

Fachgutachten Kommunale Wärmeplanung Stadt Bad Dübener

1	Projektpartner	6
2	Grußwort	7
3	Einleitung	8
4	Kommunale Wärmeplanung	11
4.1	Das Planungsinstrument	11
4.2	Methodik und Projektmanagement	12
4.3	Öffentlichkeitsbeteiligung und Kommunikation	15
4.4	Akteursbeteiligung	19
5	Bestandsanalyse	20
5.1	Eignungsprüfung	21
5.1.1	Wärmenetzeignung	21
5.1.2	Wasserstoffnetzeignung	22
5.1.3	Biomethanetzeignung	22
5.2	Datenerhebung	23
5.2.1	Daten der Netzbetreiber	26
5.2.2	Daten der Schornsteinfeger	26
5.2.3	Daten der Kommune	27
5.2.4	Großverbraucher	27
5.2.5	Marktstammdatenregister	27
5.3	Datenverarbeitung	28
5.4	Ergebnisse der Bestandsanalyse	30
5.4.1	Struktur der Kommune	31
5.4.2	Energieinfrastruktur	37
5.4.3	Energiebedarf	39
5.4.4	Energieverbrauch	46
5.4.5	Heutige Endenergie- und Treibhausgasbilanz	50

6	Potenzialanalyse	53
6.1	Bevölkerungsentwicklung	53
6.2	Sanierungspotenzial	55
6.3	Erneuerbare Energien	60
6.3.1	Potenzialflächen	62
6.3.2	Solarstrahlung	66
6.3.2.1	Nutzung von Freiflächen	69
6.3.2.2	Nutzung von Agrarflächen	70
6.3.2.3	Nutzung von Privilegflächen	71
6.3.2.4	Nutzung von Dachflächen	72
6.3.2.5	Zusammenfassung Solarpotenzial	73
6.3.3	Umgebungswärme	74
6.3.3.1	Aerothermische Umgebungswärme	76
6.3.3.2	Hydrothermische Umgebungswärme mit Flussthermie	77
6.3.3.3	Hydrothermische Umgebungswärme mit Seethermie	79
6.3.4	Biomasse und Reststoffe	79
6.3.4.1	Reststoffe	80
6.3.4.2	Biomasse von Agrar- und Grünlandflächen	80
6.3.4.3	Biomasse aus Waldflächen	81
6.3.5	Windkraft	82
6.3.6	Wasserkraft	84
6.3.7	Geothermie	86
6.3.7.1	Oberflächennahe Geothermie	87
6.3.7.2	Tiefe Geothermie	89
6.3.8	Unvermeidbare Abwärme	89
6.3.8.1	Abwärme aus Wirtschaftsprozessen	90
6.3.8.2	Abwasserwärme	91
6.3.9	Wärmespeicher	92
6.4	Zusammenfassung der Potenziale	93

7	Quartiere	96
7.1	Kriterien der Gebietseinteilung	96
7.2	Quartiersübersicht	99
8	Szenarien	101
8.1	Szenario 1: Klimaoptimal mit Individuallösungen	102
8.2	Szenario 2: Individualszenario mit Wärmenetz	103
8.3	Zielszenario	104
9	Wärmewende	106
9.1	Fokusgebiete	106
9.2	Energieplan für das Projektgebiet	107
9.2.1	Endenergiebilanz	108
9.2.2	Treibhausgasbilanz	111
9.2.3	Netze	112
9.2.3.1	Gasnetze	113
9.2.3.2	Wärmenetze	115
9.2.3.3	Stromnetze	118
9.2.3.4	Bilanzielle Gesamtdarstellung	124
9.2.4	Zusammenfassung Energieplan	126
9.3	Maßnahmen	127
9.3.1	Maßnahmencluster Versorgungsstruktur	128
9.3.2	Maßnahmencluster Informieren und Weiterbilden	129
9.3.3	Maßnahmencluster Energiebedarf reduzieren	129
9.3.4	Maßnahmencluster Prozesse und Weiteres	130
10	Kostenvergleich aus Verbrauchersicht	131
11	Controlling-Konzept	136
11.1	Verpflichtung nach dem Wärmeplanungsgesetz	136
11.2	Monitoring	137

12	Verstetigungs-Strategie	140
12.1	Rollierende Fortschreibung.....	140
12.2	Implementierung in die kommunalen Verwaltungsstrukturen	140
12.3	Politische Implementierung.....	142
12.4	Interkommunale Zusammenarbeit	143
13	Kommunikations-Konzept.....	144
14	Zusammenfassung	150
15	Ausblick.....	153
16	Literaturverzeichnis	154
17	Abbildungsverzeichnis.....	168
18	Tabellenverzeichnis.....	172
19	Abkürzungsverzeichnis.....	174

1 Projektpartner

Dieses Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der Stadt Bad Dübener und der Back2B Solution GmbH durchgeführt.

Auftraggeber

Stadt Bad Dübener

Markt 11
04849 Bad Dübener



Auftragnehmer

Back2B Solution GmbH

Leipziger Straße 9
06766 Bitterfeld-Wolfener OT Wolfener



(+49 3494) 699 93 41

<mailto:kontakt@back2b-solution.com>

<https://www.back2b-solution.com/>

Geschäftsführung: Patrick Bulka & Sebastian Bujak | Amtsgericht Stendal | HRB 34470

Die vorliegende Kommunale Wärmeplanung darf ausschließlich unter Nennung der Stadt Bad Dübener sowie der Back2B Solution GmbH inkl. Web-Link veröffentlicht werden. Insofern Änderungen am Fachgutachten, deren Ergebnisse, Berechnungen und Darstellungen vorgenommen werden, ist dies eindeutig kenntlich zu machen und darauf hinzuweisen, dass die jeweiligen Änderungen nicht von der Stadt Bad Dübener und nicht von der Back2B Solution GmbH zu verantworten sind. Eine über die Veröffentlichung hinausgehende kommerzielle und nicht kommerzielle Nutzung durch Dritte, z.B. durch teilweise Veröffentlichung in Berichten, Präsentationen o.ä. sowie die Duplizierung in Gänze oder in Auszügen ist ohne die schriftliche Genehmigung der Stadt Bad Dübener und der Back2B Solution GmbH nicht gestattet.

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

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz,
Naturschutz und
nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

2 Grußwort

Liebe Bürgerinnen und Bürger,

es ist mir eine große Freude, Sie alle im Rahmen unseres Fachgutachtens zur Kommunalen Wärmeplanung begrüßen zu dürfen. In einer Zeit, in der nachhaltige und effiziente Energienutzung immer mehr an Bedeutung gewinnt, ist es besonders wichtig, dass wir gemeinsam an zukunftsfähigen Lösungen für unsere Stadt arbeiten.

Als Ihre Bürgermeisterin liegt mir das Wohl der Stadt Bad Dübén sehr am Herzen. Die Wärmeplanung stellt einen zentralen Schritt auf dem Weg zu einer klimafreundlichen Stadt dar. Mit diesem Gutachten möchten wir nicht nur technische und wirtschaftliche Aspekte betrachten, sondern auch soziale und ökologische Auswirkungen mit einbeziehen.

Etwa 95 % der Wärmenachfrage im Freistaat Sachsen werden mit fossilen Energieträgern wie Gas, Braunkohle und Heizöl gedeckt. Im Jahr 2023 betrug der Anteil erneuerbarer Energien lediglich 5,5 Prozent. Sachsen belegt im Vergleich der Bundesländer einen vorderen Platz, da 29 Prozent der Haushalte an die Fernwärme angeschlossen sind (alle Zahlen stammen aus dem Jahr 2023). Die Umstellung von Heizsystemen und Wärmenetzen auf erneuerbare Wärmequellen wie Solarthermie, Geothermie, Biomasse oder Abwärme sowie der Einsatz von Wärmepumpen verringert CO₂-Emissionen und trägt zur Erreichung der Klimaziele bei.

Denn nur gemeinsam können wir eine gerechte und nachhaltige Energiezukunft gestalten.

Die Kommunale Wärmeplanung eröffnet uns die Chance, innovative und passgenaue Lösungen zu entwickeln, die auf die besonderen Gegebenheiten und Bedürfnisse unserer Stadt abgestimmt sind. Dabei setzen wir auf eine enge Zusammenarbeit mit Fachleuten, Bürgerinnen und Bürgern sowie lokalen Unternehmen, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen. Ich lade Sie herzlich ein, sich aktiv in diesen Prozess einzubringen und Ihre Ideen und Anregungen mit uns zu teilen. Auch nach Abschluss der Wärmeplanung werden wir weiter an einer klimafreundlichen Zukunft für Bad Dübén arbeiten. Ihre Meinung und Ihr Engagement sind dabei von unschätzbarem Wert, um unsere Stadt zu einem Vorbild in Sachen Klimaschutz und Energieeffizienz zu machen. Lassen Sie uns gemeinsam daran arbeiten, Bad Dübén noch lebenswerter zu gestalten.

Nur gemeinsam können wir die Herausforderungen der Energiewende bewältigen und eine nachhaltige Zukunft für kommende Generationen sichern. Ich bin überzeugt, dass wir mit vereinten Kräften viel erreichen können. Mein besonderer Dank gilt unseren Planern der Back2B Solution GmbH für ihr großes Engagement in diesem wichtigen Projekt.

Herzliche Grüße,

Ihre Bürgermeisterin Astrid Münster

3 Einleitung

Mit dem Kyoto-Protokoll von 1997 wurde erstmals ein völkerrechtlich verbindlicher Rahmen geschaffen, der Industriestaaten zu quantifizierten Reduktionen ihrer Treibhausgasemissionen verpflichtete. Ziel des Abkommens war es, einen ersten globalen Beitrag zur Begrenzung des anthropogenen Klimawandels zu leisten. Das Kyoto-Protokoll legte damit den Grundstein für eine internationale Klimapolitik, offenbarte jedoch zugleich strukturelle Grenzen, da es sich auf einen begrenzten Kreis von Staaten bezog und keine langfristige Perspektive zur vollständigen Dekarbonisierung der Energiesysteme vorgab.

Vor diesem Hintergrund wurde im Jahr 2015 auf der UN-Klimakonferenz in Paris ein neues internationales Klimaschutzabkommen beschlossen, das das Kyoto-Protokoll ablöste. Das Pariser Abkommen verfolgt das Ziel, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst auf 1,5 °C, gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Im Unterschied zu Kyoto verpflichtet es alle Vertragsstaaten zur Formulierung nationaler Klimaschutzbeiträge und zur Entwicklung langfristiger Strategien zur Erreichung von Treibhausgasneutralität. Damit verlagerte sich der Fokus der internationalen Klimapolitik von kurzfristigen Emissionsminderungen hin zu einer grundlegenden Transformation der Energie- und Versorgungssysteme.

Die Umsetzung der im Pariser Abkommen vereinbarten Klimaziele erfolgt maßgeblich auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene. Gleichzeitig zeigen die weltweit beobachtbaren Folgen des Klimawandels, darunter steigende Durchschnittstemperaturen, häufigere Extremwetterereignisse, das Abschmelzen von Gletschern sowie der Anstieg des Meeresspiegels, die Dringlichkeit entschlossener Klimaschutzmaßnahmen. Auch in Deutschland sind die Auswirkungen des Klimawandels zunehmend spürbar, etwa durch eine steigende Anzahl extremer Wetterlagen, Veränderungen in Ökosystemen sowie einen kontinuierlichen Anstieg der jährlichen Durchschnittstemperatur.

Als Reaktion auf diese Entwicklungen hat die Bundesregierung ihre Klimaschutzziele sukzessive konkretisiert und rechtlich verbindlich ausgestaltet. Mit dem Bundes-Klimaschutzgesetz vom Dezember 2019 wurden erstmals verbindliche nationale Minderungsziele festgelegt. Demnach sollen die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 65 Prozent und bis 2040 um 88 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 reduziert werden. Darüber hinaus hat sich Deutschland verpflichtet, spätestens bis 2045 Treibhausgasneutralität zu erreichen.

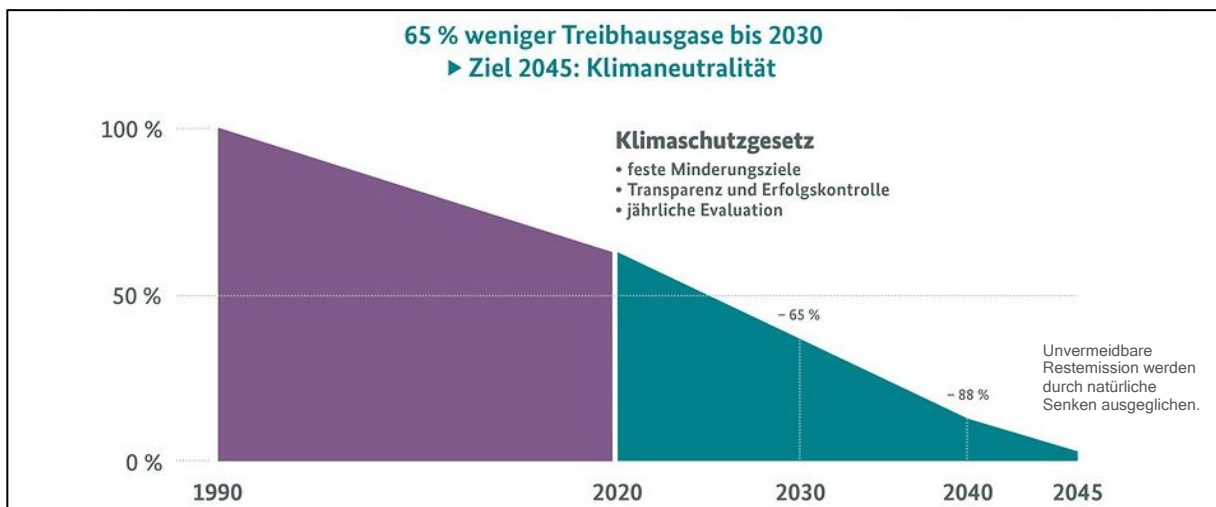


Abbildung 3-1: Ziel von Deutschland zur Klimaneutralität (DIE BUNDESREGIERUNG 2025)

Diese Zielsetzung wurde im selben Jahr auf dem UN-Klimaschutzgipfel in New York ausdrücklich bekräftigt (BMU 2019). Zentrale Ansatzpunkte zur Zielerreichung sind der Ausbau erneuerbarer Energien sowie eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz in allen Sektoren.

Flankiert werden die nationalen Klimaschutzziele durch verbindliche Vorgaben des europäischen Rechtsrahmens. Mit dem Europäischen Green Deal und dem Klimagesetz der Europäischen Union wurde das Ziel der Klimaneutralität bis 2050 auf EU-Ebene rechtlich verankert. Ergänzend verpflichtet das Fit-for-55-Paket die Mitgliedstaaten zu ambitionierten Emissionsminderungen bis 2030. Von besonderer Bedeutung für den Wärmesektor ist die EU-Energieeffizienzrichtlinie, die eine integrierte Wärme- und Kälteplanung sowie die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme fordert. Das europäische Recht bildet damit einen verbindlichen strategischen Rahmen für nationale Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung.

Der Wärmesektor nimmt im Kontext der Klimaschutz- und Energiepolitik eine zentrale Rolle ein. Rund die Hälfte des Endenergieverbrauchs in Deutschland entfällt auf die Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme, wobei die Wärmeversorgung bislang in erheblichem Umfang auf fossilen Energieträgern basiert. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass die nationalen Klimaschutzziele ohne eine grundlegende Transformation der Wärmeversorgung nicht erreichbar sind. Einzelne Maßnahmen, wie der Austausch von Heizungsanlagen oder sektorale Förderprogramme, erweisen sich dabei als nicht ausreichend. Vielmehr bedarf es einer strategischen, langfristig ausgerichteten und räumlich differenzierten Planung der Wärmeversorgung.

Auf dieser Grundlage trat am 1. Januar 2024 das Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz - WPG) in Kraft. Ziel des Gesetzes ist es, die Wärmeversorgung in Deutschland schrittweise klimaneutral zu gestalten und den Einsatz erneuerbarer Energien sowie unvermeidbarer Abwärme systematisch zu fördern.

Kern des WPG ist die verpflichtende Einführung einer kommunalen Wärmeplanung, die es ermöglicht, den lokalen Wärmebedarf, bestehende Infrastrukturen und standortspezifische Potenziale zu erfassen und darauf aufbauend langfristige Zielbilder für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu entwickeln. Das Wärmeplanungsgesetz schafft damit einen verbindlichen planerischen Rahmen, um die Wärmewende als integralen Bestandteil der Energiewende umzusetzen.

Für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung ist ein technologieoffener Ansatz von zentraler Bedeutung. Dieser ermöglicht es, unterschiedliche erneuerbare Wärmequellen und Versorgungslösungen zu berücksichtigen, bestehende Infrastrukturen weiterzuentwickeln und standortangepasste Maßnahmen zu priorisieren. Die Kommunale Wärmeplanung dient somit als zentrales Instrument, um die Transformation der Wärmeversorgung koordiniert, effizient und langfristig tragfähig zu gestalten.



Abbildung 3-2: Kommunale Wärmeplanung (BMWK & BMWSB 2024)

Eine zentrale Aufgabe der Wärmeplanung besteht darin, mehr Klarheit darüber zu schaffen, welche Art der Wärmeversorgung in einem bestimmten Gebiet am besten geeignet ist, um bis 2045 eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.

Die Bundesländer sind durch das Wärmeplanungsgesetz dazu verpflichtet, die Erstellung von Wärmeplänen in ihrem Gebiet zu gewährleisten. Das Wärmeplanungsgesetz richtet sich somit nicht an die Kommunen, um sie zur Wärmeplanung zu verpflichten, sondern an eine als „planungsverantwortliche Stelle“ bezeichnete Institution, deren genaue Bestimmung Sache der Länder und ihrer Landesgesetze ist. Die Verfasser des Fachgutachtens gehen davon aus, dass die Stadtverwaltung die planungsverantwortliche Stelle ist. Aus diesem Grund wird in diesem Fachgutachten über Kommunen, Städte, Gemeinden, Landkreise, Verwaltungen und Kommunale Wärmeplanung geschrieben.

4 Kommunale Wärmeplanung

Die Kommunale Wärmeplanung dient als strategisches Planungsinstrument, um die Klimaschutzziele der Bundesregierung im Rahmen einer nachhaltigen Stadtentwicklung zu erreichen. Die Kommunen entwickeln eine Strategie für den langfristigen Umbau der Wärmeversorgung zur Klimaneutralität, die optimal auf die jeweilige lokale Situation abgestimmt ist. Dies beinhaltet eine Untersuchung des lokalen Wärmebedarfs sowie Strategien in Form von Maßnahmen, wie die Wärmeversorgung langfristig durch erneuerbare Energieträger und CO₂-freie Emissionen gedeckt werden kann.

4.1 Das Planungsinstrument

Die Kommunen haben durch die Wärmeplanung einen starken Einfluss darauf, die Wärmewende schneller und effizienter voranzutreiben. Der ganzheitliche und konsequente Ansatz zur Klimaneutralität bietet der Verwaltung und den kommunalen Entscheidungsträgern einen strategischen Fahrplan, der ihnen in den kommenden Jahren Orientierung bieten kann. Ein Wärmeplan kann niemals die ortsspezifische Planung eines Wärmenetzes oder detailliertere Analysen in einem Quartier ersetzen.

Das Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze wurde am 17. November 2023 vom Deutschen Bundestag beschlossen und trat zum 1. Januar 2024 in Kraft. Mit diesem Gesetz sind die Bundesländer verpflichtet sicherzustellen, flächendeckend Wärmepläne zu erstellen. In der Regel wird diese Aufgabe an Städte und Gemeinden übertragen. Bis zum 30. Juni 2026 müssen die Wärmepläne für Großstädte (Kommunen mit über 100.000 Einwohnern) vorliegen, und bis zum 30. Juni 2028 für Kommunen mit weniger als 100.000 Einwohnern. (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023)

 < 10.000 EW	 10.000 bis 45.000 EW	 45.000 bis 100.000 EW	 > 100.000 EW
<ul style="list-style-type: none"> • Vereinfachtes Verfahren (§§ 4 und 22 WPG) je nach Landesrecht • Gemeinsame Planung (Konvoi) zu empfehlen • Wärmeplan bis spätestens 30.06.2028 erstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Prüfen, ob Konvoi mit umliegenden Kommunen sinnvoll • Wärmeplan bis spätestens 30.06.2028 erstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Prüfen, ob Konvoi mit umliegenden Kommunen sinnvoll • EED-Anforderung erfüllen (§ 21 WPG) • Wärmeplan bis spätestens 30.06.2028 erstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • EED-Anforderung erfüllen (§ 21 WPG) • Wärmeplan bis spätestens 30.06.2026 erstellen

Abbildung 4-1: Kommunale Wärmeplanung (BMWK & BMWWSB 2024)

Nach § 5 des Bundes Wärmeplanungsgesetzes (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023) haben Wärmepläne, die bereits bestehen oder derzeit erstellt werden, nach Landesrecht Bestandsschutz. Das Gesetz sieht vor, dass eine Anpassung an die Bundesvorgaben im Rahmen der ersten Fortschreibung nach Landesrecht erfolgen muss, spätestens jedoch bis zum 1. Juli 2030.

Der Ablauf der Wärmeplanung ist in § 13 WPG definiert. Dieser beinhaltet die Erstellung und Veröffentlichung des Wärmeplans, der auch die Umsetzungsmaßnahmen umfasst. Der Prozess und die Methodik werden im Folgenden dargestellt. (BMWK & BMWSB 2024)

4.2 Methodik und Projektmanagement

Die Kommunale Wärmeplanung umfasst grundsätzlich vier zentrale Arbeitspakete:

- die Bestandsanalyse (A),
- die Potenzialanalyse (B),
- die Szenario-Entwicklung (C) und
- die Wärmewendestrategie mit Maßnahmen (D).

Flankiert werden diese Arbeitstakte durch folgende fortlaufende Tätigkeiten:

- eine Projektorganisation und ein Prozessmanagement
- die Ergebnisdokumentation und
- einer bedarfsgerechte Öffentlichkeitsbeteiligung.

Die genannten Arbeitspakete sind in der folgenden Abbildung zusammengefasst und visualisiert:

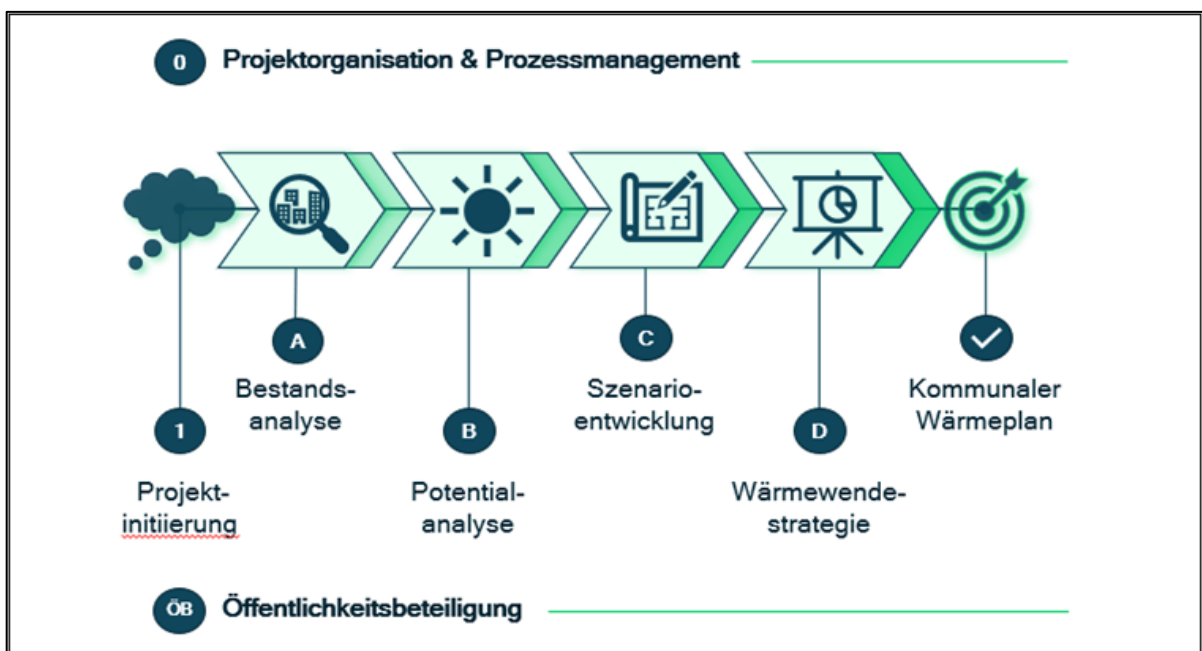


Abbildung 4-2: Ablauf und Phasen einer Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

Projektmanagement

In vielen Fällen wird die planungsverantwortliche Stelle gemäß WPG die Kommune selbst sein, oder die Kommune wird in Zusammenarbeit mit benachbarten Kommunen eine gemeinsame Wärmeplanung durchführen.

Dies ist auf die Ausrichtung der Kommunen am Gemeinwohl und die zunehmenden Bemühungen, um Nachhaltigkeit zurückzuführen, der Kommunen als Trägerinnen der kommunalen Selbstverwaltung verpflichtet sind. Zu Beginn der Wärmeplanung untersucht eine Kommune die in der Verwaltung vorhandenen Kapazitäten und Kompetenzen. (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023)

Bei der Initialisierung der Wärmeplanung sind grundlegende Fragen zu klären:

- Wer übernimmt die Projektleitung innerhalb der Stelle, die für die Planung zuständig ist?
- Soll eine gemeinsame Wärmeplanung geprüft werden?
- Wie soll ein Dienstleistungsunternehmen unterstützen?

Zu Beginn der Wärmeplanung wird die Person oder Stelle festgelegt, die innerhalb der planungsverantwortlichen Organisation die Projektleitung übernimmt. Diese ist für die Wärmeplanung verantwortlich und koordiniert den notwendigen Austausch zwischen den Beteiligten (§ 7 Absatz 5 WPG). Die Person, die mit der Leitung des Projekts betraut wird, sollte das Recht zugesprochen werden, Entscheidungen zur Wärmeplanung zu treffen (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023).

Besonders hilfreich sind Erfahrungen in der Umsetzung und Leitung ähnlicher stadtplanerischer Projekte wie Bauleitplanung, Stadt- oder Quartiersentwicklung sowie im Multi-Stakeholder-Management. Eine gute Vernetzung mit anderen relevanten Verwaltungseinheiten trägt dazu bei, Abstimmungswege kurz und effektiv zu halten. Diese Aufgabe kann von verschiedenen Ämtern wie dem Stadtplanungsamt, dem Umweltamt, dem Bauplanungsamt oder einer neu eingerichteten Stabsstelle übernommen werden.

Normalerweise erstellt das Dienstleistungsunternehmen die Bestandsanalyse, die Potenzialanalyse, die Entwicklung des Zielszenarios, die Gebietseinteilung und die Umsetzungsstrategie in enger Zusammenarbeit mit der Kommune. Das Dienstleistungsunternehmen unterbreitet insbesondere fachliche Vorschläge zur Entwicklung des Zielszenarios, der Gebietseinteilung und der Umsetzungsstrategie, jedoch liegt die endgültige Entscheidung bei der planungsverantwortlichen Stelle. Weitere Aufgaben umfassen die Akteursbeteiligung und die Öffentlichkeitsarbeit. (BMWK & BMWSB 2024)

Bestandsanalyse

Ziel der Bestandsanalyse gemäß § 15 WPG ist die systematische Erfassung der für die Wärmeversorgung relevanten Informationen (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023). Die Analyse bildet die Grundlage für die Entwicklung des Zielszenarios und die Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete. Das digitale Liegenschaftskataster stellt Informationen über die Nutzungsart und Kubatur der Gebäude, Flurstücke und Straßen bereit. Daraufhin werden der gegenwärtige Wärmebedarf und der Wärmeverbrauch erfasst und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen berechnet.

Darüber hinaus erfolgt eine Analyse von Informationen zur Energieinfrastruktur, wie etwa Gas- und Wärmenetzen, zur dezentralen Wärmezeugung in Gebäuden sowie zum Gebäudebestand im Allgemeinen. (BMWK & BMWSB 2024) Die Bestandsanalyse basiert auf Schornsteinfegerdaten, Verbrauchsdaten für leitungsgebundene Energieträger (Gas, Strom, Wärme) sowie dem digitalen Liegenschaftskataster. Darüber hinaus werden lokale Informationen zu Bebauungsplänen, kommunalen Gebäuden und denkmalgeschützten Objekten berücksichtigt.

Potenzialanalyse

Im Rahmen der Potenzialanalyse gemäß § 16 WPG werden die Potenziale für erneuerbare Wärme und unvermeidbare Abwärme im Planungsgebiet erfasst (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023). Dies umfasst sowohl solche, die für die Integration in Wärmenetze geeignet sind, als auch solche für eine dezentrale Nutzung in Gebäuden. (BMWK & BMWSB 2024)

Mit der Potenzialanalyse werden die Einsparmöglichkeiten für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den Bereichen Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD), Industrie und öffentlichen Liegenschaften sowie die lokal verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energien und Abwärme ermittelt. Darüber hinaus werden realistische Umsetzungsraten aufgezeigt.

Szenario-Entwicklung

Das zentrale Element der Wärmeplanung ist die Erstellung des Zielszenarios gemäß § 17 WPG sowie die Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete nach den §§ 18 und 19 WPG (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023). Es gilt, unter Einbeziehung unterschiedlicher Akteure und anhand von Abwägungen und Entscheidungen sowie auf Grundlage von Indikatoren, die Arten der Wärmeversorgung für die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 zu bestimmen. Hierzu zählt eine räumlich differenzierte Darstellung der zukünftigen Versorgungsstruktur. Dies geschieht durch die Festlegung von Gebieten, die für Wärmenetze und eine dezentrale Wärmeversorgung geeignet sind. (BMWK & BMWSB 2024)

Wärmewende-Strategie mit Maßnahmen

Durch die Kommunale Wärmeplanung werden die Potenziale und der Bedarf systematisch zusammengeführt. So können die Nutzungsmöglichkeiten der Energiequellen in einem klimaneutralen Wärmesystem bestimmt und lokal realisiert werden. Basierend auf dem Zielszenario werden grundlegende sowie spezifische Maßnahmen und Strategien entwickelt, die zur erfolgreichen Umsetzung dieses Transformationsprozesses empfohlen werden.

Die Maßnahmen konzentrieren sich spezifisch auf verschiedene Eignungsgebiete und Quartiere sowie auf strukturelle und prozessuale Aspekte der Kommunalverwaltung. Fünf prioritäre Maßnahmen, die innerhalb der nächsten fünf Jahre umgesetzt werden sollen, sind gemäß dem Klimaschutzgesetz möglichst detailliert zu beschreiben.

Die Summe der genannten Maßnahmen soll dabei helfen, die notwendigen Reduktionen von Treibhausgasen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen. In der darauffolgenden Phase der Umsetzung soll der kommunale Wärmeplan als Orientierung dienen. Die Verwaltung und die Stadtvertretung nutzen die Resultate und Handlungsempfehlungen als Basis für die weiterführende Stadt- und Energieplanung. Es ist wichtig, während des gesamten Prozesses die Inhalte anderer kommunaler Vorhaben, wie der Bauleit- oder Regionalplanung, zu berücksichtigen.

Der Wärmeplan muss mindestens alle fünf Jahre aktualisiert werden. Es soll damit kontrolliert werden, ob es Fortschritte gab, welche Strategien umgesetzt wurden und wie die Umsetzung beurteilt wird. Bei Bedarf ist der Wärmeplan im Zuge der Fortschreibung zu überarbeiten. (BMWK & BMWSB 2024)

4.3 Öffentlichkeitsbeteiligung und Kommunikation

Der Erfolg im kommunalen Klimaschutz ist zu einem wesentlichen Teil davon abhängig, wie gut die Kommunikation zwischen der Kommune und der angesprochenen Zielgruppe sowie den beteiligten Akteuren gelingt. Zwar wächst das allgemeine Bewusstsein für Umweltfragen und die Zustimmung dazu, doch der daraus resultierende Handlungsbedarf wird nicht oder nur teilweise umgesetzt.

Das Hauptziel einer funktionierenden Kommunikation besteht darin, die privaten und wirtschaftlichen Akteure für umweltbewusstes und eigenverantwortliches Handeln zu sensibilisieren. Dabei sind die Wissensvermittlung (informieren), die Motivation zum Handeln (überzeugen) und die Stärkung der Beteiligung (kooperieren) zentrale Aspekte. Damit stellt die Kommunikation das wichtigste Hilfsmittel für die erfolgreiche Umsetzung von kommunalen Wärmeplanungen dar, die auf Bundes-, Landes- und kommunalpolitischer Ebene beschlossen wurden. Bei einer erfolgreichen Umsetzung der Kommunikationsstrategie werden die Transparenz gesteigert und eine offene politische Kultur unterstützt.

Zu berücksichtigen ist, dass alle kommunikativen Maßnahmen um die Aufmerksamkeit einer Gesellschaft kämpfen, die bereits täglich von unzähligen Informationen beeinflusst wird. Umso nötiger ist es, die wesentlichen Inhalte konsequent hervorzuheben und für die Zielgruppe aufzubereiten. Die kommunikativen Instrumente müssen auf der Grundlage eines Kommunikationskonzeptes abgestimmt werden. Im ersten analytischen Schritt wird neben der eigentlichen Problemstellung auch eine Analyse der Stärken und Schwächen der bisherigen Vorgehensweise durchgeführt. Es werden zwei Ebenen differenziert:

- Die strategische Ebene, auf der die Zielgruppen festgelegt und zentrale Botschaften ausgearbeitet werden.
- Die operative Ebene, auf der Einzelmaßnahmen diskutiert und realisiert werden.

Für das Ermöglichen von Lernprozessen und Verbesserungen sowie dem Abbau von Hemmnissen sind vor allem die Kontrolle und Dokumentation der Resultate wichtig.

Die Stadt Bad Dübén sollte, basierend auf diesen Vorüberlegungen, ein umfassendes Konzept für Kommunikation und Zusammenarbeit entwickeln. Dies soll dazu dienen, die Akteursgruppen und Kooperationspartner frühzeitig einzubeziehen und die Projekte sowie Aktivitäten innerhalb der Stadt effizient abzustimmen. Es steht vor allem im Fokus, ein Bewusstsein für die Wärmewende zu schaffen und sich mit der Kommunalen Wärmeplanung zu identifizieren.

Der Kommunikations- und Kooperationsplan, der eine kontinuierlich aktualisierte und möglichst vollständige Übersicht über lokale Klimaschutzaktivitäten, Zielgruppen, Zuständigkeiten, Termine und Vernetzungen bietet, ist das zentrale Element des Konzepts. Er soll die Teilnahme für alle interessierten Akteure so einfach wie möglich gestalten. Außerdem enthält der Plan Informationen über kommunale Kommunikationsmaßnahmen, die darauf abzielen, die Öffentlichkeitsarbeit zu stärken. Dies schafft die Möglichkeit, die Ergebnisse zu dokumentieren und zu kontrollieren.

Um die zielgerichtete Zusammenarbeit verschiedener Akteure in themenübergreifenden Wärmewende-Maßnahmen zu fördern, ist ein Kommunikations- und Kooperationsplan von Bedeutung. Zuerst müssen die beteiligten Personen sowie die Beziehungen zwischen ihnen benannt werden. Die Beziehungen sind generisch und weisen in allen Kommunen prinzipiell eine ähnliche Struktur auf. Im Allgemeinen sind Akteure des öffentlichen und des privaten Sektors zu unterscheiden.

Öffentliche Bereiche	Private Bereiche
<ul style="list-style-type: none"> • Überregionale, regionale und lokale Politik • Verwaltung • Stadt- und Gemeindevertretung • Fachausschüsse 	<ul style="list-style-type: none"> • Bürgerinnen und Bürger • Firmen und Unternehmen • Verbände und Vereine

Tabelle 4-1: Öffentliche und private Bereiche

Sind die Zielgruppen identifiziert, können sie gezielt informiert, einbezogen und potenzielle Kooperationspartner aktiviert werden. Informationskanäle umfassen schriftliche Medien sowie Vortrags- und Diskussionsveranstaltungen. Bei allen Kooperationen ist es jedoch wichtig, die Ziele klar zu definieren und die verfügbaren Ressourcen von Beginn an deutlich zu organisieren, da eine erfolgreiche Zusammenarbeit in der Regel durch den Nutzen und die Motivation der Beteiligten gekennzeichnet ist.

Grundsätzlich ist bei allen Maßnahmen zwischen interner und externer Kommunikation zu unterscheiden. Interne Kommunikation hat meist das Ziel, Einzelmaßnahmen genauer abzustimmen und weist einen höheren Detaillierungsgrad auf. Die Zielgruppen sind hierbei vor allem kommunale Abteilungen und politische Akteure. Das Ziel sollte es sein, das Thema Wärmewende bei den „internen Akteuren“ wie die Stadtvertretung oder den Fachausschüssen als eines der Hauptthemen in sämtlichen Verwaltungsbereichen zu verankern, um die Vorbildfunktion und damit auch die Glaubwürdigkeit der Kommune zu stärken.

Wesentliche gemeinsame Handlungsfelder sind der Ausbau der dezentralen regenerativen Energieerzeugung, die Förderung von Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Stärkung von Dienstleistungen und Kommunikationsangeboten im Bereich der Energieversorgung und -nutzung. Externe Kommunikation wird oft gleichbedeutend mit Öffentlichkeitsarbeit verwendet. Die Verbindung zur Öffentlichkeitsarbeit besteht in der Schulung von Verwaltungsmitarbeitern und ihrem vorbildlichen Auftreten als Multiplikatoren gegenüber der Bevölkerung. Öffentlichkeitsarbeit selbst zeichnet sich hauptsächlich durch die Organisation von Informations- und Beratungsveranstaltungen und in zweiter Linie durch Beteiligungsangebote aus. Mögliche Beteiligungsformen sind dabei:

- unterstützenden Beiräte
- Arbeitskreise
- Runde Tische und Foren
- Vereine
- eigenständige Bürgerbeteiligungsgesellschaften

Die Öffentlichkeitsbeteiligung ist ein „weiches“ Instrument, das in der Regel nur in Kombination mit Anreizen, Restriktionen oder neuen Technologien einen nennenswerten Effekt erzielt. Die Kommunen und ihre Kooperationspartner agieren als unabhängige Dienstleister, die zielgruppenspezifische Informationen und themenspezifische Basisberatungen kostenlos anbieten. Darüber hinaus vermitteln sie weiterführende Informations- und zertifizierte Beratungsangebote.

Zielgruppen

Die Kommunikation der Kommunalen Wärmeplanung muss so ausgerichtet werden, dass die unterschiedlichen Zielgruppen informiert, aufgeklärt und aktiv in den Prozess einbezogen werden. Im Kontext der Wärmeplanung sind die folgenden Zielgruppen besonders bedeutsam und sollten aufgrund ihrer unterschiedlichen Beweggründe separat angesprochen werden:

Zielgruppe	Chancen und Herausforderungen
Energieversorger <ul style="list-style-type: none"> • Netzbetreiber für Strom • Netzbetreiber für Wärme • Netzbetreiber für Gas (Wasserstoff, Erdgas, Biogas) • Lieferanten für Biomasse und Biogas • Lieferanten für Wasserstoff 	<ul style="list-style-type: none"> • Sektorenkopplung • zusätzliche Kapazitäten der Netze für Wärmepumpen, E-Fahrzeuge, etc. einplanen und Stromnetze ausbauen • neue Absatzmöglichkeiten • Anschluss von neuen Abnehmern • Ausbau von Wärmenetzen • Rückbau von Gasnetzen • Umnutzung von „klassischen“ Gasnetzen • Dekarbonisierung der Energiebereitstellung • Umstellung von Wasserstoff • Finanzierbarkeit sicherstellen
Wohnungswirtschaft <ul style="list-style-type: none"> • Wohnungsgesellschaften • Wohnungseigentümergeinschaften • private Vermieter • institutionelle Vermieter • Immobilienentwickler • Eigenheimbesitzer • Mieter • Hausverwaltungen • Handwerker • Energieberater 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorschriften seitens GEG kennen und einhalten • Möglichkeiten zur klimaneutralen Wärmeversorgung • Sanierungspotenziale umsetzen • Aufklärung richtig heizen / lüften • Kundenberatung zu den Möglichkeiten die GEG-Vorgaben zum EE-Anteil einzuhalten • individueller Sanierungsfahrplan • Finanzierbarkeit sicherstellen • Förderungen beantragen
Verwaltungsebenen <ul style="list-style-type: none"> • Kommunen • Landkreis • Evtl. Regierungsbezirke • Bundesland 	<ul style="list-style-type: none"> • Flächen zum Aufbau der benötigten Infrastruktur identifizieren und nutzen • Neue Einnahmemöglichkeiten • Bürger/innen einbinden und informieren • Akzeptanz bei Mitarbeitern • Vorbildfunktion der einzelnen Instanzen

Tabelle 4-2: Zielgruppenanalyse

4.4 Akteursbeteiligung

Wie zuvor beschrieben, ist es für den Erfolg und die Akzeptanz einer Kommunalen Wärmeplanung wichtig, die lokalen Akteure aktiv zu beteiligen. Im Rahmen einer Akteursanalyse wurden zu Beginn die relevanten Akteure identifiziert und ihre Erwartungen an die KWP erfasst.

Das Konzept wurde unter Mitwirkung und Unterstützung vieler Akteure ausgearbeitet. Hier sind neben den politischen Akteuren und Angestellten der Stadtverwaltung vor allem die lokalen Unternehmen sowie die Netzbetreiber zu nennen, die in den Prozess der Konzepterstellung einbezogen wurden. Des Weiteren wurde im Rahmen der Bestandsaufnahme eine Analyse der produzierenden Betriebe nach ihrem Abwärmepotenzial der unterschiedlichen Unternehmen durchgeführt. Wurden dabei Verbräuche größer 2,5 GWh/a detektiert, werden die entsprechenden Unternehmen kontaktiert und die genauen Daten aufgenommen.

Zusätzlich zu Informationen über die Kommunale Wärmeplanung und Fördermöglichkeiten wurden der bzw. die Firmeninhaber zur Nutzung von Abwärme und Wärmeverbänden befragt. Im Zuge des Erarbeitungsprozesses der KWP fand zudem ein regelmäßiger Austausch mit den Projektbeteiligten und der Projektgruppe statt.

5 Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse basiert auf der Erhebung von Daten zu den bestehenden Gebäudetypen, den Versorgungsstrukturen von Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und Speichern sowie der Analyse der Wärmeversorgungsstruktur in Wohn- und Nicht-Wohngebäuden. Auf dieser Grundlage erfolgt die Ermittlung des Wärmebedarfs und des Wärmeverbrauchs sowie die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen im Bereich Wärme.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die grundlegenden Daten sowie deren Herkunft detailliert beschrieben. Anhand von Beispielen wird verdeutlicht, wie die Analysen zur weiteren Nutzung der Daten in der Kommunalen Wärmeplanung eingesetzt werden.

Hierfür werden die aggregierten Energieversorgungsdaten der Energielieferanten als Basis für die Ermittlung des Endenergieverbrauchs der leitungsgebundenen Energieträger ausgewertet. Dies umfasst den Verbrauch von Strom und Gas. Weiterhin sollten die Daten der Bezirksschornsteinfeger sowie die Endenergieverbräuche der kommunalen Gebäude berücksichtigt werden. Durch die ergänzenden Daten können auch die nicht-leitungsgebundenen Energieträger ermittelt werden.

Nicht-leitungsgebundene Energieträger werden in der Regel zur Wärmeerzeugung genutzt. Dazu gehören beispielsweise Biomasse, Heizöl, Steinkohle, Flüssiggas, Solarthermie und Umweltwärme. Die Verbrauchsmengen dieser Energieträger sowie aller nicht von den Netzbetreibern bereitgestellten Daten werden anhand der Bedarfsberechnung nach DIN-Vorschriften auf Basis jedes einzelnen Gebäudes berechnet.

Ein zentrales Ziel der Bestandsanalyse besteht darin, den Energiebedarf und die Treibhausgasemissionen zu ermitteln, die dem Wärmesektor zuzuschreiben sind. Mit diesen Daten wird eine erste, verursacherorientierte und räumliche Zuordnung der Bedarfe und Umweltwirkungen in der Stadt vorgenommen. Die Ergebnisse bilden die grundlegende Basis für die anschließende Definition der Quartiere, für die Potenzialanalyse zur Abschätzung des zukünftigen Wärmebedarfs und der potenziellen Wärmedeckungsanteile sowie zur Ableitung der Szenarien.

5.1 Eignungsprüfung

Das Wärmeplanungsgesetz sieht vor, dass als erster Schritt der Kommunalen Wärmeplanung Teilgebiete auf deren Eignung geprüft werden. Dabei wird untersucht, ob eine Versorgung durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz in dem jeweiligen Gebiet mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Im Rahmen der Eignungsprüfung muss richtigerweise die Versorgung mit Biomethan ergänzt werden. Teilgebiete sind Gebietseinheiten innerhalb der Stadt, die aus mehreren Grundstücken oder Baublöcken bestehen und zur Untersuchung der möglichen Wärmeversorgung eingeteilt werden. Die Eignungsprüfung ermöglicht eine effiziente Bearbeitung der Wärmeplanung, indem nur die geeigneten Teilgebiete umfassend untersucht werden müssen.

In den Teilgebieten, die nicht geeignet sind, ist es möglich eine verkürzte Wärmeplanung umzusetzen. Die Eignungsprüfung kann ohne zuvor erhobene Daten durchgeführt werden. Zur Klassifizierung von Teilgebieten in „geeignet“ oder „ungeeignet“ werden unter anderem die Siedlungsstruktur, der erwartete Energiebedarf und das Abwärmepotenzial berücksichtigt. Im Wärmeplan sind Teilgebiete, die als ungeeignet gelten, als voraussichtliche Gebiete für die dezentrale Wärmeversorgung ausgewiesen.

5.1.1 Wärmenetzeignung

Zur Bestimmung der Eignung eines Teilgebiets für ein Wärmenetz werden folgende drei Kriterien betrachtet:

1. Vorhandene Wärmenetze
2. Vorhandene Wärmepotenziale
3. Wirtschaftlichkeit des potenziellen Wärmenetzes

Ein Teilgebiet wird nur dann als ungeeignet für ein Wärmenetz angesehen, wenn alle drei Kriterien negativ bewertet werden. Die Prüfung des ersten Kriteriums ergab für die Stadt Bad Dübener Heide ein Nahwärmenetz - im Gebiet „Am Schalm, Hüfnermark, Schmiedeberger Straße und Windmühlenweg“. Für die Beurteilung des zweiten Kriteriums „Vorhandene Wärmepotenziale“ existiert keine einheitliche Definition in der Fachliteratur. Deshalb wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen definiert, dass Wärmepotenziale vorhanden sind, wenn in einem Teilgebiet, oder in unmittelbarer Nähe davon, Abwärmequellen vorhanden sind oder günstige Umweltwärme verfügbar ist. Dies ist für die Stadt Bad Dübener Heide eventuell an der Mulde gegeben. Zur Bewertung des dritten und letzten Kriteriums der Wirtschaftlichkeit wird die Wärmedichte bzw. die Wärmelinienendichte herangezogen. Ein jährlicher Wärmeverbrauch von weniger als 300 MWh pro Hektar gilt als sicherer Indikator dafür, dass ein Wärmenetz nicht wirtschaftlich ist. Insbesondere in zersiedelten Gebieten und bei einzelnen Gebäudegruppierungen ist das Kriterium der Wirtschaftlichkeit nicht erfüllt. In der Stadt Bad Dübener Heide kann in Folge der Beschreibung nicht pauschal davon ausgegangen werden, dass ein Wärmenetz ausgeschlossen werden kann.

5.1.2 Wasserstoffnetzeignung

Analog zur Wärmenetzeignung werden auch bei der Wasserstoffnetzeignung drei Kriterien untersucht:

1. Vorhandenes Gasverteilnetzes mit grundsätzlicher Eignung zur Umstellung auf Wasserstoff
2. Vorhandene dezentrale Wasserstofferzeugung
3. Wirtschaftlichkeit des potenziellen Wasserstoffnetzes

Nach derzeitiger Wasserstoff-Kernnetzplanung existiert aktuell kein Wasserstoffnetz in der Stadt Bad Döben. (BUNDESNETZAGENTUR 2024) Planungen für die Erzeugung von Wasserstoff sind zum Zeitpunkt der Wärmeplanung nicht bekannt. Das bestehende Gasnetz in Bad Döben ist Wasserstoff-ready, Eine Nutzung von Wasserstoff ist aktuell nicht vorgesehen, wird aber im Rahmen der rollierenden Planungen weiter betrachtet.

5.1.3 Biomethanetzeignung

Bei Biomethan werden ebenfalls drei Kriterien untersucht:

1. Vorhandenes Biomethanetz
2. Vorhandene dezentrale Biomethanerzeugung
3. Wirtschaftlichkeit des potenziellen Biomethanetzes

Für Biomethan ergeben sich positive Rahmenbedingungen. Das bestehende Gasnetz kann für die Nutzung von Biomethan weiterverwendet werden und ist grundsätzlich geeignet. Um Biomethan in das Netz einspeisen zu können, ist dieses zu erzeugen und aufzubereiten. Grundsätzlich kann in neue Biogasanlagen investiert werden. Strategisch ist es voraussichtlich jedoch vorteilhafter, bestehende Anlagen auszubauen bzw. bestehende Biogasanlagen, die heute beispielsweise zur Stromerzeugung genutzt werden, um Aufbereitungsanlagen zu ergänzen, damit diese Biomethan in das Gasnetz einspeisen können.

Im Ergebnis der Eignungsprüfung können sowohl Wärmenetze in einzelnen Gebieten und Biomethanetze für das gesamte Projektgebiet nicht ausgeschlossen werden. Eine detaillierte Untersuchung ist demnach durchzuführen.

5.2 Datenerhebung

Im Folgenden wird die praktische Umsetzung der zuvor dargelegten theoretischen Vorgehensweise beschrieben. Das Fundament für die Kommunale Wärmeplanung sind Daten aus unterschiedlichsten Quellen.

In § 15 WPG in Verbindung mit Anlage 1 wird geregelt, welche Daten und Informationen von der planungsverantwortlichen Stelle erhoben werden dürfen, um eine Bestandsanalyse für die Kommunale Wärmeplanung durchzuführen:

- Gas- und Wärmeverbräuche der letzten 3 Jahre:
bei Mehrfamilienhäusern adressgenau, bei Einfamilienhäusern aggregiert
- Informationen zu Wärmeerzeugungsanlagen:
z. B. Brennwertkessel, Energieträger, Leistung
- Gebäudedaten:
Lage, Nutzung, Fläche, Baujahr
- Prozesswärmeverbrauch und Abwärmequellen in Industrie und Gewerbe
- Bestehende oder geplante Wärmenetze:
z. B. Lage, Art, Anschlussleistung, Verluste
- Wärmeerzeuger:
z. B. Standort, Energieträger, Leistung

Diese Daten dienen der systematischen Erfassung des Ist-Zustands der Wärmeversorgung in einer Kommune, um fundierte Entscheidungen für eine zukünftige klimafreundliche und effiziente Wärmeplanung zu treffen.

Dazu wurden Energieversorgungsdaten von den Netzbetreibern angefragt. Diese bilden die Basis für die Ermittlung des Endenergieverbrauchs der leitungsgebundenen Energieträger. Aus diesen Daten kann der Verbrauch von Strom, Gas und Wärme ermittelt werden.

Weiterhin wurden die Informationen der Bezirksschornsteinfeger als auch die Endenergieverbräuche der kommunalen Gebäude angefragt. Die Kontaktaufnahme zu den Netzbetreibern und Schornsteinfegern erfolgte direkt, um eine reibungslose und zeitnahe Datenlieferung zu gewährleisten. Eine weitere Datenquelle sind verwaltungsinterne Informationen, Karten und Fachplanungen, die bei den jeweiligen Fachbereichen und Ämtern angefragt wurden.

Die folgende Abbildung visualisiert die unterschiedlichen Datenquellen und abgefragten Daten.

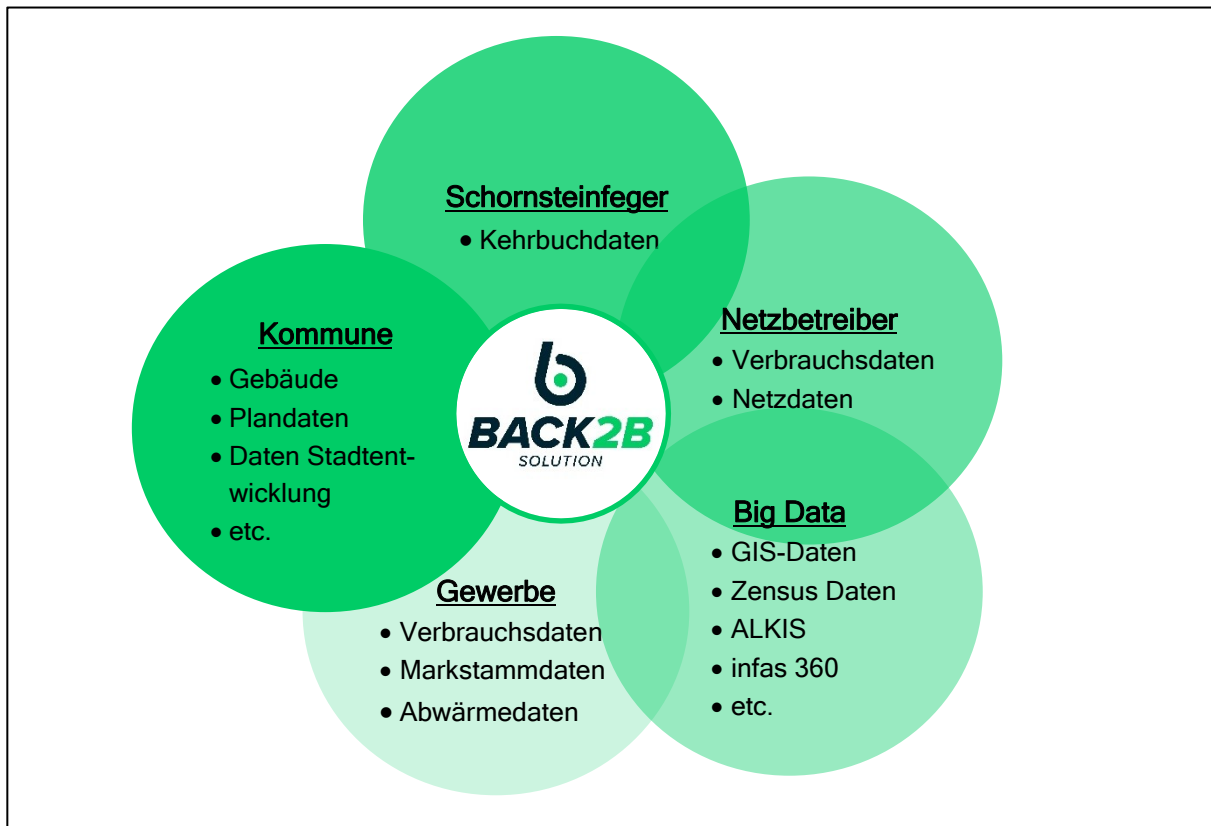


Abbildung 5-1: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

Die zuvor genannten Quellen wurden durch Big-Data Datenlieferanten wie GIS-Daten, Zensus-Daten, ALKIS und infas 360 sowie Daten von Immobilienportalen ergänzt. Damit können Datenlücken geschlossen und die zugearbeiteten Daten plausibilisiert werden.

Die Anfragen an die zuvor genannten Datenlieferanten erfolgte im Zeitraum April bis Mai 2025. Da zu diesem Zeitpunkt noch keine Landesgesetzgebung in Sachsen zur Umsetzung der WPG-Vorgaben existierte, konnte seitens der Schornsteinfeger keine Datenlieferung erfolgen.

Im weiteren Verlauf der Wärmeplanung für Bad Dübener See bzw. der Erstellung des vorliegenden Fachgutachtens wurde am 24. Juni 2025 vom Kabinett die Sächsische Wärmeplanungsverordnung (SächsWPVO) offiziell beschlossen. Mit der SächsWPVO sollen, wie vom Bundesgesetzgeber im WPG vorgesehen, die Kommunen als planungsverantwortliche Stelle für die Erstellung von Wärmeplänen verpflichtet und mit den für die Durchführung der Wärmeplanung notwendigen Rechten ausgestattet werden. Mit der beschlossenen Verordnung zur Wärmeplanung erhalten die sächsischen Kommunen Planungs- und Rechtssicherheit. Kommunen werden darin als „planungsverantwortliche Stelle“ benannt und erhalten die nötigen Rechte zur Datenerhebung und Planung. (SACHSEN 2025)

Die nachfolgende Tabelle bietet einen detaillierten Überblick über die erhobenen Energie- und Geodaten und zeigt insbesondere auf, welche Datenbestandteile abgefragt wurden. Die Datentiefe ist je nach Datentyp bzw. Datenlieferanten sehr unterschiedlich.

Datencluster	Lieferant	Detailgrad	Parameter
Strom- und Brennstoffverbrauch	Daten der Netzbetreiber	Cluster	<ul style="list-style-type: none"> • Versorgungsanlagen • Menge • Lage
Wärmeerzeugungsanlagen	Daten der Schornsteinfeger	Cluster	<ul style="list-style-type: none"> • Versorgungsanlagen • Brennstoff • Nennwärmeleistung • Alter
Gewerbe und öffentliche Gebäude	Öffentliche Hand, Gewerbe- und Industriebetriebe	Gebäude-scharf	<ul style="list-style-type: none"> • Endenergieverbrauch • Art der Wärmeenergiebedarfsdeckung • Anteile erneuerbarer Energien (EE) und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) • Menge und Art der anfallenden Abwärme
Anlagenstruktur	Marktstammdatenregister	Einheiten-scharf	<ul style="list-style-type: none"> • Stromerzeugungseinheiten • Stromverbrauchseinheiten • Gaserzeugungseinheiten • Gasverbrauchseinheiten
Geodaten zur Siedlungsstruktur und zum Gebäudebestand	ALKIS Infas 360 digitales Oberflächen- und Geländemodell Stadtverzeichnis Flächennutzungsplan Kommune	Quellen-abhängig	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudebaujahre • Gebäudegrundfläche • Gebäudenutzung • Gebäudehöhen • Wärmeversorgungsarten • Bevölkerungszahl • Standardwärmeversorgungsart • Gebäudeadressen • Projektgrenze • Gebäude mit Denkmalschutz

Tabelle 5-1: Übersicht der erhobenen Daten und Quellen

5.2.1 Daten der Netzbetreiber

Der kommunale Wärmeenergiebedarf wird unter Verwendung von Bedarfsberechnungen ermittelt. In Bezug auf leitungsgebundene Energieträger können diese Berechnungen mit realen Verbrauchsdaten ergänzt werden. Über diese gebäudescharfen Verbrauchsdaten verfügen die Netzbetreiber für Strom, Wärme und Gas. Wie zuvor beschrieben werden diese Daten aufgrund von DSGVO-Vorschriften in Clustern zusammengefasst.

Zusätzlich zu den Verbrauchsdaten können die Netzbetreiber weitere relevante Informationen über die vorhandene Infrastruktur in der Stadt bereitstellen. Gerade bei umfangreichen Wärmenetzen ist es essenziell, die in den Heizzentralen verwendete Technik zu kennen, um konkrete Transformationspotenziale zu bewerten.

Die folgenden Daten sind Bestandteil der Abfrage:

- Daten für den Gasverbrauch
- Daten für den Stromverbrauch aufgeteilt nach Direktstrom und Wärmepumpen-Strom
- Daten für den Wärmeverbrauch bei Wärmenetzen
- Energieinfrastruktur bzgl. Gasnetze, Wärmenetze und Abwassernetze
- Wärmezentralen mit Art der Wärmeerzeugung, Wärmemenge, Temperaturniveau, Leistung der Erzeuger und Netzabnahme bei Wärmenetzen

5.2.2 Daten der Schornsteinfeger

Wichtige Daten zu Heizungsanlagen in Gebäuden werden von den Bezirksschornsteinfegern erfasst, verarbeitet und dokumentiert. Die Landesgesetzgebung ermächtigt Kommunen, diese Daten von den Schornsteinfegern aus den einzelnen Kehrbezirken abzufragen. Der Landesinnungsverband der Schornsteinfeger erarbeitet in diesem Zusammenhang mit Softwareanbietern eine Ausgabefunktion für den automatisierten Export der benötigten Daten und unterstützt damit wesentlich die Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung. Dies ermöglicht den einfachen Datenexport zur Weiterverwendung in den Analysetools der Planungsbüros.

Folgende Daten werden standardmäßig von den Schornsteinfegern abgefragt:

- Adresse (Kommune, PLZ, Straße und Hausnummer)
- Feuerstätten-Art
- Feuerstätten-Nummer
- Brennstoff
- Nennwärmeleistung
- Baujahr der Anlage

5.2.3 Daten der Kommune

Zu Beginn der Bearbeitung werden allgemeine Daten der Kommunalverwaltung von den entsprechenden Fachbereichen und Ämtern angefordert. Ein zentraler Bestandteil ist das digitale Liegenschaftskataster, das zusammen mit weiteren Fachplanungen verwendet wird. Das digitale Liegenschaftskataster enthält beispielsweise Informationen zu Gebäuden wie die Grundfläche, Funktion und Lagebezeichnung mit Adresse sowie zusätzliche Angaben zu Flurstücken und Flächennutzungen im Gebiet der Kommune.

Darüber werden standardmäßig folgende Daten bei der Kommune angefragt:

- Energiebericht kommunale Liegenschaften
- Erarbeitete Quartierskonzepte
- Geplante Neubaugebiete
- Kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte
- Liste kommunaler Liegenschaften mit Verbrauchsdaten

5.2.4 Großverbraucher

Im Rahmen der ersten Berechnung der Wärmebedarfszahlen können Großverbraucher ermittelt werden, die einen hohen Wärme- und Energieverbrauch aufweisen. Um Abwärme- und Energieeffizienzpotenziale zu erkennen, besteht für Gewerbe- und Industriebetriebe sowie für die öffentliche Hand die Verpflichtung, unter anderem Angaben über Höhe und Art ihres Endenergieverbrauchs zu tätigen. Daher wird im Zuge der Bestandsanalyse untersucht, ob Großverbraucher vorhanden sind, die mindestens 2,5 GWh/a verbrauchen. Wenn Großverbraucher im Rahmen der Definition vorhanden sind, würden potenzielle Firmen hinsichtlich der Nutzung der potenzielle Abwärmemenge abgefragt werden.

5.2.5 Marktstammdatenregister

Das Marktstammdatenregister (MaStR) ist ein zentrales, behördliches Register, das von der Bundesnetzagentur (BNetzA) geführt wird. Es dient als umfassendes Verzeichnis für energiewirtschaftliche Daten in Deutschland. Ziel ist es, die Datenqualität zu verbessern, Meldepflichten zu vereinheitlichen und die Transparenz zu erhöhen. Im Marktstammdatenregister sind vorwiegend Stammdaten des Strom- und Gasmarktes enthalten. Dazu gehören folgende Daten, welche abgefragt werden:

- Stromerzeugungseinheiten mit Energieträger, Anlagenleistung und evtl. Standort
- Gaserzeugungseinheiten mit Technologie, Anlagenleistung und evtl. Standort
- Verbrauchseinheiten
- Strom- und Gasspeicher

5.3 Datenverarbeitung

Sämtliche bereitgestellten und berechneten Daten wurden hinsichtlich Plausibilität und Vollständigkeit überprüft. Daten, die fehlten oder fehlerhaft waren, wurden mit geeigneten Verfahren und Methoden zunächst validiert und anschließend korrigiert. Mit infas 360 als Datenlieferanten konnten Datenlücken in bestehenden amtlichen Datenquellen kompensiert und somit die Prozesse der Datenbeschaffung beschleunigt werden. Damit ist eine qualitativ hochwertige Datenbasis für das Projektgebiet garantiert.

Mit der im Juni 2025 beschlossenen sächsische Wärmeplanungsverordnung wurden die Schornsteinfeger verpflichtet die Kkehrbuchdaten für die Kommunale Wärmeplanung bereitzustellen. Auf dieser Basis wurden die Daten der Schornsteinfeger im August 2025 bereitgestellt. Zu diesem Zeitpunkt war die Wärmeplanung in Bad Düben bereits weit fortgeschritten und die Bestandsanalyse bereits abgeschlossen. Da die von den Schornsteinfegern bereitgestellten Daten in die aktuelle Wärmeplanung einfließen sollten, musste die Bestandsanalyse und Teile der folgenden Arbeitspakete erneut bearbeitet und angepasst werden. Die geculsterten Daten (5 Gebäudecluster) wurden zur weiteren Verarbeitung und zum Einlesen in die Planungs-Software den jeweiligen Gebäuden bzw. Adressen zugeordnet. Die daraus folgende Unschärfe muss bei der Planung in Kauf genommen werden, da die Aspekte des Datenschutzes höher gewichtet sind als die Vorteile der gebäudescharfen Zuordnung der Daten.


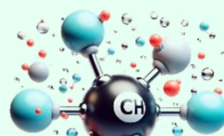


Schornsteinfegerdaten	Daten Erdgas & Strom	Daten Fernwärme	Daten Kommune
			
<u>Parameter:</u> Brennstoffart Nennwärmeleistung	<u>Parameter:</u> Verbrauch Brennstoff	<u>Parameter:</u> Verbrauch Netzinfos Energiequelle	<u>Parameter:</u> Verbrauch Wärme & Strom
<u>Datenqualität:</u> Cluster von 5 Datensätzen (DSGVO)	<u>Datenqualität:</u> Verbrauch der Gesamtkommune	<u>Datenqualität:</u> Gebäudescharf (min. 5 Whg.) (DSGVO)	<u>Datenqualität:</u> Gebäudescharf

Abbildung 5-2: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG BACK2B SOLUTION GMBH)

Die Verbrauchsdaten des Gasnetzbetreibers wurden auf Ebene des gesamtkommunalen Gasverbrauchs übermittelt. Eine Zuordnung der Verbrauchsdaten zu einzelnen Gebäuden ist daher nicht möglich. Um die Verbrauchsdaten dennoch auswerten und mit der Logik der Bedarfsberechnung verknüpfen zu können, wurden mithilfe der Schornsteinfegerdaten die Feuerstätten mit dem Energieträger Gas identifiziert. Anschließend wurde der aggregierte Gasgesamtverbrauch proportional auf die ermittelten Bedarfswerte verteilt. Hierdurch erfolgte eine relative Spiegelung des Gesamtverbrauchs auf die einzelnen Bedarfssegmente, sodass eine konsistente Verknüpfung von Verbrauchs- und Bedarfsdaten auf rechnerischer Ebene ermöglicht wurde.

Der Datensatz für das Fernwärmenetz wurde im Cluster von mindestens 5 Wohnungen zugearbeitet. Diese Verbrauchsdaten wurden in derselben Methodik wie die Schornsteinfegerdaten den einzelnen Adressen zugeordnet.

Im Ergebnis ergibt sich eine Kombination aus Bedarfs- und Verbrauchsdaten sowie eine Zuordnung der Energieträger auf Basis der Schornsteinfegerdaten.

Die Anlage 2 des WPG legt fest, welche Mindestinformationen aus der Bestandsanalyse textuell, grafisch und kartografisch dargestellt werden müssen (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023). Die Darstellung auf Karten muss grundsätzlich mit verschiedenen Ebenen durchgeführt werden. Diese sollen die Informationen so umfassend, transparent und nachvollziehbar wie möglich zu präsentieren und so detailliert wie nötig. Vertrauliche Daten, insbesondere solche mit Sicherheitsbezug, Informationen zu kritischen Infrastrukturen und alle Daten, die mit der Landes- und Bündnisverteidigung in Verbindung stehen, werden nicht angezeigt. An diesen Vorgaben orientiert sich das vorliegende Fachgutachten. Infolgedessen wurde z.B. die Gebiete der Bundeswehr / -polizei in den Darstellungen nicht berücksichtigt, sondern als Waldfläche zugeordnet. Außerdem musste auf eine gebäudescharfe Darstellung aufgrund der zuvor beschriebenen Restriktionen verzichtet werden. Dazu wurden alle Daten in eine Software eingelesen und auf dieser Basis ein digitaler Zwilling für die Stadt Bad Dübener See erstellt. Die unterschiedlichen Abstraktionsstufen sind dabei im Folgenden dargestellt:

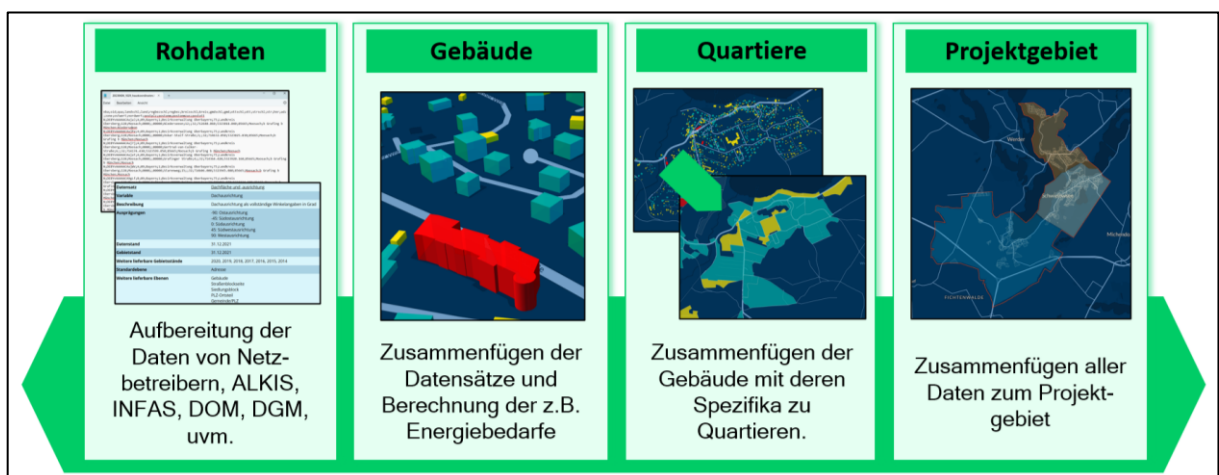


Abbildung 5-3: Aufbereitungs- und Abstraktionsstufen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

Im digitalen Zwilling werden auf Basis von regionaltypisch verwendeten Bauteilen, den Baualtersklassen, der Gebädefunktion, der Bauweise sowie dem Sanierungsstand der einzelnen Gebäude, die Bauteil-U-Werte für Fassaden, Dachflächen, Fenster und Geschossdecken nach der Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude zugeordnet. Außerdem wird für jedes Gebäude die Geschossanzahl mit Hilfe der Gebäudehöhe aus dem digitalen Geländemodell sowie auf Basis der Geschosshöhe nach Baualtersklassen und BSKO-Sektor berechnet.

Im Ergebnis zeigen sich sowohl die gebäudespezifisch verwendeten Bauteile als auch die Anzahl der Geschosse. Ergänzt werden diese Daten um die Gebäudedaten aus dem infas 360 Datensatz. Damit wird die Gebäudenutzfläche nach DIN V 18599-1:2018-9 errechnet. Zusammen mit der Gebäudetypologie nach Vorgabe vom Institut Wohnen und Umwelt (IWU 2010) und den Luftwechselraten nach DIN 4108-2, DIN EN 12831 2008 und DIN V 18599-10:2018-09 wurde so die Wärmebedarfsbilanzierung unter Beachtung der Vorgaben für Wohn- und Nichtwohngebäude der DIN V 18599 2019 und DIN 4108-2 2013 ermittelt.

Alle Informationen wie Bedarfe, Potenziale, Versorgungsarten und Ergebnisse wurden zu den jeweiligen Gebäuden verortet, was eine grafische Darstellung in 2D bzw. 2,5D mit einer entsprechenden Farbskala ermöglicht. Auf diese Weise wurde die komplexe Datenlage für die Stadt beherrschbar und komplizierte Zusammenhänge verständlich dargestellt. Dies ermöglicht außerdem eine stufenlose Skalierung über alle Maßstabsebenen hinweg, was sowohl die Ansicht als Gesamtkarte als auch Detailbetrachtungen bestimmter Gebiete ermöglicht.

5.4 Ergebnisse der Bestandsanalyse

Nachdem die erhobenen Daten vollständig im digitalen Zwilling integriert wurden, ist eine Auswertung der Daten möglich. Die wesentlichen Resultate der Bestandsaufnahme werden im folgenden Kapitel sowohl textlich als auch grafisch dargestellt.

Zunächst wird im Rahmen der Ergebnisvorstellung die grundlegende Struktur der Projektgebiets betrachtet und auf die vorhandene Energieinfrastruktur eingegangen. Anschließend wird in der Eignungsprüfung untersucht, ob Versorgungsgebiete für eine Versorgung mit einem Wärme- oder Wasserstoffnetz bereits zu diesem Zeitpunkt ausgeschlossen werden können. Auf Basis der Modellierung der Wärme- und Strombedarfe sowie des geclusterten Wärmeverbrauchs ergibt sich der gesamte Wärme- und Stromverbrauch für die Stadt Bad Dübener. Abgeschlossen werden die Ergebnisse mit der Energie- und Treibhausgasbilanz die als Grundlage für die weitere Bearbeitung im Rahmen der Potenzialanalyse und des Zielszenarios dienen.

5.4.1 Struktur der Kommune

Bad Düben ist eine Kurstadt im Landkreis Nordsachsen und grenzt im Norden an Sachsen-Anhalt. Südlich schließt sich die Leipziger Tieflandbucht an und die Mulde durchquert das kommunale Gebiet. Bad Düben liegt etwa 120 Kilometer südlich von Berlin und 30 km nordöstlich von Leipzig.

Die Stadt weist eine gute überregionale Verkehrsanbindung durch die Bundesautobahn B2, B107 und B183a und hat damit eine direkte Verbindung an die Städte Leipzig, Dessau, Eilenburg, Torgau und Wittenberg. Die nächsten Autobahnanschlüsse zur A9 Dessau-Ost und A14 Leipzig-Mitte sind ca. 30 Fahrminuten entfernt. Die Anbindung an den öffentlichen Nahverkehr ist gut. Es gibt regelmäßige Busverbindungen z.B. mit der Plus-Bus-Line 196 nach Leipzig. Vom nahegelegenen Bahnhof Eilenburg fahren regelmäßig Züge in Richtung Cottbus, Halle und Leipzig.

Die Kurstadt Bad Düben wird auch als „Tor zum Naturpark Dübener Heide“ bezeichnet. Die Dübener Heide ist zwischen unterer Mulde und mittlerer Elbe mit ca. 77.000 Hektar einer der größten Mischwälder Mitteldeutschlands. Mit vielen Naturschönheiten zieht dieser jährlich Zehntausende Besucher an. Darunter Kurgäste, Wanderer, Radfahrer und Naturfreunde, die Erholung und Entspannung auch in Bad Düben suchen. Die Region wirbt mit über 500 km Rad- und Wanderwegen, zahlreichen Veranstaltungen und Naturerlebnissen.

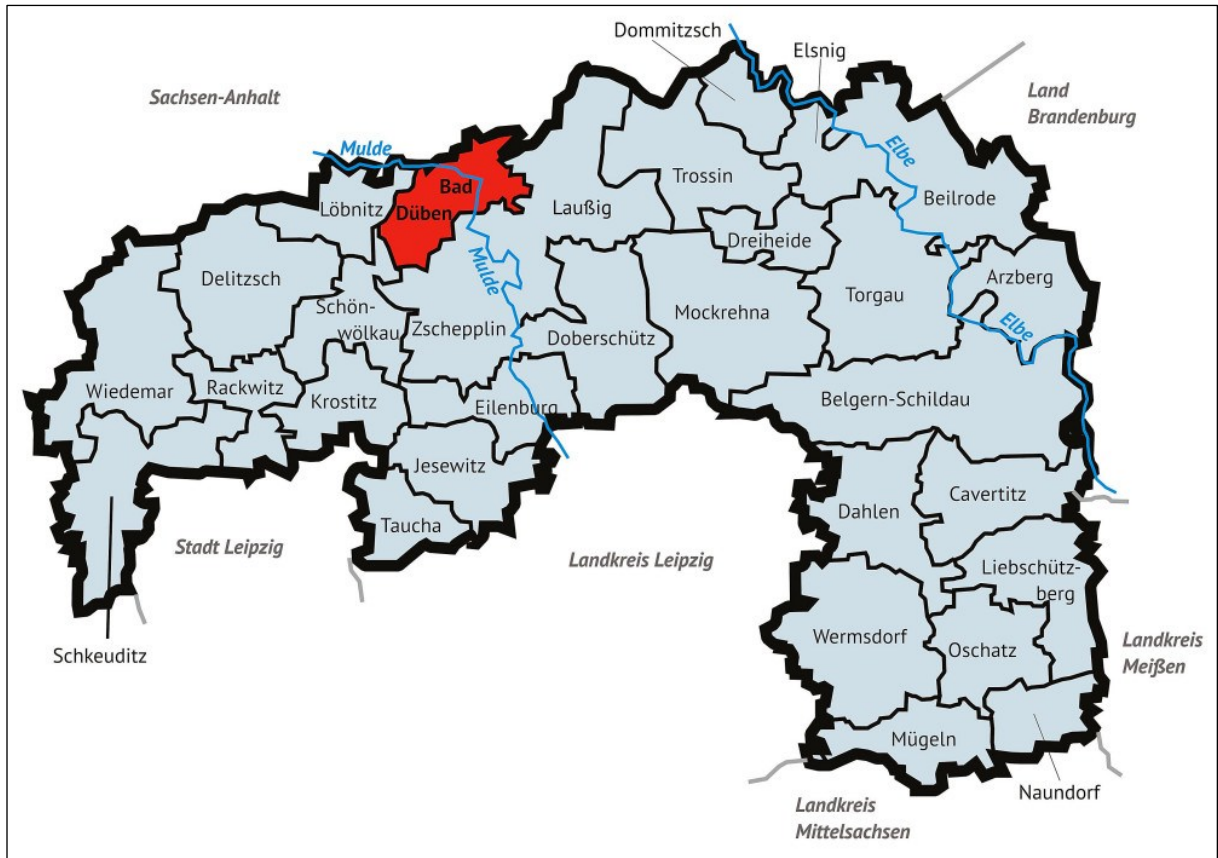


Abbildung 5-4: Lage und Verortung des Projektgebietes (ARCHITEKTUR BLICKLICHT 2024)

Die Stadt Bad Düben besteht aus der Kernstadt und mehreren Ortsteilen, die teils historisch gewachsen und teils eingemeindet wurden. Laut aktueller Hauptsatzung gehören die Ortsteile Schnaditz, Tiefensee und Wellaune sowie zur Kernstadt Alaunwerk und Hammermühle, die alle hauptsächlich durch Wohnnutzung geprägt sind. Mit Stand 31.12.2024 lebten in der Stadt Bad Düben 7.812 Menschen.

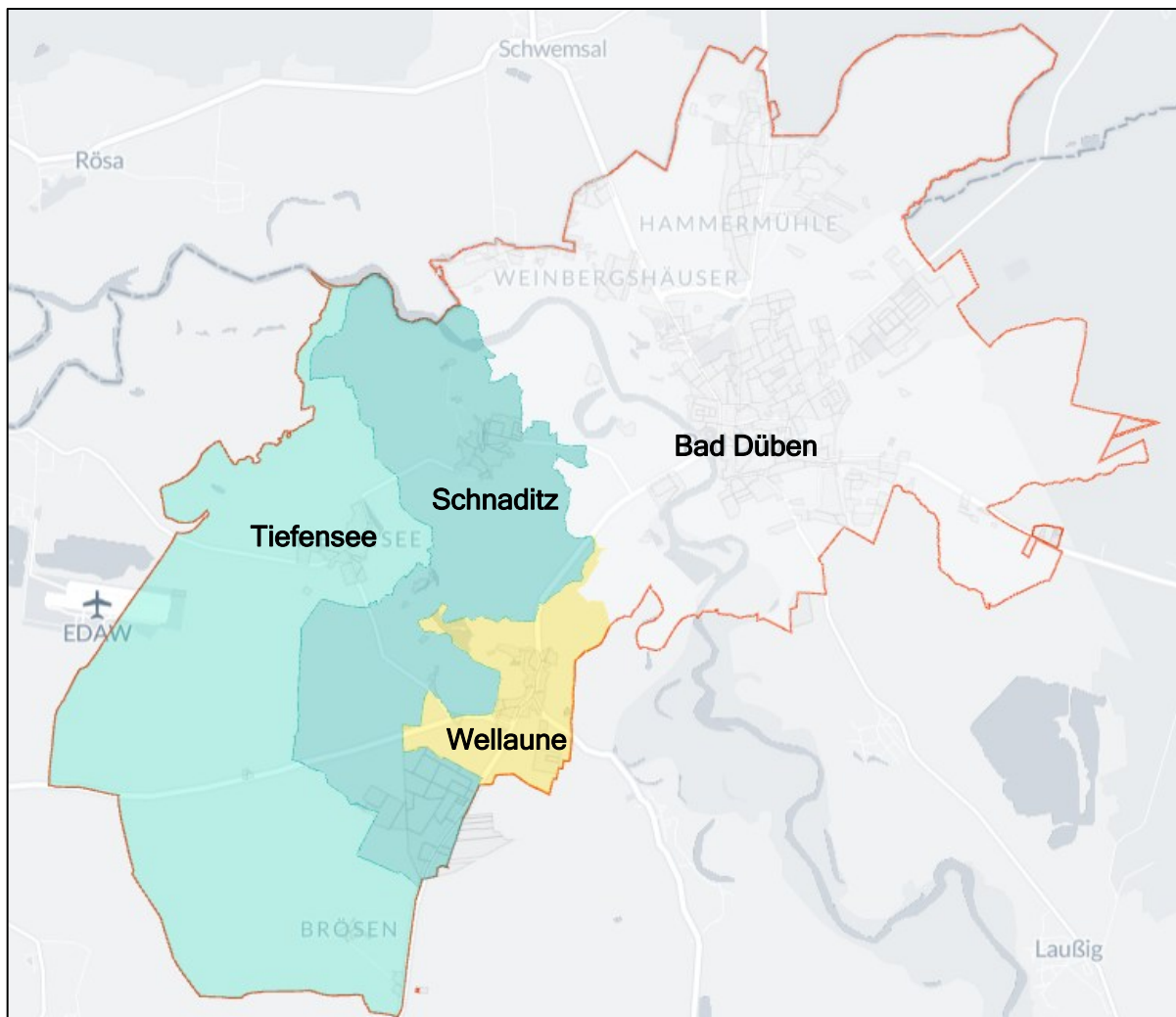


Abbildung 5-5: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen

Wie bereits zuvor beschrieben, bietet Bad Düben zahlreiche Wald-, Wasser, und Naturflächen. Das gesamte Projektgebiet unterteilt sich in 4 Gemarkungsgebiete und umfasst eine Fläche von ca. 4.500 ha. Das Gebiet teilt sich auf 1.399 ha Wald sowie 1.825 ha Agrarland und 423 ha Gras- und Grünland auf. Damit ist der Teil der nicht bebauten Flächen einer eher extensiven Nutzung zuzuordnen, was auch durch großflächig vorhandene Schutzgebiete zu begründen ist.

Die Bestandsanalyse umfasst die Erfassung und Untersuchung von insgesamt 5.987 Gebäuden in der Stadt Bad Dübener Heide. Diese Gebäude stellen 120 ha Gebäudenutzfläche und 86 ha Gebäudegrundfläche dar. Der überwiegende Wohngebäudetyp ist das Einfamilienhaus, die überwiegende Nutzung ist die private Nutzung und das durchschnittliche Baujahr ist 1976. Die folgende Abbildung stellt die Gebäudestruktur nach BSKO-Sektoren auf Baublockebene für das gesamte Projektgebiet der Stadt dar.

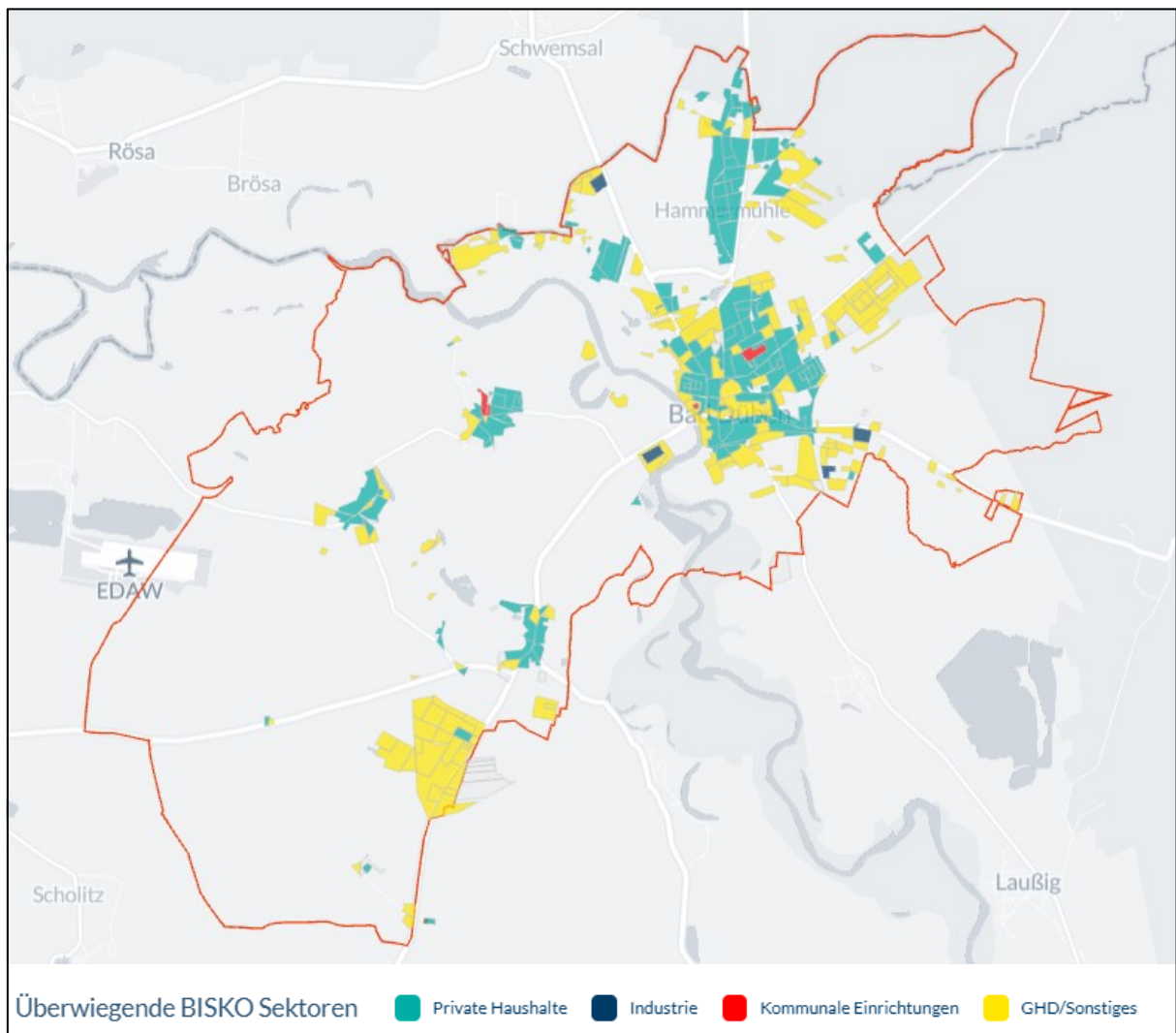


Abbildung 5-6: Baublöcke nach BSKO-Sektoren (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

32,25 % der Gebäude sind Wohngebäude, während die restlichen 67,75 % Nicht-Wohngebäude sind. Bei den Nicht-Wohngebäuden entfallen ca. 99 % der Gebäude auf den Sektor Gewerbe, Handel & Dienstleistungen (GHD) sowie auf sonstige Gebäude. Sonstige Gebäude sind beispielsweise Nebengebäude, Schuppen oder ähnliches, die den Großteil des Anteiles in dieser Klasse ausmachen.

1.990 der 5.987 Gebäude sind wärmeversorgt. Von den 1.990 wärmeversorgten Gebäude, sind 1.643 Gebäude, also 83% den privaten Haushalten zuzurechnen (türkis), 11 Gebäude dem Sektor Industrie, 324, also 16% dem Gewerbe, Handel & Dienstleistungssektor (gelb) und 15 Gebäude den kommunale Einrichtungen (rot). Die folgende Abbildung stellt die Nutzung der Gebäude nach BSKO-Sektoren zusammenfassend dar.

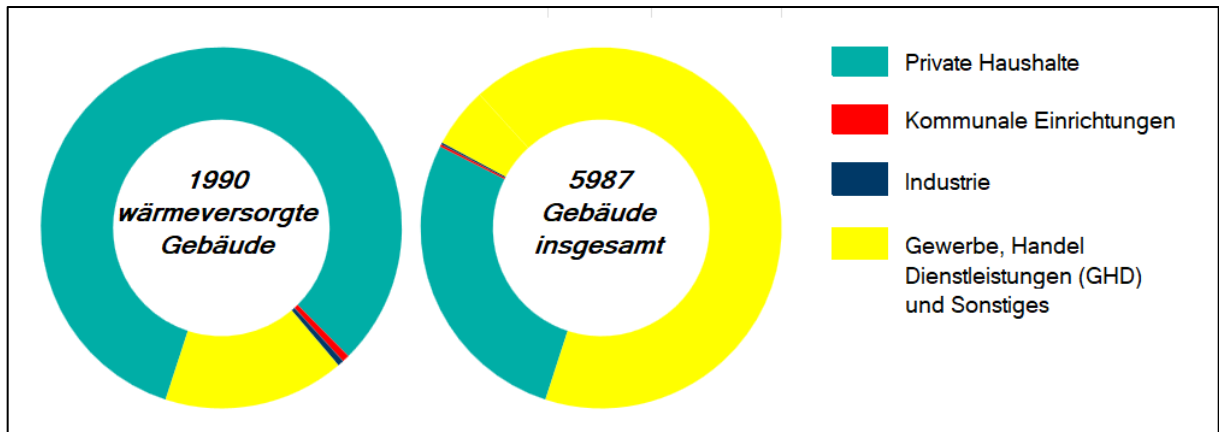


Abbildung 5-7: Gebäudebestand nach BSKO-Sektoren

Die Abbildung unten zeigt die Verteilung der absoluten Anzahl der Gebäude nach Baualtersklassen und BSKO-Sektoren. Die Baualtersklasse 1994 - 2000 weist mit 406 Gebäuden den höchsten Wert auf. Folglich sind 1452 Gebäude mindestens 23 Jahre alt. Dies deutet bei noch nicht durchgeführten Sanierungen zunächst auf ein relevantes Energieeinsparpotenzial durch die Erneuerung von Fassaden, Dächern, Fenstern und Heizungen hin, welches in der folgenden Betrachtung sowie in der Potenzialanalyse berücksichtigt wird.

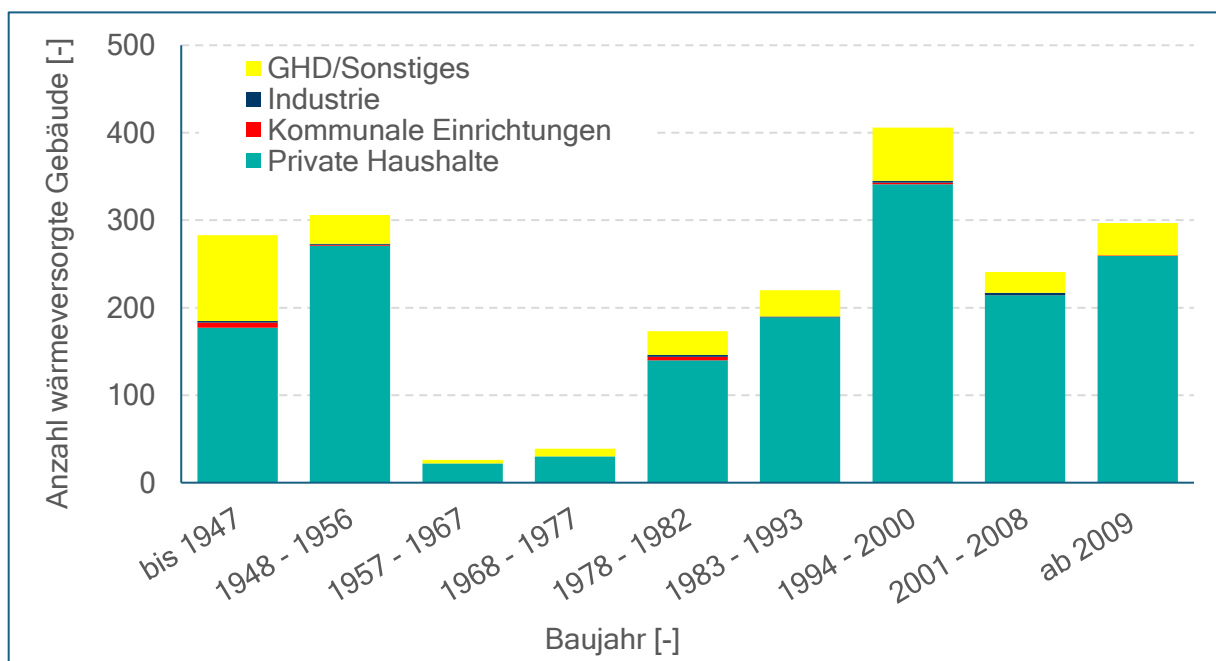


Abbildung 5-8: Anzahl der wärmeversorgten Gebäude nach Baualtersklassen und BSKO-Sektoren

Die folgende Abbildung visualisiert den Gebäudebestand nach Baualtersklassen für das betrachtete Projektgebiet. Hierzu wurden die Baualtersklasse von Gebäuden den Baublöcken in den jeweiligen Gebieten zugeordnet. Dargestellt sind Durchschnittswerte. Die Baublöcke mit Gebäuden 30 Jahre und älter sind in Rot bis Orange dargestellt und Gebiete mit jüngeren Gebäuden sind in Hellblau bis Blau abgebildet.

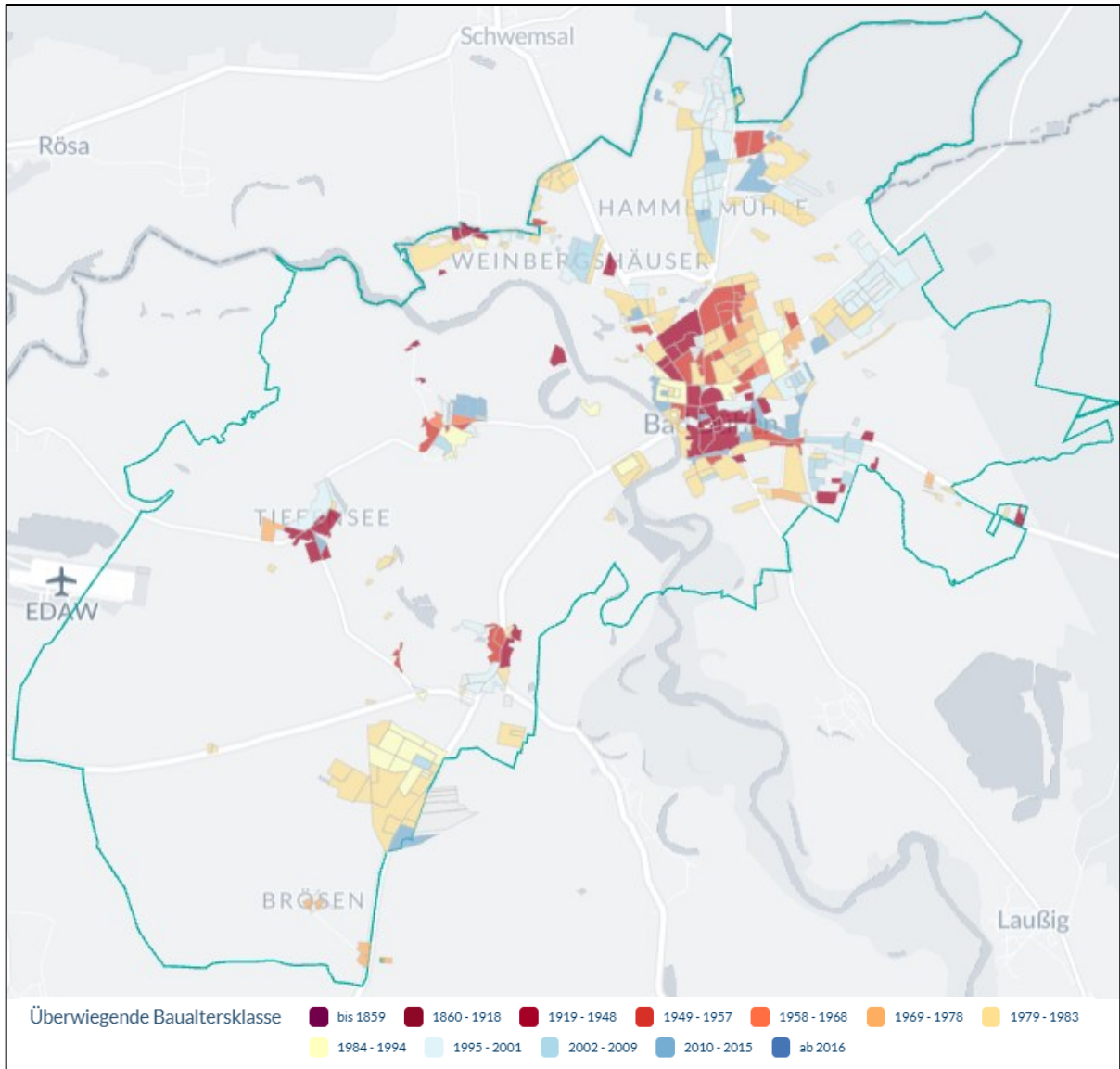


Abbildung 5-9: Baublöcke nach Baualtersklassen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Auf Basis des Baualters sowie weiterer Faktoren, die näher in der Potenzialanalyse erläutert werden, wird der Sanierungszustand jedes Gebäudes berechnet. Im Folgenden wird der Sanierungszustand der Gebäude dargestellt. Wie bereits zuvor berechnet, weisen ca. 73% der Wohnhäuser eine Indikation aus dem Baualter auf, die auf ein relevantes Sanierungspotenzial hinweist.

In folgender Übersicht ist der berechnete Sanierungszustand in Baublöcken dargestellt, wobei immer der überwiegende Sanierungszustand für den jeweiligen Baublock angezeigt wird.

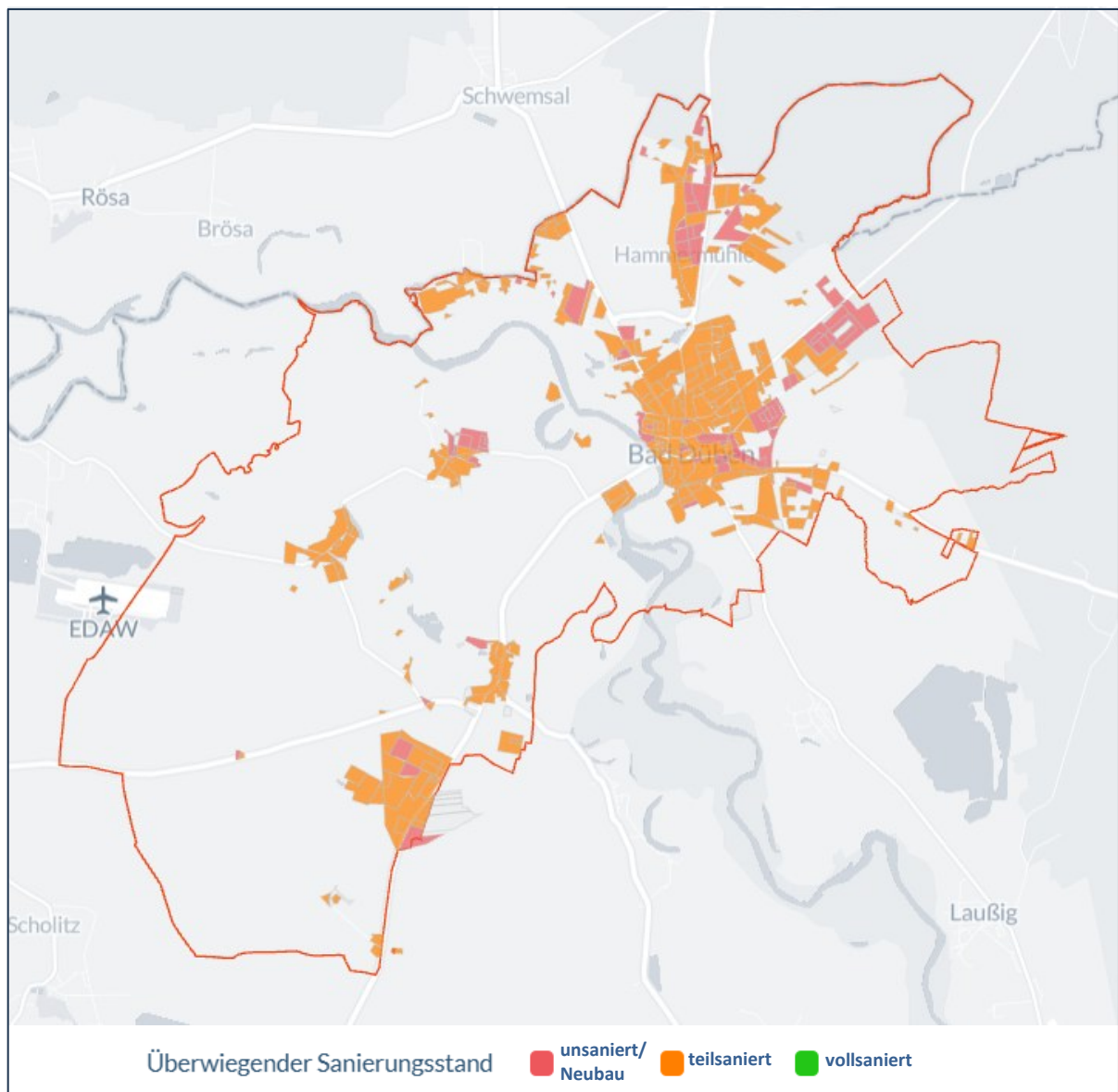


Abbildung 5-10: Sanierungsstand im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

5.4.2 Energieinfrastruktur

Die Gasnetzinfrastruktur in Bad Dübén ist gut ausgebaut und bereits Wasserstoff-ready. Die Gesamtlänge der Gasleitungen im Projektgebiet beträgt 58.396 m. Die Ortsteile Tiefensee und Wellaune sind nicht an das Gasnetz angeschlossen. 823 der insgesamt 1.990 wärmeversorgten Gebäude beziehen leitungsgebunden Gas. Die Netzinfrastruktur ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

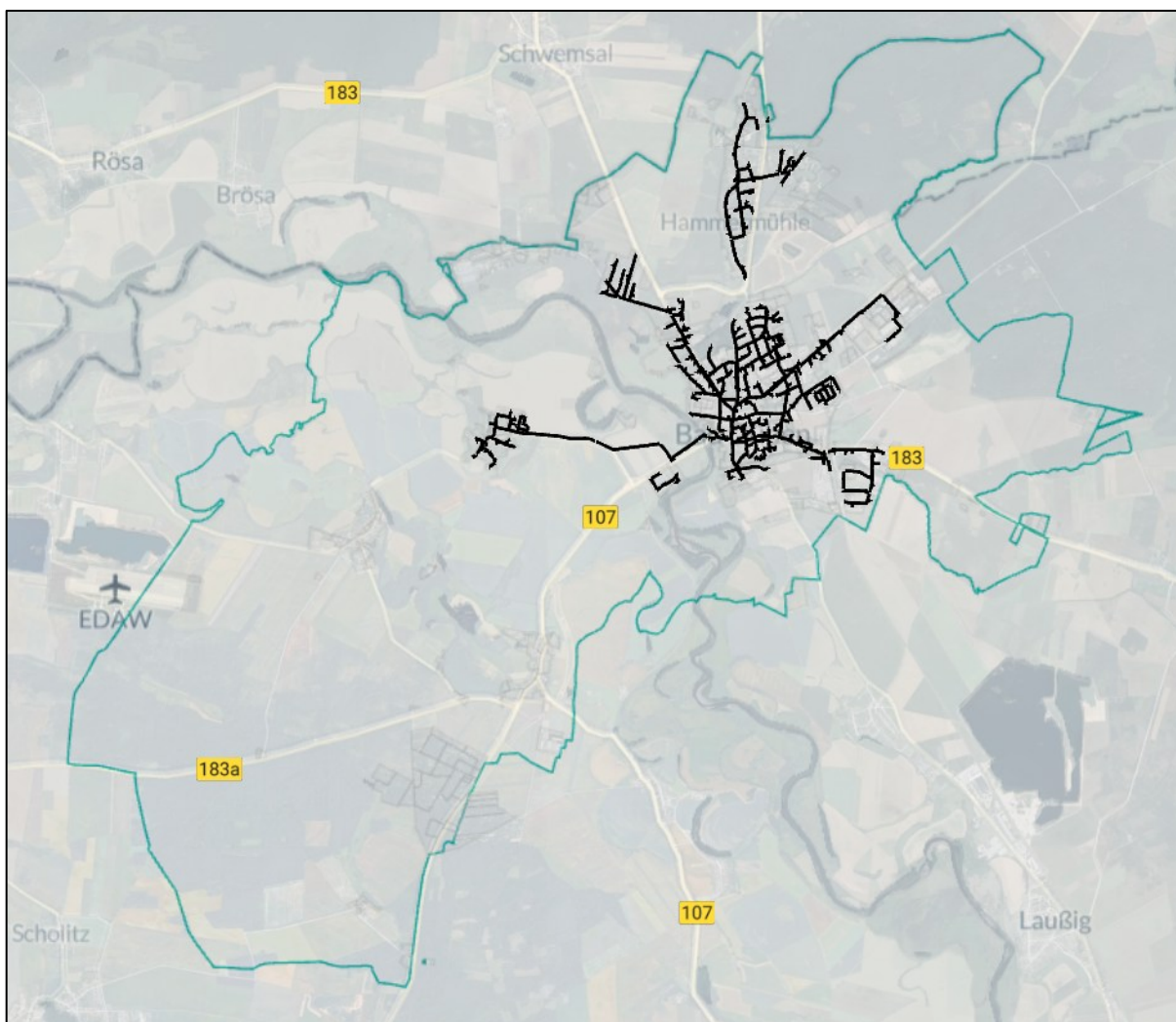


Abbildung 5-11: Gasnetz im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Die folgende Aufzählung der bestehenden und geplanten Anlagenstruktur in Bad Dübén beruht auf Daten aus dem Marktstammdatenregister, wie bereits im Kapitel Datenerhebung beschrieben. Zum Zeitpunkt des Datenausguges zum Start der Kommunalen Wärmeplanung im Frühjahr 2025 lagen folgende Anlagen in Bad Dübén vor:

In Betrieb:

- 200 elektrische Speicher als Batterien mit einer Gesamtspeicherkapazität von 17.698,56 kWh
- 478 Solaranlagen mit einer Nettonennleistung von 9.485,45 kW
- 1 Blockheizkraftwerk mit Biomethan mit einer Nettonennleistung von 654 kW
- 10 KWK-Anlagen mit einer Nettonennleistung von 1.144,75 kW
- 1 Wasserkraft-Anlage mit einer Nettonennleistung von 22 kW
- keine Windkraftanlagen

In Planung:

- 5 Solaranlagen mit einer Nettonennleistung von 84,95 kW

Die Stromnetzinfrastruktur in Bad Düben ist ebenfalls gut ausgebaut. Es sind alle Ortsteile an das Stromnetz angeschlossen. Die Netzinfrastruktur auf Mittelspannungsebene ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

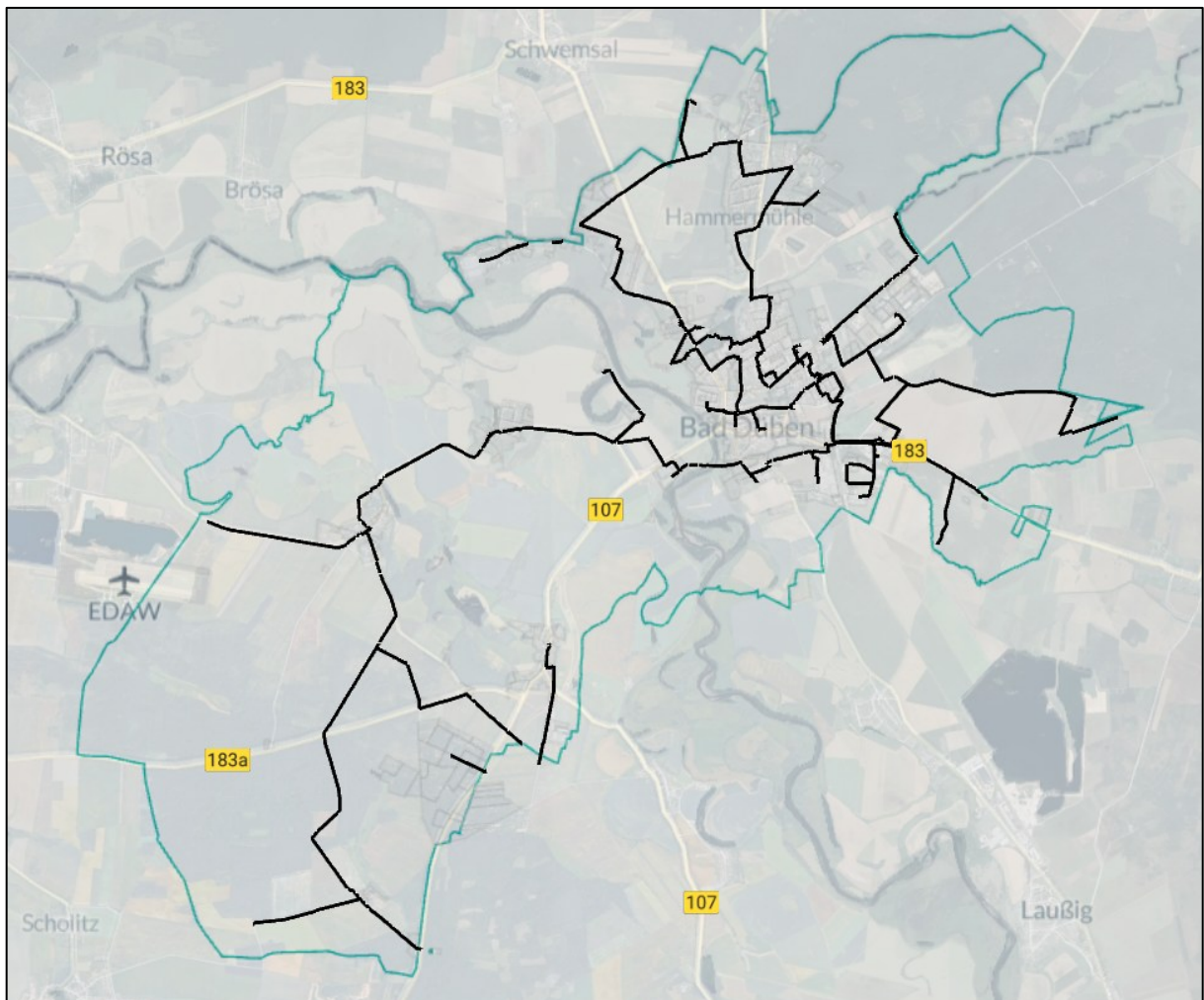


Abbildung 5-12: Stromnetz im Projektgebiet (Mittelspannungsebene; MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

5.4.3 Energiebedarf

Ziel der Energiebereitstellung ist es, die umgewandelte Primärenergie aus unterschiedlichen Quellen optimal zu nutzen. Dabei spielt es keine Rolle, ob Wärme, Strom oder Brennstoff als Haupt- oder Nebenprodukt entsteht. Primärenergie umfasst die Energiegehalte der natürlichen Energieträger, die zur menschlichen Energieumwandlung genutzt werden. Auf der Erde treten solche Energiequellen in unterschiedlichen Formen als Primärenergie auf. Durch die Umwandlung dieser Primärenergie in eine standardisierte Form entsteht Sekundärenergie. Am Verbrauchsort steht dann Endenergie zur Verfügung. Wenn diese Endenergie für eine bestimmte Nutzung, wie beispielsweise die Umwandlung in Raumwärme durch eine Heizungsanlage, verwendet wird, wird dies als Nutzenergie bezeichnet.

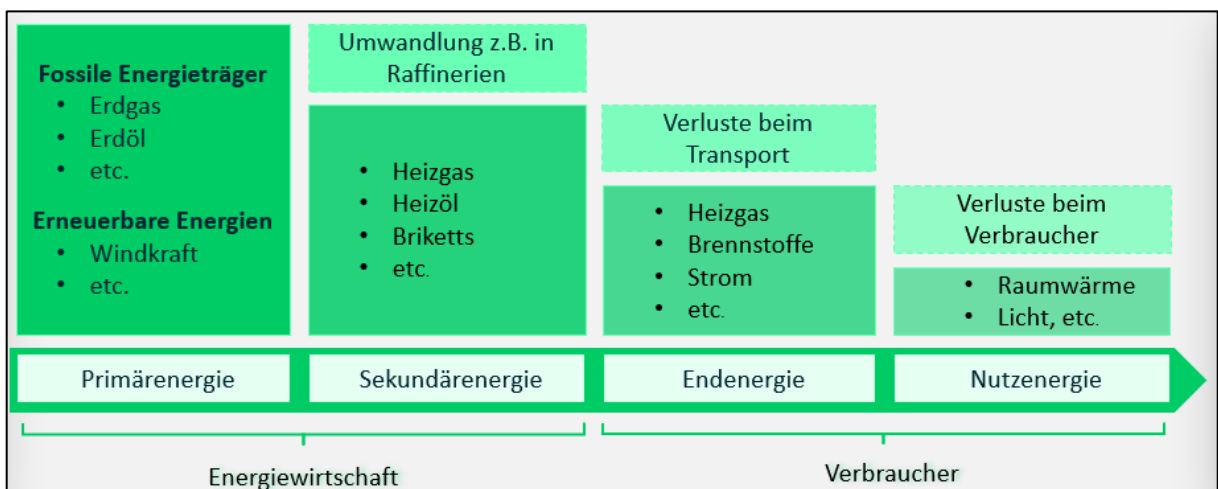


Abbildung 5-13: Energieformen von der Entstehung bis zur Nutzung (Darstellung der Back2B Solution GmbH)

Es kann zum Beispiel nach der Energieart, der Art des Vorkommens, nach der Verfügbarkeit, nach der Konzentration, nach der Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung und nach der Verwertungsmöglichkeit unterschieden werden. Zu benennen sind insbesondere: Fossile Brennstoffe, wie Braunkohle, Steinkohle, Torf, in flüssiger Form als Erdöl und gasförmig als Erdgas und seit einiger Zeit auch regenerative Energien. Diese Energieformen gilt es, unter Einsatz eines möglichst großen Wirkungsgrades, umzuwandeln und verlustarm weiterzuverwenden.

Diese Weiterverwendung kann beispielsweise in Feuerungsanlagen erfolgen, wie es zum Großteil heute in Bad Döben stattfindet. Feuerungsanlagen sind Einrichtungen, in denen die chemisch gebundene Energie der zuvor erwähnten Brennstoffe durch Verbrennung freigesetzt wird. In der Regel sind sie in Kesseln zur Wassererwärmung oder Dampferzeugung integriert.

Je nach Verwendungszweck der freigesetzten Energie besteht das Ziel darin, einen möglichst hohen Heizwert auf einem bestimmten Temperaturniveau zu erreichen. Energieverluste können minimiert werden, indem nicht verbrannter Brennstoff, unvollständige Verbrennung, Wärmeverluste durch Strahlung, Leitung und Konvektion sowie Abgasverluste möglichst geringgehalten werden. Aufgrund der unterschiedlichen Brennstoffe, ihrer Zusammensetzung

und Eigenschaften sowie der Art, Größe und Betriebsweise der Anlagen mit Feuerungen wurden verschiedene Varianten entwickelt (DITTMANN & ZSCHERNIG 1998).

Neben der Unterscheidung von Primär-, Sekundär-, End- und Nutzenergie sind die Begriffe Energiebedarf und Energieverbrauch für die folgenden Darstellungen relevant.

Der Energiebedarf beschreibt die Menge an Energie, die rechnerisch für die Realisierung bestimmter Prozesse ermittelt wird. Energie kann dabei in verschiedenen Einheiten gemessen werden. In der vorliegenden Arbeit werden die Einheiten Kilowattstunden (kWh), Megawattstunden (MWh) oder Gigawattstunden (GWh) genutzt. Der Energieverbrauch hingegen bezieht sich auf die tatsächlich verbrauchte oder besser ausgedrückt, die tatsächlich genutzte Energiemenge während eines bestimmten Zeitraums. Dieser wird durch Messungen erfasst und kann von dem vorher berechneten Energiebedarf abweichen, je nachdem, wie stark das Nutzungsverhalten von der Norm abweicht und nicht einkalkulierte Effizienzverluste oder unvorhergesehene Ereignisse in den realen Verbrauchsmessungen enthalten sind.

In der folgenden Darstellung ist der Energiebedarf für Wärme und Warmwasser des gesamten Projektgebietes, aufgeteilt nach Nutzenergie und Endenergie, dargestellt.

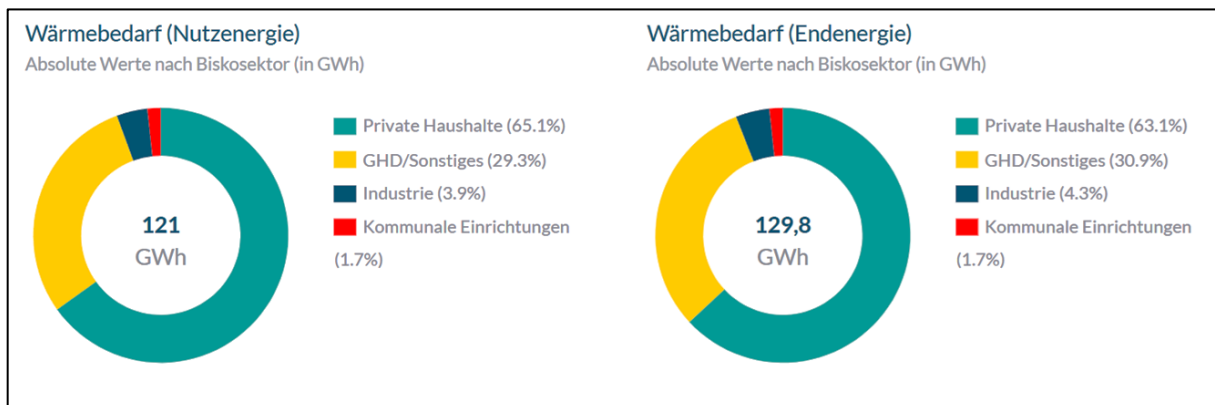


Abbildung 5-14: Wärmebedarf (Nutzenergie & Endenergie) nach BSKO-Sektoren (interne Berechnungen)

Neben dem Wärmebereich ist in der Energietransformation der Kommunalen Wärmeplanung der Bereich Strom ebenfalls zu untersuchen. Die Wärmeversorgung durch Strom ist dem Bereich Wärme zugerechnet.

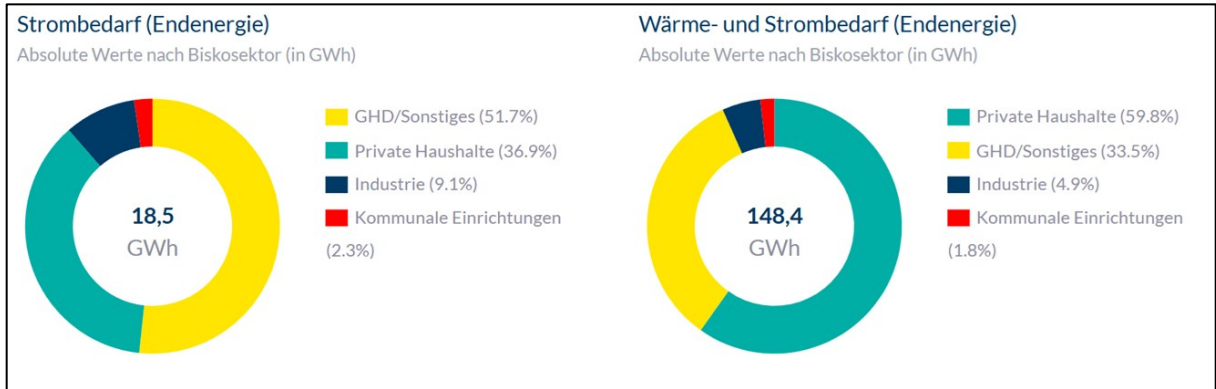


Abbildung 5-15: Strom- und Gesamtenergiebedarf (Endenergie) nach BISCO-Sektoren (interne Berechnungen)

Werden die Gebäude nach Versorgungsart aufgeteilt, ergibt sich folgende Übersicht.

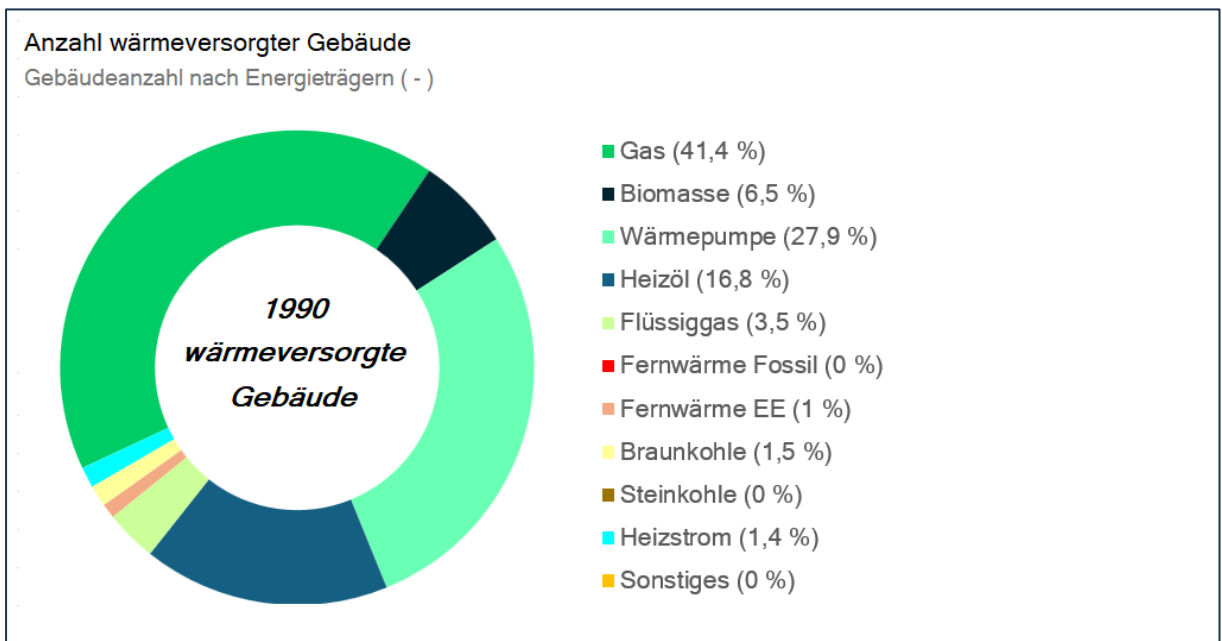


Abbildung 5-16: Einteilung der Gebäude nach Versorgungsart (interne Berechnungen)

Wenn der Endenergiebedarf für Bad Dübén in Form einer Heatmap aufgetragen wird, ergibt sich das folgende Bild:

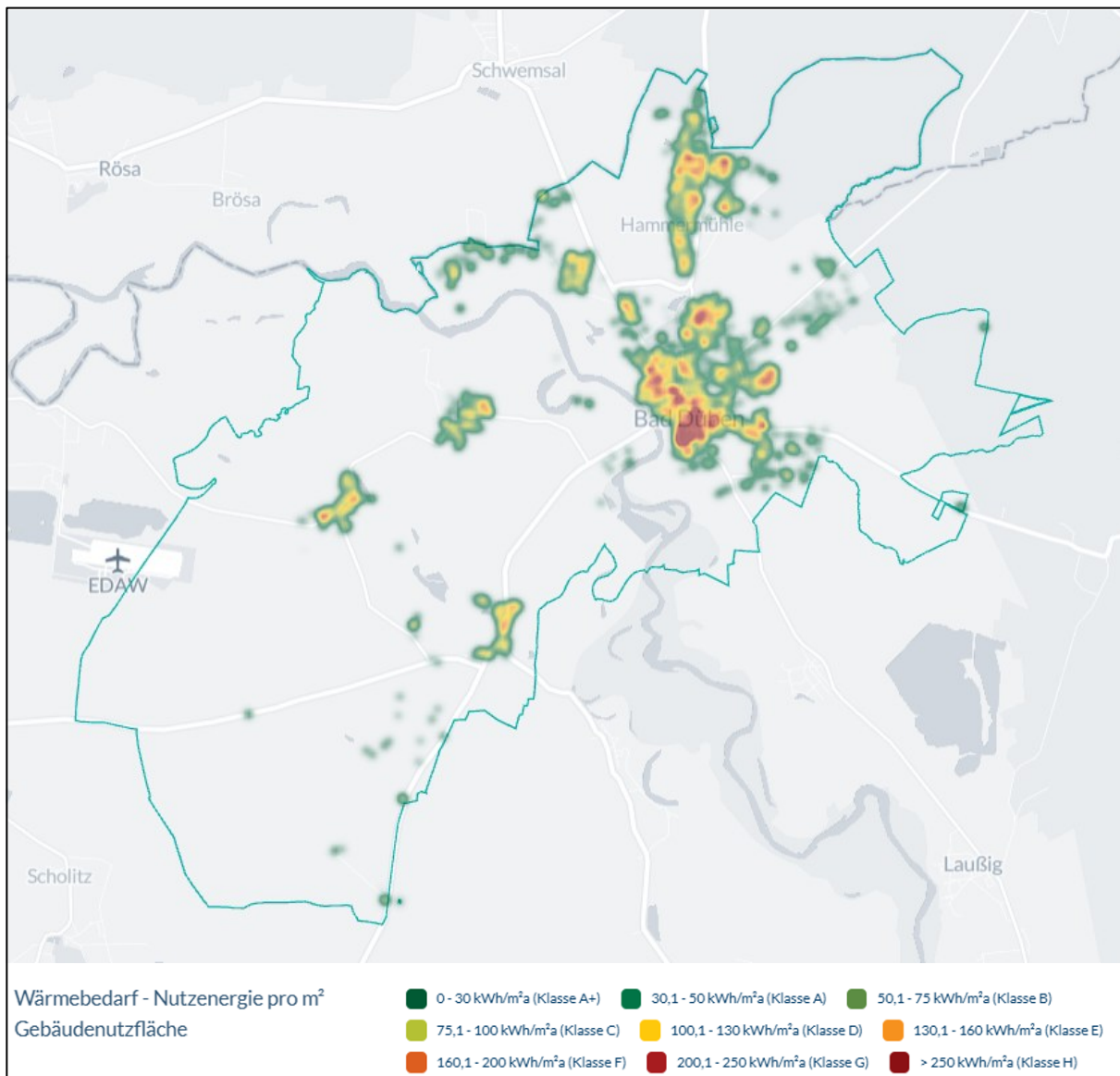


Abbildung 5-17: Heatmap (Wärmebedarf, Nutzenergie, interne Berechnungen)

Entsprechend der Heatmap ergeben sich Hinweise zur Wärmenetzeignung, die in dem Kapitel der Quartierseinteilung verarbeitet wurden.

Die Darstellung des Wärmebedarfs pro Meter Straßenabschnitt wurde ebenso verarbeitet und zur Quartierseinteilung genutzt.

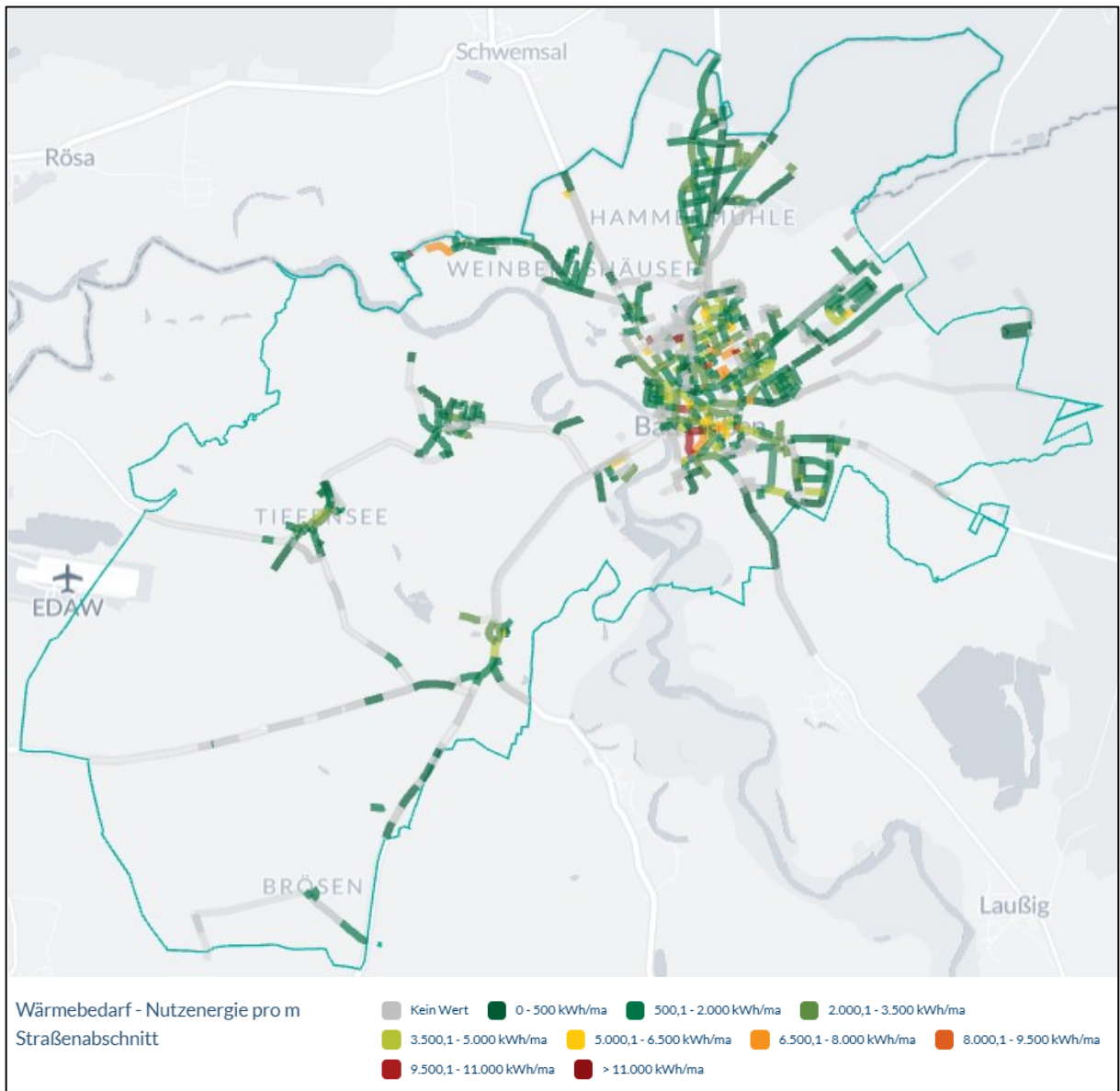


Abbildung 5-18: Wärmebedarf (Nutzenergie) pro Meter Straßenabschnitt (interne Berechnungen)

Für das gesamte Projektgebiet ergibt sich folgende Einteilung des Wärmebedarfs nach Baublöcken für die Nutzenergie.

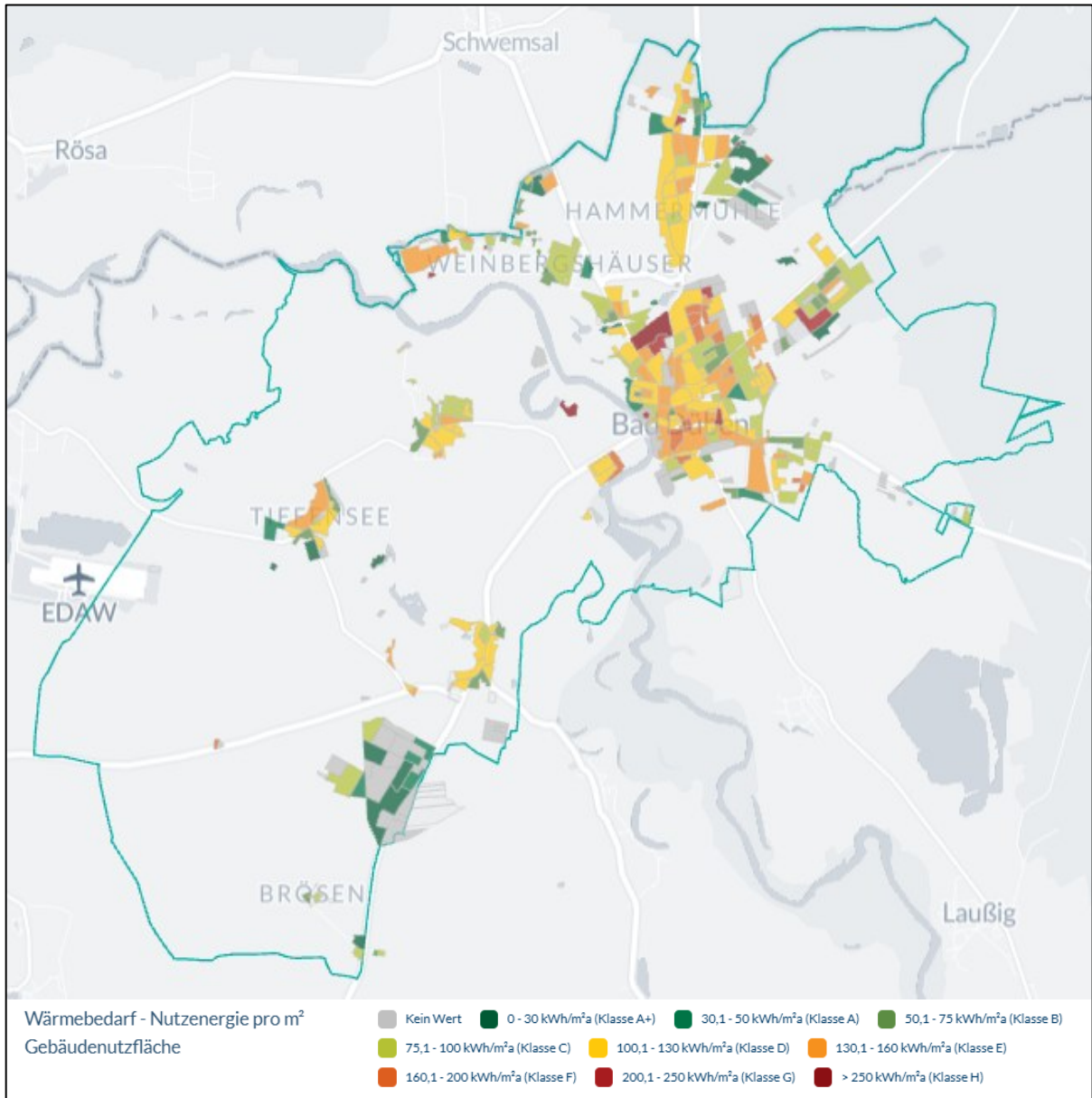


Abbildung 5-19: Baublockbezogene Darstellung des Wärmebedarfs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Wird der Wärmebedarf in eine Wärmedichte transformiert, ergibt sich folgende, baublockbezogene Darstellung. Diese wird im Folgenden um weitere Faktoren ergänzt, um eine für Wärmenetze relevante Wärmedichte abzubilden.

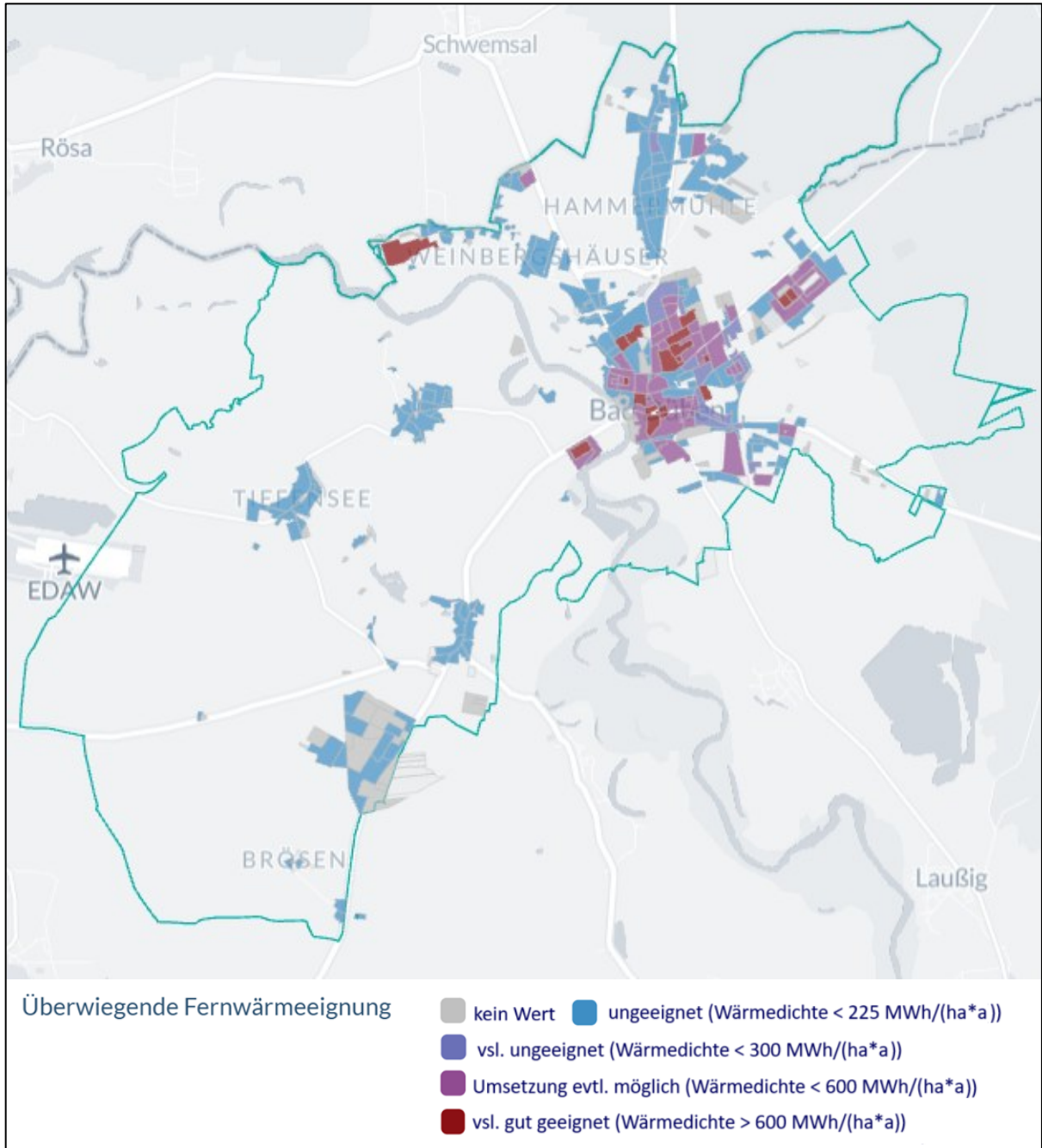


Abbildung 5-20: Baublockbezogene Darstellung der Wärmedichte (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

5.4.4 Energieverbrauch

Die für die Beurteilung der Ausgangslage auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung maßgeblichen Faktoren sind die im Bereich Wärme genutzten Endenergieträger und der Endenergieverbrauch. Das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung besteht darin, fossile Energieträger, die erhebliche Emissionen verursachen, durch perspektivisch emissionsfreie Alternativen zu ersetzen. Für diese Aufgabe ist es essenziell herauszuarbeiten, wie sich die aktuellen Energieträger zusammensetzen. Nach der Aufnahme und Verarbeitung aller Verbrauchs- und Schornsteinfegerdaten ergeben sich die folgenden Endenergieverbräuche für Wärme.

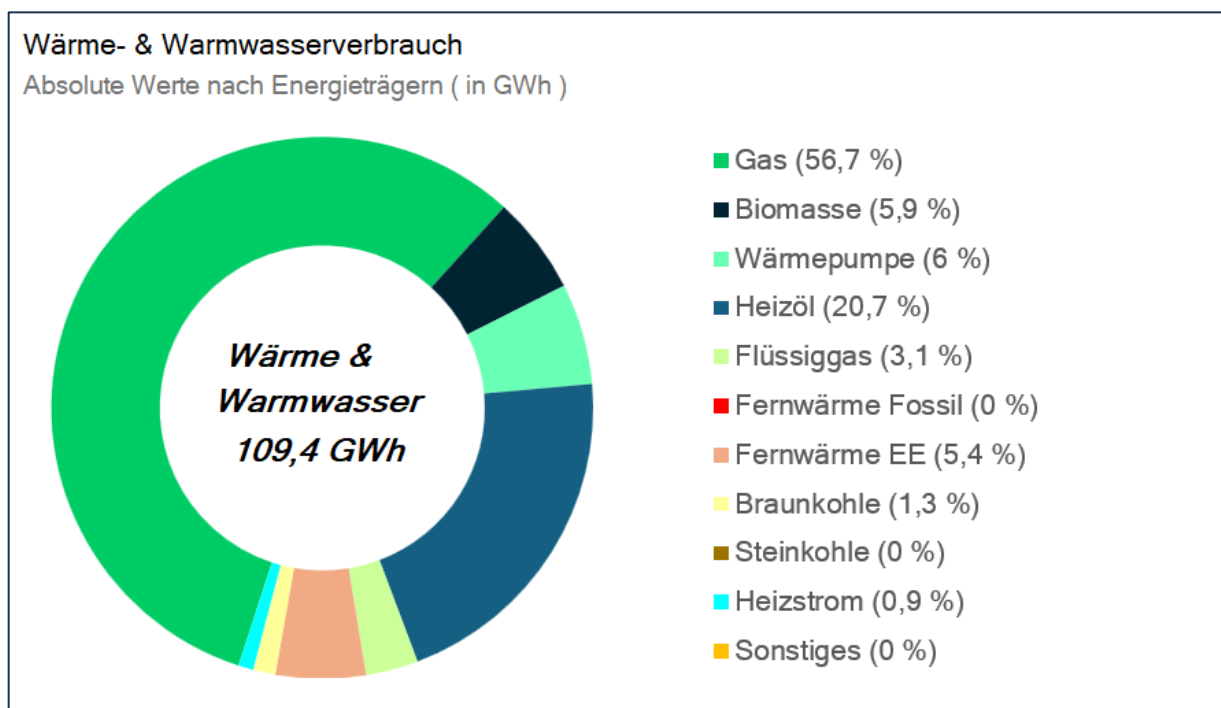


Abbildung 5-21: Wärmeverbrauch 2024 (Endenergie) nach Energieträgern (interne Berechnungen)

Die dargestellten 109,4 GWh/a entsprechen 14 MWh/a pro Einwohner/inn und 91,17 kWh/a pro m² Gebäudenutzfläche. Zusätzlich wird der Verbrauchswert klimabereinigt. Der klimabereinigte Verbrauch im Projektgebiet beträgt 120 GWh/a.

Die Klimabereinigung von Verbrauchswerten ist ein Verfahren, das darauf abzielt, den Einfluss von klimatischen Bedingungen auf den Heizenergieverbrauch zu berücksichtigen und zu neutralisieren. Dies ist wichtig, um den tatsächlichen Energieverbrauch unabhängig von den jährlichen Wetterbedingungen zu bewerten und zu vergleichen. Unterschiedliche Jahre und unterschiedliche Standorte in Deutschland haben unterschiedliche klimatische Bedingungen, die eine Vergleichbarkeit und Objektivierung der Werte erschweren. Der Einfluss eines milden oder strengen Winters auf die Verbrauchsdaten ist beispielsweise signifikant.

Um infolgedessen die Verbrauchswerte mit den normierten Anforderungen aus der Bedarfsberechnung vergleichen zu können, wurde eine Klimabereinigung durchgeführt.

Die Berechnung erfolgt auf Basis der Regel-Heizgradtage (RHDD), welche die Differenz zwischen der Raumtemperatur und der Außentemperatur an den Tagen mit Heizbedarf erfassen. Für jeden Tag unterhalb der Heizgrenztemperatur wird die Temperaturdifferenz zur Raumtemperatur bestimmt und über alle Heiztage aufsummiert. Aus den unterschiedlichen RHDD-Werten lässt sich ein Klimakorrekturfaktor ableiten, der anschließend auf die gemessenen Verbrauchswerte angewendet wird, um diese witterungsbereinigt vergleichbar zu machen.

Infolgedessen ergibt sich ein Gesamtenergiebedarf von 129,8 GWh/a, dem ein ermittelter und klimabereinigter Gesamtenergieverbrauch von 120 GWh/a gegenübersteht. In jeder Gemeinde ist ein energetisch relevanter Leerstand bei wärmeversorgten Gebäuden vorhanden. Selbst in Großstädten und angespannten Mietmärkten, wie beispielsweise München, beträgt die Leerstandsquote mindestens 2%. Die dadurch bedingten Minderverbräuche sind in den realen Verbrauchsdaten enthalten, jedoch nicht im Wärmebedarf berücksichtigt. Für die Stadt Bad Dübener wird der Einfluss des Leerstands auf den Energieverbrauch auf etwa 2,5 bis 4,1 GWh/a im Wohnbereich und auf 4,0 bis 7,1 GWh/a im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen geschätzt. Weitere Einflussfaktoren, die Abweichungen zwischen berechnetem Wärmebedarf und realem Verbrauch verursachen können, umfassen:

- Ferienvermietungen von Wohngebäuden, wodurch der Nutzungsgrad reduziert wird
- Mess- und Erfassungsabweichungen der Verbrauchsdaten, beispielsweise durch Ablesefehler
- Differenzen bei den nach DIN V 18599 berechneten internen und solaren Wärmegewinnen
- Abweichungen bei den nach DIN/TS 18599-12:2021-04 ermittelten Anlagenaufwandszahlen der Wärmeversorgungssysteme
- Abweichungen bei der Wärmebedarfsbilanzierung nach DIN V 18599 in Bezug auf die Innenraumtemperaturen
- Unterschiede bei den Transmissionswärmeverlusten aufgrund abweichender U-Werte der verbauten Bauteile
- Abweichungen beim nach DIN V 18599 modellierten Lüftungsverhalten

Auf diese Weise lassen sich die Abweichungen sowohl technisch als auch inhaltlich nachvollziehbar darstellen. Die gewonnenen Ergebnisse können somit fundiert weiterverarbeitet werden.

Der gesamte Wärmeverbrauch in der Gemeinde wird in der folgenden Darstellung baublockbezogen aufgezeigt.

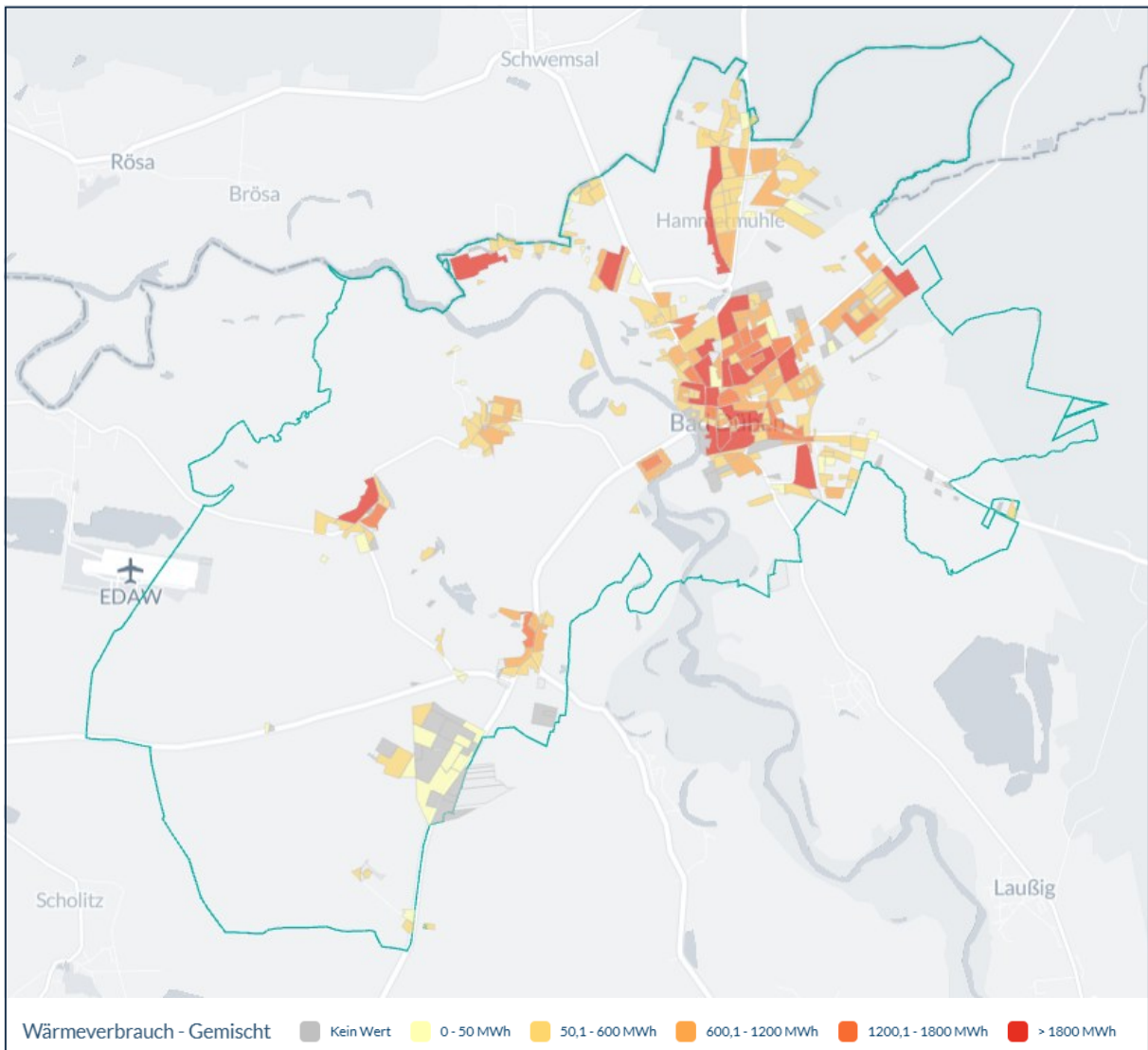


Abbildung 5-22: Baublockbezogene Darstellung des Wärmeverbrauchs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Dabei wird der Wärmeverbrauch in der Gemeinde mit folgenden Energieträgern gedeckt.

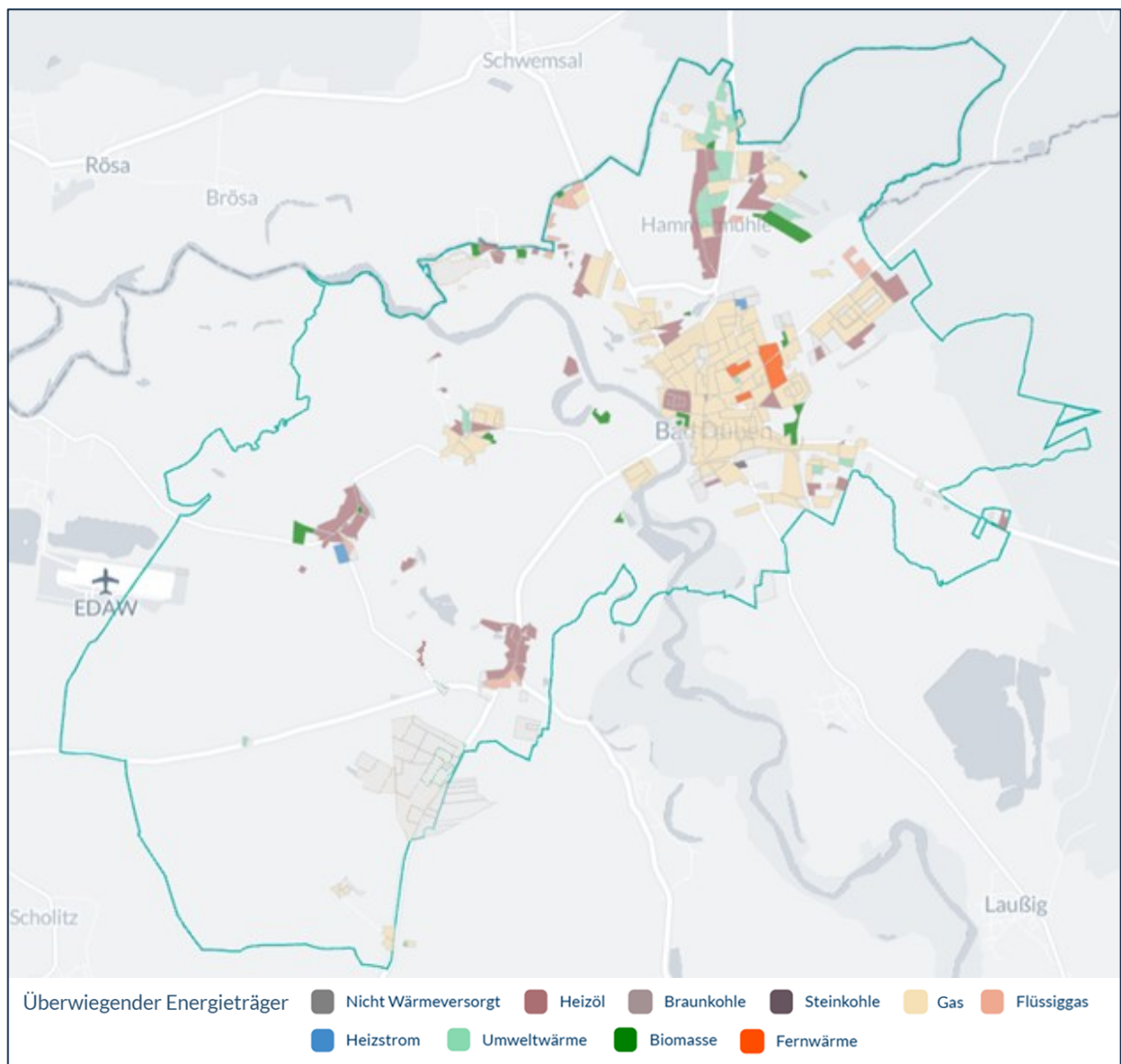


Abbildung 5-23: Baublockbezogene Darstellung der Energieträger (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

5.4.5 Heutige Endenergie- und Treibhausgasbilanz

Abschließend soll in der Bestandsanalyse die heutige Endenergie- und Treibhausgasbilanz für den Wärmesektor dargestellt werden.

Die Endenergiebilanz zeigt die Menge an Sekundärenergie, die den Endverbrauchern zur Verfügung steht, nachdem alle Umwandlungs- und Übertragungsverluste berücksichtigt wurden. Für den Sektor Wärme wird in folgender Auflistung der Endenergieverbrauch nach Energieträgern in absoluten Zahlen sowie anteilig dargelegt:

- Gas: 62,0 GWh/a (Anteil 56,70 %)
- Heizöl: 22,6 GWh/a (Anteil 20,70 %)
- Biomasse: 6,4 GWh/a (Anteil 5,85 %)
- Wärmepumpe: 6,6 GWh/a (Anteil 6,03 %)
- Flüssiggas: 3,4 GWh/a (Anteil 3,13 %)
- Fernwärme EE: 5,9 GWh/a (Anteil 5,38 %)
- Braunkohle: 1,5 GWh/a (Anteil 1,33 %)
- Heizstrom: 1,0 GWh/a (Anteil 0,88 %)

Grafisch aufbereitet ergibt sich folgende Endenergiebilanz.

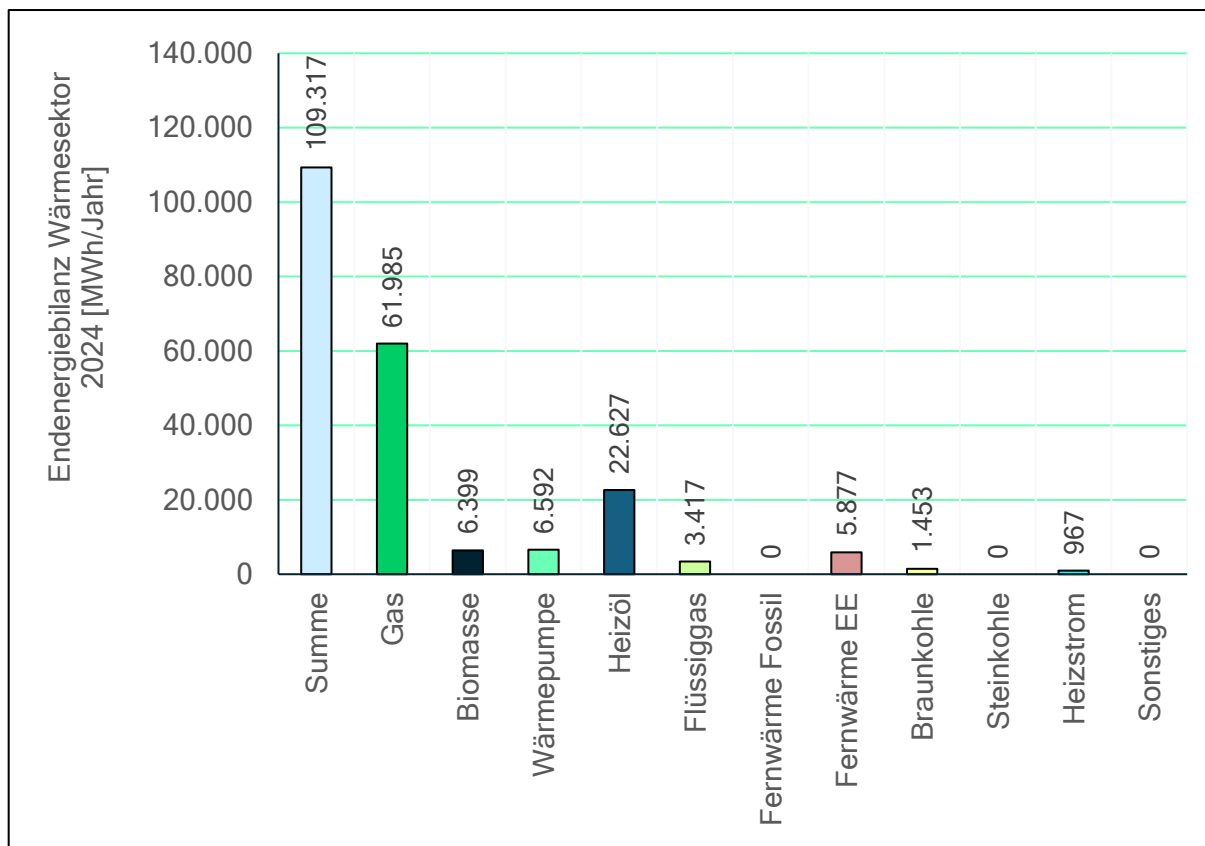


Abbildung 5-24: Energiebilanz Wärme (interne Berechnungen)

In Folge der Energiebilanz kann der Endenergieverbrauch für Wärme in leitungsgebundener (Gas, Wärmepumpe, Fernwärme und Heizstrom) und -ungebundener (Biomasse, Heizöl, Flüssiggas und Kohle) Wärmeversorgung eingeteilt werden:

- Leitungsgebunden: 75,4 GWh/a (Anteil: 68,9 %)
- Leitungsungebunden: 34,0 GWh/a (Anteil: 31,1 %)

Auf Basis der Energiebilanz wird im Folgenden die Treibhausgasbilanz erstellt.

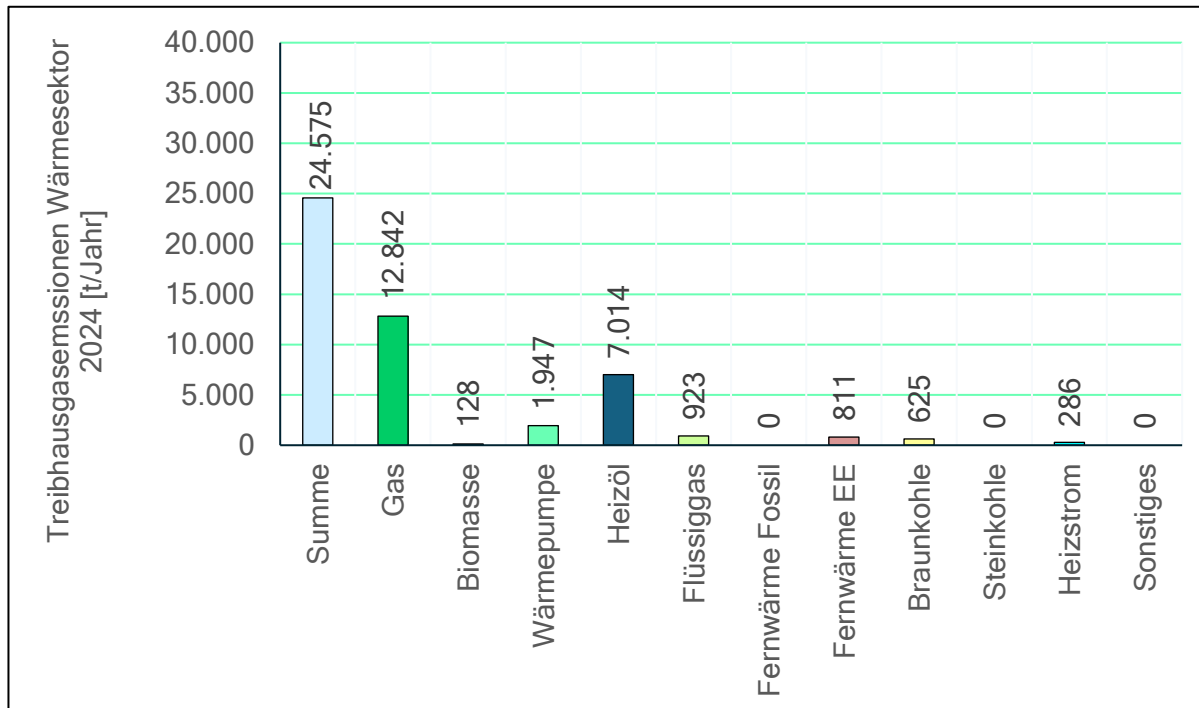


Abbildung 5-25: Treibhausgasbilanz Wärme (interne Berechnungen; BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020; STATISTA 2024; UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024; AGFW 2021; PROGNOSES, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021; AGORO, PROGNOSES & CONSENTEC 2022)

Weiterführend soll beschrieben werden, was das Treibhausgasäquivalent bedeutet. Dies ist eine Maßeinheit, die verwendet wird, um die Wirkung verschiedener Treibhausgase auf die Erderwärmung zu vergleichen. Es basiert auf dem Global Warming Potential, das die Wärmespeicherfähigkeit eines Gases über einen bestimmten Zeitraum, meist 100 Jahre, im Vergleich zu Kohlenstoffdioxid (CO₂) misst. Das Kohlenstoffdioxid-Äquivalent ist die gebräuchlichste Form des Treibhausgasäquivalents und wird auch in der vorliegenden Arbeit verwendet. Es gibt an, wie viel CO₂ erforderlich wäre, um die gleiche Erwärmungswirkung zu erzielen wie eine bestimmte Menge eines anderen Treibhausgases. Zum Beispiel hat Methan (CH₄) über 100 Jahre ein Global Warming Potential von etwa 25, was bedeutet, dass 1 Tonne Methan die gleiche Erwärmungswirkung hat wie 25 Tonnen CO₂. Durch die Verwendung eines Treibhausgasäquivalents können Wissenschaftler und Politiker die Gesamtauswirkungen unterschiedlicher Treibhausgase auf das Klima besser vergleichen, da die Klimaauswirkung in einer Zahl zusammengefasst wird.

Diese Zahl wird in der Treibhausgasbilanz in Tonnen CO₂ pro Jahr dargestellt und mit Emissionsfaktoren ermittelt, die für alle Energieträger verfügbar sind. Diese Emissionsfaktoren geben für alle Energieträger an, wie viel Gramm Kohlenstoffdioxid pro kWh Endenergie emittiert werden. Mit der Berechnung des Treibhausgasausstoßes in Summe für das gesamte Projektgebiet, wird im Folgenden noch abschließend dargestellt, wie sich diese Emissionen über die bereits bekannten Baublöcke verteilen.

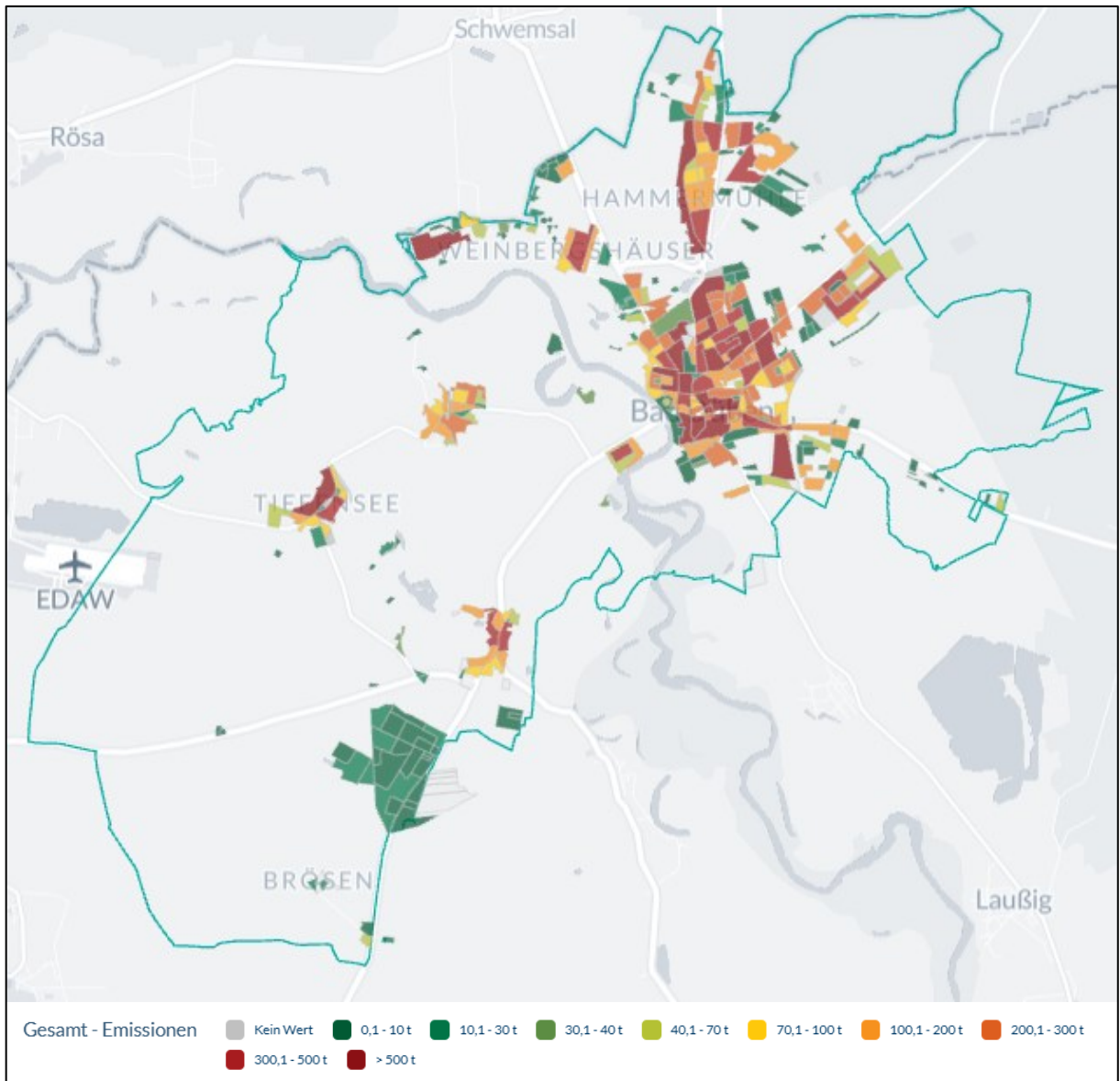


Abbildung 5-26: Baublockbezogene Darstellung der THG-Emissionen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Mit Abschluss der Bestandsanalyse sollen im folgenden Kapitel die Potenziale im Projektgebiet untersucht und dokumentiert werden.

6 Potenzialanalyse

Erneuerbare Energien sind unverzichtbar für die nachhaltige Entwicklung und die Umstellung auf eine kohlenstoffarme Wärmeversorgung. Die fortlaufende Nutzung fossiler Brennstoffe hat signifikante negative Auswirkungen auf die Umwelt und trägt maßgeblich zum Klimawandel bei. Erneuerbare Energien bieten eine Alternative, die es ermöglicht, die Treibhausgasemissionen erheblich zu reduzieren und gleichzeitig eine zuverlässige Energieversorgung sicherzustellen. In der Gegenwart sind erneuerbare Energien ein zentraler Bestandteil der globalen Energiepolitik und eine wesentliche Komponente in den Bemühungen zur Bekämpfung des Klimawandels. Der technologische Fortschritt und die sinkenden Kosten haben es ermöglicht, dass erneuerbare Energien wie Windkraft, Solarenergie, Biomasse und Geothermie zunehmend wirtschaftlich wettbewerbsfähig sind. In einigen Teilen der Welt sind diese Energiequellen bereits kostengünstiger als fossile Brennstoffe. Für die Zukunft bieten erneuerbare Energien die Möglichkeit, die Energieversorgung weiter zu dekarbonisieren, eine nachhaltige Entwicklung zu fördern und sich zunehmend unabhängig von Energieimporten zu machen. Die internationale Gemeinschaft hat sich ambitionierte Ziele gesetzt, wie zum Beispiel die im Pariser Abkommen festgelegte Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau. Erneuerbare Energien spielen dabei eine Schlüsselrolle, da sie unerschöpflich sind und geringere Umweltauswirkungen haben. Neben der Deckung des Bedarfs an Energie aus erneuerbaren Quellen ist es ebenso wichtig, den Energiebedarf an sich zu senken. Jede eingesparte Kilowattstunde an Energie braucht nicht transformiert zu werden. Um die ambitionierten und notwendigen Ziele zur Dekarbonisierung zu erreichen, sind Maßnahmen beim Verbrauch und bei der Bereitstellung umzusetzen. Im Folgenden wird zunächst die Reduktion der benötigten Energie betrachtet. Diese Analyse baut auf der Bevölkerungsentwicklung im Projektgebiet auf.

6.1 Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerungsentwicklung einer Kommune kann signifikanten Einfluss auf den prognostizierten Endenergieverbrauch haben. Wenn die Bevölkerung wächst, steigt tendenziell auch der Energiebedarf. Dies ist auf den erhöhten Bedarf an Wohnraum, Verkehrsinfrastruktur, Gewerbe sowie öffentlichen Einrichtungen zurückzuführen. Mehr Menschen bedeuten mehr Haushalte, die geheizt und mit Strom versorgt werden müssen, sowie einen erhöhten Bedarf an Mobilität und Dienstleistungen. Umgekehrt kann eine schrumpfende Bevölkerung den Energieverbrauch reduzieren. Dies kann jedoch auch Herausforderungen mit sich bringen, wie die ineffiziente Nutzung vorhandener Infrastruktur, neben den möglichen wirtschaftlichen Konsequenzen für die Kommune. In der Stadt Bad Dübren ergibt sich bei der Bevölkerungsentwicklung eine rückläufige Tendenz.

In den integrierten Stadtentwicklungskonzepten (INSEK) aus den Jahren 2008 und 2020 wurden zur strukturierten Stadtentwicklung u.a. auch Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung aufgestellt, die für die Berechnung der benötigten Endenergie in den Jahren bis 2045 mit einbezogen wurden.

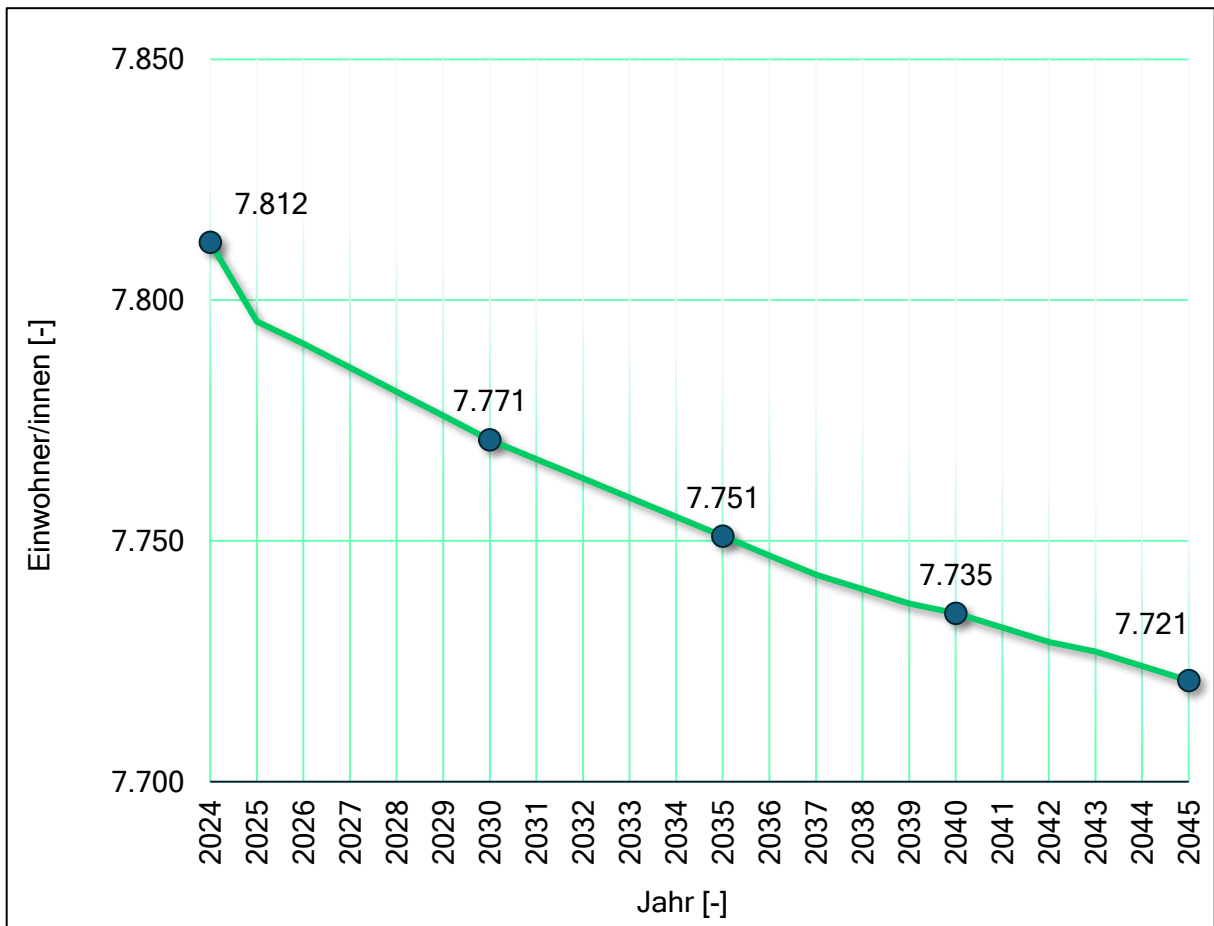


Abbildung 6-1: Bevölkerungsentwicklung im Projektgebiet

Die dargestellten Werte orientieren sich an der Prognose zur Bevölkerungsentwicklung von Bad Dübener Wegweiser Kommune. (WEGWEISER KOMMUNE) Die Bevölkerungszahlen ordnen sich im Mittel zwischen den Szenarien „Stabil“ und „Natürliche Entwicklung“ aus dem INSEK (INSEK BAD DÜBEN 2019) ein und können folglich als valide betrachtet werden.

Eine durchdachte Bevölkerungs- und Infrastrukturplanung trägt entscheidend dazu bei, die Umweltauswirkungen zu reduzieren und eine nachhaltige Zukunft für die Kommune zu sichern. Für den Endenergieverbrauch unter Einbeziehung der Sektoren Strom, Wärme und Warmwasser ergibt sich folgende Auswirkung.

Einfluss auf Endenergieverbrauch durch Bevölkerungsentwicklung		
Jahr	Einwohner	Veränderung des Endenergieverbrauch für Wärme, Warmwasser und Strom im Vergleich zum Abprungjahr
[-]	[-]	[GWh/Jahr]
2024	7.812	0,00
2030	7.771	-0,43
2035	7.751	-0,64
2040	7.735	-0,80
2045	7.721	-0,95

Tabelle 6-1: Einfluss auf den Endenergieverbrauch durch die Bevölkerungsentwicklung (interne Berechnung)

Zum 31.12.2024 wohnten 7.812 Einwohner/innen in der Stadt Bad Döben. Die prognostizierte Einwohnerzahl im Jahr 2045 liegt bei 7.721. mit einem geringeren Endenergieverbrauch von ca. 0,95 GWh pro Jahr.

6.2 Sanierungspotenzial

Der Sanierungsstand eines Gebäudes ist ein bedeutender Indikator für den energetischen Zustand und den Modernisierungsgrad der baulichen Strukturen. Er gibt Auskunft darüber, ob und in welchem Umfang an einem Gebäude bauliche Überarbeitungen vorgenommen wurden, insbesondere im Hinblick auf das Baujahr und den ursprünglichen Zustand der Gebäudeteile. Der Sanierungsstand wird durch verschiedene Bauteile bestimmt, darunter die Fassade, das Dach, die Fenster, die untere Geschossdecke, die obere Geschossdecke und das Lüftungssystem. Diese Gebäudeteile sind entscheidend für die energetische Effizienz und den Wohnkomfort. Ursprünglich weist ein Gebäude eine Bauteilkonstellation auf, die durch das Baujahr und den Gebäudetyp geprägt ist. In diesem ursprünglichen Zustand wird das Gebäude als unsaniert bezeichnet. Ein zentraler Aspekt bei der Bewertung des energetischen Zustands von Gebäuden ist der Sanierungszyklus.

Jedes Gebäude weist in der Regel in einem zeitlichen Abstand von 40 Jahren eine Erneuerung seiner Bauteilkonstellation auf. Dies bedeutet, dass ein Gebäude nach Ablauf von 40 Jahren eine Reihe von baulichen Überarbeitungen erfährt, die den energetischen Standard anhebt. Typischerweise beginnt dieser Prozess mit dem Austausch der Fenster, gefolgt von der Sanierung des Dachs und schließlich der Fassade. Nach diesen Maßnahmen wird das Gebäude als teilsaniert eingestuft. Nach weiteren 40 Jahren werden diese Bauteilkomponenten erneut überprüft und gegebenenfalls wieder verbessert oder ergänzt. In diesem Zustand wird das Gebäude als vollsaniert betrachtet.

Es ist wichtig zu beachten, dass ein Gebäude, das nach 2010 gebaut wurde, aufgrund der bereits hohen energetischen Standards als unsaniert gilt, da keine zusätzlichen baulichen Maßnahmen notwendig sind. Ergänzt wird diese Lebenszyklusbetrachtung durch adressscharfe Wohnlagenberechnungen der infas 360 GmbH. Dabei wird unterstellt, dass Sanierungsmaßnahmen in sehr guten Wohnlagen früher durchgeführt werden.

In Folge wird auf Basis des Baujahrs, des Gebäudetyps und des Sanierungsstands, dem Gebäude eine entsprechende Bauteilkonstellation zugeordnet. Ebenfalls ergibt sich daraus eine mögliche Bauteilkonstellation im Fall einer Vollsanierung. Das entsprechende Delta ergibt das gebäudespezifische Sanierungspotenzial. Das Potenzial wird in Prozent beschrieben und beschreibt die mögliche Reduzierung des Nutzenergiebedarfs für Wärme bei Vollsanierung im Vergleich zum betrachteten Abprangjahr inkl. den industriellen oder gewerblichen Prozessen. In der folgenden Abbildung ist das baublockspezifische Sanierungspotenzial dargestellt.

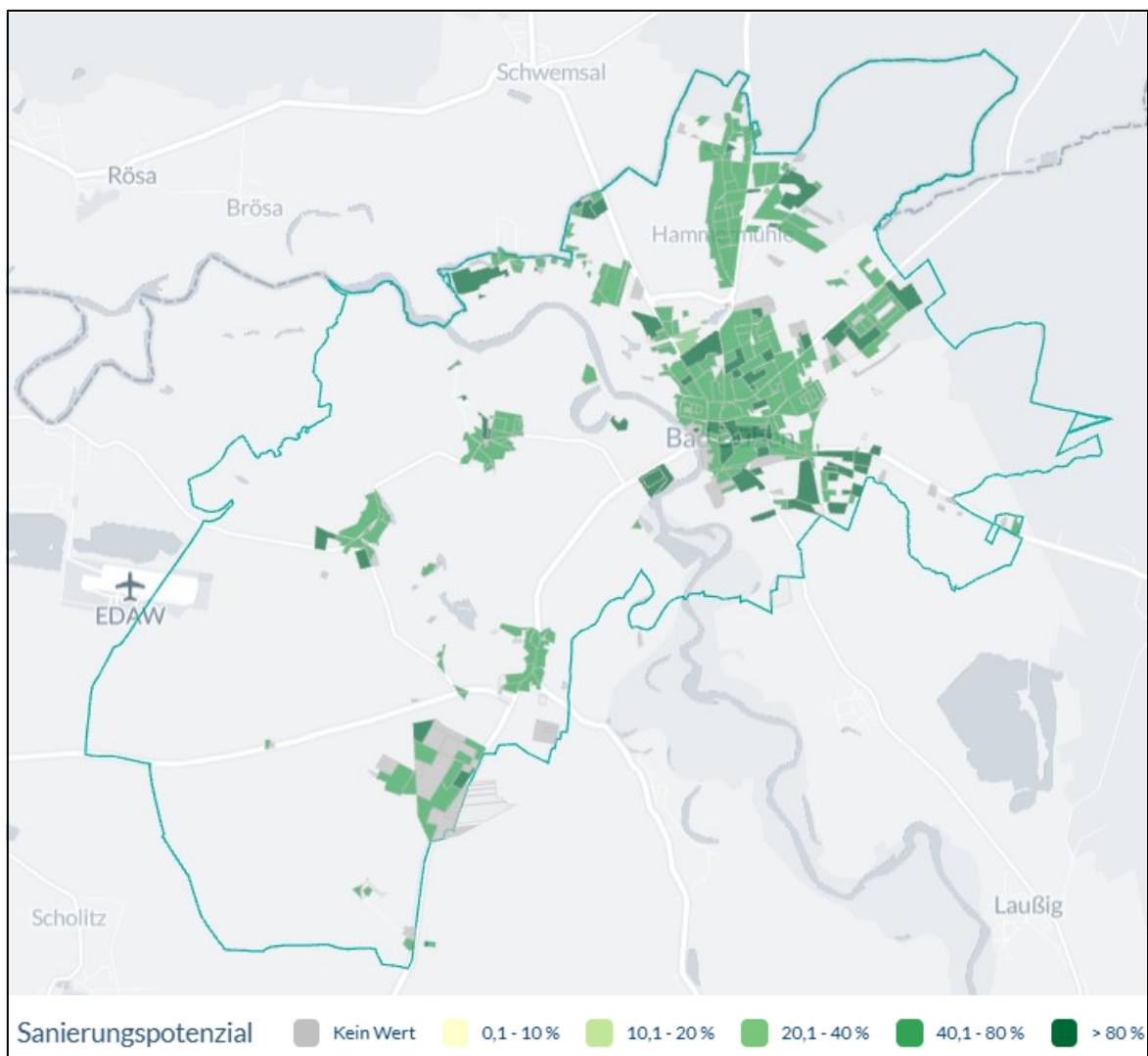


Abbildung 6-2: Sanierungspotenzial durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden sowie in industriellen oder gewerblichen Prozessen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

In Folge des errechneten Sanierungspotenzials wurde ermittelt, was diese Maßnahmen für die Senkung des Energiebedarfs bedeuten. Darüber hinaus ist dies mit Investitionskosten verbunden, die ebenfalls berechnet wurden. Die maximale Einsparung bei Vollsanierung des kompletten Projektgebietes würde 90,9 GWh pro Jahr an Endenergie betragen, wobei ergänzt werden muss, dass dies ausschließlich für die Annahme Gültigkeit besitzt, dass die Versorgungsstruktur identisch bleibt.

Als Veranschaulichung kann eine fiktive Sanierung eines Einfamilienhauses dienen, welche vor Sanierung 20 MWh/a und nach Sanierung 10 MWh/a an Nutzenergie für Wärme benötigt. Insofern eine Wärmepumpe mit einem COP (Coefficient of performance) von drei verbaut ist, ergibt sich eine Reduzierung der Endenergie von ca. 6,7 MWh/a auf ca. 3,3 MWh/a.

Das gleiche Haus mit sonst gleichen Rahmenbedingungen und einer durchschnittlichen Erdgastherme verringert den Endenergiebedarf von 23,5 MWh/a auf 11,8 MWh/a. Das macht deutlich, dass zum einen das Sanierungspotenzial der Gebäude betrachtet werden muss und des Weiteren die Transformation der Versorgungsstruktur, welche in späteren Kapiteln thematisiert werden. Für die Vollsanierung mit der damit einhergehenden Reduzierung der 82,3 GWh/a ist eine überschlägige Investition von ca. 837 Mio.€ notwendig.

Das entspricht durchschnittlich ca. 421.000 € pro wärmeversorgtes Gebäude in Bad Döbeln. Daran wird erkennbar, dass die Sanierungsleistung aus Sicht der finanziellen Tragfähigkeit der Bürger/innen und Kapazitätssicht der lokalen Handwerksbetriebe, ein Prozess über mehrere Dekaden ist. Zudem ergeben die Zahlen 10,17 € Investition für eine Einsparung von 1 kWh/a. Daraus ist ableitbar, dass die gesamte Vollsanierung des Projektgebietes unwirtschaftlich ist, wobei ergänzt werden muss, dass die Berechnung eventuelle Kapital- und Zinskosten ebenso wenig berücksichtigt wie Fördermaßnahmen.

Auf Basis der Studie vom POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG 2024 liegt die Sanierungsrate im selbstgenutzten Eigentum bei knapp über 1,0 %. Die Rate sagt aus, dass 1,0 % der Gebäudefläche energetisch saniert wurden, unabhängig der Sanierungstiefe. Des Weiteren wird ausgeführt, dass neben regionalen Unterschieden die Sanierungsrate mit steigendem Haushaltneinnettoeinkommen ansteigt und bei älteren Gebäuden, Baujahr vor 1968, am größten ist. Ferner wird auf Ebene der Europäischen Union in Form der EU-Gebäuderichtlinien auf das Ziel des emissionsfreien Gebäudebestands im Jahr 2050 strukturiert hingearbeitet. Die Novellen im Jahr 2024 in der Form der „Energy Performance of Buildings Directive“ und „Energy Efficiency Directive“ unterstreichen das Vorhaben, insbesondere zur Erreichung der Zwischenziele für das Jahr 2030. Das POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG 2021 nennt eine Sanierungsrate von 2,0 %, die weitgehend mit den Vorgaben der Europäischen Union übereinstimmt. Diese Sanierungsrate wird daher als Basis der Berechnung herangezogen.

Auf Grundlage der Definition und der Zahlen kann die Sanierungsrate nur annäherungsweise auf die Extrapolation der maximal möglichen Sanierungsleistung im Projektgebiet überführt

werden. Die Annahme, dass jährlich 2,0 % des verfügbaren Sanierungspotenzials umgesetzt wird, erscheint folglich als beste zu findende mathematische Übertragung und wird dementsprechend umgesetzt. In folgender Tabelle ist die Sanierungsleistung und deren Auswirkung dargestellt.

Sanierungspotenzial ohne Bevölkerungsveränderung				
Jahr	Endenergieverbrauch für Wärme und Warmwasser	Maximale Einsparung bei Vollsanierung	Kumulierte Sanierungsleistung	Erwartete jährliche Sanierungsleistung
[-]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]
Summe:			28,44	
2024	109,40	82,27	0,00	0,00
2030	100,01	72,88	9,39	1,49
2035	93,01	65,88	16,39	1,34
2040	86,68	59,55	22,72	1,22
2045	80,96	53,82	28,44	1,10

Tabelle 6-2: Zusammenfassung des Sanierungspotenzial (interne Berechnung)

Unter Beachtung der dargestellten Bevölkerungsentwicklung und der Verbräuche für Strom exkl. Wärme und Warmwasser ergeben sich die im Folgenden dargestellten Werte.

Sanierungspotenzial inkl. Bevölkerungsveränderung			
Jahr	Endenergieverbrauch für Wärme und Warmwasser	Endenergieverbrauch für Strom	Endenergieverbrauch Summe
[-]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]
2024	109,40	18,50	127,90
2030	99,62	18,46	118,08
2035	92,43	18,44	110,87
2040	85,95	18,42	104,37
2045	80,10	18,41	98,51

Tabelle 6-3: Sanierungspotenzial inkl. Bevölkerungsveränderung (interne Berechnung)

Dabei ist zu betonen, dass der prognostizierte Endenergieverbrauch an dieser Stelle noch die heute installierte Wärmeversorgungsinfrastruktur unterstellt ist. Die prognostizierte Senkung des Endenergieverbrauchs inkl. Bevölkerungsentwicklung ist im untenstehenden Diagramm zudem grafisch aufbereitet.



Abbildung 6-3: Endenergieverbrauch nach Sanierung inkl. Bevölkerungsentwicklung

Zusätzlich ist darauf hinzuweisen, dass die Einbeziehung der Bevölkerung und die Sensibilisierung für die Vorteile energetischer Sanierungen von entscheidender Bedeutung ist. Öffentlichkeitsarbeit und Aufklärungskampagnen können dazu beitragen, das Bewusstsein für die Notwendigkeit und für die Vorteile der Sanierung zu schärfen. Insgesamt ist demnach eine Kombination aus rechtlichen Vorgaben, finanziellen Anreizen, technischer Unterstützung und Öffentlichkeitsarbeit notwendig, um die Sanierungsrate nachhaltig zu erhöhen.

6.3 Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien, auch als regenerative Energien bezeichnet, sind Energiequellen, die aus natürlichen, sich ständig erneuernden Prozessen gewonnen werden. Im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen, die sich über Jahrtausende aus abgestorbenen Pflanzen und Tieren gebildet haben und nur begrenzt verfügbar sind, basieren erneuerbare Energien auf Ressourcen, die in menschlichen Zeitmaßstäben unerschöpflich sind. Es gibt verschiedene Arten erneuerbarer Energien, die jeweils durch unterschiedliche natürliche Prozesse und Quellen angetrieben werden, wie im Folgenden dargestellt ist.

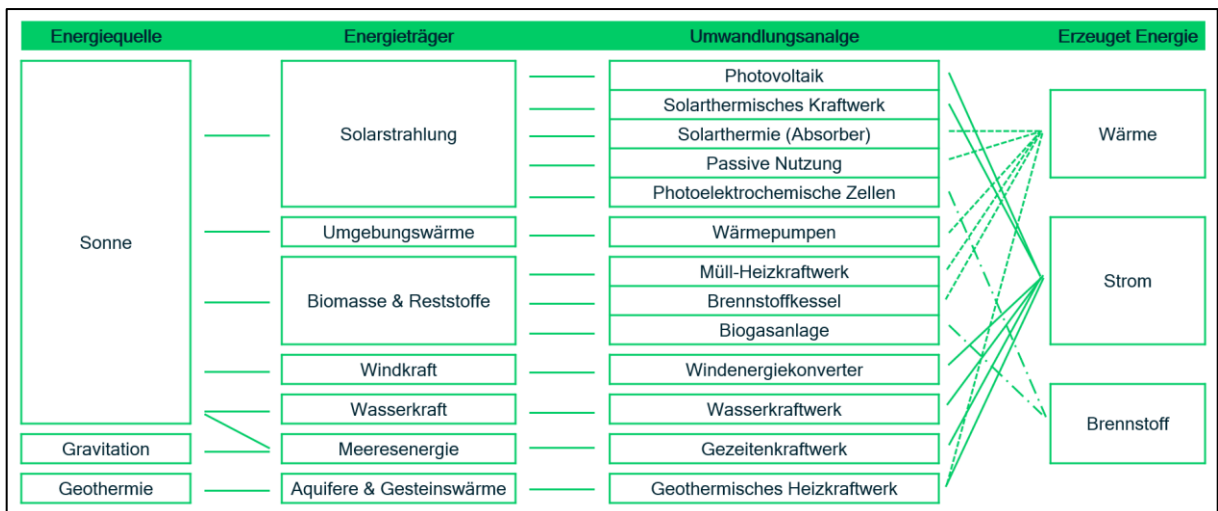


Abbildung 6-4: Erneuerbare Energien von der Quelle zum Energieträger in Anlehnung an WAGNER, ROUVEL & SCHÄFER 1999

Von den aufgeführten Umwandlungsanlagen werden Potenziale für Photovoltaik, Solarthermie, Umgebungswärme für Wärmepumpen, Müll-Heizkraftwerke, Brennstoffkessel, Biogasanlagen, Windenergiekonverter, Wasserkraft und Geothermie näher untersucht. Darüber hinaus werden im Projektgebiet bestehende Abwärmepotenziale beleuchtet.

Zu den nicht näher untersuchten Umwandlungsanlagen zählen solarthermische Kraftwerke. Diese nutzen die Sonnenenergie zur Erzeugung von Strom, indem sie die Sonnenstrahlung absorbieren und in Wärmeenergie umwandeln. Diese Wärme wird genutzt, um Wasser zu verdampfen, das eine Turbine antreibt, die wiederum einen Generator zur Stromerzeugung antreibt. Es gibt verschiedene Technologien, wie Parabolrinnenkollektoren, Solarturm- und Fresnel-Kraftwerke, die in solarthermischen Kraftwerken zum Einsatz kommen. Diese Anlagen sind besonders in sonnenreichen Regionen effizient und sind an dieser Stelle nur vollständigheitshalber genannt.

Eine weitere Nutzungsart von Sonnenstrahlung ist die passive Nutzung. Dabei sind insbesondere Techniken gemeint, die Sonnenenergie ohne mechanische Systeme direkt nutzen, um Gebäude zu heizen und zu beleuchten. Diese Techniken beinhalten die strategische Ausrichtung von Gebäuden, die Verwendung von thermischen Massen zur Speicherung von Wärme und die Optimierung von Fenstern und Verglasungen zur Maximierung des Lichteinfalls und der Wärmeaufnahme. Durch die passive Nutzung der Solarstrahlung kann der Energieverbrauch für Heizung und Beleuchtung erheblich reduziert werden, was sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile bietet. Diese Ansätze sind integraler Bestandteil nachhaltiger Bau- und Architekturstrategien und werden daher in der folgenden Potenzialberechnung nicht berücksichtigt.

Ein weiteres Potenzial, was in der Kommunalen Wärmeplanung nicht näher untersucht wird, sind Photoelektrochemische Zellen. Dies sind Vorrichtungen, die Lichtenergie direkt in chemische Energie umwandeln. Diese Technologie nutzt Halbleitermaterialien, die bei Beleuchtung mit Sonnenlicht Elektronen-Loch-Paare erzeugen. Die resultierenden Träger werden dann verwendet, um elektrochemische Reaktionen wie die Wasseraufspaltung zur Erzeugung von Wasserstoff durchzuführen. Photoelektrochemische Zellen bieten eine vielversprechende Möglichkeit, erneuerbare Energiequellen zu nutzen und gleichzeitig nachhaltige Brennstoffe wie Wasserstoff zu produzieren, ohne fossile Ressourcen zu verbrauchen. Trotz dieser Fortschritte stehen Photoelektrochemische Zellen noch vor Herausforderungen wie der Skalierbarkeit und der langfristigen Stabilität, weswegen eine detaillierte Potenzialberechnung noch nicht sinnvoll ist. Dennoch bleibt die Forschung in diesem Bereich aktiv und es wird erwartet, dass Photoelektrochemische Zellen in Zukunft eine bedeutende Rolle bei der nachhaltigen Energieerzeugung spielen werden.

Gezeitenkraftwerke nutzen die Energie aus den Gezeiten, die durch die Gravitationskräfte des Mondes und der Sonne sowie der Erdrotation erzeugt werden. Es ist naheliegend, dass entsprechende Potenziale im Projektgebiet ausgeschlossen werden können. Diese Kraftwerke wandeln die kinetische und potenzielle Energie des auf- und ablaufenden Wassers in elektrische Energie um. Gezeitenkraftwerke arbeiten typischerweise mit Gezeitensperren oder Gezeitenturbinen. Gezeitensperren bestehen aus Dämmen oder Schleusen, die das Wasser bei Flut zurückhalten und bei Ebbe freisetzen, wobei die Bewegung des Wassers Turbinen antreibt. Gezeitenturbinen ähneln Unterwasser-Windkraftanlagen und nutzen die Strömung des Wassers, um Rotorblätter, die mit Generatoren gekoppelt sind, anzutreiben.

6.3.1 Potenzialflächen

Für die Transformation hin zu erneuerbaren Energien, entstehen zusätzliche Flächenbedarfe, z.B. für Freifeld-Photovoltaikanlagen, Windkraftanlagen oder für den Anbau von Pflanzen für die Biogaserzeugung, die auch als Kraftpflanzen oder Energiepflanzen bezeichnet werden. Alle Energieumwandlungsanlagen unterliegen dabei spezifischen Flächeneinschränkungen, basierend auf gesetzlichen Vorschriften, Umweltauflagen und lokalen Bauvorschriften. Darüber hinaus ergeben sich in Abhängigkeit der Umwandlungsanlage unterschiedliche Vorranggebiete. Um beispielsweise Standorte für Windkraftanlagen auszuwählen und festzulegen, sind neben den Auflagen zum Abstandsflächenrecht auch Sicherheitsabstände zu Straßen, Schienen oder anderen Infrastruktureinheiten einzuhalten. Darüber hinaus sind u.a. Lärmschutzverordnungen, lokale Bauvorschriften wie die Landesbauordnung, bestehende Naturschutzgebiete und Restriktionen aus dem Flächennutzungs- und Regionalplan ebenso zu berücksichtigen, wie die Sichtachsen zu Baudenkmalern, das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und die Bodenqualität. Zusätzlich müssen wirtschaftliche Aspekte betrachtet werden. So kann leicht nachvollzogen werden, warum die Standortanalyse, Planung und Genehmigung mehrere Jahre in Anspruch nehmen kann. Folgerichtig kann eine Kommunale Wärmeplanung keine Machbarkeitsstudie zu einzelnen Flächennutzungen leisten oder Standorte für Anlagen festlegen. Vielmehr sollen auf Basis der Wärmeplanung möglichst zielgerecht Detailanalysen stattfinden, um der strategischen Richtung der Wärmeplanung zu folgen.

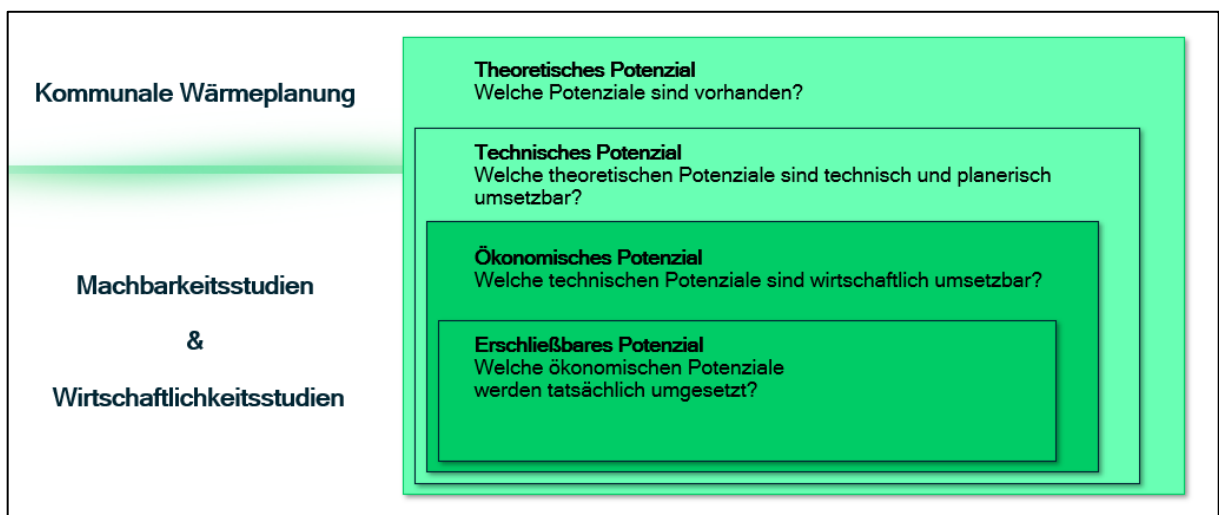


Abbildung 6-5: Potenziale in der Wärmeplanung (Darstellung der Back2B Solution GmbH)

Wie in der vorhergehenden Abbildung dargestellt, bildet die Wärmeplanung die theoretischen Potenziale ab, die im ersten Schritt technisch eingeschränkt werden. Dabei werden die Schutzgebiete und raumordnerische Vorrangflächen, wie Wasserschutzgebiete Zone I bis III, Landschaftsschutzgebiete, Überschwemmungsgebiete, Biosphärenreservate, FFH-Gebiete, Naturschutzgebiete, Nationalparks und Vogelschutzgebiete betrachtet und systematisch ausgewertet.

Die Potenzialflächen wurden im Folgenden in 5 Kategorien unterteilt:

- Gras- und Grünlandflächen
- Agrarlandflächen
- Waldflächen
- Gewässerflächen
- Dachflächen

Bad Düben wird für die Darstellung der Potenzialflächen in die vier Gemarkungen Bad Düben, Schnaditz, Tiefensee und Wellaune unterteilt. In folgendem Bild soll nochmals die Einteilung der Projektgebiets in die Gemarkung in Erinnerung gerufen werden.

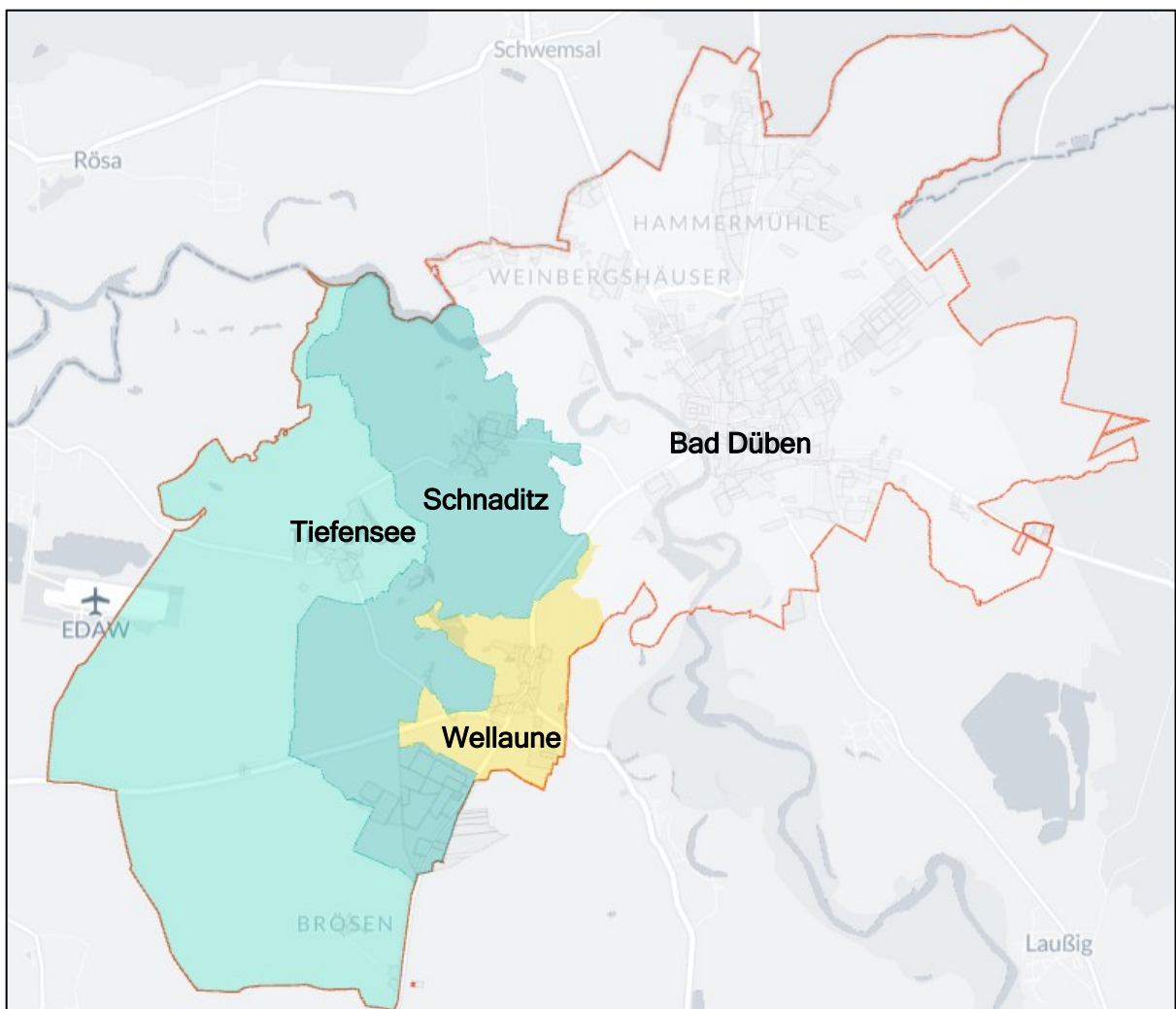


Abbildung 6-6: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Grünflächen und Grasland spielen eine wichtige Rolle. Neben der positiven Wirkung auf die Biodiversität, bieten diese Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten und dienen darüber hinaus als Erholungs- oder landwirtschaftlich genutzte Fläche. Bzgl. der Energiewende besitzen diese Flächen Potenziale zur Biogaserzeugung und als Standorte für Freiflächen-solaranlagen oder sonstigen Wärmeerzeugungseinheiten, z.B. zur Speisung von Wärmenetzen. Folgende Flächen ergeben sich:

Potenzialflächen - Gras- und Grünland		
Ortsteil	Schutzgebiete & Einschränkungen	Größe
[-]	[-]	[ha]
Summe:		422,97
Bad Düben	Überschwemmungsgebiet, Landschaftsschutzgebiet, LSG & WSG 3, LSG & VSG, LSG & ÜSG, Wasserschutzgebiet 3, LSG & VSG & ÜSG	209,34
Wellaune	Überschwemmungsgebiet, VSG & ÜSG	23,68
Schnaditz	Landschaftsschutzgebiet, Wasserschutzgebiet 3, Überschwemmungsgebiet, LSG & ÜSG, LSG & VSG & ÜSG, VSG & ÜSG	71,79
Tiefensee	Landschaftsschutzgebiet, LSG & WSG 3, Wasserschutzgebiet 3, Vogelschutzgebiet, VSG & ÜSG, LSG & VSG & ÜSG, NSG & LSG & VSG & ÜSG	118,16

Tabelle 6-4: Potenzialflächen - Gras- und Grünland (GIS-basiert)

Agrarflächen sind ein wertvoller Bestandteil der Energiewende. Sie bieten vielfältige Möglichkeiten für erneuerbare Energien. Die Nutzung von Agrarflächen für die Energieproduktion erfordert jedoch eine sorgfältige Planung und Abwägung, um Nutzungskonflikte zu minimieren und sowohl ökologisch als auch ökonomisch nachhaltige Lösungen zu schaffen. Die weitere Erforschung und Förderung von innovativen Konzepten wie der Agri-Photovoltaik kann dazu beitragen, die Flächeneffizienz zu steigern und die Energiewende erfolgreich voranzutreiben.

Potenzialflächen - Agrarland		
Ortsteil	Schutzgebiete & Einschränkungen	Größe
[-]	[-]	[ha]
Summe:		1.825,21
Bad Düben	Landschaftsschutzgebiet, TW Landschaftsschutzgebiet, LSG & WSG 3, Wasserschutzgebiet 3, LSG & ÜSG, TW LSG & ÜSG, Überschwemmungsgebiet, TW Überschwemmungsgebiet, LSG & VSG & ÜSG	847,02
Wellaune	LSG & WSG 3, Überschwemmungsgebiet	123,33
Schnaditz	Überschwemmungsgebiet, Wasserschutzgebiet 3, LSG & ÜSG, LSG & VSG & ÜSG	341,03
Tiefensee	Wasserschutzgebiet 3, LSG & WSG 3, Vogelschutzgebiet, LSG & VSG & ÜSG, VSG & ÜSG, NSG & LSG & VSG & ÜSG	513,83

Tabelle 6-5: Potenzialflächen - Agrarland (GIS-basiert)

In der folgenden Abbildung sind die Potenzialflächen abgebildet. In hellgrün, Gras- und Grünlandflächen. In sattgrün Agrarflächen und in dunkelgrün die Waldflächen im Projektgebiet.

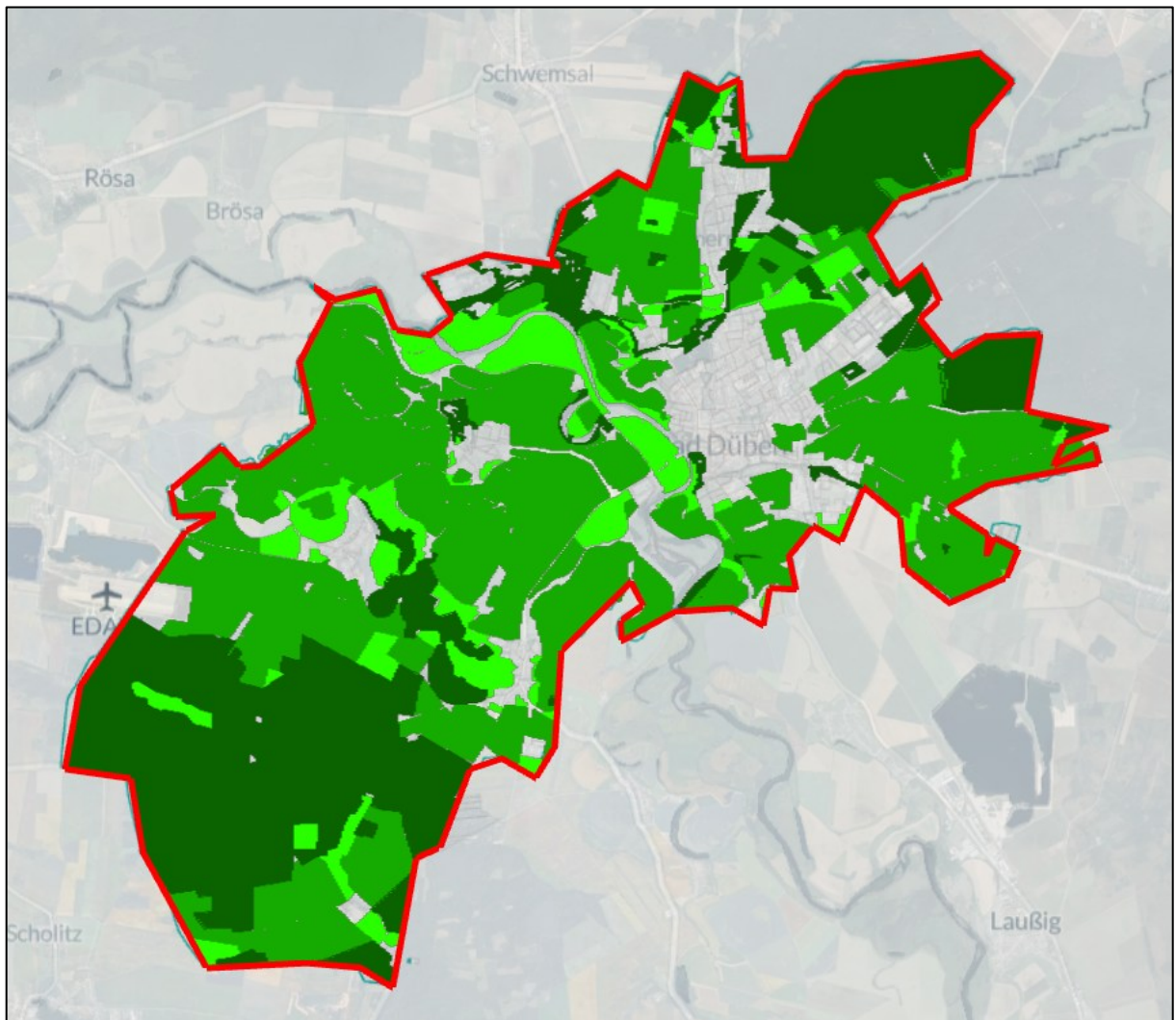


Abbildung 6-7: Potenzialflächen im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Der Großteil der Potenzialflächen sind, wie in der Abbildung zu erkennen ist, Agrar- und Waldflächen. Insbesondere Wälder sind von enormer Bedeutung für die Umwelt und das Klima. Als CO₂-Speicher, zur Klimaregulierung, als Erosionsschutz, als Teil des Wasserkreislaufs und der Biodiversität sowie als Lebensraum, übernehmen Wälder wichtige Funktionen. Darüber hinaus fungieren diese auch als potenzielle Standorte für die Erzeugung erneuerbarer Energien und als Produzent fortlaufend verwertbarer Biomasse.

Potenzialflächen - Wald		
Ortsteil	Schutzgebiete & Einschränkungen	Größe
[-]	[-]	[ha]
Summe:		1.399,42
Bad Düben	Landschaftsschutzgebiet, TW Landschaftsschutzgebiet, TW LSG & ÜSG, TW LSG & WSG 3, LSG & VSG & ÜSG, Überschwemmungsgebiet, Vogelschutzgebiet, Wasserschutzgebiet 3, VGS & ÜSG & WSG 3	524,19
Wellaune	VSG & ÜSG, Überschwemmungsgebiet	14,25
Schnaditz	Landschaftsschutzgebiet, Wasserschutzgebiet 3, LSG & VSG & ÜSG, LSG & WSG 3, VGS & ÜSG & WSG 3	262,24
Tiefensee	Wasserschutzgebiet 3, LSG & WSG 3, VSG & ÜSG, NSG & LSG & VSG & ÜSG	598,74

Tabelle 6-6: Potenzialflächen - Wald (GIS-basiert)

Abschließend werden die Potenzialflächen für Dächer zusammengefasst. Dabei wird zunächst die verfügbare Dachfläche in Summe dargelegt.

Potenzialflächen - Dach	
Name	Dachfläche insgesamt
[-]	[ha]
Summe:	104,37
Bad Düben	86,17
Wellaune	6,22
Schnaditz	6,63
Tiefensee	5,35

Tabelle 6-7: Potenzialflächen - Dach (GIS-basiert & interne Berechnung)

Nach der Analyse der Flächenpotenziale wird im Folgenden der Energieträger Solarstrahlung tiefergehend untersucht und mit den aufgezeigten Potenzialflächen in Verbindung gebracht.

6.3.2 Solarstrahlung

Solarstrahlung ist die grundlegende Energiequelle für Photovoltaik- und Solarthermieanlagen. Beide Technologien nutzen die Sonnenenergie, jedoch auf unterschiedliche Weise und zu unterschiedlichen Zwecken. Photovoltaik (PV) wandelt Sonnenlicht direkt in elektrische Energie um. Dies geschieht durch den photovoltaischen Effekt, bei dem Photonen, also Lichtteilchen, die Elektronen in einem Halbleitermaterial wie Silizium freisetzen. Diese freigesetzten Elektronen erzeugen einen elektrischen Strom, der zur Stromversorgung von Haushalten, Unternehmen und industriellen Anwendungen genutzt werden kann. Die Effizienz von PV-Anlagen hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschließlich der Intensität der Solarstrahlung, der Art des Halbleitermaterials, der Temperatur und der Ausrichtung der Solarmodule.

Das FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025 gibt an, dass im Jahr 2024 72,2 TWh an Strom mit Photovoltaik erzeugt wurde, was einen Anteil von 14 % des Bruttostromverbrauchs in Deutschland entspricht.

In der folgenden Abbildung sieht man den Verlauf der festen EEG-Einspeisevergütung für PV-Strom nach dem Datum der Inbetriebnahme der Anlage in den Klassen „Gebäudeanlagen mit Überschusseinspeisung bis 10 kWp“ und „Sonstige Anlagen bis 100 kW“ sowie die mittlere Vergütung in den Ausschreibungen der Bundesnetzagentur, die Strompreise und den Marktwert von Solarstrom.

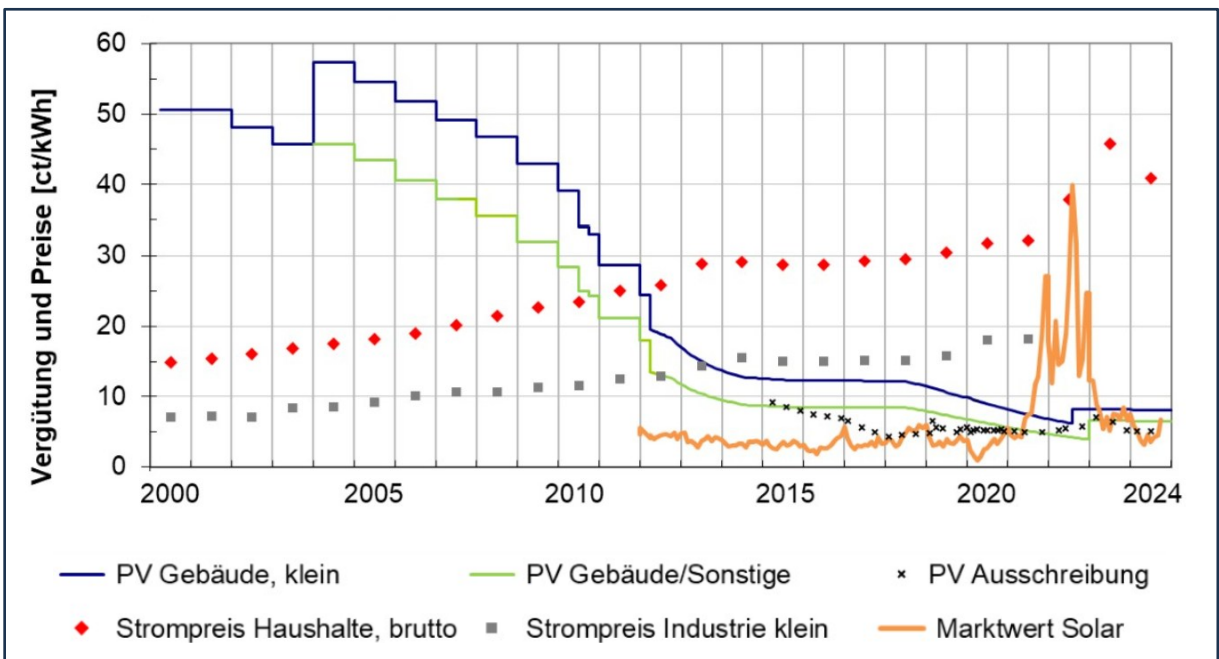


Abbildung 6-8: Preisgrößen für PV-Strom (Quelle: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025)

Die Grafik zeigt, dass die anfängliche hohe EEG-Vergütung stark zurückgegangen ist und weiterhin wirtschaftlich Solarfelder gebaut und betrieben werden können. Entsprechend hat sich die Förderung und der damit folgende Strukturaufbau bezahlt gemacht. In Abhängigkeit der Anlagengröße werden für kleinere Anlagen mit Eigenverbrauch und Inbetriebnahme bis zum 31.1.2025 ca. 8 ct/kWh für 20 Jahre garantiert.

Zum Vergleich führt das FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025 aus, dass für das geplante Atomkraftwerk "Hinkley C", welches im Jahr 2029 in Großbritannien in Betrieb genommen werden soll, eine Einspeisevergütung von umgerechnet 12 ct/kWh zuzüglich Inflationsausgleich über einen Zeitraum von 35 Jahren garantiert wurde.

Die Solarthermie hingegen nutzt die Wärmeenergie der Sonnenstrahlen, um thermische Energie zu erzeugen. In Solarthermieanlagen werden Sonnenstrahlen durch Spiegel oder Linsen auf einen Absorber konzentriert, der die Strahlungsenergie in Wärme umwandelt. Diese Wärme kann direkt zur Beheizung von Wasser oder Gebäuden genutzt werden oder zur Erzeugung von Dampf, der wiederum zur Stromerzeugung verwendet wird.

Sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermie ist Solarstrahlung notwendig. Solarstrahlung ist die gesamte Energie, die von der Sonne in Form von elektromagnetischer Strahlung ausgesendet wird und umfasst das gesamte Spektrum, von ultravioletter Strahlung über sichtbares Licht bis hin zu infraroter Strahlung. Diese kann in direkte und diffuse Solarstrahlung unterteilt werden. Für die Planung und Bewertung von Solaranlagen ist wichtig zu definieren, wie viel Solarstrahlung auf die Erdoberfläche trifft. Hierbei wird der Begriff Globalstrahlung verwendet und umfasst sowohl direkte als auch diffuse Solarstrahlung. Die Globalstrahlung wird durch Messungen an Bodenstationen ermittelt und in Wattstunden pro Quadratmeter ausgedrückt. Für die Stadt Bad Dübenergibt sich seit 1991 bis heute folgende jährliche Globalstrahlung.

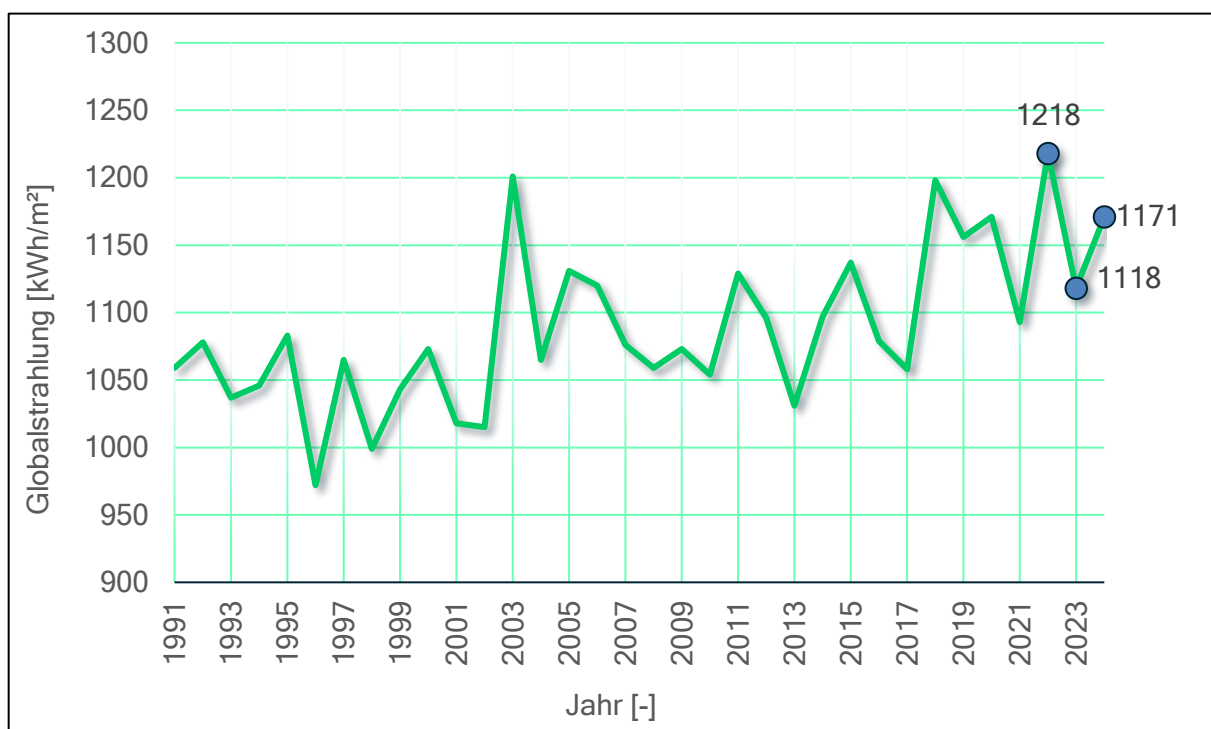


Abbildung 6-9: Jahresbezogene Globalstrahlung im Projektgebiet (DEUTSCHER WETTERDIENST 2025)

Der Durchschnitt der letzten 3 Jahre beträgt 1169 kWh/m² pro Jahr. Dieser Wert bildet die Grundlage für die Berechnung der Solarthermie- und Photovoltaikpotenziale der folgenden Unterkapitel. Auf Basis der entsprechenden Flächenausnutzung, der spezifischen Globalstrahlung, des Modulwirkungsgrades und des Systemwirkungsgrades ohne Module bzw. bei Solarthermie anstelle der Modul- und Systemwirkungsgrade und des Effizienzfaktors der Kollektoren, werden die entsprechenden Potenziale berechnet.

6.3.2.1 Nutzung von Freiflächen

Sowohl FECHNER 2020 als auch BÖHM & TIETZ 2022 kommen zu übereinstimmenden Ergebnissen, dass für Freiflächen-Solaranlagen mehr als 1,35 bis 2,2 bzw. 1,6 Hektar für eine Peakleistung von einem Megawatt benötigt werden. Die spezifische Flächeninanspruchnahme verändert sich dabei nach BÖHM & TIETZ 2022 in Abhängigkeit von der Anlagengröße. Ein Grund ist beispielsweise der Abstand zur Umzäunung, die bei größer werdenden Anlagen zunehmend weniger Einfluss hat. Parallel dazu ist in der allgemeinen Tendenz zu beobachten, dass die benötigte Fläche für dieselbe Peakleistung kleiner wird, was nach BÖHM & TIETZ 2022 stark mit der technologischen Weiterentwicklung der Zellen und Module, steigenden Anlagengrößen und effizienteren Aufstelltechniken zusammenhängt. Die daraus abzuleitende spezifische Flächenausnutzung wurde bei der Potenzialausweisung berücksichtigt. Neben der technologischen Komplexität ergibt sich die planungsseitige Komplexität der Flächennutzung. Im Zuge dessen wurden bereits im Kapitel der Potenzialflächen Ausschlusskriterien festgelegt und umgesetzt. Hinzugefügt werden muss die Tatsache, dass Landschaftsschutzgebiete nicht zum Flächenausschluss geführt haben, jedoch trotzdem negativ auf die Flächennutzung für Solaranlagen wirkt. Im Detail muss bei diesen Flächen im Einzelfall geprüft und entschieden werden. Neben diesem negativen Einfluss auf die Realisierungswahrscheinlichkeit wirken jedoch auch positive Effekte, die in folgender Tabelle zusammengefasst sind.

Befürwortende Rahmenbedingungen für Freiflächen-Solaranlagen	
Kategorie	Benennung
Naturräumliche Gegebenheiten	Erosionsgefährdete Standorte
	Landwirtschaftliche Flächen unter 30 Bodenpunkten
	Trinkwasserschutzzone III
Infrastruktur	500m-Korridor Autobahn für Acker- und Grünflächen (Privileg)
	500m-Korridor Schiene für Acker- und Grünflächen (Privileg)
	Freilandleitung für Acker- und Grünflächen
	Naheliegende Flächen von Tankstellen
	Naheliegende Flächen von Parkplätzen inkl. P+R
	Verkehrsnebenflächen von z.B. Flugplätzen
Energiewirtschaft	Naheliegende Flächen einer Biogasanlage
	Naheliegende Flächen eines Umspannwerks
	Naheliegende Flächen von Energiespeichern
	Naheliegende Flächen von Ladeinfrastrukturen für E-Fahrzeuge
	Naheliegende Flächen von Elektrolyse-Anlagen
Sonstiges	Naheliegende Flächen von größeren Gewerbeansiedlungen
	Konversionsflächen ohne ökologische Funktion
	Vorbelastete Flächen mit Altlasten, Windkraft, Deponien oder ähnlichem
	Brachliegende, ehemals genutzte Flächen im Außenbereich
	Nachnutzungskonzept von Abbauflächen

Tabelle 6-8: Bevorzugte Freiflächenstandorte für Solar (Quellen PLANUNGSGEMEINSCHAFT ODERLAND-SPREE 2020, NIEDERSÄCHSISCHER LANDKREISTAG & STÄDTE- UND GEMEINDEBUND 2022 UND BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2024)

Bevorzugte Standorte verändern sich auf Basis der vorangegangenen Tabelle im Projektgebiet fortlaufend. Daher sind zum Zeitpunkt der detaillierten Standortanalyse entsprechende Flächen bevorzugt zu behandeln. In Summe ergeben sich für Solarthermie und Photovoltaik folgende Potenziale auf Gras- und Grünlandflächen. Für die Berechnung der Solarthermiepotenziale wird ein Mittelwert aus den üblichen Faktoren für Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren angenommen. Die ausgewiesenen Potenziale stehen in Konkurrenz zueinander.

Solarpotenzial auf Gras- und Grünlandflächen				
Ortsteil	Größe	Globalstrahlung	Solarthermiepotenzial	Photovoltaikpotenzial
[-]	[ha]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	173,80	609.518	426.663	118.003
Bad Dübén	87,88	308.195	215.736	59.667
Wellaune	10,81	37.911	26.538	7.339
Schnaditz	19,53	68.492	47.944	13.260
Tiefensee	55,58	194.920	136.445	37.737

Tabelle 6-9: Solarpotenzial auf Gras- und Grünlandflächen (interne Berechnung)

6.3.2.2 Nutzung von Agrarflächen

Agri-Photovoltaik integriert Solarenergie und Landwirtschaft durch die Installation von Solarmodulen über landwirtschaftlich genutzten Flächen. Dadurch wird die parallele Erzeugung von Nahrungsmitteln und Strom ermöglicht, was die Effizienz der Flächennutzung steigert und die nachhaltige Landwirtschaft unterstützt. Eine beispielhafte Umsetzung von Agri-Photovoltaik ist im Folgenden aufgezeigt.



Abbildung 6-10: Beispiele für Agri-Photovoltaik (FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2024)

Die Untersuchungen vom FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2024 zeigen bei der aufgebauten Forschungsanlage eine 25 % geringere installierte Leistung pro Hektar als eine herkömmliche Freiflächenanlage, was in den Berechnungen entsprechend berücksichtigt wurde.

Solarpotenzial auf Agrarflächen				
Ortsteil	Größe	Globalstrahlung	Solarthermiepotenzial	Photovoltaikpotenzial
[-]	[ha]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	1.356,26	3.567.303	2.497.112	690.630
Bad Döben	687,53	1.808.376	1.265.863	350.102
Wellaune	123,33	324.389	227.072	62.802
Schnaditz	238,92	628.419	439.894	121.662
Tiefensee	306,48	806.119	564.283	156.065

Tabelle 6-10: Solarpotenzial auf Agrarflächen (interne Berechnung)

6.3.2.3 Nutzung von Privilegflächen

In Deutschland gibt es verschiedene gesetzliche Sonderregelungen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Wichtige Regelungen finden sich im Baugesetzbuch, im Erneuerbare-Energien-Gesetz sowie in der Raumordnung. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz definiert dabei die förderfähigen Flächenkulisse für PV-Freiflächenanlagen. Gemäß Baugesetzbuch dürfen PV-FFA im Außenbereich entlang von Autobahnen und mehrgleisigen Schienenwegen, bis 200 m Abstand privilegiert errichtet werden. Mit der Bauleitplanungs-Digitalisierungsnovelle 2023 wurde zusätzlich Agri-Photovoltaik privilegiert. Außerhalb dieser Fälle erfordern Freiflächen-PV-Anlagen in der Regel ein Bebauungsplan. Andernfalls muss das Vorhaben im Außenbereich gesondert zugelassen werden. Bei den privilegierten Sonderfällen ist eine einfache Baugenehmigung ausreichend. Die Genehmigungsbehörde prüft dabei insbesondere die Übereinstimmung mit dem Flächennutzungsplan, der Bauleitplanung und den Zielvorstellungen der Raumordnung. Einschränkend gilt, dass Arten- und Biotopschutz nach dem Bundesnaturschutzgesetz dennoch beachtet werden muss. Im Projektgebiet können keine privilegierten Flächen ausgewiesen werden.

6.3.2.4 Nutzung von Dachflächen

Für die Berechnung des theoretischen Potenzials der solaren Strahlung auf Dachflächen, ist die Modellierung dieser Dachflächen notwendig, was auf Basis eines digitalen Geländemodells erfolgt ist. Somit sind Dachaufbauten, Objekte und Vegetation aus der Umgebung erfasst. Ferner werden Verschattungen in der 3D rasterbasierten Modellierung und direkte sowie diffuse Strahlung betrachtet - siehe Beispiel in der folgenden Abbildung. Im Ergebnis ist jeder Quadratmeter des Daches mit einem Solarstrahlungswert hinterlegt.



Abbildung 6-11: Satellit (GOOGLE 2024) ggü. Globalstrahlung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Herauszustellen ist der rot hervorgehobene Bereich rechts im Bild. Hier ist die Auswirkung der Modellierung der Objekte mit deren Verschattung erkennbar. In Folge wird die Genauigkeit der Potenzialberechnung signifikant erhöht. Alle auf einem Dach befindlichen Quadratmeter ab einer Einstrahlung von größer 825 kWh/m^2 Globalstrahlung im Jahr werden aufsummiert und zu einem theoretischen Solarpotenzial zusammengefasst.

Solarpotenzial auf Dachflächen				
Ortsteil	Größe	Globalstrahlung	Solarthermiepotenzial	Photovoltaikpotenzial
[-]	[ha]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	104,37	363.320	242.259	43.551
Bereits installierte Anlagen:		42.210	-	-
Bad Dübén	86,17	344.867	241.407	43.398
Wellaune	6,22	20.686	14.480	2.603
Schnaditz	6,63	22.740	15.918	2.862
Tiefensee	5,35	17.236	12.065	2.169

Tabelle 6-11: Solarpotenzial auf Dachflächen (interne Berechnung)

Im dargestellten Solarpotenzial ist zusätzlich berücksichtigt, dass dieses nicht vollständig, technisch umsetzbar ist, da vorgeschriebene Mindestabstände zur Dachkante und Bauelemente wie Fenster oder Schornsteine die nutzbare Fläche reduzieren.

Aufgrund der Erfahrungswerte und Praktiken von Installationsunternehmen, kann abgeleitet werden, dass im Mittel 65 % der mit ausreichend Globalstrahlung beaufschlagten Dachflächen als technisch realisierbar einkalkuliert werden können. Diese nutzbare Globalstrahlung ist in der obigen Tabelle für die Ortsteile zusammengefasst. Abgezogen wurde die bereits genutzte Globalstrahlung in Form bereits installierter Anlagen.

Um das Solarthermiefpotenzial auf den Dachflächen nutzen zu können, ist eine ausreichende Abnahme der Wärme durch den Bedarf an Warmwasser ausschlaggebend. Nach SCHABBACH & LEIBBRANDT 2021 ist Solarthermie technologisch anspruchsvoller, da für den wirtschaftlichen Betrieb gegenüber Photovoltaik eine geringere Südabweichung zu berücksichtigen ist und um den Wärmeertrag zwischen Sommer und Winter ausgleichend zu beeinflussen, eine Dachneigung von mindestens 30 Grad eingehalten werden sollte (SCHABBACH & LEIBBRANDT 2021).

6.3.2.5 Zusammenfassung Solarpotenzial

Wie schnell Solaranlagen installiert werden, ist eine multifaktorielle Fragestellung. Im Rahmen der späteren Wärmewendestrategie kann die Zielgröße zur Umsetzung von Freiflächen-Solaranlagen festgelegt werden, da diese Zielgröße unmittelbar beeinflussbar ist. Bei der Nutzung der Potenzialflächen auf Dächern ist das anders, da Eigenheimbesitzer diese Entscheidung aufgrund unterschiedlicher Beweggründe treffen. Eine positive Beeinflussung durch die Verwaltung der Stadt ist nur sehr bedingt oder gar nicht möglich. Ausgenommen von dieser Aussage sind die eigenen Liegenschaften der Stadt.

Infolgedessen muss ein Transformationspfad berechnet werden. Um diesen herzuleiten, wurde auf Basis der Daten des Markstammregisters die Wachstumsrate von Dachflächensolaranlagen im Projektgebiet bestimmt. Im Anschluss wurde nach BDEW 2023 und auf Basis der Daten von SMART ENERGY 2023 die prognostizierten Wachstumsraten über die Jahre für Deutschland abgeleitet. Diese Daten wurden mit der Studie von REUTHER & KOST 2024 abgeglichen und um die Aufteilung zwischen den Dach- und Freiflächenanteilen ergänzt. Dabei wurden die folgenden Umsetzungsquoten des wirtschaftlichen Gesamtpotenzials pro Jahr berechnet und in das Gesamtpotenzial integriert.

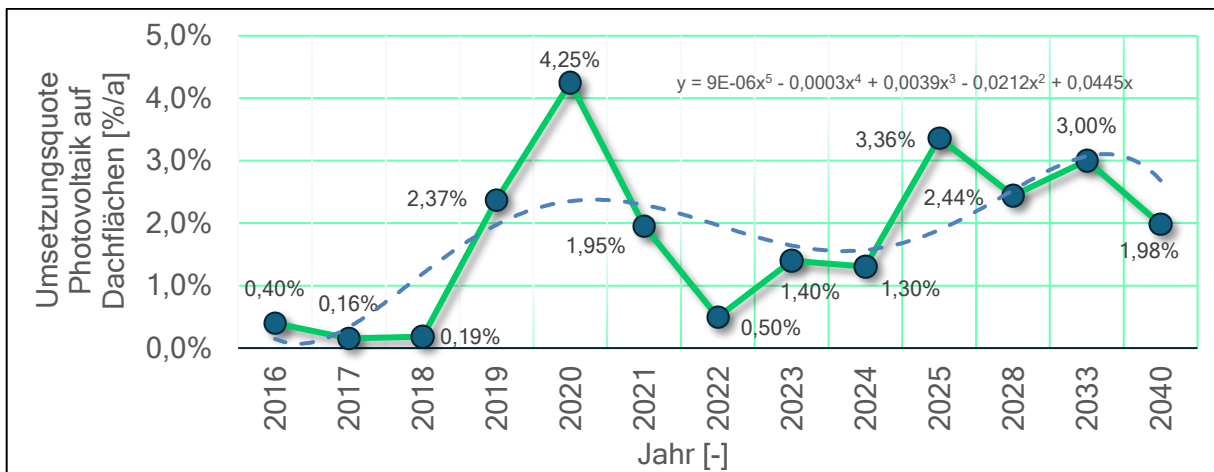


Abbildung 6-12: Umsetzungsquote Photovoltaik auf Dachflächen

In der folgenden Tabelle ist das Solarpotenzial aller zuvor behandelten Flächen in aggregierter Form dargestellt. Vom gesamten Photovoltaikpotenzial ist im Regelfall nur ein Bruchteil mobilisierbar. Dieser Wert ist ebenfalls in der Tabelle hinterlegt.

Zusammenfassung Solarpotenzial				
Kategorie	Gesamtes Solarthermiepotenzial	Mobilisierbares Solarthermiepotenzial	Gesamtes Photovoltaikpotenzial	Mobilisierbares Photovoltaikpotenzial
[-]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	3.166.034	316.603	852.184	185.782
Grünlandflächen	426.663	42.666	118.003	23.601
Agrarflächen	2.497.112	249.711	690.630	138.126
Privilegflächen	-	-	0	0
Dachflächen	242.259	24.226	43.551	24.056

Tabelle 6-12: Zusammenfassung der Solarpotenziale

6.3.3 Umgebungswärme

Prinzipiell kann Umgebungswärme in zentralen und dezentralen Systemen zur Wärmeversorgung von Gebäuden eingesetzt werden. Dafür kann aerothermische und hydrothermische Umgebungswärme genutzt werden. Bei der aerothermischen Umgebungswärme wird die Wärme aus bodennahen Luftschichten entnommen, bei der hydrothermischen aus Gewässern wie Flüssen oder Seen.

Da das Temperaturniveau in der benannten Umgebung meist nicht der gewünschten Vorlauftemperatur entspricht, um Gebäude heizen zu können, muss zusätzliche Energie eingesetzt werden, um die Temperatur auf das benötigte Niveau zu steigern. Dafür werden Wärmepumpen genutzt. Die Effizienz des Gesamtsystems, auch Coefficient of Performance oder kurz, COP genannt, wird dabei auf Basis des Carnot-Kreisprozesses maßgeblich von der Differenz zwischen Temperaturquelle und Vorlauftemperatur der Heizungsanlage bestimmt.

Der Carnot-Kreisprozess beschreibt einen idealisierten, verlustfreien Referenzprozess und stellt somit den theoretisch maximal erreichbaren COP dar. Reale Systeme weisen jedoch unvermeidbare Verluste und Ineffizienzen auf, weshalb zur Annäherung an reale Betriebsbedingungen zusätzlich der Gütegrad η der Wärmepumpe berücksichtigt wird. Die resultierenden Zusammenhänge sind in der folgenden Übersicht dargestellt.

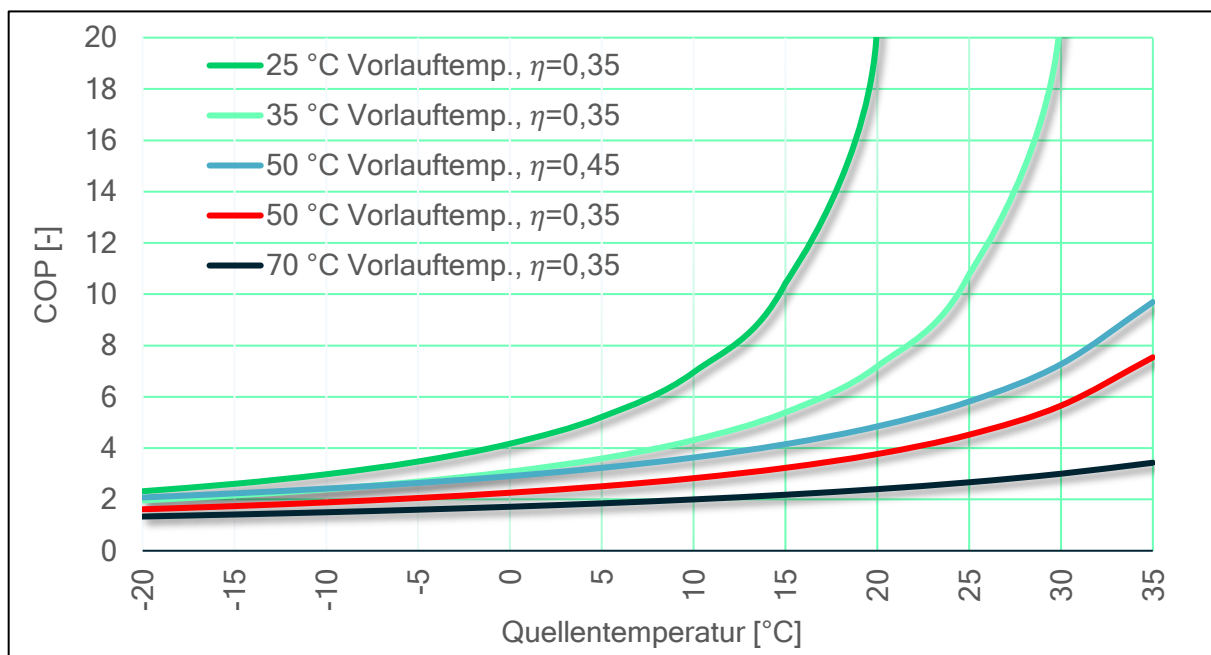


Abbildung 6-13: Theoretische COP-Werte von Wärmepumpen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

Der Gütegrad hängt dabei von mehreren Faktoren ab. Beispiele sind die drehzahlabhängige Verdichtereffizienz, die Effizienz der Wärmeübertrager, die Regelung und Steuerung der Verdichterdrehzahl, der Ventile und anderer Komponenten, die Wahl und der Zustand des Kältemittels, interne Wärmeverluste, der jeweilige Betriebszustand sowie die Fähigkeit zu einem modulierenden Betrieb. Daraus ergibt sich, dass der Gütegrad nicht ausschließlich eine gerätespezifische Kenngröße ist, sondern sich in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen, insbesondere des Temperaturhubs und der Quelltemperatur verändert.

Zur besseren Übersichtlichkeit und zur Verdeutlichung des grundlegenden thermodynamischen Zusammenhangs wurde in der dargestellten Grafik ein konstanter Gütegrad angenommen. Diese Darstellung stellt daher eine vereinfachte Annäherung dar und dient primär dem Vergleich unterschiedlicher Temperaturkonstellationen. In der realen Anwendung können die tatsächlich erreichten COP-Werte, insbesondere bei niedrigen Quelltemperaturen oder hohen Vorlauftemperaturen, deutlich von den dargestellten Werten abweichen, da der Gütegrad unter diesen Bedingungen sinkt und zusätzliche Effekte wie Teillastbetrieb oder Abtauvorgänge auftreten können. Das Verständnis dieser theoretischen Grundlagen wird in den folgenden Kapiteln benötigt und aufgegriffen.

6.3.3.1 Aerothermische Umgebungswärme

Zunächst ist Außenluft eine überall verfügbare Wärmequelle. Wärmepumpen können daher an vielen Standorten eingesetzt werden. Sowohl bei den Luft/Luft- als auch bei den Luft/Wasser-Systemen wird der Außenluft Wärme entzogen. Dies geschieht bei steigender Wärmequellentemperatur mit steigender Effizienz. Auf dieser Basis ist darauf hinzuweisen, dass Wärmepumpen mit Außenluft als Wärmequelle für Wärmenetze technisch nachrangig zu z.B. Fluss- oder Geothermie zu nutzen sind, was mit der Anlageneffizienz zu begründen ist. Für dezentrale Lösungen zur Einzelversorgung ergeben sich abweichende Rahmenbedingungen. Die Nutzung von dezentralen Lösungen können mit Ausnahme von Bereichen mit hoher baulicher Dichte oder bei hohen Prozesstemperaturen technisch umgesetzt werden.

Die Eignung von Gebäuden für den Einsatz von Wärmepumpen hängt maßgeblich vom erforderlichen Vorlauftemperaturniveau der Heizungsanlage ab, welches wiederum stark vom energetischen Zustand des Gebäudes beeinflusst wird. Da im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung keine gebäudescharfen Informationen zu vorhandenen Heizflächen oder tatsächlich benötigten Vorlauftemperaturen vorliegen, erfolgt die Bewertung der Wärmepumpeneignung auf Basis des spezifischen Wärmebedarfs pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche. Der spezifische Wärmebedarf dient dabei als Indikator für den energetischen Zustand des Gebäudes und erlaubt eine indirekte Abschätzung des zu erwartenden Vorlauftemperaturniveaus. Gebäude mit niedrigem spezifischem Wärmebedarf weisen in der Regel geringere Heizlasten auf und können mit niedrigeren Vorlauftemperaturen betrieben werden, was den effizienten Einsatz von Wärmepumpen begünstigt. Gebäude mit hohem spezifischem Wärmebedarf erfordern hingegen häufig höhere Vorlauftemperaturen, wodurch der Einsatz von Wärmepumpen ohne begleitende energetische Sanierungsmaßnahmen eingeschränkt oder unwirtschaftlich ist. Die Bewertung stellt somit eine vereinfachte, strategische Einordnung dar und ersetzt keine objektspezifische Detailplanung.

Gebäude gelten als sehr gut geeignet, wenn ihr Wärmebedarf so gering ist, dass eine Luft/Wasser-Wärmepumpe wirtschaftlich betrieben werden kann. Dieser Kategorie können 29,9 % der Gebäude im Projektgebiet zugeordnet werden.

Als bedingt geeignet werden Gebäude eingestuft, die ohne energetische Sanierungsmaßnahmen nicht wirtschaftlich erschließbar sind oder bei denen aufgrund fehlender Grundstücksflächen keine alternativen Wärmequellen, wie beispielsweise Erdwärmekollektoren, realisiert werden können. Für den Betrieb wird demnach eine energetische Sanierung empfohlen. 70,05 % der Gebäude im Projektgebiet sind dieser Kategorie zuzuordnen.

Als ungeeignet gelten Gebäude, die auch unter Annahme einer umfassenden energetischen Sanierung nicht wirtschaftlich mit Wärmepumpen versorgt werden können. Dies betrifft 0,05 % des Gebäudebestands im Projektgebiet.

6.3.3.2 Hydrothermische Umgebungswärme mit Flussthermie

In der folgenden Prinzipskizze nach STRÖBELE 2024 ist die grundsätzliche Funktionsweise für die Nutzung der hydrothermischen Umgebungswärme dargestellt. Dabei wird See- oder Flusswasser entnommen und über einen Wärmetauscher an das kalte Wärmenetz angeschlossen. Somit können die im Bild dargestellten Gebäude über die dezentral verbauten Wärmepumpen im dargestellten Sekundärkreislauf geheizt werden. Die schematisch dargestellte Fertigungsanlage kann im Netz zur Nutzung der verfügbaren Prozessabwärme angeschlossen werden. Infolgedessen kann die Quelltemperatur im Vergleich zur isolierten Nutzung der aerothermischen Umgebungswärme erhöht und somit die Anlageneffizienz erhöht werden.

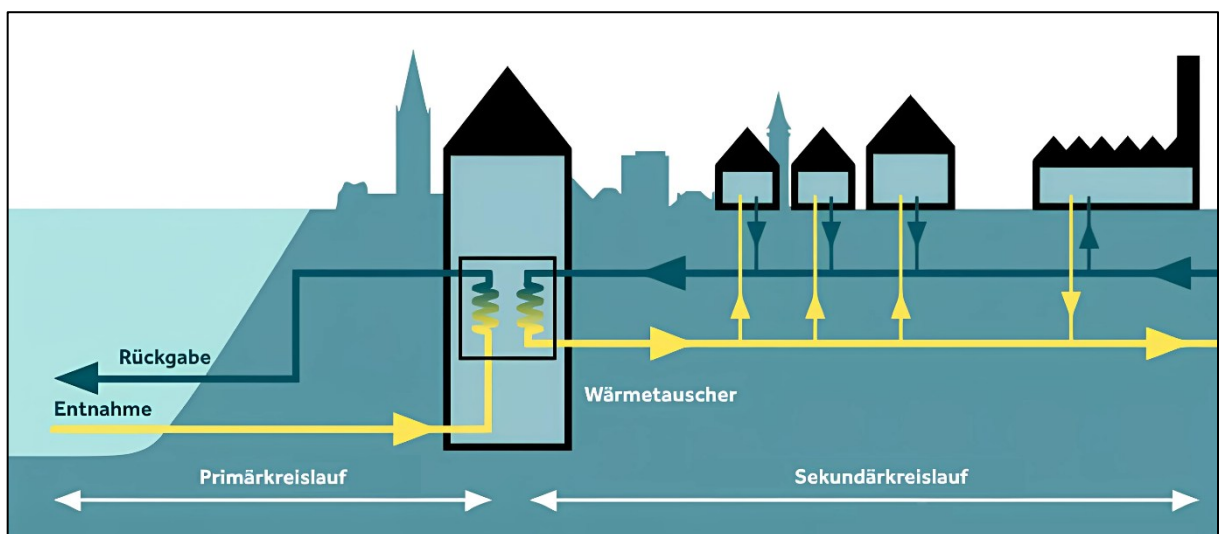


Abbildung 6-14: Prinzipdarstellung zur Nutzung hydrothermischer Umgebungswärme (STRÖBELE 2024)

Alternativ kann die Wärmepumpe auch zentral angeordnet werden, um ein warmes bzw. heißes Wärmenetz zu speisen. Dann würden die dezentral verbauten Wärmepumpen durch Wärmetauscher ersetzt werden und es würde sich die Netztopologie entsprechend ändern.

Bad Dübener See wird von der Mulde durchzogen. Die zugehörigen Abflusswerte, wie der notwendige mittlere Niedrigwasserabfluss beträgt laut SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE 2025 14,9 m³/s. Bei einer weitergehenden Betrachtung sind in Folge jedoch genauere Werte zu erheben, ebenso wie betrachtet werden muss, ob das Gewässer für Flussthermie aufgrund erwarteter veränderter Pegellagen, bedingt durch klimabeeinflussende Faktoren, in Betracht kommen kann.

Für die Potenzialberechnung wurde laut FFE 2024 für die thermische Nutzung lediglich 20 % des oben genannten Durchflusses berücksichtigt. Hintergrund ist nach EDELKAMP, WETT & KALLERT 2021, dass die Gewässerpotenziale nur anteilig für die Speisung von Wärmepumpen erschlossen werden können, da eine Beeinflussung der Nutzung, z.B. durch touristische Nutzung sowie des Ökosystems ausgeschlossen werden muss. Darüber hinaus ist nach FFE 2024 eine höhere Nutzung als 20 % des Durchflusses aufgrund der technischen Umsetzbarkeit unrealistisch. Neben der räumlichen Nutzung ist die temperaturseitige Beeinflussung zu begrenzen. In einer möglichen Projektierung sind vorab mögliche Auswirkungen auf das Ökosystem, insbesondere durch Veränderung der Gewässertemperatur, sowohl lokal an der thermischen Rückgabestelle als auch generalisiert zu untersuchen. Zudem ist die mögliche Beeinflussung des Sauerstoffgehaltes zu untersuchen. Für die Berechnung wurde nach EDELKAMP, WETT & KALLERT 2021 angenommen, das Flusswasser am Wärmetauscher bzw. am Verdampfer der Wärmepumpe um 2 Kelvin abzukühlen. Durch die Annahme der Entnahme von 20 % des Durchflusses ergibt sich eine maximale Reduktion der Temperatur des Fließgewässers um 0,4 Kelvin. Somit ergibt sich die Möglichkeit zur Entnahme von 99,6 GWh pro Jahr aus der Mulde. In Abhängigkeit der Netztypologie eines potenziellen Wärmenetzes ergibt sich folgendes Gesamtpotenzial, wofür die Jahresmitteltemperatur des Fließgewässers herangezogen wurde. Diese beträgt laut SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE 2025, 13,2°C. Die aufgezeigte Gesamtenergie beschreibt immer das Potenzial für das Wärmenetz bis zur Hausübergabestation. Auf welche Temperaturen die bereitgestellte Wärme im kalten und warmen Wärmenetz erhöht werden, hängt insbesondere vom Quartier ab.

Flussthermiepotenzial Mulde in Abhängigkeit der Netztypologie				
Netz-typologie	Vorlauftemperatur pot. Wärmenetz	COP Jahresmittel	Elektrische Hilfsenergie	Gesamtenergie
[-]	[°C]	[-]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]
Kalt	13,2	-	-	99,6
Mild	35	6,1	19,6	119,2
Warm	60	3,1	46,6	146,2
Heiß	100	1,9	109,2	208,8

Tabelle 6-13: Flussthermiepotenzial bei 4.000 Betriebsstunden im Jahr (interne Berechnung)

Das theoretische Potenzial wird sich in der Detailauslegung reduzieren, wenn die technisch nutzbare Durchflussmenge eingeschränkt wird. Andererseits sind 4.000 Betriebsstunden pro Jahr unterstellt. Mit Erhöhung der Betriebsstunde durch z.B. Wärmespeicherung wird das Potenzial erhöht. Bei 4.000 Betriebsstunden kann theoretisch maximal 99,6 GWh pro Jahr an thermische Energie aus dem Fließgewässer entnommen werden.

6.3.3.3 Hydrothermische Umgebungswärme mit Seethermie

Für die Nutzung der Gewässer zur Wärmeversorgung sind gewisse Eigenschaften notwendig. Zum einen dürfen keine Schutzgebiete beeinflusst werden, zum anderen ist eine Mindestdiefe notwendig, da nach EAWAG 2022 die Oberflächenschicht von Seen für verschiedenste Zwecke genutzt werden, eine hohe biologische Aktivität aufweisen und die Temperaturschwankungen mit geringer werdendem Abstand zur Wasseroberfläche ansteigen. EAWAG 2022 empfiehlt daher eine Wasserentnahme bei mindestens 15m Tiefe. In weiterführender Literatur gibt es jedoch keine einheitliche Empfehlung. Während teilweise Mindestdiefen von 20m beschrieben werden, gibt es auch Umsetzungsempfehlungen zu geringeren Tiefen. Jedoch sollten bei geringeren Tiefen klimabeeinflussende Faktoren, die zu eventuell sinkenden Pegelständen führen können, vorab beachtet werden. Ebenso wie eine Wasserentnahme aus technischen und ökologischen Gründen einen Mindestabstand vom Seeboden aufweisen sollte. Aus den beschriebenen Gründen wird die Empfehlung von EAWAG 2022 als Mindestanforderung übernommen. In Bad Dübren wird infolgedessen ein zusätzliches hydrothermisches Potenzial neben der Flussthermie ausgeschlossen.

6.3.4 Biomasse und Reststoffe

Grundsätzlich kann die Nutzung von Biomassepotenzialen unabhängig vom Erzeuger-Standort erfolgen, sodass eine überörtliche Nutzung möglich ist. Nutzungseinschränkungen können beispielsweise durch Emissionsanforderungen, Zufahrtsmöglichkeiten oder kommunale Vorgaben begründet sein, welche an dieser Stelle jedoch nicht weiter berücksichtigt werden. Für die Erhebung der Potenziale nachwachsender Rohstoffe und Reststoffe ist demnach die Bestimmung der möglichen Wärmemengen auf Basis der vorhandenen Rohstoffe ausreichend. Bei den nachwachsenden Rohstoffen wurden dafür die Acker-, Wald- und Grünlandflächen in der Kommune untersucht. Dabei werden die Rohstoffe aus Acker- und Grünlandflächen potenziellseitig der Biogaserzeugung zugerechnet. Im Prinzip kann auch Biomasse aus Waldflächen der Verarbeitung in Biogasanlagen zugeführt werden, was jedoch selten vorkommt. Dies liegt vor allem am Ligningehalt, der schwer abzubauen ist. Die Zuführung von Holz in Biomassekraftwerken (KWK) ist daher eher geeignet und wurde dementsprechend unterstellt. In folgenden Unterkapiteln wird daher auf die Biomasse von Acker- und Grünlandflächen gesondert zur Biomasse aus Waldflächen und Reststoffen eingegangen.

6.3.4.1 Reststoffe

In der Stadt Bad Döben fallen wie in allen Kommunen in Deutschland Abfälle an. Der Großteil der Städte und Gemeinden führt thermisch verwertbare Abfälle einer Abfallverbrennungsanlage zu, um auf diesem Weg Prozesswärme, Fernwärme, Strom oder eine Mischung aus den zuvor genannten Energien bereitzustellen. Darüber hinaus besteht das Ziel, den Abfall volumetrisch zu reduzieren. Der Hausmüll aus Bad Döben wird in verschiedenen Anlagen thermisch verwertet. Ein zusätzliches Potenzial ist demnach nicht gegeben.

6.3.4.2 Biomasse von Agrar- und Grünlandflächen

Die energetische Verwertung der jeweils vorhandenen Biomasse erfolgt in einer fiktiven Biogasanlage. Dafür werden die Energiepflanzen bzw. die organischen Abfälle in einem Fermenter unter anaeroben Bedingungen zersetzt, wobei Gärreste und Biogase entstehen. Im Anschluss werden diese in einer KWK-Anlage weiterverarbeitet oder aufbereitet, damit der gewünschte Methangehalt erreicht wird. Konkurrenzsituationen, wie beispielsweise durch den Nahrungsmittel- und Futtermittelanbau wird vermieden, indem lediglich 12 % des Grünlandaufwuchses und 30 % der Ackerflächen für eine energetische Nutzung einberechnet wurden.

Biomassepotenzial aus Agrar- und Grünlandflächen				
Ortsteil	Biogasertrag	thermisches Energiepotenzial (KWK)	elektrisches Energiepotenzial (KWK)	Summe Potenziale
[-]	[m ³ /Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	2.318.833	8.348	4.870	13.217
Bad Döben	1.068.098	3.845	2.243	6.088
Wellaune	156.521	563	329	892
Schnaditz	435.080	1.566	914	2.480
Tiefensee	659.134	2.373	1.384	3.757

Tabelle 6-14: Biomassepotenzial aus Agrar- und Grünlandflächen (interne Berechnung)

Bei der Möglichkeit, die erzeugte Biogasmenge im KWK-Prozess in Strom und Wärme zu wandeln, ist jedoch auf der thermischen Seite eine gewisse Nähe zum Wärmeabnehmer umzusetzen. Mit steigender Leitungslänge werden auch bei guter Isolation thermische Verluste realisiert. Entsprechend ist eine Untersuchung der potenziellen Versorgungsflächen erst sinnvoll, wenn Wärmenetze im späteren Prozess der Kommunalen Wärmeplanung definiert wurden. Dies gilt ebenfalls für das Biomasse-Potenzial aus Waldflächen.

6.3.4.3 Biomasse aus Waldflächen

Die Nutzung von Holz als erneuerbare Energie setzt voraus, dass den Wäldern nicht mehr Holz entnommen wird, als nachwächst. Somit ist das nutzbare Holz für eine Wärme-Kopplungs-Anlage auf den Zuwachs limitiert. Auf Basis der Waldinventur vom BUNDESFORSCHUNGSINSTITUT FÜR LÄNDLICHE RÄUME, WALD UND FISCHEREI 2024 ergibt sich ein durchschnittlicher Holzzuwachs über alle Baumartengruppen und Brusthöhendurchmesser von 7,1 verwertbaren Erntefestmeter pro Jahr und pro Hektar Waldfläche in Sachsen. Dabei stehen Waldflächen analog zu Acker- und Grünlandflächen ebenso in Konkurrenz mit anderen Nutzungs- und Verwertungsmöglichkeiten. Gerade die Nachfrage von Holz als Bau- und Industriestoff ist steigend, da somit die Nachhaltigkeit in den Verarbeitungs- bzw. Wirtschaftsprozessen erhöht werden kann. Infolgedessen wird auf Basis der Ergebnisse vom FEDERAL INSTITUTE FOR FOREST, SNOW AND LANDSCAPE RESEARCH 2020 der für Energiezwecke maximal nutzbare Anteil stark begrenzt. Der für Energiezwecke reduzierte Holzertrag und die darauffolgenden Potenziale sind in nachkommender Tabelle zusammengefasst.

Biomassepotenzial aus Waldflächen				
Ortsteil	Holzertrag (Efm)	thermisches Energiepotenzial (KWK)	elektrisches Energiepotenzial (KWK)	Summe Potenziale
[-]	[m³/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	2.971	2.917	1.702	4.619
Bad Düben	1.107	1.087	634	1.720
Wellaune	30	30	17	47
Schnaditz	559	548	320	868
Tiefensee	1.275	1.252	730	1.983

Tabelle 6-15: Biomassepotenzial aus Waldflächen (interne Berechnung)

6.3.5 Windkraft

Windkraftanlagen nutzen die kinetische Energie des Windes, um über Rotorblätter eine Welle anzutreiben, die wiederum einen Generator in Bewegung setzt und elektrische Energie bereitstellt. Diese Form der Energiegewinnung zählt zu den bedeutendsten und umweltfreundlichsten Methoden der erneuerbaren Stromerzeugung. Es gibt verschiedene Typen von Windenergieanlagen, darunter Onshore- und Offshore-Anlagen. Onshore-Windkraftanlagen werden an Land errichtet und nutzen die dort verfügbaren Windressourcen. Sie zeichnen sich durch vergleichsweise kurze Transportwege, geringere Installationskosten und eine hohe Flächenverfügbarkeit aus. Offshore-Anlagen befinden sich hingegen auf dem Meer und profitieren von konstanten und starken Windgeschwindigkeiten. Dadurch erzielen sie oft höhere Volllaststunden und eine stabilere Energieausbeute. Allerdings sind Bau, Wartung und Netzanschluss deutlich aufwendiger als an Land.

Die Nutzung von Windenergie bietet zahlreiche Vorteile, darunter die Reduzierung von Treibhausgasemissionen, die hohe Verfügbarkeit der Ressource Wind und die Möglichkeit, große Mengen elektrischer Energie ohne Brennstoffverbrauch zu erzeugen. Dennoch bestehen auch technische und ökologische Herausforderungen, weshalb strenge Anforderungen an die Planung, Errichtung und den Betrieb von Windkraftanlagen gestellt werden. Windenergieanlagen müssen so positioniert und ausgelegt werden, dass sie sowohl die Windverhältnisse als auch ökologische Belange berücksichtigen. Dazu zählen z.B. ausreichende Mindestabstände zu Siedlungen, um Lärm- und Schattenwurf zu minimieren. Zudem beeinflussen Windparks den Landschaftsraum, sodass raumordnerische Vorgaben einzuhalten sind. Die Planung erfolgt in der Regel auf Grundlage detaillierter Gutachten. Die Leistung einer Windenergieanlage hängt maßgeblich von der Windgeschwindigkeit, der Rotorfläche, der Nabenhöhe und dem Wirkungsgrad der gesamten Anlagenkomponenten einschließlich Rotor, Getriebe, insofern vorhanden, Generator und Umrichter ab.

Die aktuelle Flächenordnung in Bad Döben weist definierte Vorranggebiete für die Nutzung der Windenergie aus. Innerhalb dieser ausgewiesenen Flächen sind unter Berücksichtigung der geltenden Abstandsregelungen, naturschutzfachlichen Restriktionen sowie der erforderlichen internen Erschließung voraussichtlich bis zu acht Windkraftanlagen realisierbar.

Grundlage der Ertragsabschätzung ist eine mittlere Jahreswindgeschwindigkeit von 7,52 m/s in einer Höhe von 140 m über Grund. Diese Windgeschwindigkeit liegt deutlich über dem bundesweiten Durchschnitt für Onshore-Standorte und erlaubt eine Einstufung des Standorts als sehr guten Binnenlandstandort. Unter diesen Windbedingungen ist für moderne Windkraftanlagen des Typs Vestas V172 mit einer Nennleistung von 7,2 MW ein Jahresertrag von bis zu 28 GWh pro Anlage möglich. Die V172 verfügt über einen Rotordurchmesser von 172 m und eine entsprechend große überstrichene Rotorfläche, wodurch insbesondere bei mittleren Windgeschwindigkeiten hohe Erträge erzielt werden können.

Bereits bei moderaten Windgeschwindigkeiten wird ein großer Anteil der Nennleistung erreicht, was sich positiv auf die Jahresstromproduktion auswirkt. Der berechnete Jahresertrag von 28 GWh entspricht einem Kapazitätsfaktor von rund 44 %. Dieser ergibt sich aus dem Verhältnis der tatsächlich erzeugten Energie zur theoretisch maximal möglichen Energieproduktion bei Vollastbetrieb über ein gesamtes Jahr. Ein Kapazitätsfaktor in dieser Größenordnung liegt im oberen Bereich für Onshore-Windenergieanlagen und ist nur an sehr guten Standorten sowie mit technisch performanten Anlagentypen erreichbar.

Bei dem genannten Ertragswert handelt es sich um einen sogenannten P50-Wert. Dies bedeutet, dass der angesetzte Jahresertrag statistisch mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % erreicht oder überschritten wird. Der P50-Wert stellt somit den mittleren Erwartungswert der jährlichen Stromproduktion dar. In etwa der Hälfte der Betriebsjahre ist mit höheren Erträgen zu rechnen, während in windschwächeren Jahren geringere Erträge auftreten können. Für konservativere Betrachtungen, etwa im Rahmen von Finanzierungsentscheidungen, werden häufig niedrigere Wahrscheinlichkeitsniveaus wie P75 oder P90 herangezogen.

Voraussetzung für das Erreichen des angesetzten Ertragsniveaus ist neben den günstigen Windverhältnissen eine optimierte Anlagenanordnung innerhalb der Vorranggebiete. Hierzu zählen insbesondere ausreichende Abstände zwischen den einzelnen Windkraftanlagen, um Abschattungs- und Nachlaufeffekte zu minimieren, sowie eine geringe Turbulenzintensität. Zusätzlich wird eine hohe technische Verfügbarkeit der Anlagen von etwa 97 % unterstellt. Diese Kennzahl beschreibt den Anteil der Zeit, in der die Anlage technisch betriebsbereit ist, und schließt Stillstände aufgrund geplanter Wartungen oder ungeplanter technischer Störungen ein. Nicht berücksichtigt sind witterungsbedingte Stillstände oder externe Abschaltungen, etwa durch Netzengpässe oder behördliche Vorgaben.

Unter der Annahme einer modernen Anlagentechnik, einer hohen Betriebsqualität sowie günstiger standörtlicher und planerischer Rahmenbedingungen ist das berechnete Windenergiepotenzial von 28 GWh pro Anlage und Jahr insgesamt als ambitioniert, jedoch realistisch und fachlich nachvollziehbar einzustufen. In Summe ergibt sich folgendes Gesamtpotenzial aus Windkraftanlagen:

Zusammenfassung der Windkraftanlagenpotenzials				
Ortsteil	Windkraftanlage	Anzahl	Potenzial pro Windkraftanlage	Summe
[-]	[-]	[-]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:		8		229.120
Bad Dübén	V172-7,2 MW	5	28.640	143.200
Tiefensee	V172-7,2 MW	3	28.640	85.920

Tabella 6-16: Zusammenfassung des Windkraftanlagenpotenzial

6.3.6 Wasserkraft

Wasserkraftwerke nutzen die potenzielle und kinetische Energie von Wasser, um Turbinen anzutreiben. Die Turbinenwelle treibt einen Generator an, der die mechanische in elektrische Energie umwandelt. Nachgelagert erfolgen je nach Anlagentyp Transformierung und Netzeinspeisung. Wasserkraft zählt zu den ältesten technisch genutzten Energiequellen und wird im Energiesystem häufig als vergleichsweise emissionsarme Form der Stromerzeugung eingeordnet. Ihre Standortbindung an Gewässer und Eingriffe in die Gewässerökologie machen jedoch eine sorgfältige Abwägung von Nutzen, Eingriffsintensität und rechtlichen Vorgaben erforderlich.

Grundsätzlich werden Laufwasserkraftwerke, Speicherkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke unterschieden. Laufwasserkraftwerke nutzen die natürliche Strömung eines Flusses und erzeugen abhängig von Abfluss und Fallhöhe weitgehend kontinuierlich Strom. Im Gegensatz zu Speicherkraftwerken wird Wasser dabei nicht über längere Zeiträume im Sinne einer saisonalen Speicherung zurückgehalten. Hydraulisch wird das Wasser in der Regel oberhalb der Turbine entnommen und nach der Turbine wieder in das Gewässer eingeleitet. Dabei sind ökologische Vorgaben wie Restwasserabgaben beziehungsweise Mindestabflüsse zu berücksichtigen. Speicherkraftwerke halten Wasser in einem Stausee vor und können bedarfsorientiert Strom produzieren, indem sie Wasser über Turbinen ablassen. Dadurch lassen sich Erzeugungsspitzen in Zeiten hoher Nachfrage abdecken und kurzfristige Schwankungen im Stromsystem besser ausgleichen. Pumpspeicherkraftwerke dienen primär als Energiespeicher. Bei Stromüberschuss wird Wasser in ein höher gelegenes Speicherbecken gepumpt. Bei Bedarf wird es abgelassen und erzeugt über Turbinen wieder Strom. Pumpspeicher tragen damit wesentlich zur Netzstabilisierung und zur Integration fluktuierender erneuerbarer Energien bei.

Trotz der Vorteile sind Wasserkraftanlagen mit ökologischen Herausforderungen verbunden. Nach ANDERER, DUMONT, MASSMANN & KEUNEKE 2011 ist bei Wasserkraftanlagen ein Mindestabfluss sicherzustellen, um das ursprüngliche Gewässerbett als Lebensraum zu erhalten. Dieser Mindestabfluss richtet sich nach den ökologischen Erfordernissen und wird standort- und anlagenspezifisch festgelegt. Darüber hinaus ist die ökologische Durchgängigkeit zu gewährleisten, insbesondere die Wanderung von Fischen und anderen Organismen wie zum Beispiel über Fischaufstiegs- und Fischabstiegshilfen sowie geeignete Rechen und Schutzkonzepte. Zusätzlich kann die Anlage den Sediment- und Feststofftransport beeinflussen, was Auswirkungen auf Gewässermorphologie, Laichhabitate und Uferstabilität haben kann. Allgemein fordert die EG Wasserrahmenrichtlinie, dass oberirdische Gewässer so bewirtschaftet werden, dass eine Verschlechterung ihres Zustands vermieden wird. Daraus ergeben sich in Genehmigungsprozessen regelmäßig hohe Anforderungen an Planung, Bau und Betrieb.

Für einen wirtschaftlichen Betrieb insbesondere von Laufwasserkraftwerken müssen geeignete topografische und hydrologische Bedingungen vorliegen. Flussabschnitte mit relevantem Gefälle sind grundsätzlich vorteilhaft, da sie bei gleicher Wassermenge eine höhere nutzbare Energie ermöglichen. Gleichzeitig ist eine ausreichend große und möglichst verlässliche Wassermenge entscheidend, um hohe Jahreslaufzeiten und damit eine stabile Stromproduktion zu erzielen. Die Leistung einer Anlage hängt im Wesentlichen vom Durchfluss, der nutzbaren Fallhöhe und dem Wirkungsgrad der Gesamteinheit ab. Zum Gesamtsystemwirkungsgrad zählen dabei nicht nur Turbine und Generator, sondern in der Praxis auch Verluste durch Getriebe, falls vorhanden, Transformator sowie hydraulische Verluste im Einlauf und Auslauf.

Für energetisch relevante Anlagen wird nach AUFLEGER & BRINKMEIER 2015 eine Mindestfallhöhe von etwa 2 m als Eingangsanforderung herangezogen. Diese Untergrenze ist jedoch nur unter sonst idealen Randbedingungen tragfähig. Dazu gehören insbesondere hohe und möglichst konstante Durchflussmengen sowie investitionskostenoptimale Rahmenbedingungen. Wirtschaftlich kritisch sind vor allem zusätzliche Infrastrukturelemente und Auflagen, etwa die Errichtung beziehungsweise Ertüchtigung von Querbauwerken wie Wehren, Maßnahmen zur Hochwassersicherheit, Fischschutz und Durchgängigkeitsmaßnahmen, Anforderungen an Restwasser und Mindestwasser sowie der gesamte Umfang genehmigungsrechtlicher Nebenbestimmungen. Ab einer Fallhöhe von etwa 5 m entsteht in der Regel eine deutlich bessere Ausgangslage, weil bei gleichem Durchfluss höhere Leistungen erzielt werden können und damit die Fixkostenanteile für Planung, Bauwerke, Schutz und Rechenanlagen sowie Betriebstechnik relativ besser tragbar sind.

Auf Basis der Daten des digitalen Geländemodells liegt die Mulde beim Eintritt in das Projektgebiet bei 84,46 m über Normalhöhennull und beim Austritt bei 82,01 m über Normalhöhennull. Dies entspricht einer Differenzhöhe von 2,45 m. Um daraus eine für eine Anlage attraktive nutzbare Fallhöhe zu realisieren, wären voraussichtlich Aufstauanlagen oder Querbauwerke erforderlich. Diese würden jedoch zusätzliche ökologische und genehmigungsrechtliche Anforderungen auslösen, unter anderem zur Durchgängigkeit, zur Mindestwasserführung, zum Sedimentmanagement und zum Hochwasserabfluss. Vor dem Hintergrund der ausgeprägten Schutzgebietskulisse entlang des Muldeverlaufs wie Landschaftsschutzgebiete und Vogelschutzgebiete sowie vorhandener oder definierter Überschwemmungsgebiete ist die Umsetzungswahrscheinlichkeit von Anlagen mit relevanter Leistung insgesamt als gering einzuschätzen. Ein entsprechendes Potenzial wird demnach im weiteren Projektverlauf nicht weiterverfolgt.

6.3.7 Geothermie

Geothermie meint die Nutzung der Erdwärme mittels verschiedener Technologien. Zur Verwertung der Erdwärme kann, abhängig von der verwendeten Technologie, eine Wärmepumpe erforderlich sein, um ein angestrebtes Temperaturniveau zu erreichen. Ähnlich wie bei Gewässerthermie ist dabei das Ziel, Wärmequellen zu nutzen, die abgeschwächt der Außenlufttemperatur folgen oder besser davon unabhängig sind. Dafür ist zu verstehen, dass bei Wärmepumpen jenes Verhältnis von bereitgestellter Wärmeleistung zur benötigten Antriebsenergie stark von der Temperatur der Wärmequelle und von der Wärmepumpen-Austrittstemperatur abhängig ist. Folglich soll vermieden werden, dass die Wärmequelle temperaturseitig absinkt, während die Austrittstemperatur steigt, was z.B. bei Luft/Luft-Wärmepumpen der Fall ist. Daher kann allgemein beschrieben werden, dass nicht nur die Wärmemenge entscheidend ist, sondern auch dessen Temperaturniveau. Ferner ist eine Wärmequelle umso wertvoller, je höher die Quellentemperatur insbesondere in der Zeit des höchsten Wärmebedarfs ist. Entsprechend der nachfolgenden Darstellung wird somit das Potenzial von Geothermie deutlich. In Abhängigkeit von der Tiefe und der Jahreszeit ergeben sich die in der Grafik dargestellten Temperaturen.

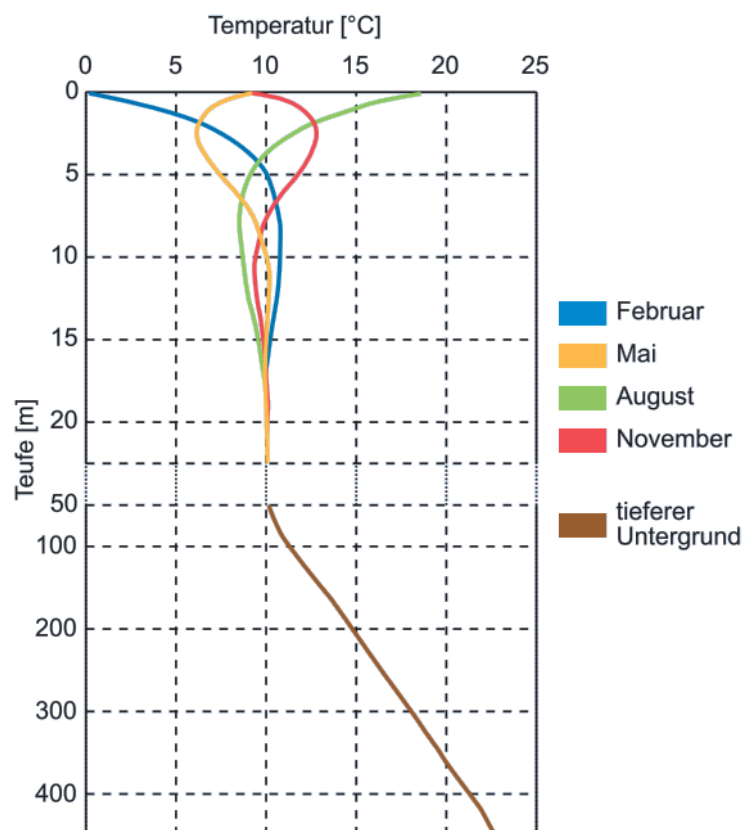


Abbildung 6-15: Die Veränderung der Temperatur in Abhängigkeit von der Tiefe¹ und den Jahreszeiten (BRANDENBURGISCHE ENERGIE TECHNOLOGIE INITIATIVE 2009)

¹ Teufe ist der bergmännische Begriff für die Tiefe unterhalb der Erdoberfläche.

Wie der Abbildung entnommen werden kann, schwankt die Temperatur umso stärker, je näher an der Oberfläche gemessen wird. Unterhalb der Tiefe der saisonalen Schwankung nimmt die Temperatur in unseren Breitengraden etwa 3°C je 100m zu (BRANDENBURGISCHE ENERGIE TECHNOLOGIE INITIATIVE 2009). Die dargestellte oberflächennahe Geothermie bis 400m Tiefe wird in den folgenden Unterkapiteln analog der tiefen Geothermie ab 400m weiter detailliert.

6.3.7.1 Oberflächennahe Geothermie

Mit der zunehmenden Bedeutung erneuerbarer Energien wird die oberflächennahe Geothermie eine immer wichtigere Rolle spielen. Innovative Technologien und verbesserte Bohrtechniken werden dazu beitragen, die Effizienz und Akzeptanz dieser nachhaltigen Energiequelle weiter zu steigern. Technologisch gibt es vier Kategorien, wie oberflächennahe Geothermie genutzt werden. Diese sind im Folgenden aufgeführt.





Technologieüberblick oberflächennahe Geothermie			
Erdwärmekollektoren	Erdwärmesonden	Grundwasserbrunnen	Wärme- und Kältespeicherung
			
horizontales, geschlossenes System, ca. 1 - 1,5 m Tiefe	vertikales, geschlossenes System, meist 40 - 150 m Tiefe	offenes System mit zwei Brunnen	Speicherung von Wärme und Kälte über Sonden oder Grundwasserbrunnen
Heizung und Warmwasserversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern, hoher Flächenbedarf, meist genehmigungsfrei	Heizung und Warmwasserversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern, geringer Platzbedarf, fast überall realisierbar	Heizung und Warmwasserversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern, hohe energetische Ergiebigkeit, je nach Grundwasserchemismus wartungsintensiv	zur Gebäudeklimatisierung, hohe Speichertemperaturen möglich

Abbildung 6-16: Technologieüberblick oberflächennahe Geothermie (GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011)

Laut dem BUNDESVERBAND GEOTHERMIE 2025 sind in Deutschland über 470.000 Anlagen zur oberflächennahen Geothermie in Betrieb und jährlich kommen, Stand 2022, etwa 31.000 neue Anlagen hinzu. Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren werden dabei am meisten eingesetzt.

Analog der Versorgung von Einfamilienhäusern mit Erdwärmesonden, können mehrere Erdwärmesonden, sogenannte Sondenfelder, für zentrale Versorgungsstrukturen genutzt werden. Für die Dimensionierung von Erdwärmesondenanlagen mit Leistungen größer als 30 kW ist eine detaillierte Analyse der geologischen Bedingungen und eine genaue Berechnung der spezifischen Entzugsleistung erforderlich. Faktoren wie die ungestörte Erdreichtemperatur, die Wärmeleitfähigkeit des Bodens und der Grundwassereinfluss müssen berücksichtigt werden und beeinflussen die Sondenlängen sowie deren Anzahl. Dahingehend ist ein Thermal Response Test unverzichtbar. Dieser Test ermittelt die tatsächliche Wärmeleitfähigkeit des Bodens sowie die thermischen Eigenschaften der Erdwärmesonde. Die Resultate sind maßgeblich für die präzise Dimensionierung der Anlage. U.a. kann die Entzugsleistung pro Sonde bei einer höheren Anzahl von eingesetzten Sonden im Sondenfeld abnehmen. Hintergrund sind die thermischen Wechselwirkungen und die unzureichende Bodenregeneration. Daher ist die Geometrie des Sondenfeldes und der Abstand zwischen den Sonden für eine über Jahre konstante Entzugsleistung relevant. Um im Rahmen der Wärmeplanung ein theoretisches Potenzial ableiten zu können, wurden der Mindestabstand der Sonden an praktische Ausführungen angepasst und die zur Wärmeleitfähigkeit des Bodens passende spezifische Entzugsleistung nach VDI 4640 2019 übernommen. Zusätzlich wurden Einschränkungen bei der Flächenausnutzung für Bedarfe der notwendigen Infrastruktur ebenso berücksichtigt wie eine verringerte Entzugsleistung aufgrund der thermischen Beeinflussung der Sonden untereinander. Daraus abgeleitet, besteht folgendes theoretisches Potenzial:

Potenzial von Erdwärmesonden				
Ortsteil	Größe	mögliche Sondenanzahl	Kummulierte Sondenleistung	Mobilisierbares Geothermiepotenzial
[-]	[ha]	[-]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	1.057,18	105.718	1.268.616	380.585
Bad Düben	631,63	63.163	757.956	227.387
Wellaune	94,82	9.482	113.784	34.135
Schnaditz	190,24	19.024	228.288	68.486
Tiefensee	140,49	14.049	168.588	50.576

Tabelle 6-17: Potenzial von Erdwärmesonden bei 2.400h Betriebsstunden pro Jahr (interne Berechnung)

6.3.7.2 Tiefe Geothermie

Tiefe Geothermie bietet das Potenzial, große Mengen an erneuerbarer Energie bereitzustellen und somit einen bedeutenden Beitrag zur Erreichung der Klimaziele zu leisten. Die Nutzung erfordert jedoch umfangreiche geologische Untersuchungen und technische Planungen. Bohrungen in große Tiefen sind technisch anspruchsvoll und kostenintensiv, und die geologischen Bedingungen müssen sorgfältig analysiert werden. Trotz dieser Herausforderungen hat die tiefe Geothermie in den letzten Jahren weltweit an Bedeutung gewonnen. Zur Nutzung des Potenzials können folgende Technologien eingesetzt werden.

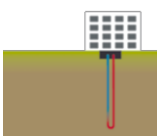
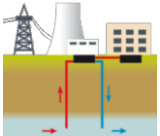
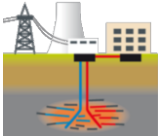
Technologieüberblick tiefe Geothermie		
Tiefe Erdwärmesonden	Hydrothermale Nutzung	Petrothermale Nutzung
		
Speicherung von Wärme und Kälte über Sonden oder Grundwasserbrunnen, zur Gebäudeklimatisierung, hohe Speichertemperaturen möglich	Nutzung temperierter Tiefenwasser zur Wärme- und Stromgewinnung, an ergiebige Grundwasserleiter gebunden	offenes System zur Wärme- und Stromgewinnung in Tiefenbereichen ab 3 000 m, hohe energetische Ergiebigkeit, hohe Investitionskosten

Abbildung 6-17: Technologieüberblick tiefe Geothermie (GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011)

Das Potenzial der hydrothermalen Nutzung ist laut LEIBNIZ-INSTITUT & BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN 2013 nicht nachgewiesen, jenes Potenzial der petrothermalen Nutzung ist vorhanden. Die erwartete Temperatur liegt zwischen 100°C und 130°C. Die Ergiebigkeit der Wärmequellen hängt von verschiedenen Faktoren ab und kann in dieser Wärmeplanung nicht kalkuliert werden. Dafür sind tiefere Untersuchungen notwendig. Mögliche Standorte sind zwischen geologischen Rahmenbedingungen, der geplanten Flächennutzung und der Nähe zum möglichen Wärmenetz im Detail zu bestimmen.

6.3.8 Unvermeidbare Abwärme

Unvermeidbare Abwärme kann in Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen von Industrie- und Gewerbebetrieben als Nebenprodukt entstehen, welche außerhalb der Unternehmensgrenzen für Wärmeversorgungsstrukturen genutzt werden kann. Zusätzliche Abwärme wird durch Abwässer transportiert. Diese Wärme kann sowohl aus gereinigtem Abwasser im Ablauf von Kläranlagen als auch aus Rohabwasser in der Kanalisation vor der Kläranlage gewonnen werden. Ziel ist es, die derzeit ungenutzt an die Umgebung abgegebene Wärme als klimaneutrale Wärmeversorgungsoption zu untersuchen. Dabei soll die Abwärme, abhängig vom Temperaturniveau, der Wärmemenge und dem Wärmeträgermedium, in der Nähe der Abnahmestelle genutzt oder über ein Wärmenetz für externe Anwendungen zugeführt werden.

6.3.8.1 Abwärme aus Wirtschaftsprozessen

In vielen Wirtschaftsprozessen entsteht unvermeidbare Abwärme, die bislang häufig ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Die energetische Nutzung dieser Wärme stellt jedoch ein bedeutendes Potenzial dar, um Effizienzgewinne zu erzielen, fossile Energieträger zu ersetzen und die lokale Wärmeversorgung nachhaltiger zu gestalten. Entscheidend ist dabei vor allem die Menge und Verfügbarkeit der Abwärme, die Nähe zwischen Abwärmequelle und Wärmeabnehmer, die Art des Trägermediums, die innerbetriebliche Nutzungsmöglichkeit, die Wirtschaftlichkeit der Nutzung und das Temperaturniveau der anfallenden Abwärme, da es maßgeblich bestimmt, welche technischen Optionen zur Rückgewinnung und Nutzung infrage kommen. Je nach Temperaturniveau der Abwärme ergeben sich unterschiedliche Erschließungsmöglichkeiten. Zum einen sind dies nieder- und mittelkalorische Abwärmequellen, die mit Hilfe von Großwärmepumpen oder bei der Einspeisung in kalte Nahwärmenetze mit dezentralen Wärmepumpen nutzbar gemacht werden können. Zum anderen sind es hochkalorische Quellen, die als Direkteinspeisung in Wärmenetze genutzt werden sollten.

Für die Identifikation von unvermeidbarer Abwärme aus Wirtschaftsprozessen kann zunächst nicht auf die Ergebnisse der Schornsteinfeger zurückgegriffen werden, da Kkehrbuchdaten keine Feuerstätten größer 1 MW enthalten. Die Pflicht zum Emissionshandel greift jedoch erst deutlich später, so dass dies ebenfalls keine zuverlässige Datengrundlage birgt. So wurde zum einen auf Daten des BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE 2025 zurückgegriffen. Eine entsprechende Sichtung der Datensätze ergibt kein Abwärmepotenzial.

6.3.8.2 Abwasserwärme

Die potenziellen Energiemengen, die dem Abwasser entzogen werden können, sind im Hinblick der klimaschonenden Energieversorgung notwendig zu untersuchen. Nach BURI & KOBEL 2004 können bei der Abkühlung eines Kubikmeters Abwasser um lediglich ein Kelvin ca. 1,5 Kilowattstunden Wärme entzogen werden. Aus dem gleichen Kubikmeter können des Weiteren Klärgase in der Abwasserreinigungsanlage gewonnen werden, die wiederum einen Energieinhalt von 0,3 Kilowattstunden (BURI & KOBEL 2004) entsprechen. In Bad Dübener Heide ist die Infrastruktur zur leitungsgebundenen Schmutzwasserbeseitigung vorhanden. Somit ergibt sich ein theoretisches Potenzial zur Nutzung von Abwärme aus Abwasser für Wärmepumpen, die dem Schmutzwasser über einen Wärmetauscher Energie entziehen und auf ein für Heizzwecke nutzbares Temperaturniveau wandeln. Durch das im Vergleich zur Umgebungsluft, insbesondere in den Wintermonaten, höhere Ausgangsniveau erhöht sich die Energieeffizienz der Anlage.

Dem entgegen stehen insbesondere höhere Investitionskosten. Eine entsprechende Anlage lohnt sich daher im Detail zu untersuchen, wenn eine entsprechende Wärmemenge zur Verfügung gestellt werden kann. Nach BURI & KOBEL 2004 ist dafür eine mittlere Abflussmenge von 15l/s notwendig. Zusätzlich muss der Einbau eines Wärmetauschers technisch und ökonomisch sinnvoll sein. Dafür ist nach BURI & KOBEL 2004 ein Kanalinnendurchmesser von mindestens 800mm notwendig.

Diese Eingangsbedingungen liegen nach Aussage des Zweckverbands Abwassergruppe Dübener Heide nicht vor. Auf dieser Grundlage wird Abwasserwärme in der weiteren Betrachtung ausgeschlossen.

6.3.9 Wärmespeicher

Während fossile Wärmeerzeugungsanlagen Wärme genau dann produzieren, wenn sie benötigt wird, arbeiten erneuerbare Wärmequellen oft unabhängig vom aktuellen Wärmebedarf. Dies liegt daran, dass erneuerbare Energien wie Solar- und Windenergie nicht kontinuierlich verfügbar sind, sondern von Wetterbedingungen und Tageszeiten abhängen. Um diese Schwankungen auszugleichen und eine zuverlässige Wärmeversorgung zu gewährleisten, kommen Wärmespeicher zum Einsatz. Wärmespeicher können je nach Technologie und Größe die erzeugte Wärme über verschiedene Zeiträume speichern:

- Kurzfristige Speicherung: Stunden bis Tage, ideal um Spitzenlasten zu puffern
- Langfristige Speicherung: Wochen bis Monate, um saisonale Schwankungen auszugleichen

Es gibt verschiedene Arten von Wärmespeichern, die je nach Anwendung und Bedarf eingesetzt werden. Behälter-Wärmespeicher, auch als Tankspeicher bekannt, speichern Wärme in isolierten Behältern, die mit Wasser oder anderen Wärmeträgermedien gefüllt sind. Diese Speicher sind flexibel einsetzbar und können sowohl in kleinen als auch in großen Systemen verwendet werden. Sie sind besonders geeignet für die kurzfristige Speicherung von Wärme, beispielsweise aus Solarthermieanlagen oder Blockheizkraftwerken.

Erdbecken-Wärmespeicher sind große, in den Boden eingelassene Becken, die mit Wasser gefüllt sind. Diese Speicher nutzen die thermische Masse des Erdreichs zur Isolation und können große Mengen an Wärme über längere Zeiträume speichern. Sie sind ideal für die saisonale Speicherung von Wärme, beispielsweise, um im Sommer erzeugte Solarwärme für den Winter zu speichern.

Erdsonden-Wärmespeicher bestehen aus vertikalen oder horizontalen Rohrsystemen, die in den Boden eingebracht werden. Diese Speicher nutzen die konstante Temperatur des Erdreichs zur Speicherung und Abgabe von Wärme. Sie sind besonders effizient und eignen sich gut für die Kombination mit Wärmepumpen, um sowohl Heiz- als auch Kühlbedarf zu decken. Entsprechende Potenziale wurden im Kapitel Geothermie ausgewiesen.

Aquifer-Wärmespeicher nutzen natürliche unterirdische Wasserschichten zur Speicherung von Wärme. Diese Speicher sind besonders effektiv für die saisonale Speicherung, da sie große Mengen an Wärme aufnehmen und über lange Zeiträume speichern können. Aquifer-Wärmespeicher sind ideal für den Einsatz in größeren Wärmenetzen und können zur Stabilisierung der Wärmeversorgung beitragen. In Anlehnung an das LEIBNIZ-INSTITUT & BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN 2013 sind entsprechende Potenziale im Projektgebiet nicht nachgewiesen.

Durch die Nutzung von Wärmespeichern können die Vorteile erneuerbarer Wärmequellen maximiert und ihre Nachteile, wie die zeitliche Unabhängigkeit vom Wärmebedarf, ausgeglichen werden.

6.4 Zusammenfassung der Potenziale

In der Zusammenfassung der Potenziale muss zum verständlichen Lesen der folgenden Tabelle darauf hingewiesen werden, dass sich die dargestellten maximalen Potenziale nicht ausschließlich aus den Summen ergeben. Dies ist damit begründet, dass Potenzialflächen teilweise nur für eine Umwandlungsanlage Verwendung finden können. Wenn eine Fläche beispielhaft für Photovoltaik genutzt wird, kann die gleiche Fläche nicht mehr für Solarthermie einberechnet werden. Dieser Effekt wurde berücksichtigt. Dem entgegen steht, dass auch Doppelverwendungen möglich sind, wie z.B. die Nutzung einer Agrarfläche für Agri-Photovoltaik und parallel als Standort zum Anbau von Kraftpflanzen für Biogasanlagen. Dies wurde ebenfalls berücksichtigt. Darüber hinaus entstehen bei einigen Technologien in der Doppelnutzung von Flächen sogar Vorteile. Ein Beispiel sind PVT-Kollektoren. Diese kombinieren Photovoltaik und die thermische Nutzung von Solarstrahlung, um damit z.B. im Sommer Sondenfelder zu regenerieren, wodurch im Winter die Gesamteffizienz der Anlagen ansteigt. Diese spezifischen Mischarten und deren Beeinflussung in den Potenzialen wurde jedoch nicht berücksichtigt.

Zusammenfassung der Potenziale für Wärme				
Träger	Zusatz- information	Potenzial Wärme	Potenzial Strom	Maximal- Potenzial
[-]	[-]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]
Maximal-Potenzial		836,49	421,47	1.072,18
Sanierungspotenzial		28,44	-	28,44
Solar- strahlung	Freiflächen	42,67	23,60	42,67
	Agrarflächen	249,71	138,13	249,71
	Privilegflächen	-	0,00	0,00
	Dachflächen	24,23	24,06	24,23
Umgebungs- wärme	Aerothermisch	unbegrenzt	-	-
	Flussthermie	99,59	-	99,59
	Seethermie	-	-	-
Biomasse und Reststoffe	Reststoffe	-	-	-
	Agrarflächen	8,35	4,87	13,22
	Waldflächen	2,92	1,70	4,62
Windkraft		-	229,12	229,12
Wasserkraft		-	-	-
Geothermie	oberflächennahe	380,58	-	380,58
	tiefe	TBD	TBD	TBD
Abwärme	Wirtschaftsproz.	-	-	-
	Abwasserwärme	-	-	-

Tabelle 6-18: Zusammenfassung der Potenziale

In Bad Dübén ergeben sich folglich diverse Möglichkeiten zur Erzeugung klimafreundlicher Energie in Form von Strom und Wärme. Im Vergleich zu der benötigten Energie übersteigen die Potenziale diese mehrfach, wie in der folgenden Abbildung ersichtlich ist. Insbesondere bei Solar- und Geothermie ist darauf hinzuweisen, dass diese Potenziale zur Wärmebereitstellung nur umgesetzt werden können, wenn Verbraucher die bereitgestellten Energien auch abnehmen. Die benötigte Wärmemenge zeigt daher, dass eine Realisierung in der dargestellten Höhe nicht umsetzbar ist und es sich dabei um ein theoretisches Potenzial handelt. Vielmehr ist entscheidend, auf welchen Flächen Teilumfänge der Potenziale umsetzbar sind. Die detaillierte Flächendarstellung wurde der Stadt übergeben.

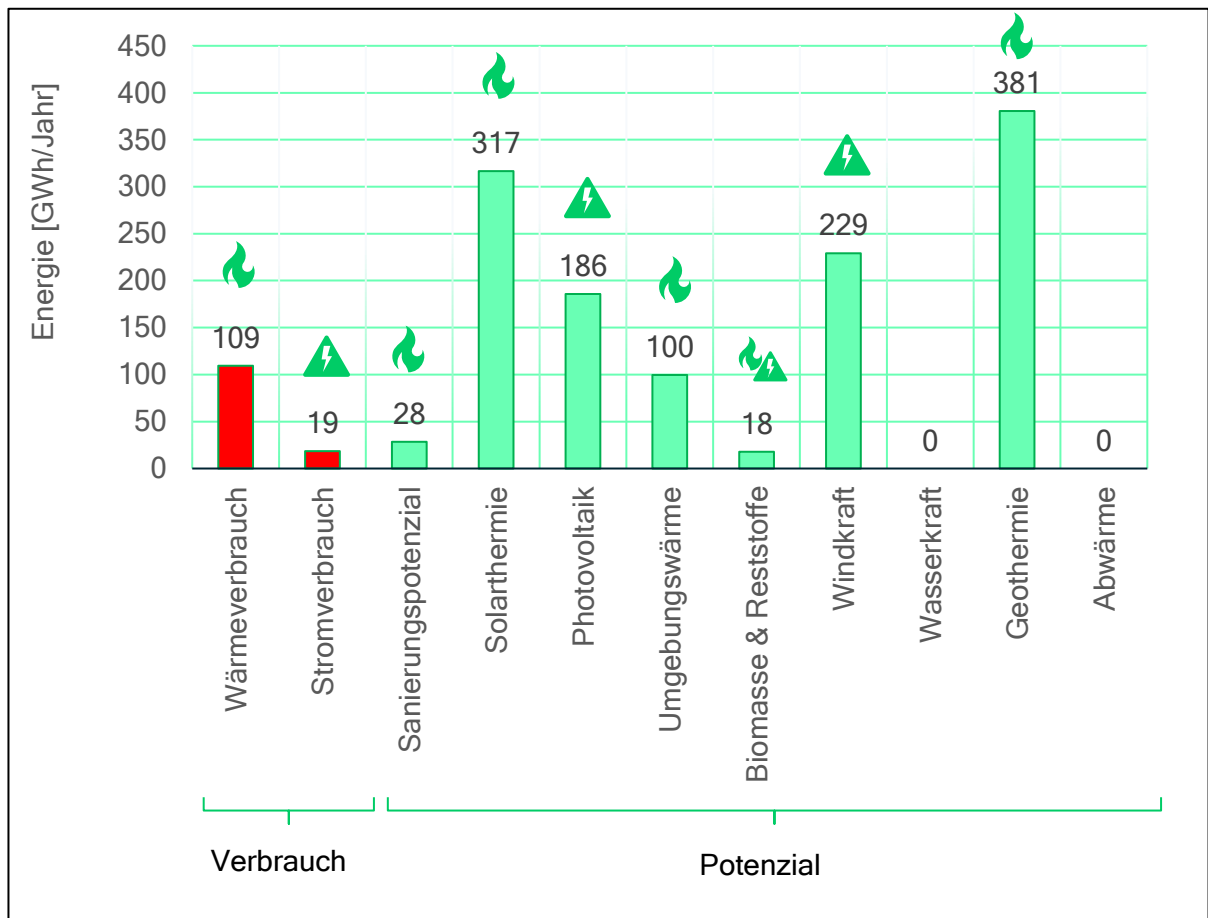


Abbildung 6-18: Gegenüberstellung der Gesamtverbräuche zu den Gesamtpotenzialen

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass die Erschließung der Potenziale die Netzstruktur beeinflussen und zusätzlichen Ausbau- bzw. Rückbaubedarf in den Netzen verursachen kann. Insbesondere ist der Ausbaubedarf der Stromnetze zu berücksichtigen. Neben der Energiemenge sind bei der Energiebereitstellung für eine zentrale Wärmeversorgung weitere Kriterien entscheidend. Daher ist in der folgenden Tabelle ein qualitativer Technologievergleich vorgenommen worden, der bei der späteren Gestaltung der Wärmewendestrategie als Orientierung dienen soll.

Technologievergleich der Wärmequellen													
Technologie	Einschätzung	Bewertungskriterien					Technologie	Einschätzung	Bewertungskriterien				
		Lokale Verfügbarkeit	Temperaturniveau	Saisonale Unabhängigkeit	Ortsunabhängigkeit	Investitionskosten			Lokale Verfügbarkeit	Temperaturniveau	Saisonale Unabhängigkeit	Ortsunabhängigkeit	Investitionskosten
Solarthermie	++						Geothermie, tief	++			o		
	+	o	o		o	o		+	o	↕	o		
	0							0				o	
	-							-					o
	--			o				--					o
Aerothermie	++	o			o	o	Geothermie, oberflächennahe	++	o			o	o
	+							+			o	o	
	0							0		o			o
	-							-					
	--		o	o				--					
Hydrothermie	++						Abwärme aus Wirtschaftsprozessen	++		↕	↕		o
	+							+		↕	↕		
	0	o	o			o		0					
	-			o				-				o	
	--				o			--	o				
Reststoffe	++		o	o			Abwasserwärme	++					o
	+							+					
	0				o	o		0		o	o	o	
	-							-					
	--	o						--	o				
Biomasse	++		o			o							
	+			o	o								
	0												
	-	o											
	--												

Tabelle 6-19: Technologievergleich der Potenziale zur zentralen Wärmeversorgung

Damit ist die Potenzialanalyse abgeschlossen. Auf Basis der dargestellten Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse können nun Gebiete und Quartiere für unterschiedliche Wärmeversorgungsstrukturen definiert werden.

7 Quartiere

Bisher wurden die Ergebnisse der Kommunalen Wärmeplanung auf Projektgebietebene und auf den Gebieten der Gemarkungen Bad Düben, Schnaditz, Tiefensee und Wellaune abgebildet. Um ein Zielszenario festzulegen und davon die Wärmewendestrategie abzuleiten, ist es notwendig, die Ebene der Gesamtbetrachtung des Projektgebietes zu verlassen. In diesem Kapitel soll definiert werden, welche Gebiete in Bad Düben als zusammenhängende Wärmeversorgungscluster betrachtet werden können. Diese Gebiete werden als Quartiere definiert und festgelegt, wie die Wärmeversorgung im Jahr 2045 gestaltet werden kann. Die abgeleiteten Wärmeversorgungsoptionen werden im nächsten Kapitel zu Szenarien für das gesamte Projektgebiet zusammengefasst.

7.1 Kriterien der Gebietseinteilung

Für die Einteilung der Quartiere ist eine Unterscheidung der Wärmeversorgungssysteme zu definieren. Dies soll im Einklang mit § 3 des Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze erfolgen. Grundlegend wird unterschieden, wo die gespeicherte Energie in Wärme umgewandelt wird. Hierfür gibt es zwei Arten:

- Zentrale Wärmeversorgung
- Dezentrale Wärmeversorgung

Dabei beschreibt die zentrale Wärmeversorgung das Wärmenetzgebiet nach WPG §3 Abs. 18. Während die Wärme bei der zentralen Versorgung an einem zentralen Ort entsteht, wird bei der dezentralen Versorgung die Wärme an verschiedenen Orten, meist in den Häusern, wo diese benötigt wird, erzeugt. Die dezentrale Versorgung wird weiter in unterschiedliche Energieträger unterteilt. Dabei wird nach WPG §3 Abs. 23 die Verwendung von Wasserstoff im Wasserstoffnetzgebiet verortet. Als Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung nach WPG §3 Abs. 6 gelten Gebiete, die überwiegend nicht über ein Wärme- oder Gasnetz versorgt werden, wobei ergänzend zum Gesetzestext anzumerken ist, dass eine Versorgung über Wasserstoff ebenfalls nicht in dieser Einteilung vorgesehen ist. Insofern das Quartier noch nicht eingeteilt werden kann, da unterschiedliche Umstände noch nicht bekannt oder noch nicht ausreichend bekannt sind, ist dieses Quartier nach WPG §3 Abs. 10 als Prüfgebiet zu definieren. Ebenfalls als Prüfgebiete zu benennen, sind Quartiere, die vorrangig mittels Biomethan versorgt werden. Daraus ergibt sich folgende Einteilung:

- Wärmenetzgebiet (zentrale Versorgung)
- Gebiet für dezentrale Wärmeversorgung (dezentral exkl. Wasserstoff und Biomethan)
- Wasserstoffnetzgebiet (dezentral mit Wasserstoff)
- Prüfgebiet (dezentral mit Biomethan)

Neben der Definition der Kategorien für die Versorgungsstruktur muss außerdem der Begriff Quartier für das weitere Vorgehen definiert werden:

„Ein Quartier ist ein fachmäßig zusammenhängendes Gebiet, welches die Infrastruktur sowie private- und öffentliche Gebäude beinhaltet und idealerweise übereinstimmende Merkmale besitzt (Back2B Solution GmbH).“

Aus der Definition wird deutlich, dass zur Festlegung der Quartiere die Ergebnisse aus der Bestandsanalyse zu den analysierten Gebäuden genutzt werden müssen. Zusätzlich wird die Infrastruktur erwähnt, wobei neben diversen infrastrukturellen Faktoren in einem Quartier insbesondere die Versorgungsinfrastruktur, wie z.B. Abwasser, Gasnetze und Wärmenetze hervorzuheben sind. Diesbezüglich müssen zwei Themenblöcke beachtet werden. Zum einen die heutige Versorgungsinfrastruktur, welche in der Bestandsanalyse betrachtet wurde und zum anderen eine mögliche, zukünftige Infrastruktur, die sich auf Basis der Potenzialanalyse und der möglichen Nutzung in den Quartieren ergeben kann.

Abgeschlossen wird die Definition durch die Anforderung, Quartiere möglichst so zu gestalten, dass diese übereinstimmende Merkmale besitzen. Um dies zu verdeutlichen, werden im Folgenden drei Beispielquartiere aufgezeigt, bevor die Merkmale definiert werden.

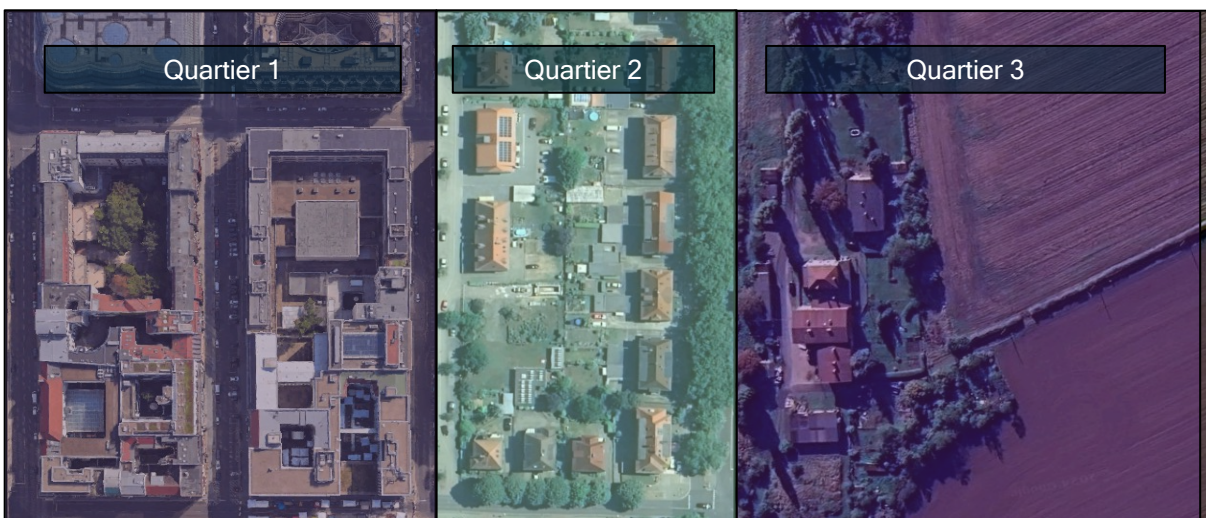


Abbildung 7-1: Ausschnitte aus Beispielquartieren (GOOGLE 2024)

Im ersten Beispielquartier bzw. dessen Ausschnitt in folgender Abbildung, ist ein innerstädtischer Wohn- und Geschäftsbereich einer Großstadt zu erkennen. Ein Gebiet mit sehr hoher Wärmedichte und einem hohem absoluten Wärme-Gesamtverbrauch. Zusätzlich kann eine begrenzte Sanierung durch eventuellen Denkmalschutz erwartet werden. Dadurch ist das Quartier voraussichtlich sehr gut für ein Wärmenetz geeignet. Hieraus können verschiedene relevante Merkmale für die Quartiersbildung in Bad Dübener abgeleitet werden:

- Wärmedichte
- Gesamtverbrauch
- Sanierungsleistung

Im zweiten Quartiersausschnitt ist ein Gebiet mit mehreren Mehrfamilienhäusern zu erkennen. Das Beispielquartier besitzt eine mittlere Wärmedichte und ein bestehendes Gasnetz mit hoher Anschlussquote. Dadurch ist das Gebiet voraussichtlich als Eignungsgebiet für eine zukünftige Biomethanversorgung geeignet. Voraussetzung ist jedoch, dass im Projektgebiet oder im Gebiet des Netzbetreibers ausreichend Biomethan eingespeist wird. Auch hieraus lassen sich wieder relevante Merkmale ableiten:

- Bestehende Versorgungsstruktur (insbesondere vorhandenes Gas- oder Wärmenetz)
- Versorgungsmöglichkeiten aus der Potenzialanalyse

Im dritten Gebiet liegt eine dörfliche Struktur mit Einfamilienhäusern und niedriger Wärmedichte vor. Im Beispiel ist kein bestehendes Gasnetz vorhanden. Zudem liegen hohe Individualverbräuche vor und es wird größtenteils mit Öl geheizt, wodurch hohe CO₂-Emissionen entstehen. Eine Transformation der Wärmeversorgung muss dezentral und leitungsungebunden erfolgen. Wichtiges Merkmal sind hier:

- Die Treibhausgasemissionen

Zusammenfassend wurden folgende Kriterien aufgeführt: **1. Wärmedichte**, wobei hierbei benannt werden muss, dass nicht der heutige Verbrauch für ein Wärmenetz entscheidend ist, sondern der erwartete Absatz an Wärme bezogen auf die benötigte Trassenlänge. Um abzuschätzen, wo ein Wärmenetz in einer weitergehenden Analyse und Machbarkeitsuntersuchung detailliert werden sollte, wurde definiert, dass mindestens die Wärmedichte von 300 MWh/(ha*a) im Zieljahr 2045 vorliegen muss. Die benötigte Wärmedichte bezieht sich demnach auf den zu erwartenden Absatz nach der **2. Sanierung** im Quartier sowie ohne die bereits heute auf erneuerbare Energien umgestellten Gebäude, da hier ein Anschluss an ein Wärmenetz unwahrscheinlicher ist. Dabei wurde die heutige vorliegende Versorgungsstruktur unterstellt. Zusätzlich wurde bei einer entsprechenden Wärmedichte **3. Ankerkunden** berücksichtigt, die für eine frühzeitige Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes entscheidend sind. Des Weiteren wurden die Standorte und Technologien aus der Potenzialanalyse berücksichtigt und als Kriterium **4. Versorgungsmöglichkeiten** festgelegt. Darüber hinaus ist eine Mindestgröße des Quartiers entscheidend. Da in der Kommunalen Wärmeplanung die Wärmeversorgung der gesamten Kommune im Fokus steht, können der kommunalen Verwaltung keine Mikronetze vorgeschlagen werden, die aus übergreifender Sicht bzgl. Emissionen und Abdeckungsgröße uninteressant sind. Das schließt aber nachdrücklich nicht aus, dass lokale Projektentwickler, Genossenschaften oder Eigentümergemeinschaften genau solche Mikronetze wirtschaftlich umsetzen können und sollten. Jene lokalen Projekte müssen außerhalb der kommunalen Verantwortlichkeiten umgesetzt werden. Die Mindestgröße wurde mit einem **5. Gesamtverbrauch** von 1 GWh/a festgelegt, wobei abgeschlossene Gebiete, die nicht sinnvoll größer geschnitten werden können, abweichen dürfen. Für den intelligenten Zuschnitt ist darüber hinaus die **6. Versorgungsstruktur** entscheidend, welche zusammen mit der Wärmedichte die **7. Treibhausgasemissionen** bestimmt.

7.2 Quartiersübersicht

In Summe ergeben sich mit der definierten Bewertungslogik in Bad Dübén insgesamt 12 Quartiere. In den folgenden Abbildungen sind die räumlichen Verortungen der Quartiere abgebildet.

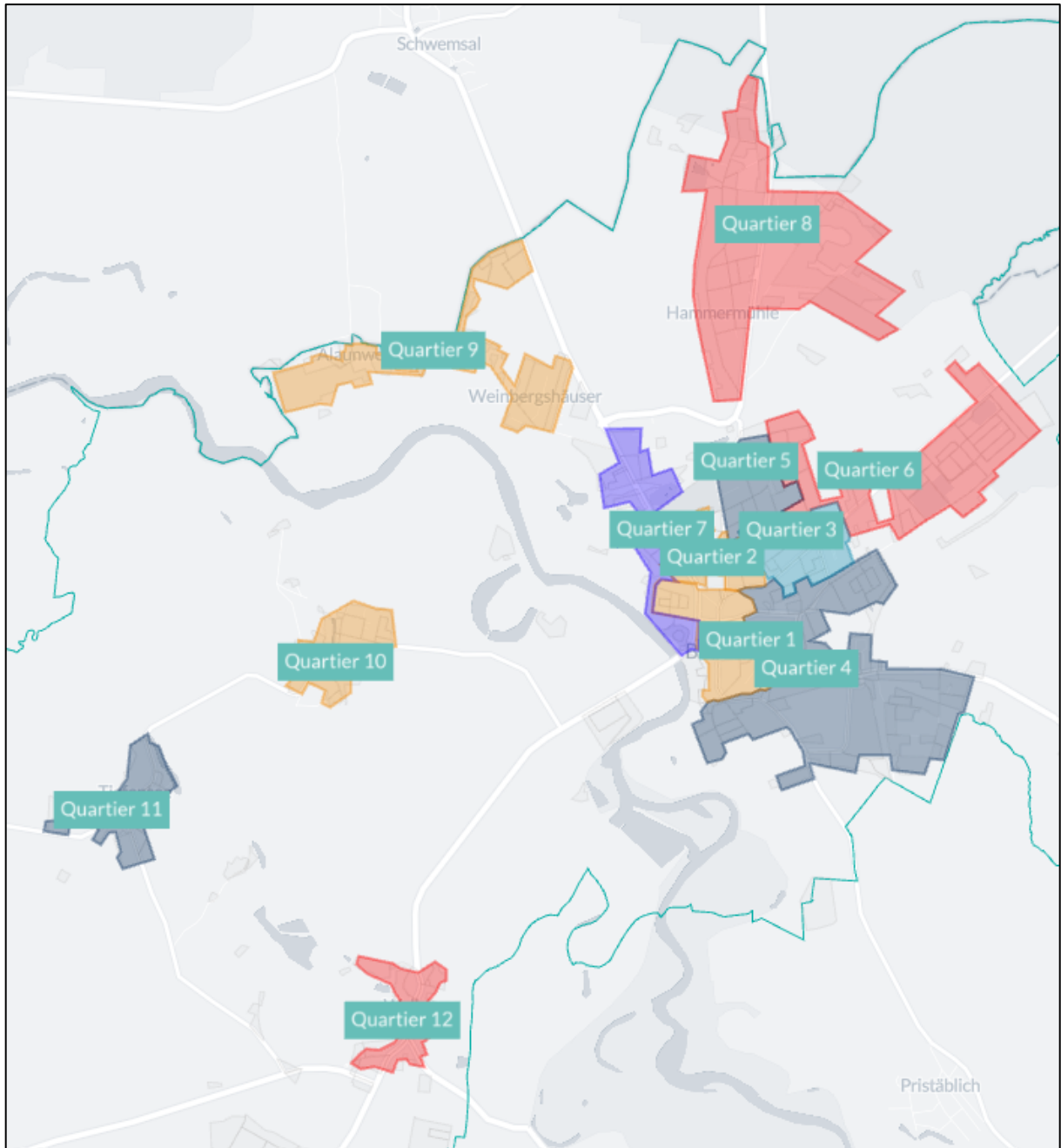


Abbildung 7-2: Quartiere im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Alle Quartiere besitzen spezifische Versorgungsstrukturen, Endenergieverbräuche und Sanierungsmöglichkeiten. Durch diese konnten im Kapitel „Szenarien“ zukünftige Wärmeversorgungsmöglichkeiten abgeleitet werden. Zusammenfassend soll folgende Tabelle eine Übersicht über die definierten Quartiere und deren spezifische Treibhausgasemissionen geben.

Quartiersübersicht					
Gemarkung	Nr.	Name	Fokus- gebiet	THG- Emissionen	Anteil THG- Emissionen
[-]	[-]	[-]	[-]	[t/a]	[%]
Σ THG-Emissionen [t/a]				24.575	100%
Rest	-	-	-	942	3,8%
Bad Düben	0	Quartier 1	X	5.313	21,6%
Bad Düben	0	Quartier 2	X	2.767	11,3%
Bad Düben	0	Quartier 3	X	2.094	8,5%
Bad Düben	0	Quartier 4	-	2.775	11,3%
Bad Düben	0	Quartier 5	-	2.145	8,7%
Bad Düben	0	Quartier 6	-	1.901	7,7%
Bad Düben	0	Quartier 7	-	1.125	4,6%
Bad Düben	0	Quartier 8	-	1.413	5,8%
Bad Düben	0	Quartier 9	-	978	4,0%
Schnaditz	0	Quartier 10	-	854	3,5%
Tiefensee	0	Quartier 11	-	1.090	4,4%
Wellaune	0	Quartier 12	-	1.179	4,8%

Tabelle 7-1: Quartiersübersicht (interne Berechnungen)

Zudem sollen auf Basis der Quartiersdefinition zwei bis drei Fokusgebiete festgelegt werden. Ziel ist es dabei, begrenzte Ressourcen in der Verwaltung, aber auch bei potenziellen Projektentwicklern, auf relevante Gebiete zu konzentrieren, die mit Priorität behandelt werden sollen. Relevant bedeutet dabei zum einen die Möglichkeit, eine leitungsgebundene Versorgung umzusetzen, bei der Ressourcen der Projektbeteiligten eingesetzt und gesteuert werden müssen. Zum anderen ist der Einfluss der Quartiere auf den Gesamt-Treibhausgasausstoß der Kommune maßgeblich. Infolgedessen wurden die drei Quartiere, in denen ein Wärmenetz sowie eine Biomethanversorgung voraussichtlich möglich sind, als Fokusgebiete definiert. Zusätzlich wurde das Quartier mit dem höchsten prozentualen Anteil am Treibhausgasausstoß festgelegt. Nach der Bestimmung des Zielszenarios werden die Fokusgebiete unter Umständen weiter eingegrenzt.

8 Szenarien

Die Szenarien sollen veranschaulichen, wie sich die Wärmeversorgung im Projektgebiet unter Realisierung unterschiedlicher Herangehensweisen voraussichtlich entwickeln wird. Dabei muss die Zielstellung des Wärmeplanungsgesetzes des BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023 wie folgt berücksichtigt werden.

„Ziel dieses Gesetzes ist es, einen wesentlichen Beitrag zur Umstellung der Erzeugung von der Versorgung mit Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme auf erneuerbare Energien, unvermeidbare Abwärme oder einer Kombination hieraus zu leisten, zu einer kosteneffizienten, nachhaltigen, sparsamen, bezahlbaren, resilienten sowie treibhausgasneutralen Wärmeversorgung bis spätestens zum Jahr 2045 (Zieljahr) beizutragen und Endenergieeinsparungen zu erbringen. Die Länder können ein früheres Zieljahr bestimmen, das im Rahmen der Umsetzung dieses Gesetzes zu Grunde zu legen ist.“

Festzuhalten ist, dass bei der Ausprägung der Zielerreichung in den genannten Kategorien, wie im obigen Zitat beschrieben, zielkonkurrierende Situationen entstehen. In der Folge können die benannten Zielkategorien mit den heute verfügbaren Technologien, ausgehend von der bestehenden Versorgungsstruktur im Projektgebiet und unter Berücksichtigung der vorliegenden Potenziale, nicht vollständig erreicht werden.

Aufgrund dieser Erkenntnis ist nicht nur ein Szenario zu entwickeln, welches entschieden werden muss, sondern es sind vielmehr Szenariovorschläge darzulegen, die sich in den Ausprägungen unterscheiden. Im Anschluss an diesen Prozess ist ein Zielszenario festzulegen, für welches die Wärmewendestrategie erarbeitet wird.

Des Weiteren wird im Zitat das Ziel einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung bis spätestens 2045 beschrieben. Die Treibhausgasbilanz wird mit Hilfe von Emissionsfaktoren in g CO₂-Äquivalent pro kWh Endenergie berechnet. Auch für erneuerbare Energien wie Biomasse oder Biomethan fallen Treibhausgase an, wenn auch im geringen Umfang. Entsprechend muss zur Erreichung der Zielstellung weitergehend untersucht werden, wie die anfallenden Treibhausgase der Atmosphäre entzogen und gespeichert werden können. Diese Untersuchung liegt jedoch außerhalb der Kommunalen Wärmeplanung.

Im Folgenden werden unterschiedliche Szenarien für den Wärmesektor vorgestellt. Sie zeigen mögliche zukünftige Zielzustände für das Jahr 2045 hinsichtlich der Treibhausgasemissionen und des Endenergieverbrauchs.

8.1 Szenario 1: Klimaaoptimal mit Individuallösungen

Im ersten Szenario wird eine möglichst klimaaoptimale Wärmeversorgung mithilfe von Individuallösungen untersucht. Als Beispiel können die festgelegten Möglichkeiten zur Quartiersversorgung herangezogen werden. Beispielsweise werden im Quartier 1 heute 477 MWh/a Endenergie an Biomasse für Wärmezwecke umgesetzt. Dies entspricht einem Anteil von 1,9 % an Nutzenergie vom gesamten Quartier. Diese bereits zukunftsfähige Wärmeversorgung wird selbstverständlich beibehalten und, realistisch betrachtet, unabhängig von den Festlegungen, weiter ausgebaut werden. Im Folgenden ist die heutige Versorgungsstruktur sowie die Prognose der Versorgungsstruktur 2045 mit Individuallösungen in % Nutzenergie von Gesamtquartier aufgezeigt.

- Versorgung heute: 74,6 % Gas, 13,5 % Heizöl, 7,7% Wärmepumpe, 1,9 % Biomasse, 1,7 % Heizstrom, 0,6 % Braunkohle
- Versorgung 2045 mit Individuallösungen: 64 % Wärmepumpe, 36 % Biomasse

Diese Aufteilung wurde für jedes Quartier spezifisch angepasst und ist individuell. Auf Basis dieser Aufteilungen sowie der berechneten Sanierungsleistung für jedes Gebäude in allen 12 Quartieren ergibt sich die Zielversorgungsstruktur mit dem erwarteten Endenergieverbrauch und den daraus abgeleiteten Treibhausgasemissionen für das Projektgebiet. Dies ist in Summe und für die Fokusgebiete im Folgenden dargestellt.

Klimaaoptimal mit Individuallösungen						
Summe		Gas	Biomasse	Wärmepumpe	Fernwärme EE	
Σ Endenergie [MWh/a]		49.819	0	32.704	17.115	0
Σ THG-Emissionen [t/a]		654	0	654	0	0
Gemarkung	Name	THG-Emissionen	Erwarteter Endenergieverbrauch			
			Gas	Biomasse	Wärmepumpe	Fernwärme EE
[-]	[-]	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Rest		346	0	17.310	10.591	0
Bad Dübener	Quartier 1	130	0	6.506	3.277	0
Bad Dübener	Quartier 2	66	0	3.300	1.899	0
Bad Dübener	Quartier 3	112	0	5.588	1.349	0

Tabelle 8-1: Szenario 1: Klimaaoptimal mit Individuallösungen 2045 (interne Berechnungen)

8.2 Szenario 2: Individualszenario mit Wärmenetz

Im Individualszenario mit Wärmenetz wird das in Szenario 1 beschriebene Vorgehen grundsätzlich übernommen. Ergänzend dazu wird für Quartier 3 die Weiterentwicklung und der schrittweise Ausbau des bereits bestehenden Wärmenetzes unterstellt. Dabei wird eingeplant, dass dieses Wärmenetz langfristig vollständig auf eine Versorgung mit erneuerbaren Energien umgestellt wird.

Im Rahmen dieser Transformation erfolgt eine kontinuierliche Substitution der bislang eingesetzten fossilen Energieträger im Quartier durch erneuerbare Fernwärme. Dieser schrittweise Ansatz ermöglicht es, bestehende Infrastrukturen weiterhin zu nutzen und gleichzeitig die Umstellung auf erneuerbare Energieträger planbar und wirtschaftlich umzusetzen. Durch die fortlaufende Erweiterung und somit die Auslastung des Wärmenetzes kann die bestehende Wärmenetzstruktur insgesamt wirtschaftlicher betrieben werden. Gleichzeitig wird der Anteil erneuerbarer Energien kontinuierlich erhöht, wobei die hierfür erforderlichen Investitionen sukzessive und angepasst erfolgen. Auf diese Weise wird sowohl eine langfristige Reduktion der Treibhausgasemissionen als auch eine wirtschaftliche Wärmeversorgung im Quartier erreicht.

Im benannten Quartier ergibt sich somit eine Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Fernwärme von 43,6 % heute auf 82% in 2045.

Individualszenario mit Wärmenetz						
Summe		Gas	Biomasse	Wärme- pumpe	Fern- wärme EE	
Σ Endenergie [MWh/a]		51.573	0	27.323	16.236	8.014
Σ THG-Emissionen [t/a]		843	0	546	0	297
Gemarkung	Name	THG- Emissionen	Erwarteter Endenergieverbrauch			
			Gas	Biomasse	Wärme- pumpe	Fern- wärme EE
[-]	[-]	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Rest		346	0	17.310	10.591	0
Bad Düben	Quartier 1	130	0	6.506	3.277	0
Bad Düben	Quartier 2	66	0	3.300	1.899	0
Bad Düben	Quartier 3	301	0	207	469	8.014

Tabelle 8-2: Szenario 2: Individualszenario mit Wärmenetz (interne Berechnungen)

8.3 Zielszenario

Im Zielszenario wurde Szenario 2 weiterentwickelt und in den Quartieren 1 und 2 überarbeitet. Für die beiden untersuchten Quartiere im Innenstadtbereich wird eine Wärmeversorgungsstrategie entwickelt, die sowohl die technische Machbarkeit als auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt. Aufgrund der vorhandenen Gasverteilnetze mit sehr hohem Anschlussgrad und der im innerstädtischen Raum typischerweise hohen Kosten für Neubauleitungen wird ein Ausbau leitungsgebundener Wärmenetze nicht vorgesehen. Stattdessen wird die Weiterverwendung der bestehenden Gasinfrastruktur zur zukünftigen Versorgung mit Biomethan als bevorzugte Option betrachtet.

Die Umsetzung einer Biomethanversorgung ist jedoch mit erheblichen planerischen Unsicherheiten verbunden. Diese betrifft insbesondere die Verfügbarkeit, also die Herstellung, Aufbereitung, Speicherung und Einspeisung von Biomethan in das bestehende Netz. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind die regulatorische Entwicklung sowie die Kalkulation der Einspeise- und Verbrauchsmengen auf Gesamtdeutschlandebene nur eingeschränkt prognostizierbar. Daher kann es notwendig werden, die Quartiere gasnetzseitig abzugrenzen und eigenständig zu versorgen, um technische oder regulatorische Anforderungen zu erfüllen.

Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, die Biomethanstrategie im Rahmen einer rollierenden Planung kontinuierlich zu überprüfen und in enger Abstimmung mit potenziellen Projektentwicklern weiter zu konkretisieren.

Eine Versorgung der Quartiere 1 und 2, wie in Szenario 2 beschrieben, würde eine erhebliche Verstärkung der Strominfrastruktur erfordern. Werden die beiden Quartiere zusätzlich zu den übrigen Quartieren aus Szenario 2 ebenfalls durch Strom und Biomasse mit Wärme versorgt, steigen die Gesamtinvestitionskosten auf der Niederspannungsebene der Stromnetzseite um 30 %, sofern im bestehenden Stromnetz keine zusätzlichen Leistungsreserven verfügbar sind. Leistungsreserven von Teilnetzen werden im Rahmen der Wärmeplanung nicht abgefragt und bleiben jederzeit geschäftsinterne Informationen der Stromnetzbetreiber.

Vor diesem Hintergrund erscheint die Nutzung der bestehenden Gasnetze für die beiden benachbarten Quartiere hinsichtlich der Versorgung mit Biomethan aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten derzeit als die vorteilhafteste Lösung.

Zielszenario						
Summe		Gas	Biomasse	Wärme- pumpe	Fern- wärme EE	
Σ Endenergie [MWh/a]		59.921	20.232	18.740	12.935	8.014
Σ THG-Emissionen [t/a]		1.056	384	375	0	297
Gemarkung	Name	THG- Emissionen	Erwarteter Endenergieverbrauch			
			Gas	Biomasse	Wärme- pumpe	Fern- wärme EE
[-]	[-]	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Rest	-	40	0	2.010	854	0
Bad Döben	Quartier 1	258	12.831	723	1.280	0
Bad Döben	Quartier 2	151	7.401	500	595	0
Bad Döben	Quartier 3	301	0	207	469	8.014
Bad Döben	Quartier 4	59	0	2.962	2.158	0
Bad Döben	Quartier 5	41	0	2.053	1.745	0
Bad Döben	Quartier 6	43	0	2.148	807	0
Bad Döben	Quartier 7	25	0	1.240	782	0
Bad Döben	Quartier 8	24	0	1.218	2.120	0
Bad Döben	Quartier 9	27	0	1.333	521	0
Schnaditz	Quartier 10	19	0	966	704	0
Tiefensee	Quartier 11	31	0	1.555	477	0
Wellaune	Quartier 12	37	0	1.826	423	0

Tabelle 8-3: Zielszenario (interne Berechnungen)

9 Wärmewende

Die Wärmewende stellt eine zentrale Herausforderung und zugleich eine bedeutende Chance für Kommunen dar, um die Klimaziele zu erreichen und eine nachhaltige Energieversorgung sicherzustellen. Im Kontext der Kommunalen Wärmeplanung zielt die Wärmewendestrategie darauf ab, den Übergang von fossilen Brennstoffen zu erneuerbaren Energien und effizienten Technologien zu gestalten. Dafür muss der Ausgangszustand bekannt sein. Dieser wurde in der Bestandsanalyse beschrieben. Um von diesem Ausgangszustand die Wärmewendestrategie zu erarbeiten, muss das Ziel definiert sein, was mit der Festlegung des Zielszenarios erfolgt ist. Auf dem Pfad der Wärmewende müssen, um vom Ausgangszustand zum Zielzustand zu gelangen, Maßnahmen umgesetzt werden. Diese Maßnahmen bedienen sich der Potenzialanalyse. Zusätzlich werden die Ergebnisse des Kapitels Quartiere herangezogen, um spezifische Maßnahmen in den Gebieten, vorrangig den Fokusgebieten, zu definieren.

9.1 Fokusgebiete

Im Kapitel Quartiere wurde bereits eine Eingrenzung auf Fokusgebiete vorgenommen. Vorgabe ist die Definition von zwei bis drei Gebieten. Die Quartiere 1, 2 und 3 wurden bereits definiert und ihre Notwendigkeit für die Betrachtung im Zielszenario bestätigt. Der THG-Anteil der Fokusgebiete ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

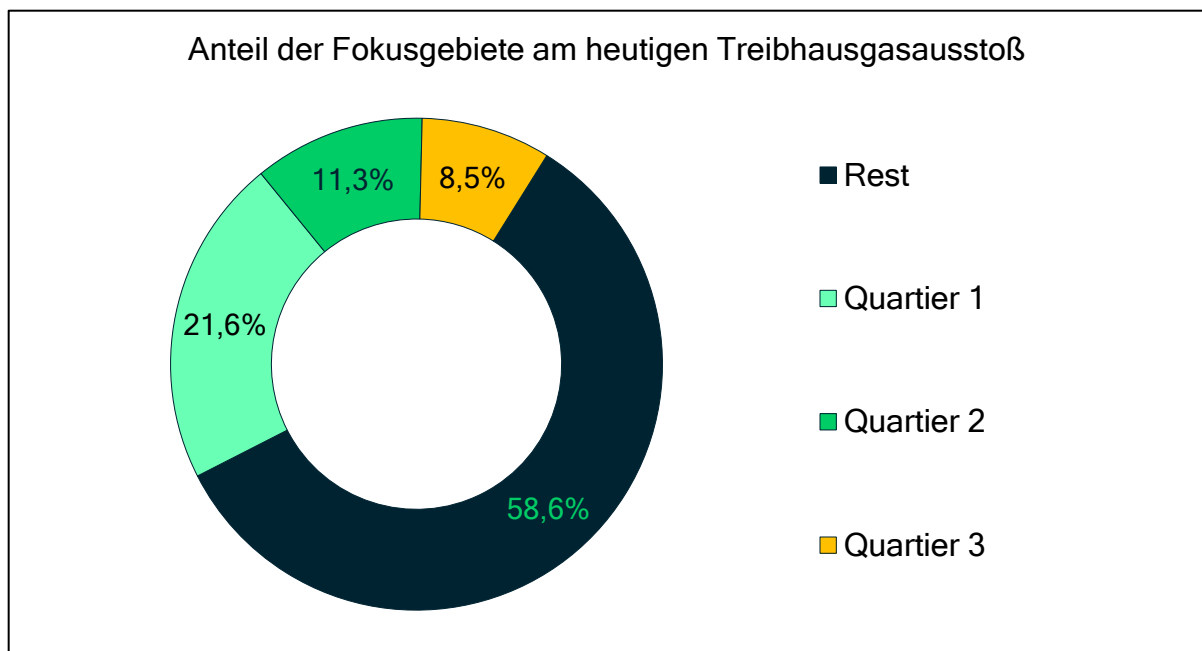


Abbildung 9-1: Anteil Fokusgebiete am heutigen Treibhausgasausstoß.

Auf Basis der Analyse, der Extrapolation der erwarteten Versorgungsstruktur, der Sanierungsdynamik sowie der im Projektgebiet prognostizierten Bevölkerungsentwicklung wurden Zielkonstellationen für die Fokusgebiete abgeleitet und in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

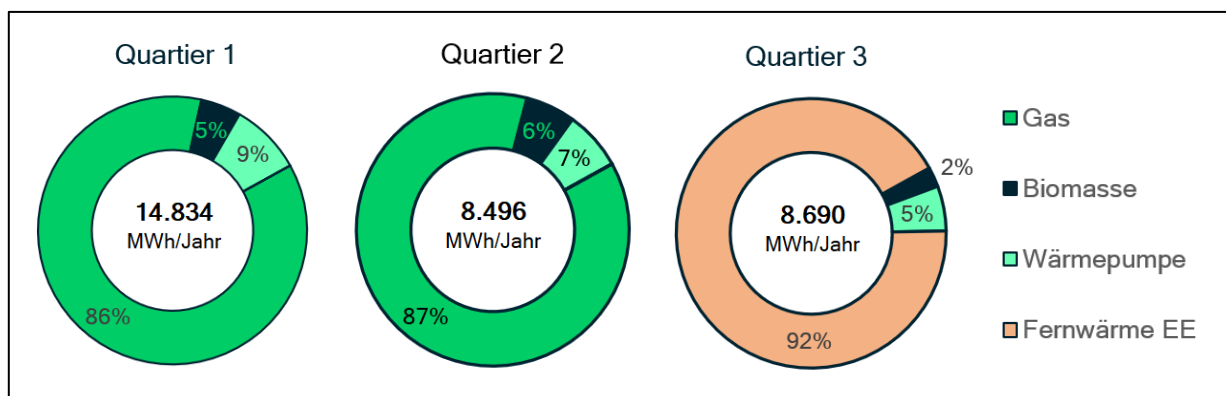


Abbildung 9-2: Fokusgebiete und deren Versorgung 2045 (Endenergie, interne Berechnungen)

9.2 Energieplan für das Projektgebiet

Der Energieplan für Bad Dübener soll als strategisches Instrument zur Planung und Optimierung der Energieversorgung und -nutzung innerhalb des Stadtgebietes dienen. Dafür wird die Entwicklung der Endenergie- und Treibhausgasbilanz aufgezeigt und auf die Transformation der leitungsgebundenen Energieversorgung näher eingegangen. In Folge werden die spezifischen Zielgrößen der Quartiere definiert. Die in diesem Kapitel definierten Maßnahmen sind wiederum im Maßnahmenkatalog zur Wärmewendestrategie hinterlegt.

9.2.1 Endenergiebilanz

Zunächst kann festgehalten werden, dass mit Umsetzung des Zielszenarios voraussichtlich folgender Endenergieverbrauch im Jahr 2045 im Vergleich zum heutigen Endenergieverbrauch, dargestellt in den dunklen Balken, eintreten wird.

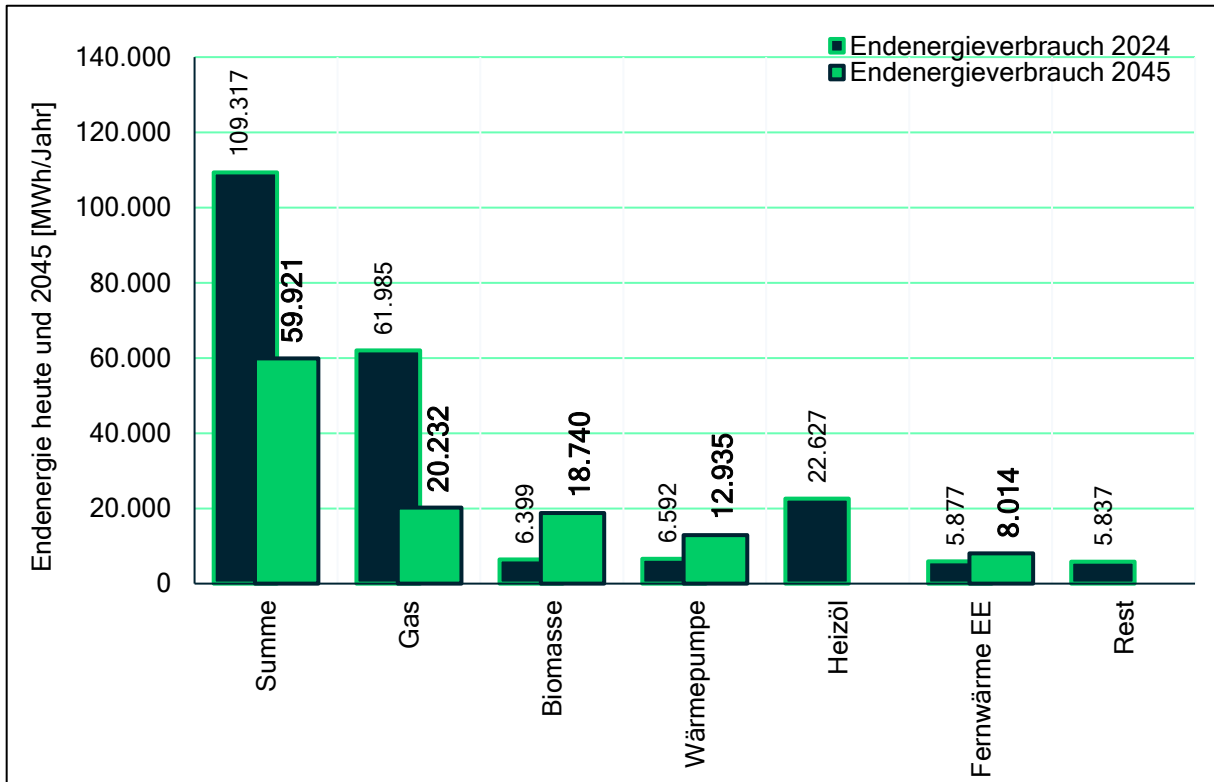


Abbildung 9-3: Endenergieverbrauch heute und im Jahr 2045 (interne Berechnungen)

Die Reduzierung von ca. 50,4 GWh/a setzt sich aus zwei Hauptkomponenten zusammen. Zum einen die Sanierungsleistung in Höhe von 28,4 GWh/a zzgl. der Bevölkerungsveränderung und zum anderen der Umstieg auf Wärmepumpe. Durch den COP der Wärmepumpe reduziert sich der Endenergieverbrauch bei gleichbleibender Nutzenergie.

Des Weiteren ist der Anteil Gas als Mischung aus Erdgas und Biomethan zu verstehen, bis Biomethan nach aktuellen Vorgaben und Rahmenbedingungen im Jahr 2045 einen Anteil von 100 % erreichen muss. Der Verlauf der prognostizierten Endenergie ist folgend zusammengefasst.

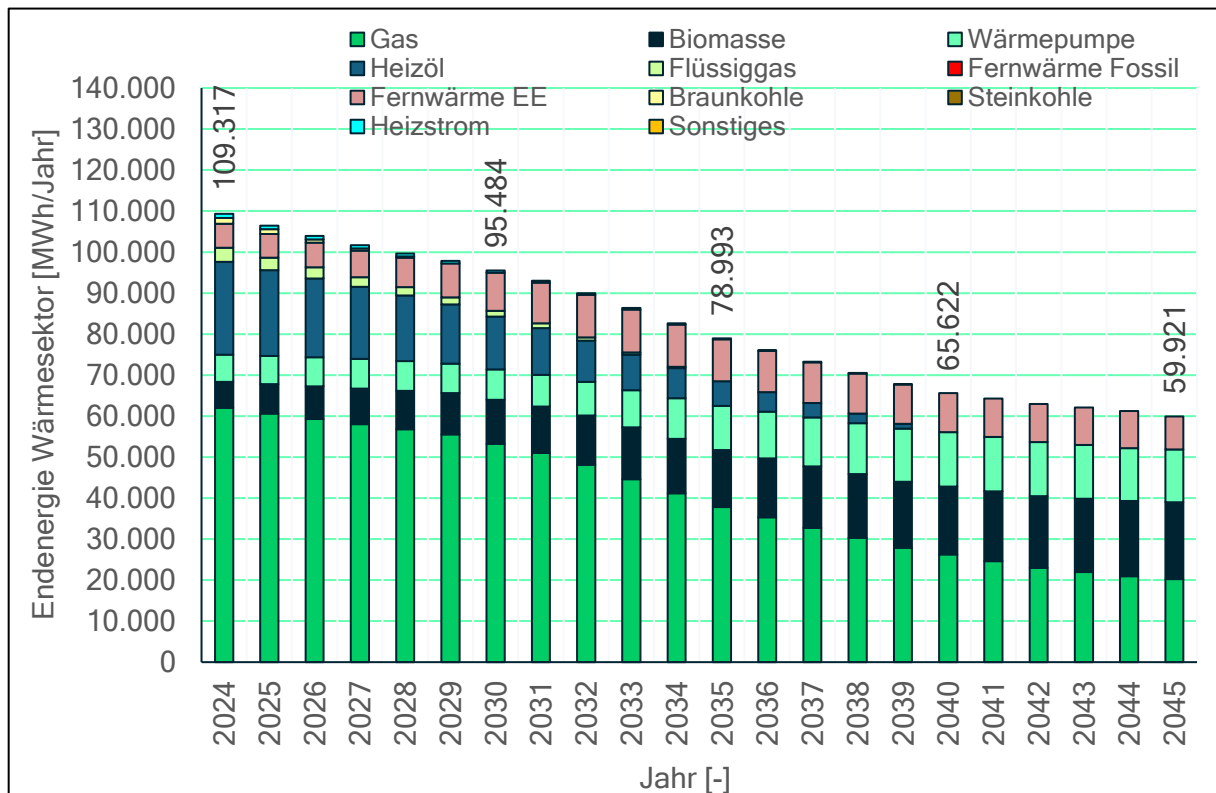


Abbildung 9-4: Entwicklung Endenergieverbrauch absolut bis 2045 (interne Berechnungen)

Zur Realisierung des Verlaufes und der Anteile der Energieträger sind unterschiedliche Maßnahmen notwendig, darunter zählen:

- Realisierung der Sanierungsleistung von kumuliert 28,4 GWh/a bis 2045
- Kontinuierlicher Ausstieg aus den Energieträgern: Heizöl, Flüssiggas, Braun- und Steinkohle
- Kontinuierlicher und vollständiger Umstieg auf Wärmepumpe oder Biomasse in allen dezentral versorgten Quartieren
- Kontinuierlicher Ausstieg aus dem Energieträger Gas in allen Quartieren mit Ausnahme der Quartiere 1 und 2
- Kontinuierlicher Umstieg von Erdgas auf 100% Biomethan in den Quartieren 1 und 2 bis 2045
- Weiterführung der Transformation des bestehenden Wärmenetzes im Quartier 3 von 62% erneuerbaren Energieanteil in 2023 auf 100% in 2045
- Anschluss weitere Wärmenetzkunden im Quartier 3, um den Anteil Nutzenergie im Quartier von 43,6 % in 2024 auf 82% in 2045 zu erhöhen

Bei Darstellung der Anteile der Energieträger im Verhältnis zum gesamten Endenergieverbrauch wird deutlich, dass die zukünftige Energieversorgung in Bad Dübener auf vier Säulen beruht: Gas (Biomethan), Biomasse, Wärmepumpe und erneuerbare Fernwärme. Da alle Energieträger, wie in den folgenden Unterkapiteln noch erläutert wird, aus einer lokalen oder regionalen Quelle stammen und sich die Verteilung relativ gleichmäßig über die Energieträger zeigt, wird eine gewisse Resilienz in der Wärmeversorgungsstruktur sichergestellt.

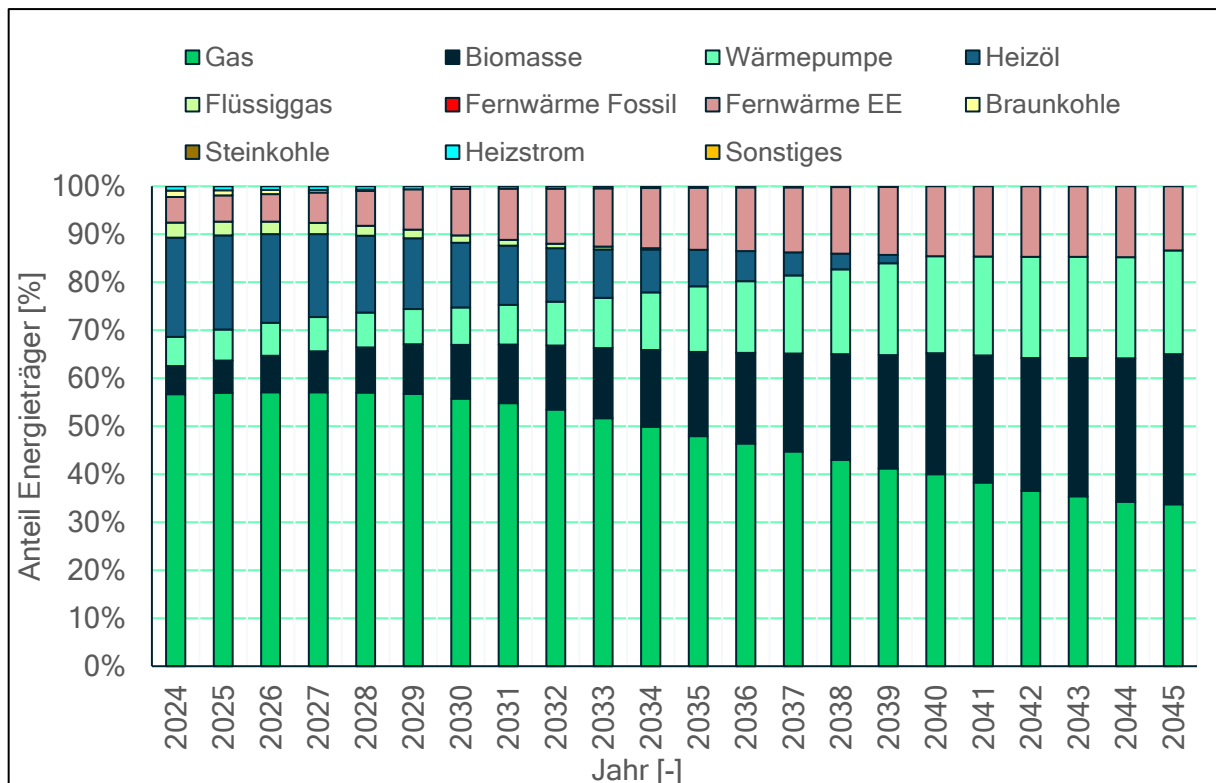


Abbildung 9-5: Entwicklung Endenergieverbrauch prozentual bis 2045 (interne Berechnungen)

Zusammenfassend kann dargelegt werden, dass sich die Anteile der zukünftigen Versorgung im Projektgebiet in Prozent Endenergieanteil wie folgt entwickeln wird:

- 56,7 % in 2024 (Erdgas und Biomethan) auf 33,7 % (Biomethan) Anteil Gas in 2045
- 6,0 % in 2024 auf 21,6 % (entspricht 49% Nutzenergie) Anteil Wärmepumpe in 2045
- 5,9 % in 2024 auf 31,3 % Anteil Biomasse in 2045
- 5,4 % in 2024 auf 13,4 % Anteil Fernwärme EE in 2045

Die Auswirkung der benötigten Endenergie mit der Transformation der Versorgungsstruktur, Sanierungsleistung und Bevölkerungsentwicklung wird in der Treibhausgasbilanz im folgenden Unterkapitel aufgezeigt.

9.2.2 Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasbilanz folgt dem Endenergieverbrauch und den Emissionsfaktoren in g CO₂-Äquivalent pro kWh Endenergie. Folgende Emissionsfaktoren wurden zugrunde gelegt:

Emissionsfaktoren					
Energieträger / Umwandlungsanlage	2024	2030	2035	2040	2045
[-]	[g CO ₂ -Äquivalent pro kWh Endenergie]				
Gas	207	188	163	141	19
Biomasse	20	20	20	20	20
Wärmepumpe	295	47	0	0	0
Heizöl	310	310	310	310	310
Flüssiggas	270	270	270	270	270
Fernwärme Fossil	300	300	300	300	300
Fernwärme EE	138	68	37	37	37
Braunkohle	430	430	430	430	430
Steinkohle	400	400	400	400	400
Heizstrom	295	47	0	0	0

Tabelle 9-1: Emissionsfaktoren (interne Berechnungen, BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020; STATISTA 2024; UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024; AGFW 2021; PROGNOSE, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021; AGORO, PROGNOSE & CONSENTEC 2022)

Infolgedessen ergibt sich der Verlauf der Treibhausgasemissionen nach folgender Abbildung.

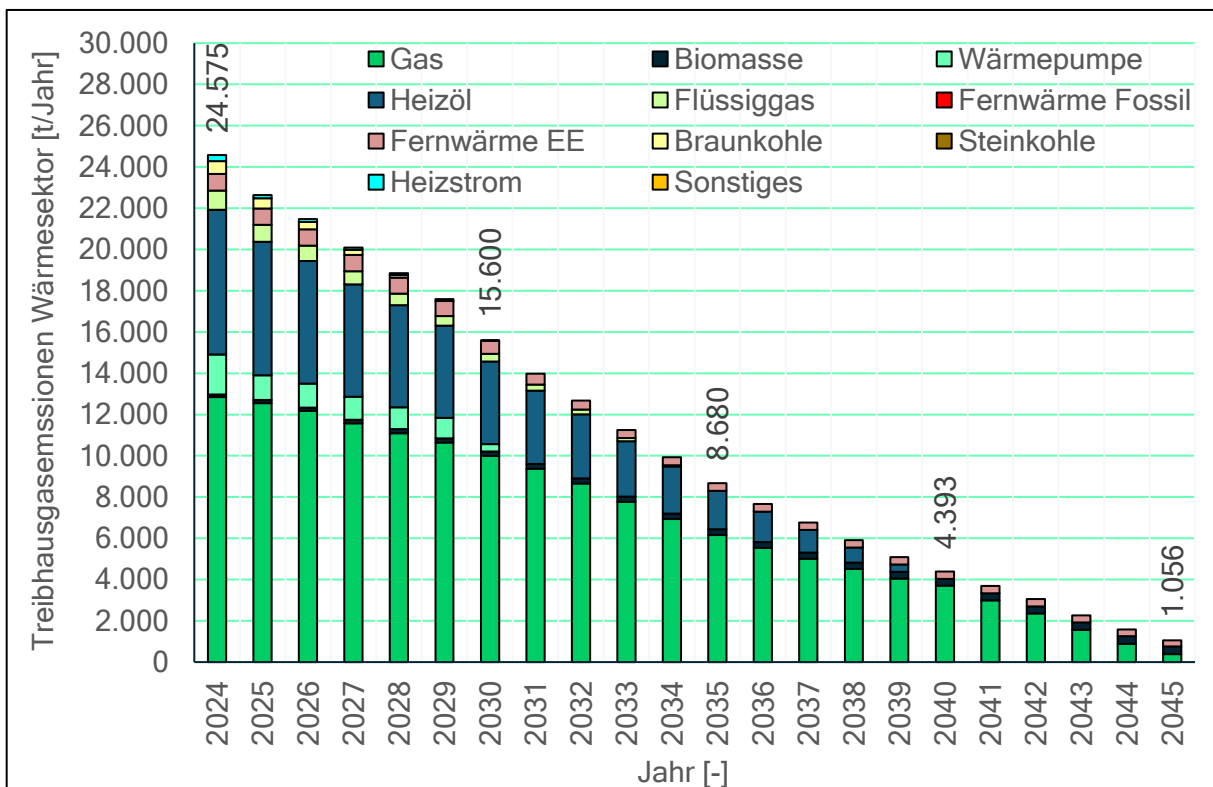


Abbildung 9-6: Entwicklung Treibhausgasemissionen bis 2045 (interne Berechnungen)

9.2.3 Netze

Die Netzinfrastrukturen bilden das Rückgrat des Energiesystems und sind entscheidend für eine sichere, effiziente und klimaziellkonforme Energieversorgung. Mit dem fortschreitenden Umbau des Energiesystems verändern sich die Anforderungen an die bestehenden Netze grundlegend. Dabei rücken sowohl technische Anpassungen als auch strategische und räumliche Fragestellungen in den Vordergrund. Vor diesem Hintergrund wird in diesem Kapitel die zukünftige Entwicklung der Gasnetze, Stromnetze und Wärmenetze betrachtet.

Die Stromnetze gewinnen im Zuge der zunehmenden Elektrifizierung von Erzeugung, Wärmeversorgung und Mobilität weiter an Bedeutung. Gleichzeitig stehen sie vor der Herausforderung, steigende Lasten, eine zunehmend dezentrale Einspeisung sowie erhöhte Anforderungen an Flexibilität und Netzstabilität zu bewältigen. Die Kommunale Wärmeplanung bildet in diesem Zusammenhang lediglich einen Teilaspekt der Stromnetzbetrachtung ab. Darüber hinaus ist eine Analyse der Stromnetze in den jeweiligen Teilnetzgebieten erforderlich, die über das Projektgebiet hinausgeht. Diese umfassendere Betrachtung, einschließlich der Einbindung der Entwicklungen im Verkehrssektor, ist jedoch nicht Gegenstand dieser Planung und bleibt einer vertiefenden Stromnetzanalyse vorbehalten.

Wärmenetze nehmen insbesondere in verdichteten Siedlungsstrukturen eine zentrale Rolle ein, da sie eine gebündelte, effiziente und langfristig planbare Wärmeversorgung ermöglichen. Ihre Planung und Weiterentwicklung ist eng an lokale Rahmenbedingungen, die bauliche Struktur sowie langfristige Entwicklungsziele gekoppelt. Die Gasnetze befinden sich hingegen in einem umfassenden Transformationsprozess, bei dem Fragen der zukünftigen Nutzung, der Umnutzung bestehender Infrastrukturen sowie möglicher Rückbauoptionen zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Um die Entwicklung von Wärme- und Gasnetzen gezielt und fundiert verwaltungsintern begleiten zu können, erfolgt die Betrachtung dieser Netze konzentriert in den definierten Quartieren. Diese Quartiere wurden daher als Fokusgebiete festgelegt, in denen die planerischen, organisatorischen und strategischen Fragestellungen zu Wärme- und Gasnetzen vertieft untersucht werden.

Die nachfolgenden Unterkapitel zu Gasnetzen, Wärmenetzen und Stromnetzen vertiefen diese Aspekte und stellen dar, wie die jeweiligen Netze zur Zielerreichung beitragen können.

9.2.3.1 Gasnetze

Die Gasnetze befinden sich auf dem Weg zum Jahr 2045 in einem grundlegenden Transformationsprozess. Getrieben durch die Klimaziele und den Umbau des Energiesystems verändert sich ihre Rolle deutlich gegenüber der bisherigen, stark auf fossile Energieträger ausgerichteten Nutzung. Während die Nachfrage nach konventionellem Gas kontinuierlich zurückgeht, steigt gleichzeitig der Anspruch, bestehende Infrastrukturen zukunftsfähig weiterzuentwickeln oder gezielt zurückzubauen. Damit rückt weniger die einzelne Technologie in den Mittelpunkt, sondern vielmehr die Frage nach der langfristigen Funktion und dem Mehrwert der Netze im Gesamtsystem. Ein zentraler Wandel besteht in der zunehmenden Differenzierung der Gasnetze. Künftig wird es keine einheitliche Entwicklung für alle Regionen geben. Vielmehr hängen Perspektiven und Nutzungsmöglichkeiten stark von lokalen Rahmenbedingungen ab, etwa von der Siedlungsstruktur, der industriellen Prägung oder vorhandenen alternativen Versorgungsoptionen. In einigen Gebieten verlieren Gasnetze an Bedeutung, während sie andernorts weiterhin eine wichtige Rolle für Versorgungssicherheit, Flexibilität und Resilienz des Energiesystems einnehmen können.

Mit diesem Wandel sind erhebliche Herausforderungen verbunden. Eine der größten besteht darin, den richtigen Zeitpunkt und Umfang von Investitionen zu bestimmen. Netze müssen so angepasst werden, dass sie zukünftigen Anforderungen gerecht werden, ohne dabei langfristig nicht mehr benötigte Strukturen zu verfestigen. Gleichzeitig stellt der Rückgang der Auslastung bestehender Netze die Wirtschaftlichkeit infrage und erfordert neue Konzepte für Finanzierung, Regulierung und Kostenverteilung. Darüber hinaus ist der Transformationsprozess mit organisatorischen und planerischen Unsicherheiten verbunden. Langfristige Prognosen zur Nachfrageentwicklung sind mit hohen Unsicherheiten behaftet, was strategische Entscheidungen erschwert. Die Koordination mit anderen Infrastrukturen, insbesondere im Wärme- und Strombereich, gewinnt daher zunehmend an Bedeutung. Gasnetze müssen stärker als Teil eines integrierten Energiesystems gedacht und geplant werden.

Wie aus den Emissionsfaktoren ersichtlich wurde, verändern sich diese bei erneuerbarer Fernwärme, Gas und für Strom über die Jahre. Für Gas ist dies mit dem sich ändernden Anteil an Biomethan, gepaart mit dem abnehmenden Gasverbrauch zu erklären. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die absolute Menge an eingespeisten Biomethan begrenzt bleibt und für das Zieljahr 2045 nur eine begrenzte Versorgung eingeplant werden kann. Im Rahmen des Monitorings müssen Aktivitäten bezüglich der Gasnetze, sowohl für Biomethan als auch für Wasserstoff, regelmäßig überprüft werden. Um die Netzentgelte langfristig positiv zu beeinflussen, wurden gezielt Gebiete mit einem hohen Anschlussgrad, einer dichten Bebauungsstruktur sowie eingeschränkten alternativen Versorgungsmöglichkeiten identifiziert. Diese Gebiete liegen räumlich nahe beieinander, sodass auch künftig ein vergleichsweise dichtes Netz beibehalten werden kann, wenn auch in räumlich begrenztem Umfang.

Für die übrigen Netzbereiche ist aus heutiger Sicht im Zieljahr 2045 keine weitere Nutzung vorgesehen. Eine perspektivische Versorgung mit Biomethan ist ausschließlich für die Quartiere 1 und 2 geplant und in der folgenden Abbildung dargestellt.

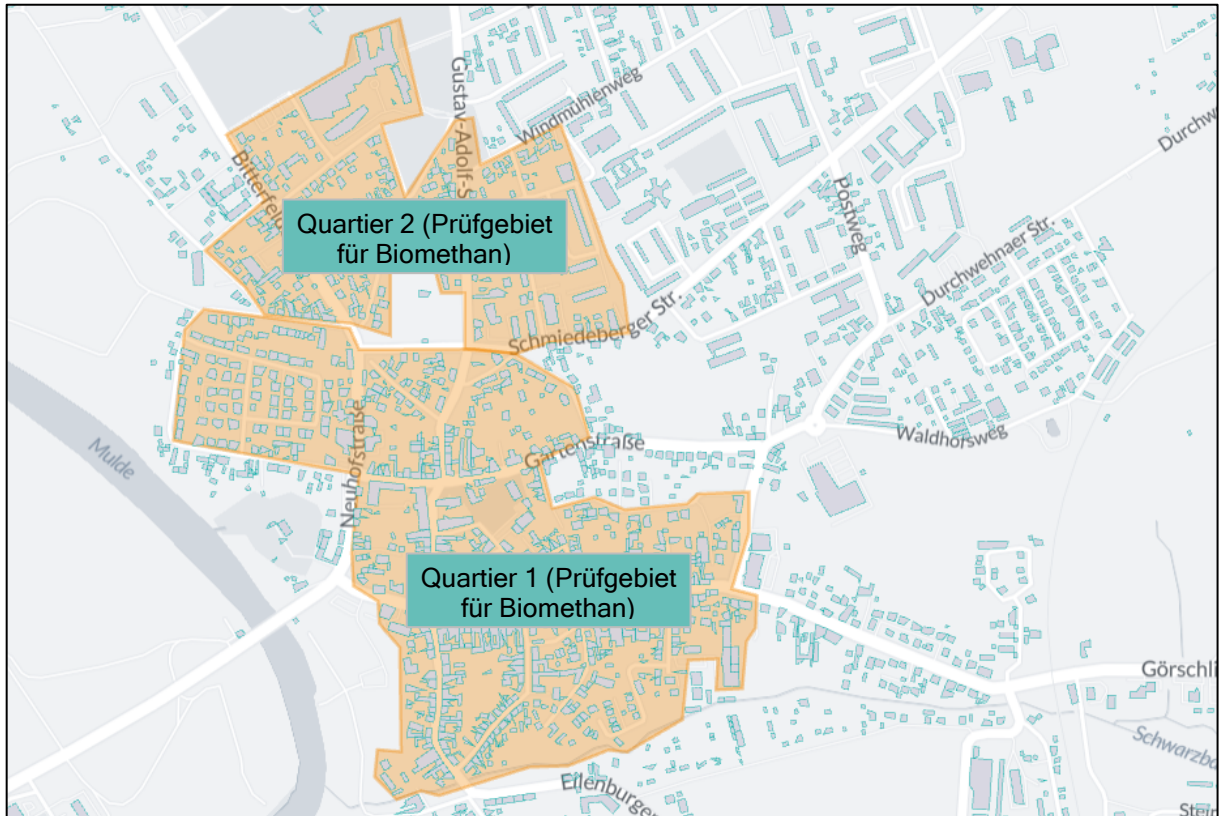


Abbildung 9-7: Verortung der Prüfgebiete für Biomethan 2045 (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Gleichzeitig bestehen auch für diesen begrenzten Nutzungsabschnitt Unsicherheiten hinsichtlich der langfristigen Verfügbarkeit, der Nachfrageentwicklung sowie der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Vor diesem Hintergrund müssen auch Optionen einer separaten Netzabspaltung betrachtet werden, sofern eine erneuerbare Versorgung über das Gesamtnetz nicht oder nicht wirtschaftlich darstellbar ist. In solchen Fällen kann eine räumlich abgegrenzte Netzlösung eine Möglichkeit darstellen, um die Versorgung der verbleibenden angeschlossenen Abnehmer sicherzustellen.

Eine solche Ablösung vom bestehenden Gasnetz hätte zur Folge, dass an die Stelle der bisherigen Netzinfrastruktur lokale Versorgungsanlagen und Speicher treten, die die Versorgung eigenständig sicherstellen müssen. Mit dem Aufbau dieser neuen Versorgungsstrukturen geht ein erhöhter Investitionsbedarf einher, der in der Regel nicht durch den bestehenden Netzbetreiber allein getragen werden kann. Stattdessen rücken neue Akteure in den Fokus, etwa private oder institutionelle Investoren, Projektentwickler oder lokale Betreibermodelle. Deren Beteiligung ist entscheidend für die Finanzierung, Umsetzung und den langfristigen Betrieb der Anlagen, bringt jedoch zugleich neue Anforderungen an Koordination, Vertragsgestaltung und Risikoallokation mit sich.

9.2.3.2 Wärmenetze

Wärmenetze nehmen im Zuge der Energiewende eine zunehmend zentrale Rolle bei der Transformation der Wärmeversorgung ein. Insbesondere in dicht besiedelten Gebieten bieten sie die Möglichkeit, Wärme effizient, gebündelt und langfristig planbar bereitzustellen. Durch die gemeinsame Nutzung von Erzeugungs-, Speicher- und Verteilinfrastruktur können Skaleneffekte realisiert und individuelle Lösungen auf Gebäudeebene reduziert werden. Damit eröffnen Wärmenetze erhebliche Chancen für eine nachhaltige, resiliente und wirtschaftliche Wärmeversorgung, stellen Kommunen, Betreiber und Nutzer jedoch zugleich vor vielfältige Herausforderungen.

Zu den wesentlichen Chancen von Wärmenetzen zählt die hohe Flexibilität hinsichtlich der eingesetzten Energiequellen. Diese ermöglichen es, unterschiedliche Wärmequellen miteinander zu kombinieren und schrittweise an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen. Gleichzeitig können Wärmenetze einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten, da diese Lastspitzen ausgleichen und durch zentrale Steuerung effizient betrieben werden können. Besonders in Quartieren mit hoher Wärmedichte lassen sich durch den Einsatz von Wärmenetzen Emissionen reduzieren und Flächenbedarfe für dezentrale Anlagen minimieren. Darüber hinaus bieten sie Kommunen die Möglichkeit, aktiv Einfluss auf die Ausgestaltung der Wärmeversorgung zu nehmen und langfristige Klimaziele strategisch zu verfolgen.

Demgegenüber stehen jedoch erhebliche Herausforderungen. Der Aufbau von Wärmenetzen ist mit hohen Investitionskosten verbunden, insbesondere für die Erschließung der Verteilnetze sowie für Erzeugungs- und Speicheranlagen. Diese Investitionen müssen langfristig abgesichert werden, was eine verlässliche Anschluss- und Abnahmequote voraussetzt. Insbesondere in Bestandsquartieren kann die Gewinnung ausreichender Anschlussnehmer anspruchsvoll sein, da individuelle Alternativen konkurrieren und Sanierungszyklen der Gebäude nicht synchron verlaufen. Hinzu kommen planerische und genehmigungsrechtliche Anforderungen, die eine enge Abstimmung zwischen Verwaltung, Netzbetreibern und weiteren Akteuren erfordern.

Ein weiterer zentraler Aspekt ist die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen über ihre gesamte Lebensdauer. Sinkende Wärmebedarfe infolge energetischer Sanierungen können die Auslastung der Netze beeinflussen und erfordern eine vorausschauende Dimensionierung. Gleichzeitig müssen Wärmenetze flexibel genug gestaltet werden, um auf technologische Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen reagieren zu können. Die Integration von Speichern und die Anpassung von Temperatur- und Betriebsregimen spielen dabei eine wichtige Rolle.

Die Finanzierung von Wärmenetzen stellt eine eigenständige Herausforderung dar. In der Praxis kommen unterschiedliche Finanzierungsmodelle zum Einsatz, häufig in Kombination. Öffentliche Fördermittel können einen wichtigen Beitrag leisten, insbesondere in der frühen Projektphase. Ergänzend kommen Eigen- und Fremdkapitalfinanzierungen in Betracht, etwa durch kommunale Unternehmen, Zweckverbände oder private Investoren. Auch Modelle der Beteiligung von Grundstückseigentümern oder Anschlussnehmern können zur Finanzierung beitragen, setzen jedoch klare vertragliche Regelungen und transparente Kostenstrukturen voraus. Entscheidend ist in allen Fällen eine langfristige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, die Investitions-, Betriebs- und Instandhaltungskosten berücksichtigt.

Eng mit der Finanzierung verknüpft sind die möglichen Betreibermodelle von Wärmenetzen. Kommunale Eigengesellschaften ermöglichen eine starke Steuerung und Ausrichtung an kommunalen Zielen, gehen jedoch mit einem höheren finanziellen Risiko für die öffentliche Hand einher. Kooperationsmodelle, etwa zwischen Kommunen und privaten Unternehmen, können Risiken verteilen und zusätzliche Expertise einbinden. Private Betreibermodelle bieten häufig eine hohe Umsetzungs- und Investitionskraft, erfordern jedoch eine sorgfältige vertragliche Ausgestaltung, um langfristige Versorgungssicherheit und angemessene Preisstrukturen zu gewährleisten. Auch genossenschaftliche oder quartiersbezogene Modelle gewinnen an Bedeutung, insbesondere dort, wo lokale Akteure aktiv in Planung und Betrieb eingebunden werden sollen.

Insgesamt bieten Wärmenetze erhebliche Potenziale für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung, insbesondere in urbanen und verdichteten Räumen. Ihr Erfolg hängt jedoch maßgeblich von einer frühzeitigen und integrierten Planung, einer realistischen Einschätzung der Nachfrageentwicklung sowie von geeigneten Finanzierungs- und Betreibermodellen ab. Nur wenn technische, wirtschaftliche und organisatorische Aspekte gemeinsam betrachtet werden, können Wärmenetze langfristig einen stabilen und tragfähigen Beitrag zur Transformation des Wärmesektors leisten.

Das bestehende Wärmenetz weist eine Trassenlänge von etwa 2,6 km auf und wird derzeit mit einer Vorlauftemperatur von rund 80 °C betrieben. Die Wärmeerzeugung erfolgt über ein Blockheizkraftwerk mit einer thermischen Leistung von 0,6 MW sowie zwei Heizkessel mit jeweils 2,2 MW thermischer Leistung. Im Jahr 2023 wurde ein erneuerbarer Energieanteil von 62 % erreicht, wobei Biomethan und Erdgas als eingesetzte Energieträger fungieren.

Da bislang kein Transformationsplan für das Wärmenetz vorliegt und erst im Jahr 2013 Investitionen in die Anlagentechnik erfolgt sind, stellt die schrittweise Erhöhung des Biomethananteils kurzfristig die technisch und wirtschaftlich naheliegendste Transformationsoption dar. In diesem Zusammenhang muss der bestehende Gasnetzanschluss in die Überlegungen aus dem Kapitel Gasnetze bezüglich der benachbarten Quartiere 1 und 2 einbezogen werden.

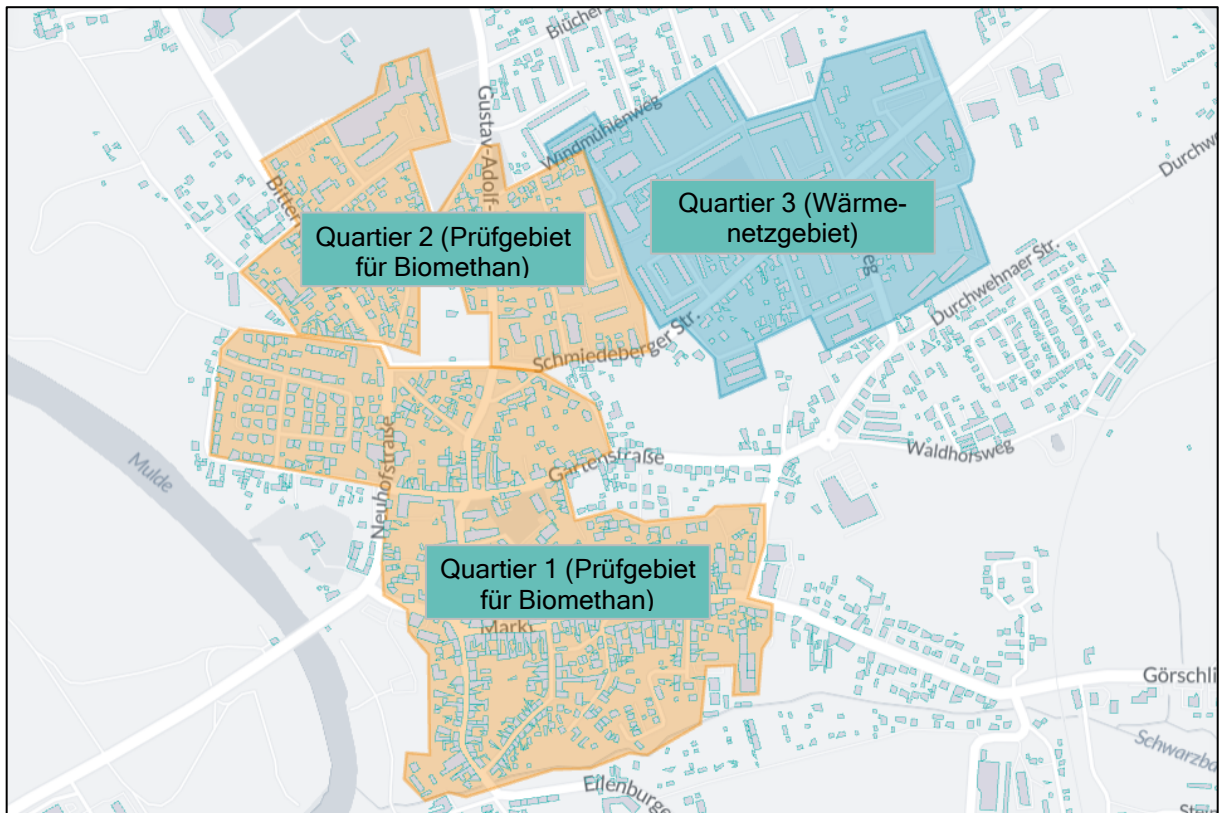


Abbildung 9-8: Verortung der Fokusgebiete 2025 (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Diese Annahmen erfolgen vorbehaltlich der Ergebnisse des noch zu erstellenden Transformationsplans für das Wärmenetz. Im Zuge einer rollierenden Planung sind die daraus resultierenden Erkenntnisse in die Fortschreibung der Kommunalen Wärmeplanung zu integrieren.

Alternativ zur Nutzung von Biomethan, die, wie bereits beschrieben, mit planerischen Unsicherheiten verbunden ist, kann die im Folgenden beschriebene Versorgungsvariante umgesetzt werden. Für eine Zielkonstellation mit einem erneuerbaren Energieanteil von 100 % sowie einer Abdeckung von 82 % der Quartierswärmebedarfe durch das Wärmenetz ergibt sich ein kalkulatorischer Leistungsbedarf von rund 4,2 MW sowie ein erforderliches Pufferspeichervolumen von etwa 6,2 MWh. Diese Kennwerte unterliegen netz- und lastabhängigen Schwankungen und können daher im Rahmen einer detaillierten Auslegung variieren. In diesem Szenario kann das bestehende, vergleichsweise junge BHKW mit einer thermischen Leistung von 0,6 MW weiterhin genutzt und durch Wärmepumpen mit einer zusätzlichen thermischen Leistung von etwa 3,6 MW ergänzt werden. Als Quellenenergie kann der Einsatz von Solarthermie auf einer Fläche von rund 1,8 ha vorgesehen werden, kombiniert mit einem saisonalen Wärmespeicher zur zeitlichen Entkopplung von Wärmeerzeugung und -verbrauch.

9.2.3.3 Stromnetze

Die zunehmende Integration erneuerbarer Energien führt zu einer grundlegenden Transformation des Energiesystems und verändert die elektrische Energieversorgung tiefgreifend. In Deutschland ist das Stromsystem zunehmend durch dezentrale Erzeugungsstrukturen, volatile Einspeisungen und neue Verbrauchsschwerpunkte geprägt. Parallel steigt der Anteil elektrischer Anwendungen in den Bereichen Wärme und Mobilität, vor allem durch den Einsatz von Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen, die zentrale Bausteine einer klimaneutralen Energieversorgung darstellen. Diese Elektrifizierung vormals fossiler Energieverbräuche bewirkt eine signifikante Verschiebung der Lastprofile und einen steigenden Leistungsbedarf in den unteren Netzebenen. Daraus ergeben sich komplexe Anforderungen an Planung, Betrieb und Weiterentwicklung der elektrischen Infrastruktur, die insbesondere für kommunale Akteure im Rahmen der Wärmeplanung relevant sind (DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR 2020).

Die elektrische Energieversorgung in Deutschland basiert traditionell auf einer hierarchischen Netzstruktur, die unterschiedliche Spannungsebenen für Stabilisierung, Energieübertragung und regionale Verteilung vorsieht. Übertragungsnetzebenen (220 kV und 380 kV) dienen primär dem überregionalen Energietransport, während Mittel- und Niederspannungsnetze nach HEUCK, EUCK, DETTMANN & SCHULZ 2010 die Versorgung von Haushalten, Gewerbe und dezentralen Erzeugungsanlagen gewährleisten. Diese Verteilnetzebenen übernehmen zunehmend Aufgaben, die früher höher angesiedelt waren, wie die Integration fluktuierender Einspeiser und die netzorientierte Steuerung dynamischer Lasten. Das führt laut der NETZGESELLSCHAFT BERLIN-BRANDENBURG 2020 zu einer Verschiebung des Systemfokus hin zu dezentralen, messtechnisch durchdrungenen Netzbereichen mit bidirektionalen Leistungsflüssen und komplexen Stabilitätsanforderungen. Das effiziente Zusammenspiel zahlreicher Akteure ist dafür Voraussetzung. Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber, Stromlieferanten, Bilanzkreisverantwortliche, Messstellenbetreiber und Energiehandelsunternehmen koordinieren sich, um Versorgungssicherheit und Systemstabilität zu gewährleisten (ADESSO 2025). Die Digitalisierung und Einführung intelligenter Messsysteme schaffen neue technische und marktliche Rollen, die Datenbereitstellung, Netztransparenz, Verbrauchsflexibilisierung und Steuerungsprozesse unterstützen (BSI 2025). Datenbasierte Netzführung erhöht laut DIGITECH.NETZ 2024 die strategische Beobachtbarkeit und regelbasierte Steuerbarkeit, insbesondere im Niederspannungsnetz.

Herausforderungen des Netzbetriebs entstehen vor allem durch volatile Einspeisungen und wachsende Lasten durch elektrifizierte Anwendungen. Die klassische hierarchische Versorgung wird durch multidirektionale Lastflüsse ersetzt, bei denen lokal erzeugte Energie auch rückgespeist wird. Engpassmanagement, Redispatch-Maßnahmen und Systemdienstleistungen werden dadurch komplexer, während Lastflexibilisierung und netzdienliche Steuerungsmechanismen an Bedeutung gewinnen (WETTINGFELD ET AL. 2023; DUFTER ET AL. 2017).

Gleichzeitig müssen Spitzenlasten kontrolliert werden, da traditionelle Gleichzeitigkeitsfaktoren bei zunehmender Flexibilität an Aussagekraft verlieren (HABLE 2024).

Die Kommunale Wärmeplanung spielt in diesem Kontext eine zentrale Rolle. Wärmeversorgung wird zunehmend elektrifiziert und eng mit Stromnetzen verknüpft, sodass eine rein wärmetechnische Betrachtung nicht ausreicht. Weiterführende und sektorübergreifende Planungen, die elektrische und thermische Infrastrukturen koppeln und integrieren, sind notwendig.

Modellprojekte wie das in Wittichenau zeigen, dass Wärmepumpen und Ladeinfrastruktur signifikant zur Netzauslastung beitragen und lokale Engpässe erzeugen, die nur durch digitale Steuerung, Speicherlösungen und gezielten Netzausbau bewältigt werden können (SACHSENNETZE 2024). Standardlastprofile reichen für die zukünftige Planung nicht mehr aus. Synthetische, zeit- und nutzungsabhängige Lastprofile werden zunehmend notwendig, um belastbare Netzsimulationen durchzuführen, Infrastrukturengpässe frühzeitig zu erkennen und Investitionen effizient zu steuern (BDEW 2025; NPRO.ENERGY 2025). Dies entspricht dem energiepolitischen Leitmotiv einer „All-Electric-Society“, in der Strom als zentrale Energieform alle Sektoren systemisch integriert (DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR 2020).

Insgesamt zeigt sich, dass Netzplanung und Energieversorgungsstrategien nicht isoliert betrachtet werden dürfen. Der Ausbau erneuerbarer Energien, elektrischer Wärmeerzeuger und die Transformation des Verkehrssektors erfordern multidimensionale Lösungsansätze, unterstützt durch Digitalisierung, Flexibilitätsmechanismen, Speicherkonzepte und vorausschauende Netzausbauplanung. Der Übergang zu einem dezentralisierten Energiesystem stellt Kommunen vor Herausforderungen, bietet jedoch Chancen für resiliente, effiziente und nachhaltig integrierte Energie- und Wärmeversorgungssysteme (DIGITECH.NETZ 2024; ZELLSYS 2024).

9.2.3.3.1 Netzbelastung durch elektrifizierte Wärmeversorgung

Da das Wärmenetz in der aktuellen Planung mit erneuerbaren Verbrennungsprodukten betrieben wird, entsteht auf der Mittelspannungsebene keine zusätzliche Belastung.

Auf der Niederspannungsebene werden die dezentralen Wärmepumpensysteme angeschlossen, deren Leistungsbedarf in erheblichem Maße von der tages- und jahreszeitlichen Nutzung abhängt. In der folgenden Abbildung ist in Abhängigkeit von der typischen Außenlufttemperatur, aufgelöst auf Stundenbasis für ein Kalenderjahr, dargestellt, welche zusätzlichen Leistungsanforderungen durch den Ausbau der elektrischen Wärmeversorgung entstehen werden. Die Darstellung ist demnach als Differenzabbildung zwischen der Zielstruktur 2045 und den heutigen Lasten zu verstehen.

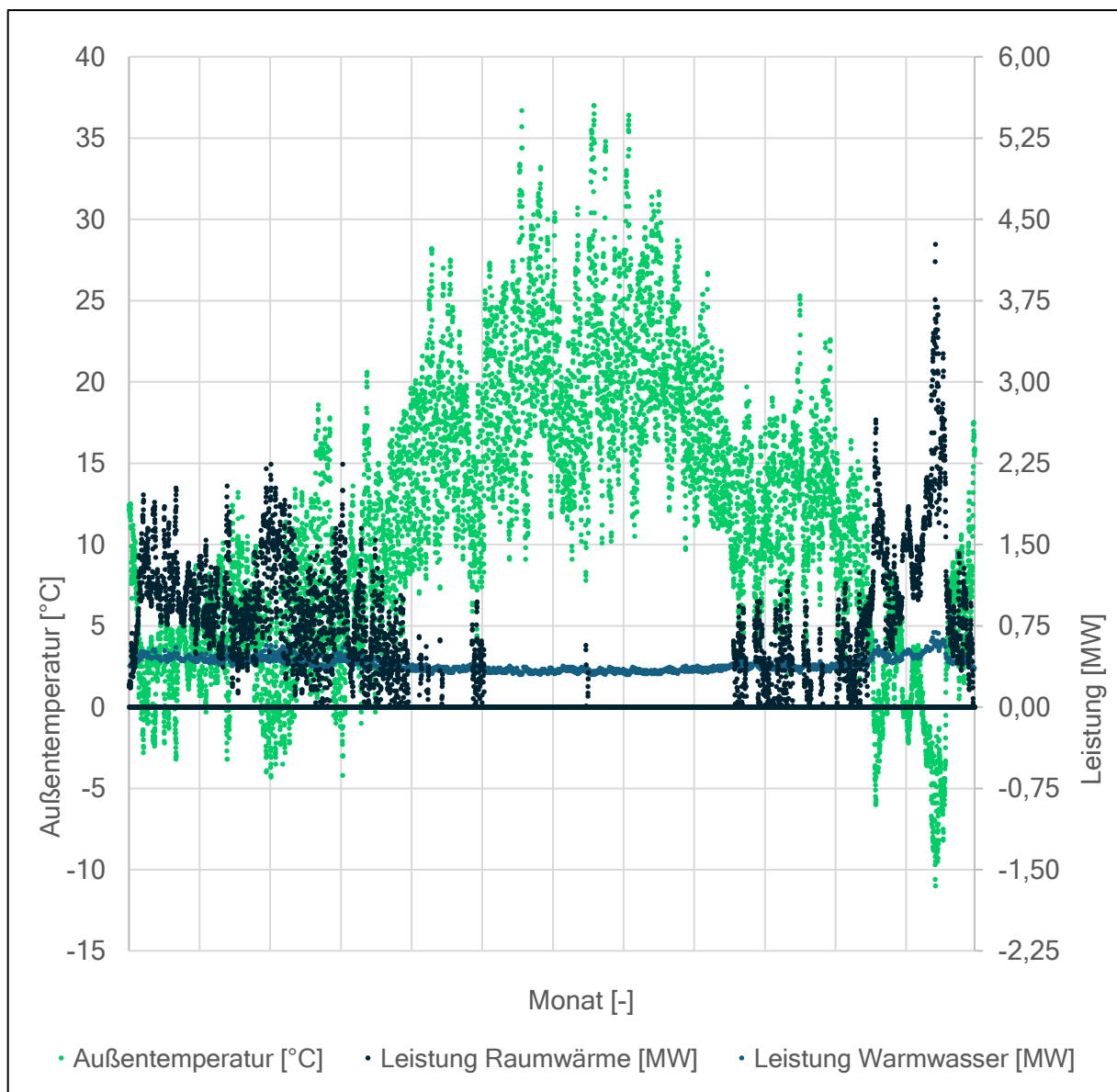


Abbildung 9-9: Zusätzlicher Leistungsbedarf und Außentemperatur (interne Berechnungen)

Unter Berücksichtigung der Lastverteilung ergibt sich, zunächst ohne Gleichzeitigkeitsfaktor, ein maximaler Leistungsbedarf von 4,54 MW auf der Niederspannungsebene. Diese Leistungsanforderung ist als zusätzliche Leistung zu den bestehenden Anforderungen zu verstehen. Die zeitliche Auflösung nach Nutzungsanteilen verdeutlicht eine ausgeprägte Leistungsvarianz, die im Rahmen weiterer Netzanalysen detailliert zu berücksichtigen ist.

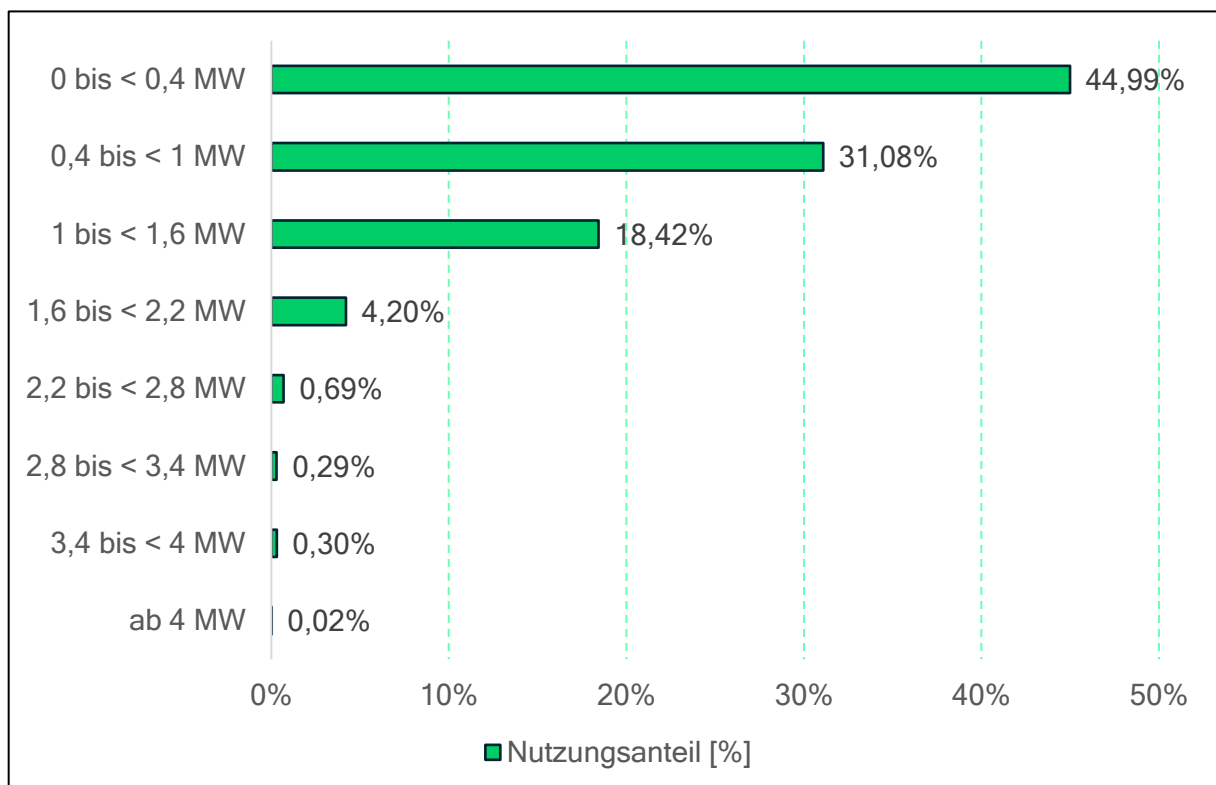


Abbildung 9-10: Nutzungsanteile der zusätzlich benötigten Anschlussleistung im Wärmesektor des gesamten Projektgebietes ohne Wärmenetze (Niederspannungsebene, interne Berechnungen)

Zur Abdeckung der Spitzenleistung wären bei einer Teilnetzbelastung von 850 kVA voraussichtlich 6 neue Teilnetze einschließlich Netzausbau, Verlegung von Hausanschlüssen sowie der Errichtung entsprechender Trafostationen erforderlich, sofern die bestehenden Netzstrukturen nicht weiter belastet werden können. Alternativ können zeitlich begrenzte Lastspitzen durch geeignete Maßnahmen des Lastmanagements, beispielsweise durch steuerbare Verbraucher oder netzdienliche Betriebsweisen, begrenzt werden. Dies hat Einschränkungen auf der Kundenseite zur Folge, ist jedoch gemäß den bundesgesetzlichen Regelungen zu steuerbaren Verbrauchseinrichtungen (u. a. § 14a EnWG) rechtlich vorgesehen und trägt zur Begrenzung der Investitionskosten sowie zu niedrigeren Netzentgelten bei. Im Vergleich würden ohne Beibehaltung des Gasnetzes in den Quartieren 1 und 2 insgesamt 7,23 MW Spitzenleistung erforderlich werden. Auf der Investitionskosten Seite ergeben die Berechnungen um 35 % erhöhte Netzausbaukosten im Vergleich zum Zielszenario, was ein zusätzlicher Faktor für die Empfehlung der begrenzten Beibehaltung der Gasnetze in den Quartieren 1 und 2 war.

9.2.3.3.2 Netzbelastung durch Einspeisung

Auf der Netzbelastungsseite durch Einspeisung auf der Niederspannungsebene werden primär dezentrale Anlagen, insbesondere Dachflächen-Photovoltaik-Anlagen, untersucht. Die auf Mittelspannungsebene anzuschließenden Großspeiser werden im Rahmen der Projektierung dieser Anlagen berücksichtigt und sind Teil der Umsetzung im Zusammenspiel zwischen Projektierer und Netzbetreiber. Hingegen erfolgt der Dach-PV-Ausbau dezentral. Die Steuerungsmöglichkeiten der Netzbetreiber sind derzeit noch begrenzt, werden jedoch zunehmend durch Smart-Grid-Technologien, Fernsteuerung der Wechselrichter und Einspeisemanagementsysteme erweitert.

Zur Berechnung der Netzbelastung wurde zunächst eine stündliche Auflösung der Globalstrahlung herangezogen und mit der Berechnung des stündlichen Wirkungsgrades von Photovoltaik-Dachmodulen kombiniert. Diese Berechnung basiert auf einer detaillierten Modellierung der Sonneneinstrahlung unter Berücksichtigung der geographischen Lage, der Tages- und Jahreszeit sowie der Ausrichtung und Neigung der Module. Ausgangspunkt ist der nominale Wirkungsgrad der eingesetzten Module, der typische Systemverluste wie Wechselrichter- und Leitungsverluste berücksichtigt. Auf dieser Basis wird der Wirkungsgrad ein temperaturabhängiger Wirkungsgradeinfluss und die geometrische Ausrichtung zur Sonne angewendet, die sowohl die lokale Breite als auch die Sonnenposition im Jahresverlauf einbezieht. Die Sonnenposition wird durch Deklination, Sonnenhöhenwinkel und Stundenwinkel beschrieben, wodurch der Einfallswinkel der Strahlung auf die Module präzise erfasst wird. Durch die Kombination dieser Parameter lässt sich der stündliche Anteil der einfallenden Strahlung bestimmen, der in elektrische Energie umgewandelt werden kann.

Da in der Praxis nicht alle Dachflächen ideal nach Süden ausgerichtet sind und die Neigungen der Dächer variieren, wird die Verteilung der Module nach Ausrichtung und Neigung statistisch berücksichtigt. Basierend auf der Auswertung von REUTHER & KOST 2024 werden typische Anteile für Südausrichtung, Süd-Ost und Süd-West sowie für weitere Richtungen angenommen. Ebenso werden für die Neigung der Dächer charakteristische Bereiche definiert, die den überwiegenden Teil der Gebäude in der Kommune repräsentieren. Für jede Kombination von Neigung und Ausrichtung wird der spezifische geometrische Wirkungsgrad berechnet und anschließend gewichtet. Auf diese Weise entsteht ein mittlerer, stündlicher Wirkungsgrad für die gesamten Photovoltaik-Dachanlagen, der die reale Verteilung der Module realistisch abbildet. Die dabei auftretende Maximalleistung ist 15,34 MW. Die dabei auftretenden Nutzungsanteile werden wie folgt dargestellt.

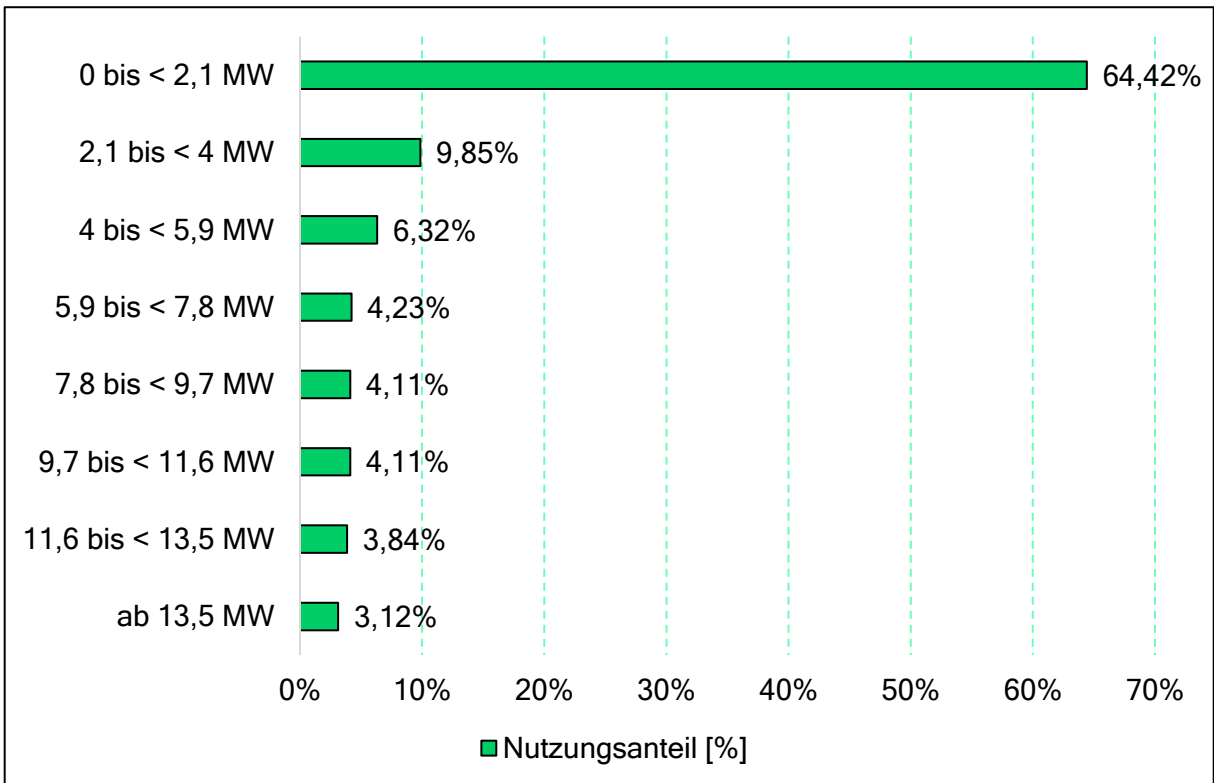


Abbildung 9-11: Nutzungsanteile der zusätzlich benötigten Anschlussleistung für Photovoltaik auf Dächern im gesamten Projektgebiete (Niederspannungsebene, interne Berechnungen)

Die dargestellte Berechnung repräsentiert die voraussichtlich erzeugte elektrische Leistung von Dachflächen-Solarmodulen und erlaubt noch keine direkte Ableitung der Belastung des Niederspannungsnetzes. Die tatsächliche Netzbelastung hängt von einer Vielzahl dynamischer und miteinander interagierender Faktoren ab. Dazu zählen unter anderem zeitlich variable Lastprofile der angeschlossenen Verbraucher, die Kapazität und der Ladezustand lokaler Batteriespeicher, die Nutzung von Elektrofahrzeugen, die verfügbare Ladeinfrastruktur, die aktuelle Auslastung und Lage der Niederspannungsnetze, die Steuerung über lokale Energiemanagementsysteme uvm. Diese Einflussgrößen unterliegen sowohl kurzfristigen Schwankungen, beispielsweise durch wetterbedingte Leistungsschwankungen der PV-Anlagen oder tägliche Verbrauchsspitzen, als auch langfristigen Veränderungen, wie etwa dem Ausbau dezentraler Speicherkapazitäten, der zunehmenden Elektrifizierung des Verkehrssektors oder der Einführung intelligenter Steuerungssysteme.

Vor diesem Hintergrund stellen die berechneten PV-Leistungen eine methodisch belastbare Grundlage für weitergehende Analysen dar. Sie können beispielsweise als Ausgangspunkt für simulationsbasierte Netzplanungen dienen. Die Berechnungen ermöglichen damit eine sachliche und nachvollziehbare Basis für weiterführende Analysen, ohne dass zum jetzigen Zeitpunkt quantitative Aussagen über die tatsächliche Netzeinspeisung getroffen werden können.

9.2.3.4 Bilanzielle Gesamtdarstellung

Im Rahmen der bilanziellen Gesamtdarstellung werden die Effekte der vorgesehenen Maßnahmen auf die Stromversorgung des Projektgebiets zusammengeführt und über die Entwicklung der jährlichen Stromproduktion und -verbrauchs analysiert. Betrachtet wird der aggregierte Stromverbrauch des Gebäudesektors, bestehend aus Haushaltsstrom und dem elektrifizierten Wärmesektor. Der Verkehrssektor bleibt in dieser Analyse unberücksichtigt. Dem jährlichen Stromverbrauch wird die im Projektgebiet erzeugte erneuerbare Strommenge gegenübergestellt.

Die folgende Abbildung zeigt die bilanzielle Entwicklung der erneuerbaren Stromproduktion auf Jahresbasis. Die Zunahme der Stromerzeugung ist unmittelbar auf die im nächsten Unterkapitel beschriebenen Maßnahmen zurückzuführen, insbesondere auf den sukzessiven Ausbau von Anlagentechnik zur erneuerbaren Stromproduktion. Die Darstellung macht deutlich, in welchem Umfang die lokale Stromerzeugung im Betrachtungszeitraum gesteigert werden kann.

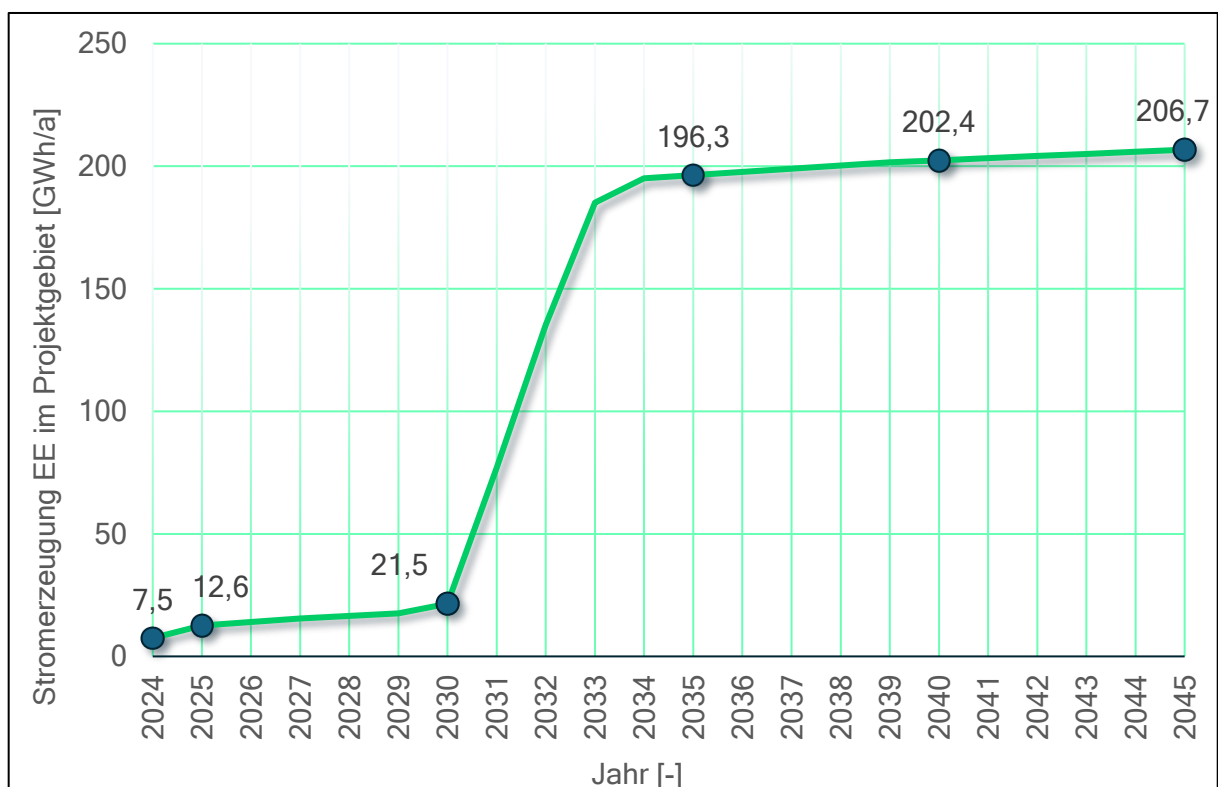


Abbildung 9-12: Stromerzeugung im Projektgebiet (interne Berechnungen)

Ergänzend dazu wird in einer weiteren Abbildung der jährliche Eigenversorgungsanteil aufgezeigt. Dieser ergibt sich aus dem Verhältnis der erneuerbaren Stromproduktion zum Stromverbrauch des Gebäudesektors und dient als zentrale bilanzielle Kenngröße zur Bewertung der energetischen Selbstversorgung. Erreicht dieser einen Wert von 100 %, wird die Kommune bilanziell über das Gesamtjahr hinweg vollständig mit selbst erzeugtem Strom versorgt. Diese Betrachtung erfolgt ebenfalls ohne Berücksichtigung des Verkehrssektors. Die Entwicklung des Eigenversorgungsanteils verdeutlicht darüber hinaus, in welchem Maß der zusätzliche Strombedarf des Wärmesektors durch den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung kompensiert werden kann.

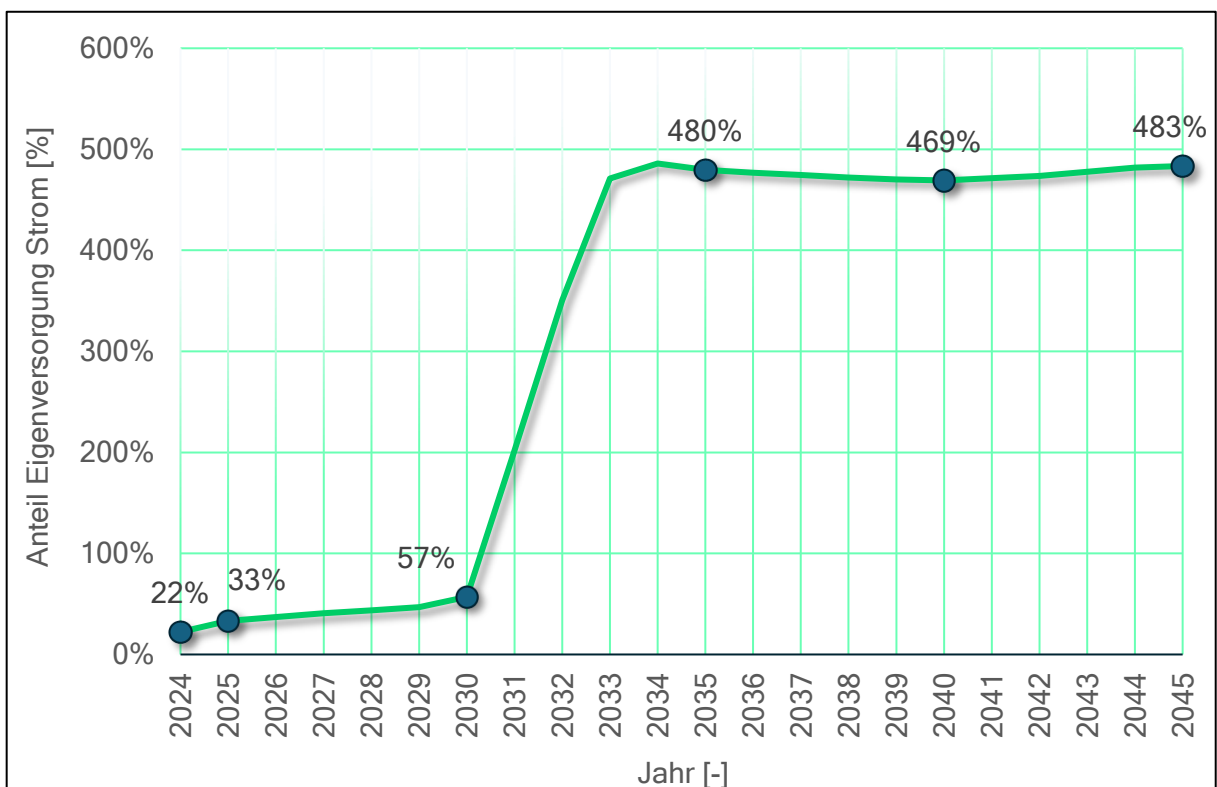


Abbildung 9-13: Eigenanteil der Stromerzeugung im Verhältnis zum Stromverbrauch (interne Berechnungen)

Die dargestellten bilanziellen Ergebnisse geben einen Überblick über die voraussichtliche Entwicklung der Stromproduktion und des Eigenversorgungsanteils. Im Anschluss werden diese Ergebnisse durch die Beschreibung der angesetzten Handlungsfelder erläutert und in einen fachlichen Zusammenhang eingeordnet.

9.2.4 Zusammenfassung Energieplan

Zur Erreichung der definierten Klimaziele und zur nachhaltigen Transformation der Wärme- und Stromversorgung sind gezielt Tätigkeiten in verschiedenen Handlungsfeldern notwendig. Diese umfassen sowohl die Reduktion fossiler Energieträger als auch die umfassende Nutzung erneuerbarer Energien. Ziel ist es, den Energiebedarf im Gebäudesektor effizient zu decken, den Anteil erneuerbarer Energien kontinuierlich zu erhöhen und langfristig eine weitgehend CO₂-neutrale Versorgung zu gewährleisten. Dafür sind folgende Transformations-schritte notwendig:

- Realisierung der Sanierungsleistung von kumuliert 28,4 GWh/a bis 2045
- Kontinuierlicher Ausstieg aus den Energieträgern: Heizöl, Flüssiggas, Braun- und Steinkohle
- Kontinuierlicher und vollständiger Umstieg auf Wärmepumpe oder Biomasse in allen dezentral versorgten Quartieren
- Kontinuierlicher Ausstieg aus dem Energieträger Gas (dezentrale Versorgung) in allen Quartieren mit Ausnahme von Quartier 1 und 2
- Kontinuierlicher Umstieg von Erdgas auf 100% Biomethan in den Quartieren 1 und 2 bis 2045
- Weiterführung der Transformation des bestehenden Wärmenetzes im Quartier 3 von 62% erneuerbaren Energieanteil in 2023 auf 100% in 2045 mit Hilfe von Biomethan
- Anschluss weitere Wärmenetzkunden im Quartier 3, um den Anteil Nutzenergie im Quartier von 43,6 % in 2024 auf 82% in 2045 zu erhöhen
- Versorgung mit Biomethan in Höhe von 28,25 GWh/a in 2045 für die Quartiere 1 - 3
- Ausbau Dachflächenphotovoltaik nach Berechnung aus dem Kapitel Potenziale
- Anschluss von 1 Windkraftanlage im November 2030
- Anschluss von 2 Windkraftanlagen im Juni 2031
- Anschluss von 2 Windkraftanlagen im Juni 2032
- Anschluss von 1 Windkraftanlage im August 2033

Insgesamt bilden die beschriebenen Transformationsschritte einen umfassenden Handlungsrahmen zur Dekarbonisierung und Modernisierung der Energieversorgung in allen Quartieren. Sie kombinieren Effizienzsteigerungen im Gebäudebereich mit einem gezielten Ausbau erneuerbarer Strom- und Wärmezeugung. Damit wird sowohl eine signifikante Reduktion fossiler Energieträger als auch eine nachhaltige Erhöhung der erneuerbaren Anteile gewährleistet, wodurch die langfristigen Ziele bis 2045 erreicht werden können.

9.3 Maßnahmen

Die Maßnahmen konzentrieren sich insbesondere auf die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Wärmesektor. Der geplante Ausbau ist in der folgenden Abbildung zusammenfassend dargestellt.

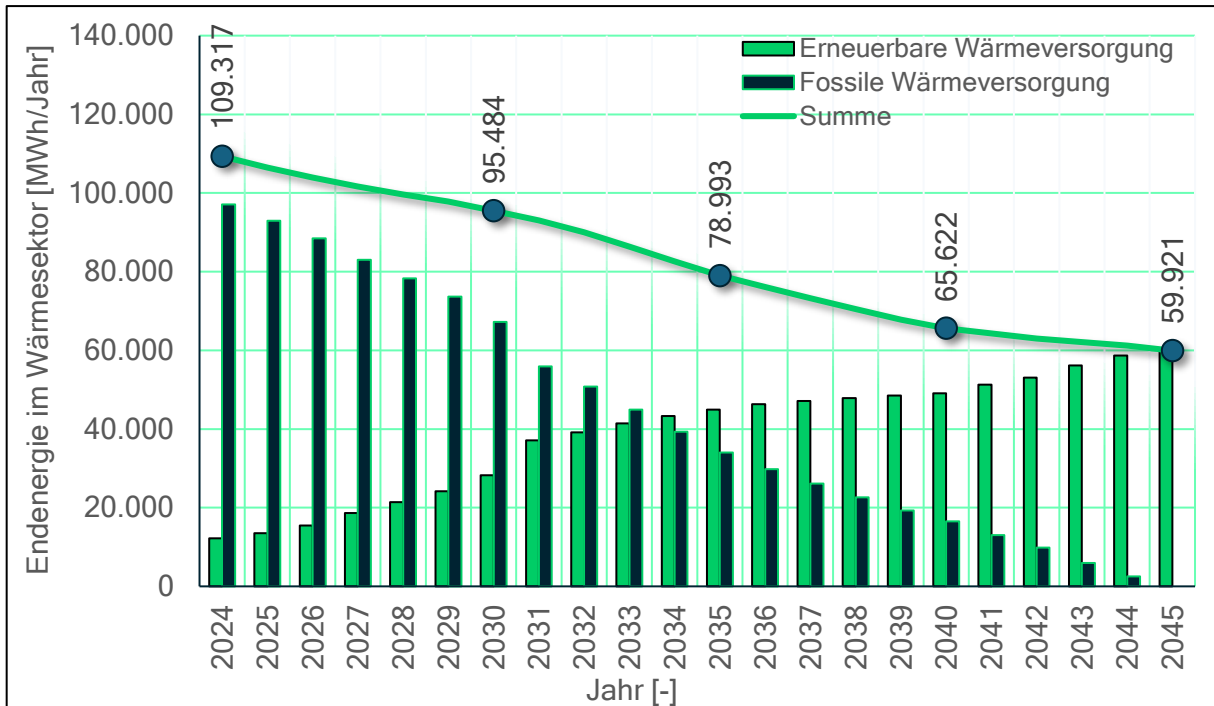


Abbildung 9-14: Fossile und erneuerbare Anteile am Endenergieverbrauch bis 2045 (interne Berechnungen)

Zur besseren Strukturierung sind die Maßnahmen thematisch in vier Cluster gegliedert.

- Cluster: Versorgungsstruktur
- Cluster: Informieren und Weiterbilden
- Cluster: Energiebedarf reduzieren
- Cluster: Prozesse und Weiteres

Das Cluster Versorgungsstruktur umfasst Maßnahmen zur Weiterentwicklung und Umstellung der Wärmeversorgung. Im Cluster Informieren und Weiterbilden sind Maßnahmen zur Sensibilisierung, Beratung und Qualifizierung relevanter Akteure gebündelt. Das Cluster Energiebedarf reduzieren beinhaltet Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Senkung des Wärmebedarfs. Ergänzend fasst das Cluster Prozesse und Weiteres übergreifende, organisatorische und unterstützende Maßnahmen zusammen. Aus den insgesamt 18 Maßnahmen werden im Folgenden die zentralen Inhalte zusammengefasst. Die detaillierten Maßnahmensteckbriefe wurden der kommunalen Verwaltung übergeben. Da sie interne Bewertungen, sensible Projektdaten sowie vorläufige Planungsstände enthalten, sind sie nicht zur Veröffentlichung vorgesehen. Dies dient sowohl dem Schutz laufender Abstimmungsprozesse als auch der Sicherstellung einer sorgfältigen fachlichen Weiterbearbeitung.

9.3.1 Maßnahmencluster Versorgungsstruktur

Dieses Cluster umfasst Maßnahmen zur strategischen Weiterentwicklung und Optimierung der kommunalen Energieversorgungsinfrastruktur. Im Mittelpunkt stehen der Aufbau resilienter, erneuerbarer und effizienter Wärme- und Stromversorgungssysteme sowie die koordinierte Planung von Erzeugungsanlagen, Netzinfrastrukturen und Speichertechnologien. Ziel ist es, eine langfristig sichere, wirtschaftliche und klimaneutrale Energieversorgung zu gewährleisten.

Maßnahmenübersicht			
Nr.	Benennung	Maßnahme	Priorität
Cluster: Versorgungsstruktur			
01	Versorgung 01	Projektierung des Wärmenetzes im Quartier 3	Hoch
02	Versorgung 02	Analyse der Umsetzbarkeit tiefer Geothermie für Neubaugebiete	Niedrig
03	Versorgung 03	Verbau effizienter Heizungsanlagen in kommunalen Gebäuden nach Gebietsausweisung	Mittel
04	Versorgung 04	Eignungsprüfung von Photovoltaikanlagen auf kommunalen Gebäuden	Hoch
05	Versorgung 05	Ausbau von Photovoltaik mit verbindlicher Raumplanung	Hoch
06	Versorgung 06	Ausbau von Windkraftanlagen mit verbindlicher Raumplanung	Hoch

Tabelle 9-2: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Versorgungsstruktur

9.3.2 Maßnahmencluster Informieren und Weiterbilden

Im Fokus dieses Clusters stehen Maßnahmen zur Stärkung der Informationsbasis und der Kompetenzen relevanter Akteure. Durch zielgerichtete Informationsangebote und Beratungsformate soll das Bewusstsein für energie- und wärmetechnische Zusammenhänge vertieft und die Umsetzung von Klimaschutz- und Transformationsmaßnahmen erleichtert werden.

Maßnahmenübersicht			
Nr.	Benennung	Maßnahme	Priorität
Cluster: Informieren und Weiterbilden			
07	Informieren 01	Bevölkerungsinformation: Heizungen der Bürger/innen	Mittel
08	Informieren 02	Fortlaufende Erstellung eines FAQ auf der Internetseite der Kommune bzgl. der Wärmewende	Niedrig
09	Informieren 03	Informationsveranstaltung zur Klimakrise und deren Folgen	Mittel

Tabelle 9-3: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Informieren und Weiterbilden

9.3.3 Maßnahmencluster Energiebedarf reduzieren

Dieses Cluster beinhaltet Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Reduzierung des Endenergiebedarfs in Gebäuden, Betrieben und kommunalen Einrichtungen. Dazu zählen insbesondere Sanierungsmaßnahmen, Effizienzsteigerungen bei technischen Anlagen und die Förderung eines ressourcenschonenden Energieverbrauchs. Ziel ist es, die energetische Gesamtbelastung zu senken und die Grundlage für eine wirtschaftliche Transformation des Energiesystems zu schaffen.

Maßnahmenübersicht			
Nr.	Benennung	Maßnahme	Priorität
Cluster: Energiebedarf reduzieren			
10	Energiebedarf 01	Erarbeitung eines Sanierungsfahrplans der kommunalen Liegenschaften	Mittel
11	Energiebedarf 02	Durchführung einer proaktiven Sanierungsberatung für Gebäudeeigentümer	Mittel

Tabelle 9-4: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Energiebedarf reduzieren

9.3.4 Maßnahmencluster Prozesse und Weiteres

Dieses Cluster umfasst Maßnahmen zur Optimierung verwaltungsinterner Abläufe, zur Verbesserung der interkommunalen Zusammenarbeit sowie zur Schaffung geeigneter regulatorischer und organisatorischer Rahmenbedingungen. Darüber hinaus beinhaltet es unterstützende Querschnittsmaßnahmen, die den Transformationsprozess strukturell flankieren und eine effiziente Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung sicherstellen.

Maßnahmenübersicht			
Nr.	Benennung	Maßnahme	Priorität
Cluster: Prozesse und Weiteres			
12	Weiteres 01	Wärmeplan beschließen und Gebietsausweisung planen	Hoch
13	Weiteres 02	Organisation und Fortschreibung der Wärmeplanung	Mittel
14	Weiteres 03	Maßnahmenidentifizierung zusammen mit Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft	Mittel
15	Weiteres 04	Zukunftsfähige Wärmeversorgung von Neubaugebieten im Planverfahren berücksichtigen	Mittel
16	Weiteres 05	Systematische Aufforstung von Waldgebieten	Niedrig
17	Weiteres 06	Abschluss von Öko-Tarifen für Gas und Strom	Mittel
18	Weiteres 07	Systematische übergreifende Abstimmung mit Nachbarkommunen	Niedrig

Tabelle 9-5: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Prozesse und Weiteres

10 Kostenvergleich aus Verbrauchersicht

Die Wahl des passenden Heizsystems ist für viele Verbraucher nicht nur eine Frage der Technik, sondern vor allem eine Frage der Wirtschaftlichkeit. Ein zentraler Aspekt bei der Wahl einer Heiztechnologie für Wohngebäude ist die ökonomische Belastung für die Nutzerinnen und Nutzer. Neben den reinen Energiekosten müssen hierbei auch Investitionskosten, Betrieb und Wartung sowie mögliche Förderungen berücksichtigt werden. Der vorliegende Abschnitt analysiert die jährlichen Kosten unterschiedlicher Heizsysteme sowohl für ein modernes Effizienzhaus mit einem geringen Energiebedarf von 4.200 kWh/a Nutzenergie, als auch für einen Altbau mit einem hohen Energiebedarf von 25.200 kWh/a. Ziel ist es, die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Systeme aus Verbrauchersicht transparent darzustellen und Unterschiede zwischen Neubau- und Bestandsgebäuden aufzuzeigen. Die folgenden Tabellen zeigt die berechneten Energiekosten für die untersuchten Heizsysteme. Die Werte beinhalten Netzentgelte, Energiepreise und CO₂-Umlagen und spiegeln die erwarteten Kosten im Jahr 2025 wieder. Dabei muss erwähnt werden, dass die CO₂-Umlagen bei strombetriebenen Heizsystemen nur indirekt gezahlt werden müssen.

Energiekosten Effizienzhaus (am Bsp. 4.200 kWh/a Nutzenergie, 2025, Energieeffizienzklasse A)								
Energieträger	Energiekosten	Netzentgelt	CO ₂ -Kosten	Summe	Energiekosten	Netzentgelte	CO ₂ -Kosten	Summe
[-]	[€/kWh]	[€/kWh]	[€/kWh]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]
Heizöl ($\eta = 88\%$)	0,125	0	0,0166	0,1416	525	0	69,72	594,72
Erdgas ($\eta = 92\%$)	0,087	0,0163	0,012	0,1153	365,4	68,46	50,4	484,26
Biomethan ($\eta = 92\%$)	0,1196	0,0163	0	0,1359	502,32	68,46	0	570,78
Pellets ($\eta = 90\%$)	0,0678	0	0	0,0678	284,76	0	0	284,76
Hackschnitzel ($\eta = 85\%$)	0,0424	0	0	0,0424	178,08	0	0	178,08
EE-Fernwärme	0,11	0,02	0,0154	0,1454	462	84	64,68	610,68
LPG ($\eta = 90\%$)	0,1556	0	0,0146	0,1702	653,52	0	61,32	714,84
WP ohne PV (JAZ 4,2)	0,0714	0,0167	0,0046	0,0927	299,88	70,14	19,32	389,34
WP mit PV (40%)	0,0565	0,0112	0,0031	0,0708	237,3	47,04	13,02	297,36

Tabelle 10-1: Energiekosten am Beispiel eines Effizienzhauses (interne Berechnungen)

Wenn die Ergebnisse auf ein Haus mit schlechterem Wirkungsgrad übertragen werden, so ändert sich insbesondere die Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpe (WP) aufgrund der signifikant höheren Vorlauftemperaturen.

Energiekosten Altbau (25.200 kWh/a Nutzenergie, 2025, Energieeffizienzklasse F)								
Energieträger	Energiekosten	Netzentgelt	CO ₂ -Kosten	Summe	Energiekosten	Netzentgelte	CO ₂ -Kosten	Summe
[-]	[€/kWh]	[€/kWh]	[€/kWh]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]
Heizöl ($\eta = 88\%$)	0,125	0	0,0166	0,1416	3150	0	418,32	3568,32
Erdgas ($\eta = 92\%$)	0,087	0,0163	0,012	0,1153	2192,4	410,76	302,4	2905,56
Biomethan ($\eta = 92\%$)	0,1196	0,0163	0	0,1359	3013,92	410,76	0	3424,68
Pellets ($\eta = 90\%$)	0,0678	0	0	0,0678	1708,56	0	0	1708,56
Hackschnitzel ($\eta = 85\%$)	0,0424	0	0	0,0424	1068,48	0	0	1068,48
EE-Fernwärme	0,11	0,02	0,0154	0,1454	2772	504	388,08	3664,08
LPG ($\eta = 90\%$)	0,1556	0	0,0146	0,1702	3921,12	0	367,92	4289,04
WP ohne PV (JAZ 2,5)	0,12	0,028	0,0077	0,1557	3024	705,6	194,04	3923,64
WP mit PV (40%)	0,0848	0,0168	0,0046	0,1062	2136,96	423,36	115,92	2676,24

Tabelle 10-2: Energiekosten am Beispiel eines Altbaus (interne Berechnungen)

Neben den reinen Energiekosten sind für einen realistischen Vergleich die Investitionskosten, Betrieb & Wartung sowie Förderungen zu berücksichtigen. Die Investitionskosten umfassen die Anschaffung und Installation der Heizungsanlage, inklusive erforderlicher Zusatzkomponenten wie Lagerraum oder Rohrleitungen. Um die jährliche finanzielle Belastung durch die Investition zu berechnen, wird die Annuität gebildet. Die Annuität stellt die Summe aus Tilgung und Zinsen (3 %) dar, die jährlich über die Lebensdauer der Anlage zu zahlen ist. Die Annuität zeigt somit die jährliche Belastung, die notwendig ist, um die Anschaffungskosten inkl. Zinsen über die gesamte Lebensdauer der Anlage abzudecken.

Die Kosten für Betrieb und Wartung beinhalten regelmäßige Wartung, Reinigung und kleine Reparaturen. Sie sind als Prozentsatz der Investitionskosten angesetzt, abhängig von der jeweiligen Heiztechnik. Die angesetzten Betrieb- und Wartungskosten beinhalten darüber hinaus die regelmäßigen Schornsteinfegergebühren für alle Feuerungsanlagen. Sie sind Teil der laufenden Kosten und sorgen dafür, dass die Systeme gesetzeskonform und effizient betrieben werden können.

Förderungen reduzieren die jährliche finanzielle Belastung. Sie stammen aus BAFA- und KfW-Programmen und werden als jährlicher Betrag über die Laufzeit der Investition angesetzt. Die Vollkostenrechnung liefert damit eine ganzheitliche, jährliche Kostenbetrachtung aus Verbrauchersicht, die neben den reinen Energiekosten auch die finanziellen Belastungen durch Investition, Wartung und mögliche Förderungen berücksichtigt.

Vollkostenvergleich Effizienzhaus (am Bsp. 4.200 kWh/a Nutzenergie, 2025, Energieeffizienzklasse A)					
Energieträger	Energiekosten	Annuität	Betrieb & Wartung	Förderung	Summe
[-]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]
Heizöl	595	801	235	0	1631
Erdgas	484	668	235	0	1387
Biomethan	571	668	235	0	1474
Pellets	285	1050	350	-300	1385
Hackschnitzel	178	1100	350	-320	1308
EE-Fernwärme	611	638	50	-191	1108
LPG	715	834	235	0	1784
WP ohne PV	389	1050	250	-350	1339
WP mit PV (40%)	297	1350	280	-500	1427

Tabelle 10-3: Vollkostenrechnung am Beispiel eines Effizienzhauses (interne Berechnungen)

Im Vergleich zeigen sich im Altbau deutlich höhere Wärmekosten, sodass die Umsetzung von Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs empfohlen wird. Eine begleitende Beratung durch eine qualifizierte Energieberaterin oder einen qualifizierten Energieberater wird dringend angeraten, um die Maßnahmen individuell zu planen und die Wirtschaftlichkeit zu optimieren.

Vollkostenvergleich Altbau (25.200 kWh/a Nutzenergie, 2025, Energieeffizienzklasse F)					
Energieträger	Energiekosten	Annuität	Betrieb & Wartung	Förderung	Summe
[-]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]
Heizöl	3568	961	282	0	4811
Erdgas	2906	802	282	0	3990
Biomethan	3425	802	282	0	4509
Pellets	1709	1365	455	-390	3139
Hackschnitzel	1068	1430	455	-416	2537
EE-Fernwärme	3664	734	50	-220	4228
LPG	4289	1001	282	0	5572
WP ohne PV	3924	1313	313	-438	5112
WP mit PV (40%)	2676	1688	348	-625	4087

Tabelle 10-4: Vollkostenrechnung am Beispiel eines Altbaus (interne Berechnungen)

Bei der Auswahl eines Heizsystems sind neben den reinen Kosten auch weitere Vor- und Nachteile zu berücksichtigen. Dazu zählen beispielsweise ökologische Aspekte wie CO₂-Emissionen und Ressourcennutzung, technische Eigenschaften wie Effizienz, Regelbarkeit und Lebensdauer, betrieblichen Komfort einschließlich Lautstärke und Raumtemperaturstabilität sowie platzbezogene Anforderungen wie Lagerflächen für Brennstoffe.

Diese Faktoren können die Wirtschaftlichkeit und Attraktivität eines Systems erheblich beeinflussen, sind jedoch in einer rein monetären Vollkostenbetrachtung nur teilweise abbildbar.

Die vorliegende Vollkostenrechnung stellt eine Momentaufnahme der ökonomischen Belastung durch verschiedene Heizsysteme im Jahr 2025 dar. Sie berücksichtigt die aktuellen Energiepreise, Netzentgelte, CO₂-Umlagen sowie Investitions- und Wartungskosten, bildet jedoch zukünftige Entwicklungen nicht ab. Aus wissenschaftlicher Sicht ist eine belastbare Empfehlung für ein bestimmtes Heizsystem auf Basis einer solchen Momentaufnahme nicht möglich, da die zukünftige Kostenstruktur erheblichen Unsicherheiten unterliegt. Mehrere Faktoren beeinflussen die zukünftige Wirtschaftlichkeit von Heizsystemen:

- Inflation und Energiepreisentwicklung: Historische Daten zeigen, dass Inflationsraten und Energiepreise starken Schwankungen unterliegen. Sowohl fossile Brennstoffe als auch Strompreise können durch Veränderungen im Energiemarkt variieren.
- Globale Handels- und Rohstoffmärkte: Der Weltmarkt für Öl, Gas, Pellets oder seltene Materialien für Wärmepumpentechnologien unterliegt geopolitischen Einflüssen, Handelsbarrieren und Lieferengpässen. Politische Krisen oder Sanktionen können plötzliche Preissprünge verursachen.
- Geopolitische Entwicklungen: Kriege, Embargos oder internationale Konflikte können die Versorgungssicherheit und die Preisentwicklung maßgeblich beeinflussen. Die Energiekrise 2022/2023 in Europa verdeutlicht die hohe Volatilität solcher Faktoren.
- Technologische Entwicklungen: Innovationen in Heiztechnik, Wärmespeicherung, PV-Anlagen oder smarten Energiemanagementsystemen können Investitionskosten, Wirkungsgrade und Betriebskosten drastisch verändern. Langfristige Prognosen sind schwer belastbar, da technologische Durchbrüche oder neue Fördermechanismen unvorhersehbar sind.
- Lohn- und Personalkostenentwicklung: Handwerker- und Fachkräftekosten steigen tendenziell über die Zeit und beeinflussen insbesondere Wartungs-, Reparatur- und Installationskosten von Heizsystemen. Regional unterschiedliche Lohnentwicklungen können die Kostenstruktur weiter verzerren.
- Wechselwirkungen von Marktpreisen: Preissteigerungen bei Gas oder Öl wirken sich nicht nur direkt auf Heizkosten aus, sondern beeinflussen auch Strompreise. Somit können die Kosten von elektrisch betriebenen Wärmepumpen indirekt durch fossile Energiepreise beeinflusst werden.
- Weitere Unsicherheitsfaktoren: Gesetzliche Änderungen (z. B. CO₂-Bepreisung, Förderprogramme), extreme Wetterereignisse, Inflation oder lokale Netzgebühren können die Kostenstruktur unerwartet verändern.

Aus diesen Gründen kann wissenschaftlich fundiert kein Heizsystem als eindeutig zu bevorzugen empfohlen werden.

Die vorliegenden Berechnungen dienen der vergleichenden Orientierung unter den gegebenen Rahmenbedingungen, nicht der Festlegung eines optimalen Systems für die Zukunft. Sie zeigen lediglich relative Unterschiede unter aktuellen Annahmen, ohne zukünftige Entwicklungen verlässlich prognostizieren zu können.

Zudem wird deutlich, dass eine individuelle Bewertung und Beratung essenziell ist. Zu Beginn sollte der energetische Zustand des Gebäudes umfassend analysiert werden. Hierbei sind insbesondere die Qualität der Gebäudehülle, Dämmung, Fenster und Türen, die Heizlast, die Heizverteilung sowie mögliche Wärmeverluste durch undichte Stellen zu betrachten. Auf Basis dieser Analyse lassen sich gezielt Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfs identifizieren, wie beispielsweise die Nachrüstung oder Optimierung der Dämmung, der Austausch veralteter Fenster, die Reduzierung von Wärmebrücken oder die Verbesserung der Lüftungssysteme.

Die fachkundige Begleitung durch qualifizierte Energieberater/innen ermöglicht eine fundierte Bewertung der möglichen Optionen. Dabei werden nicht nur die wirtschaftlichen Aspekte wie Investitions- und Betriebskosten, Fördermöglichkeiten und Vollkosten berücksichtigt, sondern auch ökologische Kriterien, beispielsweise die CO₂-Bilanz der Heizsysteme, die Nutzung erneuerbarer Energien oder die langfristige Nachhaltigkeit der Technologie. Zudem fließen technische Faktoren wie Lebensdauer, Wartungsaufwand, Flexibilität und Leistungsanpassung an den Gebäudezustand in die Bewertung ein. Auch komfortbezogene Aspekte, wie eine gleichmäßige Raumtemperatur, Geräuschentwicklung oder Bedienfreundlichkeit, sind in der Entscheidung zu berücksichtigen.

In Altbauten empfiehlt sich häufig eine stufenweise Vorgehensweise: Zunächst sollte der Energiebedarf durch Effizienzmaßnahmen reduziert werden, bevor die Heiztechnik angepasst oder erneuert wird. Diese Priorisierung ermöglicht eine optimierte Investitionsplanung und minimiert die laufenden Energiekosten. In Neubauten sollten Effizienz und Betriebskosten von Beginn an in die Planung einbezogen werden, um die langfristige Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit des Systems sicherzustellen.

Insgesamt zeigt sich, dass die Wahl eines Heizsystems nicht allein auf monetären Kriterien beruhen sollte. Eine ganzheitliche Betrachtung unter Einbezug von ökologischen, technischen und komfortbezogenen Faktoren ist notwendig, um die langfristige Tragfähigkeit, Zukunftssicherheit und Nachhaltigkeit der Heizlösung zu gewährleisten. Nur durch eine derartige umfassende Analyse und Beratung lassen sich Entscheidungen treffen, die sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch fundiert sind und den individuellen Bedürfnissen der Nutzer und Nutzerinnen gerecht werden.

11 Controlling-Konzept

Das Wärmeplanungsgesetz verpflichtet die Kommunen nach §25 zur Erstellung eines Controlling-Konzeptes sowie zur Überwachung der Maßnahmen. Im folgenden Kapitel wird das Controlling-Konzept vorgestellt und in den darauffolgenden Kapiteln werden die Verstetigungs-Strategie sowie das Kommunikations-Konzept erläutert.

11.1 Verpflichtung nach dem Wärmeplanungsgesetz

Das Wärmeplanungsgesetz schreibt die Überprüfung des Wärmeplans alle fünf Jahre vor (§25). Dabei soll die Überwachung der Fortschritte bei der Umsetzung der ermittelten Strategien und Maßnahmen sowie die Festlegung von Indikatoren im Zielszenario nach §17 (Anlage 2, Pk. III) WPG erfolgen (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023).

Die festgelegten Indikatoren sollen beschreiben, wie das Ziel einer auf erneuerbaren Energien oder der Nutzung von unvermeidbarer Abwärme basierenden Wärmeversorgung erreicht wird. Die Indikatoren sind, soweit nichts anderes festgelegt, jeweils für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 für das Gebiet als Ganzes bestimmt. Folgende Indikatoren werden definiert:

- die Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im beplanten Gebiet in Prozent
- die Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im beplanten Gebiet in Prozent
- der jährliche Endenergieverbrauch der gesamten Wärmeversorgung in Kilowattstunden pro Jahr, differenziert nach Endenergiesektoren und Energieträgern
- die jährliche Emission von Treibhausgasen im Sinne von §2 Nummer 1 des Bundes-Klimaschutzgesetzes der gesamten Wärmeversorgung des beplanten Gebiets in Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
- der jährliche Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung nach Energieträgern in Kilowattstunden pro Jahr und der Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Prozent
- der Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergieverbrauch der Wärmeversorgung in Prozent
- jährlicher Endenergieverbrauch aus Gasnetzen nach Energieträgern in Kilowattstunden pro Jahr und der Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in Prozent (Bundesminister der Justiz 2023)

Bisher wird die Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Bad Dübén nicht jährlich aktualisiert und fortgeschrieben. Es wird empfohlen, zukünftig aller 2 Jahre die Energie- und Treibhausgasbilanz zu erstellen. Damit verbunden ist eine Aktualisierung der zuvor genannten Indikatoren, um eine WPG-konforme Datenaufbereitung sicherzustellen. Dazu müssen die Daten bei den Netzbetreibern erneut abgefragt werden und die THG-Äquivalente auf den aktuellen Stand der Technik überprüft und ggf. angepasst werden. Mittels Berechnung sowie der aktuellen THG-Äquivalente wird abschließend die Energie- und Treibhausgasbilanz erstellt.

11.2 Monitoring

Für eine erfolgreiche Umsetzung der Wärmeplanung ist eine fortlaufende Erfolgskontrolle essenziell. Anhand der folgenden Punkte soll eine Umsetzung in der Praxis sichergestellt werden.

Ausbau von Wärmenetzen

Zur klimaneutralen Wärmeversorgung der Stadt Bad Dübén gehört eine Erhöhung des Anteils der Wärmenetze. Bei der Projektierung des Wärmenetzausbaus muss die Finanzierbarkeit sichergestellt sein. Ein Ansatz zur Finanzierung der Maßnahmen ist die Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger Bad Dübén z.B. mittels Genossenschaften. Dazu müssen die Bürgerinnen und Bürger frühzeitig informiert und in die Ausgestaltung eingebunden werden, um eine maximale Akzeptanz und Beteiligung zu erzielen. In Gebieten, in denen bei späteren Planungen ein Wärmenetz angedacht wird, sollte ein hoher Anschlussgrad an das Wärmenetz Ziel sein und auch umgesetzt werden. Ein weiteres Ziel bei der Planung ist die Einbindung von eventuellen zukünftigen Großabnehmern in das Wärmenetz. Beide Maßnahmen wirken positiv auf die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzbetriebs und folglich auf die Kosten für die daran angeschlossenen Abnehmer.

Dekarbonisierung der Wärmenetze

In Bad Dübén ist es notwendig, für Wärmenetze einen Transformationsplan zur Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung zu entwickeln. Jährlich ist zu überprüfen, ob der Plan erstellt wurde, um anschließend festzustellen, ob die Umstellung planmäßig erfolgt. Ist dies nicht der Fall, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

Einsatz regenerativer Energien in Gebieten mit Individuallösungen

In Gebieten mit Individuallösungen sind die bevorzugten Wärmeversorgungen, die Wärmepumpe, die Gastherme betrieben mit Biomethan und die Wärmeerzeugung mit Biomasse kontinuierlich umzusetzen und fossile Wärmeversorgungen zu ersetzen.

Indikatoren für die Maßnahmen

Wie zuvor beschrieben verpflichtet das WPG die Länder und diese im Anschluss die Kommunen die Umsetzung der Maßnahmen anhand von Indikatoren zu überprüfen. Dies kann anhand der Abarbeitung von Handlungsschritten erfolgen. Dabei sollte kontrolliert werden, ob diese analog der zeitlichen Planung verlaufen, oder ob ein zeitlicher Rückstand vorliegt. Darüber hinaus ist zu prüfen, ob Hindernisse bei der Umsetzung oder ähnliche Störfaktoren vorliegen. Die Ergebnisse sind in einem jährlichen Bericht zu erfassen sowie qualitativ beschrieben und erklärt sein.

Indikatoren für den Prozess

Zur Beurteilung des Gesamtfortschritts ist eine regelmäßige Evaluation des Prozesses notwendig. Dabei sind folgende Inhalte zu erörtern, um daraus eine möglichst qualitative Bewertung des Fortschritts vorzunehmen.

Zielerreichung

Wie ist der Umsetzungsstand der Maßnahmen und Projekte zum Klimaschutz?

Wie viele Projekte sind bereits umgesetzt?

Welche Projekte befinden sich noch in der Umsetzung?

Welche Verzögerungen gab es und wie können diese zukünftig vermieden werden?

Wie ist der Planungsstand der zukünftigen Projekte?

Ist der Umsetzungsprozess effizient und transparent?

Stand der Technik und Wirtschaftlichkeit

Welche neuen Technologien in den Bereichen Wärmeerzeugung, -transport oder -speicherung gibt es?

Welche Innovationen bei bekannten Technologien zur Wärmeerzeugung, -transport oder -speicherung gibt es?

Welche signifikanten Änderungen bei den Preisen der unterschiedlichen Energieträger gibt es, die eine Neubewertung der Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen erfordern?

Gibt es geänderte Rahmenbedingungen, die Anpassungen bedingen?

Updates von Gesetzen und Vorschriften

Welche neuen Gesetze, Vorschriften und Durchführungsverordnungen gibt es, die seitens der Kommune oder der Bürgerinnen und Bürger erfüllt werden müssen in Bezug auf Klimaschutz?

Neuinterpretation und Konkretisierung von Handlungsempfehlungen

Welche neuen Handlungsempfehlungen wurden aus dem Gesetzestext abgeleitet?

Welche Konkretisierungen von Handlungsempfehlungen in Form von Richtwerten insbesondere in Bezug auf Grenzwerte für Wärmedichten und -linien sowie Grenzwerte bei der Eignungsprüfung gibt es?

Implementierung des Klimaschutzes in die kommunalen Strukturen

Wie wurden die Themen Wärmewende und Klimaschutz nachhaltig organisatorisch in die kommunalen Strukturen integriert?

Wurden entsprechende Stellen geschaffen bzw. Stellen innerhalb der Stellenbeschreibung angepasst?

Wie wurden Prozesse zur Sicherstellung der Wärmewende und des Klimaschutzes innerhalb der Stadt implementiert?

Wie wurde die Organisation der Stadt hinsichtlich Klimaschutz überprüft und angepasst?

Netzwerkausbau und Partizipation

Wie sind die relevanten Akteure in die Planungen eingebunden?

Wurde die Bevölkerung informiert und beteiligt?

Wie erfolgten die Information, Aktivierung und Motivation in der Bevölkerung?

Wie wurden ehrenamtliche Akteure oder Vereine und Initiativen zum Klimaschutz gewonnen und involviert?

Sind neue Partnerschaften zwischen den Akteuren entstanden und welche Synergien konnten dadurch erzielt werden?

12 Verstetigungs-Strategie

Die Verstetigung der Wärmeplanung in Kommunen versteht sich als Fortführung von Aktivitäten über den Förder- bzw. Planungszeitraum hinaus. Das bedeutet, dass die Prinzipien, Zielsetzungen und bereits laufenden Aktivitäten beibehalten werden, um auf lange Sicht eine Dekarbonisierung der Wärmeversorgung zu erreichen. Im Speziellen wäre dies etwa die Ausführung der Maßnahmen, die Aktualisierung der Wärmeplanung oder die Projektierung und Detaillierung von Maßnahmen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit in sogenannten Machbarkeitsstudien.

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, ist die Kommunale Wärmeplanung seit dem 01.01.2024 eine per Bundesgesetz geregelte Aufgabe. Der Bund hat diese Aufgabe an die Länder übertragen, und diese wiederum an die Kommunen. Damit ist die Kommunale Wärmeplanung eine Pflichtaufgabe der Kommunen und muss personell unterstützt werden. Je nach Gestaltung der Landesgesetzgebungen werden dafür Konnexitätsmittel bewilligt und bereitgestellt.

12.1 Rollierende Fortschreibung

Die Verwaltung soll die Kommunale Wärmeplanung als rollierende Planung umsetzen. Dies impliziert ein Vorgehen, dass auf Zeitperioden ausgerichtet ist. Im Zeitverlauf muss die Wärmeplanung in festgelegten zeitlichen Abständen aktualisiert, konkretisiert und ggf. revidiert werden. Die in der Zwischenzeit gewonnenen aktualisierten Daten und Richtwerte werden dabei berücksichtigt. In der Praxis hat sich bewährt, den nächsten zehn Jahreszeitraum als Planungshorizont in erheblichem Maße genauer auszuplanen, als die Detaillierung der Folgejahre. Mit fortschreitender Zeit rolliert der Zeitraum mit höherer Planungsintensität ebenfalls weiter.

12.2 Implementierung in die kommunalen Verwaltungsstrukturen

Eine konsequente Verfolgung der Strategie zur Wärmewende verlangt nach einer nachhaltigen organisatorischen Einbindung des Klimaschutzes in die kommunalen Verwaltungsstrukturen. Hierzu ist zunächst zu klären, in welcher Abteilung der Klimaschutz angesiedelt wird, wem diese Abteilung unterstellt ist und mit welchen Rechenschaftspflichten, Befugnissen sowie personellen und finanziellen Ressourcen diese Stelle ausgestattet wird. Die Stadt Bad Dübén hat sich dafür entschieden den Bereich Klimaschutz unverändert im Bau und Bürgeramt zu verorten, welches wiederum unmittelbar der Bürgermeisterin unterstellt ist - siehe folgende Abbildung.

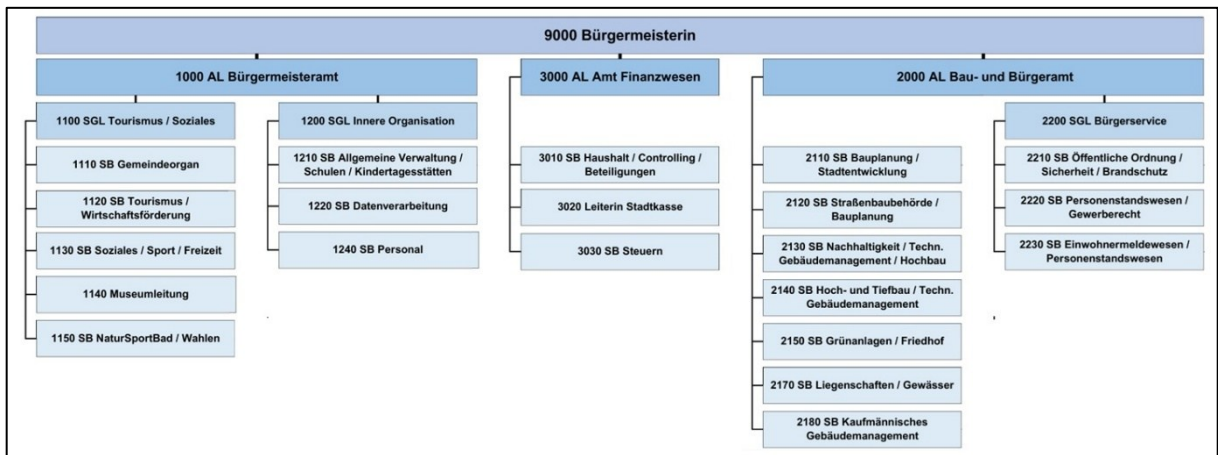


Abbildung 12-1: Organigramm der Kommune

Für die Bewältigung der Aufgaben im Bereich der Kommunalen Wärmeplanung ist es notwendig, ausreichend personelle Kapazitäten in den Verwaltungen einzuplanen. Für die Kommunale Wärmeplanung wird in den nächsten Jahren voraussichtlich der Umfang von etwa einer halben Stelle in der Verwaltung benötigt, wenn die folgenden Aufgaben umfänglich und qualitativ hochwertig bearbeitet werden sollen. Die Stelle ist ebenfalls für die Abwicklung des Energieförderprogramms zuständig. Die Bezeichnung der Stelle ist nicht festgelegt, sollte sich aber an den allgemein geläufigen Begriffen des Klimaschutzmanagers oder Klimaschutzbeauftragten orientieren. Die Tätigkeits- und Verantwortungsbereiche umfassen die

- fachlichen Grundlagen (Planung),
- Steuerung (Controlling)
- systematische Erfassung und Auswertung (Kontrolle)
- Koordination von Klimaschutzaktivitäten (Projektmanagement)
- Umsetzung der Maßnahmen
- Fortschreibung des Wärmeplans (Verpflichtung nach §25 Wärmeplanungsgesetz)
- Fortschreibung von Indikatoren, Berichterstellung, Monitoring z.B. jährlicher Bericht zu den Indikatoren des Wärmeplans
- Synchronisation mit anderen kommunalen Planungen
- Berücksichtigung der Wärmeplanung bei Neubaugebieten und B-Plänen
- Koordination von Wärmenetzausbauten mit Straßenbaumaßnahmen
- Beantragung von Fördermitteln und Begleitung von Finanzierungen von Projekten
- Koordination und Vernetzung sowie die
- interne und externe Kommunikation der vielfältigen Akteure

Der kommunale Klimaschutz ist eine Querschnittsaufgabe, die einer fachübergreifenden Kooperation verschiedener Verwaltungseinheiten bedarf. Aus diesem Grund stellen die Koordination fachübergreifender Akteure, die Bündelung von Informationen in einer einzelnen Abteilung und die Vermeidung von thematischen Überschneidungen wesentliche Hauptaufgabenbereiche der beauftragten Mitarbeiter dar. Hierbei ist es wichtig, dass benötigte Daten, Projektergebnisse und Planvorhaben zeitnah und gut aufbereitet von Verwaltungseinheiten sowie den Versorgungsunternehmen bereitgestellt werden. Es sollte sichergestellt sein, dass Einzelaufträge, die Teil eines Klimaschutzprogramms sind, auf unkomplizierte Art und Weise an den zuständigen Bereich zur Abarbeitung übertragen werden. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, dass sich gerade politische Entscheidungsträger dem Thema Klimaschutz annehmen und entsprechend auftreten.

12.3 Politische Implementierung

Ein Bestandteil der Verstetigung ist die Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung durch Beschlüsse und politisches Handeln sicherzustellen. Dazu gehört der Beschluss zum Wärmeplan in dem entsprechenden politischen Gremium.

Außerdem verpflichtet sich der Bereich Bauplanung / Stadtentwicklung regelmäßig die Klimaschutzaktivitäten zu monitoren. Dabei sollen nicht nur positive Aspekte dargestellt werden, sondern es sind auch Misserfolge und deren Ursachen klar zu benennen, um rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können und die Unterstützung des Stadtrates für adaptierte Strategien sicherzustellen. Finanziell ist es nicht geplant diesen Bereich mit einem eigenen Budget auszustatten, womit die Durchführung von Klimaschutzaktivitäten unter gemeinsamer Beteiligung nach wie vor projektbezogen finanziert wird. Empfehlenswert ist es allerdings, einen unkomplizierten Zugang zur finanziellen Absicherung von kostenpflichtigen Daten- und Informationsmaterialien, fachlichen Fortbildungen sowie spezifischen Medien zur Vereinfachung der internen und externen Kommunikation zu gewährleisten.

12.4 Interkommunale Zusammenarbeit

Ebenso wichtig wie die interne Einbindung des Klimaschutzes in die Verwaltungsstrukturen ist die interkommunale Zusammenarbeit der Stadtverwaltung mit den Netzbetreibern sowie zwischen den regionalen Verwaltungsbezirken. Dabei sollten möglichst viele Synergieeffekte genutzt und der personelle und finanzielle Aufwand auf mehrere Akteure verteilt werden. Zunächst zählt hierzu z.B. eine verwaltungsinterne Arbeitsgruppe, die innerhalb der Stadt fachübergreifend als Energieteam etabliert wird und zweimal jährlich tagt, um ein gemeinsames Vorgehen zu etablieren.

Ein wichtiger Punkt, der verstärkt in die kommunale Klimaschutzpolitik der Stadt Bad Dübener integriert werden muss, ist die Zusammenarbeit mit benachbarten Kommunen. Dabei sollen Synergien bei Themen erzielt werden, die übergreifend für mehrere Kommunen relevant sind wie z.B. die Organisation von Messen. Aufgrund der geografischen Nähe sowie einheitlichen Themen empfiehlt sich eine intensive Zusammenarbeit. Gerade im Bereich Strom kann sich eine Zusammenarbeit aller Kommunen im Versorgungsgebiet der Netzgesellschaften als äußerst effektiv herausstellen, indem mit dem gemeinsamen Netzbetreiber als zentralem Akteur auch eine integrierte Strategie entwickelt wird. Diese Vorgehensweise setzt allerdings eine zuvor optimierte intrakommunale Zusammenarbeit innerhalb der Verwaltungen und den damit verbundenen Institutionen und Gesellschaften voraus.

Auf nationaler Ebene beschränkt sich die Zusammenarbeit auf den Erfahrungsaustausch und die Aufstellung von Benchmarks mit anderen Kommunen. Gerade zur Ausarbeitung konkreter Klimaschutzmaßnahmen, deren Inhalte oftmals in die gleiche Richtung zielen, lassen sich Synergien aus der Erfahrung überregionaler Akteure erzielen, um Probleme zu vermeiden oder zukünftige Projekte effizienter zu gestalten.

13 Kommunikations-Konzept

Ein wesentlicher Teil der Einsparpotenziale für Energie und CO₂-Emissionen liegen außerhalb des Wirkungskreises der Kommune. Bei der Umsetzung von Maßnahmen von Aktivitäten und Projekten zum Energiesparen sowie zur Verminderung von CO₂-Ausstoß sind private Haushalte, Wirtschaftsunternehmen und weitere lokale Beteiligte die wesentlichen Akteure, die die Umsetzung und den Erfolg der Zielerreichung entscheidend beeinflussen.

Die staatlichen Stellen können dabei Bedingungen schaffen und Anreize bieten, aber die tatsächliche finale Umsetzung liegt in der Hand anderer Akteure. Dabei sind insbesondere die Bereitschaft und das Engagement der Beteiligten wesentliche Erfolgsfaktoren. Bereitschaft und Engagement lassen sich nur über eine transparente und adressatengerechte Kommunikation und maximale Beteiligung im Sinne von Einbeziehung und Information erzielen. Dabei sollte das priorisierte Ziel sein, bei den Betroffenen eine maximale Akzeptanz für die geplanten Maßnahmen zu schaffen. Im Folgenden werden wichtige Punkte aus dem Kommunikations-Konzept vorgestellt.

Zielstellung

Wie zuvor beschrieben zielt die Kommunikation zum einen darauf ab Einwohner, Selbstständige, Unternehmen und Netzbetreiber in die Lage zu versetzen, eigene Maßnahmen zu realisieren und außerdem die grundsätzliche Notwendigkeit aufzuzeigen sowie die Betroffenen in hohem Maße zu motivieren. Denn die Aktivitäten zur Klima- und Wärmewende sind keine Einzelaufgabe, sondern Teamsport, der nur gemeinsam gelingen kann. Denn nur wenn die zukünftigen Maßnahmen, wie zum Beispiel der Bau von Heizzentralen oder Straßenbaumaßnahmen zur Verlegung von Wärmenetzen, auf eine breite Akzeptanz stoßen, sind diese Maßnahmen finanzierbar, indem Investoren für die Projekte akquiriert werden können. Die dazu notwendigen Inhalte des Kommunikations-Konzeptes werden im Folgenden kurz beschrieben:

Partizipation

Bereits 1969 schrieb Sherry Arnstein den innovativen Artikel "A Ladder Of Citizen Participation" im Journal of the American Planning Association. Sie beschreibt darin ihre Partizipationsleiter bzw. „Leiter der Bürgerbeteiligung“, bei der jede höhere Stufe eine umfassende Beteiligung an einem Prozess darstellt. (STEINBACH 2022)

Die folgende Abbildung visualisiert die Leiter der Bürgerbeteiligung. Dabei werden die einzelnen Stufen benannt und beschrieben:

Arnsteins "Leiter der Bürgerbeteiligung"

8. Subsidiarität

Bürger können ein Programm oder eine Einrichtung leiten, die volle Verantwortung für politische und verwaltungstechnische Aspekte tragen und sind in der Lage, auszuhandeln, unter welche Bedingungen "Außenstehende" Änderungen vornehmen können.

7. Delegierte Gestaltung

Die Bürger haben signifikante Entscheidungskarten in der Hand. Programme sind denen rechenschaftspflichtig. Um Differenzen zu lösen, müssen die Planer oder Verwalter agieren und ein Verhandlungsprozess einleiten, statt bloß auf aufbauende Druck zu reagieren.

6. Partnerschaft

Gemeinsame Planung und Entscheidungsfindung durch Strukturen wie gemeinsame Gremien, Planungsausschüsse und Mechanismen zur Lösung von Konflikten.

5. Abwiegung

Bürger haben ein begrenztes Maß an Einfluss auf einen Prozess. Sie sind lediglich nur beteiligt, um zu zeigen, dass sie beteiligt waren. Ein paar handverlesene "würdige" Personen in Gremien, die nicht rechenschaftspflichtig sind und überstimmt und ausmanövriert werden können.

4. Konsultation

Bloße Einholung der Bürger Meinungen, wenn es nicht mit einem Konsultationsprozess kombiniert wird, um zu gewährleisten, dass die Anliegen und Ideen der Bürger berücksichtigt werden.

3. Informieren

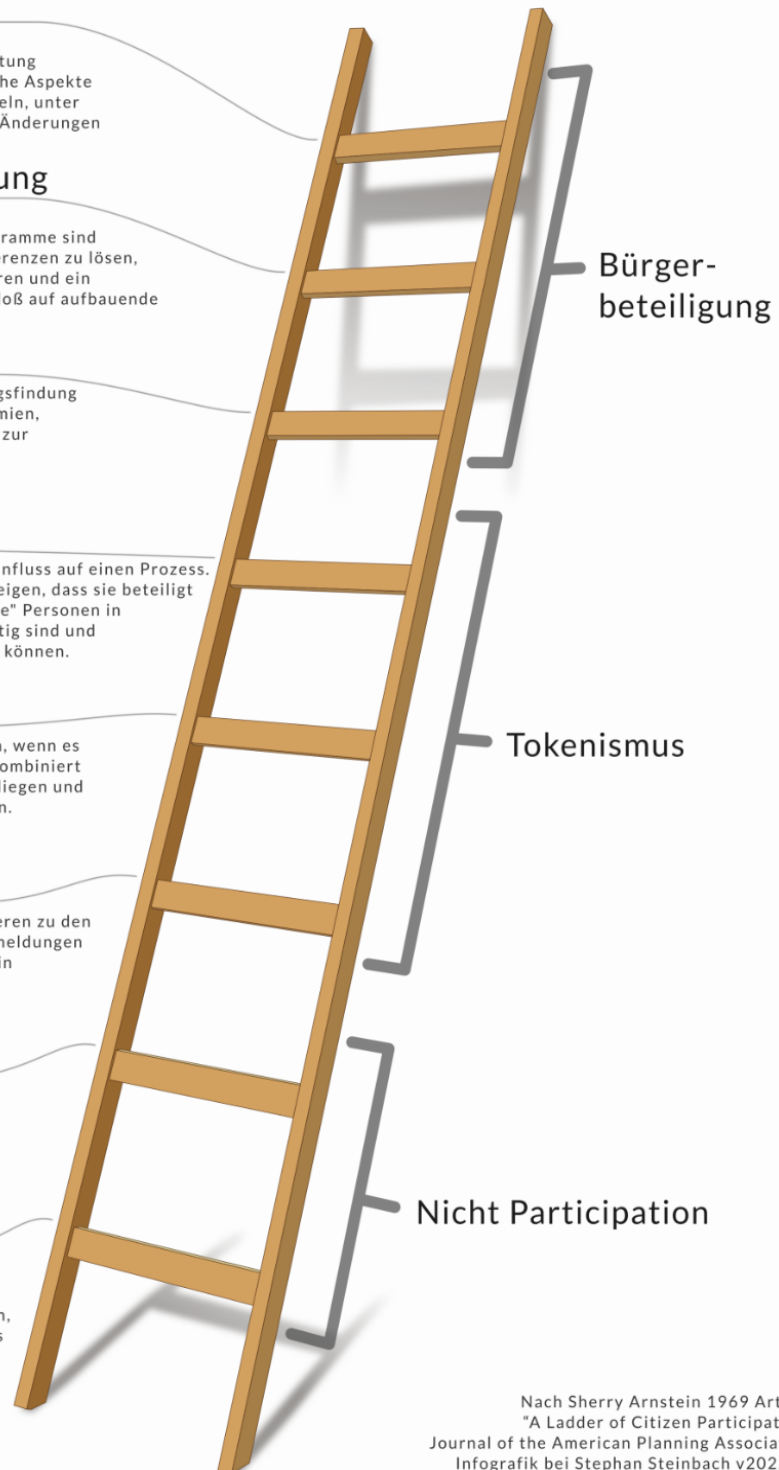
Einseitiger Informationsfluss von Planern zu den Bürgern, ohne dass ein Kanal für Rückmeldungen vorhanden ist und keine Möglichkeit, ein anderes Ergebnis zu finden.

2. Therapie

Pseudo-partizipatorische Programme, die versuchen, die Bürger davon zu überzeugen dass sie das Problem sind.

1. Manipulation

Wenn öffentliche Einrichtungen oder Beamten den Bürgern vorgaukeln, dass sie in einem Prozess teilnehmen können, der absichtlich so gestaltet wurde, dass ihnen die Macht vorenthalten wird.



Nach Sherry Arnstein 1969 Artikel
 "A Ladder of Citizen Participation,"
 Journal of the American Planning Association.
 Infografik bei Stephan Steinbach v2022-07
alternativetransport.wordpress.com CC BY-SA 3.0 AT

Abbildung 13-1: Arnsteins „Leiter der Bürgerbeteiligung“ (STEINBACH 2022)

Wie die vorhergehende Abbildung zeigt, wird mit der alleinigen Information von Bürgern lediglich die Stufe 3 erreicht. Eine echte Bürgerbeteiligung findet erst ab Stufe 6 - Partnerschaft statt. Dort werden Inhalte genannt wie „gemeinsame Planung“ und „Entscheidungsfindung“, die als „Mindestanforderung“ notwendig sind, um eine echte Bürgerbeteiligung zu erzielen. Alle Stufen darunter ermöglichen entweder keine Beteiligung oder sehen die Bürger nur als „Spielsteine“ oder „Marionetten“, was in der Abbildung mit Tokenismus beschrieben ist. (STEINBACH 2022)

Bei der Wärmeplanung in der Stadt Bad Dübén wurde dazu ein regelmäßiger Austausch in Form von Meetings zwischen dem Planungsbüro und den Vertretern der Stadt organisiert. Dabei wurden die Ergebnisse der Bestand- und Potenzialanalyse vorgestellt und Maßnahmen besprochen. Außerdem wurde zu den in der Leistungsbeschreibung vorgeschriebenen Kommunikationsformaten eine zusätzliche Bürgerveranstaltung durchgeführt, bei der die Bürger, Selbstständige und Unternehmer ihre Ideen und Wünsche einbringen konnten. Darüber hinaus wurden den Veranstaltungsteilnehmern die Möglichkeit eingeräumt „Paten“ für die zukünftige Projektierung von Maßnahmen zu benennen.

Information

Im ersten Teil der Veranstaltung wurden die Teilnehmer zum Thema Kommunale Wärmeplanung sowie über Schnittstellen und Abgrenzungen zum Gebäudeenergiegesetz informiert. Dies stellte die Basis für die darauf aufbauende Partizipation dar. Außerdem sollte ein gutes Verständnis für die Notwendigkeit der Wärmewende, des Klimaschutzes, der Versorgungssicherheit sowie Nachhaltigkeit geschaffen werden.

Akzeptanz

Ziel der Schaffung von Akzeptanz ist es, eine möglichst gute Unterstützung seitens Bevölkerung, Selbstständigen und Unternehmen zu erreichen. Dies ist insbesondere essenziell, damit die Aufgaben und Maßnahmen, die sich aus der Wärmeplanung ergeben auf mehrere Schultern verteilt werden und die Stadt mit den Aufgaben nicht allein gelassen wird.

Verhaltensveränderung

Ziel der Verhaltensänderung ist es, bei Bürgern, Selbstständigen und Unternehmern nicht nur die Akzeptanz zu schaffen, sondern die Betroffenen zum Handeln zu bewegen. Die Handlungen zielen auf die energetische Sanierung der eigenen Gebäude (Verringerung des Verbrauchs) sowie auf die möglichst CO₂-neutrale Abdeckung des verbleibenden Wärmeverbrauchs (Verringerung der CO₂-Emissionen) ab. Alle Handlungen setzen ein verändertes Verhalten voraus. Die Verhaltensveränderungen werden durch eine hohe Motivation bei den Betroffenen erreicht mit dem Ziel, dass sie Geld und Zeit in die Themen Wärmewende und Klimaschutz investieren.

Wirtschaftlichkeit

Die Bereitschaft energetische Maßnahmen an der eigenen Immobilie umzusetzen, wird unterstützt durch Förderungen, die die Maßnahmen finanzierbar und damit realisierbar machen. Außerdem wird damit der return-on-invest (ROI) auf eine kurze Zeit begrenzt (break-even-Analyse). Daher wurden bei der Wärmeplanung für die Stadt Bad Dübener neben den Auswirkungen der Maßnahmen auf die CO₂-Bilanz stets die ökonomischen Aspekte betrachtet.

Kommunikationsmittel

Wie bereits in Kapitel 4.3 im Allgemeinen beschrieben, erfordert eine gute Kommunikationsstrategie finanzielle und personelle Mittel, die meist begrenzt zur Verfügung stehen. Daher sollten die zur Verfügung stehenden Ressourcen und Kapazitäten effizient und effektiv eingesetzt werden. Folgende Kommunikationsmittel stehen der Stadt Bad Dübener zur Verfügung:

- die offizielle Homepage der Stadt Bad Dübener: <https://www.bad-dueben.de/>
- das Amtsblatt der Stadt Bad Dübener: „Dübener Wochenspiegel“
- Informationsveranstaltungen
- Netzwerk zu Energieberatern, die eine individuelle Beratung übernehmen

Es wird ein Multi-Kanal-Ansatz empfohlen, da es eine Vielzahl von unterschiedlichen Zielgruppen wie Bürger, Selbstständige, Unternehmer und Vereine bzw. Organisationen für die Kommunikation der Wärmeplanung in der Stadt Bad Dübener mit unterschiedlichen Wissensständen zum Thema gibt. Während die jüngeren Menschen eher über soziale Medien erreicht werden, spielen bei der älteren Generation eher klassische Kommunikationsmedien wie Zeitungen, gedruckte Broschüren und Vor-Ort-Veranstaltungen eine wichtige Rolle.

Zur Vermeidung von Verwirrungen oder Inkonsistenzen, ist es essenziell, dass die unterschiedlichen Kanäle zusammenarbeiten und die Botschaften konsistent vermittelt werden. Um zu verstehen, welche Kanäle häufig genutzt werden und mit welchen Kanälen eine maximale Reichweite erzielt werden kann, empfiehlt es sich, die Kanäle regelmäßig auszuwerten. Beispielsweise könnte die Verweildauer und Relevanz von Informationen auf der Internetseite ausgewertet werden.

Inhalte

Die Kommunikation sollte darauf abzielen, die Bevölkerung und die Wirtschaft zu aktivieren, einzubeziehen und zu informieren. Es wird empfohlen, die Informationen positiv sowie motivierend zu präsentieren und eine Perspektive zu geben, statt mit Ängsten oder Zwängen Druck zu erzeugen. Um sicherzustellen, dass niemand ausgeschlossen wird, muss die Kommunikation auf die Bedürfnisse, Interessen und Kenntnisse der unterschiedlichen Zielgruppen abgestimmt sein. Die folgenden Aspekte können als Basis für die Entwicklung von Inhalten genutzt werden:

- **Energiewende** - die Kommunale Wärmeplanung als strategisches Planungselement für die Nutzung von regenerativen Energieträgern.
- **Klimaschutz** - die Kommunale Wärmeplanung als strategisches Planungselement für die Nutzung von CO₂-neutralen Wärmequellen oder unvermeidbarer Abwärme.
- **persönliche Betroffenheit** - der persönliche Nutzen, die Senkung der individuellen Energiekosten und die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern sollten bei allen Aktivitäten im Mittelpunkt stehen.
- **Partizipation** - jeder soll sich einbringen und mitmachen.
- **Systematik** - Kommunale Wärmeplanung als Investition für eine nachhaltige und bezahlbare Wärmeversorgung.
- **Komplexität** - die Kommunale Wärmeplanung ist technisch und ökonomisch komplex und für die breite Bevölkerung teils schwer verständlich. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, müssen die komplexen Inhalte möglichst adressatengerecht dargestellt und vor allem visualisiert werden - nach dem Motto „ein Bild sagt mehr als 1.000 Worte“.
- **Ängste** - in der Bevölkerung existieren Ängste aufgrund von Berichterstattungen in den Medien, dass die bisherigen Heizungen nicht mehr betrieben werden dürfen und die damit verbundenen Kosten nicht finanziert werden können. Die Kommunikation sollte darauf abzielen, durch wissenschaftliche Fakten und Offenheit das Vertrauen der Betroffenen zu gewinnen.
- **Nachhaltigkeit** - die Wärmewende als Teil der Energiewende ist ein langfristiger Prozess, der fortlaufend weitergeschrieben werden muss. Um das Engagement der Bürger langfristig zu sichern, sollte die Kommune regelmäßige Updates und Erfolgsgeschichten kommunizieren und jährliche Events, Informationen und Dialogformate anbieten, um die Motivation und das Bewusstsein für das Thema Wärmeplanung hochzuhalten.

Damit auf Änderungen im Planungsprozess oder in der öffentlichen Meinung reagiert werden kann, sollte die Kommunikation anpassungsfähig und flexibel sein. Im Zuge der Verstetigung der Kommunalen Wärmeplanung sollten daher auch die Kommunikationsmaßnahmen regelmäßig evaluiert und bei Bedarf modifiziert werden. Dazu gehört die Auswertung der Resonanz auf Events, der Reichweite der Online-Angebote und der Medienberichterstattung. Das Konzept sollte fortlaufend optimiert werden, indem Rückmeldungen aus der Bevölkerung und von unterschiedlichen Akteuren Berücksichtigung finden.

14 Zusammenfassung

Alle Kommunen sind durch das Wärmeplanungsgesetz (WPG) verpflichtet, bis zur Mitte des Jahres 2028 eine Kommunale Wärmeplanung zu erstellen. Die Kommunale Wärmeplanung dient als strategisches Planungsinstrument zur Ermittlung von Ansätzen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis spätestens 2045. (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023)

Im Jahr 2023 hat die Stadt Bad Döben die Erstellung einer Wärmeplanung beschlossen, in der die Optionen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis zum kommunalpolitisch festgelegten Zieljahr 2045 untersucht werden. Der Stadtrat hat die Verwaltung, mit Beschluss vom 01.06.2023 (Beschlussvorlage Nr. 7-41-1092) mit der Erstellung einer Kommunalen Wärmeplanung beauftragt. Die Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung wird vom Projektträger Zukunft-Umwelt-Gesellschaft gGmbH (ZUG) finanziell gefördert (Förderkennzeichen: 67K26190).

Der große Mehrwert eines kommunalen Wärmeplans liegt darin, dass er den kommunalen Entscheidungsträgerinnen und -trägern sowie der Verwaltung mit ihren Fachabteilungen einen strategischen Fahrplan und Handlungsmöglichkeiten für eine erfolgreiche Wärmewende in den kommenden Jahrzehnten bietet.

Die Kommunale Wärmeplanung umfasst grundsätzlich vier zentrale Arbeitspakete: die Bestandsanalyse, die Potenzialanalyse, die Szenario-Entwicklung und die Wärmewende-Strategie mit Maßnahmen.

Bestandsanalyse

Ziel der Bestandsanalyse ist es, den aktuellen Wärmebedarf und den Wärmeverbrauch sowie die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen (THG) für die gesamte Kommune zu ermitteln. Dank der Datenerhebungsermächtigung im Klimaschutzgesetz sind reale Daten zum Energieverbrauch sowie Informationen über die vorhandenen Gebäudetypen, die Versorgungsstruktur aus Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und die dezentrale Wärmeversorgung von Wohn- und Nicht-Wohngebäuden verfügbar.

In der Analyse wurden insgesamt 5.987 Gebäude mit einer Gebäudegrundfläche von 864.833 m² ausgewertet. Von diesen weisen 1.990 Gebäude einen Wärmebedarf auf. Im Jahr 2024 betrug der Endenergieverbrauch für Wärme 109,4 GWh/a. Das entspricht pro Einwohner/inn 14 MWh/a und pro m² Gebäudenutzfläche 91,17 kWh/a. Dabei wird 81,9 % des Wärmebedarfs durch fossile Energieträger wie Erdgas und Heizöl gedeckt. Bereits 19,9 GWh/a der Wärmeversorgung stammen aus erneuerbaren Energien. In Bad Döben gibt es ein lokales Wärmenetz. 68,2 % des Endenergiebedarfs sind auf die Nutzungskategorie Wohnen zurückzuführen. Im Basisjahr ergeben sich insgesamt Treibhausgasemissionen von 24.575 Tonnen CO₂-Äquivalent für Wärme und Warmwasser. Im Hinblick auf die Bevölkerungszahl ergibt sich für den Wärmesektor ein Emissionskennwert von etwa 3,1 t pro Einwohner.

Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse werden die Einsparmöglichkeiten bei Energie durch Gebäude-sanierungen und Effizienzmaßnahmen im Bereich der Prozesswärme sowie die lokal verfügbaren Potenziale für klimaneutrale Energiequellen und Abwärme untersucht. Das Leitszenario zur Ermittlung der Einsparpotenziale verdeutlicht, dass durch eine Verbesserung des Wärmeschutzes von Gebäuden 26 % des Gesamtwärmeverbrauchs eingespart werden kann. Hierbei wurde eine Sanierungsrate von 2 % jährlich angenommen.

Eine Untersuchung der emissionsfreien Wärmequellen vor Ort zeigt, dass bedeutende Potenziale zu finden sind. Darunter Solarpotenzial für Photovoltaik von 186 GWh/a, Flussthermie in Höhe von 100 GWh/a, Biomasse mit in Summe 18 GWh/a in Kombination für Strom und Wärme, 229 GWh/a aus Windkraftanlagen und 381 GWh/a aus oberflächennaher Geothermie. Des Weiteren ist die Verwendung von zusätzlichen, Energiequellen wie Außenluftwärme möglich.

Szenario-Entwicklung

Das Klimaschutzgesetz definiert für die Kommunale Wärmeplanung das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Laut der Begründung des Gesetzes bedeutet dies, dass im Zieljahr durch die Wärmeversorgung keine Treibhausgasemissionen emittiert werden dürfen. Dieses „Zielszenario“ wird auf Grundlage der Ergebnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse entwickelt. Es soll veranschaulichen, welche Energieträger und Versorgungssysteme notwendig sind, um eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu gewährleisten. Dafür wurde auf Basis der Bestands- und Potenzialanalyse das bebaute Gebiet in 12 Quartiere unterteilt.

Im Zieljahr 2045 liegt der Endenergiebedarf für Wärme in Bad Dübén bei 59,92 GWh/a, wobei dieser Bedarf durch emissionsfreie Wärmequellen gedeckt werden muss. Dies verdeutlicht das Ausmaß des noch fortzusetzenden Transformationsprozesses, wenn davon ausgegangen wird, dass im Basisjahr etwa 19,9 GWh/a an erneuerbaren Energien verwendet wurden.

Im Zielszenario stellen Biomethan mit 33,7 %, Wärmepumpen mit 21,6 % (entspricht 49% Anteil Nutzenergie bei Wärmepumpen), Biomasse mit 31,3 % und Fernwärme mit erneuerbarer Energie mit 13,4 % Anteil am Endenergieverbrauch die zentralen Technologien zur Erzeugung von Wärme dar.

Im Zielszenario wurden für 12 Cluster räumlich verortete Empfehlungen in den Cluster-Steckbriefen erstellt, die der Kommune übergeben wurden. Darin enthalten sind die Empfehlungen, welche Energieversorgungssysteme, wie z.B. Wärmenetze oder dezentrale Heizungsanlagen und Energieträger zur Erreichung der Ziele umgesetzt werden sollten.

Wärmewende-Strategie mit Maßnahmen

Für das Projektgebiet wurde ein Energieplan erstellt. Dieser Plan beschreibt die Zielgrößen für jedes Quartier an benötigter Endenergie und der benötigten Versorgungsstruktur. Zusätzlich wurde die Transformation der Netze beschrieben. Für den Energieplan wurden folgende Themenschwerpunkte berücksichtigt und eingerechnet.

- Realisierung der Sanierungsleistung von kumuliert 28,4 GWh/a bis 2045
- Kontinuierlicher Ausstieg aus den Energieträgern: Heizöl, Flüssiggas, Braun- und Steinkohle
- Kontinuierlicher und vollständiger Umstieg auf Wärmepumpe oder Biomasse in allen dezentral versorgten Quartieren
- Kontinuierlicher Ausstieg aus dem Energieträger Gas (dezentrale Versorgung) in allen Quartieren mit Ausnahme von Quartier 1 und 2
- Kontinuierlicher Umstieg von Erdgas auf 100% Biomethan in den Quartieren 1 und 2 bis 2045
- Weiterführung der Transformation des bestehenden Wärmenetzes im Quartier 3 von 62% erneuerbarem Energieanteil in 2023 auf 100% in 2045 mit Hilfe von Biomethan
- Anschluss weitere Wärmenetzkunden im Quartier 3, um den Anteil Nutzenergie im Quartier von 43,6 % in 2024 auf 82% in 2045 zu erhöhen
- Versorgung mit Biomethan in Höhe von 28,25 GWh/a in 2045 für die Quartiere 1 - 3
- Ausbau Dachflächenphotovoltaik nach Berechnung aus dem Kapitel Potenziale
- Anschluss von 1 Windkraftanlage im November 2030
- Anschluss von 2 Windkraftanlagen im Juni 2031
- Anschluss von 2 Windkraftanlagen im Juni 2032
- Anschluss von 1 Windkraftanlage im August 2033

Auf Basis der Ergebnisse des Zielszenario sind Handlungsstrategien sowie ein Katalog mit achtzehn Maßnahmen erarbeitet worden. Die Maßnahmen wurden in Zusammenarbeit mit der Kommunalverwaltung entwickelt und sind detailliert in Steckbriefen beschrieben, die der Verwaltung bereitgestellt wurden. Folgende Maßnahmen wurden mit der Priorität hoch bewertet:

- Projektierung des Wärmenetzes im Quartier 3
- Eignungsprüfung von Photovoltaikanlagen auf kommunalen Gebäuden
- Ausbau von Photovoltaik mit verbindlicher Raumplanung
- Ausbau von Windkraftanlagen mit verbindlicher Raumplanung
- Wärmeplan beschließen und Gebietsausweisung planen

15 Ausblick

Die Kommunale Wärmeplanung stellt einen bedeutenden Meilenstein auf dem Weg zu einer nachhaltigen und klimafreundlichen Energieversorgung dar. Doch nach der Erstellung des Wärmeplans ist der Prozess keineswegs abgeschlossen. Nach der Wärmeplanung folgt die konkrete Umsetzung der identifizierten Maßnahmen. Dies umfasst meist rechtliche, technische und planerische Aspekte, erfordert eine sorgfältige Koordination und initiiert oft einen langjährigen und aufwändigen Prozess. Bei der Umsetzung und bei Änderungen von Versorgungsstrukturen sind die Machbarkeitsstudie und die daran anschließende detaillierte Projektplanung die entscheidenden Schritte, um die Durchführbarkeit des Projekts zu bewerten und im Detail auszuplanen, bevor die Projekte tatsächlich gebaut und umgesetzt werden. Dabei spielen unterschiedliche Aspekte eine Rolle. Um nur einige Beispiele zu nennen, können aufgeführt werden: die Standortanalyse mit Bodengutachten und Gutachten zur Bewertung der visuellen Auswirkung der Anlagen, insbesondere auf Baudenkmäler und geschützte Landschaften, die Umweltverträglichkeitsprüfung, das Immissionsschutzgutachten, die Wirtschaftlichkeitsanalyse, die Bestimmung, Auslegung und Ausplanung der technischen Spezifikationen, das Beteiligungsverfahren der Öffentlichkeit, die Sicherstellung der Finanzierung, Ausschreibungsverfahren, die Flächenausweisung, die Bauplanung sowie das Genehmigungsverfahren. Daraus ist zu erkennen, dass Maßnahmen, wie die Umsetzung eines Wärmenetzes, schon vor der baulichen Verwirklichung aufwendig sind und mehrere Jahre Vorlauf benötigen, bis mit deren baulicher Umsetzung tatsächlich begonnen werden kann.

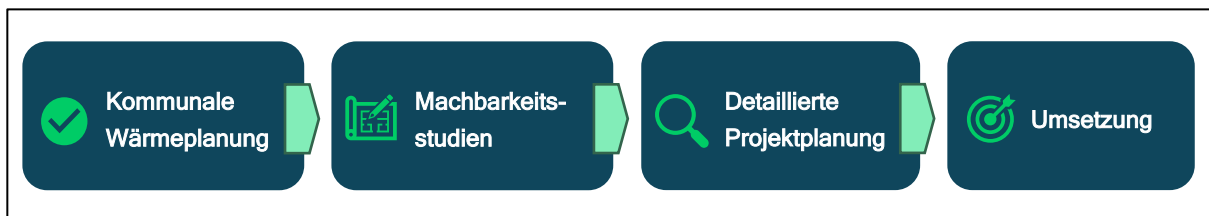


Abbildung 15-1: Die Schritte nach der Wärmeplanung für die Umsetzung von Versorgungsstrukturen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

Um den Erfolg der umgesetzten Maßnahmen zu gewährleisten, sind ein kontinuierliches Monitoring und eine regelmäßige Evaluierung notwendig. Dazu gehören die Erfassung und Analyse der tatsächlichen Energieeinsparungen im Vergleich zu den prognostizierten Werten sowie die Messung der erzielten CO₂-Einsparungen und deren Vergleich mit den Zielvorgaben. Bei Bedarf müssen Maßnahmen und Strategien angepasst werden, um die Effizienz und Wirksamkeit zu steigern.

„Mit Abstand am wichtigsten ist jedoch, die Kommunale Wärmeplanung als Startpunkt zu sehen, um eine klimaneutrale und resiliente Wärmeversorgung auch tatsächlich umzusetzen. Dazu braucht es starke Partner und viel Engagement. Das wünschen wir Ihnen und Ihrer Stadt Bad Döben.“ - Ihre Back2B Solution GmbH

16 Literaturverzeichnis

50HERTZ & VNB 2014

50Hertz & 110-kV-VNB: 10-Punkte-Programm Systemdienstleistungen, Berlin: 2014.

ABTEILUNG WASSERWIRTSCHAFT 2024

Landesregierung Brandenburg, Abteilung Wasserwirtschaft 1 (Hrsg.): Flussgebiet Untere Havel, Potsdam: 2024

<<https://pegelportal.brandenburg.de/flussgebiet.php?fgid=3&thema=karte>> - 19.06.2025

ADESSO 2025

Adesso AG: Marktkommunikation Energiewirtschaft Blog. < [Energiewirtschaft Archive - adesso business consulting Blog](#)> - Abruf: 12.01.2025

AGFW 2021

AGFW e. V. (Hrsg.): Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 1, Frankfurt am Main, 2021

AGORO, PROGNOSES & CONSENTEC 2022

Agora Energiewende, Prognos, Consentec: Klimaneutrales Stromsystem 2035. Wie der deutsche Stromsektor bis zum Jahr 2035 klimaneutral werden kann, Berlin, 2022

ANDERER, DUMONT, MASSMANN & KEUNEKE 2011

Anderer, P.; Dumont, U.; Massmann E.; Keuneke, R.: Wasserkraftnutzung in Deutschland: Wasserrechtliche Aspekte, ökologisches Modernisierungspotenzial und Fördermöglichkeiten, Aachen, 2011, <[Effiziente Maßnahmen und Kriterien zur Verbesserung des ökologischen Zustands an Wasserkraftanlagen - Teilprojekt 2: Aktualisierung des Wissensstandes in Bezug auf wasserrechtliche Regelungen und umgesetzte Maßnahmen an Wasserkraftanlagen](#)> - 18.06.2025

ARCHITEKTUR BLICKLICHT 2024

Seidel, M.: Kirchen in der Stadt Bad Düben, Leipzig, 2015, < [Kirchen in der Stadt Bad Düben \(Landkreis Nordsachsen\) > Artikel, Artikel & Berichte, Kirchen, Landkreis Nordsachsen, Sachsen](#)> - 30.06.2025

AUFLEGER & BRINKMEIER 2015

Aufleger, M.; Brinkmeier, B.: Wasserkraftanlagen mit niedrigen Fallhöhen, Innsbruck, 2015, <https://www.researchgate.net/profile/Barbara-Brinkmeier-2/publication/282478150_Wasserkraftanlagen_mit_niedrigen_Fallhoehen_-_Verschiedene_Konzepte_im_kritischen_Vergleich/links/56bb257408aebb3054a7dcaf/Wasserkraftanlagen-mit-niedrigen-Fallhoeehen-Verschiedene-Konzepte-im-kritischen-Vergleich.pdf?origin=publication_detail&tp=eyJjb250ZXh0ljp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uRG93bmxvYWQlLCJwcmV2aW91c1BhZ2UiOiJwdWJsaWNhdGlvbiJ9fQ&cfchl tk=5NUKeEbf0iVoZMb6dmDwRQ5y6CfwAdbW5s5GJfTbwiA-1740516705-1.0.1.1-9TZZkOTSfohS3hLuM6CKbw1u8y5dLc3PvZTPP1m37AI> - 23.05.2025

BDEW 2023

Bdew (Hrsg.): Installierte Leistung Photovoltaik in Deutschland bis 2045 - addierte Prognosen aus den sechs Regionalszenarien der Verteilnetzbetreiber 2023, Berlin, 2023, <https://www.bdew.de/media/documents/230629_Auswertung_VNB_Regionalszenarien_2023_PV_Yji0b9P.pdf> - 10.07.2025

BDEW 2025

Bdew (Hrsg.): Standardlastprofile Strom. <<https://www.bdew.de>> - Abruf: 13.01.2025

BFE 2007

Bundesamt für Energie Schweiz (Hrsg.): Schlussbericht Leitungen und Versorgungssicherheit, Bern: 2007.

BMWK & BMWSB 2024

Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) (Hrsg.): Leitfaden Wärmeplanung - Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche, Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin, 2024

BÖHM & TIETZ 2022

Böhm, J.; Tietz, A.: Abschätzung des zukünftigen Flächenbedarfs von Photovoltaik Freiflächenanlagen, Braunschweig, 2022, <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn065640.pdf> - 10.07.2025

BRANDENBURGISCHE ENERGIE TECHNOLOGIE INITIATIVE 2009

Brandenburgische Energie Technologie Initiative (ETI) (Hrsg.): Nutzung von Erdwärme in Brandenburg - Heizen und Kühlen mit oberflächennaher Geothermie - Ein Leitfaden für Bauherren, Planer und Fachhandwerker, Potsdam, 2009, <https://lbgr.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Nutzung%20von%20Erdw%C3%A4rme%20in%20Brandenburg%20Leitfaden_2009.pdf> - 09.07.2025

BSI 2025

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.): Smart Meter FAQ, Bonn: 2025. <<https://www.bsi.bund.de>> - Abruf: 12.01.2025

BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE 2025

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle - Bundesstelle für Energieeffizienz: Die Plattform für Abwärme, Eschborn, 2025

BUNDESFORSCHUNGSINSTITUT FÜR LÄNDLICHE RÄUME, WALD UND FISCHEREI 2024

Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (Hrsg.): Vierte Bundeswaldinventur (2022), Braunschweig, 2024, <<https://bwi.info/start.aspx>> - 13.07.2025

BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020

Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz (Hrsg.): Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden, Berlin, 2020, <<https://www.gesetze-im-internet.de/geg/>> - 07.07.2025

BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023

Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz (Hrsg.): Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz - WPG), Berlin; 2023, <<https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/BJNR18A0B0023.html>> - 07.07.2025

BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2024

Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz (Hrsg.): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023), Berlin, 2024, <https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html> - 05.07.202

BUNDESNETZAGENTUR 2024

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): Wasserstoff-Kernnetz, Bonn, 2024, <<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>> - 02.07.2025

.BUNDESVERB.AND GEOTHERMIE 2025

Bundesverband Geothermie e.V. (Hrsg.): Oberflächennahe Geothermie, Berlin, 2025, <<https://www.geothermie.de/geothermie/geothermische-technologien/oberflaechennahe-geothermie>> - 26.02.2025

BURI & KOBEL 2004

Buri, R.; Kobel, B.: Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen, Bern/Zürich, 2004, <https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Energieeffizienz/Abwasserwaermenutzung/Leitfaden_Ratgeber/Leitfaden_Waerme_aus_Abwasser.pdf> - 06.07.2025

DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR 2020

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.): Systemsicherheit 2050, Berlin: 2020. <<https://www.dena.de>> - Abruf: 12.01.2025

DEUTSCHER WETTERDIENST 2024

Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Rasterdaten der Jahressumme für die Globalstrahlung in kWh/m², Offenbach, 2024; <<https://cdc.dwd.de/portal/202209231028/mapview>> - 30.06.2025

DIE BUNDESREGIERUNG 2025

Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Die Bundesregierung (Hrsg.): Erfolgskontrolle für den Klimaschutz, Berlin, 2025, <<https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/datenschutzhinweis/transparenter-klimaschutz-1792144>> - 29.06.2025

DIGITECHNETZ 2024

Forschungsprojekt DigiTech.Netz: Ergebnisse, 2024.

DIN 18300 2019

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.); Deutschen Vergabe- und Vertragsausschuss für Bauleistungen: DIN 18300 - Erdarbeiten; Berlin, 2019

DIN 4108-2 2013

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz: DIN 4108-2, Berlin, 2013

DIN 4108 2018

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe - DIN 4108, Berlin, 2021

DIN EN 12831 2008

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Heizsysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Nationaler Anhang NA - DIN EN 12831 Beiblatt 1, Berlin, 2008

DIN EN 12831 2012

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Beiblatt 2: Vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung der Gebäude-Heizlast und der Wärmeerzeugerleistung - DIN EN 12831 Beiblatt 2, Berlin, 2012

DIN EN 12831 2017

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Teil 1: Raumheizlast, Modul M3-3 - DIN EN 12831-1, Berlin, 2017

DIN V 18599-10 2018

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten - DIN V 18599-10, Berlin, 2018

DIN V 18599 2019

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger: DIN V 18599-1:2018-9, Berlin, 2019

DITTMANN & ZSCHERNIG 1998

Dittmann, A. (Hrsg.); Zschernig, J. (Hrsg.), Gatzka, S.; Rasim, W.; Rühling, K.; Sander, S.; Stamer, J.; Tilgner, H.: Energiewirtschaft. ISBN-10: 3519063611, Stuttgart, 1998

DUFTER ET AL. 2017

Dufter et al.: Lastflexibilisierung Industrie, 10. Energiewirtschaftstagung, 2017.

EAWAG 2022

Eawag (Hrsg.): fact sheet - Wärmenutzung aus Seen und Fließgewässern, Dübendorf, Schweiz: 2022, <https://thermdis.eawag.ch/static/templates/files/Factsheet_Waermenutzung_2022_DE.pdf> - 18.06.2025

EGELKAMP, WETT & KALLERT 2021

Egelkamp, R.; Wett, L.; Kallert, A. M.: Potenzialstudie klimaneutrale Wärmeversorgung Berlin 2035, Kassel, 2021, <https://buenger-begehren-klimaschutz.de/wp-content/uploads/2021/10/Potenzialstudie_Berlin.pdf> - 12.07.2025

FEDERAL INSTITUTE FOR FOREST, SNOW AND LANDSCAPE RESEARCH 2020

Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (Hrsg.); Erni, M.; Burg, V.; Bont, L.; Thees, O.; Ferretti, M.; Stadelmann, G.; Schweizer, J.: Current (2020) and Long-Term (2035 and 2050) Sustainable Potentials of Wood Fuel in Switzerland, Birmensdorf, Switzerland, 2020

FECHNER 2020

Fechner, H.: Ermittlung des Flächenpotentials für den Photovoltaik-Ausbau in Österreich: Welche Flächenkategorien sind für die Erschließung von besonderer Bedeutung, um das Ökostromziel realisieren zu können, Wien, 2020, <https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2020/PV-Studie_2020.pdf> - 10.07.2025

FFE 2024

FfE (Hrsg.): Wärmepumpen an Fließgewässern - Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern, München, 2024, <<https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2024/04/Waermepumpen-an-Fließgewaessern.pdf>> - 09.07.2025

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2024

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Hrsg.): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende, Freiburg, 2024, <<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>> - 10.07.2025

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Hrsg.): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, Freiburg, 2025, <<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>> - 04.07.2025

GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011

Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Geothermie in Nordrhein-Westfalen, Krefeld, 2011, <https://www.gd.nrw.de/zip/broschuer_geothermie.pdf> - 12.07.2025

GOOGLE 2024

Google Ireland Limited (Hrsg.): Google Maps, Irland, 2024, <<https://www.google.com/maps>> - 10.05.2025

HABLE 2024

Hable, M.: Vorlesung Verteilnetzplanung, Dresden: 2024.

HEUCK, EUCK, DETTMANN & SCHULZ 2010

Heuck, K.; Dettmann, K.-D.; Schulz, D.: Elektrische Energieversorgung, 8. Auflage, Wiesbaden: 2010.

INSEK BAD DÜBEN 2019

Seecon Ingenieure GmbH (Hrsg.): Integriertes Stadtentwicklungskonzept (InSEK) Bad Düben 2030, Leipzig, 22.03.2019, <https://www.bad-dueben.de/fileadmin/user_upload/Rathaus/Stadtentwicklung_und_BPlaene/INSEK_Bad_Dueben.pdf> - 13.05.2025

IWU 2010

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (Hrsg.): Datenbasis Gebäudebestand - Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand, Darmstadt, 2010

LANDESAMT FÜR BERGBAU, GEOLOGIE UND ROHSTOFFE BRANDENBURG 2024

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (Hrsg.): GeoPortal LBGR Brandenburg, Cottbus, 2024, <<https://geo.brandenburg.de/>> - 01.07.2025

LANDESAMT FÜR UMWELT BRANDENBURG 2024

Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU) (Hrsg.): Seen im Land Brandenburg, Frankfurt (Oder), 2024, <<https://geoportal.brandenburg.de/detailansichtdienst/render?url=https://geoportal.brandenburg.de/gs-json/xml?fileid=D9C4E283-00C3-42A2-9F1F-15BFD6A40B55>> - 03.07.2025

LANDESVERMESSUNG UND GEOBASISINFORMATION BRANDENBURG 2016

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB): WMS BB-BE DOP20c Cache. Potsdam, 2016, <<https://geoportal.brandenburg.de/detailansichtdienst/render?url=https://geoportal.brandenburg.de/gs-json/xml?fileid=7a503f0f-db46-4772-80e3-b27733fd7acd>> - 20.07.2025

LEIBNIZ-INSTITUT & BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN 2013

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (Hrsg.); Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.): Untersuchungswürdige Gebiete für eine CO₂-Einlagerung und Gesamtheit hydro- und petrothermischer Potenziale (Kompilation der Karten A-C) für Geothermie, Braunschweig, 2013

MAPBOX 2024

Mapbox, Washington, 2024 <<https://www.mapbox.com/>> - 10.05.2025

MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT 2018

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (Hrsg.): Ergebnisse der ersten Landesweiten Waldinventur 2013 im Land Brandenburg, Eberswalde, 2018, <<https://forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/efs66.pdf>> - 03.07.2025

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND KLIMASCHUTZ 2023

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) (Hrsg.): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, Potsdam, 2023, <<https://lfu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/C-Bericht-WRRL.pdf>> - 08.07.2025

MINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2010

Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (Hrsg.): Biomassestrategie des Landes Brandenburg, Potsdam, 2010, <<https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Biomassestrategie.pdf>> - 10.07.2025

NETZGESELLSCHAFT BERLIN-BRANDENBURG 2020

Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg: Micro Smart Grid - Projektbericht, Berlin: 2020.

NIEDERSÄCHSISCHER LANDKREISTAG & STÄDTE- UND GEMEINDEBUND 2022

Niedersächsischer Landkreistag (Hrsg.); Niedersächsischer Städte- und Gemeindebund (Hrsg.); Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz: Planung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Niedersachsen, Hinweise und Empfehlungen aus der Perspektive der Raumordnung, Hannover; 2022, <https://www.ml.niedersachsen.de/download/189442/Arbeitshilfe_Solarplanung_nicht_vollstaendig_barrierefrei_.pdf> - 10.07.2025

NPRO.ENERGY 2025

NRPO Energy: Lastprofile für Wohngebäude, <<https://www.npro.energy>> - Abruf: 13.01.2025

OPENSTREETMAP 2024

OpenStreetMap Stiftung: OpenStreetMap. Cambridge, 2024,
<<https://www.openstreetmap.org/>> - 01.05.2025

PLANUNGSGEMEINSCHAFT ODERLAND-SPREE 2020

Regionale Planungsgemeinschaft Oderland-Spree (Hrsg.): Planungshilfe Freiflächen-
Photovoltaikanlagen, Beeskow, 2020, <https://www.rpg-oderland-spree.de/sites/default/files/downloads/202311_OLS_Planungshilfe_FF-PVA_3_1.pdf> -
02.07.2025

POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG 2021

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (Hrsg.): Deutschland auf dem Weg zur
Klimaneutralität 2045, Potsdam, 2021,
<https://ariadneprojekt.de/media/2021/10/Ariadne_Szenarienreport_Oktober2021_Kapitel3_Waermewende.pdf> - 02.07.2025

POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG 2024

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (Hrsg.): Fokusreport Wärme und Wohnen:
Zentrale Ergebnisse aus dem Ariadne Wärme- & Wohnen-Panel 2023, Potsdam, 2024,
<https://ariadneprojekt.de/media/2024/09/Ariadne-Report_Waermepanel2023_September2024.pdf> - 12.07.2025

PROGNOS, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut: Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie
Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Berlin, 2021

REUTHER & KOST 2024

Reuther, T.; Kost, C., Dr.: Photovoltaik- und Batteriespeicherzubau in Deutschland in
Zahlen - Auswertung des Marktstammdatenregisters Stand Februar 2024, Freiburg, 2024,
<<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/2024-02-photovoltaik-und-batteriespeicherzubau-in-deutschland.pdf>> - 03.07.2025

RUDOLF HÖRMANN GMBH & Co. KG 2025

Rudolf Hörmann GmbH & Co. KG (Hrsg.): Parkplatzüberdachung - Welchen Mehrwert haben überdachte Parkplätze mit Photovoltaik?, Buchloe, 2025, <<https://www.hoermann-info.de/photovoltaik/parkplatzueberdachung>> - 21.06.2025

SACHSEN 2025

Sächsische Staatskanzlei, Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Klimaschutz (Hrsg.): Kabinett beschließt sächsische Verordnung zur Wärmeplanung, Dresden, 2025, <<https://medienservice.sachsen.de/medien/news/1088478>> - 02.07.2025

SACHSENNETZE 2024

SachsenNetze GmbH: Netzausbauplan 2024, Dresden: 2024. <<https://www.sachsen-netze.de>> - Abruf: 12.01.2025

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE 2025

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.): Aktuelle Wasserstände, Dresden: 2025. <<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/hwims/portal/web/wasserstand-pegel-560051>> - Abruf: 12.01.2025

SCHABBACH & LEIBBRANDT 2021

Schabbach, T.; Leibbrandt, P.: Solarthermie - Wie Sonne zu Wärme wird. 2. Auflage. ISBN 978-3-662-59487-2, Berlin, 2021

SMART ENERGY 2023

Smart Energy for Europe Platform (SEFEP) gGmbH (Hrsg.): Solarstrom vom Dach: das Energiewendepotenzial auf Deutschlands Gebäuden, Berlin, 2023, <https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-16_DE_Dach-PV-Potenzial/2023-16_DE_Dach-PV-Potenzial_Dokumentation.pdf> - 03.06.2025

STATISTA 2024

Statista (Hrsg.): Entwicklung des CO₂-Emissionsfaktors für den Strommix in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2023, Hamburg, 2024, <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strommix-in-deutschland-seit-1990/#professional>> 01.07.2025

STEINBACH 2022

Steinbach (Hrsg.) "Leiter der Bürgerbeteiligung", Wien, 2022, <<https://www.steinbach.wien/2022/arnsteins-leiter-der-buergerbeteiligung/>> 05.06.2025

STRÖBELE 2024

Ströbele AG (Hrsg.): Heizen wir bald mit Seewärme?, Romanshorn, 2024, <<https://seeblick.localpoint.ch/2024051/heizen-wir-bald-mit-seewaerme>> - 23.06.2025

UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024

Department for Energy Security & Net Zero; Department for Environment Food & Rural Affairs: UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting, London, 2024

VESTAS WIND SYSTEMS A/S 2024

Vestas Wind Systems A/S (Hrsg.): EnVentus™ Plattform. Aarhus, Denmark, 2024, <https://www.vestas.de/content/dam/vestas-com/de/anlagentechnologie/EnVentus-Plattform_Q1-2022_VestasBrochure_DE_WEB.pdf.coredownload.inline.pdf> - 21.06.25

VDI 2019

VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.): VDI 4640 - Beiblatt 2, Düsseldorf, 2019

VDI 4640 2019

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU): Thermische Nutzung des Untergrunds Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen - VDI 4640 Blatt 2, Düsseldorf, 2019

WAGNER, ROUVEL & SCHÄFER 1999

Wagner, H.-J.; Rouvel, J.; Schäfer, M.: Nutzung regenerativer Energie, 1999

WASSERSTOFFNETZ FÜR DEUTSCHLAND

Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Die Bundesregierung (Hrsg.):
Wasserstoffnetz für Deutschland - Ausbau und Finanzierung, 28.02.2024,
<<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/energiewirtschaftsgesetz-2240764>>
- 25.05.2025

WEGWEISER KOMMUNE

Bertelsmann Stiftung (Hrsg.): Kommunale Daten für eine innovative Zukunft,
<<https://www.wegweiser-kommune.de/>> - 13.05.2025

WETTINGFELD ET AL. 2023

Wettingfeld, Martin, Collmer: Redispatch im deutschen Stromsystem, 2023.

ZELLSYS 2024

Forschungsprojekt ZELLSYS: Zwischenbericht, Dresden: 2024.

ZELLSYS 2025

Forschungsprojekt ZELLSYS: Simulationsergebnisse, Dresden: 2025.

17 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Ziel von Deutschland zur Klimaneutralität (DIE BUNDESREGIERUNG 2025).....	9
Abbildung 3-2: Kommunale Wärmeplanung (BMWK & BMWSB 2024).....	10
Abbildung 4-1: Kommunale Wärmeplanung (BMWK & BMWSB 2024).....	11
Abbildung 4-2: Ablauf und Phasen einer Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)	12
Abbildung 5-1: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)	24
Abbildung 5-2: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG BACK2B SOLUTION GMBH)	28
Abbildung 5-3: Aufbereitungs- und Abstraktionsstufen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)	29
Abbildung 5-4: Lage und Verortung des Projektgebietes (ARCHITEKTUR BLICKLICHT 2024)...	31
Abbildung 5-5: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen	32
Abbildung 5-6: Baublöcke nach BSKO-Sektoren (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)	33
Abbildung 5-7: Gebäudebestand nach BSKO-Sektoren.....	34
Abbildung 5-8: Anzahl der wärmeversorgten Gebäude nach Baualtersklassen und BSKO-Sektoren	34
Abbildung 5-9: Baublöcke nach Baualtersklassen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)	35
Abbildung 5-10: Sanierungsstand im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)	36
Abbildung 5-11: Gasnetz im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024).....	37
Abbildung 5-12: Stromnetz im Projektgebiet (Mittelspannungsebene; MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)	38
Abbildung 5-13: Energieformen von der Entstehung bis zur Nutzung (Darstellung der Back2B Solution GmbH)	39
Abbildung 5-14: Wärmebedarf (Nutzenergie & Endenergie) nach BSKO-Sektoren (interne Berechnungen).....	40
Abbildung 5-15: Strom- und Gesamtenergiebedarf (Endenergie) nach BSKO-Sektoren (interne Berechnungen)	41
Abbildung 5-16: Einteilung der Gebäude nach Versorgungsart (interne Berechnungen)	41
Abbildung 5-17: Heatmap (Wärmebedarf, Nutzenergie, interne Berechnungen)	42

Abbildung 5-18: Wärmebedarf (Nutzenergie) pro Meter Straßenabschnitt (interne Berechnungen).....	43
Abbildung 5-19: Baublockbezogene Darstellung des Wärmebedarfs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024).....	44
Abbildung 5-20: Baublockbezogene Darstellung der Wärmedichte (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024).....	45
Abbildung 5-21: Wärmeverbrauch 2024 (Endenergie) nach Energieträgern (interne Berechnungen).....	46
Abbildung 5-22: Baublockbezogene Darstellung des Wärmeverbrauchs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024).....	48
Abbildung 5-23: Baublockbezogene Darstellung der Energieträger (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024).....	49
Abbildung 5-24: Energiebilanz Wärme (interne Berechnungen).....	50
Abbildung 5-25: Treibhausgasbilanz Wärme (interne Berechnungen; BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020; STATISTA 2024; UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024; AGFW 2021; PROGNOSE, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021; AGORO, PROGNOSE & CONSENTEC 2022).....	51
Abbildung 5-26: Baublockbezogene Darstellung der THG-Emissionen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024).....	52
Abbildung 6-1: Bevölkerungsentwicklung im Projektgebiet	54
Abbildung 6-2: Sanierungspotenzial durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden sowie in industriellen oder gewerblichen Prozessen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)	56
Abbildung 6-3: Endenergieverbrauch nach Sanierung inkl. Bevölkerungsentwicklung	59
Abbildung 6-4: Erneuerbare Energien von der Quelle zum Energieträger in Anlehnung an WAGNER, ROUVEL & SCHÄFER 1999.....	60
Abbildung 6-5: Potenziale in der Wärmeplanung (Darstellung der Back2B Solution GmbH)	62
Abbildung 6-6: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024).....	63
Abbildung 6-7: Potenzialflächen im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)	65
Abbildung 6-8: Preisgrößen für PV-Strom (Quelle: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025).....	67
Abbildung 6-9: Jahresbezogene Globalstrahlung im Projektgebiet (DEUTSCHER WETTERDIENST 2025)	68
Abbildung 6-10: Beispiele für Agri-Photovoltaik (FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2024).....	70

Abbildung 6-11: Satellit (GOOGLE 2024) ggü. Globalstrahlung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)	72
Abbildung 6-12: Umsetzungsquote Photovoltaik auf Dachflächen.....	74
Abbildung 6-13: Theoretische COP-Werte von Wärmepumpen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)	75
Abbildung 6-14: Prinzipdarstellung zur Nutzung hydrothermischer Umgebungswärme (STRÖBELE 2024)	77
Abbildung 6-15: Die Veränderung der Temperatur in Abhängigkeit von der Tiefe und den Jahreszeiten (BRANDENBURGISCHE ENERGIE TECHNOLOGIE INITIATIVE 2009).....	86
Abbildung 6-16: Technologieüberblick oberflächennahe Geothermie (GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011)	87
Abbildung 6-17: Technologieüberblick tiefe Geothermie (GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011)	89
Abbildung 6-18: Gegenüberstellung der Gesamtverbräuche zu den Gesamtpotenzialen	94
Abbildung 7-1: Ausschnitte aus Beispielquartieren (GOOGLE 2024)	97
Abbildung 7-2: Quartiere im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)	99
Abbildung 9-1: Anteil Fokusgebiete am heutigen Treibhausgasausstoß.	106
Abbildung 9-2: Fokusgebiete und deren Versorgung 2045 (Endenergie, interne Berechnungen)	107
Abbildung 9-3: Endenergieverbrauch heute und im Jahr 2045 (interne Berechnungen)	108
Abbildung 9-4: Entwicklung Endenergieverbrauch absolut bis 2045 (interne Berechnungen)	109
Abbildung 9-5: Entwicklung Endenergieverbrauch prozentual bis 2045 (interne Berechnungen)	110
Abbildung 9-6: Entwicklung Treibhausgasemissionen bis 2045 (interne Berechnungen) ...	111
Abbildung 9-7: Verortung der Prüfgebiete für Biomethan 2045 (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)	114
Abbildung 9-8: Verortung der Fokusgebiete 2045 (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)	117
Abbildung 9-9: Zusätzlicher Leistungsbedarf und Außentemperatur (interne Berechnungen)	120

Abbildung 9-10: Nutzungsanteile der zusätzlich benötigten Anschlussleistung im Wärmesektor des gesamten Projektgebietes ohne Wärmenetze (Niederspannungsebene, interne Berechnungen)	121
Abbildung 9-11: Nutzungsanteile der zusätzlich benötigten Anschlussleistung für Photovoltaik auf Dächern im gesamten Projektgebiete (Niederspannungsebene, interne Berechnungen)	123
Abbildung 9-12: Stromerzeugung im Projektgebiet (interne Berechnungen)	124
Abbildung 9-13: Eigenanteil der Stromerzeugung im Verhältnis zum Stromverbrauch (interne Berechnungen)	125
Abbildung 9-14: Fossile und erneuerbare Anteile am Endenergieverbrauch bis 2045 (interne Berechnungen)	127
Abbildung 11-1: Organigramm der Kommune	141
Abbildung 12-1: Arnsteins „Leiter der Bürgerbeteiligung“ (STEINBACH 2022)	145
Abbildung 15-1: Die Schritte nach der Wärmeplanung für die Umsetzung von Versorgungsstrukturen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)	153

18 Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Öffentliche und private Bereiche	16
Tabelle 4-2: Zielgruppenanalyse.....	18
Tabelle 5-1: Übersicht der erhobenen Daten und Quellen.....	25
Tabelle 6-1: Einfluss auf den Endenergieverbrauch durch die Bevölkerungsentwicklung (interne Berechnung)	55
Tabelle 6-2: Zusammenfassung des Sanierungspotenzial (interne Berechnung)	58
Tabelle 6-3: Sanierungspotenzial inkl. Bevölkerungsveränderung (interne Berechnung)	58
Tabelle 6-4: Potenzialflächen - Gras- und Grünland (GIS-basiert).....	64
Tabelle 6-5: Potenzialflächen - Agrarland (GIS-basiert)	64
Tabelle 6-6: Potenzialflächen - Wald (GIS-basiert).....	66
Tabelle 6-7: Potenzialflächen - Dach (GIS-basiert & interne Berechnung)	66
Tabelle 6-8: Bevorzugte Freiflächenstandorte für Solar (Quellen PLANUNGSGEMEINSCHAFT ODERLAND-SPREE 2020, NIEDERSÄCHSISCHER LANDKREISTAG & STÄDTE- UND GEMEINDEBUND 2022 UND BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2024)	69
Tabelle 6-9: Solarpotenzial auf Gras- und Grünlandflächen (interne Berechnung).....	70
Tabelle 6-10: Solarpotenzial auf Agrarflächen (interne Berechnung)	71
Tabelle 6-11: Solarpotenzial auf Dachflächen (interne Berechnung).....	72
Tabelle 6-12: Zusammenfassung der Solarpotenziale	74
Tabelle 6-13: Flussthermiepotenzial bei 4.000 Betriebsstunden im Jahr (interne Berechnung)	78
Tabelle 6-14: Biomassepotenzial aus Agar- und Grünlandflächen (interne Berechnung)	80
Tabelle 6-15: Biomassepotenzial aus Waldflächen (interne Berechnung)	81
Tabelle 6-16: Zusammenfassung des Windkraftanlagenpotenzial	83
Tabelle 6-17: Potenzial von Erdwärmesonden bei 2.400h Betriebsstunden pro Jahr (interne Berechnung).....	88
Tabelle 6-18: Zusammenfassung der Potenziale	93
Tabelle 6-19: Technologievergleich der Potenziale zur zentralen Wärmeversorgung.....	95
Tabelle 7-1: Quartiersübersicht (interne Berechnungen).....	100
Tabelle 8-1: Szenario 1: Klimaaoptimal mit Individuallösungen 2045 (interne Berechnungen)	102

Tabelle 8-2: Szenario 2: Individualszenario mit Wärmenetz (interne Berechnungen)	103
Tabelle 8-3: Zielszenario (interne Berechnungen).....	105
Tabelle 9-1: Emissionsfaktoren (interne Berechnungen, BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020; STATISTA 2024; UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024; AGFW 2021; PROGNOSE, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021; AGORO, PROGNOSE & CONSENTEC 2022).....	111
Tabelle 9-2: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Versorgungsstruktur	128
Tabelle 9-3: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Informieren und Weiterbilden.....	129
Tabelle 9-4: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Energiebedarf reduzieren	129
Tabelle 9-5: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Prozesse und Weiteres.....	130
Tabelle 10-1: Energiekosten am Beispiel eines Effizienzhauses (interne Berechnungen)..	131
Tabelle 10-2: Energiekosten am Beispiel eines Altbaus (interne Berechnungen).....	132
Tabelle 10-3: Vollkostenrechnung am Beispiel eines Effizienzhauses (interne Berechnungen)	133
Tabelle 10-4: Vollkostenrechnung am Beispiel eines Altbaus (interne Berechnungen)	133

19 Abkürzungsverzeichnis

a - Jahr

ALKIS - Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem

BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz

BISKO - Bilanzierungs-Systematik Kommunal

BNetzA - Bundesnetzagentur

CO₂ - Kohlenstoffdioxid

COP - Coefficient Of Performance

DGM - digitales Geländemodell

DIN - Deutsches Institut für Normung

DOM - digitales Oberflächenmodell

DSGVO - Datenschutz-Grundverordnung

EfM - Erntefestmeter

FFH - Fauna-Flora-Habitat-Gebiete

FNP - Flächennutzungsplan

FS - Freifläche Solar

GEG - Gebäudeenergiegesetz

GHD - Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

GmbH - Gesellschaft mit beschränkter Haftung

GWh - Gigawattstunde

ha - Hektar

HRB - Handelsregister Abteilung B (Kapitalgesellschaften)

infas - Institut für angewandte Sozialwissenschaft

KWK - Kraft-Wärme-Kopplung

KWh - Kilowattstunde

LSG - Landschaftsschutzgebiet

m² - Quadratmeter

MaStR - Marktstammdatenregister

MWh - Megawattstunde

PVT - Photovoltaisch-Thermischer Sonnenkollektor

PV - Photovoltaik

ROI - Return on Investment

THG - Treibhausgas

TWh - Terrawattstunde

VDI - Verein Deutscher Ingenieure

Vfm - Vorratsfestmeter

VSG - Vogelschutzgebiet

WKA - Windkraftanlage

WMS - Web Map Service

WP - Windpark

WPG - Wärmeplanungsgesetz