebedarf	67 %	59 %	52 %	49 %	49 %

5.3.1.2 Endenergiebedarf Szenario 2 - Wärmenetze und Grubenwasser

Im Zielszenario Zwei, Wärmenetze und Grubenwasser, richtet sich der Fokus auf die Wärmebereitstellung mittels Wärmenetzen, größtenteils mit Großwärmepumpen und der Grubenwassergeothermie sowie den Bestandsanlagen. Etwa 15 % des Nutzenergiebedarfs wird im Zieljahr über Wärmenetze gedeckt. Die Wärme in Wärmenetzen wird zentral erzeugt, es handelt sich um leitungsgebundene Wärmeversorgung. Als dezentrale Versorgungsmöglichkeiten lassen sich die Wärmepumpe, die Elektroheizung, Solarthermieranlagen und die Erzeugung von Wärme mittels Biomasse, Heizöl und Kohle nennen. Die Versorgung mit Erdgas wird schrittweise eingestellt, sodass im Zieljahr 2045 der Wärmebedarf vollständig über erneuerbare Energien gedeckt wird.

Im Rahmen der weiteren Ausarbeitung des Zielbildes für die Wärmeversorgung erfolgt die detaillierte Berechnung und Quantifizierung der verschiedenen Energietechnologien im Zielszenario Wärmenetze und Grubenwasser. Dies umfasst die Berücksichtigung bestehender Anlagen, wie beispielsweise der Elektroheizungen, die auf Basis 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 Versorgungsmöglichkeiten effizient genutzt werden.

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

Im Zieljahr werden ein Großteil des Nutzwärmebedarfs über Wärmepumpen, sowie Großwärmepumpen gedeckt.

Die genaue Verteilung des Energiemixes im Zielszenario Wärmenetze und Grubenwasser wird bis zum Jahr 2045 aufgezeigt. Die entsprechende Darstellung ist in Abbildung 5-10 zu finden und bietet einen Überblick über die prognostizierte Entwicklung der Wärmeversorgung unter Berücksichtigung der festgelegten Zielwerte und der vorhandenen Ressourcen.

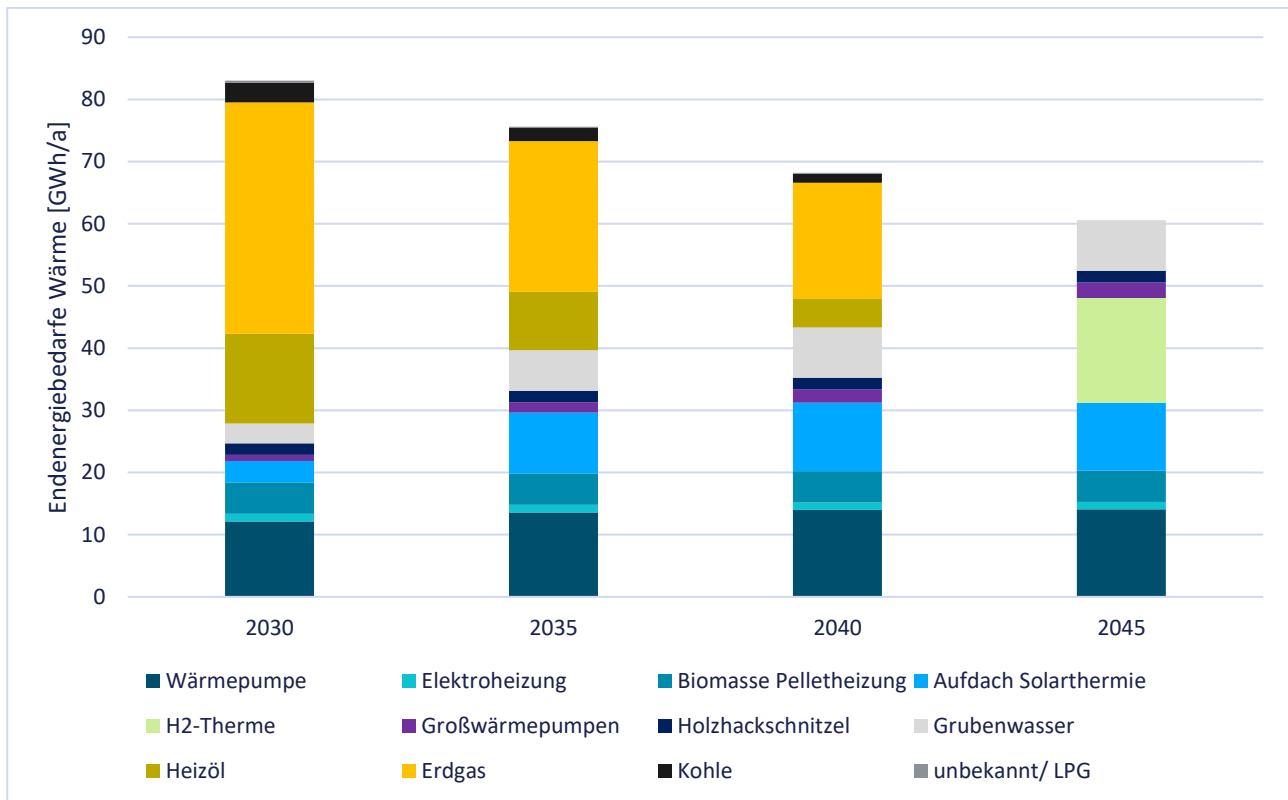


Abbildung 5-10: Energiemix Wärme nach Energieträgern von 2030 bis 2045

In Abbildung 5-10 lässt sich erkennen, dass sich der Energiemix zur Wärmeversorgung im ersten Stützjahr 2030 zum größten Teil durch Erdgas deckt. Dieses wird sukzessive verringert und im Zieljahr 2045 durch Wasserstoff ersetzt. Im Bereich der dezentralen stromgetriebenen Versorgungsmöglichkeiten liegt ein besonderer Fokus auf den Wärmepumpen. Während der Ertrag der Wärmepumpen im Betrachtungszeitraum (2030–2045) kontinuierlich ansteigt, bleibt der Beitrag der Biomasse Pelletheizung und der Elektroheizung 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 6,3 Mio. kWh/a durch Biomasse-Pelletheizungen und Elektroheizungen bereitgestellt. Der Ertrag aus den H₂-Thermen wird zum Jahr 2045 17 Mio. kWh/a betragen, was einem Anteil von 19 % des Nutzwärmebedarfs (16 GWh/a), sowie 28 % des Endenergiebedarfs (17 GWh/a) entspricht. Im Stützjahr 2040 werden 26 % des Endenergiebedarfs (18 GWh/a), bzw. 19 % des Nutzenergiebedarfs (17 GWh/a) über Erdgas gedeckt. Anhand der prozentualen Anteile des Erdgases, bzw. des Wasserstoffes am Nutzenergiebedarf, erkennt man, dass das Erdgas durch Wasserstoff im Zieljahr ersetzt werden würde. Die Annahme, die dem zugrunde liegt, ist, dass alle Haushalte, welche zurzeit mit Erdgas heizen, zukünftig die Option haben mit Wasserstoff zu heizen. Die Differenz in dem absoluten Wert der Nutzenergie der Gase ist durch die allgemeine Nutzwärmebedarfssenkung zu begründen. Die restlichen fossilen Wärmeerzeugungsmöglichkeiten würden im Vergleich zum Erdgas schneller durch erneuerbare Wärmeerzeugungsmöglichkeiten ersetzt werden. (Groß-)Wärmepumpen werden im Zieljahr 61 % (entspricht 50 GWh/a Nutzenergie, bzw. 17 GWh/a Endenergie) des Nutzwärmebedarfs abdecken. Die kleinsten Anteile entfallen auf Elektroheizungen (2,0 % Anteil am Endwärmebedarf; 1,2 GWh/a Nutz- sowie Endenergie). Hier wird kein kapazitätsmäßiger Zubau vorgesehen, ebenso wie bei den Biomasse-Pelletheizungen. Diese erzeugen im Zieljahr 8,4 % des Gesamtendwärmebedarfs, was 4,3 GWh/a Nutzenergie, bzw. 5,1 GWh/a Endenergie entspricht. Im Zielszenario Wärmenetze und Grubenwasser ist der Zielpfad so gewählt, dass möglichst viele sich für Wärmenetze eignenden Gebiete als Wärmenetzgebiete erschlossen werden. Vor dem Zieljahr wird eine Umstellung der bis dahin erhaltenen Erdgasleitungen auf Wasserstoff erfolgen. Diese

würde sukzessive in Teilgebieten bis 2045 erfolgen. Der Einfluss fossiler Energieträger schwindet zu jedem Betrachtungszeitpunkt. Hervorgerufen wird dies durch die zugrundeliegenden Annahmen hinsichtlich der Anteile erneuerbarer Energien zu den unterschiedlichen Betrachtungszeitpunkte. Die berechneten erneuerbaren Wärmequoten betragen: 2030: 50 %// 2035: 65 %// 2040: 74 %// 2045: 100 %.

Durch die starke Fokussierung auf (Groß-)Wärmepumpen in diesem Szenario, ist der Strombedarf zur Wärmeerzeugung, welchen sich aus dem Strombedarf der Technologien Wärmepumpe, Elektroheizungen und Großwärmepumpe zusammensetzt, höher als im Szenario Wasserstoff. Es ist mit einem stark steigendem Strombedarf zu rechnen. Damit ausreichend Strom zur Versorgung der Wärmetechnologien zur Verfügung steht, ist der Zubau von erneuerbaren Energieanlagen erforderlich. In allen Clustern ist der Ausbau von Photovoltaikanlagen vorgesehen, da Windenergieanlagen vom Auftraggeber ausgeschlossen wurden. Bis zum Zieljahr 2045 sollten insgesamt 7,7 GWh/a Strom aus Photovoltaikanlagen bereitgestellt werden. Die Bestandsanlagen im Bereich der Photovoltaik, welche im Rahmen der Bestandsanalyse erhoben wurden, erzeugen 6,9 GWh/a. Es bleibt anzumerken, dass die Erzeugung nicht zeitgleich mit dem Bedarf auftritt und somit Maßnahmen zur Strom- oder Wärmespeicherung durchzuführen sind. Es wurde angenommen, dass bis zu 10 % des erzeugten Stromes der Bestandsanlagen zur Wärmeerzeugung genutzt werden kann. Die Abbildung 5-11 zeigt die rechnerische Deckung des Strombedarfs über Aufdach- und Freiflächen-PV-Anlagen, die Bestandswindenergieanlage in Erlbach-Kirchberg & Ursprung, sowie dem Stromnetz, jeweils inbegriffen sind die Bestandsanlagen.

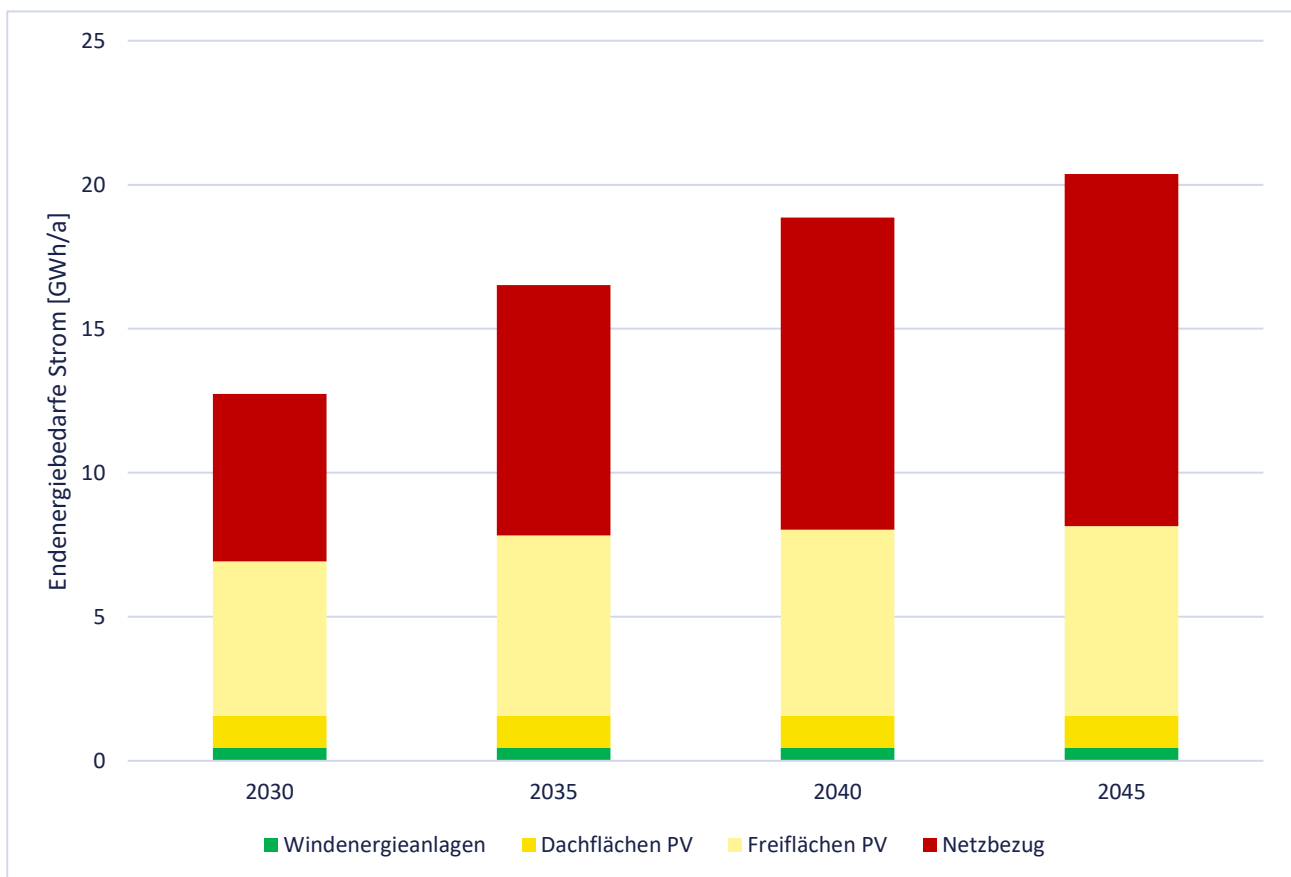


Abbildung 5-11: Deckung des Strombedarfs zur Wärmeerzeugung in den Stützjahren 2030 bis 2045

Der verbleibende Strombedarf, welcher durch die zeitliche Versetzung von Erzeugung und Bedarf entstehen kann, muss 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 angenommen, dass zusätzliche Strombedarfe durch das Stromnetz ausgeglichen werden können. Neben der Strombedarfsdeckung muss das Netz in der Lage sein, die Leistungen und Erträge aus den erneuerbaren Energieanlagen aufzunehmen. Hierfür ist ein Ausbau des Stromnetzes unabdingbar. Nach Aussagen der ortansässigen Netzbetreiber wird das Stromnetz bedarfsgerecht ausgebaut. [11]

Die Entwicklung der Endenergiebedarfe für den Strom- und Wärmebedarf differenziert nach Energieträgern und Cluster kann im Anhang 15 nachvollzogen werden. Darüber können die jeweiligen Bedarfe für die Orte Lugau und Niederwürschnitz nachvollzogen werden.

Die Verteilung der Endenergiemengen auf die übergeordneten Energieversorgungsarten ist durch Betrachtung der Abbildung 5-12 nachvollziehbar. Im Szenario Wärmenetze und Grubenwasser entfällt ein Anteil von 48 % des Gesamtenergiebedarfs im Jahr 2045 auf die leitungsgebundene Energieversorgung. Im Jahr 2030 sind es 52 %. Im Jahr 2035 sind 45 % der Energieversorgung leitungsgebunden. Im Jahr 2040 sind es 44 %. Die prozentuale Verschiebung in der Energieversorgung, betrachtend die Endenergie, ist durch den hohen Wirkungsgrad der Wärmepumpen im Vergleich zu den anderen dezentralen Versorgungsmöglichkeiten, sowie der Abnahme des Nutzwärmebedarfes durch Sanierungsmaßnahmen zu begründen.



Abbildung 5-12: Anteil der Leitungsgebundenen Energieversorgung

Folgende Tabelle 5-16 zeigt den Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf des Untersuchungsgebietes. Die Werte sind jeweils auf die zweite signifikante Stelle gerundet. Die Berechnung der Anzahl der Gebäude erfolgt anhand des Nutzwärmebedarfs. Dabei ergeben die absoluten sowie die prozentualen Werte nur einen ungefähren Wert, denn die dahinterstehende Annahme ist, dass der

prozentuale Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Nutzwärmebedarf proportional zu dem prozentualen Anteil der Gebäude am Wärmenetz an der Gesamtheit der Gebäude ist. Die Abnahme am Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf zwischen den Stützjahren 2035 und 2040 ist mit der verstärkten Verwendung von Großwärmepumpen zu begründen. Der Anteil am Nutzwärmebedarf steigt hingegen. Dies ist im Anhang 12 nachzuvollziehen.

Tabelle 5-16: Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf im gesamten Untersuchungsgebiet

	Status Quo	2030	2035	2040	2045
Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf	3,5 %	11 %	16 %	19 %	21 %
Gebäude am Wärmenetz, absolut	31	220	350	410	440
Gebäude am Wärmenetz, prozentual	1,1 %	7,6 %	12 %	14 %	15 %

Die folgende Tabelle 5-17 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Gigawattstunden sowie in Prozent für das gesamte Untersuchungsgebiet.

Tabelle 5-17: Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im gesamten Untersuchungsgebiet

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Grubenwassergeothermie	35 % / 3,2 GWh/a	53 % / 6,5 GWh/a	62 % / 8,1 GWh/a	65 % / 8,1 GWh/a
Strom (Großwärmepumpe)	9,5 % / 0,86 GWh/a	13 % / 1,6 GWh/a	16 % / 2,1 GWh/a	21 % / 2,5 GWh/a
Holzackschnitzel	21 % / 1,9 GWh/a	15 % / 1,9 GWh/a	14 % / 1,9 GWh/a	15 % / 1,9 GWh/a
Erdgas	35 % / 3,1 GWh/a	18 % / 2,2 GWh/a	8,1 % / 1,1 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Die folgende Tabelle 5-18 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger im Szenario Wärmenetze und Grubenwasser, sowie den absoluten jährlichen Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers. Der jährliche Endenergieverbrauch aus Gasnetzen nach Energieträgern ist ebenfalls dem Anhang 15 an den Positionen Wasserstoff und Erdgas zu entnehmen. Die Abnahme des Endenergieverbrauchs gasförmiger Energieträger zwischen 2040 und 2045 bei gleichbleibender Anzahl an angeschlossenen Adresspunkten ist durch Sanierungsmaßnahmen und damit verringerten Energiebedarfen der angeschlossenen Adresspunkte zu begründen.

Tabelle 5-18: Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Wasserstoff	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	100 % / 17 GWh/a
Erdgas	100 % / 37 GWh/a	100 % / 24 GWh/a	100 % / 19 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Nach der Bestandsanalyse sind aktuell 2.522 Adresspunkte an das Gasverteilnetz angeschlossen. Unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsreduktion wird über den Nutzwärmebedarf die mögliche Anzahl der Adresspunkte mit Anschluss an das Gasverteilnetz berechnet. Die folgende Tabelle 5-19 zeigt die Entwicklung der Anzahl der angeschlossenen Adresspunkte an das Gasverteilnetz an.

Tabelle 5-19: Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im beplanten Gebiet

	Status quo	2030	2035	2040	2045
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, absolut	2.500	1.300	910	710	710
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, relativ	86 %	44 %	31 %	24 %	24 %
Anteil von Gas am Nutzwärmebedarf	67 %	34 %	24 %	19 %	19 %

Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)

Folgende Tabelle 5-20 zeigt den Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf in Lugau.

Tabelle 5-20: Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf in Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)

	Status Quo	2030	2035	2040	2045
Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf	3,5 %	11 %	16 %	20 %	21 %
Gebäude am Wärmenetz, absolut	31	140	210	260	280
Gebäude am Wärmenetz, prozentual	1,1 %	6,3 %	9,7 %	12 %	13 %

Die folgende Tabelle 5-21 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Gigawattstunden sowie in Prozent für Lugau.

Tabelle 5-21: Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Grubenwassergeothermie	39 % / 3,2 GWh/a	60 % / 6,5 GWh/a	69 % / 8,1 GWh/a	73 % / 8,1 GWh/a
Strom (Großwärmepumpe)	0 % / 0 GWh/a	3,3 % / 0,36 GWh/a	6,6 % / 0,78 GWh/a	11 % / 1,2 GWh/a
Holzhackschnitzel	23 % / 1,9 GWh/a	17 % / 1,9 GWh/a	16 % / 1,9 GWh/a	17 % / 1,9 GWh/a
Erdgas	38 % / 3,1 GWh/a	20 % / 2,2 GWh/a	9,1 % / 1,1 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Die folgende Tabelle 5-22 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger im Szenario Wärmenetze und Grubenwasser, sowie den absoluten jährlichen Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers für die Cluster Lugau/Erzgeb. Sowie Erlbach-Kirchberg & Ursprung, also für den Ort Lugau.

Tabelle 5-22: Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in dem Ort Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Wasserstoff	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	100 % / 15 GWh/a
Erdgas	100 % / 32 GWh/a	100 % / 21 GWh/a	100 % / 17 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Nach der Bestandsanalyse sind aktuell 2.153 Adresspunkte in den Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung vorhanden. Unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsreduktion wird über den Nutzwärmebedarf die mögliche Anzahl der Adresspunkte mit Anschluss an das Gasverteilnetz berechnet. Die folgende Tabelle 5-23 zeigt die Entwicklung der Anzahl der angeschlossenen Adresspunkte an das Gasverteilnetz im Ort Lugau an.

Tabelle 5-23: Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im Ort Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)

	Status quo	2030	2035	2040	2045
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, absolut	1.850	880	600	520	520
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, relativ	86 %	41 %	28 %	24 %	24 %
Anteil von Gas am Nutzwärmebedarf	67 %	32 %	22 %	19 %	19 %

Niederwürschnitz

Folgende Tabelle 5-24 zeigt den Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf in Niederwürschnitz.

Tabelle 5-24: Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf in Niederwürschnitz

	Status Quo	2030	2035	2040	2045
Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf	0 %	8,7 %	15 %	18 %	21 %
Gebäude am Wärmenetz, absolut	0	80	140	150	160
Gebäude am Wärmenetz, prozentual	0 %	10 %	14 %	15 %	16 %

Die folgende Tabelle 5-25 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Gigawattstunden sowie in Prozent für Niederwürschnitz.

Tabelle 5-25: Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Niederwürschnitz

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Strom (Großwärmepumpe)	100 % / 0,86 GWh/a	100 % / 1,3 GWh/a	100 % / 1,3 GWh/a	100 % / 1,3 GWh/a

Die folgende Tabelle 5-26 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger im Szenario Wasserstoff, sowie den absoluten jährlichen Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers für das Cluster bzw. den Ort Niederwürschnitz.

Tabelle 5-26: Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in dem Ort Niederwürschnitz

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Wasserstoff	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	0 % / 0 GWh/a	100 % / 1,8 GWh/a
Erdgas	100 % / 5,0 GWh/a	100 % / 3,2 GWh/a	100 % / 2,2 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Nach der Bestandsanalyse sind aktuell 793 Adresspunkte im Cluster Niederwürschnitz vorhanden. Unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsreduktion wird über den Nutzwärmebedarf die mögliche Anzahl der Adresspunkte mit Anschluss an das Gasverteilnetz berechnet. Die folgende Tabelle 5-27 zeigt die Entwicklung der Anzahl der angeschlossenen Adresspunkte an das Gasverteilnetz im Ort Niederwürschnitz an.

Tabelle 5-27: Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude in Niederwürschnitz

	Status quo	2030	2035	2040	2045
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, absolut	680	400	280	210	190
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, relativ	86 %	50 %	35 %	26 %	24 %
Anteil von Gas am Nutzwärmebedarf	67 %	39 %	27 %	20 %	19 %

5.3.1.3 Endenergiebedarf Szenario 3 – Elektrifizierung

Im Zielszenario Drei, Elektrifizierung, richtet sich der Fokus auf die Wärmebereitstellung mittels Wärmezeugungstechnologien, welche Wärme mittels Stromes erzeugen, größtenteils sind dies die (Groß-)Wärmepumpen. Die Versorgung mit Erdgas wird schrittweise eingestellt, sodass im Zieljahr 2045 der Wärmebedarf vollständig über erneuerbare Energien gedeckt wird.

Im Rahmen der weiteren Ausarbeitung des Zielbildes für die Wärmeversorgung erfolgt die detaillierte Berechnung und Quantifizierung der verschiedenen Energietechnologien im Zielszenario Elektrifizierung. Dies umfasst die Berücksichtigung bestehender Anlagen, wie beispielsweise der Elektroheizungen, die auf Basis 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 Versorgungsmöglichkeiten effizient genutzt werden.

Die genaue Verteilung des Energiemixes im Zielszenario Elektrifizierung wird bis zum Jahr 2045 aufgezeigt. Die entsprechende Darstellung ist in Abbildung 5-13 zu finden und bietet einen Überblick über die prognostizierte Entwicklung der Wärmeversorgung unter Berücksichtigung der festgelegten Zielwerte und der vorhandenen Ressourcen.

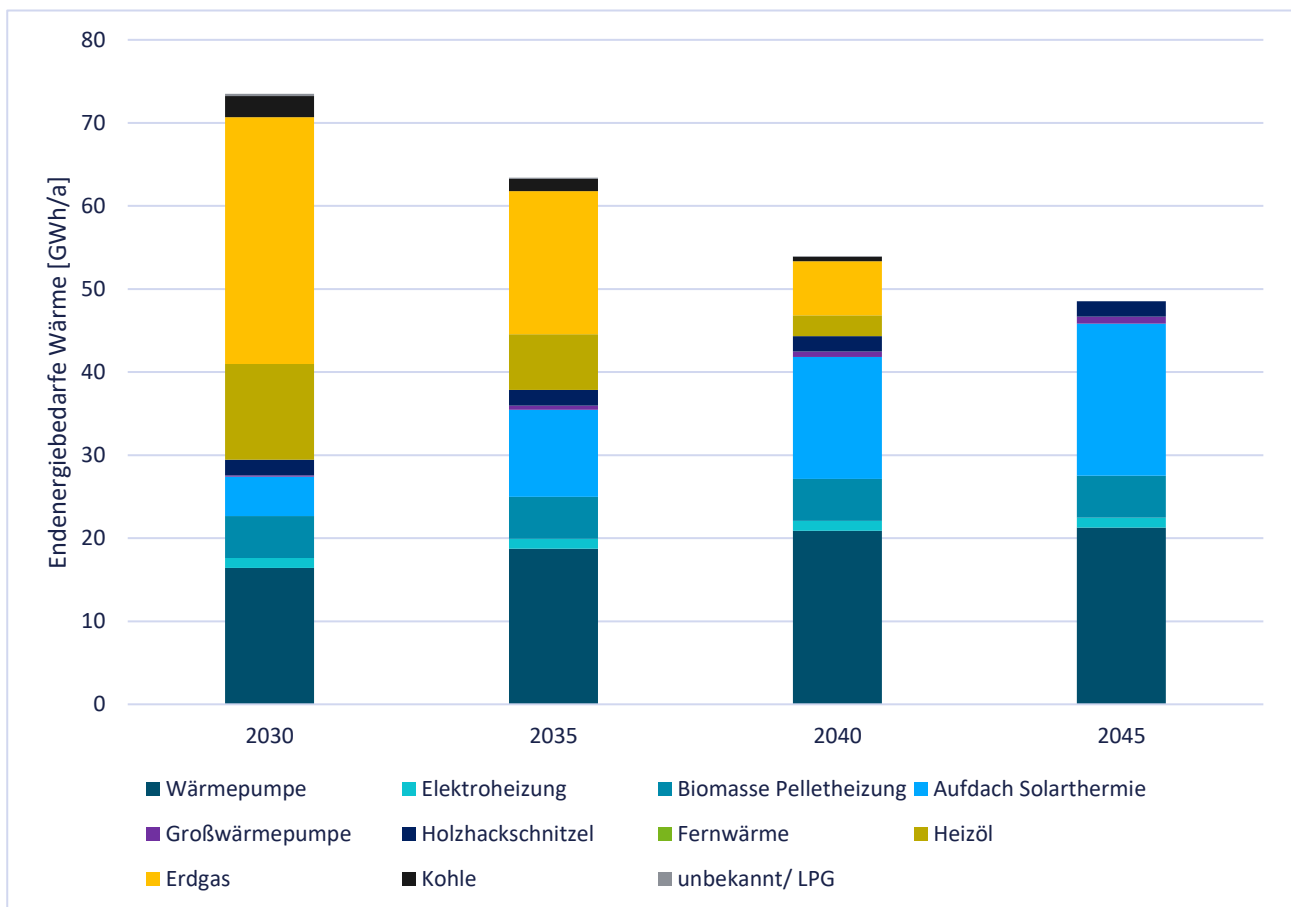


Abbildung 5-13: Energiemix Wärme nach Energieträgern von 2030 bis 2045

In Abbildung 5-13 lässt sich erkennen, dass im Bereich der dezentralen stromgetriebenen Versorgungsmöglichkeiten liegt ein besonderer Fokus auf den Wärmepumpen. Während der Ertrag der Wärmepumpen im Betrachtungszeitraum (2030–2045) kontinuierlich ansteigt, bleibt der Beitrag der Biomasse-Pelletheizung

und der Elektroheizung 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 6,3 Mio. kWh/a durch Biomasse-Pellettheizungen und Elektroheizungen bereitgestellt. Im Stützjahr 2040 werden 12 % des Endenergiebedarfs (6,5 GWh/a), bzw. 6,8 % des Nutzenergiebedarfs (6,0 GWh/a) über Erdgas gedeckt. (Groß-)Wärmepumpen werden im Zieljahr 84 % (entspricht 69 GWh/a Nutzenergie, bzw. 22 GWh/a Endenergie) des Nutzwärmebedarfs abdecken. Die kleinsten Anteile entfallen auf Elektroheizungen (2,5 % Anteil am Endwärmebedarf; 1,2 GWh/a Nutz- sowie Endenergie). Hier wird kein kapazitätsmäßiger Zubau vorgesehen, ebenso wie bei den Biomasse-Pellettheizungen. Diese erzeugen im Zieljahr 10 % des Gesamtendwärmebedarfs, was 4,3 GWh/a Nutzenergie, bzw. 5,1 GWh/a Endenergie entspricht. Im Zielszenario Elektrifizierung ist der Zielpfad so gewählt, dass die gesamte Energieversorgung auf dezentrale mit Strom Wärme erzeugenden Versorgungsmöglichkeiten umgestellt wird. Der Einfluss fossiler Energieträger schwindet zu jedem Betrachtungszeitpunkt. Hervorgerufen wird dies durch die zugrundeliegenden Annahmen hinsichtlich der Anteile erneuerbarer Energien zu den unterschiedlichen Betrachtungszeitpunkte. Die berechneten erneuerbaren Wärmequoten betragen: 2030: 60 %// 2035: 75 %// 2040: 90 %// 2045: 100 %. Die Umstellung auf erneuerbare Energien würde in diesem Szenario am schnellsten erfolgen.

Durch die starke Fokussierung auf (Groß-)Wärmepumpen in diesem Szenario, ist der Strombedarf zur Wärmeherzeugung, welchen sich aus dem Strombedarf der Technologien Wärmepumpe, Elektroheizungen und Großwärmepumpe zusammensetzt, höher als in den Szenarien Wasserstoff und Wärmenetze und Grubenwasser. Es ist mit einem stark steigendem Strombedarf zu rechnen. Damit ausreichend Strom zur Versorgung der Wärmetechnologien zur Verfügung steht, ist der Zubau von erneuerbaren Energieanlagen erforderlich. In allen Clustern ist der Ausbau von Photovoltaikanlagen vorgesehen, da Windenergieanlagen vom Auftraggeber ausgeschlossen wurden. Bis zum Zieljahr 2045 sollten insgesamt 7,8 GWh/a Strom aus Photovoltaikanlagen bereitgestellt werden. Die Bestandsanlagen im Bereich der Photovoltaik, welche im Rahmen der Bestandsanalyse erhoben wurden, erzeugen 6,9 GWh/a. Es bleibt anzumerken, dass die Erzeugung nicht zeitgleich mit dem Bedarf auftritt und somit Maßnahmen zur Strom- oder Wärmespeicherung durchzuführen sind. Es wurde angenommen, dass bis zu 10 % des erzeugten Stromes der Bestandsanlagen zur Wärmeherzeugung genutzt werden kann. Die Abbildung 5-14 zeigt die rechnerische Deckung des Strombedarfs über Aufdach- und Freiflächen-PV-Anlagen, die Bestandswindenergieanlage in Erlbach-Kirchberg & Ursprung, sowie dem Stromnetz, jeweils inbegriffen sind die Bestandsanlagen.

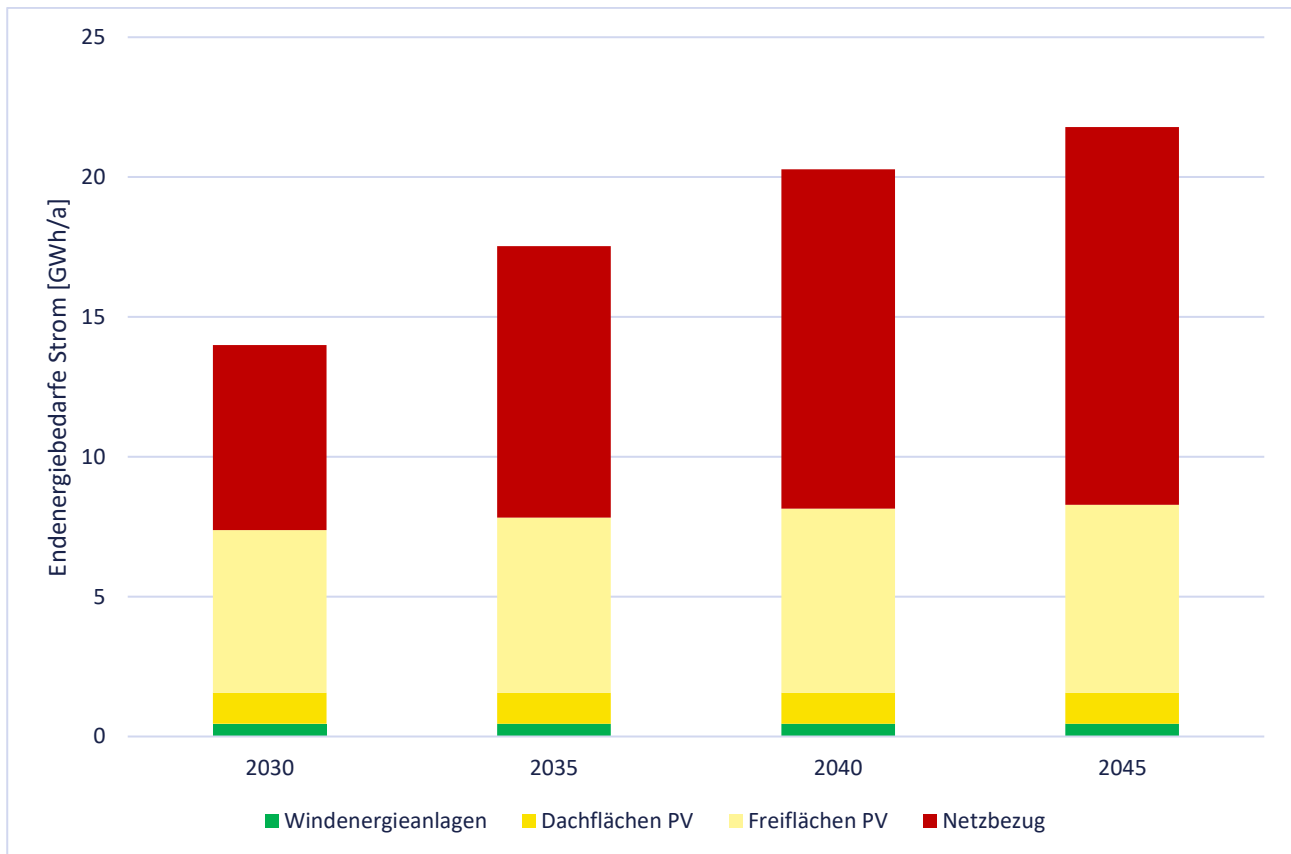


Abbildung 5-14: Deckung des Strombedarfs zur Wärmeerzeugung in den Stützjahren 2030 bis 2045

Der verbleibende Strombedarf, welcher durch die zeitliche Versetzung von Erzeugung und Bedarf entstehen kann, muss 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 angenommen, dass zusätzliche Strombedarfe durch das Stromnetz ausgeglichen werden können. Neben der Strombedarfsdeckung muss das Netz in der Lage sein, die Leistungen und Erträge aus den erneuerbaren Energieanlagen aufzunehmen. Hierfür ist ein Ausbau des Stromnetzes unabdingbar. Nach Aussagen der ortansässigen Netzbetreiber wird das Stromnetz bedarfsgerecht ausgebaut. [11]

Die Entwicklung der Endenergiebedarfe differenziert nach Energieträgern kann im Anhang 16 nachvollzogen werden.

Die Verteilung der Endenergiemengen auf die übergeordneten Energieversorgungsarten ist durch Betrachtung der Abbildung 5-15 nachvollziehbar. Im Szenario Elektrifizierung entfällt ein Anteil von 5,6 % des Gesamtenergiebedarfs im Jahr 2045 auf die leitungsgebundene Energieversorgung. Dies spiegelt das bestehende Wärmenetz im Cluster Lugau/Erzgeb. Im Jahr 2030 sind 43 % der Energieversorgung leitungsgebunden. Im Jahr 2035 sind 31 % der Energieversorgung leitungsgebunden. Im Jahr 2040 sind es 17 %.

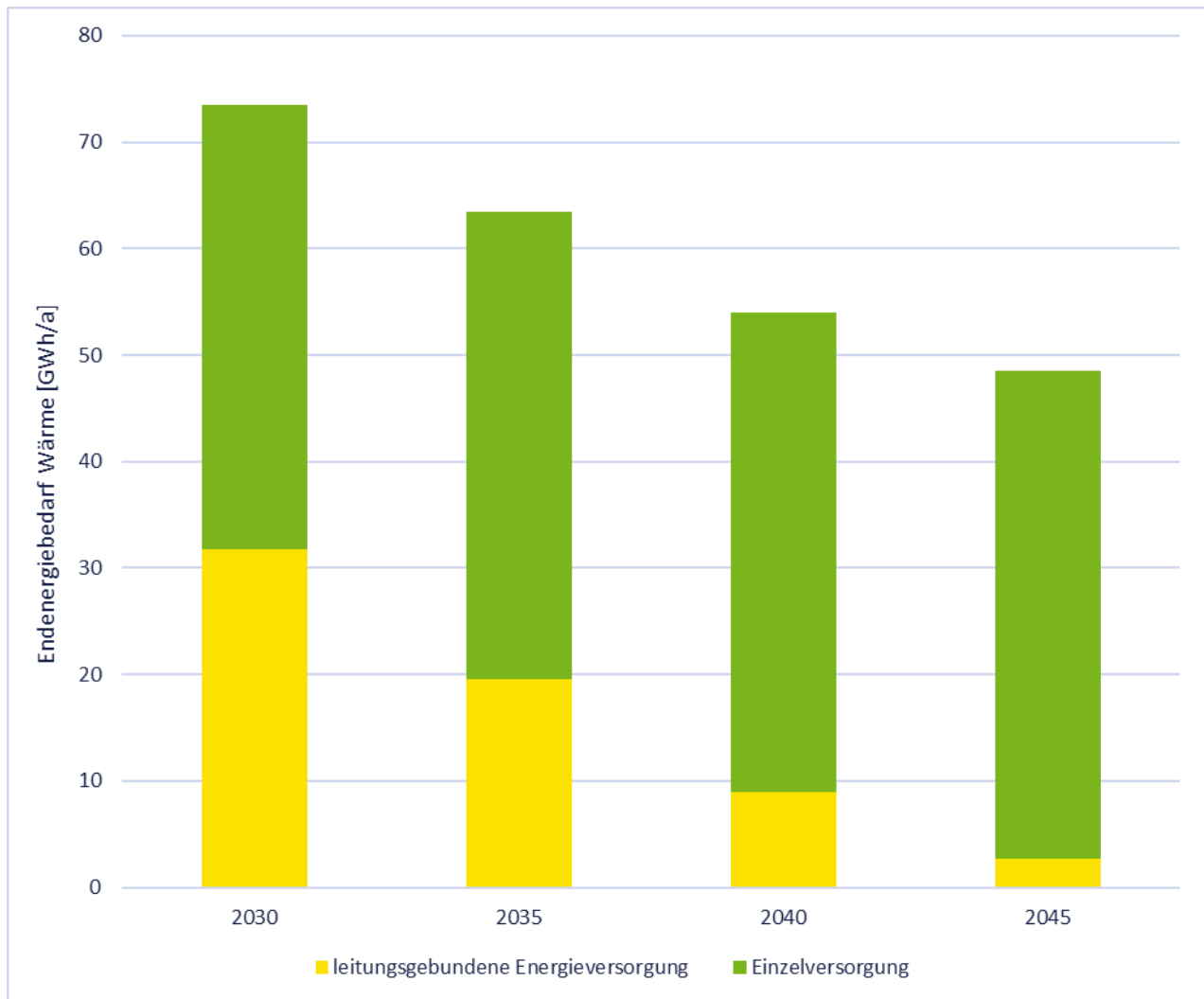


Abbildung 5-15: Anteil der Leitungsgebundenen Energieversorgung

Folgende Tabelle 5-28 zeigt den Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf des Untersuchungsgebietes. Die Berechnung der Anzahl der Gebäude erfolgt anhand des Nutzwärmebedarfs. Dabei ergeben die absoluten sowie die prozentualen Werte nur einen ungefähren Wert, denn die dahinterstehende Annahme ist, dass der prozentuale Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Nutzwärmebedarf proportional zu dem prozentualen Anteil der Gebäude am Wärmenetz an der Gesamtheit der Gebäude ist. Die Abnahme am Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf zwischen den Stützjahren 2030 und 2035, sowie zwischen 2040 und 2045 ist mit der verstärkten Verwendung von Großwärmepumpen zu begründen. Der Anteil am Nutzwärmebedarf steigt hingegen. Dies ist im Anhang 13 nachzuvollziehen.

Tabelle 5-28: Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf

	Status Quo	2030	2035	2040	2045
Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf	3,5 %	5,8 %	5,5 %	5,9 %	5,6 %
Gebäude am Wärmenetz, absolut	31	32	34	37	39

Gebäude am Wärmenetz, prozentual	1,1 %	1,1 %	1,2 %	1,3 %	1,3 %
---	-------	-------	-------	-------	-------

Die folgende Tabelle 5-29 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Gigawattstunden sowie in Prozent.

Tabelle 5-29: Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Strom (Großwärmepumpe)	4,0 % / 0,17 GWh/a	15 % / 0,51 GWh/a	20 % / 6,3 GWh/a	31 % / 8,3 GWh/a
Holzackschnitzel	44 % / 1,9 GWh/a	54 % / 1,9 GWh/a	59 % / 1,9 GWh/a	69 % / 1,9 GWh/a
Erdgas	52 % / 2,2 GWh/a	32 % / 1,1 GWh/a	21 % / 0,67 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Die folgende Tabelle 5-30 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger im Szenario Elektrifizierung, sowie den absoluten jährlichen Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers. Der jährliche Endenergieverbrauch aus Gasnetzen nach Energieträgern ist ebenfalls dem Anhang 16 an den Positionen Wasserstoff und Erdgas zu entnehmen. Dort lässt sich auch die spezifische Aufteilung nach Clustern erkennen.

Tabelle 5-30: Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Erdgas	100 % / 30 GWh/a	100 % / 17 GWh/a	100 % / 6,5 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Nach der Bestandsanalyse sind aktuell 2.522 Adresspunkte an das Gasverteilnetz angeschlossen. Unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsreduktion wird über den Nutzwärmebedarf die mögliche Anzahl der Adresspunkte mit Anschluss an das Gasverteilnetz berechnet. Die folgende Tabelle 5-31 zeigt die Entwicklung der Anzahl der angeschlossenen Adresspunkte an das Gasverteilnetz an.

Tabelle 5-31: Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im beplanten Gebiet

	Status quo	2030	2035	2040	2045
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, absolut	2.500	1.000	650	260	0
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, relativ	86 %	35 %	22 %	8,7 %	0 %
Anteil von Gas am Nutzwärmebedarf	67 %	27 %	17 %	6,8 %	0 %

Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)

Folgende Tabelle 5-32 zeigt den Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf in Lugau. Der hohe Versatz zwischen dem Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf und den prozentualen Anteil der Gebäude am Wärmenetz lässt sich durch den hohen Wirkungsgrad der Wärmepumpen, die den Großteil der dezentralen Versorgung ausmacht, begründen. Die Holzhackschnitzel und das Erdgas, welche beide das Wärmenetz speisen, erreichen deutlich niedrigere Wirkungsgrade. Daher, dass sich die Zusammensetzung des Fernwärmemixes verändert, verändert sich der Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf.

Tabelle 5-32: Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergiebedarf im Cluster Lugau/Erzgeb.

	Status Quo	2030	2035	2040	2045
Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am Endenergiebedarf	3,5 %	9,5 %	9,1 %	9,7 %	9,2 %
Gebäude am Wärmenetz, absolut	31	32	34	37	39
Gebäude am Wärmenetz, prozentual	1,1 %	1,1 %	1,2 %	1,3 %	1,3 %

Die folgende Tabelle 5-33 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Gigawattstunden sowie in Prozent für das Cluster Lugau/Erzgeb.

Tabelle 5-33: Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im Cluster Lugau/Erzgeb.

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Strom (Großwärmepumpe)	4,0 % / 0,17 GWh/a	15 % / 0,51 GWh/a	20 % / 6,3 GWh/a	31 % / 8,3 GWh/a
Holzhackschnitzel	44 % / 1,9 GWh/a	54 % / 1,9 GWh/a	59 % / 1,9 GWh/a	69 % / 1,9 GWh/a
Erdgas	52 % / 2,2 GWh/a	32 % / 1,1 GWh/a	21 % / 0,67 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Die folgende Tabelle 5-34 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger im Szenario Elektrifizierung, sowie den absoluten jährlichen Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers für die Cluster Lugau/Erzgeb. sowie Erlbach-Kirchberg & Ursprung, also für die Stadt Lugau.

Tabelle 5-34: Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in dem Ort Lugau (Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Erdgas	100 % / 26 GWh/a	100 % / 15 GWh/a	100 % / 5,7 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Nach der Bestandsanalyse sind aktuell 2.153 Adresspunkte in den Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung vorhanden. Unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsreduktion wird über den Nutzwärmebedarf die mögliche Anzahl der Adresspunkte mit Anschluss an das Gasverteilnetz berechnet. Die folgende Tabelle 5-35 zeigt die Entwicklung der Anzahl der angeschlossenen Adresspunkte an das Gasverteilnetz im Ort Lugau an.

Tabelle 5-35: Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im Ort Lugau (Cluster

Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung)

	Status quo	2030	2035	2040	2045
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, absolut	1.850	750	470	190	0
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, relativ	86 %	35 %	22 %	8,6 %	0 %
Anteil von Gas am Nutzwärmebedarf	67 %	27 %	17 %	6,7 %	0 %

Niederwürschnitz

Die folgende Tabelle 5-36 zeigt den Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger im Szenario Elektrifizierung, sowie den absoluten jährlichen Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers für das Cluster bzw. den Ort Niederwürschnitz.

Tabelle 5-36: Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in dem Ort Niederwürschnitz

Energieträger	2030	2035	2040	2045
Erdgas	100 % / 4,0 GWh/a	100 % / 2,3 GWh/a	100 % / 0,83 GWh/a	0 % / 0 GWh/a

Nach der Bestandsanalyse sind aktuell 793 Adresspunkte im Cluster Niederwürschnitz vorhanden. Unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsreduktion wird über den Nutzwärmebedarf die mögliche Anzahl der Adresspunkte mit Anschluss an das Gasverteilnetz berechnet. Die folgende Tabelle 5-37 zeigt die Entwicklung der Anzahl der angeschlossenen Adresspunkte an das Gasverteilnetz im Ort Niederwürschnitz an.

Tabelle 5-37: Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude in Niederwürschnitz

	Status quo	2030	2035	2040	2045
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, absolut	680	320	190	78	0
Adresspunkte mit Gasnetzanschluss, relativ	86 %	40 %	24 %	9,8 %	0 %
Anteil von Gas am Nutzwärmebedarf	67 %	31 %	19 %	7,6 %	0 %

5.3.2 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Nachfolgend findet sich die Diskussion der je Szenario resultierenden Treibhausgasemissionen für die Wärmeversorgung. Hierbei wird auf den unter Kapitel 5.2.3 beschriebenen methodischen Ansatz inklusive der literaturbasierten Emissionsfaktoren zurückgegriffen (siehe Anhang 20 und Anhang 21). Die Werte sind erneut auf die zweite signifikante Stelle gerundet.

5.3.2.1 Treibhausgasemissionen Szenario 1 – Wasserstoff

Im ersten Szenario zeigt sich ein langsamerer Degressionspfad der Emissionen gegenüber den anderen Szenarien. In Bezugnahme auf den Anfangszustand 2022 kommt es im Jahr 2030 zu einer CO₂-Emissionsreduktion um ca. -19 % und im Jahr 2045 um rund -93 %. Trotz des gleichen Ergebnisses kommt es zwischen den Szenarien zu signifikanten Unterschieden hinsichtlich der Emissionsintensität spezifischer Energieträger. Dies wird hervorgerufen durch unterschiedlich starke Ausprägungen der Endenergiebedarfe zu den entsprechenden Betrachtungszeitpunkten.

Der nachfolgenden Abbildung 5-16 sind die Treibhausgasemissionen differenziert nach Energieträgern zu entnehmen. Die Tabelle 5-38 zeigt die jährlichen Treibhausgasemissionen in Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent für das gesamte Untersuchungsgebiet, sowie getrennt für Niederwürschnitz und Lugau/Erzgeb. zuzüglich dem Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung.

Tabelle 5-38: Treibhausgasemissionen je Stützjahr im Zielszenario Wasserstoff

Betrachtungsjahr	Treibhausgasemissionen gesamtes Untersuchungsgebiet [t CO ₂ eq/a]	Treibhausgasminderung im Vergleich zu 2022	Treibhausgasemissionen Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung [t CO ₂ eq/a]	Treibhausgasemissionen Cluster Niederwürschnitz [t CO ₂ eq/a]
2022	28.500			
2030	23.000	-19 %	21.000	2.500
2035	18.000	-35 %	16.000	2.000
2040	14.000	-51 %	13.000	1.500
2045	2.000	-93 %	1.900	240

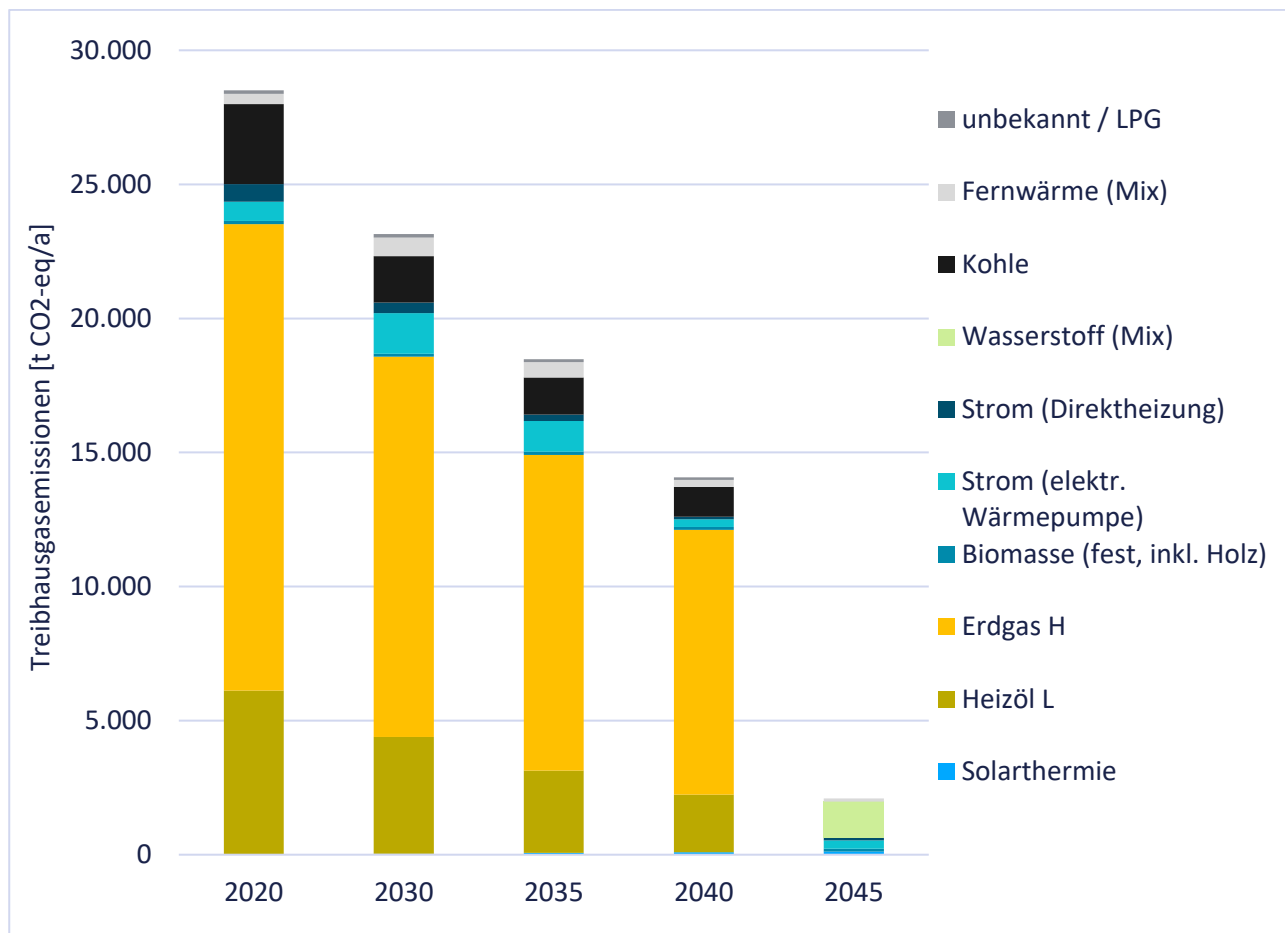


Abbildung 5-16: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S1)

5.3.2.2 Treibhausgasemissionen Szenario 2 – Wärmenetze und Grubenwasser

Im zweiten Szenario zeigt sich der mittlere Degressionspfad der Emissionen verglichen mit den anderen Szenarien. In Bezugnahme auf den Anfangszustand 2022 kommt es im Jahr 2030 zu einer CO₂-Emissionsreduktion um ca. -34 % und im Jahr 2045 um rund -95 %.

Der nachfolgenden Abbildung 5-17 sind die Treibhausgasemissionen differenziert nach Energieträgern zu entnehmen. Die Tabelle 5-39 zeigt die jährlichen Treibhausgasemissionen in Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent für das gesamte Untersuchungsgebiet, sowie getrennt für Niederwürschnitz und Lugau/Erzgeb. zuzüglich dem Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung.

Tabelle 5-39: Treibhausgasemissionen je Stützjahr im Zielszenario Wärmenetze und Grubenwasser

Betrachtungsjahr	Treibhausgasemissionen gesamtes Untersuchungsgebiet [t CO ₂ eq/a]	Treibhausgaseminderung im Vergleich zu 2022	Treibhausgasemissionen Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung [t CO ₂ eq/a]	Treibhausgasemissionen Cluster Niederwürschnitz [t CO ₂ eq/a]
2022	28.500			
2030	19.000	-34 %	17.000	2.200
2035	13.000	-56 %	11.000	1.400
2040	7.600	-73 %	6.800	890
2045	1.500	-95 %	1.400	160

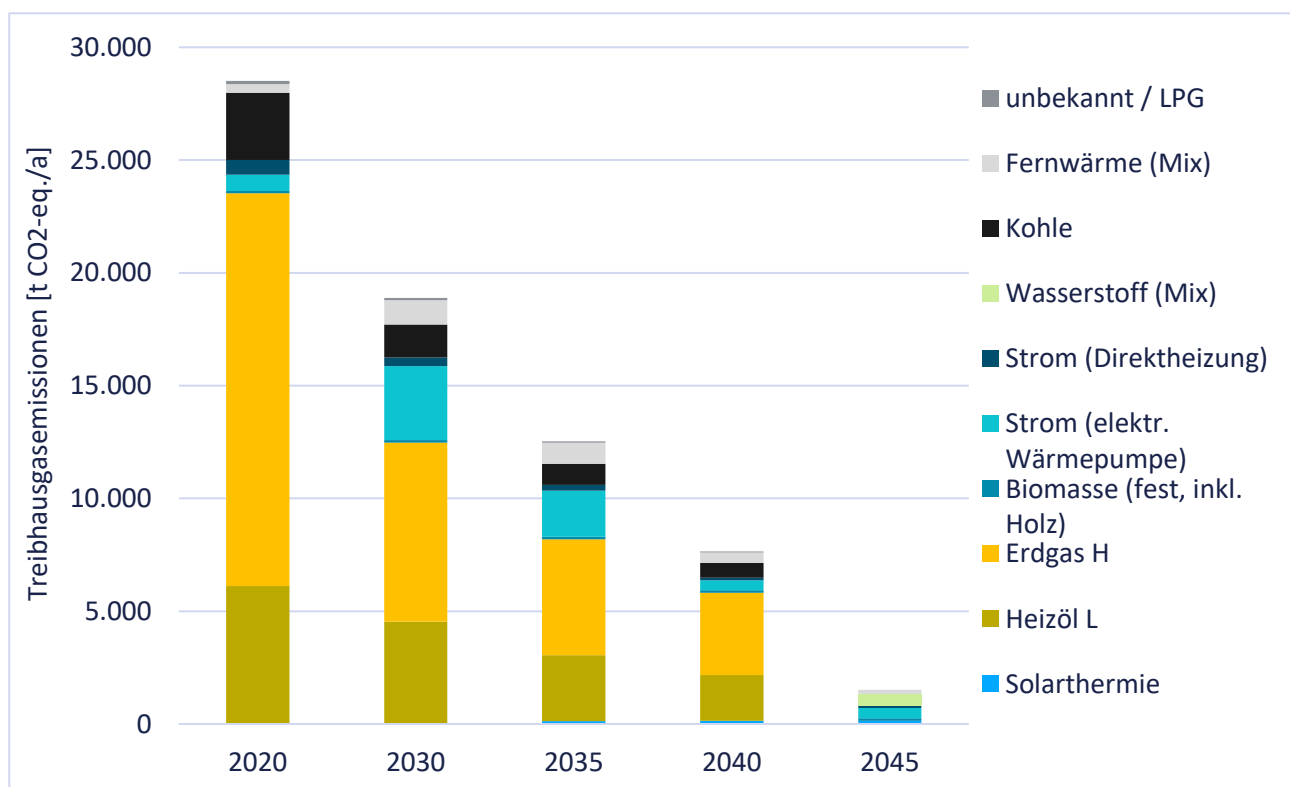


Abbildung 5-17: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S2)

5.3.2.3 Treibhausgasemissionen Szenario 3 – Elektrifizierung

Im dritten Szenario zeigt sich der schnellste Degressionspfad der Emissionen gegenüber den anderen Szenarien. In Bezugnahme auf den Anfangszustand 2022 kommt es im Jahr 2030 zu einer CO₂-Emissionsreduktion um ca. -19 % und im Jahr 2045 um rund -93 %.

Der nachfolgenden Abbildung 5-18 sind die Treibhausgasemissionen differenziert nach Energieträgern zu entnehmen. Die Tabelle 5-40 zeigt die jährlichen Treibhausgasemissionen in Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent für das gesamte Untersuchungsgebiet, sowie getrennt für Niederwürschnitz und Lugau/Erzgeb. zuzüglich dem Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung.

Tabelle 5-40: Treibhausgasemissionen je Stützjahr im Zielszenario Elektrifizierung

Betrachtungsjahr	Treibhausgasemissionen gesamtes Untersuchungsgebiet [t CO ₂ eq/a]	Treibhausgas-minderung im Vergleich zu 2022	Treibhausgasemissionen Cluster Lugau/Erzgeb. Und Erlbach-Kirchberg & Ursprung [t CO ₂ eq/a]	Treibhausgasemissionen Cluster Niederwürschnitz [t CO ₂ eq/a]
2022	28.500			
2030	17.000	-41 %	15.000	2.000
2035	10.000	-64 %	9.000	1.200
2040	3.700	-87 %	3.300	430
2045	1.200	-96 %	1.100	140

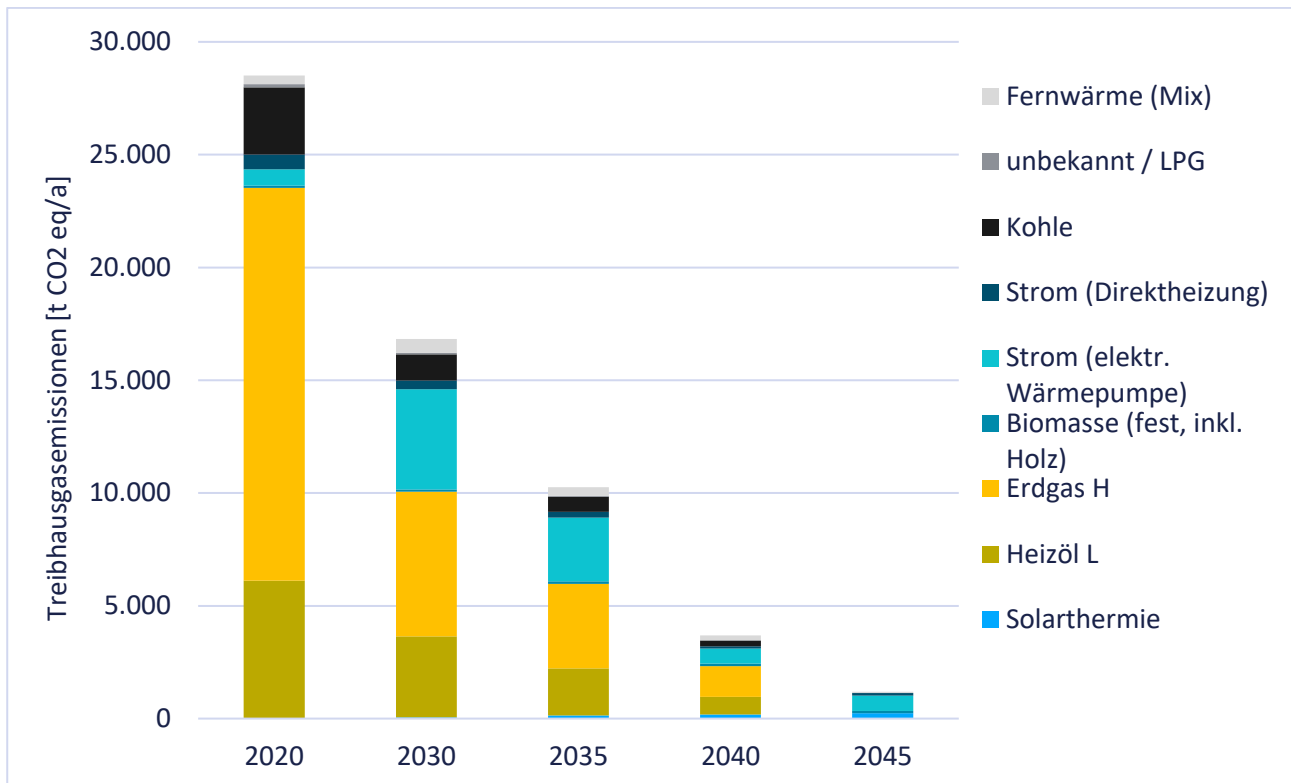


Abbildung 5-18: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045 (S3)

5.3.2.4 Zusammenfassung und Kompensation verbliebender Emissionen

Die Abbildung 5-19 stellt die Emissionsentwicklung der im Vorfeld einzeln diskutierten Szenarien grafisch gegenüber. Im Zieljahr 2045 fällt die Emissionsbelastung im Szenario Elektrifizierung am geringsten aus. Die Spannweite der berechneten Treibhausgasemissionen im Zieljahr 2045 beträgt ca. 900 t CO₂-eq./a (Tabellen sind jeweils auf die zweite signifikante Stelle gerundet). Die Abbildung 5-19 macht deutlich, dass die Treibhausgasminde rung im Szenario Wasserstoff aufgrund des Erhaltens der aktuellen Erdgasnetzversorgung höher sind als in den anderen Szenarien, vor allem in den Stützjahren 2030 bis 2040. Die antizipierten Emissionseinspareffekte sind an die Bedingung geknüpft, dass alle angenommenen Transformationsprozesse bei Energieträgern und zugehörigen Infrastrukturen in die Realität überführt werden. Konkret muss der Strommix die angenommenen EE-Anteile erreichen (betrifft alle Szenarien) und im Falle des Szenarios Wasserstoff sowie Wärmenetze und Grubenwasser der Energieträger Wasserstoff im unterstellten Umfang und Zeitplan erschlossen werden.

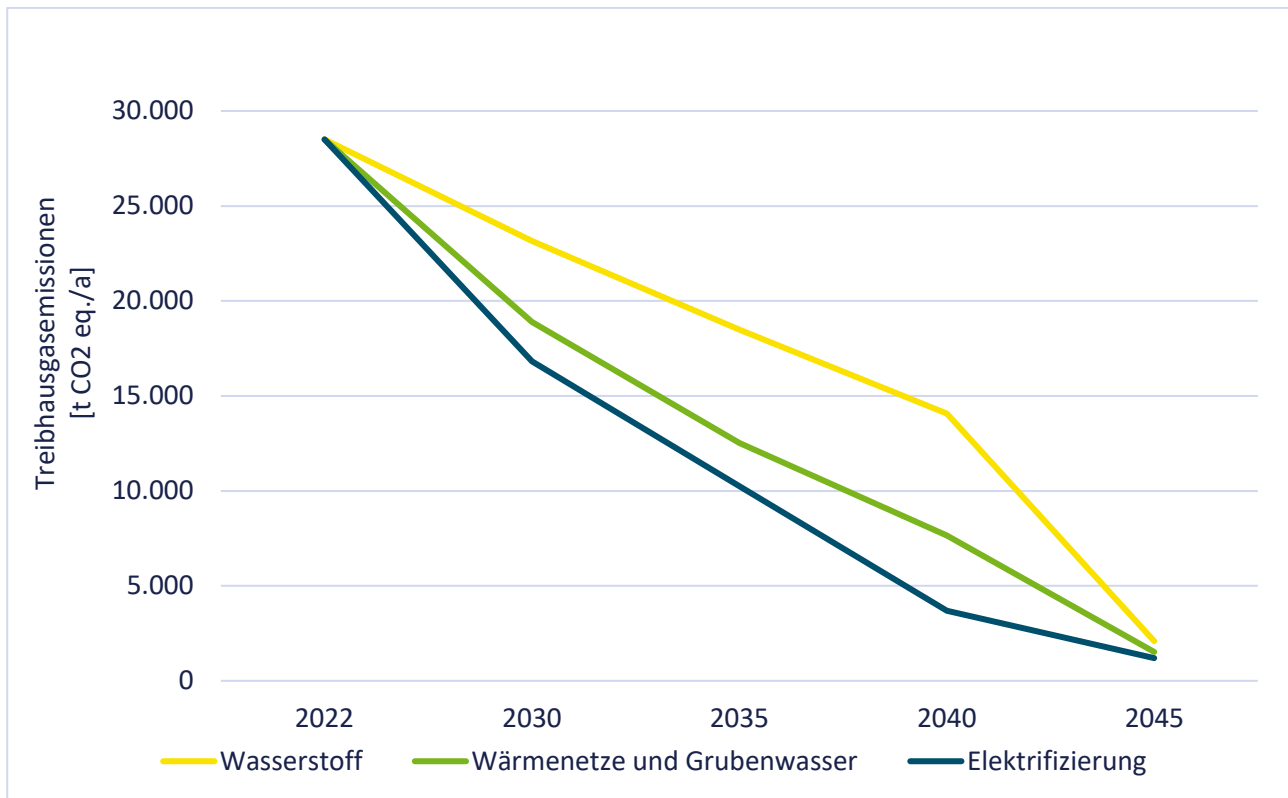


Abbildung 5-19: Gegenüberstellung der fortgeschriebenen THG-Emissionen in den betrachteten Szenarien

Alle Szenarien haben gemein, dass im Zielhorizont 2045 Restemissionen verbleiben. Diese Situation in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz ist vergleichbar mit den erwarteten gesamtdeutschen Entwicklungstendenzen. Die führenden Forschungsinstitutionen (dena, Agora) gehen davon aus, dass eine Reduktion der energie- und prozessbedingten Emissionen auf null nicht plausibel ist. Dies ist zwangsläufig unumgänglich und ist in den erwähnten Vorketten der Energiebereitstellung sowie der dafür nötigen Anlagen und Prozesse begründet. Demnach bewirkt 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 logisch, da 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 im Gesamtsystem – sind folgerichtig Maßnahmen zur Kompensation der Residualemissionen erforderlich. Hierzu besteht eine große Bandbreite möglicher Lösungsansätze. Nachfolgend sind diese stichpunktartig aufgeführt, da für vertiefte Studien auf gängige Literatur verwiesen wird. [56], [57]

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

1. **Beschreibung:** Verbesserung der Waldbewirtschaftung, um den Kohlenstoffgehalt bestehender Wälder zu erhöhen und Waldbrände zu reduzieren.
2. **Vorteile:** Langfristige Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung.
3. **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 Stadt Bad Lauchstädt vorzugsweise anzuwenden ist, ist nicht Bestandteil dieser Untersuchung. Es ist erwähnenswert, dass die aufgeführten Kompensationsstrategien vorzugsweise im überregionalen Kontext aufeinander abzustimmen sind, d.h. die Stadt Bad Lauchstädt sollte in Rücksprache mit Bund und Ländern synergetisch zusammenarbeiten.

5.3.3 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 5-20 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 (Wasserstoff) weist rund 60 Mio. € Gesamtinvestitionskosten auf, wobei etwa 55 % auf die H₂-Thermen entfallen. Zielszenario 2 (Wärmenetze & Grubenwasser) erfordert mit rund 68 Mio. € die höchsten Investitionen. Den größten Anteil bilden hierbei der Ausbau der Wärmepumpen (ca. 26 Mio. €) sowie die Grubenwassergeothermie (ca. 15 Mio. €). Zielszenario 3 (Elektrifizierung) liegt mit Investitionskosten von rund 53 Mio. € im niedrigsten Bereich. Hierbei entfällt der größte Investitionsanteil auf die Nutzung dezentraler Wärmepumpen (ca. 40 Mio. €).

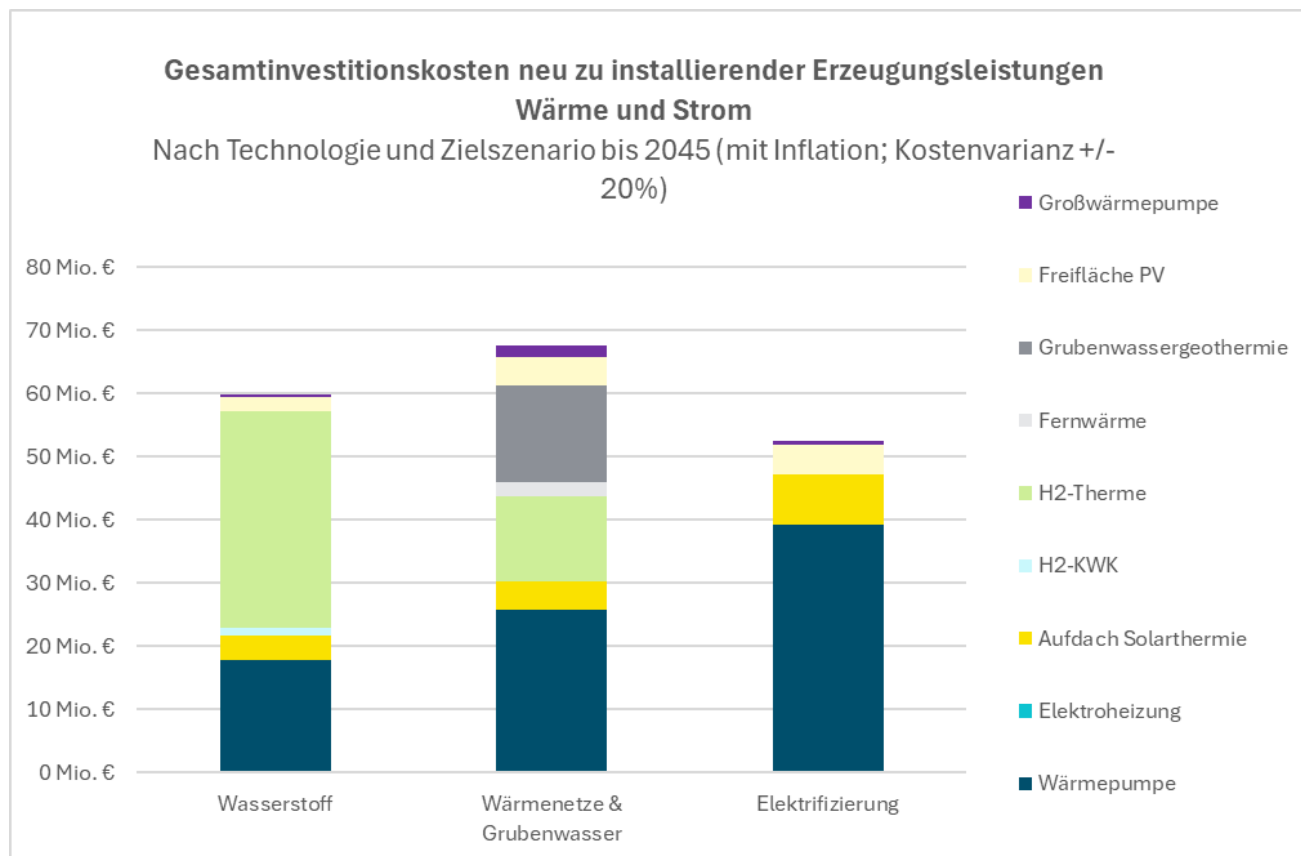


Abbildung 5-20: Gesamtinvestitionskosten neu zu installierender Erzeugungsleistungen - Wärme & Strom – nach Technologie & Zielszenario bis 2045 (inkl. Inflation).

Im Vergleich der Investitionskosten von Strom und Wärme wird deutlich, dass die Gesamtkosten im Stromsektor geringer ausfallen als im Wärmesektor (siehe Abbildung 5-21). Alle drei Zielszenarien bauen auf bestehenden Infrastrukturen auf, was insbesondere im Stromsektor zu deutlichen Kosteneinsparungen führt. Zur Deckung des steigenden Strombedarfs durch die elektrische Wärmeversorgung ist in allen Szenarien ein moderater Ausbau der Freiflächen-Photovoltaik erforderlich. In den Zielszenarien Wärmenetze & Grubenwasser und Elektrifizierung ist der Bedarf höher, sodass hier Investitionskosten von rund 4,7-5 Mio. € anfallen, während im Zielszenario Wasserstoff etwa 2,3 Mio. € vorgesehen sind. In den Zielszenarien Wärmenetze & Grubenwasser und Elektrifizierung ist der Bedarf höher, sodass hier Investitionskosten von rund 4,7-5 Mio. € anfallen, während im Zielszenario Wasserstoff etwa 2,3 Mio. € vorgesehen sind.

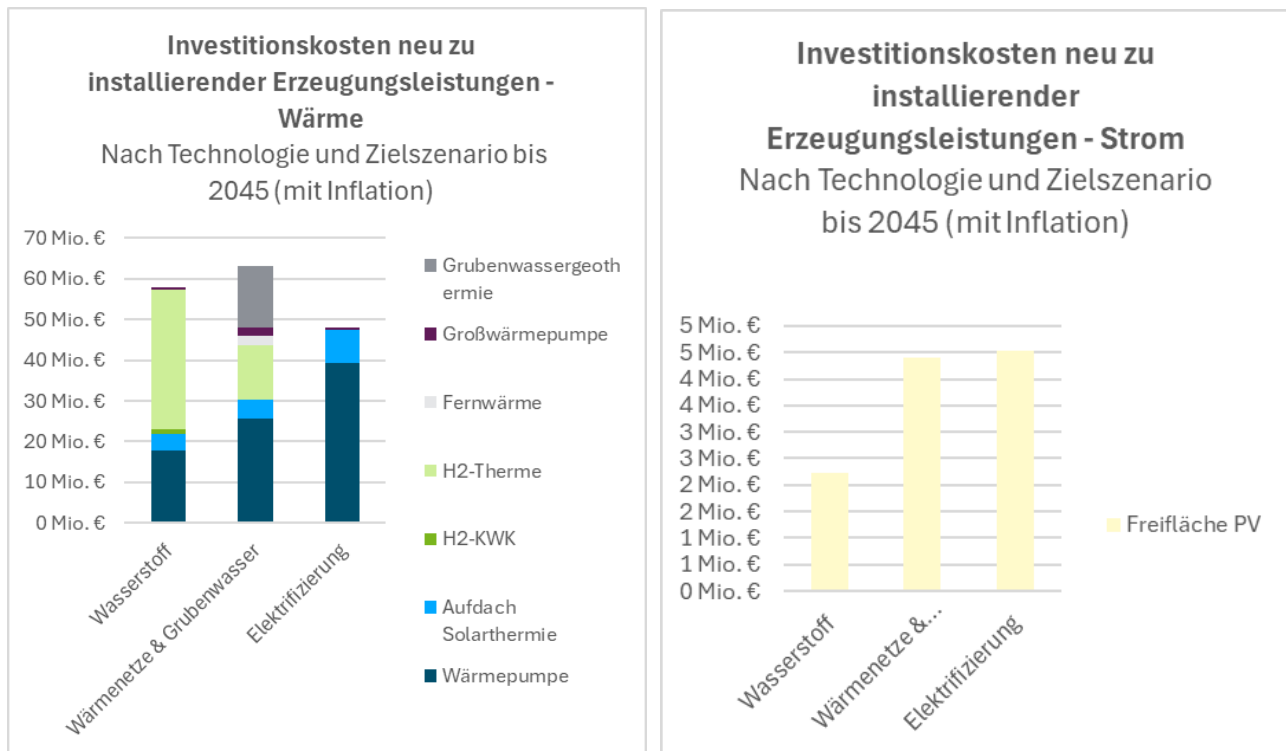


Abbildung 5-21: Vergleich der Investitionskosten für Strom und Wärme – nach Technologie und Zielszenario bis 2045 (mit Inflation).

In den Zielszenarien Wärmenetze & Grubenwasser und Elektrifizierung ist der Bedarf höher, sodass hier Investitionskosten von rund 4,7-5 Mio. € anfallen, während im Zielszenario Wasserstoff etwa 2,3 Mio. € vorgesehen sind (siehe Abbildung 5-21). Die Analyse der Investitionskosten im Wärmesektor verdeutlicht deutliche Unterschiede zwischen den Zielszenarien. Grundsätzlich erfordern Wärmetechnologien höhere Investitionen als der Stromsektor. Im Zielszenario Wärmenetze & Grubenwasser zeigt sich ein breiter Mix verschiedener Wärmetechnologien. Das Zielszenario Wasserstoff setzt hingegen klar auf den Einsatz von H₂, was vor allem mit einem verstärkten Ausbau von H₂-Thermen in den Haushalten verbunden ist. Im Zielszenario Elektrifizierung liegt der Schwerpunkt dagegen auf dem Ausbau der Wärmepumpen.

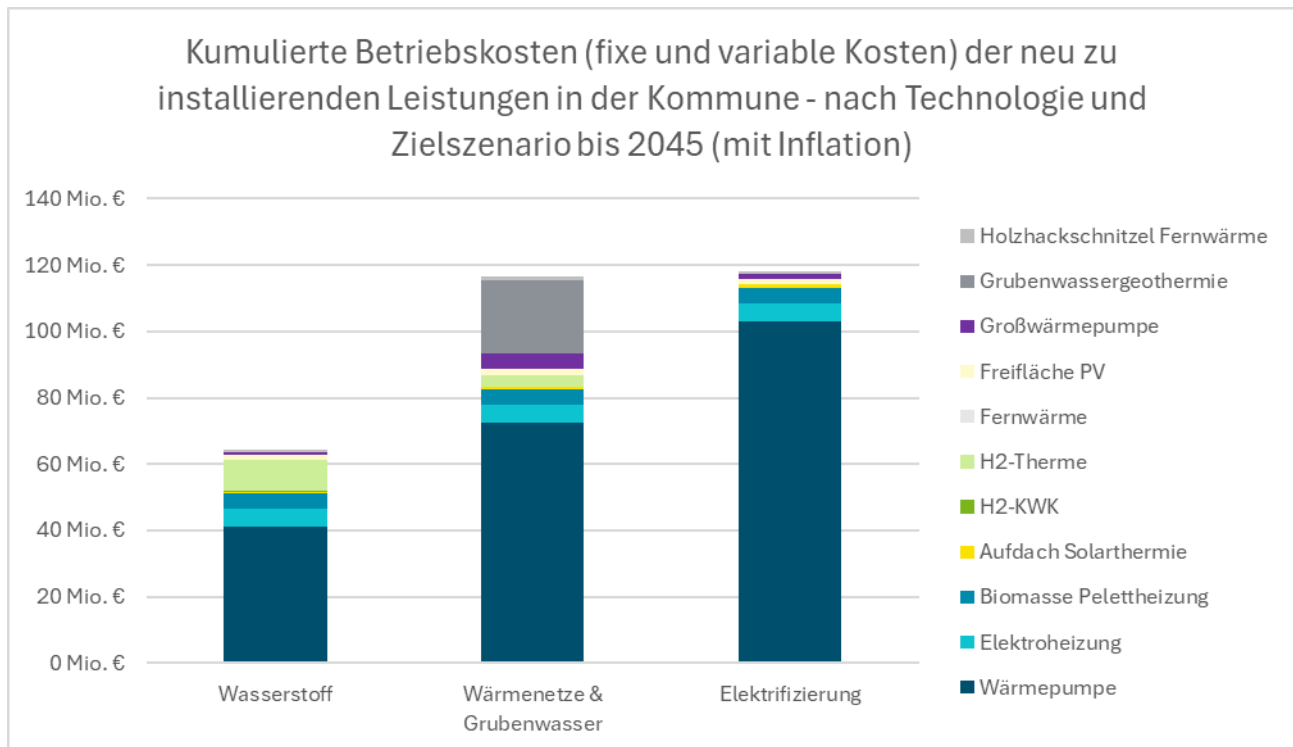


Abbildung 5-22: Kumulierte Betriebskosten (fixe und variable Kosten) der neu zu installierenden Leistungen in der Kommune – nach Technologie und Zielszenario bis 2045 (mit Inflation).

Abbildung 5-22 zeigt die kumulierten Betriebskosten der neu zu installierenden Anlagen in der Kommune. Im Zielszenario Wasserstoff belaufen sich die Betriebskosten auf rund 66 Mio. €. Dieses vergleichsweise niedrige Niveau ist jedoch in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die Umstellung auf Wasserstoff erst in der letzten Jahresscheibe (2040–2045) vorgesehen ist. Bis dahin sind nur wenige Maßnahmen im Wärmesektor eingeplant, wodurch die laufenden Kosten in den vorhergehenden Zeiträumen deutlich geringer ausfallen. Die Werte sind daher nur eingeschränkt mit den beiden anderen Szenarien vergleichbar.

Im Zielszenario Wärmenetze & Grubenwasser ergeben sich kumulierte Betriebskosten von rund 118 Mio. €. Die Kosten verteilen sich dabei vor allem auf den Betrieb von Wärmepumpen (72 Mio. €).

Mit rund 120 Mio. € weist das Zielszenario Elektrifizierung die höchsten kumulierten Betriebskosten auf. Hier prägt insbesondere der Anteil an dezentralen Wärmepumpen, ergänzt durch den Einsatz von Elektroheizungen, das Kostenniveau. Auch dieses Szenario ist auf eine fortlaufende Emissionsminderung bis 2045 ausgerichtet, sodass die Betriebskosten über den gesamten Betrachtungszeitraum anfallen.

Darüber hinaus wurde eine sektorspezifische Bewertung des Investitionsbedarfs vorgenommen. Ziel ist es, nicht nur die Entscheidungsfindung hinsichtlich eines bevorzugten Zielszenarios zu unterstützen, sondern auch die anschließende Umsetzung durch gezielte Fördermaßnahmen zielgerichtet zu gestalten. Die Investitionskosten wurden hierfür den beiden Hauptsektoren – private Haushalte sowie Kommune, Industrie und Gewerbe – zugeordnet.

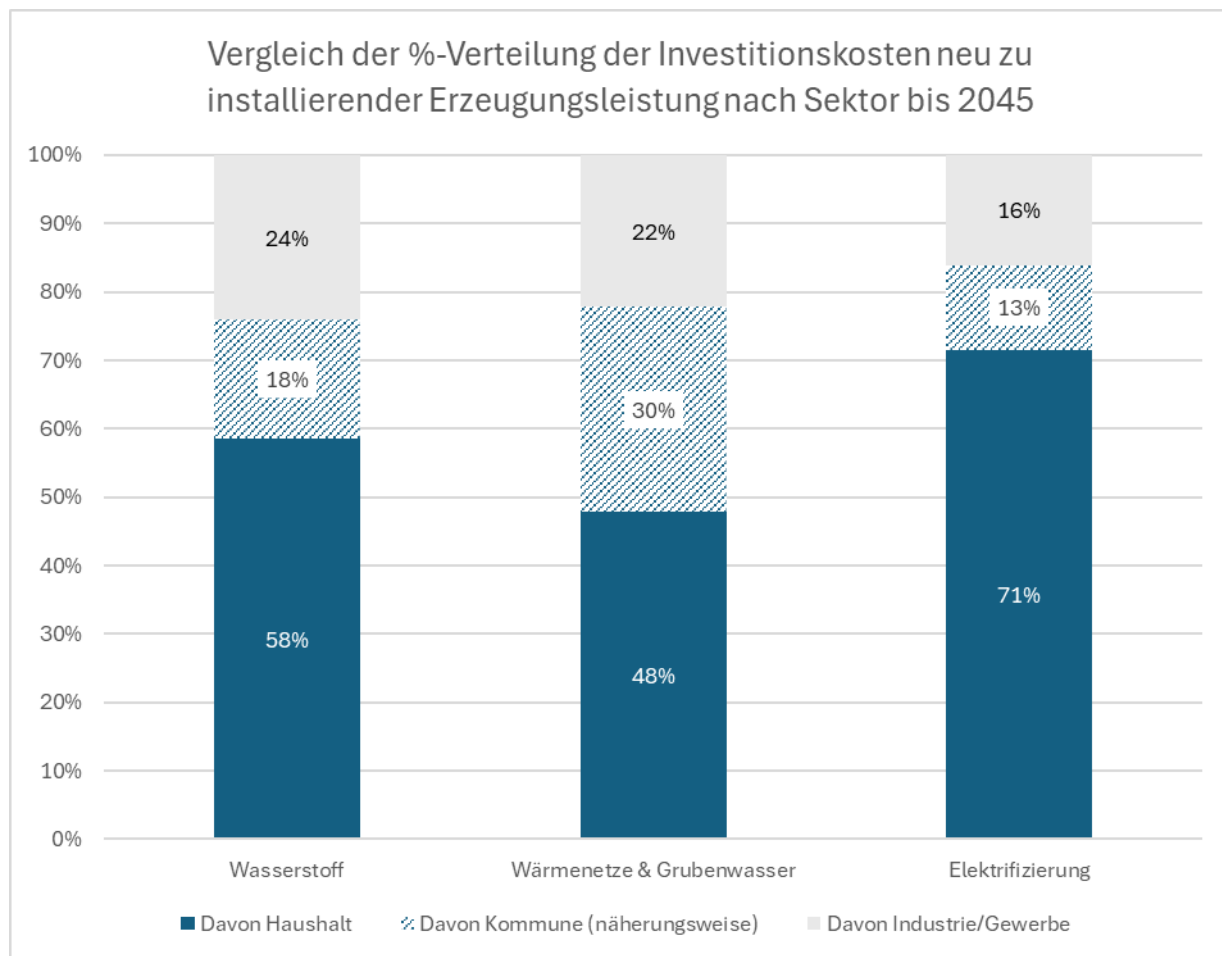


Abbildung 5-23: Vergleich der %-Verteilung der Investitionskosten neu zu installierender Erzeugungsleistung nach Sektor bis 2045.

Abbildung 5-23 zeigt die potenzielle prozentuale Verteilung der neu zu installierenden Erzeugungsleistungen nach Kostenträgern bis 2045. Im Zielszenario Wasserstoff entfällt mit rund 59 % über die Hälfte der Investitionen auf private Haushalte, während 42 % von Kommune, Industrie und Gewerbe getragen werden. Im Zielszenario Wärmenetze & Grubenwasser hingegen liegt der Anteil der privaten Haushalte bei rund 48 %, sodass mit 52 % ein größerer Teil der Investitionen durch kommunale, gewerbliche und industrielle Akteure getragen wird. Im Zielszenario Elektrifizierung steigt der Anteil der privaten Haushalte auf etwa 71 %, sodass dieser Sektor hier die größte Kostengruppe darstellt.

Zur besseren Einordnung der kommunalen Finanzierungsverantwortung ist der zusammengefasste Anteil von „Kommune/Industrie/Gewerbe“ weiter zu differenzieren. Auf Basis von Annahmen wird davon ausgegangen, dass innerhalb dieses Anteils insbesondere Investitionen in zentrale Infrastrukturen wie Wärmenetze, Erzeugungsanlagen (z. B. Großwärmepumpen, Grubenwassergeothermie) sowie zugehörige Netzkomponenten überwiegend durch die Kommune bzw. kommunale Unternehmen getragen werden. Investitionen in industrielle oder gewerbliche Eigenanlagen sind demgegenüber standort- und nutzungsspezifisch und können nicht eindeutig abgegrenzt werden.

Unter dieser Annahme ergibt sich überschlägig, dass der kommunale Anteil an den Gesamtinvestitionen bis 2045, je nach Zielszenario, bei etwa 15–20 % im Zielszenario Wasserstoff, 25–35 % im Zielszenario Wärmenetze & Grubenwasser sowie 10–15 % im Zielszenario Elektrifizierung liegen könnte. Diese Bandbreiten dienen ausschließlich der orientierenden Abschätzung und stellen keine belastbare Prognose dar.

Die Unterschiede zwischen den Szenarien lassen sich auf die technologiebezogene Ausrichtung der jeweiligen Ansätze zurückführen: Während beim Ausbau von Wärmenetzen ein größerer Teil der Investitionen durch zentrale Infrastrukturen entsteht, führen die stärker dezentral organisierten Technologien im Szenario Elektrifizierung zu einer höheren Kostenlast bei privaten Haushalten. Im Zielszenario Grubenwasser ist aufgrund des infrastrukturellen Charakters der Technologie von einer stärkeren Beteiligung kommunaler Akteure auszugehen.

Die dargestellte prozentuale Aufteilung basiert auf vereinfachten Annahmen zur Trägerschaft der jeweiligen Technologien. Eine exakte Vorhersage der tatsächlichen Kostenverteilung ist zum heutigen Zeitpunkt nicht möglich, da diese maßgeblich von zukünftigen Rahmenbedingungen wie Förderkulissen, regulatorischen Vorgaben, Betreibermodellen sowie individuellen Investitionsentscheidungen privater und gewerblicher Akteure abhängt. Die Ergebnisse sind daher als indikative Orientierung im Rahmen der strategischen Wärmeplanung zu verstehen.

Abbildung 5-24 zeigt die Wärmegestehungskosten in den drei Zielszenarien unter Berücksichtigung zentraler Einflussfaktoren wie Investitions-, Betriebs- und Finanzierungskosten. Die Wärmegestehungskosten dienen als wichtige Kennzahl zur Bewertung der langfristigen Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Technologien.

Im Vergleich ergeben sich folgende Werte: Das Zielszenario Wasserstoff weist Wärmegestehungskosten von rund 9 ct/kWh auf. Hinzu kommt eine zusätzliche Belastung von etwa 3 ct/kWh durch die CO₂-Bepreisung. Im Zielszenario Wärmenetze & Grubenwasser belaufen sich die Wärmegestehungskosten auf rund 11 ct/kWh zuzüglich etwa 2 ct/kWh aus CO₂-Kosten. Das Zielszenario Elektrifizierung weist etwa 10 ct/kWh Wärmegestehungskosten zuzüglich etwa 1 ct/kWh aus CO₂-Kosten auf.

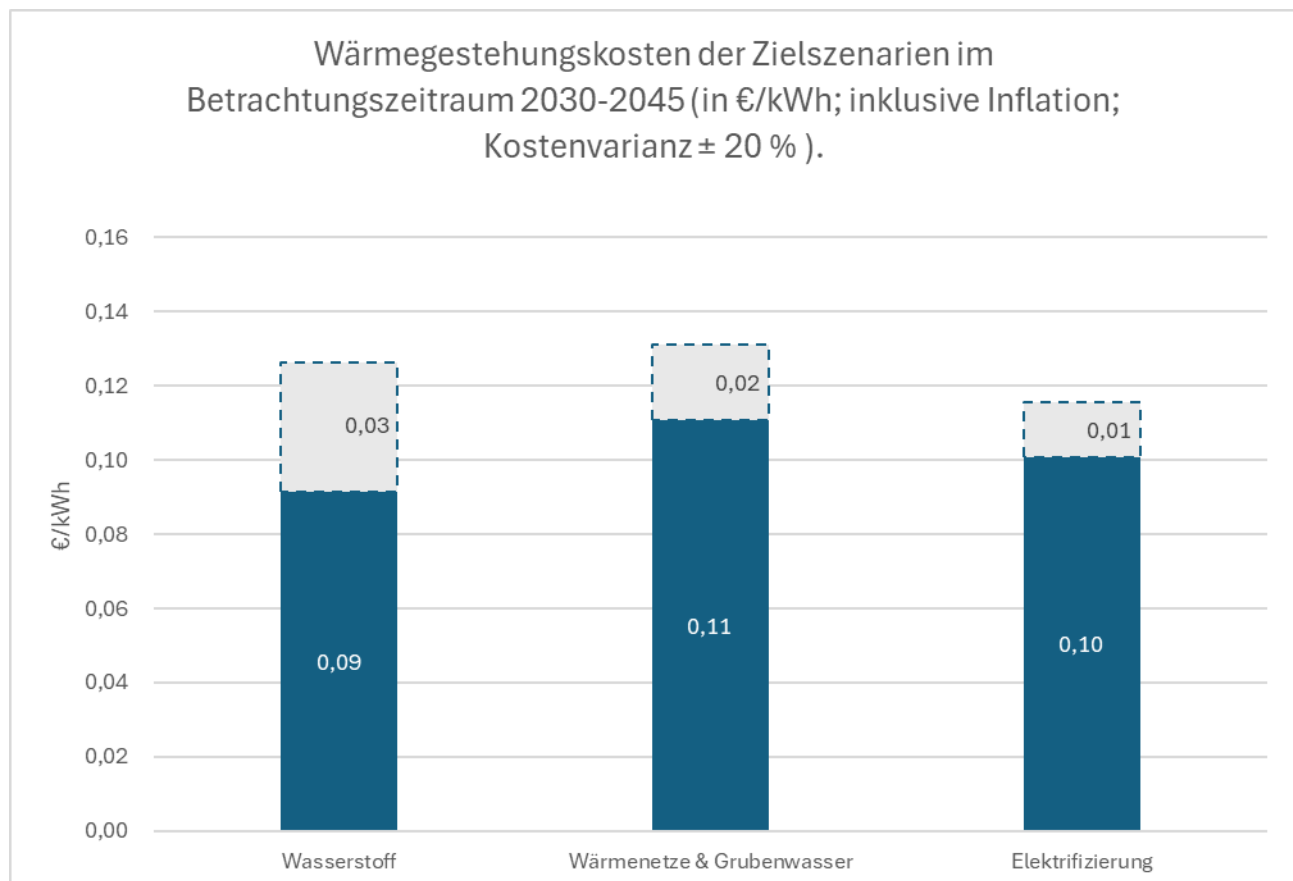


Abbildung 5-24: Wärmegestehungskosten der Zielszenarien im Betrachtungszeitraum 2030-2045 (in €/kWh; inklusive Inflation; Kostenvarianz $\pm 20\%$).

Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Rolle der CO₂-Bepreisung. Da im Szenario Wasserstoff bis zur späten Umstellung in der letzten Jahresscheibe (2040–2045) noch über lange Zeiträume CO₂-intensive Brennstoffe genutzt werden, fallen hier höhere Zusatzkosten durch die CO₂-Bepreisung an.

Insgesamt ist darauf hinzuweisen, dass Prognosen zur zukünftigen CO₂-Bepreisung mit erheblichen Unsicherheiten verbunden sind und eine große Spannbreite möglicher Entwicklungen aufzeigen. Für die vorliegende Analyse wurden die CO₂-Preisprognosen des KEA-BW-Technikkatalogs herangezogen [53].

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

- Das **Zielszenario Wasserstoff** verfolgt eine Ausrichtung, die maßgeblich auf eine Umstellung der Gasversorgung auf Wasserstoff in der letzten Jahresscheibe (2040–2045) setzt. Bis dahin erfolgen nur wenige Maßnahmen, sodass die kumulierten Betriebskosten mit rund 66 Mio. € sowie die Investitionskosten mit rund 60 Mio. € vergleichsweise niedrig ausfallen. Die Wärmegestehungskosten liegen bei etwa 9 ct/kWh, werden jedoch durch die zusätzliche Belastung von rund 3 ct/kWh aus der CO₂-Bepreisung deutlich erhöht. Etwa 58 % der Investitionen würden von privaten Haushalten getragen, 42 % von Kommune, Industrie und Gewerbe.
- Das **Zielszenario Wärmenetze & Grubenwasser** konzentriert sich auf den Ausbau zentraler Wärmenetzstrukturen und kombiniert diesen mit dem Einsatz von Wärmepumpen. Die Investitionskosten liegen mit rund 68 Mio. € am höchsten, die kumulierten Betriebskosten belaufen sich auf etwa 118 Mio. €. Die Wärmegestehungskosten liegen bei ca. 11 ct/kWh zuzüglich rund 2 ct/kWh aus der CO₂-Bepreisung. Etwa 48 % der Investitionen würden von privaten Haushalten getragen, während 52 % auf Kommune, Industrie und Gewerbe entfallen.
- Das **Zielszenario Elektrifizierung** setzt v.a. auf Wärmepumpen und Solarthermie. Die Investitionskosten liegen bei rund 53 Mio. €, die kumulierten Betriebskosten mit ca. 120 Mio. € am höchsten. Die Wärmegestehungskosten erreichen rund 10 ct/kWh zuzüglich etwa 1 ct/kWh durch CO₂-Bepreisung. Mit 71 % entfällt ein hoher Anteil der Investitionen auf private Haushalte, während 29 % von Kommune, Industrie und Gewerbe getragen werden.

Es ist zu beachten, dass in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gewisse Unsicherheiten bestehen. Die Investitionskosten für den Ausbau und die Erweiterung des Stromverteilnetzes wurden nicht berücksichtigt, da zahlreiche Einflussfaktoren – wie der aktuelle Zustand des Netzes, Genehmigungsverfahren und die mangelnde Transparenz der Verteilnetzbetreiber – nicht verlässlich quantifizierbar sind. Zudem ist der Betrachtungshorizont der kommunalen Wärmeplanung bis 2045 zu berücksichtigen. Die Betriebs- und Geschäftsmodelle für zentrale Technologien sind derzeit offen, sodass sowohl größere als auch kleinere Dimensionierungen möglich sind. Auch die unterschiedlichen Abschreibungs- und Nutzungsdauern wurden nicht vollständig in die Analyse einbezogen.

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

5.3.4 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. Nachfolgend wird auf die je Kategorie mit ein bis fünf Punkten versehene Einschätzung inklusive ihrer grafischen Darstellung fokussiert. Die Tabelle 5-41 zeigt das Ergebnis des Bewertungsprozesses.

Tabelle 5-41: Bewertungsmatrix zum Vergleich der Zielszenarien

Kategorie	Bewertungskriterium	Wasserstoff	Wärmenetze und Grubenwasser	Elektrifizierung
Technik	Hohe Anzahl unterschiedlicher Technologien (Wärmepumpe, Pelletheizung, ...)	5	5	4
	Hohe Vielfalt energetischer Versorgungspfade (Strom, Biomasse, Fernwärme, ...)	4,5	5	3,5
	Geringer technischer Ausbau- und Umstellungsaufwand	4	1,5	1,5
Ökonomie	Geringe Gesamtinvestitionskosten (Wärme & Strom)	3	2	4
	Kostenverteilung Kommune – priv. Haushalte	4	4,5	0,5
	Geringe Wärmegestehungskosten	2,5	2	2,5
Ökologie	Hohe Treibhausgasminderung gegenüber Status quo	3	4	5
Politik	Geringe Regulatorische Unsicherheiten/Risiken	3	2,5	1,5
Resilienz	Versorgungssicherheit	4	2,5	1
	<u>Ergebnis – absolut</u>	<u>33</u>	<u>29</u>	<u>23,5</u>
	<u>Ergebnis – Durchschnitt</u>	<u>3,7</u>	<u>3,2</u>	<u>2,6</u>

Nachfolgende Liste zeigt auf, wie die Bewertung in den einzelnen Kategorien zustande gekommen ist. Dabei bedeutet die Bewertung von 5 Punkten „trifft voll zu“ im Sinne einer positiven Bewertung und eine Bewertung von einem Punkt bedeutet „trifft gar nicht zu“ im Sinne von einer negativen Bewertung. Die Aufführung „++“ entspricht einen Punkt (plus Eins), die Aufführung „-“ entspricht einem Punktabzug (minus Eins). „+“ und „-“ entsprechen jeweils einem halben Punkt, bzw. Punktabzug.

1. Technik:

1) Hohe Anzahl unterschiedlicher Technologien (Wärmepumpe, Pelletheizung, etc.)

- Wasserstoff: 5 Pkt. (10 erneuerbare Technologien, Wärme & Strom)
- Wärmenetze und Grubenwasser: 5 Pkt. (10 erneuerbare Technologien, Wärme & Strom)
- Elektrifizierung: 4 Pkt. (8 erneuerbare Technologien, Wärme & Strom)

2) Hohe Vielfalt energetischer Versorgungspfade (Strom, Biomasse, Fernwärme, etc.)

- Wasserstoff: 4,5 Pkt.
 - ++ gasgebundene Wärmeversorgung (Wasserstoff)
 - ++ Strom (Wärmepumpe, Elektroheizung)
 - ++ Biomasse (Pelletheizung, Holzhackschnitzel)
 - ++ Strahlungsenergie (Photovoltaik, Solarthermie)
 - + wenig Fernwärme
- Wärmenetze und Grubenwasser: 5 Pkt.
 - ++ Strom (Wärmepumpe, Elektroheizung)
 - ++ Biomasse (Pelletheizung, Holzhackschnitzel)
 - ++ Strahlungsenergie (Solarthermie, Photovoltaik)
 - ++ Fernwärme (u.a. Grubenwassergeothermie)
 - ++ gasgebundene Wärmeversorgung (Wasserstoff)
- Elektrifizierung: 3,5 Pkt.
 - + wenig Fernwärme
 - ++ Strom (Wärmepumpe, Elektroheizung)
 - ++ Biomasse (Pelletheizung, Holzhackschnitzel)
 - ++ Strahlungsenergie (Solarthermie, Photovoltaik)

3) Geringer technischer Ausbau- und Umstellungsaufwand

- Wasserstoff: 4 Pkt.
 - ++ Umwidmung der leitungsgebundenen Infrastruktur (Erdgasnetz)
 - ++ Leitungen sind größtenteils H₂-ready
 - ++ kein Wärmenetzausbau
 - + Hausanschlüsse umzurüsten
 - + Anpassung an lokale Gegebenheiten (dezentrale Lösungen im ländlichen Bereich günstiger und technisch einfacher umsetzbar)
- Wärmenetze und Grubenwasser: 1,5 Pkt.
 - ++ Anpassung an lokale Gegebenheiten (dezentrale Lösungen im ländlichen Bereich günstiger und technisch einfacher umsetzbar, zentrale Lösungen in Bereichen, in denen die Wärmedichten hoch sind)
 - + teilweise Umwidmung der vorhandenen Erdgasnetzstruktur
- Elektrifizierung: 1,5 Pkt.
 - ++ dezentrale Lösungen benötigen keine zentrale Infrastruktur
 - ++ kein Wärmenetzausbau
 - - Stromnetzausbau

2. Ökonomie:

1) Geringe Gesamtinvestitionskosten (Wärme & Strom)

- Wasserstoff: 3 Pkt. (60 Mio. €)
- Wärmenetze und Grubenwasser: 2 Pkt. (68 Mio. €)
- Elektrifizierung: 4 Pkt. (52 Mio. €)

2) Kostenverteilung Kommune – priv. Haushalten

- Wasserstoff: 4 Pkt. (priv. Haushalte = 58 %; Range + 8%)
- Wärmenetze und Grubenwasser: 4,5 Pkt. (priv. Haushalte = 47 %, Range – 3%)
- Elektrifizierung: 0,5 Pkt. (priv. Haushalte = 71 %, Range + 21%)

3) Geringe Wärmegegostehungskosten

- Wasserstoff: 2,5 Pkt. (~9 ct/kWh Wärmegegostehungskosten + ~3 ct/kWh CO₂-Bepreisung ≈ 12 ct/kWh)
- Wärmenetze und Grubenwasser: 2 Pkt. (~11 ct/kWh Wärmegegostehungskosten + ~2 ct/kWh CO₂-Bepreisung ≈ 13 ct/kWh)
- Elektrifizierung: 2,5 Pkt. (~10 ct/kWh Wärmegegostehungskosten + ~2 ct/kWh CO₂-Bepreisung ≈ 12 ct/kWh)

3. Ökologie:

1) Hohe Treibhausgasminderung gegenüber dem Status quo

- Wasserstoff: 3 Pkt.
 - -93 % gegenüber Status quo → 2045 ca. 2.100 t CO₂-eq./a
 - Geschwindigkeit der Treibhausgasemissionssenkung: langsam
- Wärmenetze und Grubenwasser: 4 Pkt.
 - -95 % gegenüber Status quo → 2045 ca. 1.500 t CO₂-eq./a
 - Geschwindigkeit der Treibhausgasemissionssenkung: mittel
- Elektrifizierung: 5 Pkt.
 - -96 % gegenüber Status quo → 2045 ca. 1.200 t CO₂-eq./a
 - Geschwindigkeit der Treibhausgasemissionssenkung: schnell

4. Politik:

1) Geringe Regulatorische Unsicherheiten/Risiken

- Wasserstoff: 3 Pkt.
 - ++ EU-Verordnung zur Erneuerbare-Energien-Richtlinie regelt Strombezug und Herkunftsnachweise
 - ++ Versorgungsvorschlag in netz
 - ++ einsetzbar im Industriesektor
 - + Wasserstoff (Verfügbarkeit, Netzanschluss, Bedarfsdeckung, Sicherheitsanforderungen an das Wasserstoffnetz)
 - - langfristige Nutzung von fossilen Energieträgern
- Wärmenetze und Grubenwasser: 2,5 Pkt.
 - ++ Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) bietet langfristige Förderperspektiven

- ++ fördert lokale Wertschöpfung (Grubenwassergeothermie)
- ++ Mischkonzepte weitgehend von Politik und Bevölkerung unterstützt
- + Wasserstoff (Verfügbarkeit, Netzanschluss, Bedarfsdeckung, Sicherheitsanforderungen an das Wasserstoffnetz)
- + bietet Teilen der Bevölkerung die Auswahl zwischen dezentraler Versorgung, Versorgung über ein Wärmenetz oder über das Gasnetz
- - Unklare Stromnetzintegration von Wärmepumpen
- -- Wärmenetze erfordern komplexe Finanzierung, Betreiberstrukturen und hohe Investitionen → abhängig von vielen Faktoren
- Elektrifizierung: 1,5 Pkt.
 - ++ Effizienzgewinne durch dezentrale Erzeugung
 - ++ Rechtlich etabliert und im GEG und WPG gestützt
 - ++ Förderfähigkeit für Eigentümer und Eigentümerinnen
 - -- Unklare Stromnetzintegration von Wärmepumpen → komplexe Sicherheitsanforderungen an Stromnetz durch den Fokus auf Strombasierte Wärmeerzeugungstechnologien
 - - technische Herausforderungen bei Altbauten und dicht bebauten Gebieten (Lärmschutz, Platz, etc.)

5. Resilienz:

1) Versorgungssicherheit

- Wasserstoff: 4 Pkt.
 - ++ Wärmeversorgung größtenteils unabhängig von Wettersituation und Stromnetz
 - ++ Wärmeversorgungsverantwortung liegt hauptsächlich bei der Kommune/Netzbetreibern
 - ++ Wasserstoff und Wärmespeicher im Netz ermöglichen Langzeitspeicherung und Versorgung im Winter.
 - ++ Beibehaltung der aktuellen Wärmeversorgungsstruktur (größtenteils über Gas, Rest dezentral) entlasten die notwendigen Infrastrukturmaßnahmen
 - + Technologiemix erhöht Resilienz, Ausfälle einzelner Technologien und Energieträger haben geringeren Einfluss auf die Gesamtwärmeversorgung
 - - Preis noch nicht hundertprozentig sicher
- Wärmenetze und Grubenwasser: 2,5 Pkt.
 - ++ Technologiemix erhöht Resilienz, Redundanz im Wärmenetz erhöht Versorgungssicherheit, Ausfälle einzelner Technologien und Energieträger haben geringeren Einfluss auf die Gesamtwärmeversorgung
 - ++ Grubenwassergeothermie ist unabhängig von der Wettersituation, vom Stromnetz und von externen Gaszulieferern
 - ++ Wasserstoff und Wärmespeicher im Netz ermöglichen Langzeitspeicherung und Versorgung im Winter.
 - + Wärmeversorgungsverantwortung liegt teilweise bei der Kommune/

Netzbetreibern

- -- Wirtschaftliche Risiken bei Geothermie (Fündigkeitsrisiko, etc.)
- Elektrifizierung: 1 Pkt.
 - ++ Unabhängigkeit von Gasimporten
 - ++ direkte Umwandlung von lokal erzeugten Strom in Wärme möglich
 - -- Abhängigkeit vom Stromnetz und Wetter bei dezentralen Versorgungsmöglichkeiten, sowie Großwärmepumpen durch derzeit fehlende Speichermöglichkeiten

Die folgende Abbildung 5-25 zeigt die Bewertung der drei Szenarien in einem Netzdiagramm. Die Größe der Fläche zeigt dabei die Gesamtresilienz der Szenarien. Es wird deutlich erkennbar, dass alle Szenarien ihre Vor- und Nachteile bieten. Das Szenario Elektrifizierung erzielt erkennbare Vorteile im Bereich der Ökologie, aber schneidet in anderen Bereich vergleichbar schlecht ab. Die größte Fläche erreicht das Wasserstoff-Szenario. Hinsichtlich der Verfügbarkeit des Wasserstoffes und der Realisierung dieses Szenarios wurde sich auf den Versorgungsvorschlag der inetz gestützt, siehe [51].

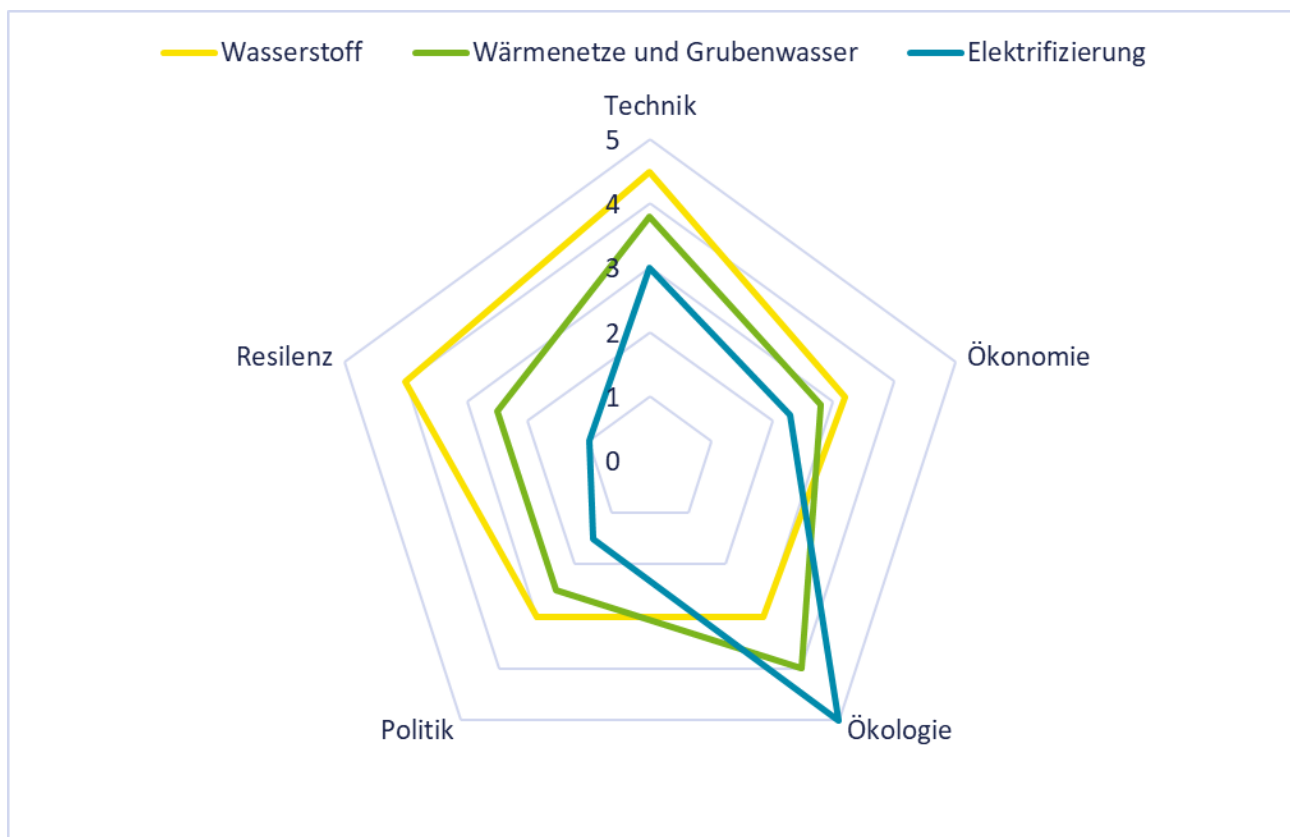


Abbildung 5-25: Abbildung der Bewertung der Szenarien

Nach dem Austausch mit dem Auftraggeber wurde ein Fokus auf das Szenario Wasserstoff gelegt. Aus ingenieurstechnischer Sicht spricht nichts gegen die Schwerpunktwahl zum Zielszenario Wasserstoff, bei stärkerer Fokussierung auf die Treibhausgasneutralität und dessen Erreichbarkeit wären die Szenarien Wärmenetze und Grubenwasser oder Elektrifizierung empfehlenswert. Das Szenario Wasserstoff entspricht dem Versorgungsvorschlag, dies war ausschlaggebend für die Wahl zum favorisierten Zielbild. Ebenfalls bietet es in der Gesamtheit die größte Resilienz.

5.3.5 Darstellung der Wärmeversorgungsarten nach § 19 WPG

Im folgenden Abschnitt erfolgt die Darstellung der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr nach § 19 des WPGs je Cluster.

Im Einklang mit der Erläuterung des methodischen Grundprinzips sind zunächst die einzelnen Eignungsstufen je Versorgungsart (Wärmenetz, Wasserstoffnetz, dezentral, Prüfgebiet) separat zu prüfen. Diese werden anschließend in Rücksprache mit der Kommune sowie den Netzbetreibern in ein stimmiges Gesamtbild überführt. Dieses weist je Ortsteil die in technoökonomischer Hinsicht geeignetste Versorgungsart für das Zielbild 2045 zu. Grundsätzlich gilt die Rangfolge, dass zunächst die leitungsgebundenen Optionen geprüft werden (Wärmenetz, H₂-Netz). Erscheinen diese wenig geeignet, so ist die Einzelversorgung anzuraten.

Bei der Eignung zur Versorgung mittels Wärmenetz wird sich an den Grenzwerten des Leitfadens Wärmeplanung vom BMWK orientiert [12]. Folgende Eignungsstufen können nach WPG ausgewiesen werden: „sehr wahrscheinlich geeignet“, „wahrscheinlich geeignet“, „wahrscheinlich ungeeignet“ und „sehr wahrscheinlich ungeeignet“. Die Eignungsstufe „sehr wahrscheinlich geeignet“ ist im dunkelsten Orangeton gekennzeichnet. Je mehr die Eignung zum Wärmenetz abnimmt, desto schwächer wird der Orangeton in der Grafik. Demnach beschreibt der hellste Orangeton die Eignungsstufe „sehr wahrscheinlich ungeeignet“.

Bei der Eignung zur Wärmeversorgung mittels Wasserstoff wird sich an dem Leitfaden Wärmeplanung vom BMWK orientiert [12]. Im Allgemeinen eignen sich alle Baublöcke, welche mindestens einen Gasanschluss besitzen und aktuell Erdgas über das Gasverteilnetz beziehen. Die anderen Gebiete werden mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mehr an das vorhandene Erdgasnetz angeschlossen und sind somit zum heutigen Zeitpunkt nicht für die Versorgung mit Wasserstoff geeignet. Hier bleibt wichtig zu erwähnen, dass auch Biometan über das Erdgasnetz verteilt werden kann und eine erneuerbare Wärmeversorgung darstellt. Da zum aktuellen Zeitpunkt kein Biomethanpotenzial im Untersuchungsgebiet erhoben wurde, wurden keine Prüfgebiete ausgewiesen. Werden vorgeschlagene Gebiete in einer am Anschluss an die KWP erfolgenden Stadtratsitzung als Wasserstoffnetzgebiete beschlossen, so kann ein Gasnetztransformationsplan erstellt und das Erdgasnetz transformiert werden. Hierbei bliebe die Option zur Versorgung des Gebietes mit Biomethan offen, da Wasserstoff und Biomethan dieselbe Infrastruktur nutzen würden. Ergibt sich in der Fortschreibung des Wärmeplans in spätestens 5 Jahren ein Biomethanpotenzial, so könnte dies in den Gebieten, welche als Wasserstoffnetzgebiet gekennzeichnet sind, zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Folgende Eignungsstufen können nach WPG ausgewiesen werden: „sehr wahrscheinlich geeignet“, „wahrscheinlich geeignet“, „wahrscheinlich ungeeignet“ und „sehr wahrscheinlich ungeeignet“. Die Eignungsstufe „sehr wahrscheinlich geeignet“ ist im dunkelsten Blauton gekennzeichnet. Je mehr die Eignung zum Wasserstoffnetzgebiet abnimmt, desto schwächer wird der Blauton in der Grafik. Demnach beschreibt der hellste Blauton die Eignungsstufe „sehr wahrscheinlich ungeeignet“.

Gebiete, welche eine geringe Wärmedichte (von unter 70 MWh/(ha*a)) aufweisen eignen sich sehr wahrscheinlich für die dezentrale Wärmeversorgung. Mit steigenden Wärmedichte eignen sich andere Wärmeversorgungsoptionen, wie die Versorgung über Wärmenetze, eher. Folgende Eignungsstufen können nach WPG ausgewiesen werden: „sehr wahrscheinlich geeignet“, „wahrscheinlich geeignet“, „wahrscheinlich ungeeignet“ und „sehr wahrscheinlich ungeeignet“. Die Eignungsstufe „sehr wahrscheinlich geeignet“ ist im dunkelsten Grünton gekennzeichnet. Je mehr die Eignung zum Gebiet für die dezentrale Versorgung abnimmt, desto schwächer wird der Grünton in der Grafik. Demnach beschreibt der hellste Grünton die Eignungsstufe „sehr wahrscheinlich ungeeignet“.

5.3.5.1 Eignungsstufen Cluster Lugau

In der nachfolgenden Abbildung 5-26 sind die Eignungsstufen für Wärmenetze für das Cluster Lugau/Erzgeb. Erkennbar. Das Gebiet um den Paletti Park, sowie das Gewerbe und die Plattenbauten auf der gegenüberliegenden Seite der Chemnitzer Straße auf Höhe des Paletti Parks haben eine sehr hohe Wärmenetzeignung. Die Baublöcke entlang der Bahngleise haben eine hohe Wärmenetzeignung. Eher am Rande liegende Baublöcke weisen tendenziell eine geringere Wärmenetzeignung auf. Einzelne Baublöcke eignen sich ebenfalls für Wärmenetze, welche außerhalb der beschriebenen Gebiete liegen. Hier könnte eine Überlegung zu kleinen Inselwärmenetzen getätigt werden. Die Wärmenetze in dem Szenario zwei wurden in zusammenhängenden, sich für Wärmenetzen eignenden Gebieten ausgewiesen. In diesem Szenario wurden die Potenziale für Grubenwassergeothermie mit der potenziellen Eignung als Wärmenetzgebiet verglichen und die sich am besten eignende Gebiete herausgearbeitet.

Wärmenetzgebiete

- sehr wahrscheinlich ungeeignet
- wahrscheinlich ungeeignet
- wahrscheinlich geeignet
- sehr wahrscheinlich geeignet

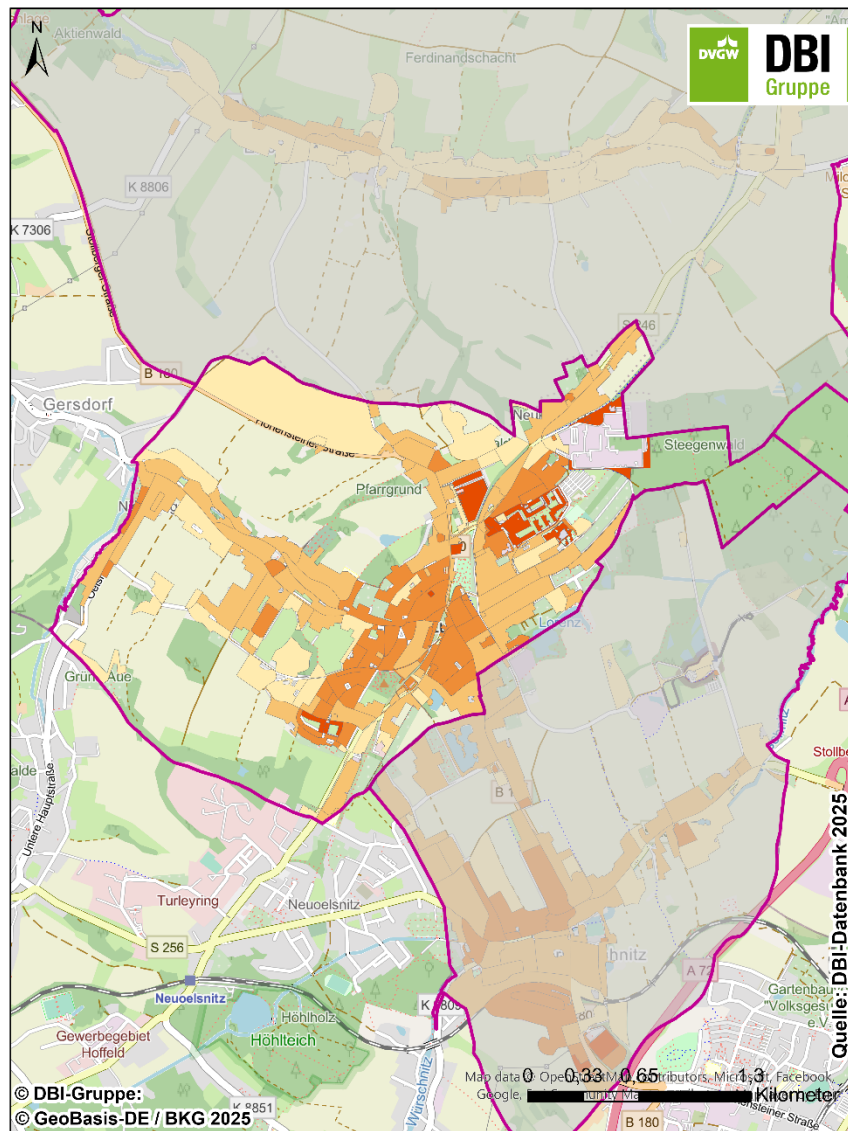


Abbildung 5-26: Eignungsstufen Wärmenetzgebiete Cluster Lugau/Erzgeb.

In der nachfolgenden Abbildung 5-27 sind die Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mittels des Energieträgers Wasserstoff für das Cluster Lugau/Erzgeb. erkennbar. Ein Großteil der Baublöcke verfügt über mindestens einen Gasnetzanschluss und eignet sich aus diesem Grund für die Erschließung einer Wasserstoffnetzes.

Wasserstoffnetze

- sehr wahrscheinlich ungeeignet
- wahrscheinlich ungeeignet
- wahrscheinlich geeignet
- sehr wahrscheinlich geeignet

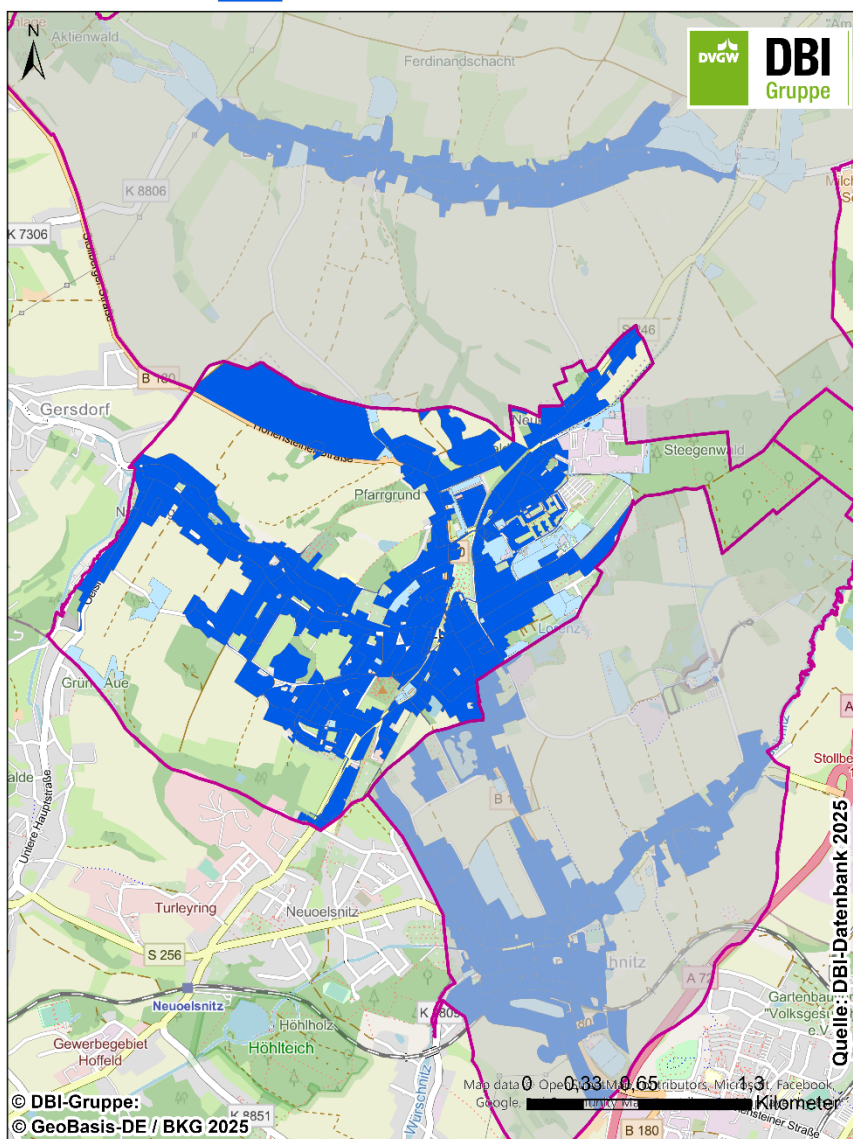


Abbildung 5-27: Eignungsstufen Wasserstoffnetzgebiete Cluster Lugau/Erzgeb.

In der nachfolgenden Abbildung 5-28 sind die Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mittels dezentraler Versorgungsmöglichkeiten für das Cluster Lugau/Erzgeb. erkennbar. Am Rande des Clusters liegende Baublöcke eignen sich für die Versorgung mittels dezentraler Versorgungstechnologien, sowie alle im Westen des Clusters liegenden Baublöcke. Es lässt sich erkennen, dass die Eignung zur dezentralen Versorgung gegenläufig zur Eignung zur Versorgung übers Wärmenetz ist.

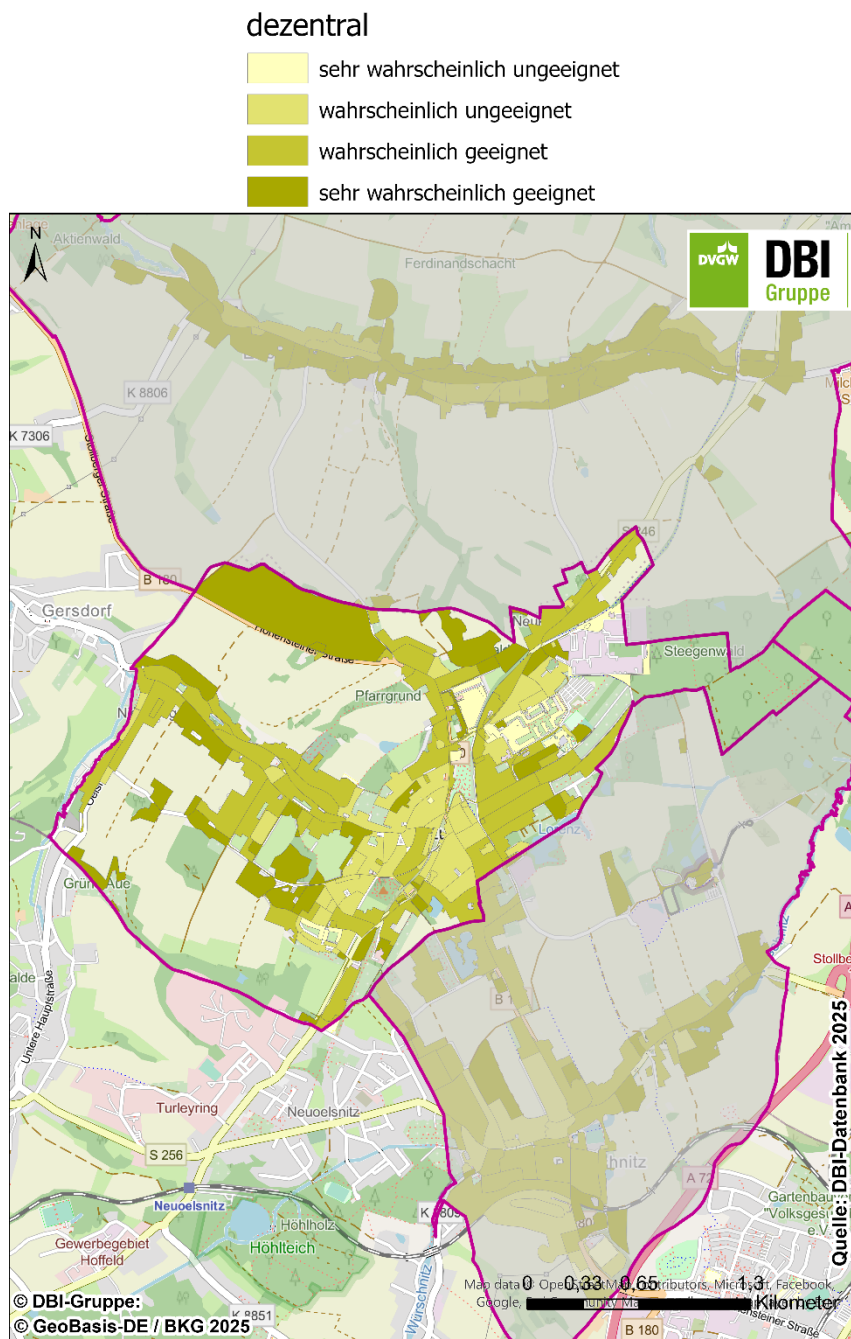


Abbildung 5-28: Eignungsstufen Gebiete für die dezentrale Versorgung Cluster Lugau/Erzgeb.

5.3.5.2 Eignungsstufen Cluster Niederwürschnitz

Abbildung 5-29 zeigt die Eignung als Wärmenetzgebiet in dem Cluster Niederwürschnitz. Eine sehr hohe Eignung liegt in Baublöcken mit Industrie und Gewerbe an der Überführung der Stollberger Straße über die A72 (ehemals Werner Erlebnis Wohnwelt, sowie weitere Industrie/Gewerbeunternehmen auf der gegenüberliegenden Straßenseite). Weiterhin eignet sich die Wohngebiete oberhalb der Lichtensteiner Straße, umschlossen von der Hohensteinerstraße und der Gebietsgrenze von Niederwürschnitz für die Erschließung von Wärmenetzen. Ferner gibt es einzelne Baublöcke, welche ebenfalls eine hohe Wärmenetzeignung aufweisen, hier könnte die Überlegung zu der Erschließung von Inselwärmenetzen eine Rolle spielen.

Wärmenetzgebiete

- sehr wahrscheinlich ungeeignet
- wahrscheinlich ungeeignet
- wahrscheinlich geeignet
- sehr wahrscheinlich geeignet

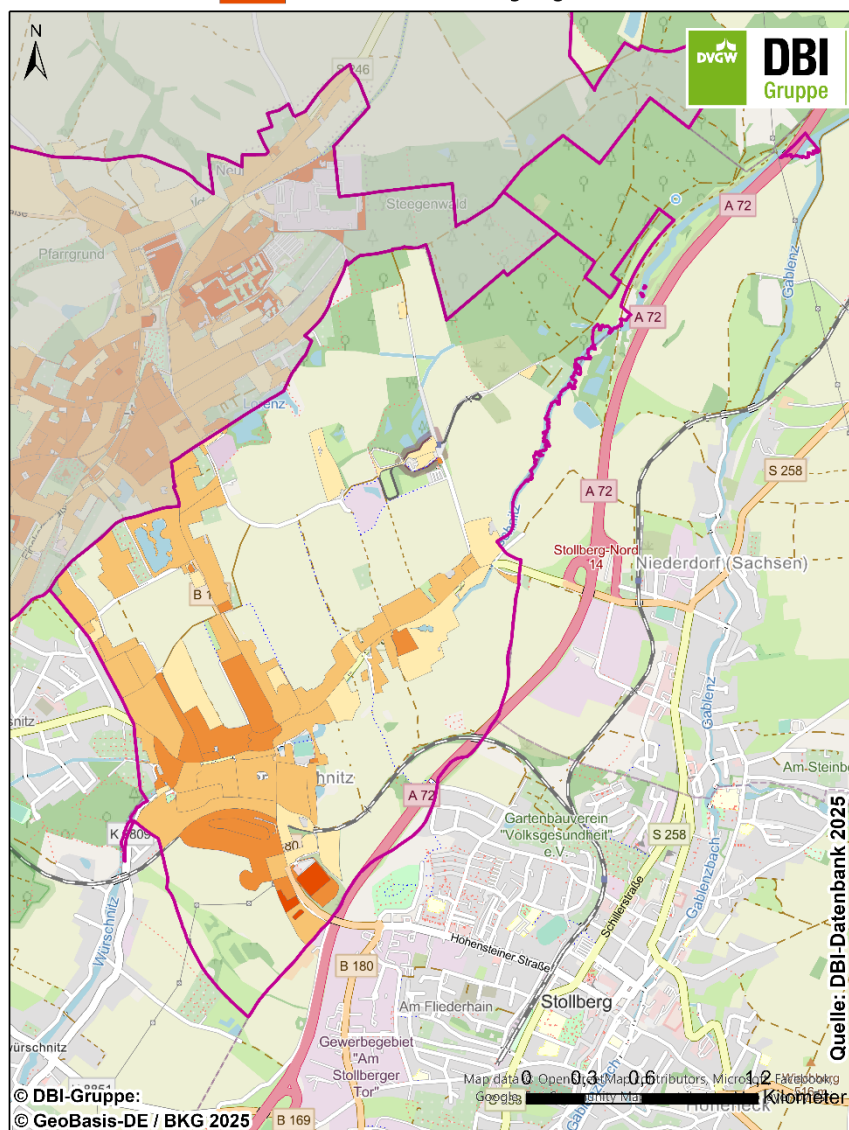


Abbildung 5-29: Eignungsstufen Wärmenetzgebiete Cluster Niederwürschnitz

Abbildung 5-30 zeigt die Eignung als Wasserstoffnetzgebiet in dem Cluster Niederwürschnitz. Ein Großteil der Baublöcke verfügt über mindestens einen Gasnetzanschluss und eignet sich aus diesem Grund für die Erschließung einer Wasserstoffnetzes.

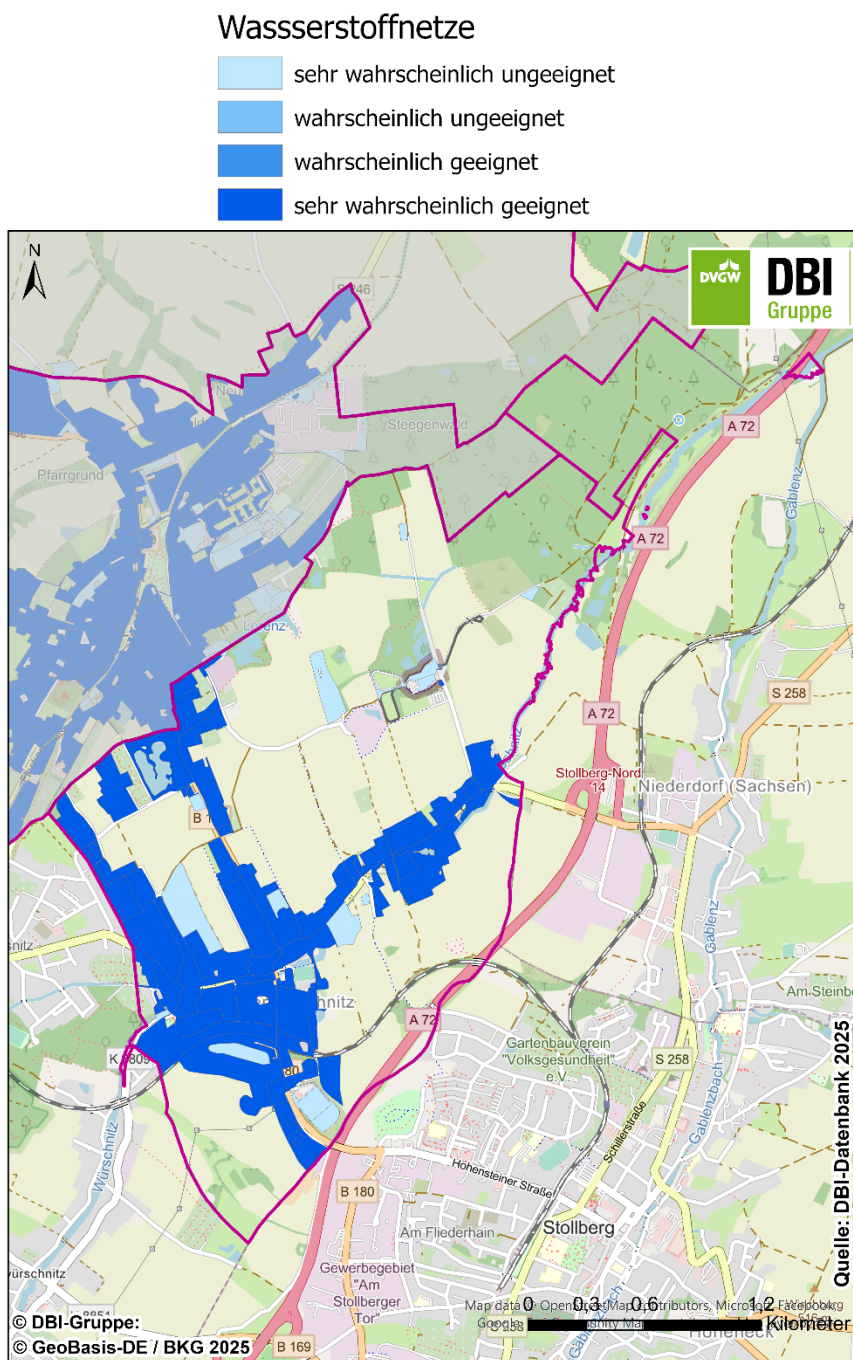


Abbildung 5-30: Eignungsstufen Wasserstoffnetzgebiete Cluster Niederwürschnitz

Die Abbildung 5-31 zeigt die Eignung für die Versorgung mittels dezentraler Versorgungstechnologien im Cluster Niederwürschnitz. Alle im Osten liegend Baublöcke bis zur Hohensteiner Straße eignen sich für die Versorgung mittels dezentraler Versorgungstechnologien. Ebenfalls eignen sich die Wohngebiete unterhalb der Lichtensteiner Straße. Weiterhin eignen sich die Baublöcke am westlichen Rande des Clusters für die dezentrale Wärmeversorgung.

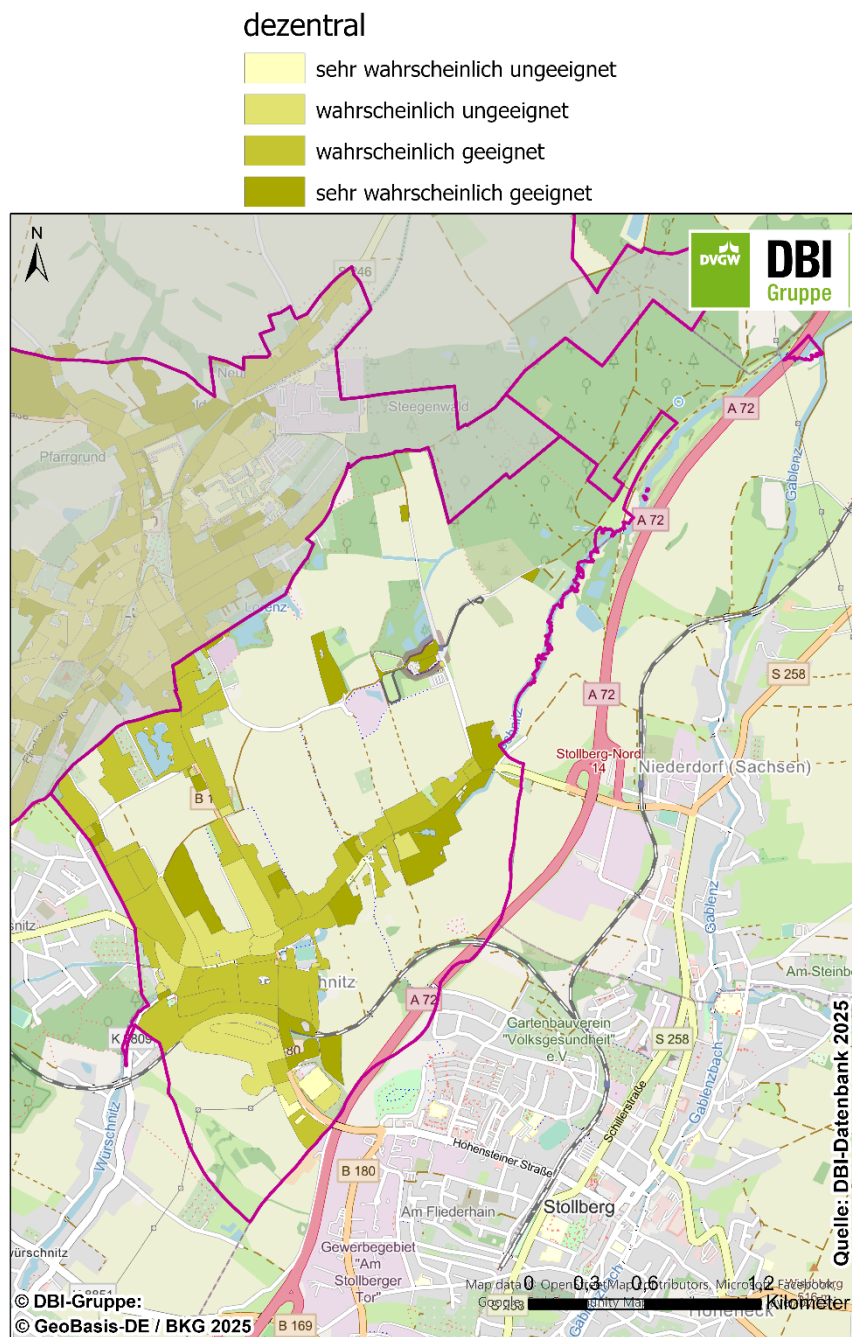


Abbildung 5-31: Eignungsstufen Gebiete für die dezentrale Versorgung Cluster Niederwürschnitz

5.3.5.3 Eignungsstufen Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung

Die Abbildung 5-32 zeigt die Eignung als Wärmenetzgebiet im Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung. Aufgrund geringer Wärmedichten eignet sich in diesem Cluster kein Baublock für die Erschließung eines Wärmenetzes.

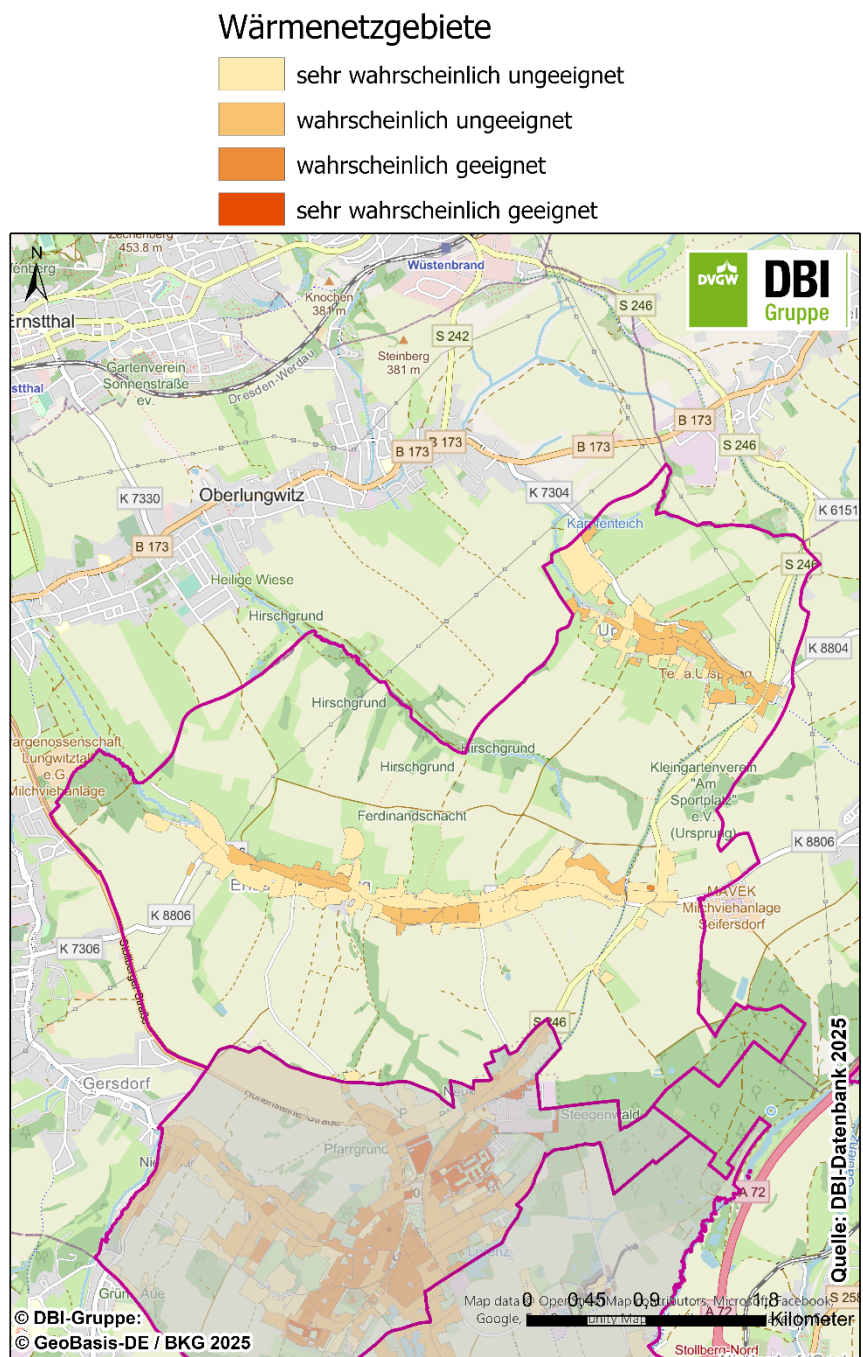


Abbildung 5-32: Eignungsstufen Wärmenetzgebiete Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung

Abbildung 5-33 zeigt die Eignung als Wasserstoffnetzgebiet in dem Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung. Ein Großteil der Baublöcke verfügt über mindestens einen Gasnetzanschluss und eignet sich aus diesem Grund für die Erschließung einer Wasserstoffnetzes.

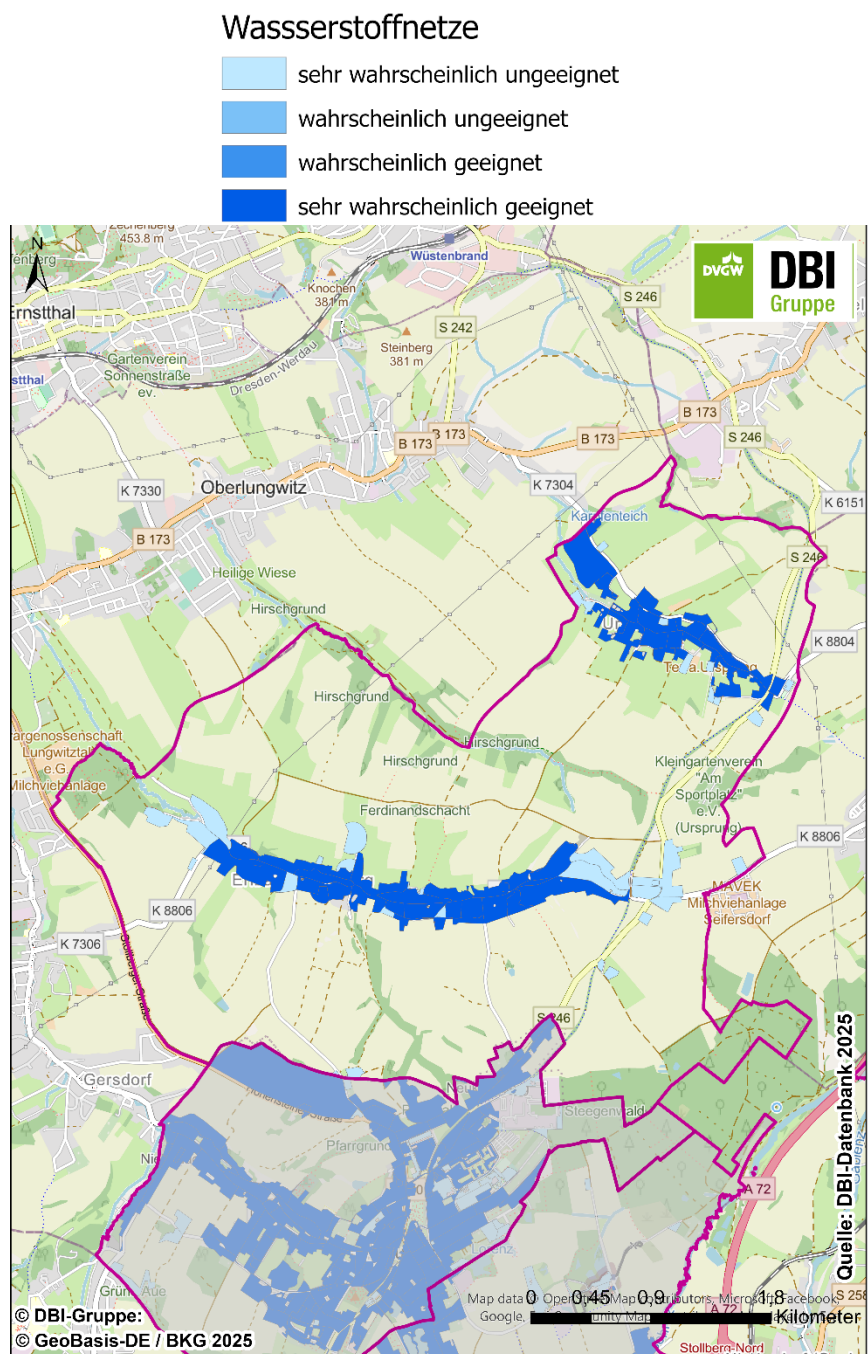


Abbildung 5-33: Eignungsstufen Wasserstoffnetzgebiete Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung

Die Abbildung 5-34 zeigt die Eignung für dezentrale Versorgungsmöglichkeiten in dem Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung. Aufgrund geringer Wärme- sowie Wärmeliniendichten verfügt das gesamte Cluster über eine hohe Eignung zur dezentralen Versorgung. Dies ist gegenläufig zur Abbildung 5-32.

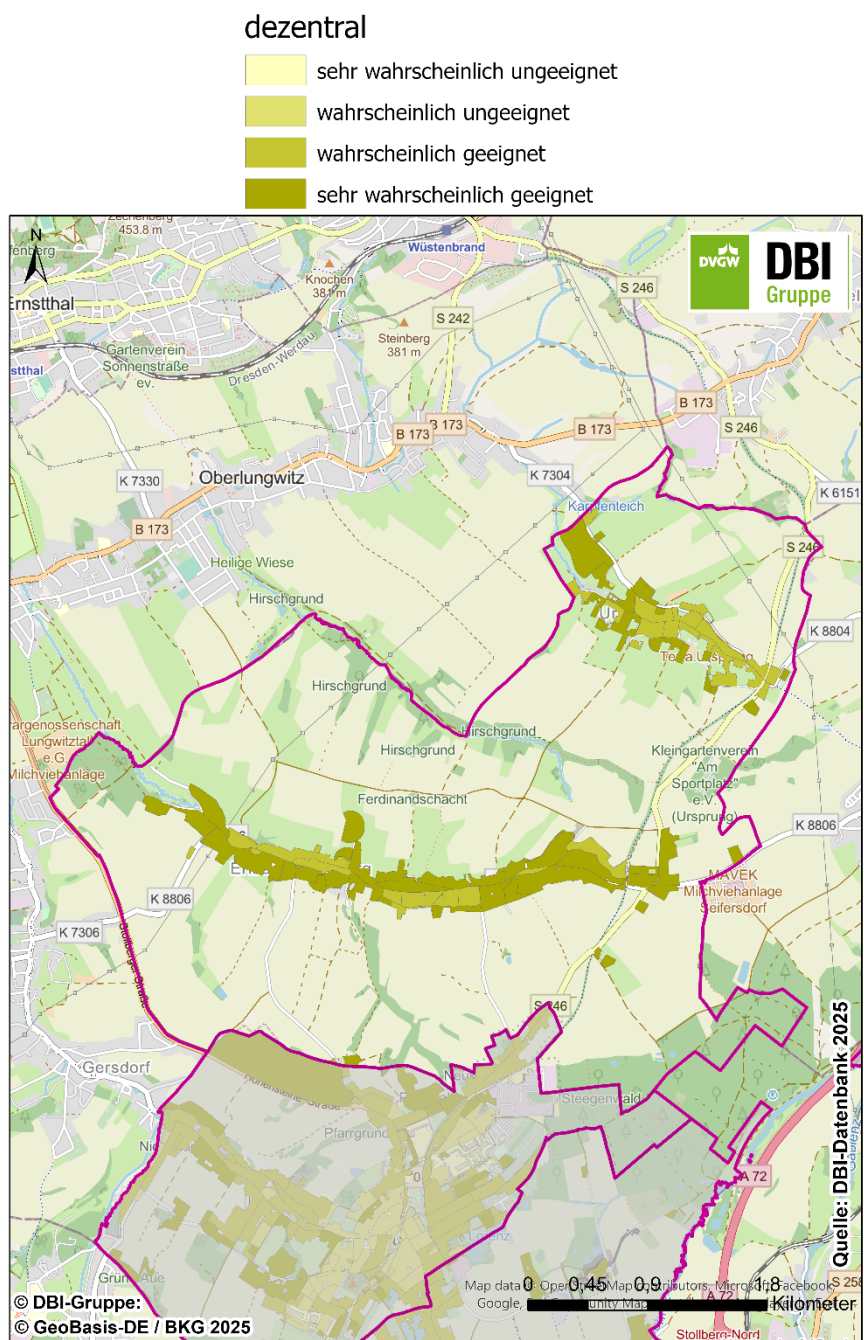


Abbildung 5-34: Eignungsstufen Gebiete für die dezentrale Versorgung Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung

5.3.6 Gebietseinteilung Szenario Wasserstoff nach § 18 WPG

Im Folgenden wird die voraussichtliche Gebietseinteilung nach § 18 WPG für das Zielszenario Wasserstoff dargestellt. Die Gebietseinteilung für die Szenarien Wärmenetze und Grubenwasser sowie Elektrifizierung sind im Anhang 22 bis Anhang 24 zu finden.

Abbildung 5-35 zeigt die Gebietseinteilung. In diesem Szenario gibt es drei unterschiedliche Wärmeversorgungsgebiete, das Gebiet für die dezentrale Versorgung, das Wasserstoffnetzgebiet ab 2040 sowie das Wärmenetz-Bestandsgebiet. Alle Baublöcke, die mindestens einen Erdgasnetzanschluss besitzen sowie nicht dem Wärmenetz angehörig sind, werden zukünftig als Wasserstoffnetzgebiet gekennzeichnet. Hier geht es vor allem darum, dass eine zusätzliche Realisierungsoption erschlossen wird. Auch dezentrale Versorgungsmöglichkeiten finden in den zukünftigen Wasserstoffnetzgebieten Verwendung. In den Wasserstoffnetzgebieten kann zukünftig mittels H₂-Thermen Wärme erzeugt werden. Gebiete, die über keinen Erdgasnetzanschluss verfügen sind als Gebiete für die dezentrale Versorgung gekennzeichnet. Hier wird aktuell vorrangig mit Heizöl oder Kohle Wärme erzeugt. Dies ist zu ersetzen mit Wärmepumpen, Elektroheizungen, Pelletheizungen oder anderen dezentralen erneuerbaren Wärmeversorgungstechnologien.

Die Entscheidung zu einer Wärmeversorgungstechnologie bleibt den einzelnen Personen überlassen, solange sie die Gesetzmäßigkeiten des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) einhalten. Zur Beratung für die individuell beste Heizmöglichkeit können sich die Bürger und Bürgerinnen aus der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz an die Verbraucherzentrale Sachsen wenden [58]. Diese hat den nächstliegenden Standort zur Energieberatung in Oelsnitz, am Markt 1. Die am besten geeignete Heizungsoption ist sehr individuell und von vielen Faktoren abhängig. Der kommunale Wärmeplan enthält keine Richtlinie oder Empfehlung für individuelle Gebäude, sondern ist vielmehr eine Strategie auf kommunaler Ebene, welche verschiedene Wege zur erneuerbaren Energieversorgung für die Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz aufzeigen soll. Es ist davon abzuraten, sich ausschließlich auf Grundlage dieses Wärmeplans für eine Heizungstechnologie zu entscheiden. Empfehlenswert wäre eine eigene Recherche oder das Beratungsangebot der Verbraucherzentrale oder anderer Anbieter in Anspruch zu nehmen. Weiterhin kann die Stadt selbst als Beratungsinstanz dienen und Auskunft über zukünftige geplante Umsetzungsmaßnahmen, welche sich aus der kommunalen Wärmeplanung ergeben, geben.

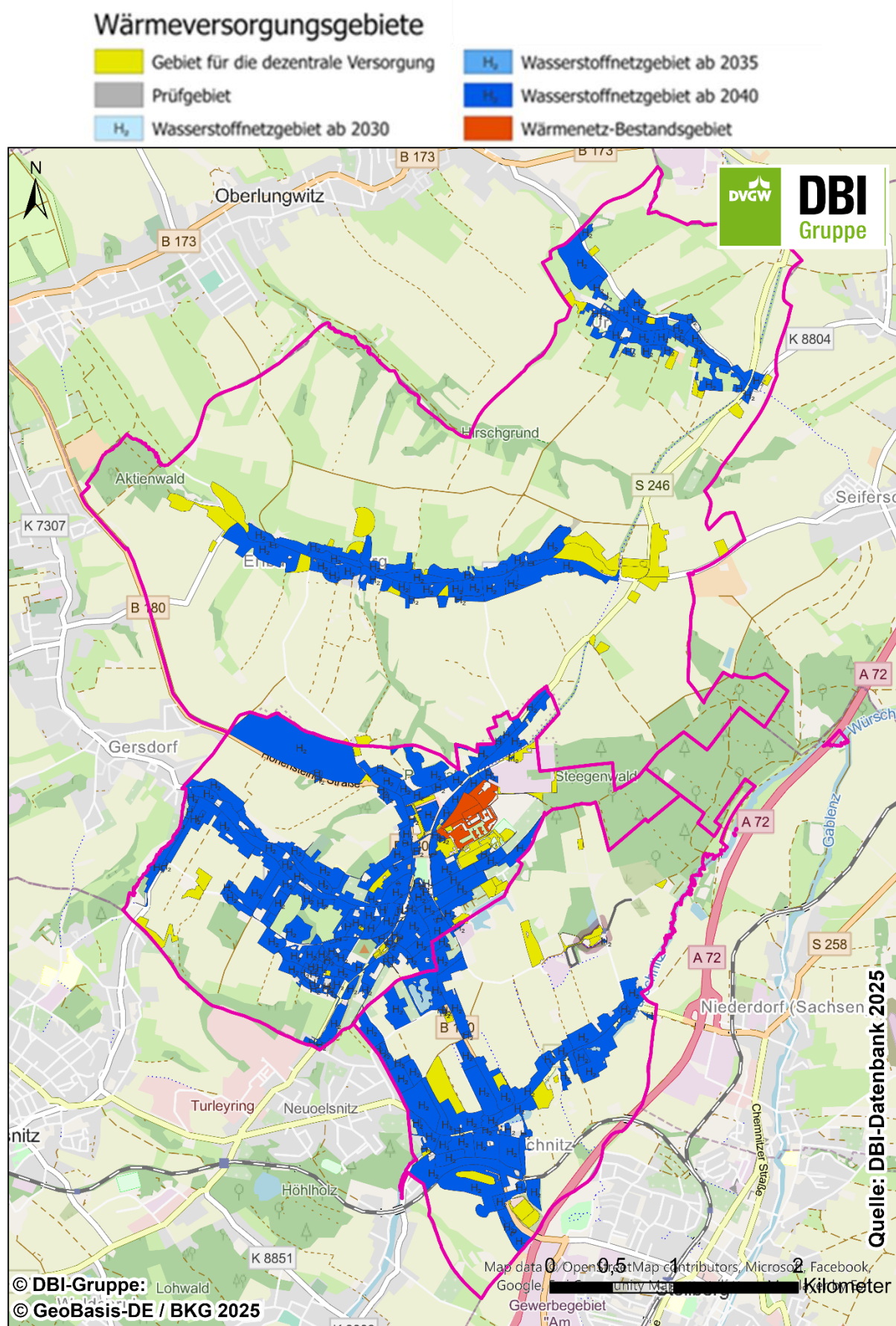


Abbildung 5-35: Gebieteinteilung des Szenarios Wasserstoff

Die Abbildung 5-36 zeigt die Gebietseinteilung im Cluster Lugau/Erzgeb. In diesem Cluster ist bereits ein Wärmenetz im Bestand enthalten. Dieses wird so verdichtet, dass der verringerte Wärmebedarf der einzelnen angeschlossenen Gebäude aufgrund der Sanierung durch neu angeschlossene Gebäude ausgeglichen wird. Die Nutzwärmeerzeugung im Wärmenetz bleibt demnach gleich zum aktuellen Status quo. Weiterhin wird die überwiegende Anzahl der Baublöcke als potenzielles Wasserstoffnetzgebiet ab 2040 ausgewiesen.

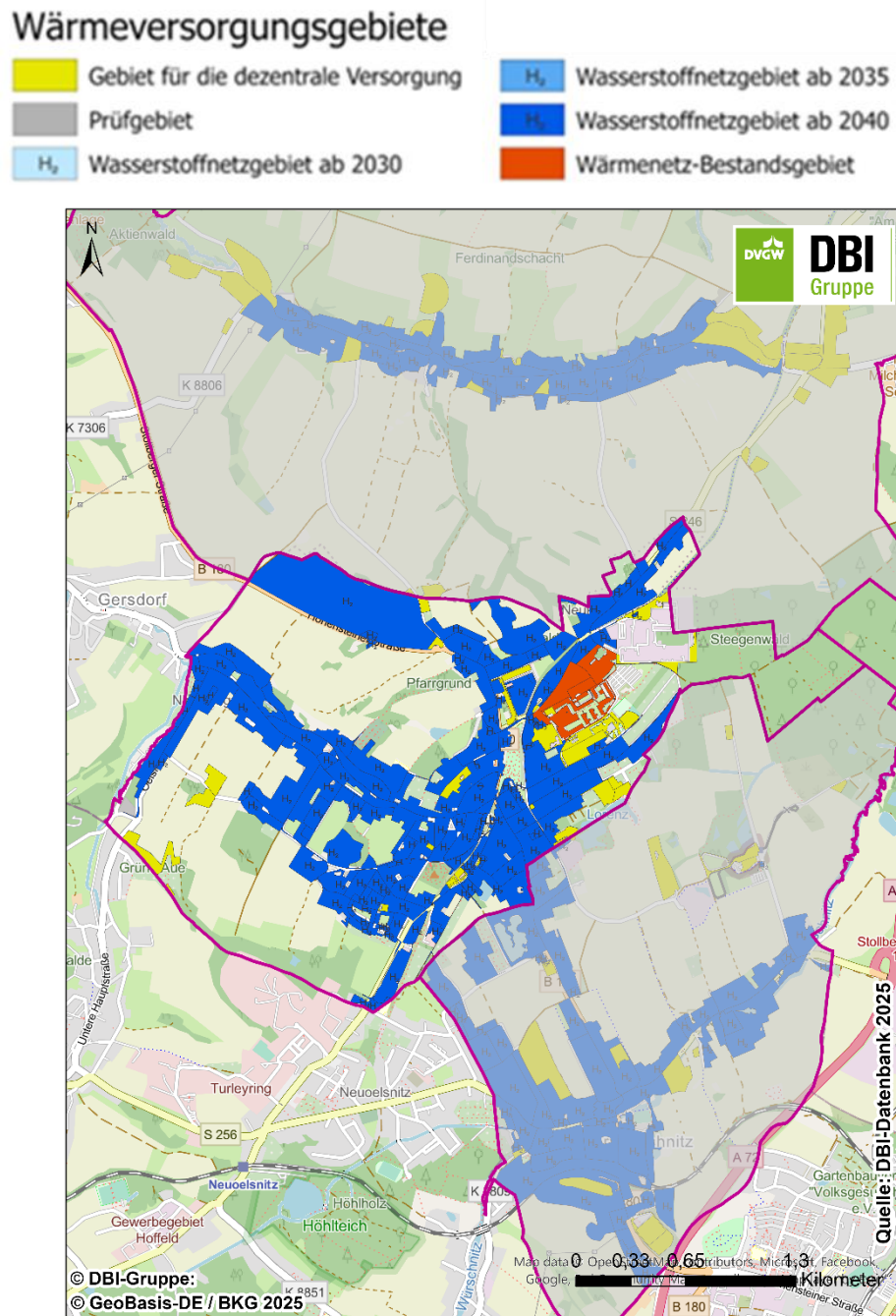


Abbildung 5-36: Gebietseinteilung des Szenarios Wasserstoff, Cluster Lugau/Erzgeb.

Abbildung 5-37 zeigt die voraussichtliche Gebietseinteilung im Cluster Niederwürschnitz. Einzelne Baublöcke am Rande des Clusters enthalten kein Erdgasnetzanschluss und auch ein zukünftiger Erdgasnetzanschluss ist nicht abzusehen, aus diesem Grund handelt es sich dort um Gebiete für die dezentrale Versorgung.

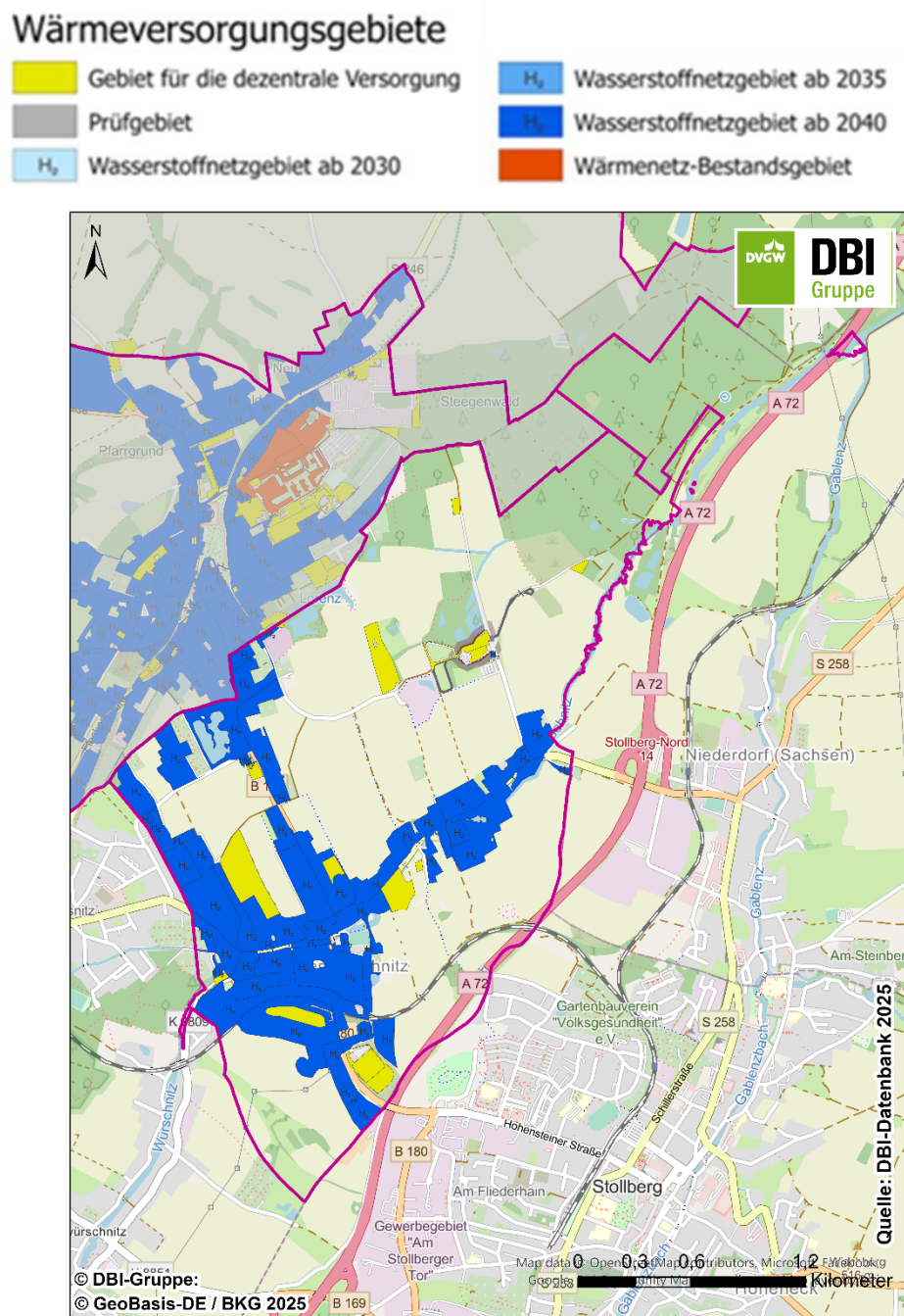


Abbildung 5-37: Gebietseinteilung des Szenarios Wasserstoff, Cluster Niederwürschnitz

Die Abbildung 5-38 zeigt die Gebietseinteilung im Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung. Ein Großteil der Baublöcke verfügt über einen Erdgasnetzanschluss und könnte zukünftig mit Wasserstoff versorgt werden.

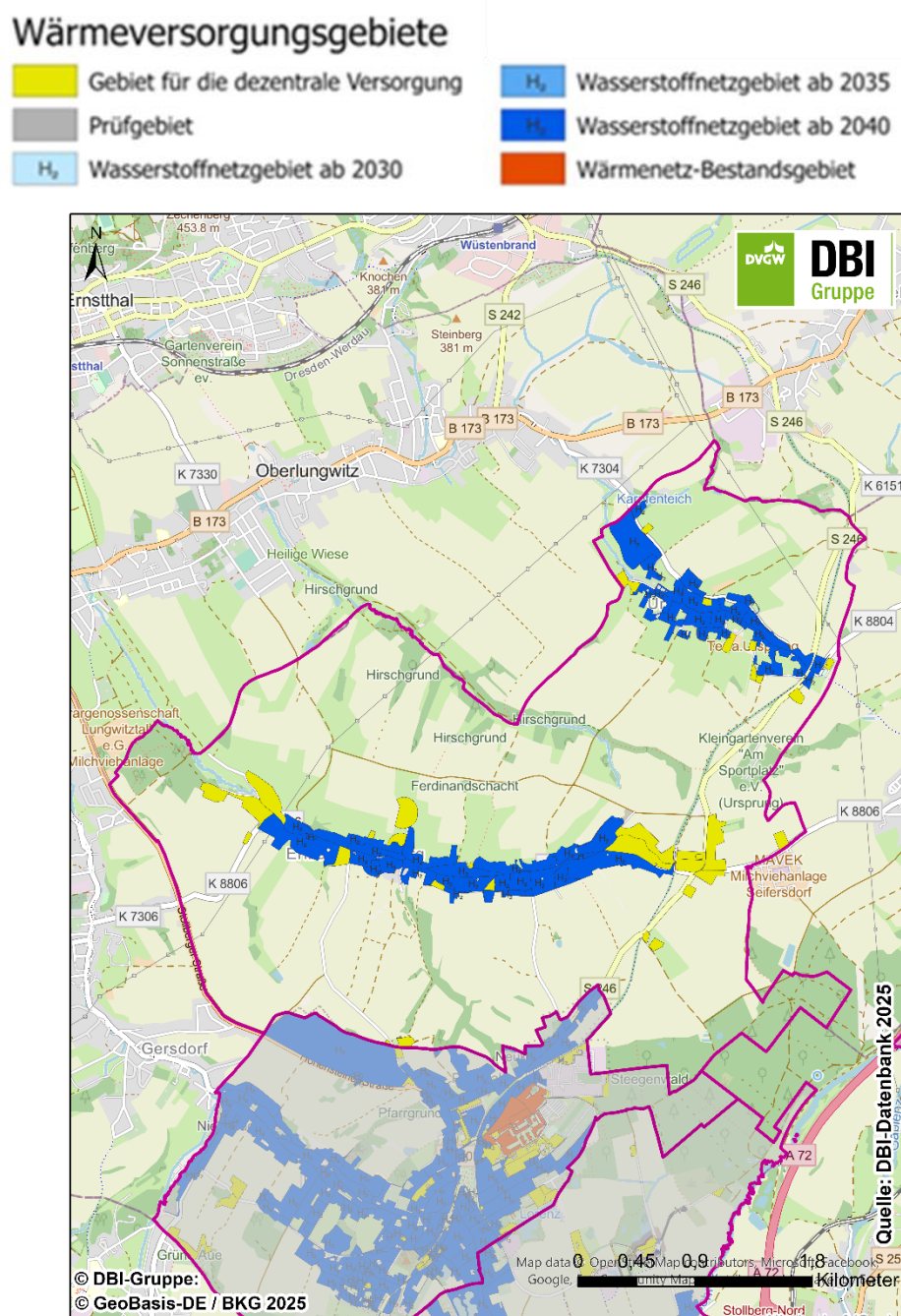


Abbildung 5-38: Gebietseinteilung des Szenarios Wasserstoff, Cluster Erlbach-Kirchberg & Ursprung

6 Umsetzungsstrategie

6.1 Ziele und gesetzliche Anforderungen

Der BMWK-Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung [59] 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:

4. Zusammenstellung einer „Long-list“ aller plausiblen Maßnahmen zur Sicherstellung einer klimafreundlichen, bezahlbaren und versorgungssicheren Wärmeversorgung der Zukunft.
5. Zuordnung der Maßnahmen zu strategischen Handlungsfeldern sowie Bewertung der potenziellen Rolle der Kommune für die Umsetzung.
6. Priorisierung der Maßnahmen nach ihrem Beitrag zur THG-Minderung, den zu erwartenden Umsetzungskosten und möglichen Realisierungsrisiken.
7. 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.“ [59]*

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 Hebbarkeit von Potenzialen erneuerbarer Energien betreffen⁶.

Darüber hinaus können bereits in diesem Schritt potenzielle „sofort sinnvoll umsetzbare Maßnahmen“ identifiziert werden. Darunter sind Maßnahmen zu verstehen, die unabhängig von zukünftigen Entwicklungen oder detaillierten Ergebnissen des Wärmeplans technisch sinnvoll und wirtschaftlich vorteilhaft sind. Charakteristisch für diese Maßnahmen 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.

⁶ 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.

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).
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 Netzbetreibern 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.

6.3 Diskussion der Ergebnisse

6.3.1 Long list

Die Langfassung der Maßnahmenliste fasst Tabelle 6-1 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.

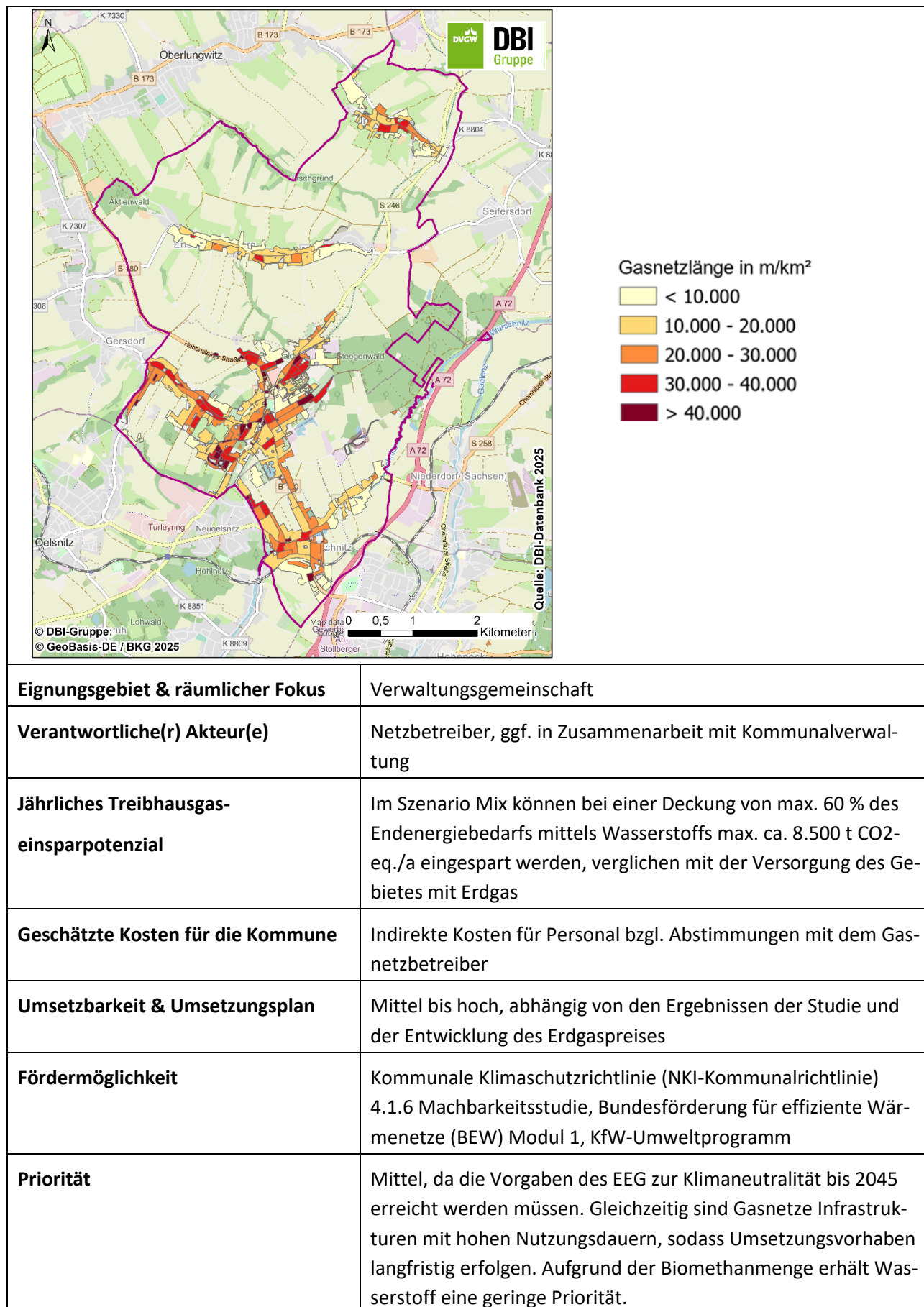
Tabelle 6-1: "Long-list" der Maßnahmen

Maßnahme	Verbrauchen	Versorgen	Regulieren	Motivieren
Kategorie: Potenzialerschließung & Ausbau erneuerbarer Wärmeerzeugung				
Errichtung weiterer lokaler EE-Anlagen				
1) Installation von Solarkollektoren bzw. PV-Anlagen auf Liegenschaftsdächern		X		
Kontinuierliche Fortschreibung				
1) Berücksichtigung der Wärmeplanungsergebnisse bei der Fortschreibung und Aktualisierung der Regionalplanung			X	

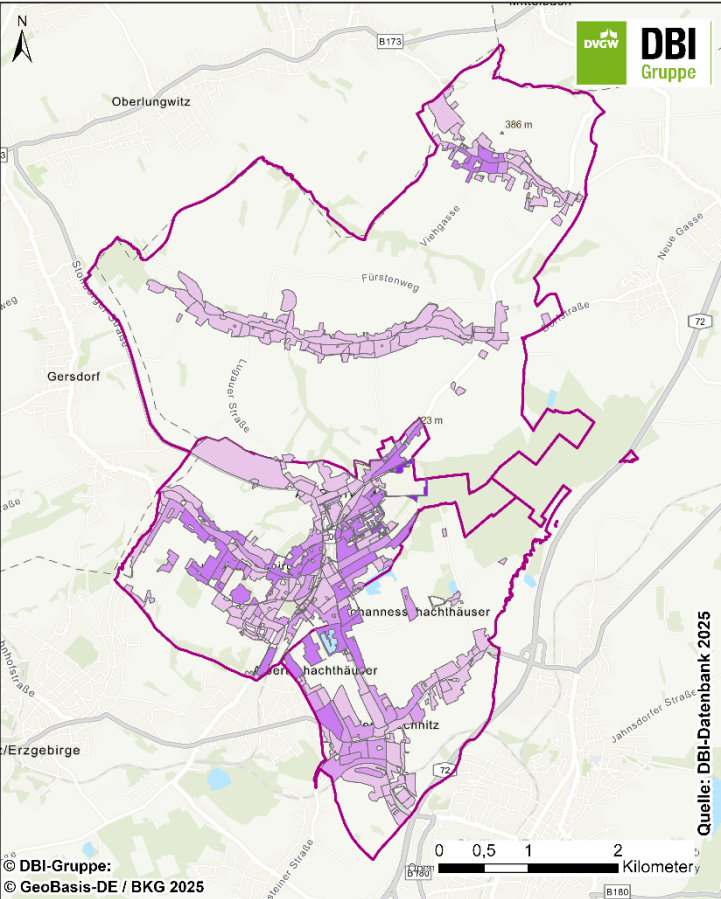
Ressourceneffizienz 1) Mehrfachnutzung von Energie (z.B. industrielle Abwärme; KWK-Anlagen) 2) „Repowering“ ineffizienter Technologien → Effizienzsteigerung		X		X
Errichtung überregionaler EE-Anlagen 1) Prüfung von EE-Potenzialen über Verwaltungsgemeinschaftsgrenze hinaus 2) Zusammenarbeit mit naheliegenden Gemeinden 3) Nutzung von abgelegenen, ungenutzten und "nicht im Sichtfeld" befindlichen Flächen		X		
Oberflächennahe Geothermie im Bereich privater Neubauten 1) Nutzung von Geothermieranlagen im Bereich privater Haushalte (Neubauten) 2) Kombination mit Wärmepumpe und PV-Aufdach-Anlagen 3) smartes und intelligentes Energiemanagement (autark oder Einspeisung)	X	X		
Infrastrukturmaßnahmen (Transformation netzgebundener Infrastrukturen)				
Flächensicherung für Wärmenetze 1) Bereitstellung und Sicherung von Flächen für künftige Wärmenetze			X	
Optimierung des Wärmenetzes in Lugau/Erzg. 1) Reduktion von Wärmeverlusten durch bessere Dämmung und Absenkung der Vorlauftemperaturen		X		
Aufbau eines Wasserstoffnetzes bzw. Umstellung des bestehenden Erdgasnetzes 1) Kooperative und proaktive Zusammenarbeit mit hiesigen Gasnetzbetreiber zur Diskussion der Anforderungen & Optionen 2) Entwicklung eines Netzes für grünen Wasserstoff als langfristige Option		X		
Verstärkungs- und Ausbaumaßnahmen am lokalen Stromverteilnetz 1) Kooperative und proaktive Zusammenarbeit mit hiesigen Stromverteilnetzbetreiber zur Diskussion der Anforderungen & Optionen 2) Priorisierung und frühzeitige Einleitung von Anpassungsmaßnahmen für elektrische Betriebsmittel		X	X	
Kommunale & politische Maßnahmen				
Wärmestammtisch und Beratung 1) Einführung von Informationskampagnen und Beratungsangeboten				X
Gründung von Bürgerenergiegenossenschaften 1) Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger an Entscheidungen und finanziellen Erträgen aus EE-Anlagenparks				X
Prozessoptimierung 1) Prüfung und eventuelle Optimierung/Anpassung von Prozessen und Verfahren zur Umsetzung der Wärmewende innerhalb der Kommune/Verwaltung			X	X
Verbraucherverhalten & Suffizienz				
Bewusstseinsbildung 1) Initiativen zur Vermeidung von überflüssigem Energieverbrauch				X
Hydraulischer Abgleich & Steuerung 1) Optimierung von Heizsystemen durch moderne Steuerungstechniken				X
Förderung suffizienter Wohnformen 1) 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 1) Entwicklung von Sanierungsstrategien für große Gebäudeportfolios 2) Schaffung von Anreizen zur Umsetzung der Effizienzmaßnahmen			X	X
Sanierung ineffizienter Gebäude 1) Identifikation von Wärmelecks mittels Thermografie 2) Verbesserung der Gebäudedämmung 3) Austausch alter Fenster, Dämmmaßnahmen an Dächern	X			
Leerstandoptimierung 1) Erhebung und Erschließung von Leerständen	X			

6.3.2 Maßnahmenblätter für prioritäre Handlungsfelder

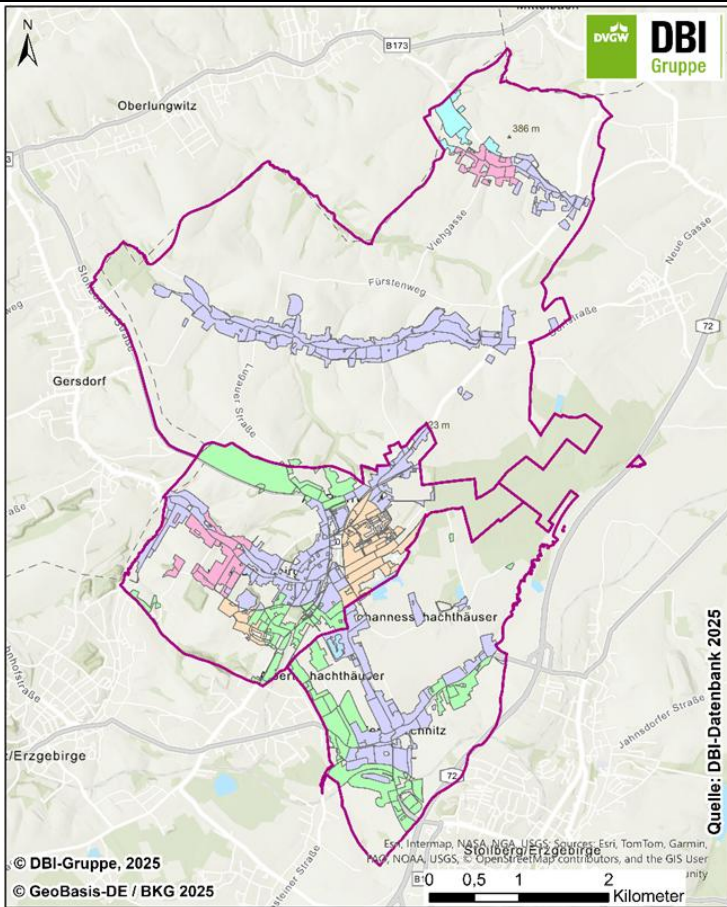
Steckbrief 1
Analyse zur Umwidmung bestehender Erdgasnetze auf Wasserstoff im Untersuchungsgebiet
Ziele der Maßnahme: Untersuchung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit der Umwidmung bestehender Erdgasnetze für den Transport von Wasserstoff zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien in der kommunalen Wärmeversorgung und zur Reduzierung der CO₂-Emissionen.
Beschreibung: Durchführung einer umfassenden Studie zur Analyse der Potenziale und Herausforderungen bei der Umwidmung bestehender Gasnetze für den Transport von Wasserstoff. Die Studie soll folgende Aspekte untersuchen: - Bestandsaufnahme des aktuellen Erdgasnetzes - Einbindung bestehender Gasnetzgebietstransformationspläne und Gasnetzplanungen - Analyse des Erdgasbedarfs im Zielgebiet - Analyse dezentraler grüner H₂-Erzeugung (Elektrolyse) - Technische Machbarkeit der Umwidmung - Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Kostenanalyse - Rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen - Zeitplan zur generellen Umstellplanung - Untersuchung der Eignung von endverbraucherseitig angeschlossenen Brenntechnologien, z.B. Brennwärtekessel



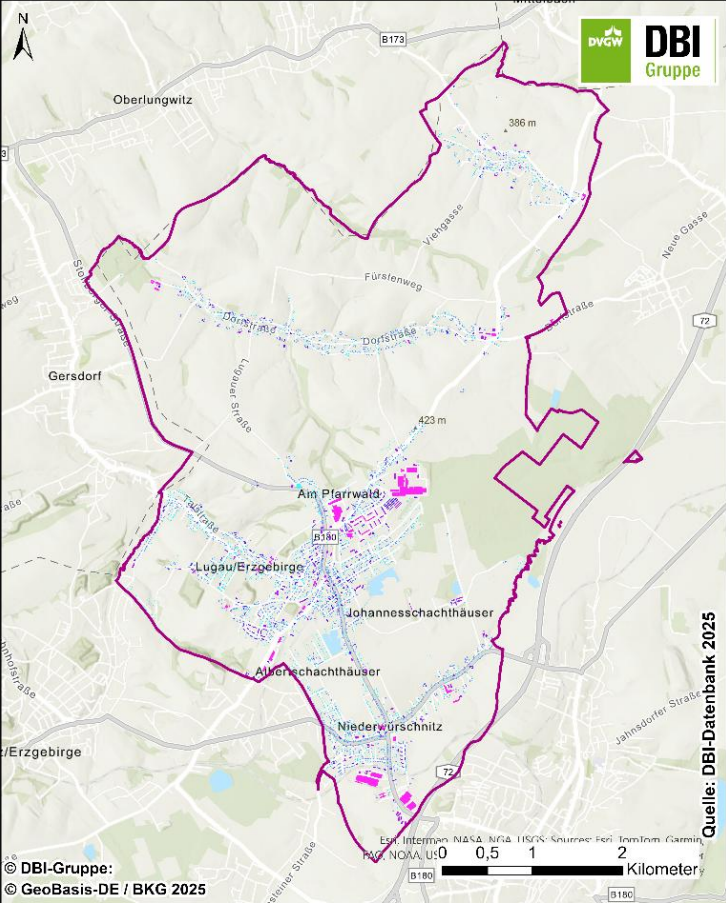
Anmerkung Auftragnehmer/KWP4	Die Analyse stellt einen wichtigen Schritt im Rahmen der Transformation dar. Da der Gesetzgeber die Klimaneutralität bis 2045 vorschreibt, muss frühzeitig mit der Planung zur Minimierung von (fossilem) Erdgas und der Bevorzugung alternativer Energieträger begonnen werden. Wasserstoff bietet sich hier besonders an, da er bereits heute einfach in bestehenden Erdgasnetzen transportiert und verbraucherseitig genutzt werden kann. Ebenso ist die lokale Erzeugung grünen Wasserstoffs via Elektrolyseverfahren denkbar. Bei den Planungen sind existierende Parallelinfrastrukturen (Wärmenetz) zu berücksichtigen.
-------------------------------------	---

Steckbrief 2	
Bedarfsgerechte Verstärkungs- und Ausbaumaßnahmen am lokalen Stromverteilnetz	
Ziele der Maßnahme: Ermöglichung des bedarfsgerechten 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 (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.	
 Strom für Direktheizungen in MWh/a < 5 5 - 10 10 - 50 50 - 100 > 100 Quelle: DBI-Datenbank 2025	
Eignungsgebiet & räumlicher Fokus	Verwaltungsgemeinschaft
Verantwortliche(r) Akteur(e)	Netzbetreiber, 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.

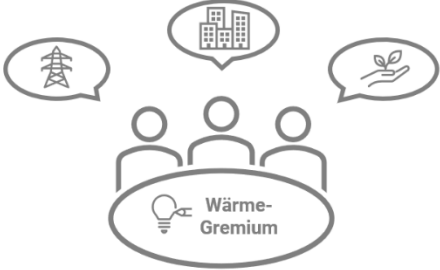
Geschätzte Kosten für die Kommune	Stark abhängig von konkreten Maßnahmen und Umsetzungszeiträumen. Die Kosten trägt zunächst der Verteilnetzbetreiber, wobei später eine anteilige Umlage auf Kunden über die Netzentgelte erfolgt.
Umsetzbarkeit & Umsetzungsplan	Mittel, Abhängigkeit von konkret notwendigen Netzmaßnahmen. Planungs- u. Genehmigungsverfahren sind in Deutschland aufgrund geltender Regularien häufig zeitaufwändig (>5 Jahre)
Fördermöglichkeit	gemäß den Rahmenbedingungen ergeben sich momentan keine Fördermöglichkeiten (EnWG)
Priorität	Hoch, da lange Umsetzungszeiträume und gleichzeitig "Flaschenhals" für weitere Maßnahmen
Anmerkung Auftragnehmer/KWP4	Die enge Zusammenarbeit zwischen Netzbetreiber sowie kommunalen als auch privaten Akteuren ist essenziell, um Fehlinvestitionen zu vermeiden.

Steckbrief 3	
Erstellung eines Handlungskatalog	
Ziele der Maßnahme: Handlungskatalog zur Schaffung von Maßnahmen im Bereich der öffentlichen, privaten und industriellen Gebäudesanierung zur Minderung der Wärmeverluste und CO₂-Reduktion.	
Beschreibung: Schaffung von Maßnahmen im Bereich Gebäudesanierung, um die Wärmeverluste zu verringern und resultierende CO₂-Emissionen zu mindern. Der Handlungskatalog soll die folgenden Inhalte beschreiben: - Analyse der Gebäudesanierungsrate - Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmeverluste - Maßnahmen zur Minderung des Energiebedarfs - Maßnahmen zur Minderung der CO₂-Emissionen - zeitlicher Realisierungsplan - technische und rechtliche Förderungen und Hemmnisse - Informationsblatt zur Sanierung und Energieeinsparung in privaten Haushalten	
 überwiegende Baualtersklasse der Gebäude im Baublock - vor 1919 1919-1948 1949-1978 1979-1990 1991-2000 2001-2010 2011-2019 - nach 2019 Quelle: DBI-Datenbank 2025 © DBI-Gruppe, 2025 © GeoBasis-DE / BKG 2025 0 0,5 1 2 Kilometer	
Eignungsgebiet & räumlicher Fokus	Verwaltungsgemeinschaft

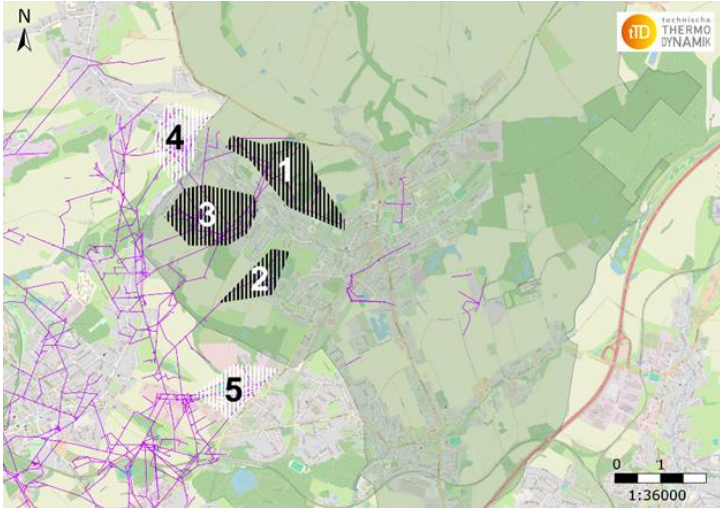
Verantwortliche(r) Akteur(e)	Kommunalverwaltung in Zusammenarbeit mit Ingenieurbüro
Jährliches Treibhausgas-einsparpotenzial	Abhängig von Sanierungsrate, Anzahl der Gebäude und jährlichem Energieverbrauch sowie Bewusstseinsbildung und Verhaltensänderung. Mögliche konservative Schätzung eines Einsparpotenzials von ca. 300 - 450 Tonnen CO ₂ e pro Jahr. Das Einsparpotenzial wächst kumulativ, da die sanierten Gebäude weiterhin Energie einsparen. Die tatsächlichen Einsparungen hängen stark von den spezifischen lokalen Bedingungen, der Umsetzungsgeschwindigkeit und der Beteiligung von Bürgern und Unternehmen ab.
Geschätzte Kosten für die Kommune	Bis 50.000 Euro für die Erstellung eines Handlungskatalogs mit Beauftragung eines Ingenieurbüros.
Umsetzbarkeit & Umsetzungsplan	Mittel, hier sind Informationen über private Haushalte teilweise relevant und es ist unklar, in welchem Umfang Informationen zur Verfügung gestellt werden.
Fördermöglichkeit	BEG EM, KfW-Förderung, BAFA-Förderung, SAB-Förderung
Priorität	Hoch, desto weniger Wärme an die Umwelt verloren geht, desto weniger Wärme muss energetisch bereitgestellt werden.
Anmerkung Auftragnehmer/KWP4	Die Gebäudesanierung spielt eine entscheidende Rolle auf dem Weg zur Klimaneutralität. Je weniger Wärme an die Umwelt abgegeben wird, desto weniger Wärme muss energetisch bereitgestellt werden. Damit sinken auch die Kosten für die Wärmebereitstellung, da weniger Wärme benötigt wird. Ebenso sinken die CO ₂ -Emissionen, was sich positiv auf die CO ₂ -Bepreisung auswirkt.

Steckbrief 4	
Errichtung weiterer lokaler EE-Anlagen	
Ziele der Maßnahme: Erhöhung der strom- bzw. wärmeseitigen Erzeugungskapazität von EE-Anlagen.	
Beschreibung: Besonders ist Installation von Solarkollektoren bzw. PV-Anlagen auf Liegenschaftsdächern und/oder Freiflächen 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	Verwaltungsgemeinschaft
Verantwortliche(r) Akteur(e)	Netzbetreiber für den Netzanschluss im gesetzlichen Rahmen, Kommunalverwaltung, ggf. private Akteure (Industrie)
Jährliches Treibhausgas-einsparpotenzial	Abh. von Umfang installierter EE-Anlagen in privaten, industriellen und kommunalen Bereichen.
Geschätzte Kosten für die Kommune	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 Freiflächen-PV-Anlagen im ländlichen) Raum kann jedoch mit logistischen (Anlieferung Teile) und technischen (Netz-anbindung) Herausforderungen einhergehen.
Fördermöglichkeit	EEG-Förderung/ Solarpaket & EEG-Freiflächenregelungen; Förderrichtlinie Erneuerbare Energien und Speicher (FRL EEU/2023) Teil A&B
Priorität	Hoch, die Erhöhung des erneuerbaren Stromanteils ist eine Grundvoraussetzung der Energie- und damit Wärmewende.
Anmerkung Auftragnehmer/KWP4	Mit Blick auf Freiflächen-Photovoltaik-Anlagen könnten in Untersuchungsgebiet 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 5	
Bildung eines Gremiums für die Wärmeplanumsetzung	
Ziele der Maßnahme:	Umsetzung des Kommunalen Wärmeplans mit für die Kommune geeigneten Maßnahmen, strategische Ausrichtung der Wärmeplanung.
Beschreibung:	Es wird ein Gremium gebildet, aus Stadtvertretern und Stadtvertreterinnen, welche sich bei der Umsetzung des Kommunalen Wärmeplans beteiligen wollen. Gemeinsam kann dort über erste sinnvolle Maßnahmen diskutiert und abgestimmt werden. Ziel des Gremiums ist es, sich zu Maßnahmen zu beraten und zu priorisieren, eine Entscheidung zu bestimmten Maßnahmen zu treffen sowie die Koordination und Kontrolle (Monitoring) der umzusetzenden Maßnahmen. Eine Beteiligung der Netzbetreiber wäre sinnvoll, um realistische Umsetzungsziele zu bestimmen.
	
Eignungsgebiet & räumlicher Fokus	Verwaltungsgemeinschaft
Verantwortliche(r) Akteur(e)	Kommunalverwaltung, Netzbetreiber, ggfs. private Akteure aus der lokalen Wirtschaft, Wohnungsbaugesellschaften, Umweltverbände, Bürgerinitiativen oder Vertreter und Vertreterinnen aus der Gesellschaft, neutrale Moderation.
Jährliches Treibhausgas-einsparpotenzial	Indirekte Einsparung durch Umsetzung der Wärmemaßnahmen.
Geschätzte Kosten für die Kommune	Indirekte Kosten für Personal und Aufwand bei gemeinsamen Treffen. Es entsteht kein Materialaufwand.
Umsetzbarkeit & Umsetzungsplan	Mittel bis hoch, beteiligte Personen müssen Zeit und Raum finden, um sich im Gremium zusammenzufinden.
Fördermöglichkeit	Eventuelle Fördermittel für Gremienarbeit
Priorität	Hoch, ein Austausch über mögliche umzusetzende Maßnahmen ist essenziell für eine kostengünstige und sinnvolle Umsetzung dieser.
Anmerkung Auftragnehmer/KWP4	Ein gut organisiertes Gremium fördert die Akzeptanz für die Wärmeplanung in der Bevölkerung und schafft Transparenz. Durch die frühzeitige Abstimmung mit Netzbetreibern und

	anderen Akteuren können Synergien genutzt werden und die Effizienz in der Umsetzung gesteigert werden. Es empfiehlt sich das Gremium möglichst breit aufzustellen, um die Umsetzbarkeit und Akzeptanz mit allen Beteiligten zu diskutieren.
--	---

Steckbrief 6	
Vertiefende Vorplanung	
Ziele der Maßnahme: Die vertiefende Vorplanung konkretisiert die Machbarkeitsstudie technisch, wirtschaftlich und rechtlich und schafft so eine belastbare Entscheidungsgrundlage für ein Grubenwasser-Wärmenetz.	
Beschreibung: Aufbauend auf der vorliegenden Machbarkeitsstudie sollte die Kommune in einem nächsten Schritt eine vertiefende Vorplanung anstoßen. Diese umfasst u. a. die technische Voruntersuchung für eine konkrete Netzanbindung, die Erarbeitung eines wirtschaftlichen Geschäftsmodells sowie die Klärung rechtlicher Rahmenbedingungen. Parallel empfiehlt sich die Einrichtung eines Akteur-Kreises (z. B. mit Stadtwerken, Wohnungswirtschaft, Gewerbe), um die Nachfrage zu konkretisieren und eine tragfähige Umsetzungsperspektive zu entwickeln.	
	Nr. Bezeichnung 1 Pfarrgrund 2 Gottes Segen 3 Fundgrube / Vertrauensschacht Gebiete in Nachbargemeinden Oelsnitz 4 Untere Hauptstraße/Rosa-Luxemburg-Straße 5 Bergbaumuseum
Eignungsgebiet & räumlicher Fokus	Stadt Lugau
Verantwortliche(r) Akteur(e)	Kommunalverwaltung in Zusammenarbeit mit Ingenieurbüro & kommunalem Netzbetreiber
Jährliches Treibhausgas-einsparpotenzial	Ab Inbetriebnahme sind ca. 1.100 t CO ₂ eq./a Treibhausgaseinsparungen möglich, im Vergleich zur Versorgung des gleichen Gebiets mit Erdgas
Geschätzte Kosten für die Kommune	50.000 bis 100.000 Euro für die Beauftragung eines Ingenieurbüros. Kosten sind abhängig von Umfang (technische Detailtiefe, Variantenvergleich, Rechtsgutachten, Stakeholderprozess).
Umsetzbarkeit & Umsetzungsplan	Gering, da zunächst ein Anlagenbetreiber gefunden werden muss und die Probebohrungen mit hohem Aufwand verbunden sind und es besteht ein "Fündigkeitsrisiko".
Fördermöglichkeit	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) Modul 1,

	SAB - Förderprogramme, Kommunalrichtlinie (NKI)
Priorität	Gering, da kein Anlagenbetreiber in Aussicht ist.
Anmerkung Auftragnehmer/KWP4	Sollte eine Grubenwassergeothermie geplant werden, wäre es sinnvoll, sich mit den umliegenden Gemeinden und Städten über ein weiteres gemeinsames Vorgehen abzustimmen.

6.3.3 Verstetigungsstrategie

Die Verstetigungsstrategie für die kommunale Wärmeplanung (KWP) Lugau-Niederwürschnitz 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 Lugau-Niederwürschnitz 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. 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 Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz 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 Netzbetreibern 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 Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz wird jährliche Fortschrittsberichte erstellen und der Öffentlichkeit sowie dem Stadtrat vorlegen. Weitere Informationen zu den Möglichkeiten der Erfolgskontrolle sind im Kapitel 6.3.4 zu finden.

4. Kommunale Steuerungsinstrumente und rechtliche Rahmenbedingungen

Die Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz 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, Netzbetreibern und weiteren Akteuren ist zentral für eine erfolgreiche Umsetzung der Wärmeplanung. Die Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz 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

Lugau-Niederwürschnitz 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 Lugau und Niederwürschnitz auch langfristig auf einem nachhaltigen Transformationspfad bleibt.

Die beschriebenen Teilelemente der Verstetigungsstrategie zur KWP Lugau-Niederwürschnitz stellen sicher, dass die Verwaltungsgemeinschaft 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.

6.3.4 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 Netzbetreibern und relevanten Behörden.
- Transparente Bereitstellung relevanter Kennzahlen für Bürger und Unternehmen.

Die Controllingstrategie mit den beschriebenen Elementen stellt sicher, dass die Wärmeplanung Lugau-Niederwürschnitz 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 [12] 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 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 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 Informations- und Beteiligungsprozessen sowie Veranstaltungen

Aufbauend auf den in Kapitel 7.1 beschriebenen Zielen und gesetzlichen Anforderungen der Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung wurde für die kommunale Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz 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 darüber hinaus die Erstellung einer speziellen Landingpage, die als Unterseite auf der Webseite der Stadt Lugau/Erzgeb. 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 häufig gestellte Fragen zu finden. Entsprechend wurden hier wie rechtlich gefordert alle Zwischenergebnisse der KWP veröffentlicht.

Den Auftakt für den Beginn der Planung bildete ein gemeinsamer Termin zwischen dem Dienstleisterverbund, der Verwaltungsgemeinschaft und Vertreterinnen und Vertretern der regionalen Netzbetreiber und Wohnungsbaugesellschaften am 20.03.2025. In diesem Termin wurde das Vorgehen für die kommunale Wärmeplanung erläutert, die Verwaltungsgemeinschaft und die Netzbetreiber über den Zeitplan informiert, Erwartungen und ggf. bereits geplante Umsetzungsabsichten abgefragt, sowie die für die Planung relevanten Daten von den Netzbetreiber angefragt.

Um den Auftraggeber über den Bearbeitungsfortschritt und zentrale Ergebnisse in Kenntnis zu setzen, fanden zudem im 4-Wochen-Rhythmus Austauschtermine statt. Diese boten die Möglichkeit, das Feedback seitens der Kommune einzuholen und den Wärmeplanungsprozess iterativ an die kommunalen Bedürfnisse anzugleichen. Ergänzt wurden die Online-Termine durch bilaterale (telefonische) Absprachen.

Es fanden darüber hinaus mehrere Abstimmungstermine mit den Netzbetreibern und Wohnungsbaugesellschaften statt, unter anderem, um realistische Versorgungsvorschläge zu erörtern.

Ein wichtiger Meilenstein im Beteiligungsprozess war die Bürgerinformationsveranstaltung am 13.11.2025, 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 sich zu den Zwischenergebnissen der KWP zu äußern. 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 der Gasnetzte und die Möglichkeit der Wärmeversorgung durch Wasserstoff, sowie Herausforderungen bei der Integration erneuerbarer Energien.

Nach Abschluss der KWP wird der Bericht entsprechend der gesetzlichen Pflicht ausgelegt werden, um den relevanten Akteurinnen und Akteuren die Möglichkeit zur Stellungnahme zu geben.



Abbildung 7-2: Impression von der Bürgerinformationsveranstaltung am 13.11.2025 im Ratssaal von Lugau/Erzgeb.

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 Erdgasverteilnetz (inetz GmbH)

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 Lugau-Niederwürschnitz 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 Lugau-Niederwürschnitz darstellt. Die im Bericht enthaltenen Daten in der Bestandsanalyse zum Erdgasverteilnetz können wir als Netzbetreiber insgesamt bestätigen und heben hervor, dass die Wärmeversorgung der Kommune in erster Linie durch das Gasverteilnetz gedeckt wird.

Von den betrachteten Zukunftsszenarien begrüßen wir ausdrücklich den technologieoffenen Ansatz und möchten betonen, dass wir das „Wasserstoff“-Szenario als grundsätzlich vorzugswürdig erachten. Es vereint verschiedene erneuerbare und klimafreundliche Technologien und ermöglicht zugleich die Integration von Wasserstoff als klimaneutralem 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 Lugau-Niederwürschnitz hinzu. Das Szenario „Wasserstoff“ spiegelt nach unserer Einschätzung die hohe Bedeutung der Wasserstoffversorgung bei gleichzeitiger Integration sinnvoller Einzelkomponenten wie der Solarthermie wider.

Das von inetz betriebene Erdgasnetz in Lugau-Niederwürschnitz 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 Lugau-Niederwürschnitz 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 Lugau-Niederwürschnitz 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 von Lugau-Niederwürschnitz bei der Umsetzung der Wärmewende. Wir stehen bereit, die Transformation der Wärmeversorgung für die Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz im Sinne einer bezahlbaren, sicheren und umweltverträglichen Energieversorgung mitzugestalten.

8.2 Stellungnahme Betreiber Stromverteilnetz (Mitnetz Strom mbH)

Als Verteilnetzbetreiber betreiben wir das Stromnetz entsprechend den gesetzlichen Rahmenbedingungen und bauen das Stromnetz sowohl für Verbraucher als auch Einspeiser bedarfsgerecht aus.

Die angegebenen Werte zu Kapazitäten und zukünftigen Bedarfen wurden nicht überprüft. Vielmehr erfolgt eine kontinuierliche Überprüfung und Bewertung der bestehenden Stromverteilnetze, um sicherzustellen, dass sie den steigenden und zunehmend schwankenden Anforderungen durch bspw. die Elektrifizierung der Wärmeversorgung, insbesondere durch den Einsatz von Wärmepumpen und die Integration dezentraler Stromerzeuger wie Photovoltaikanlagen, gerecht werden. Ziel ist die Versorgungssicherheit zu gewährleisten und die Integration erneuerbarer Energien zu unterstützen.

In einigen der beschriebenen Szenarien wird ab 2045 von der Verfügbarkeit von Wasserstoff für Heizzwecke und zur Erzeugung von Strom (KWK) ausgegangen. Diese Annahmen basieren auf der Verfügbarkeit und setzen die Wirtschaftlichkeit gegenüber anderen Technologien voraus. Da der Pfad der Dekarbonisierung bis 2045 im Wärmeplan beschrieben wird, ist jedoch von einem sofortigen Start der Substituierung von fossilen Brennstoffen auszugehen damit das Ziel der Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung erreicht wird.

8.3 Stellungnahme Betreiber Wärmenetz (Danpower Energie Service GmbH)

Die Danpower Energie Service GmbH ist immer bereit, neue Objekte an das Wärmenetz in Lugau anzuschließen, natürlich immer unter der Maßgabe der Wirtschaftlichkeit. Wir stehen zu dem Standort und zu unserer Verpflichtung, die Versorgungssicherheit unserer Kunden zu gewährleisten.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Die kommunale Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Lugau – Niederwürschnitz verfolgt das Ziel, eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2045 sicherzustellen. Ausgangspunkt war die **Eignungsprüfung**, die aufgrund vorhandener leitungsgebundener Infrastrukturen, wie ein vorhandenes Erdgasnetz und ein Wärmenetz in der Kernstadt Lugau sowie mittlerer bis hoher Wärmedichten eine vollständige Wärmeplanung in allen drei Clustern erforderlich machte.

Der Eignungsprüfung folgte als zweiter Schritt die **Bestandsanalyse**. Dabei wurden neben der bestehenden Infrastruktur (Erdgasverteilnetz und Wärmenetz in Lugau) die aktuellen Wärmebedarfe sowie vorhandene Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien erfasst. Grundlage für die Wärme- und THG-Bilanz war ein Abgleich von modellierten Daten (DBI-Energieatlas) mit realen Verbrauchsdaten, darunter aggregierte und anonymisierte Gasverbräuche sowie Strombedarfe für Wärmezwecke. Wo Realdaten verfügbar waren, ersetzten sie die Modellwerte. Die Wärmeerzeugung erfolgt derzeit überwiegend über Erdgas. Nicht an das Gasnetz angeschlossene Gebäude werden vor allem durch dezentrale Systeme wie Ölheizungen versorgt. Für die Verwaltungsgemeinschaft beträgt der Gesamtwärmebedarf rund 109 GWh/a an Nutzenergie. Zur Bereitstellung dieser Nutzwärme sind etwa 113 GWh/a Endenergie erforderlich, was zu jährlichen Treibhausgasemissionen von rund 28.500 t CO₂-Äquivalent führt. Damit liegt der Pro-Kopf-Ausstoß über dem bundesdeutschen Durchschnitt. Die Analyse der Gebäude- und Siedlungsstruktur zeigt überwiegend mittlere Wärmedichten von mehr als 175 MWh/(ha·a) je Baublock. In verdichteten Bereichen, insbesondere in Lugau, treten sogar hohe Wärmedichten über 415 MWh/(ha·a) auf. Entsprechend weisen zentrale Straßenzüge Wärmeliniedichten von über 2.000 kWh/(m·a) auf, was die hohe Eignung für leitungsgebundene Infrastrukturen zur Wärmeversorgung (aktuell über Gasnetze, perspektivisch auch Wasserstoff) unterstreicht.

Im Anschluss an die Bestandsanalyse wurde die **Potenzialanalyse** durchgeführt. Ziel war es, einerseits die Möglichkeiten zur Reduzierung des Wärmebedarfs zu ermitteln und andererseits diese zukünftigen Bedarfe den lokal verfügbaren Potenzialen erneuerbarer Energien gegenüberzustellen. Die Prognose basiert auf dem O45-H₂-Szenario aus den BMWK-Langfristszenarien, welches eine moderate Verbrauchsreduktion im Gebäudesektor sowie einen realistischen Ausbaupfad für erneuerbare Wärmetechnologien vorsieht. Für die Sektoren Industrie und produzierendes Gewerbe wird ein konstanter Wärmebedarf fortgeschrieben. Daraus ergibt sich für das Zieljahr 2045 ein Nutzwärmebedarf von rund 82 GWh/a für die Verwaltungsgemeinschaft. Analog zur aktuellen Situation entfallen auch künftig etwa 64 % des Wärmebedarfs auf private Haushalte. Neben den bestehenden EE-Anlagen bestehen erhebliche zusätzliche Potenziale: Auf Dachflächen können entweder Photovoltaikanlagen (bis zu 63 GWh/a Strom) oder Solarthermieanlagen (bis zu 262 GWh/a Wärme) installiert werden. Freiflächenanlagen bieten nochmals größere theoretische Potenziale, werden jedoch als nachrangig bewertet. Bei der Realisierung neuer stromerzeugender EE-Anlagen ist zwingend die Abstimmung mit dem lokalen Stromnetzbetreiber erforderlich, um Netzausbau und wachsende EE-Stromerzeugung in Einklang zu bringen.

Auf Grundlage der Ergebnisse aus Eignungsprüfung, Bestandsanalyse und Potenzialanalyse wurde eine **Zielszenarioanalyse** durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Entwicklungspfade für die Wärmeversorgung der Verwaltungsgemeinschaft bis 2045 betrachtet. Aus den Fachgesprächen und Workshops gingen drei zentrale Szenarien hervor:

- **Szenario 1 – Wasserstoff:** Fokus auf die schrittweise Umstellung der bestehenden Erdgasinfrastruktur auf Wasserstoff. Ziel ist die Substitution fossiler Energieträger durch grünen bzw.

dekarbonisierten Wasserstoff. Die Wärmebereitstellung erfolgt überwiegend gebäudeindividuell, jedoch auf Basis eines klimaneutralen Energieträgers.

- **Szenario 2 – Wärmenetze und Grubenwasser:** Ausbau leitungsgebundener Wärmeversorgung in Gebieten mit hohen Wärmeliniendichten. Ergänzend wird die Nutzung von Grubenwasser als lokal verfügbare, regenerative Wärmequelle integriert, um eine witterungsunabhängige Versorgung sicherzustellen.
- **Szenario 3 – Elektrifizierung:** Starke Elektrifizierung der Wärmeversorgung durch den Einsatz von Wärmepumpen und den Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung. Dieses Szenario erfordert eine deutliche Anpassung der Stromnetzinfrastruktur.

Die Szenarien wurden hinsichtlich Treibhausgasminderung, Wärmegestehungskosten, Infrastrukturbedarf, Realisierungsrisiken und Versorgungssicherheit bewertet. In der Gesamtbewertung wurde das Wasserstoff-Szenario favorisiert. Es bietet hohe Versorgungssicherheit, maximale Flexibilität für zukünftige technologische Entwicklungen und ermöglicht die kosteneffiziente Weiterverwendung der bestehenden Gasnetzinfrastruktur. Technische Prüfungen bestätigen die grundsätzliche Eignung des Netzzustands für eine spätere Umstellung auf Wasserstoff.

Die ingenieurtechnischen Analysen und Bewertungen der einzelnen Aspekte mündeten in der Entwicklung einer **Umsetzungsstrategie**. Ziel dieser Phase war es, prioritäre Maßnahmen und Handlungsfelder für einen bezahlbaren, klimafreundlichen und versorgungssicheren Umbau der Wärmeversorgung abzuleiten. Als zentrale Empfehlung wird zunächst die zeitnahe Vertiefung der Potenzialanalyse zur Umstellung der bestehenden Erdgasnetze auf Wasserstoff im Untersuchungsgebiet ausgesprochen. Darüber hinaus ist der Ausbau neuer Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien eng an die verfügbaren Netzkapazitäten gekoppelt. Daher sollte auf Basis der Erkenntnisse aus dem Wärmeplan der Dialog mit dem lokalen Stromnetzbetreiber intensiviert werden, um notwendige Verstärkungs- und Ausbaumaßnahmen frühzeitig zu definieren und einen abgestimmten Fahrplan zwischen Kommune, Netzbetreibern und weiteren Akteuren zu entwickeln. Parallel dazu wird empfohlen, die Errichtung zusätzlicher EE-Anlagen proaktiv zu prüfen und voranzutreiben. Um die Umsetzung der Maßnahmen zu koordinieren und zu beschleunigen, sollte ein Wärmegremium eingerichtet werden, das Vertreterinnen und Vertreter der Verwaltungsgemeinschaft sowie der Netzbetreiber zusammenführt.

Parallel zu den fachlichen Arbeiten wurde die **Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung** kontinuierlich sichergestellt. Bereits am 20.03.2025 fand die Auftaktveranstaltung in Lugau statt. Zudem wurde eine eigene Informationsseite auf der Website der Stadt Lugau eingerichtet, auf der zentrale Ergebnisse der einzelnen Projektphasen in Form von Infoblättern veröffentlicht wurden. Am 13.11.2025 erhielten Bürgerinnen und Bürger sowie weitere Interessierte die Möglichkeit, im Rahmen einer öffentlichen Informationsveranstaltung Fragen zu stellen und Anregungen einzubringen. Die Betreiber der Strom- und Gasnetze wurden bedarfsgerecht in den Prozess eingebunden, um eine enge Abstimmung zu gewährleisten.

Die Fortschreibung des Wärmeplans erfolgt nach Inkrafttreten alle fünf Jahre gemäß WPG. Damit wird die Grundlage für eine schrittweise Transformation hin zu einer klimaneutralen, sicheren und bezahlbaren Wärmeversorgung geschaffen.

10Anhang

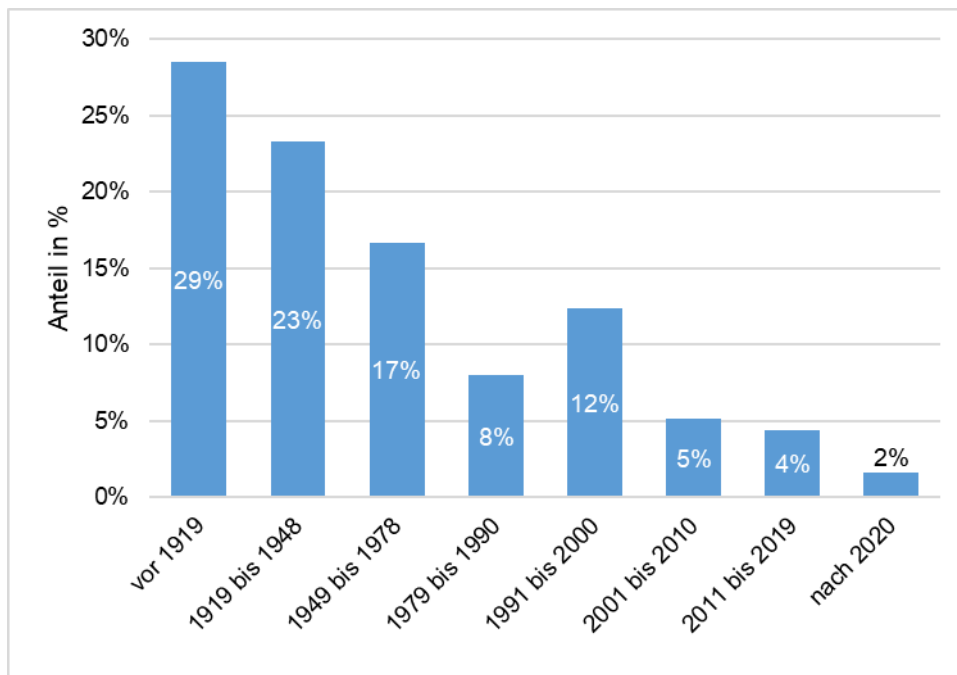
Anhang 1:	Ergebnis der Eignungsprüfung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau/Erzgeb.....	168
Anhang 2:	Baualtersklassen von Gebäuden mit Wohnraum in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau/Erzgeb. & Niederwürschnitz [4].	169
Anhang 3:	Anteiliger Heizungsbestand in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau/Erzgeb. & Niederwürschnitz (Bezugsgröße: Gebäudezahl) [4].	169
Anhang 4:	baublockbezogene Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude je Teilgebiet	170
Anhang 5:	baublockbezogene Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps je Teilgebiet	171
Anhang 6:	spezifische Längen der Erdgasinfrastruktur auf Baublockebene je Teilgebiet	172
Anhang 7:	regionale Verteilung der absoluten Nutzwärmebedarfe je Baublock je Teilgebiet.....	173
Anhang 8:	Wärmebedarfsdichten auf Baublockebene zum Status Quo je Teilgebiet	174
Anhang 9:	Wärmelinien dichten auf Straßenzugebene zum Status Quo je Teilgebiet	175
Anhang 10:	verwendete Wirkungsgrade nach KWW-Technikkatalog [48]	176
Anhang 11:	Nutzwärmebedarf Szenario Wasserstoff.....	177
Anhang 12:	Nutzwärmebedarf Szenario Wärmenetze und Grubenwasser	178
Anhang 13:	Nutzwärmebedarf Szenario Elektrifizierung	179
Anhang 14:	Endenergiebedarf Szenario Wasserstoff	180
Anhang 15:	Endenergiebedarf Szenario Wärmenetze und Grubenwasser	181
Anhang 16:	Endenergiebedarf Szenario Elektrifizierung	182
Anhang 17:	Fernwärmemix Szenario Wasserstoff.....	183
Anhang 18:	Fernwärmemix Szenario Wärmenetze und Grubenwasser	184
Anhang 19:	Fernwärmemix Szenario Elektrifizierung.....	184
Anhang 20:	Übersicht zu den verwendeten THG-Emissionsfaktoren bis 2045 (Wärmeerzeugung) [48]	185
Anhang 21:	Übersicht zu den verwendeten THG-Emissionen bis 2045 (Stromerzeugung) [48]	185
Anhang 22:	voraussichtliche Gebietseinteilung Szenario Wärmenetze und Grubenwasser	186
Anhang 23:	voraussichtliche Gebietseinteilung Szenario Wärmenetze und Grubenwasser, Zoom auf mögliche Wärmenetzgebiete	187
Anhang 24:	voraussichtliche Gebietseinteilung Szenario Elektrifizierung	188

Kommunale Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz

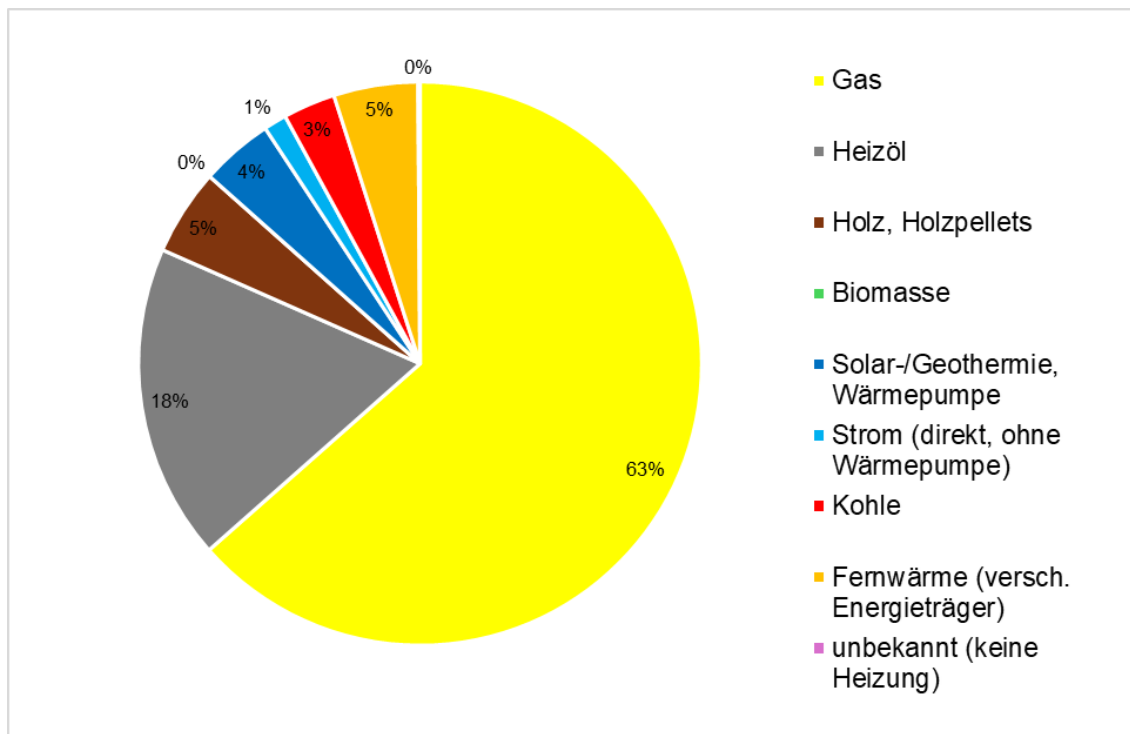
Anhang 1: Ergebnis der Eignungsprüfung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau/Erzgeb.

Oberkategorie	Fragestellung bzw. Unterkategorie	Teilgebiete			Quelle
		Lugau/Erzgeb.	Niederwürschnitz	Erlbach-Kirchberg & Ursprung	
leitungsgebundene Infrastrukturen (Bestand)	Erdgasnetze vorh.?	ja	ja	ja	inetz
	Wärmenetz vorh.?	ja	nein	nein	Stadt Lugau
leitungsgebundene Infrastrukturen (Zukunft)	H ₂ Netz geplant?	unklar	unklar	unklar	inetz
	H ₂ - Versorgung durch übergeordnete Netzebenen mgl.?	möglich	möglich	möglich	inetz
	H ₂ -Versorgung durch dezentrale Erzeugung (Elektrolyse)	unklar	unklar	unklar	inetz
Siedlungsstruktur	Fläche in qm	6.332.629	6.052.594	15.993.079	BKG
	Hauptflächennutzung	Wohngebiete, Agrarflächen & Wald	Agrarflächen, Wohngebiete & Wald	Agrarflächen, Wald & Weide	BKG, OSM
	Anteil Wohn- an Gesamtfl.	34%	19%	9%	berechnet
	Einwohner (2023)	6.019	2.548	1.547	Zensus 2022
	EW je km ²	950,5	421,0	96,7	berechnet
Industrie	Industriegebiet(e)	Ja	nein	nein	BKG, OSM
	Ankerkunden	ja	möglich	keine	Stadt, DBI-Datenbank
Potenziale erneuerbarer Energien/Abwärme	Plangebiete für Wind/PV vorhanden?	Wind & PV	PV	Wind & PV	Stadt, ROPW
	sonstige relevante EE-Wärmequellen (Biogas, Kläranlage, Geothermie)	ggf. Grubenwassergeothermie	ggf. Grubenwassergeothermie	ggf. Grubenwassergeothermie	Regionalplan, DBI-Datenbank, TUBAF
	hebbare Abwärmequellen (z.B. Industrie) vorhanden?	zu prüfen	keine	keine	Stadt, Eigenrecherche
	bestehende Wärmeversorgung bereits überw. (>75%) EE?	nein	nein	nein	Zensus 2022 & Eigenrecherche
Gebäude u. Wohnbebauung	Anzahl Gebäude bzw. Adresspunkte	1.586	793	567	DBI-Datenbank
	Wohngebäude/private Haushalte	1.397	726	537	DBI-Datenbank
	Anteil 1 Wohnung	57%	62%	57%	Zensus 2022
	Anteil 2 Wohnungen	17%	15%	17%	Zensus 2022
	Anteil mehr als 2 Wohnungen	27%	23%	27%	Zensus 2022
	Prägung / räumliche Verteilung	städtisch	ländlich, aber zentralisiert	ländlich, aber zentralisiert	DBI-Datenbank
	Altersstruktur Gebäude / Sanierungszustand	66 % vor 1979	71 % vor 1979	66 % vor 1979	Zensus 2022
Wärmedichte (modelliert, Status quo)	Wärmebedarfsdichte (mittleres Wetterjahr) in MWh/ha*a	137,8	42,8	8,3	berechnet
	Wärmenetzsignung anhand Wärmedichte	Empfehlung von Wärmenetzen im Neubaugebieten	kein technisches Potenzial	kein technisches Potenzial	berechnet, BMWK Leitfaden KWP
Fazit verkürzte Wärmeplanung		nein	nein	nein	
Begründung		- Gasnetz vorh. - Wärmenetz vorhanden - H ₂ -Netz unklar - zentrale Wohnbebauung	- Gasnetz vorh. - kein Wärmenetz - H ₂ -Netz unklar - überwiegend EFH/ZFH	- Gasnetz vorh. - kein Wärmenetz - H ₂ -Netz unklar - überwiegend EFH/ZFH	

Anhang 2: Baualtersklassen von Gebäuden mit Wohnraum in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau/Erzgeb. & Niederwürschnitz [4].

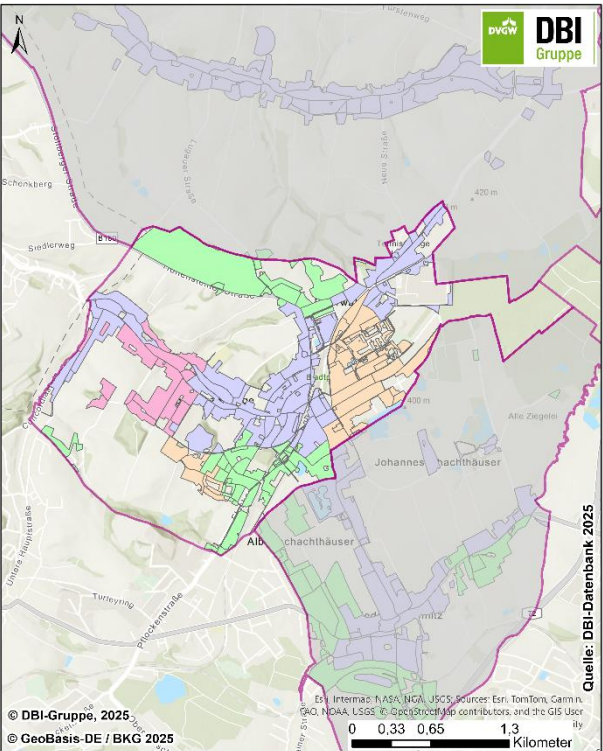


Anhang 3: Anteiliger Heizungsbestand in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau/Erzgeb. & Niederwürschnitz (Bezugsgröße: Gebäudezahl) [4].

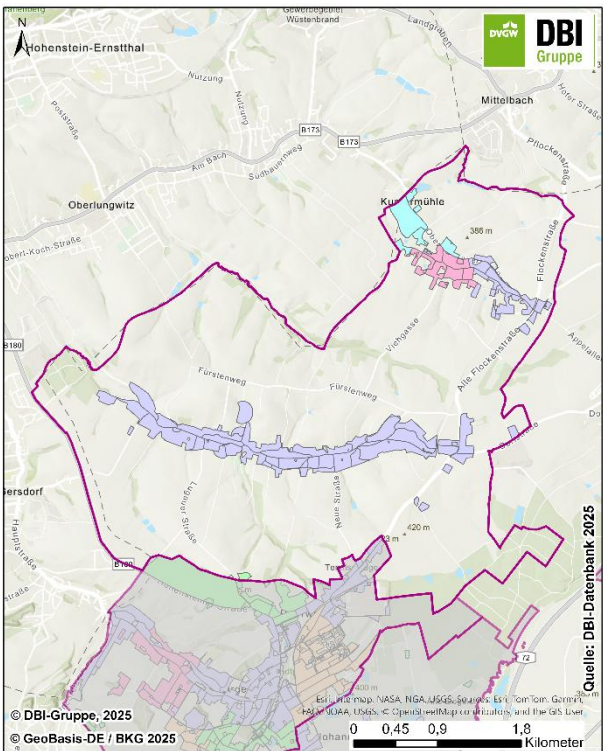


Anhang 4: baublockbezogene Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude je Teilgebiet

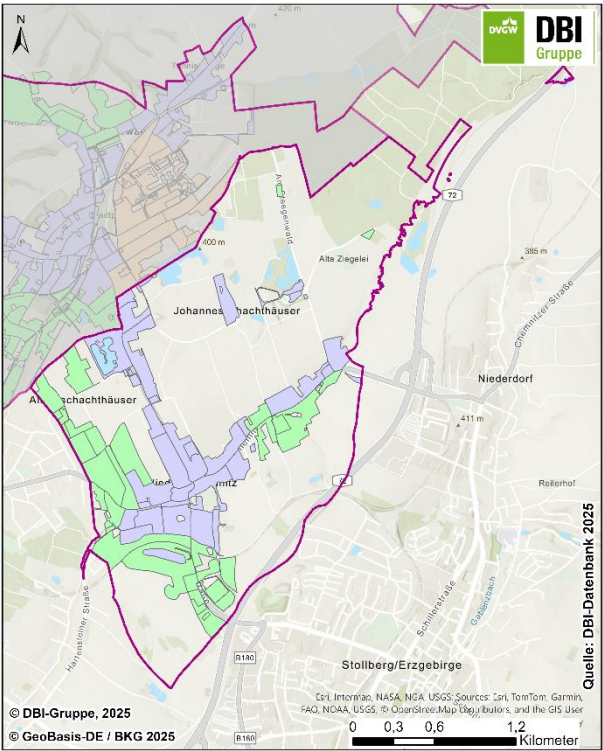
Teilgebiet 1



Teilgebiet 2



Teilgebiet 3

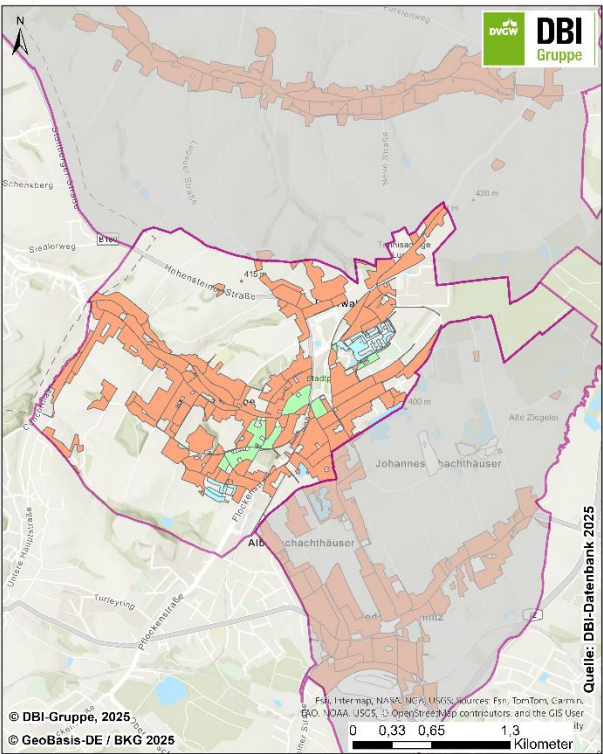


Legende

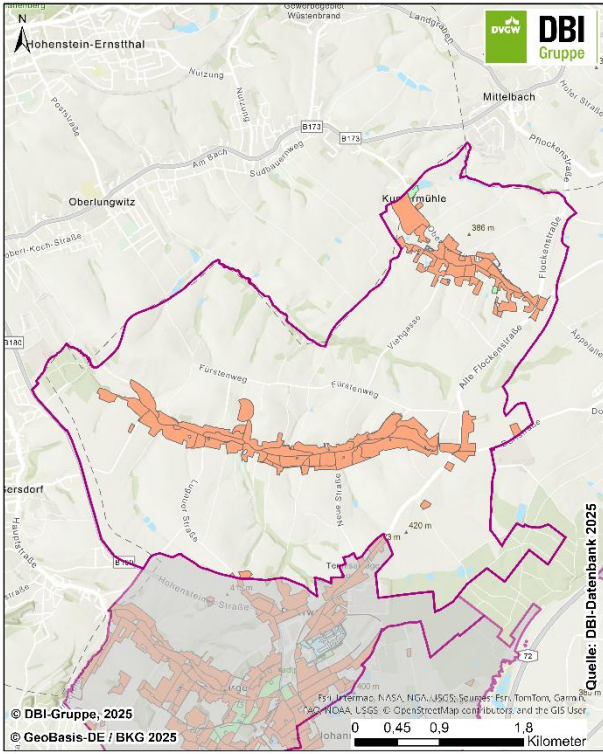
- überwiegende Baualtersklasse
- vor 1919
 - 1919-1948
 - 1949-1978
 - 1979-1990
 - 1991-2000
 - 2001-2010
 - 2011-2019
 - nach 2019

Anhang 5: baublockbezogene Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps je Teilgebiet

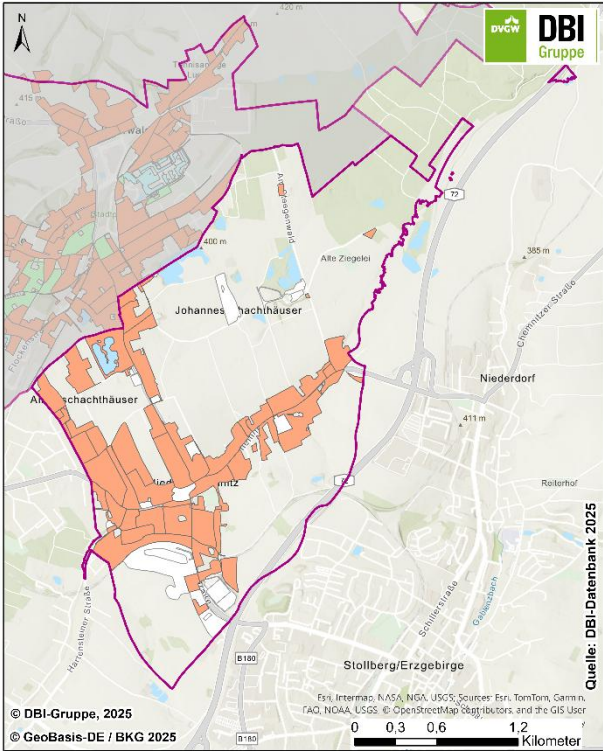
Teilgebiet 1



Teilgebiet 2



Teilgebiet 3

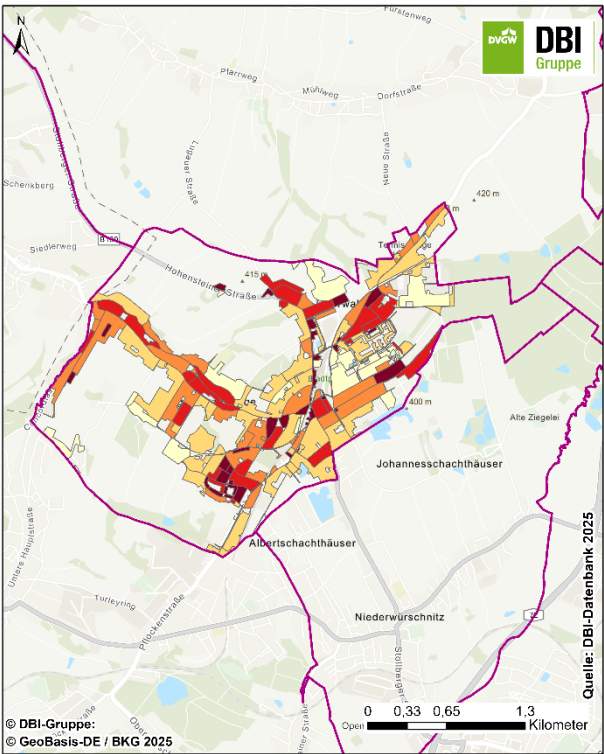


Legende

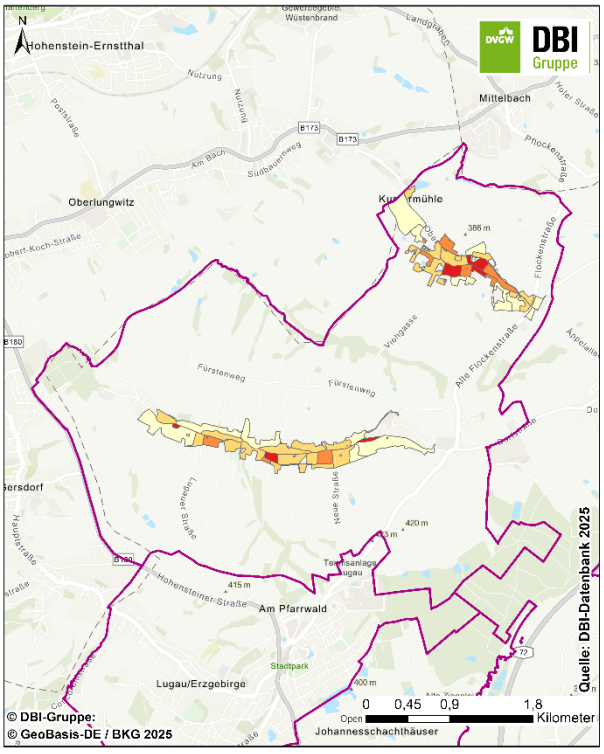
- überwiegender Gebäudetyp
- Einfamilienhaus
 - kleines Mehrfamilienhaus
 - großes Mehrfamilienhaus

Anhang 6: spezifische Längen der Erdgasinfrastruktur auf Baublockebene je Teilgebiet

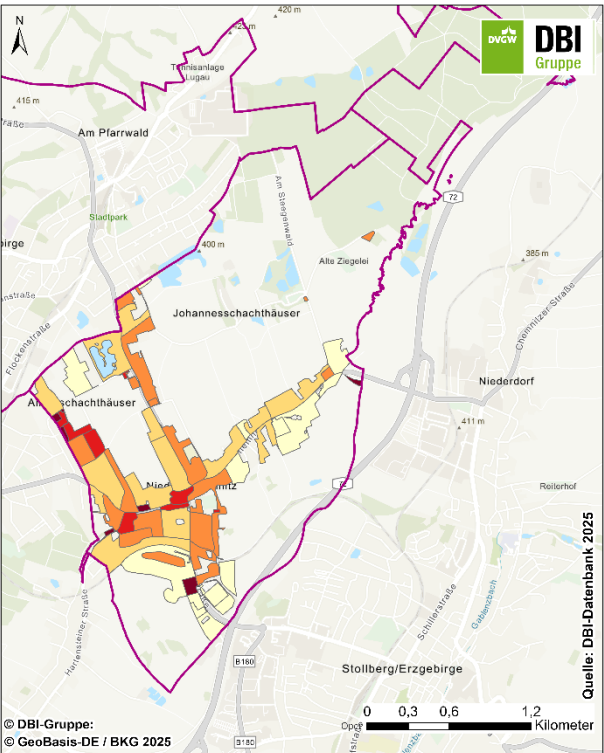
Teilgebiet 1



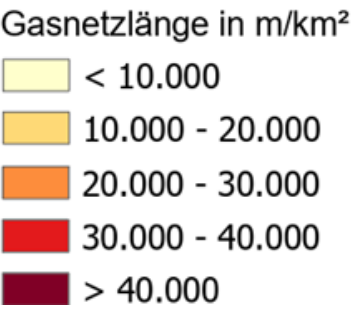
Teilgebiet 2



Teilgebiet 3

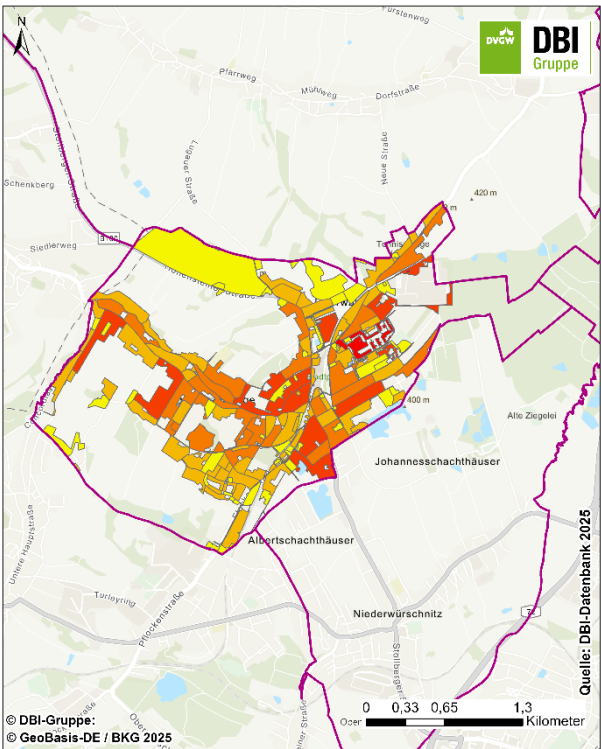


Legende

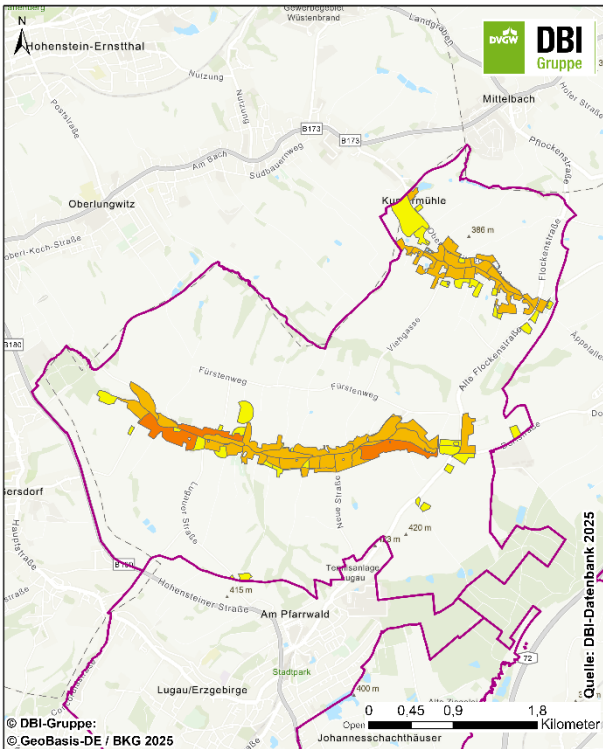


Anhang 7: regionale Verteilung der absoluten Nutzwärmebedarfe je Baublock je Teilgebiet

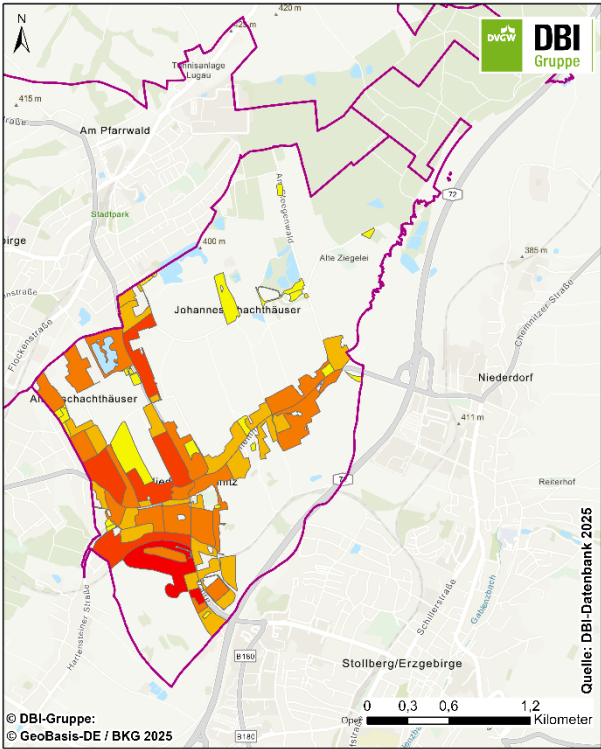
Teilgebiet 1



Teilgebiet 2



Teilgebiet 3

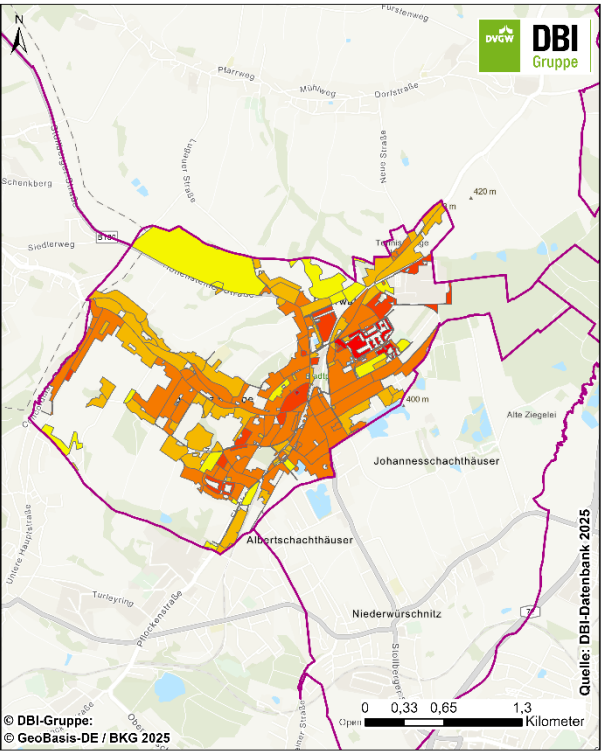


Legende

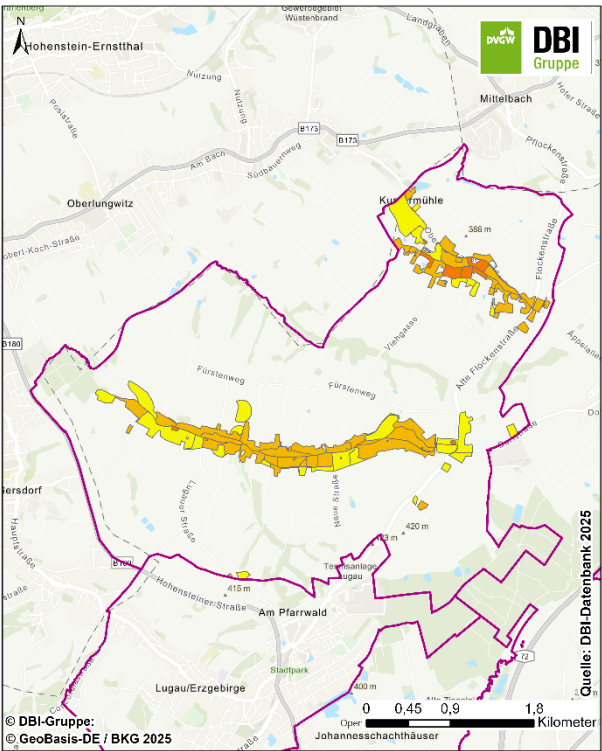


Anhang 8: Wärmebedarfsdichten auf Baublockebene zum Status Quo je Teilgebiet

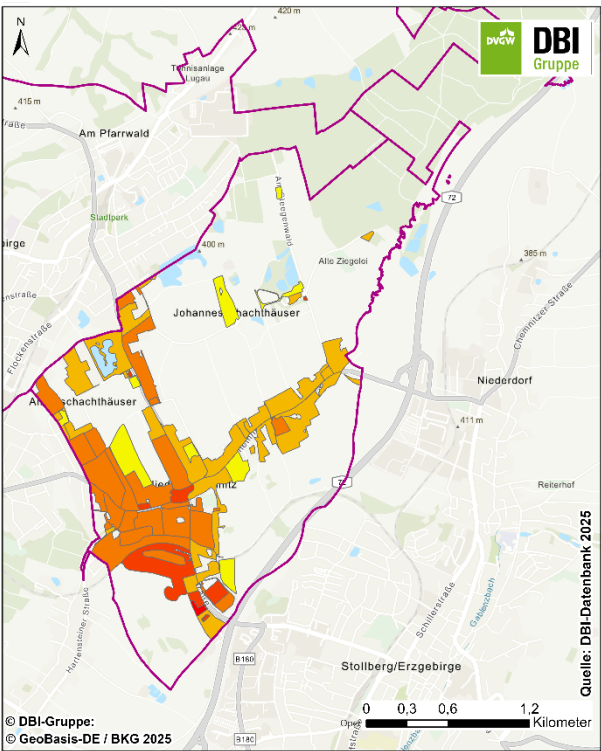
Teilgebiet 1



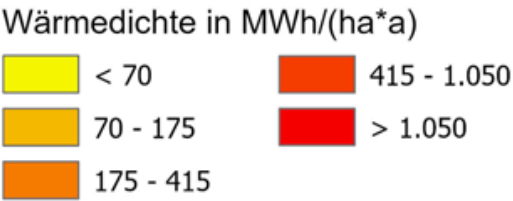
Teilgebiet 2



Teilgebiet 3

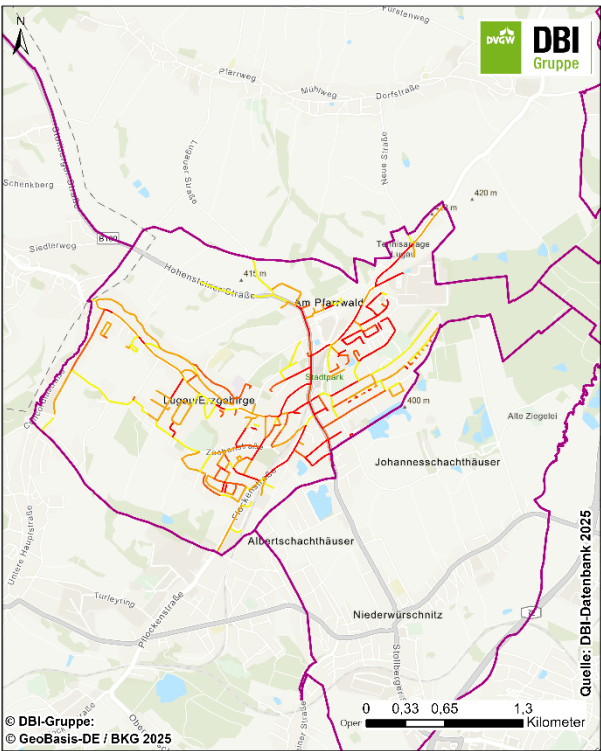


Legende

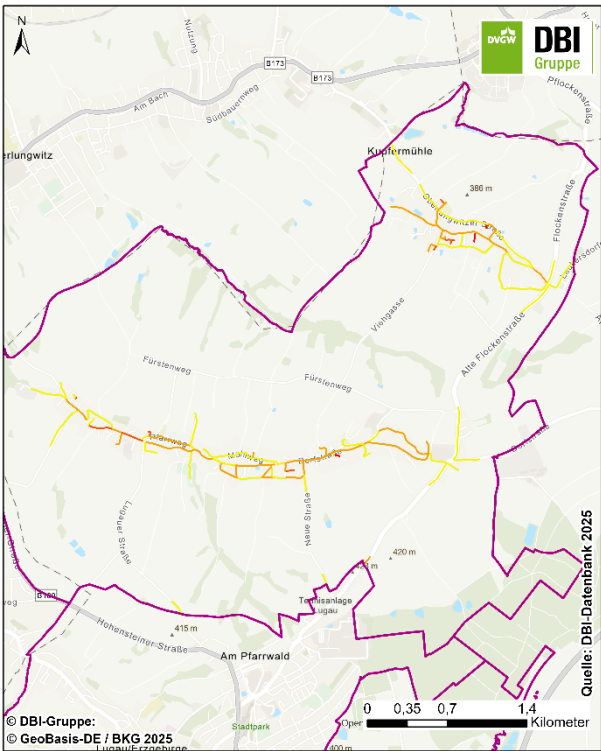


Anhang 9: Wärmelinienindichten auf Straßenzugabebene zum Status Quo je Teilgebiet

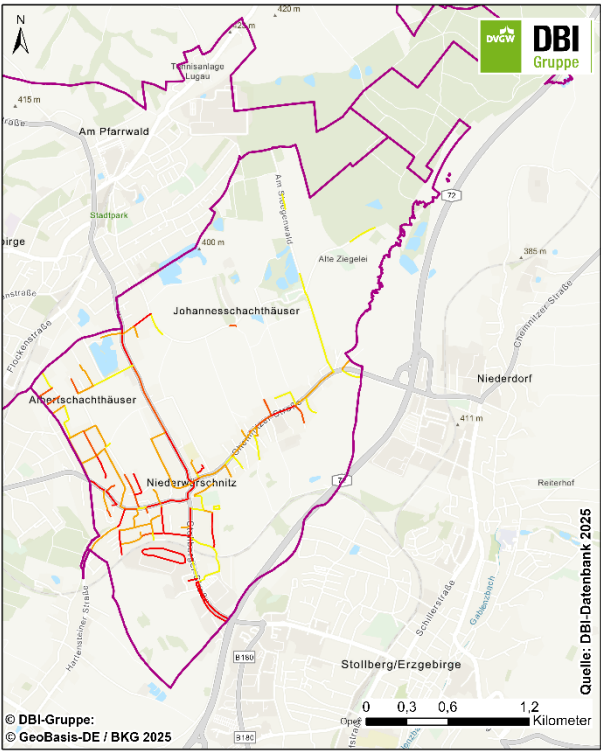
Teilgebiet 1



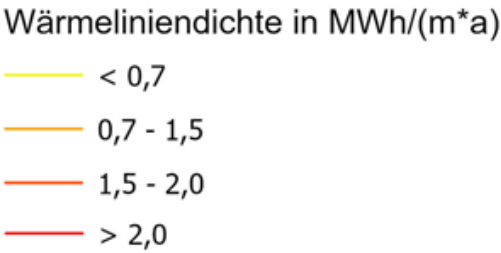
Teilgebiet 2



Teilgebiet 3



Legende



Anhang 10: verwendete Wirkungsgrade nach KWW-Technikkatalog [48]

Wirkungsgrade	
Technologie	Wirkungsgrad/ JAZ
Öl	0,9288
Holz (Hackschnitzel)	0,9400
Biomasse (Pellet BW)	0,8500
Wärmepumpe	3,1500
Strom (Direktheizung)	1,0000
Kohle	0,8000
unbekannt	0,7500
Gas	0,9475
Fernwärme Leitungsverluste (EMS)	0,7500
TGT (Direktwärme, keine Stromerzeugung, Jahr 2030)	0,9000
Biomethan KWK-Anlage	0,8500
Aufdach Solarthermie	0,3600
H2 KWK-Anlage	0,5400
H2 Therme	0,9500
Elektroheizung	1,0000
Biogas	0,9500
Abwärme Biogas KWK-Anlage	0,5600
Stromerzeugung Biogas-KWK-Anlage	0,3500
Stromerzeugung Wasserstoff-KWK-Anlage	0,3800
Grubenwassergeothermie	0,9000
unbekannt/LPG	0,7500
Erdgas-KWK	0,9300
Biomasse Heizwerk (Holzhackschnitzel)	0,9000

Kommunale Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz

Anhang 11: Nutzwärmebedarf Szenario Wasserstoff

Ort	Technologie	Nutzenenergiebedarf [kWh/a]			
		2030	2035	2040	2045
Lugau/ Erzegeb.	Wärmepumpe	10.765.270	14.451.807	16.659.537	17.677.528
	Elektroheizung	860.603	860.603	860.603	860.603
	Biomasse Pellettheizung	1.747.549	1.747.549	1.747.549	1.747.549
	Aufdach Solarthermie	609.760	1.137.936	1.600.455	2.001.388
	H2-KWK	0	0	0	625.434
	H2-Therme	0	0	0	24.517.000
	Großwärmepumpe	0	455.174	1.344.382	1.344.382
	Holzackschnitzel Fernwärme	1.260.811	1.260.811	1.260.811	1.260.811
	Heizöl	1.239.500	636.092	513.842	0
	Erdgas	42.992.449	35.133.774	28.381.398	0
	Kohle	1.418.009	1.146.728	926.338	0
	unbekannt/ LPG	82.017	66.326	53.579	0
Niederwürschnitz	Wärmepumpe	1.999.283	2.736.423	3.237.192	3.340.765
	Elektroheizung	241.096	241.096	241.096	241.096
	Biomasse Pellettheizung	673.843	673.843	673.843	673.843
	Aufdach Solarthermie	121.426	221.295	303.814	370.061
	H2-Therme	0	0	0	4.625.764
	Heizöl	316.925	279.261	234.634	0
	Erdgas	8.651.594	6.832.472	5.387.642	0
	Kohle	100.000	50.000	25.000	0
	unbekannt/ LPG	38.422	30.343	23.926	0
Erlbach-Kirchberg & Ursprung	Wärmepumpe	4.823.892	6.726.061	8.135.613	8.635.278
	Elektroheizung	101.132	101.132	101.132	101.132
	Biomasse Pellettheizung	1.874.552	1.874.552	1.874.552	1.874.552
	Aufdach Solarthermie	283.316	527.378	739.851	922.692
	H2-Therme	0	0	0	11.533.653
	Heizöl	11.457.418	8.249.290	3.645.403	0
	Erdgas	7.998.578	7.444.485	9.000.000	0
	Kohle	1.555.654	1.254.836	1.011.096	0
	unbekannt/ LPG	237.023	191.190	154.053	0

Kommunale Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz

Anhang 12: Nutzwärmebedarf Szenario Wärmenetze und Grubenwasser

Ort	Technologie	Nutzenenergiebedarf [kWh/a]			
		2030	2035	2040	2045
Lugau/ Erzegeb.	Wärmepumpe	23.553.528	25.450.321	25.890.800	25.979.599
	Elektroheizung	860.603	860.603	860.603	860.603
	Biomasse Pelettheizung	1.747.549	1.747.549	1.747.549	1.747.549
	Aufdach Solarthermie	914.640	2.400.682	2.400.682	2.400.682
	Grubenwassergeothermie	2.150.854	4.409.502	5.476.916	5.476.916
	H2-Therme	0	0	0	9.506.592
	Großwärmepumpe	0	853.452	1.840.523	2.801.943
	Holzackschnitzel Fernwärme	1.260.811	1.260.811	1.260.811	1.260.811
	Heizöl	4.817.513	3.146.662	841.743	0
	Erdgas	24.670.453	16.114.035	12.573.904	0
	Kohle	945.339	617.469	430.085	0
	unbekannt/ LPG	54.678	35.714	24.876	0
Niederwürschnitz	Wärmepumpe	2.943.976	2.944.440	2.944.518	2.948.792
	Elektroheizung	241.096	241.096	241.096	241.096
	Biomasse Pelettheizung	673.843	673.843	673.843	673.843
	Aufdach Solarthermie	182.139	331.942	455.722	455.722
	H2-Therme	0	0	0	1.753.164
	Großwärmepumpe	2.030.241	3.000.755	3.178.911	3.178.911
	Heizöl	755.357	481.814	327.590	0
	Erdgas	4.703.112	2.999.943	2.039.692	0
	Kohle	587.211	374.560	254.667	0
	unbekannt/ LPG	25.614	16.339	11.109	0
Erlbach-Kirchberg & Ursprung	Wärmepumpe	11.765.125	14.373.049	15.164.197	15.368.385
	Elektroheizung	101.132	101.132	101.132	101.132
	Biomasse Pelettheizung	1.874.552	1.874.552	1.874.552	1.874.552
	Aufdach Solarthermie	182.139	791.068	1.109.776	1.109.776
	H2-Therme	0	0	0	4.613.461
	Heizöl	7.833.397	5.103.522	3.045.732	0
	Erdgas	5.137.267	3.346.972	2.825.348	0
	Kohle	1.037.103	675.681	469.437	0
	unbekannt/ LPG	158.015	102.948	71.524	0

Anhang 13: Nutzwärmebedarf Szenario Elektrifizierung

Ort	Technologie	Nutzenenergiebedarf [kWh/a]			
		2030	2035	2040	2045
Lugau/ Erzegeb.	Wärmepumpe	31.094.657	35.332.932	39.450.013	40.191.589
	Elektroheizung	860.603	860.603	860.603	860.603
	Biomasse Pellettheizung	1.747.549	1.747.549	1.747.549	1.747.549
	Aufdach Solarthermie	1.219.519	2.275.872	3.200.910	4.002.776
	Großwärmepumpe	402.441	1.194.833	1.493.758	1.971.367
	Holzhackschnitzel Fernwärme	1.260.811	1.260.811	1.260.811	1.260.811
	Heizöl	3.854.010	2.247.616	842.978	0
	Erdgas	19.736.363	11.510.025	4.316.886	0
	Kohle	756.272	441.049	165.417	0
	unbekannt/ LPG	43.742	25.510	9.568	0
Niederwürschnitz	Wärmepumpe	6.127.763	6.941.021	7.591.865	7.596.467
	Elektroheizung	241.096	241.096	241.096	241.096
	Biomasse Pellettheizung	673.843	673.843	673.843	673.843
	Aufdach Solarthermie	242.852	442.589	607.629	740.122
	Heizöl	604.285	344.153	125.996	0
	Erdgas	3.762.489	2.142.816	784.497	0
	Kohle	469.769	267.543	97.949	0
	unbekannt/ LPG	20.492	11.670	4.273	0
Erlbach-Kirchberg & Ursprung	Wärmepumpe	14.456.624	16.746.252	18.740.144	19.246.238
	Elektroheizung	101.132	101.132	101.132	101.132
	Biomasse Pellettheizung	1.874.552	1.874.552	1.874.552	1.874.552
	Aufdach Solarthermie	242.852	1.054.757	1.479.702	1.845.384
	Heizöl	6.266.717	3.645.373	1.363.743	0
	Erdgas	4.109.814	2.390.694	894.365	0
	Kohle	829.682	482.629	180.553	0
	unbekannt/ LPG	126.412	73.534	27.509	0

Kommunale Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz

Anhang 14: Endenergiebedarf Szenario Wasserstoff

Ort	Technologie	Endenergiebedarf [kWh/a]			
		2030	2035	2040	2045
Lugau/ Erzegeb.	Wärmepumpe	3.417.546	4.587.875	5.288.742	5.611.914
	Elektroheizung	860.603	860.603	860.603	860.603
	Biomasse Pellettheizung	2.055.940	2.055.940	2.055.940	2.055.940
	Aufdach Solarthermie	1.693.777	3.160.933	4.445.708	5.559.410
	H2-KWK	0	0	0	1.544.281
	H2-Therme	0	0	0	25.807.369
	Großwärmepumpe	0	192.666	569.051	569.051
	Holzackschnitzel Fernwärme	1.867.868	1.867.868	1.867.868	1.867.868
	Heizöl	1.334.590	684.891	553.261	0
	Erdgas	46.067.336	37.604.571	30.169.651	0
	Kohle	1.772.511	1.433.410	1.157.922	0
	unbekannt/ LPG	109.355	88.434	71.438	0
Niederwürschnitz	Wärmepumpe	634.693	868.706	1.027.680	1.060.560
	Elektroheizung	241.096	241.096	241.096	241.096
	Biomasse Pellettheizung	792.756	792.756	792.756	792.756
	Aufdach Solarthermie	337.294	614.707	843.929	1.027.948
	H2-Therme	0	0	0	4.869.225
	Heizöl	341.239	300.685	252.634	0
	Erdgas	9.130.970	7.211.052	5.686.166	0
	Kohle	125.000	62.500	31.250	0
	unbekannt/ LPG	51.229	40.457	31.902	0
Erlbach-Kirchberg & Ursprung	Wärmepumpe	1.531.394	2.135.258	2.582.734	2.741.358
	Elektroheizung	101.132	101.132	101.132	101.132
	Biomasse Pellettheizung	2.205.355	2.205.355	2.205.355	2.205.355
	Aufdach Solarthermie	786.988	1.464.940	2.055.142	2.563.034
	H2-Therme	0	0	0	12.140.687
	Heizöl	12.336.385	8.882.142	3.925.064	0
	Erdgas	8.441.771	7.856.976	9.498.681	0
	Kohle	1.944.567	1.568.545	1.263.869	0
	unbekannt/ LPG	316.030	254.919	205.404	0

Kommunale Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz

Anhang 15: Endenergiebedarf Szenario Wärmenetze und Grubenwasser

Ort	Technologie	Endenergiebedarf [kWh/a]			
		2030	2035	2040	2045
Lugau/ Erzegeb.	Wärmepumpe	7.477.310	8.079.467	8.219.302	8.247.492
	Elektroheizung	860.603	860.603	860.603	860.603
	Biomasse Pellettheizung	2.055.940	2.055.940	2.055.940	2.055.940
	Aufdach Solarthermie	2.540.665	6.668.562	6.668.562	6.668.562
	Grubenwassergeothermie	3.186.450	6.532.595	8.113.950	8.113.950
	H2-Therme	0	0	0	10.006.939
	Großwärmepumpe	0	361.250	779.057	1.186.008
	Holzackschnitzel Fernwärme	1.867.868	1.867.868	1.867.868	1.867.868
	Heizöl	5.187.094	3.388.061	906.319	0
	Erdgas	26.824.616	17.557.921	13.571.411	0
	Kohle	1.181.674	771.836	537.607	0
	unbekannt/ LPG	72.904	47.619	33.168	0
Niederwürschnitz	Wärmepumpe	934.596	934.743	934.768	936.124
	Elektroheizung	241.096	241.096	241.096	241.096
	Biomasse Pellettheizung	792.756	792.756	792.756	792.756
	Aufdach Solarthermie	505.941	922.061	1.265.893	1.265.893
	H2-Therme	0	0	0	1.845.436
	Großwärmepumpe	859.361	1.270.161	1.345.571	1.345.571
	Heizöl	813.305	518.777	352.722	0
	Erdgas	4.963.706	3.166.167	2.152.709	0
	Kohle	734.014	468.201	318.334	0
	unbekannt/ LPG	34.153	21.785	14.812	0
Erlbach-Kirchberg & Ursprung	Wärmepumpe	3.734.960	4.562.873	4.814.031	4.878.852
	Elektroheizung	101.132	101.132	101.132	101.132
	Biomasse Pellettheizung	2.205.355	2.205.355	2.205.355	2.205.355
	Aufdach Solarthermie	505.941	2.197.410	3.082.712	3.082.712
	H2-Therme	0	0	0	4.856.275
	Heizöl	8.434.344	5.495.044	3.279.388	0
	Erdgas	5.421.918	3.532.424	2.981.898	0
	Kohle	1.296.378	844.601	586.797	0
	unbekannt/ LPG	210.687	137.264	95.366	0

Kommunale Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz

Anhang 16: Endenergiebedarf Szenario Elektrifizierung

Ort	Technologie	Endenergiebedarf [kWh/a]			
		2030	2035	2040	2045
Lugau/ Erzegeb.	Wärmepumpe	9.871.320	11.216.804	12.523.814	12.759.235
	Elektroheizung	860.603	860.603	860.603	860.603
	Biomasse Pellettheizung	2.055.940	2.055.940	2.055.940	2.055.940
	Aufdach Solarthermie	3.387.554	6.321.867	8.891.415	11.118.821
	Großwärmepumpe	170.346	505.749	632.278	834.441
	Holzackschnitzel Fernwärme	1.867.868	1.867.868	1.867.868	1.867.868
	Heizöl	4.149.675	2.420.044	907.648	0
	Erdgas	21.382.622	12.421.919	4.723.136	0
	Kohle	945.339	55.13.11	206.772	0
	unbekannt/ LPG	58.323	34.013	12.757	0
Niederwürschnitz	Wärmepumpe	1.945.322	2.203.499	2.410.116	2.411.577
	Elektroheizung	241.096	241.096	241.096	241.096
	Biomasse Pellettheizung	792.756	792.756	792.756	792.756
	Aufdach Solarthermie	674.588	1.229.415	1.687.858	2.055.895
	Heizöl	650.644	370.555	135.662	0
	Erdgas	3.970.965	2.261.548	827.965	0
	Kohle	587.211	334.429	122.436	0
	unbekannt/ LPG	27.322	15.560	5.697	0
Erlbach-Kirchberg & Ursprung	Wärmepumpe	4.589.404	5.316.270	5.949.252	6.109.917
	Elektroheizung	101.132	101.132	101.132	101.132
	Biomasse Pellettheizung	2.205.355	2.205.355	2.205.355	2.205.355
	Aufdach Solarthermie	674.588	2.929.880	4.110.283	5.126.068
	Heizöl	6.747.475	3.925.031	1.468.364	0
	Erdgas	4.337.534	2.523.160	943.920	0
	Kohle	1.037.103	603.286	225.691	0
	unbekannt/ LPG	168.550	98.046	36.679	0

Anhang 17: Fernwärmemix Szenario Wasserstoff

	2030	2035	2040	2045
Erdgas				
Endenergie [kWh/a]	2.770.877	2.134.237	878.293	0
Anteil [%]	60%	51%	26%	0,0%
Holzhackschnitzel				
Endenergie [kWh/a]	1.867.868	1.867.868	1.867.868	1.867.868
Anteil [%]	40%	45%	56%	47%
Wasserstoff-KWK-Anlage				
Endenergie [kWh/a]	0	0	0	1.544.281
Anteil [%]	0,0%	0,0%	0,0%	39%
Großwärmepumpe				
Endenergie [kWh/a]	0	192.666	569.051	569.051
Anteil [%]	0%	4,6%	17%	14 %

Anhang 18: Fernwärmemix Szenario Wärmenetze und Grubenwasser

Lugau	2030	2035	2040	2045
Erdgas				
Endenergie [kWh/a]	3.148.792	2.204.094	1.074.020	0
Anteil [%]	35%	18%	8%	0,0%
Holzhackschnitzel				
Endenergie [kWh/a]	1.867.868	1.867.868	1.867.868	1.867.868
Anteil [%]	21%	15%	14%	15%
Grubenwassergeothermie				
Endenergie [kWh/a]	3.186.450	6.532.595	8.113.950	8.113.950
Anteil [%]	35%	53%	62%	65%
Großwärmepumpe				
Endenergie [kWh/a]	0	361.250	779.057	1.186.008
Anteil [%]	0%	3,0%	5,9%	9,5%
Niederwürschnitz	2030	2035	2040	2045
Großwärmepumpe				
Endenergie [kWh/a]	859.361	1.270.161	1.345.571	1.345.571
Anteil [%]	9,5%	10%	10%	11%

Anhang 19: Fernwärmemix Szenario Elektrifizierung

	2030	2035	2040	2045
Erdgas				
Endenergie [kWh/a]	2.210.750	1.096.540	668.225	0
Anteil [%]	52%	32%	21%	0,0%
Holzhackschnitzel				
Endenergie [kWh/a]	1.867.868	1.867.868	1.867.868	1.867.868
Anteil [%]	44%	54%	59%	69%
Großwärmepumpe				
Endenergie [kWh/a]	170.346	505.749	632.278	834.441
Anteil [%]	4%	15%	20%	31%

Kommunale Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Lugau-Niederwürschnitz

Anhang 20: Übersicht zu den verwendeten THG-Emissionsfaktoren bis 2045 (Wärmeerzeugung) [48]

Wärmeerzeugung Jeweils in t CO ₂ -Äquivalent pro MWh Endenergie		2020	2021	2030	2035	2040	2045
	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	0,09	0,09	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	0,02	0,014	0,008
	Abwärme aus Prozessen		0,04	0,038	0,037	0,036	0,035
Wärmenetz aus KWK	Brennstoff: Stein-/Braunkohle	0,26	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Gasförmiger und flüssiger Brennstoff	0,26	0,18	0,171	0,171	0,171	0,167
	Erneuerbarer Brennstoff	0,26	0,04	0,039	0,039	0,038	0,037
Wärmenetz aus Heizwerk	Brennstoff: Stein-/Braunkohle	0,26	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	Gasförmiger und flüssiger Brennstoff	0,26	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Erneuerbarer Brennstoff	0,26	0,06	0,042	0,033	0,024	0,014
	Wärmenetzleitungen		0,043	0,042	0,041	0,04	0,04
Wärmenetz individuell SZ1	Wasserstoff	0	0	0,1480	0,1353	0,0796	0,0272
Wärmenetz individuell SZ2	Wärmenetze und Grubenwasser	0	0	0,1198	0,0759	0,0360	0,0152
Wärmenetz individuell SZ3	Elektrifizierung	0	0	0,1417	0,1075	0,0685	0,0251

Anhang 21: Übersicht zu den verwendeten THG-Emissionen bis 2045 (Stromerzeugung) [48]

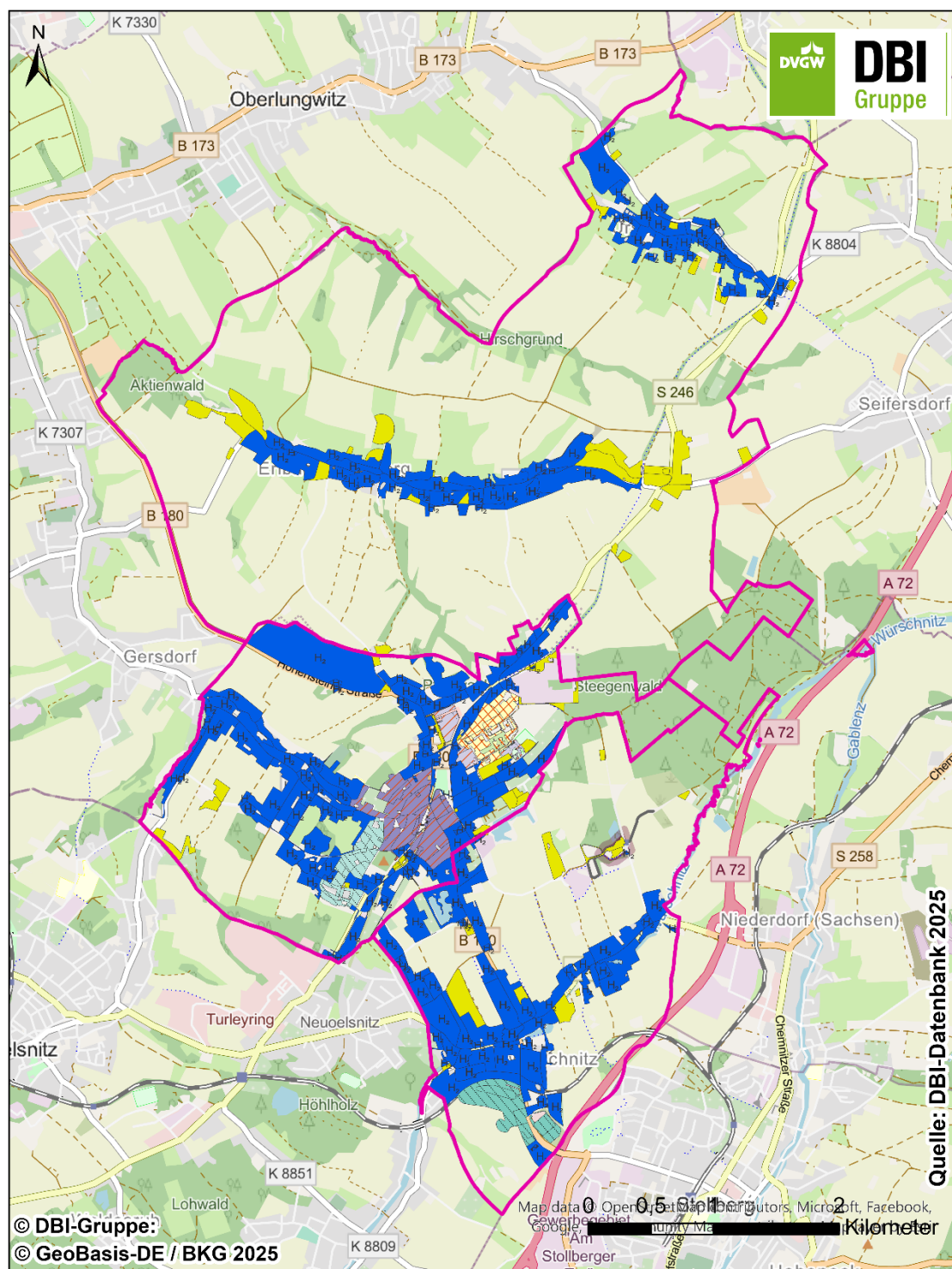
Stromerzeugung Jeweils in t CO ₂ -Äquivalent pro MWh Endenergie		2020	2021	2030	2035	2040	2045
	Wasserkraft	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Windkraft	0,01	0,01	0,009	0,009	0,008	0,007
	Photovoltaik	0,04	0,04	0,035	0,033	0,03	0,027
	Geothermie	0,089	0,089	0,08	0,076	0,071	0,066
	Festbrennstoffe, Holz	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
	Flüssige Biomasse	0,116	0,116	0,113	0,112	0,11	0,109
	Biogas	0,097	0,097	0,092	0,09	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		0,05	0,035	0,027	0,019	0,011
	Strom-Mix-D (UBA)		0,485				
	Strom-Mix-D (LINAS Szenario)	0,438		0,27	0,151	0,032	0,032

Anhang 22: voraussichtliche Gebietseinteilung Szenario Wärmenetze und Grubenwasser

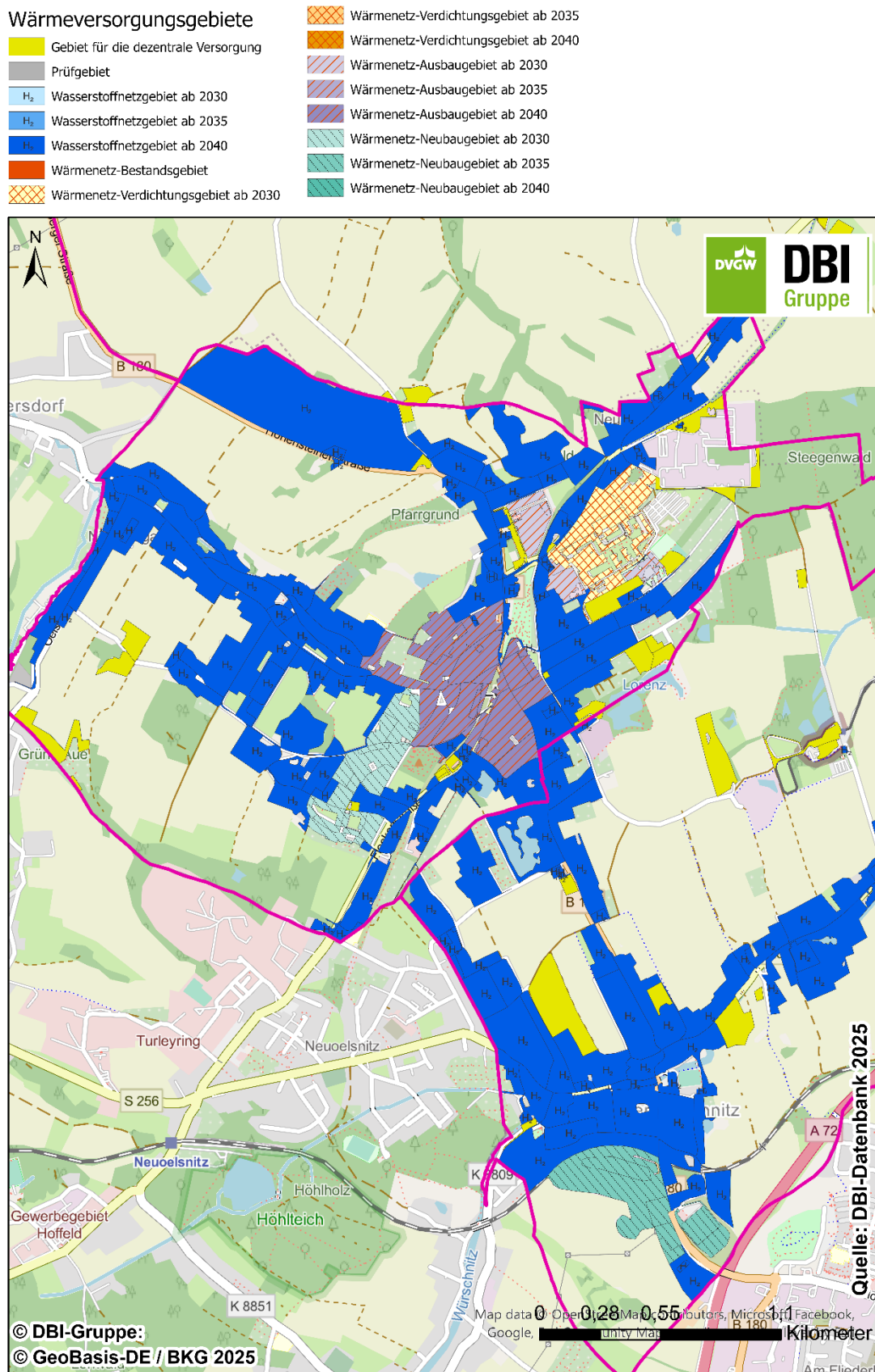
Wärmeversorgungsgebiete

- Gebiet für die dezentrale Versorgung
- Prüfgebiet
- H₂ Wasserstoffnetzgebiet ab 2030
- H₂ Wasserstoffnetzgebiet ab 2035
- H₂ Wasserstoffnetzgebiet ab 2040
- Wärmenetz-Bestandsgebiet
- Wärmenetz-Verdichtungsgebiet ab 2030

- Wärmenetz-Verdichtungsgebiet ab 2035
- Wärmenetz-Verdichtungsgebiet ab 2040
- Wärmenetz-Ausbauggebiet ab 2030
- Wärmenetz-Ausbauggebiet ab 2035
- Wärmenetz-Ausbauggebiet ab 2040
- Wärmenetz-Neubaugebiet ab 2030
- Wärmenetz-Neubaugebiet ab 2035
- Wärmenetz-Neubaugebiet ab 2040



Anhang 23: voraussichtliche Gebietseinteilung Szenario Wärmenetze und Grubenwasser, Zoom auf mögliche Wärmenetzgebiete

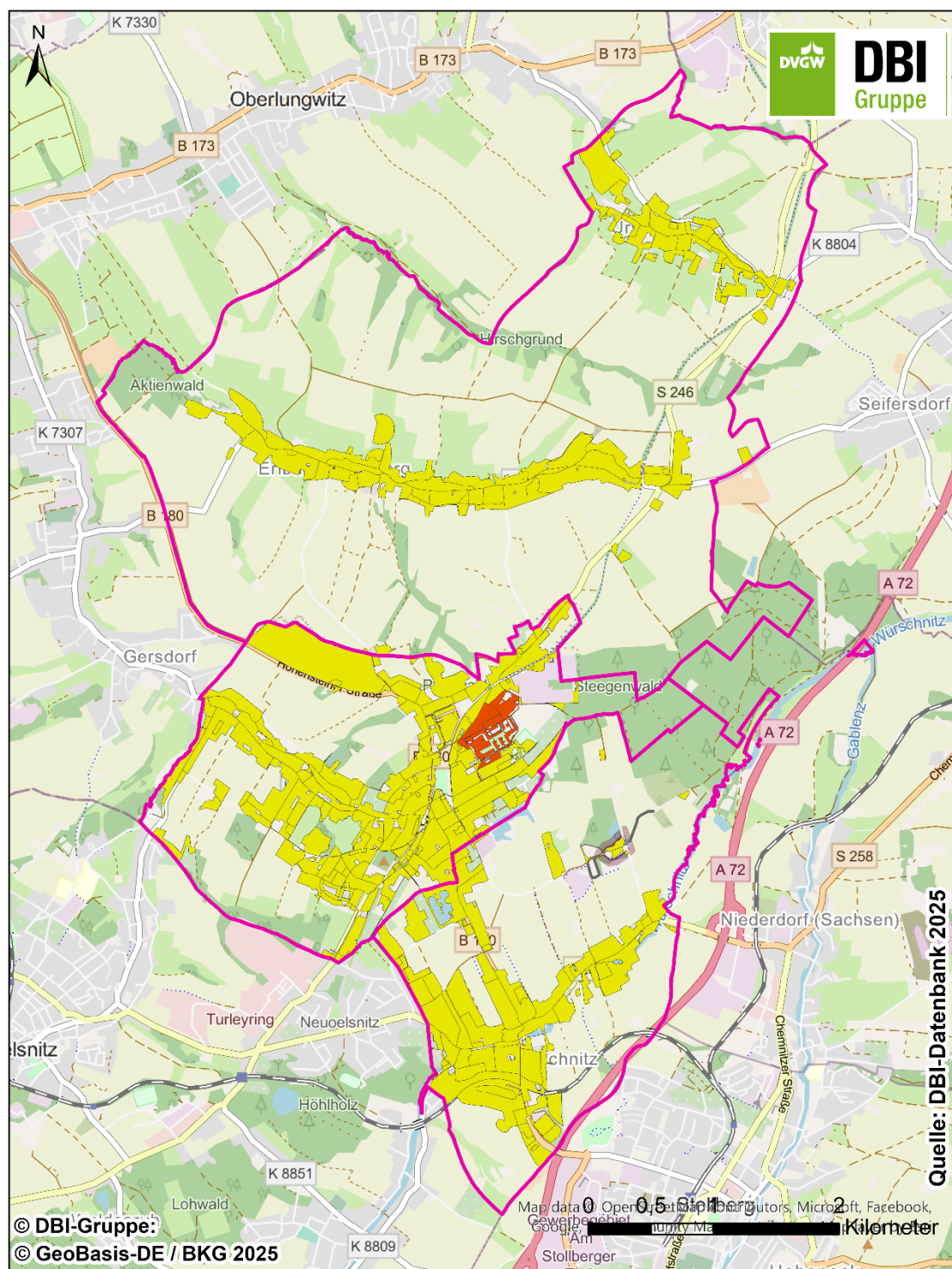


Anhang 24: voraussichtliche Gebietseinteilung Szenario Elektrifizierung

Wärmeversorgungsgebiete

- Gebiet für die dezentrale Versorgung
- Prüfgebiet
- H₂ Wasserstoffnetzgebiet ab 2030
- H₂ Wasserstoffnetzgebiet ab 2035
- H₂ Wasserstoffnetzgebiet ab 2040
- Wärmenetz-Bestandsgebiet
- Wärmenetz-Verdichtungsgebiet ab 2030

- Wärmenetz-Verdichtungsgebiet ab 2035
- Wärmenetz-Verdichtungsgebiet ab 2040
- Wärmenetz-Ausbaugebiet ab 2030
- Wärmenetz-Ausbaugebiet ab 2035
- Wärmenetz-Ausbaugebiet ab 2040
- Wärmenetz-Neubaugebiet ab 2030
- Wärmenetz-Neubaugebiet ab 2035
- Wärmenetz-Neubaugebiet ab 2040



11 Literatur

- [1] Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am Umweltbundesamt, "Erneuerbare Energien in Deutschland: Daten zur Entwicklung im Jahr 2024," 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/hgp_erneuerbareenergien_2024.pdf
- [2] "Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze: Wärmeplanungsgesetz (WPG)," in *Bundesgesetzblatt*, 2023.
- [3] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz): GEG*, 2020.
- [4] Statistische Ämter des Bundes und der Länder. "Zensus 2022." Zugriff am: 17. Juni 2025. [Online.] Verfügbar: <https://www.zensus2022.de/>
- [5] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB), Hg., "Leitfaden Wärmeplanung: Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche," 2024.
- [6] OpenStreetMap Foundation, *OpenStreetMap - Deutschland*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.openstreetmap.de/>
- [7] DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, *DBI GIS-Datenbank* (2025). Leipzig.
- [8] OpenStreetMap Foundation. "OpenStreetMap - Deutschland." [Online.] Verfügbar: <https://www.openstreetmap.de/>
- [9] Alexander Urban - Danpower GmbH, "Struktur- und Absatzdaten Wärmenetz Lugau/Erzgeb.," E-Mail, Mai. 2025.
- [10] N. Lauckner, *Datenbeistellung zum Erdgasverteilnetz in der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz: Verbrauchsdaten und Trassenverläufe*.
- [11] R. Menster, "Datenbeistellung, Strukturdaten und Stromverbrauchsdaten der Verwaltungsgemeinschaft Lugau und Niederwürschnitz", E-Mail, Mrz. 2025.
- [12] 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, Jun. 2024.
- [13] Bundesnetzagentur (BNetzA). "Marktstammdatenregister: Einheiten und Anlagen (Stand: 2024)." [Online.] Verfügbar: <https://www.marktstammdatenregister.de/>
- [14] GEsetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung: Energiewirtschaftsgesetz - EnWG, 2005. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/EnWG.pdf
- [15] Verordnung über das zentrale elektronische Verzeichnis energiewirtschaftlicher Daten: Marktstammdatenregisterverordnung - MaStRV, 2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/mastrv/MaStRV.pdf>

- [16] Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien: Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023, 2014. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/EEG_2023.pdf
- [17] Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung: Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz - KWKG, 2015. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/kwkg_2016/KWKG_2025.pdf
- [18] Umweltbundesamt. "Klima | Energie - Die Treibhausgase." Zugriff am: 10. Juli 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase>
- [19] Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Hg., "Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen," Darmstadt, Mrz. 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.iwu.de/fileadmin/tools/kea/kea.pdf>
- [20] 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: <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/kommunale-waermeplanung/einfuehrung-in-den-technikkatalog>
- [21] Umweltbundesamt (UBA), Hg., "Erneuerbare Energien in Deutschland: Daten zur Entwicklung im Jahr 2024," Dessau-Roßlau, Mrz. 2025. Zugriff am: 27. Mai 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/hgp_erneuerbareenergien_2024.pdf
- [22] Bundesnetzagentur. "Marktstammdatenregister (MaStR)." [Online.] Verfügbar: www.marktstammdatenregister.de
- [23] Umweltbundesamt. "Kohlendioxid-Emissionen im Bedarfsfeld „Wohnen“." Zugriff am: 14. Mai 2025. [Online.] Verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/kohlendioxid-emissionen-im-bedarfsfeld-wohnen>
- [24] F. Sensfuß, C. Maurer, G. Deac, P. Mellwig und J. Müller-Kirchenbauer, "Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3: - T45 Welten -, " Karlsruhe, Mrz. 2022. Zugriff am: 8. Juli 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45_Bericht_Gebaeude_LFS3_T45_v02a-komm_bmwk-v01_jpk_pm20221108.pdf
- [25] F. Sensfuß, C. Maurer, G. Deac, P. Mellwig und S. Blömer, "Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3: - O45 Welten -, " Heidelberg, Jul. 2024. Zugriff am: 8. Juli 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/20240924_Gebaeudebericht.pdf
- [26] J. Amme, "Der Photovoltaik- und Windflächenrechner - Geodaten Potenzialflächen," Version v1.0, 2022, doi: 10.5281/ZENODO.6728382.
- [27] Deutscher Wetterdienst (dwd). "Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Leistungen - Open Data Bereich des Climate Data Center." Zugriff am: 19. Mai 2025. [Online.] Verfügbar: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/cdc/climate-data-center.html>
- [28] LG Berlin, *Anforderungen an Heiz- und Warmwasserwärme mangels vertraglicher Regelung - Fenster-undichte.*
- [29] Viessmann Holding International GmbH. "Solare Deckungsrate." Zugriff am: 17. Juni 2025. [Online.]

Verfügbar: <https://www.heizung.de/lexikon/solare-deckungsrate.html>

- [30] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, *iDA - interdisziplinäre Daten und Auswertungen*. [Online]. Verfügbar unter: <https://umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/ida/>
- [31] G. Huber, "Energetische Nutzung von Grubenwasser," Dissertation, Bergakademie Freiberg, Freiberg, 1990.
- [32] A. Jessop, "Geothermal Energy from old Mines at Springhill, Nova Scotia, Canada," in *World Geothermal Congress*, Firenze, Italy, 1995, S. 463–468.
- [33] la Touche, G. D. und M. Preene, "The potential use of ground energy in the mining industry - exploration to closure," in *11th International Mine Water Association Congress: Mine Water - Managing the Challenges*, Aachen, Germany, R. T. Rüde, A. Freund und C. Wolkersdorfer, Hg., 2011, S. 161–166. [Online]. Verfügbar unter: https://imwa.info/docs/imwa_2011/IMWA2011_DiggesLaTouche_259.pdf
- [34] M. Preene und P. L. Younger, "Review or critical Assessment: Can you take the heat? - Geothermal energy in mining," *Mining Technology*, Jg. 123, Nr. 2, S. 107–118, 2014, doi: 10.1179/1743286314Y.0000000058.
- [35] R. Verhoeven *et al.*, "The EC REMINING-lowex project in Heerlen the Netherlands: development of a geothermal mine water pilot project to a full scale hybrid sustainable energy infrastructure Mine Water 2.0," in *Proc. of European Geothermal Congress 2013*, Pisa, Italy, International Geothermal Association IGA, Hg., 2013.
- [36] Z. Shipton, N. Burnside, P. G. Tuohy, S. Yang und G. Johnson. "GigaWattHour Subsurface Thermal Energy storAge: Engineered structures and legacy Mine shafts: STEaM: Research Project." Zugriff am: 19. Dezember 2024. [Online.] Verfügbar: <https://pureportal.strath.ac.uk/en/projects/gigawatthour-subsurface-thermal-energy-storage-engineered-structu>
- [37] D. Banks, J. Steven, A. Black und J. Naismith, "Conceptual Modelling of Two Large-Scale Mine Water Geothermal Energy Schemes: Felling, Gateshead, UK," Rep. 3, doi: 10.3390/ijerph19031643.
- [38] L. Oppelt, K. Kaplin, M. Grimmer, T. Grab, N. Hoth und T. Fieback, "Grubenwassergeothermie als regenerative Energiequelle - Status quo, Risiken und Potenziale,"
- [39] M. Bauer, W. Freeden, H. Jacobi und T. Neu, Hg. *Handbuch Oberflächennahe Geothermie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2018.
- [40] M. Felix and H.-J. Berger, "Steinkohlebergbau und Bergbaufolgen im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz –," Dresden, Rep. 13, 2010.
- [41] H. Jordan und R. Grimm, "Bewertung des Grubenwasserpotenzials Sachsens und Verifizierung umsetzbarer Standorte unter Einbeziehung des Eintrags solarer Wärmegewinne: I. Thermische Nutzung von Grubenwasser," 2001.
- [42] T. Grab *et al.*, "Standortgenaue Machbarkeitsstudie zur regenerativen Energieversorgung von Gebäuden mittels Grubenwassergeothermie in den durch die Folgen des Steinkohleberg schen Gemeinden Oelsnitz i.E., Lugau, Gersdorf und Hohndorf," Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, 2024.
- [43] Deutscher Bundestag, *Entwurf eines Gesetzes zur Beschleunigung des Ausbaus von Geothermieranlagen, Wärmepumpen und Wärmespeichern sowie zur Änderung weiterer rechtlicher Rahmenbedingungen für den klimaneutralen Ausbau der Wärmeversorgung: GEOBG*, 2025. Zugriff am: 30. September

2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/entwurf-geobg-laender-und-verbaendeanhoerung.pdf?__blob=publicationFile&v=6
- [44] Sächsisches Oberbergamt SOBA. "Fachkonzept Oelsnitz/Erzgebirge." [Online.] Verfügbar: <https://www.oba.sachsen.de/fachkonzept-oelsnitz-erzgebirge-5002.html>
- [45] Reiner Lemoine Institut. "Potenzialflächen für Onshore-Windenergie und PV-Freiflächenanlagen aus der Webapplikation "Der Photovoltaik- und Windflächenrechner." Version 1.0.
- [46] Deutscher Wetterdienst (dwd). "Open Data Bereich des Climate Data Center." Zugriff am: 17. Juni 2025. [Online.] Verfügbar: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/cdc/climate-data-center.html>
- [47] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, *Bundes-Klimaschutzgesetz: KSG*, 2019. [Online]. Verfügbar unter: http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl121059.pdf
- [48] Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (KWW), Hg., "KWW-Technik-katalog Wärme-planung & Begleit-do-ku-ment," 06108 Halle (Saale), 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.kww-halle.de/service/infothek/detail/kww-technikkatalog-waermeplanung-begleitdokument>
- [49] Dr. Gianfranco Guidati, Prof. Dr. Jörg Worlitschek, Dr. Luca Baldini und Dr. Michel Haller, "Winterstrombedarf und saisonale Wärmespeicher – mit Sommerwärme Strom im Winter sparen," Bern, Mai. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://speicher.aeesuisse.ch/wp-content/uploads/sites/15/2022/05/FESS_Saisonale_Waermespeicher_Positionspaper_2205.pdf
- [50] Bundesrepublik Deutschland, *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden: Gebäudeenergiegesetz - GEG*, 2023.
- [51] Dr. Reik Liebmann und N. L. Reiko Hölzel, *Versorgungsvorschlag Wasserstoff für Lugau und Niederwürschnitz*.
- [52] Land Baden-Württemberg, *Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg: KlimaG BW*, 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.landesrecht-bw.de/jportal/recherche3doc/KlimaSchG_BW_2023.pdf?json=%7B%22format%22%3A%22pdf%22%2C%22docPart%22%3A%22X%22%2C%22docId%22%3A%22jlr-KlimaSchGBW2023rahmen%22%2C%22portalId%22%3A%22bsbw%22%7D&_=%2FKlimaSchG_BW_2023.pdf
- [53] Dr. Max Peters, Boris Bartenstein, Holger Hebisch, Christian Kaiser, Florian Anders, "Einführung in den Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg," [Online]. Verfügbar unter: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publicationen/Energie/Kommunale-Waermeplanung-Einfuehrung-in-den-Technikkatalog.pdf
- [54] Agora Energiewende. "Agorameter: Version 4.0." Zugriff am: 6. Juni 2025. [Online.] Verfügbar: https://www.agora-energiewende.de/daten-tools/agorameter/live/chart/power_generation/01.06.2025/04.06.2025/hourly
- [55] S. Lüers, A.-K. Wallasch und M. Heyken, "Kostensituation der Windenergie an Land Stand 2024: Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gem. § 99 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2023) zum spartenspezifischen Vorhaben „Windenergie an Land“, Okt. 2024. Zugriff am: 12. November 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/eeg-eb-wal-kostensituation-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=8

- [56] M. Bui *et al.*, "Carbon capture and storage (CCS): the way forward," *Energy & Environmental Science*, Jg. 11, Nr. 5, S. 1062–1176, 2018, doi: 10.1039/c7ee02342a.
- [57] S. Lübbers *et al.* "Vergleich der „Big 5“ Klimaneutralitätsszenarien. Berlin: Stiftung Klimaneutralität." Zugriff am: 6. November 2025. [Online.] Verfügbar: https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2022/03/2022-03-16-Big5_Szenarienvergleich_final.pdf
- [58] Verbraucherzentrale Sachsen. "Energieberatung in Oelsnitz." Zugriff am: 10. Oktober 2025. [Online.] Verfügbar: <https://www.verbraucherzentrale-sachsen.de/beratungsstellen/oelsnitz-energieberatung>
- [59] 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, Jun. 2024.

QR-Code scannen, um
mehr über uns zu erfahren.

