Fachgutachten
Kommunale Wärmeplanung
Gemeinde Bestensee

1 Projektpartner 5
2 Grußwort 6
3 Einleitung 7
4 Kommunale Wärmeplanung 9
4.1 Das Planungsinstrument 9
4.2 Methodik und Projektmanagement 10
4.3 Öffentlichkeitsbeteiligung und Kommunikation 13
4.4 Akteursbeteiligung 17
5 Bestandsanalyse 18
5.1 Eignungsprüfung 19
5.1.1 Wärmenetzeignung 19
5.1.2 Wasserstoffnetzeignung 20
5.1.3 Biomethannetzeignung 20
5.2 Datenerhebung 21
5.2.1 Daten der Netzbetreiber 24
5.2.2 Daten der Schornsteinfeger 24
5.2.3 Daten der Kommune 25
5.2.4 Großverbraucher 25
5.2.5 Marktstammdatenregister 25
5.3 Datenverarbeitung 26
5.4 Ergebnisse der Bestandsanalyse 28
5.4.1 Struktur der Kommune 28
5.4.2 Energieinfrastruktur 35
5.4.3 Energiebedarf 35
5.4.4 Energieverbrauch 42
5.4.5 Heutige Endenergie- und Treibhausgasbilanz 46
6 Potenzialanalyse 49
6.1 Bevölkerungsentwicklung 49
6.2 Sanierungspotenzial 51
6.3 Erneuerbare Energien 56

6.3.1 Potenzialflächen ... 58
6.3.2 Solarstrahlung ... 63
6.3.2.1 Nutzung von Freiflächen ... 66
6.3.2.2 Nutzung von Agrarflächen ... 66
6.3.2.3 Nutzung von Privilegflächen ... 67
6.3.2.4 Nutzung von Dachflächen ... 68
6.3.2.5 Zusammenfassung Solarpotenzial ... 70
6.3.3 Umgebungswärme ... 71
6.3.3.1 Aerothermische Umgebungswärme ... 73
6.3.3.2 Hydrothermische Umgebungswärme mit Flussthermie ... 74
6.3.3.3 Hydrothermische Umgebungswärme mit Seethermie ... 75
6.3.4 Biomasse und Reststoffe ... 76
6.3.4.1 Reststoffe ... 76
6.3.4.2 Biomasse von Agrar- und Grünlandflächen ... 76
6.3.4.3 Biomasse aus Waldflächen ... 77
6.3.5 Windkraft ... 78
6.3.6 Wasserkraft ... 78
6.3.7 Geothermie ... 80
6.3.7.1 Oberflächennahe Geothermie ... 81
6.3.7.2 Tiefe Geothermie ... 85
6.3.8 Unvermeidbare Abwärme ... 86
6.3.8.1 Abwärme aus Wirtschaftsprozessen ... 86
6.3.8.2 Abwasserwärme ... 87
6.3.9 Wärmespeicher ... 88
6.4 Zusammenfassung der Potenziale ... 89
7 Quartiere ... 92
7.1 Kriterien der Gebietseinteilung ... 92
7.2 Quartiersübersicht ... 95
8 Szenarien ... 99
8.1 Szenario 1: Klimaoptimal mit Individuallösungen ... 100

8.2 Szenario 2: Investitionsoptimal ... 101
8.3 Zielszenario: Klima-Investitions-Kompromiss ... 102
9 Wärmewende ... 103
9.1 Fokusgebiete ... 103
9.2 Energieplan Bestensee ... 105
9.2.1 Endenergiebilanz ... 105
9.2.2 Treibhausgasbilanz ... 108
9.2.3 Netze ... 109
9.3 Maßnahmen ... 111
9.3.1 Eignungsprüfung von Photovoltaikanlagen auf kommunalen Gebäuden ... 112
9.3.2 Ausbau Photovoltaik mit verbindlicher Raumplanung ... 113
9.3.3 Wärmeplan beschließen und Gebietsausweisung planen ... 113
10 Controlling-Konzept ... 114
10.1 Verpflichtung nach dem Wärmeplanungsgesetz ... 114
10.2 Monitoring ... 115
11 Verstetigungs-Strategie ... 117
11.1 Rollierende Fortschreibung ... 117
11.2 Implementierung in die kommunalen Verwaltungsstrukturen ... 117
11.3 Politische Implementierung ... 119
11.4 Interkommunale Zusammenarbeit ... 120
12 Kommunikations-Konzept ... 121
13 Ausblick ... 127
14 Literaturverzeichnis ... 128
15 Abbildungsverzeichnis ... 140
16 Tabellenverzeichnis ... 144
17 Abkürzungsverzeichnis ... 146

1 Projektpartner

Dieses Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Bestensee der Back2B Solution GmbH durchgeführt.

Auftraggeber

Gemeinde Bestensee
Eichhornstraße 4-5
15741 Bestensee

Auftragnehmer

Back2B Solution GmbH
Leipziger Straße 9
06766 Bitterfeld-Wolfen OT Wolfen

(+49 3494) 699 93 41
mailto:kontakt@back2b-solution.com
https://www.back2b-solution.com/

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

Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

http://www.klimaschutz.de/

Die vorliegende kommunale Wärmeplanung darf ausschließlich unter Nennung der Gemeinde Bestensee 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 Gemeinde Bestensee 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 Gemeinde Bestensee 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.

2 Grußwort

Liebe Bürgerinnen und Bürger der Gemeinde Bestensee,

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 Gemeinde arbeiten.

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

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 Gemeinde 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 Bestensee arbeiten. Ihre Meinung und Ihr Engagement sind dabei von unschätzbarem Wert, um unsere Gemeinde zu einem Vorbild in Sachen Klimaschutz und Energieeffizienz zu machen. Lassen Sie uns gemeinsam daran arbeiten, Bestensee 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 Bürgermeister Roland Holm

3 Einleitung

In Anbetracht der Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls und der Zielsetzung des Pariser Abkommens, die globale Erwärmung auf maximal 2° Celsius über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, hat Deutschland eine aktive Rolle im Klimaschutz übernommen. Die UN-Klimakonferenz in Paris im Winter 2015, bei der ein Nachfolgeabkommen zum Kyoto-Protokoll (mit dem Ziel, weltweit verbindliche Klimaziele festzulegen) beschlossen wurde, hat die weltweite Verpflichtung zu mehr Klimaschutz auf nationaler Ebene bestätigt. Zugleich ist es evident, dass die Klimaschutzziele nur dann erreichbar sind, wenn vor Ort konkrete Initiativen und Projekte zum Klimaschutz ins Leben gerufen und umgesetzt werden.

Temperaturanstiege, schmelzende Gletscher und Pole, der ansteigende Meeresspiegel, Wüstenbildung und Bevölkerungswanderungen sind weltweit als Folgen des Klimawandels zu beobachten. Das Ausmaß der von der Erwärmung abhängigen Szenarien ist derzeit zwar kaum absehbar, doch die Auswirkungen des Klimawandels sind auch in Deutschland deutlich zu beobachten. Dies zeigen die zunehmende Zahl extremer Wetterereignisse, die Ausbreitung wärmeliebender Tierarten sowie die kontinuierlich steigende jährliche Durchschnitts-temperatur.

Die Bundesregierung hat vor diesem Hintergrund gesetzlich im Bundes-Klimaschutzgesetz bereits im Dezember 2019 festgelegt, dass der bundesweite Ausstoß von Kohlenstoffdioxid bis 2030 um 65 Prozent und bis 2040 um 88 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 reduziert werden soll. Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2045 treibhausgasneutral zu werden.

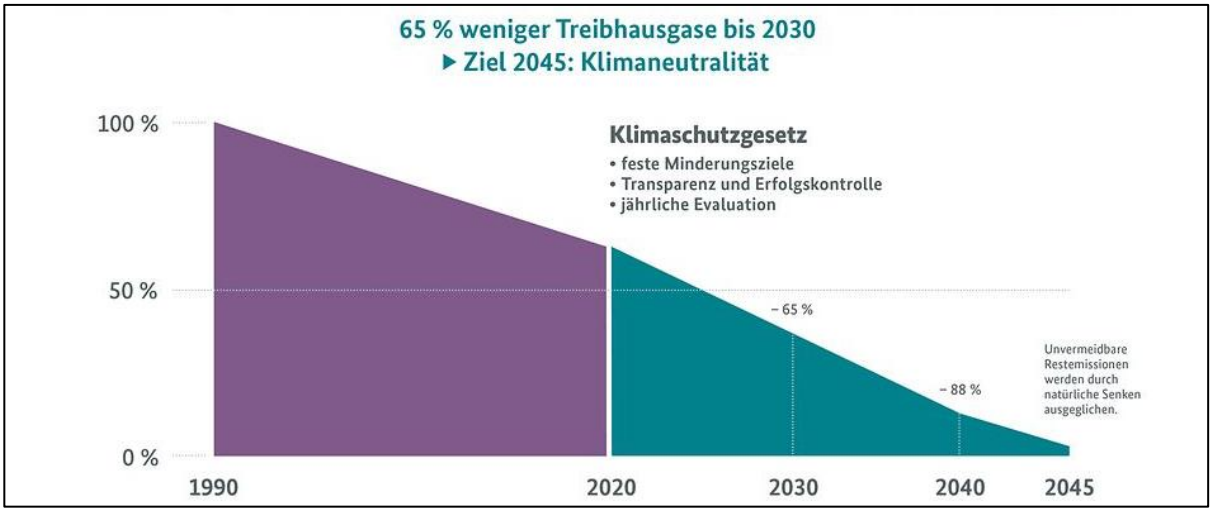


Abbildung 3-1: Ziel von Deutschland zur Klimaneutralität (DIE BUNDESREGIERUNG 2025)

Außerdem hat Deutschland auf dem UN-Klimaschutzgipfel in New York seine Absicht bekundet, bis 2045 Treibhausgasneutralität als langfristiges Ziel anzustreben (BMU 2019). Vor allem soll dies durch einen Ausbau der erneuerbaren Energien sowie durch eine Erhöhung der Energieeffizienz realisiert werden.

Darauf aufbauend trat das „Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“, kurz Wärmeplanungsgesetz (WPG) am 1. Januar 2024 in Kraft. Es verfolgt das Ziel, die Wärmeversorgung in Deutschland klimaneutral zu gestalten und den Einsatz erneuerbarer Energien sowie unvermeidlicher Abwärme zu unterstützen – getreu dem Leitspruch: Energiewende durch Wärmewende.

Für die Umsetzung der Wärmeversorgung ist es von entscheidender Bedeutung technologie-offen vorzugehen. Dies bedeutet, unterschiedliche Quellen zu prüfen und zu verwenden, bestehende Strukturen weiter zu nutzen und an geeigneten Stellen auszubauen bzw. zu erweitern.

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 Gemeindeverwaltung 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 (Gemeindegebiete mit über 100.000 Einwohnern) vorliegen, und bis zum 30. Juni 2028 für Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohnern. (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023)

Abbildung 4-1: Kommunale Wärmeplanung (BMWK & BMWSB 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:

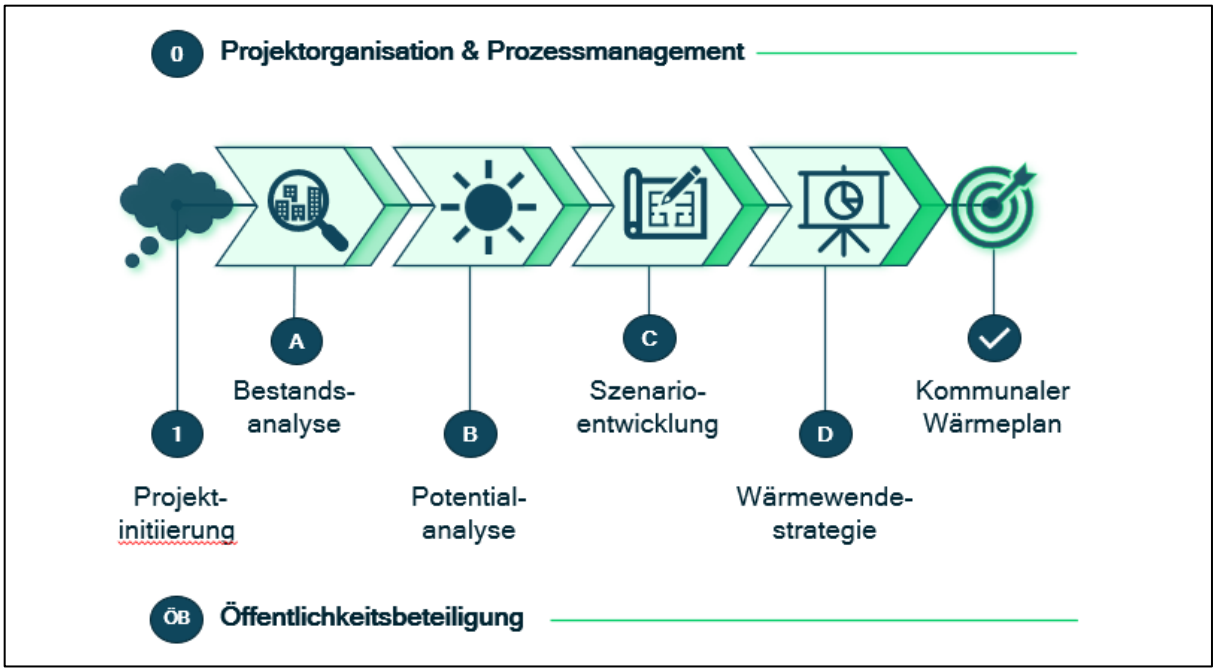


Abbildung 4-2: Ablauf und Phasen einer Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

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 Wärmeerzeugung 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 Gemeindegebiet 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 Gemeindevertretung 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 Gemeinde Bestensee 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 Gemeinde 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
• Überregionale, regionale und lokale Politik • Verwaltung • Stadt- und Gemeindevertretung • Fachausschüsse	• 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 Gemeindevertretung 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 • Netzbetreiber für Strom • Netzbetreiber für Wärme • Netzbetreiber für Gas (Wasserstoff, Erdgas, Biogas) • Lieferanten für Biomasse und Biogas • Lieferanten für Wasserstoff	• 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 • Wohnungsgesellschaften • Wohnungseigentümergemeinschaften • private Vermieter • institutionelle Vermieter • Immobilienentwickler • Eigenheimbesitzer • Mieter • Hausverwaltungen • Handwerker • Energieberater	• Vorschriften seitens GEG kennen und einhalten • Möglichkeiten zur klimaneutralen Wärme-versorgung • Sanierungspotenziale umsetzen • Aufklärung richtig heizen / lüften • Kundenberatung zu den Möglichkeiten die GEG-Vorgaben zum EE-Anteil einzuhalten • individueller Sanierungsfahrplan • Finanzierbarkeit sicherstellen • Förderungen beantragen
Verwaltungsebenen • Kommunen • Landkreis • Evtl. Regierungsbezirke • Bundesland	• 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 Gemeindeverwaltung 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 Wärmeverbünden 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 werden die Daten der Bezirksschornsteinfeger sowie die Endenergieverbräuche der kommunalen Gebäude berücksichtigt. 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 Gemeinde 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 Gemeinde, 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 Gemeinde Bestensee ein Nahwärmenetz – in der Friedensstraße und in der Mozartstraße. 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 Gemeinde Bestensee voraussichtlich bei dem Pätzer Vordersee gegeben. Zur Bewertung des dritten und letzten Kriteriums der Wirtschaftlichkeit wird die Wärmedichte bzw. die Wärmeliniendichte 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 Gemeinde Bestensee 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 Wasserstoffnetz
2. Vorhandene dezentrale Wasserstofferzeugung
3. Wirtschaftlichkeit des potenziellen Wasserstoffnetzes

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

5.1.3 Biomethannetzeignung

Bei Biomethan werden ebenfalls drei Kriterien untersucht:

1. Vorhandenes Biomethannetz
2. Vorhandene dezentrale Biomethanerzeugung
3. Wirtschaftlichkeit des potenziellen Biomethannetzes

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 Wasserstoffnetze bzw. Biomethannetze 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.

Die folgende Abbildung visualisiert die unterschiedlichen Datenquellen und abgefragten Daten.

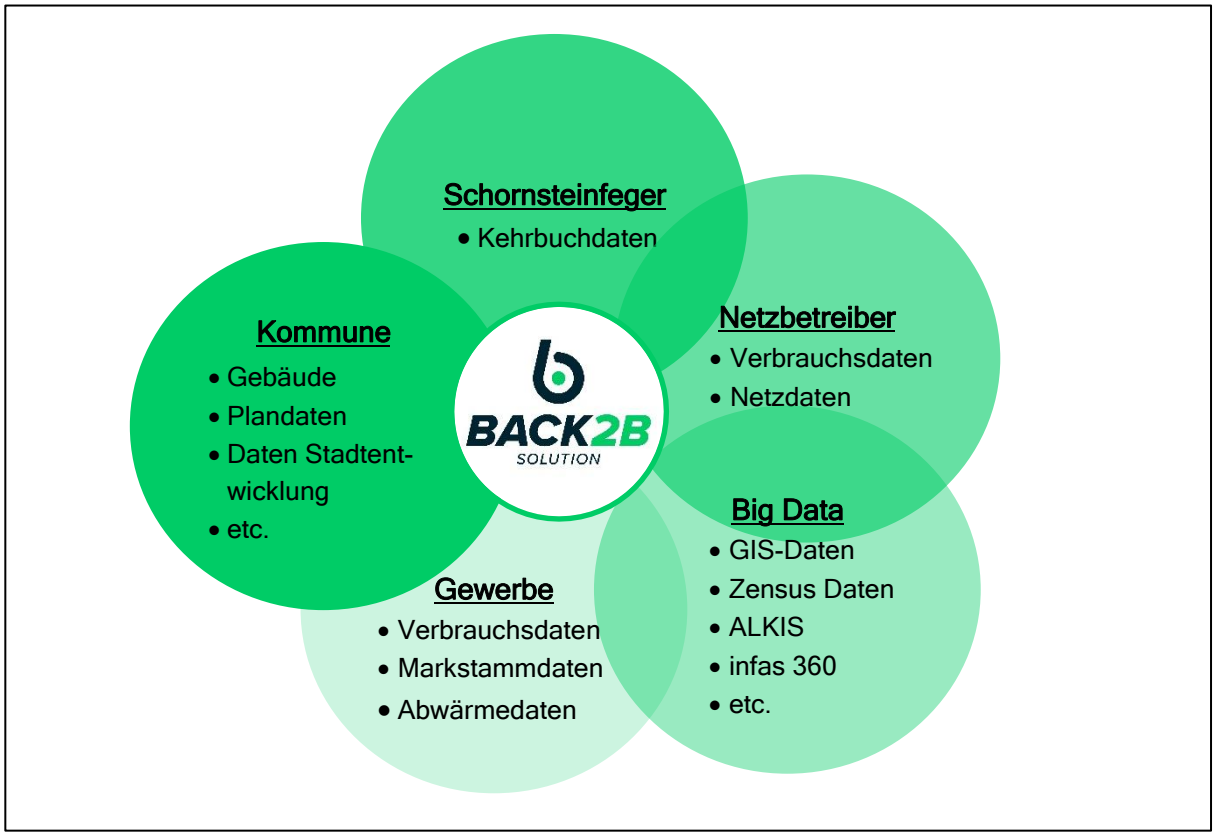


Abbildung 5-1: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (Darstellung der Back2B Solution GmbH)

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

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 Brennstoff-verbrauch	Daten der Netzbetreiber	Keine Daten erhalten	• Versorgungsanlagen • Menge • Standorte
Wärmeer-zeugungsanlagen	Daten der Schorn-steinfeger	Cluster von 5 Daten-sätzen	• Versorgungsanlagen • Brennstoff • Nennwärmeleistung • Alter
Gewerbe und öffentliche Gebäude	Öffentliche Hand, Gewerbe- und Industriebetriebe	Gebäude-scharf	• Endenergieverbrauch • Art der Wärmeenergie-bedarfsdeckung • Anteile erneuerbarer Energien (EE) und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) • Menge und Art der anfallenden Abwärme
Anlagenstruktur	Marktstammdaten-register	Einheiten-scharf	• Stromerzeugungseinheiten • Stromverbrauchseinheiten • Gaserzeugungseinheiten • Gasverbrauchseinheiten
Geodaten zur Siedlungsstruktur und zum Gebäudebestand	ALKIS Infas 360 digitales Oberflächen- und Geländemodell Gemeindeverzeichnis Flächennutzungsplan Kommune	Quellen-abhänig	• 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 Gemeinde 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 worden:

- 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.

Die folgende Abbildung zeigt die Datenqualität der jeweiligen Datenquellen zusammenfassend auf. Zunächst wurden die Schornsteinfegerdaten mit den oben beschriebenen Basisdaten von infas 360 abgeglichen und plausibilisiert. Darüber hinaus wurden nur die Daten der Gemeinde gebäudescharf übermittelt. Im Gegensatz zu vielen anderen Wärmeplanungen in den übrigen Bundesländern wurden alle weiteren Daten der Schornsteinfeger sowie Netzbetreiber nur in Clustern bereitgestellt.

Abbildung 5-2: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (Darstellung Back2B Solution GmbH)

Das bedeutet, dass eine eindeutige Zuordnung der Daten zu jeweiligen Gebäuden nicht möglich war. Demnach wurden die Durchschnittsdaten des Clusters den jeweiligen Gebäuden zugeordnet. Zu beachten ist dabei, dass die Daten der Schornsteinfeger aus den zwei zurückliegenden Jahren stammen, abhängig von der Notwendigkeit von Messungen (z.B. bei Neuinstallationen) oder der regelmäßigen Feuerstättenschau (turnusmäßige Überprüfung der Heizungsanlage inkl. Messung von Abgaswerten).

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 wir 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. Die Bedarfsberechnungen haben inkl. der Gebäude auf Basis der beschriebenen Daten stattgefunden. Zudem musste auf eine gebäudescharfe Darstellung aufgrund der oben beschriebenen Restriktionen verzichtet werden. Dazu wurden alle Daten in eine Software eingelesen und auf dieser Basis ein digitaler Zwilling der Gemeinde Bestensee erstellt. Die unterschiedlichen Abstraktionsstufen sind dabei im Folgenden dargestellt.

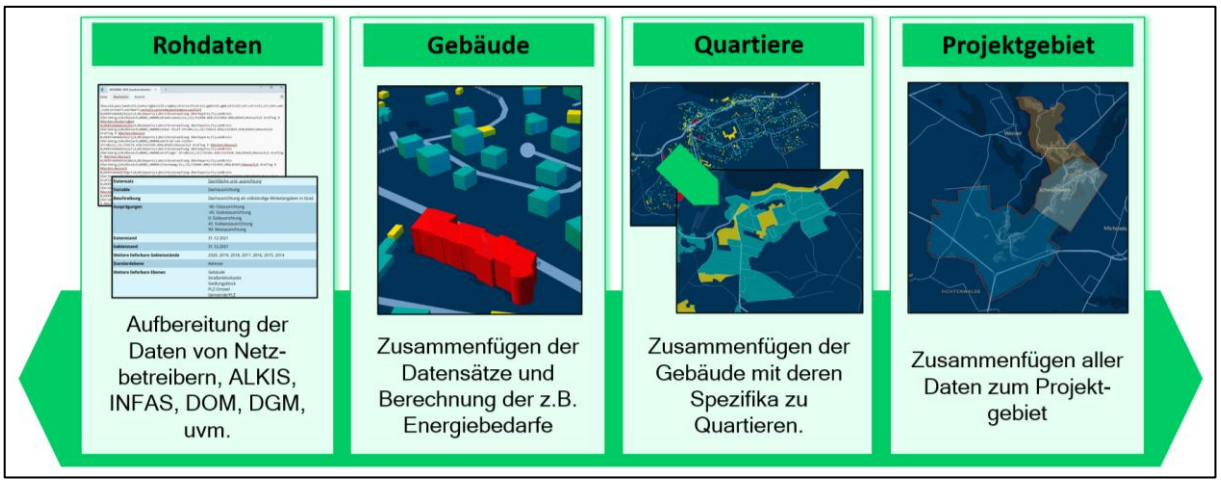


Abbildung 5-3: Aufbereitungs- und Abstraktionsstufen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

Im digitalen Zwilling werden auf Basis von regionaltypisch verwendeten Bauteilen, den Baualtersklassen, der Gebäudefunktion, 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 BISKO-Sektor berechnet.

Im Ergebnis zeigen sich sowohl die gebäudespezifisch verwendeten Bauteile als auch die Anzahl der Geschosse. Ergänzt werden diese Daten um die Gebäudegrundfläche 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 Potenziale, Bedarfe, 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 Gemeinde 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 Wärmverbrauchs ergibt sich der gesamte Wärme- und Stromverbrauch für die Gemeinde Bestensee. 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

Die Gemeinde Bestensee liegt im Landkreis Dahme-Spreewald im Bundesland Brandenburg, etwa 35 km südlich von Berlin. Die Gemeinde befindet sich inmitten einer seenreichen Landschaft und ist besonders durch den Großen Bestensee und den Pätzer Vordersee geprägt – Anziehungspunkte für Naturfreunde, Wassersportler und Ruhesuchende.

Verkehrstechnisch ist Bestensee gut angebunden. Die Bundesstraße B246 führt direkt durch den Ort. Der Bahnhof Bestensee bietet regelmäßige Verbindungen nach Berlin und Königs Wusterhausen. Die A13 ist in wenigen Minuten erreichbar, was Pendeln in Richtung Berlin oder Dresden erleichtert.

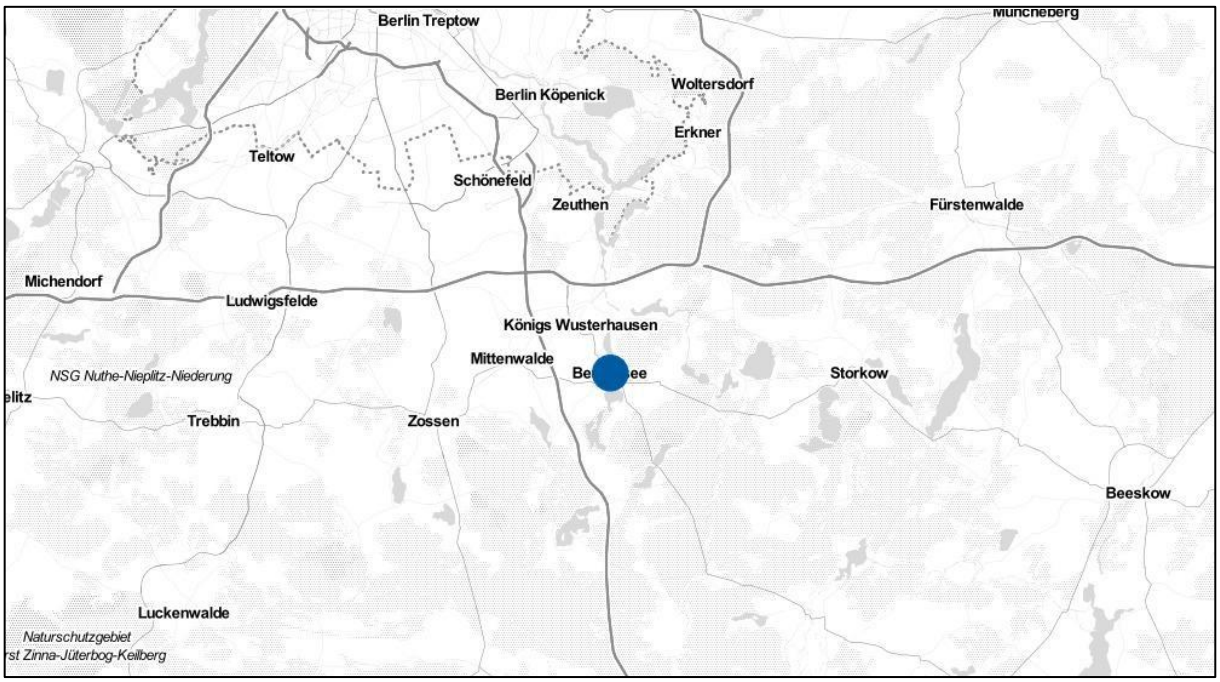


Abbildung 5-4: Lage und Verortung des Projektgebietes (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Zur Gemeinde Bestensee gehört laut aktueller Hauptsatzung der Ortsteil Pätz, die hauptsächlich durch Wohnnutzung geprägt sind. Mit Stand 30.06.2024 lebten in der Gemeinde Bestensee 8.923 Menschen.

Die Gemeinde Bestensee ist landschaftlich besonders für ihre Seen und Wälder bekannt, die der Gemeinde ihren naturnahen und erholsamen Charakter verleihen. Die Region liegt im Dahme-Seengebiet und bietet eine Vielzahl an Wasserflächen, darunter der Große Bestensee, Pätzer Vordersee sowie der Tonsee und der Kleine Bestener See. Die Umgebung ist geprägt von Mischwäldern, Moorlandschaften und geschützten Biotopen, die Lebensraum für viele Tierarten bieten. Besonders reizvoll sind die Wanderwege und Radstrecken, die durch die Seenlandschaft und die angrenzenden Wälder führen. Die Kombination aus Wasser, Wald und Ruhe macht Bestensee zu einem echten Geheimtipp für Erholungssuchende – und zu einem attraktiven Wohnort für alle, die Natur und Stadtnähe verbinden möchten.

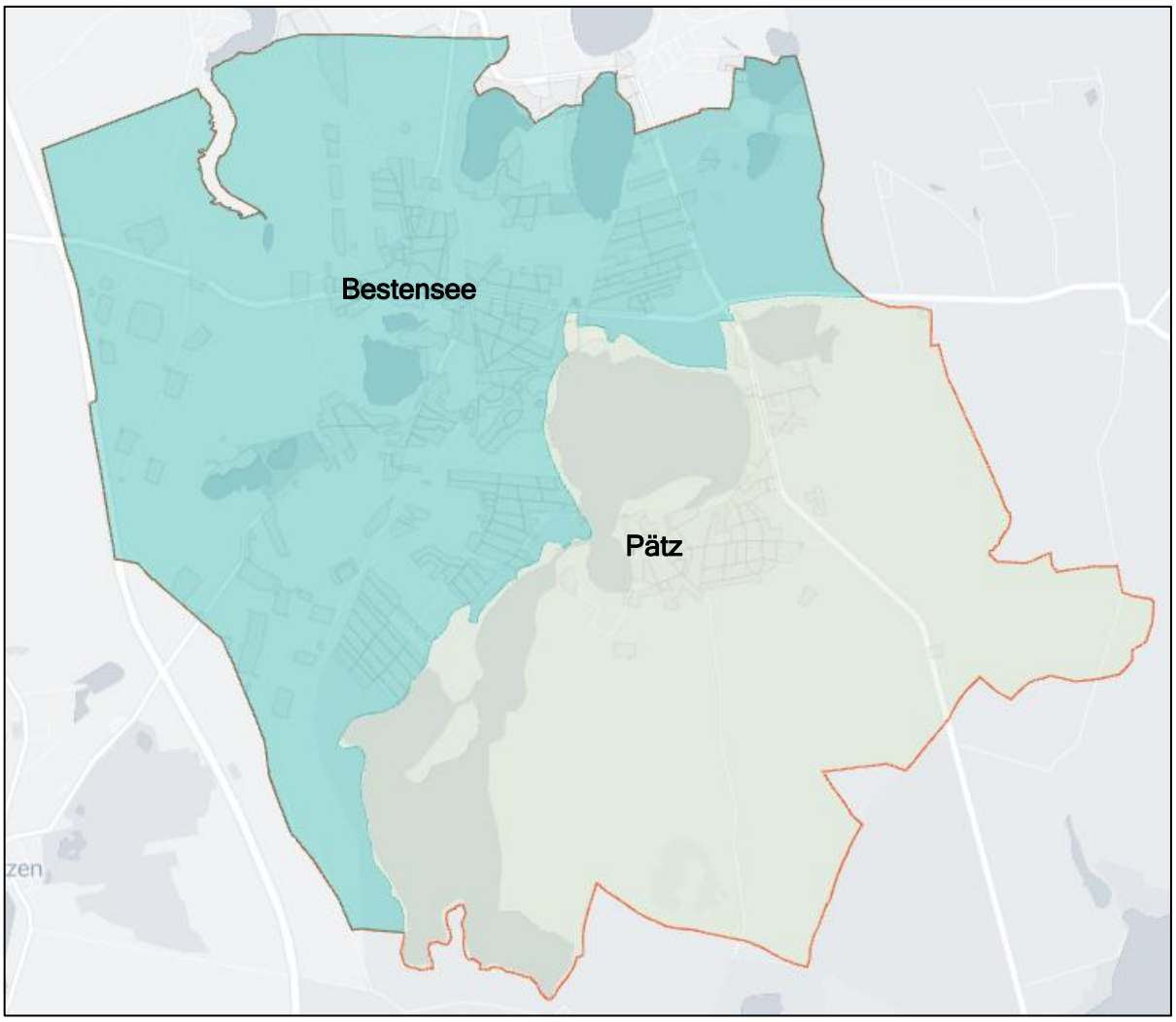


Abbildung 5-5: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Wie bereits zuvor beschrieben, bietet die Gemeinde zahlreiche Wald-, Wasser, und Naturflächen. Das gesamte Gemarkungsgebiet der Gemeinde umfasst eine Fläche von 3.789 ha. Das Gebiet teilt sich auf 1.790 ha Wald sowie 635 ha Agrarfläche und 244 ha Grünlandfläche 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 9.034 Gebäuden in der Gemeinde Bestensee. Diese Gebäude stellen 0,988 km² Gebäudenutzfläche und 74,08 ha Gebäudegrundfläche dar. Der überwiegende Wohngebäudetyp ist das Einfamilienhaus, die überwiegende Nutzung ist die private Nutzung und das durchschnittliche Baujahr ist 1983. Die folgende Abbildung stellt die Gebäudestruktur nach BISKO-Sektoren auf Baublockebene für das gesamte Projektgebiet der Gemeinde dar.

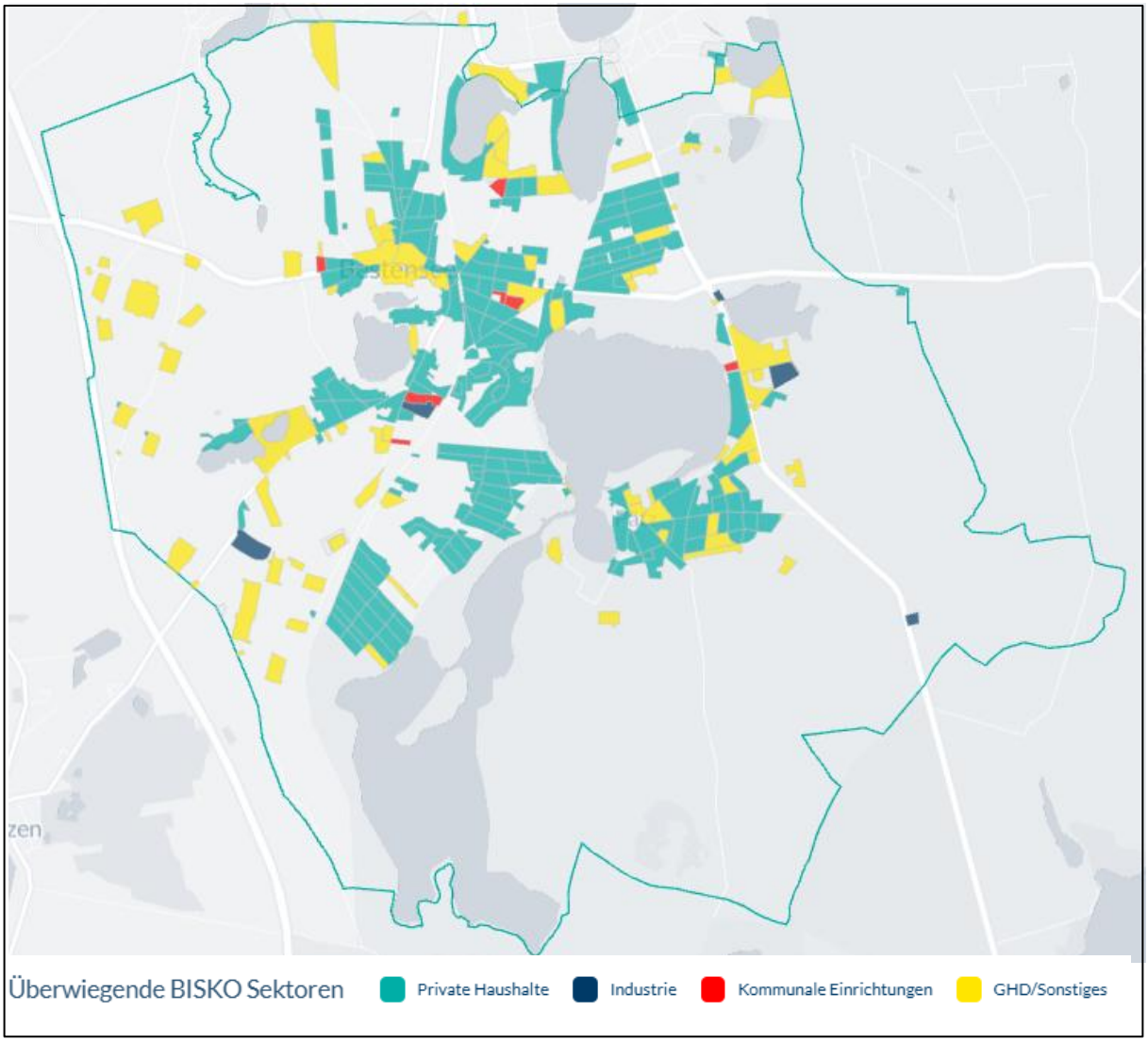


Abbildung 5-6: Baublöcke nach BISKO-Sektoren (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Etwa 33 % der Gebäude sind Wohngebäude, während die restlichen 67 % Nicht-Wohngebäude sind. Bei den Nicht-Wohngebäuden entfallen ca. 98 % 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.

In absoluten Zahlen werden 3.007 Gebäude als private Haushalte (türkis), 72 Gebäude als Industriegebäude, 5.932 als Gewerbe, Handel & Dienstleistung sowie sonstige Gebäude (gelb) und 23 Gebäude als kommunale Einrichtungen (rot) genutzt. Die folgende Abbildung stellt die Nutzung der Gebäude nach BISKO-Sektoren zusammenfassend dar.

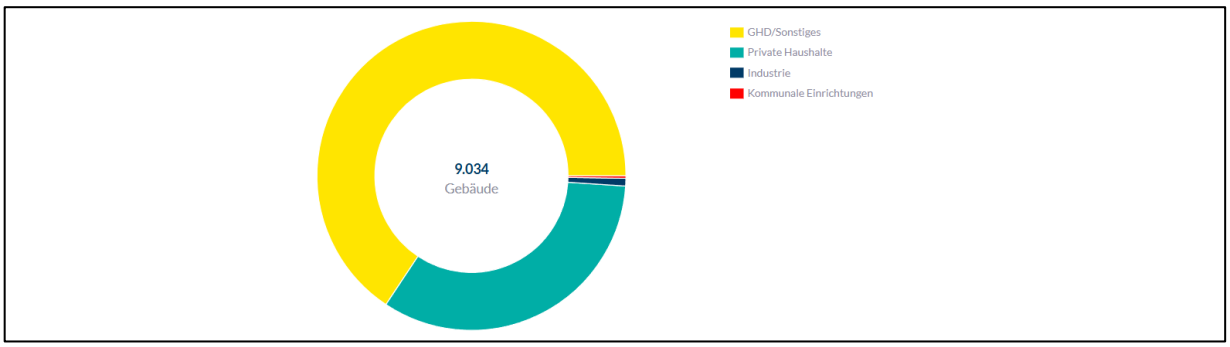


Abbildung 5-7: Gebäudebestand nach BISKO-Sektoren

Die Abbildung unten zeigt die Verteilung der absoluten Anzahl der Gebäude nach Baualtersklassen und BISKO-Sektoren. Die Baualtersklasse 1995 - 2001 weist mit 1.745 Gebäuden den höchsten Wert auf. Folglich sind ca. 20 % der Gebäude 24 - 30 Jahre alt. Ursächlich dafür sind die GHD und insbesondere die „Sonstigen“ mit einem Anteil von 1.107 Gebäuden. Die Wohngebäude haben einen Anteil von 627 Gebäuden. Werden zu dieser Baualtersklasse alle weiteren zurückliegende Baualtersklassen für Wohngebäude hinzugerechnet, steigt die Zahl auf 1.864 Gebäude. Das bedeutet, dass ca. 60 % der Wohnhäuser 24 Jahre und älter sind. Dies lässt auf ein relevantes Sanierungspotenzial von Fassade, Dächern, Fenster und Heizungen schließen, welches in der folgenden Betrachtung sowie in der Potenzialanalyse berücksichtigt wird.

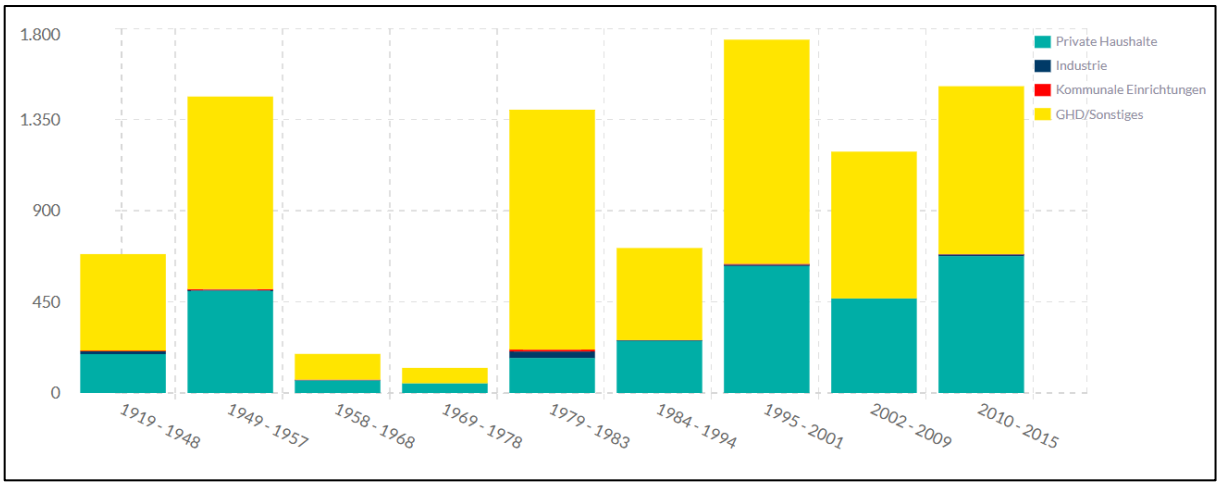


Abbildung 5-8: Anzahl der Gebäude (absolute Werte) nach Baualtersklassen und BISKO-Sektoren

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 Gebäude 30 Jahre und älter sind in Rot bis Orange dargestellt und Gebiete mit jüngeren Gebäuden sind in Hellblau bis Blau abgebildet.

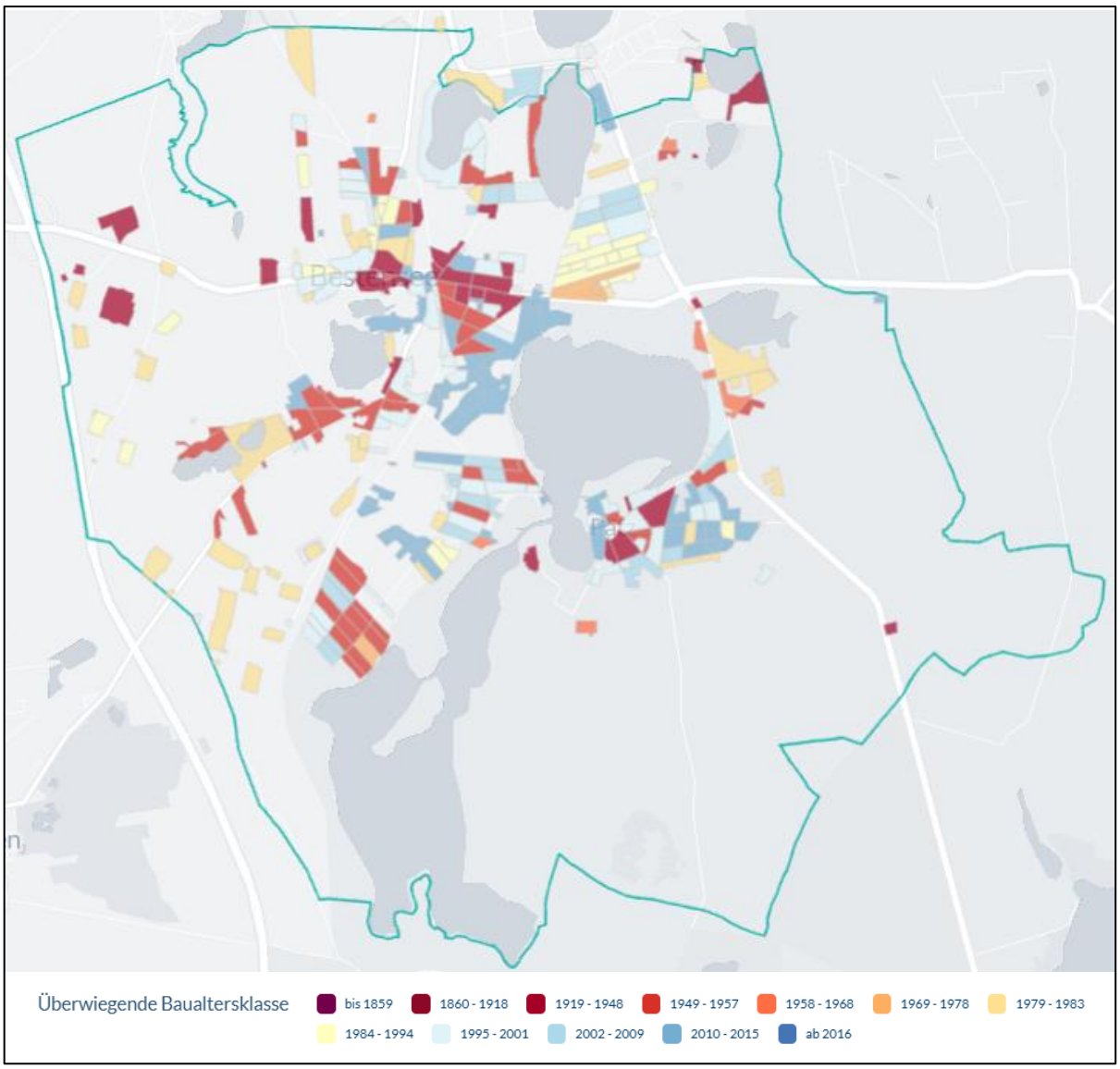


Abbildung 5-9: Baublöcke nach Baualtersklassen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Auf Basis des Baualters sowie weiterer Faktoren, auf die näher in der Potenzialanalyse eingegangen wird, ist es möglich den Sanierungszustand jedes Gebäudes zu errechnen. Im Folgenden wird der Sanierungszustand der Gebäude dargestellt. Wie bereits zuvor erwähnt, weisen ca. 60 % der Wohnhäuser eine Indikation aus dem Baualter auf, der auf ein relevantes Sanierungspotenzial hinweist. In absoluten Zahlen bedeutet dies, dass von den 9.034 Gebäuden ca. 5.007 Gebäude teilsaniert wurden, 3.630 Gebäude unsaniert und lediglich 397 Gebäude vollsaniert sind.

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

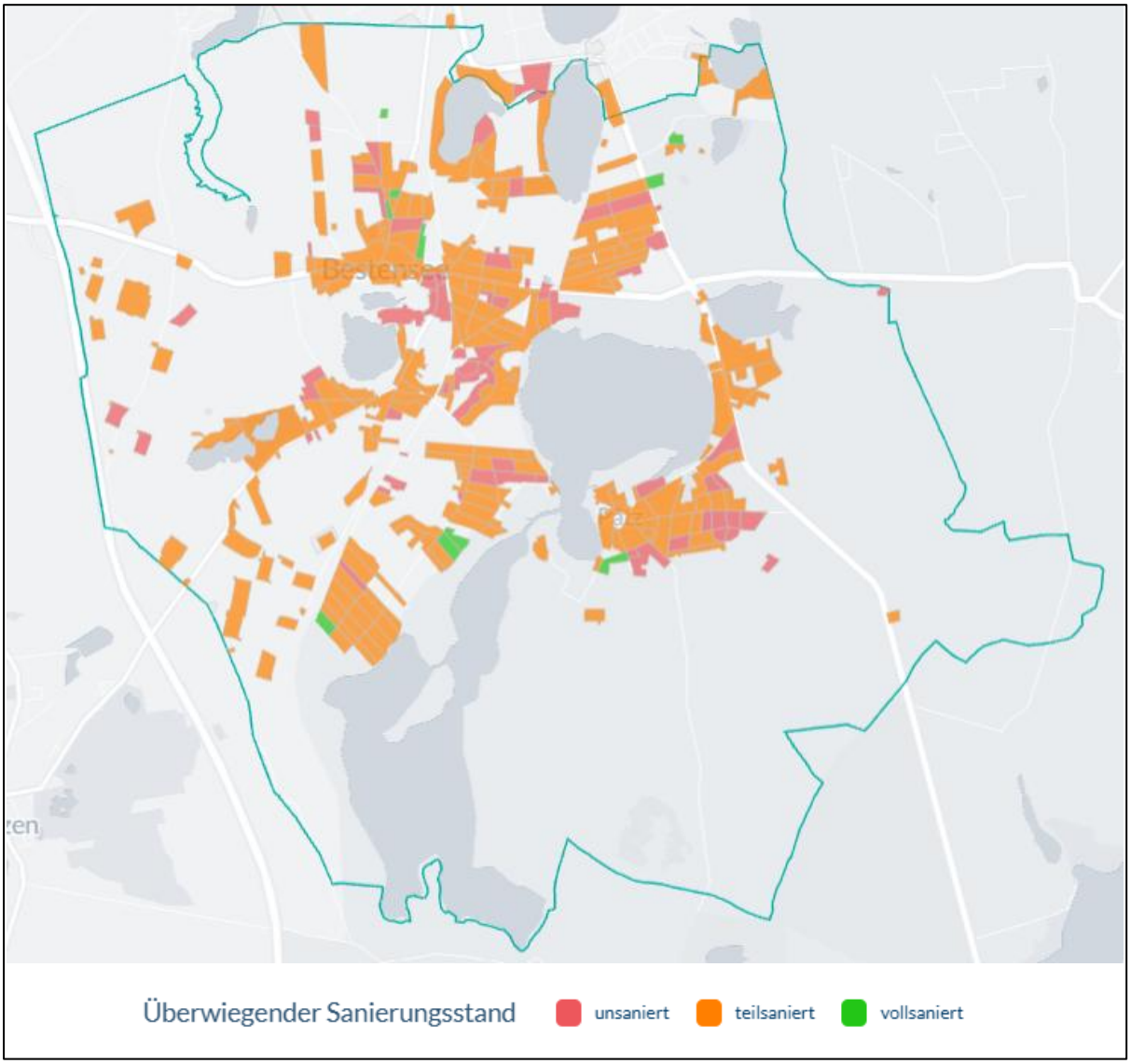


Abbildung 5-10: Sanierungsstand im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

5.4.2 Energieinfrastruktur

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

In Betrieb:

- 373 elektrische Speicher als Batterien mit einer Gesamtspeicherkapazität von 1.881,25 kWh
- 724 Solareinheiten mit einer Nettonennleistung von 9.073,34 kW
- 4 KWK-Anlagen mit Biogas mit einer Nettonennleistung von 3.500 kW
- 5 KWK-Anlagen mit Erdgas mit einer Nettonennleistung von 89,75 kW

In Planung:

- 4 elektrische Speicher mit einer Gesamtspeicherkapazität von 16,2 kWh
- 13 Solareinheiten mit einer Nettonennleistung von 102,02 kW

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. 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, spricht man von Nutzenergie.

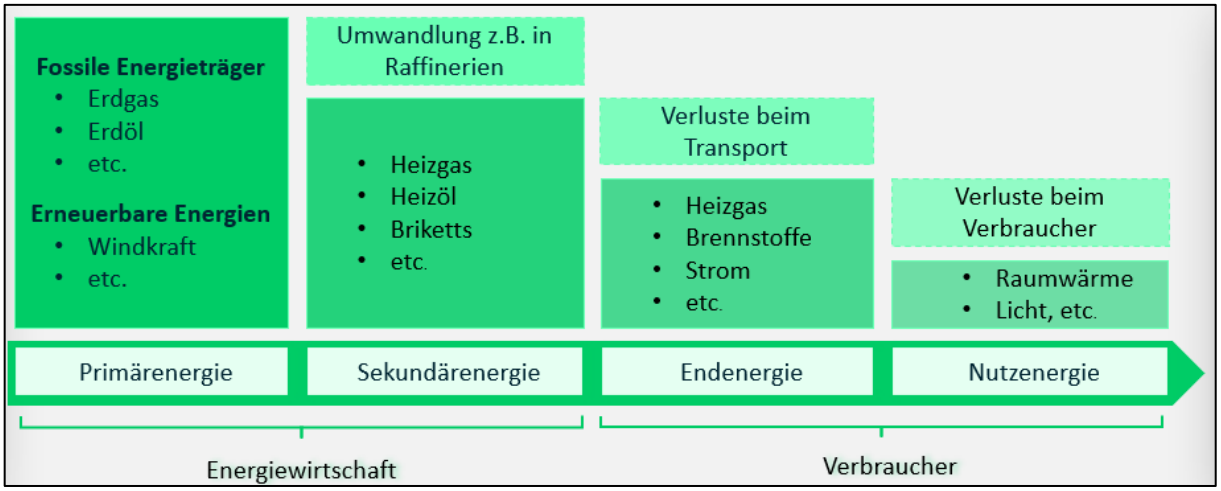


Abbildung 5-11: Energieformen von der Entstehung bis zur Nutzung (Darstellung der Back2B Solution GmbH)

Auf der Erde treten solche Energiequellen in unterschiedlichen Formen als Primärenergie auf. 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 Bestensee stattfindet. Feuerungen 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, der tatsächlich genutzten 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.

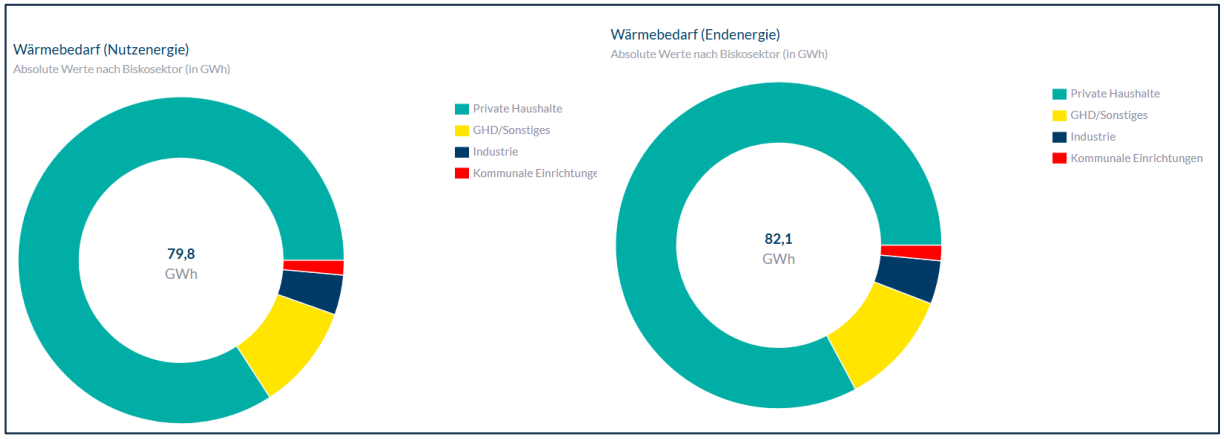


Abbildung 5-12: Wärmebedarf (Nutzenergie & Endenergie) nach BISKO-Sektoren (interne Berechnungen)

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.

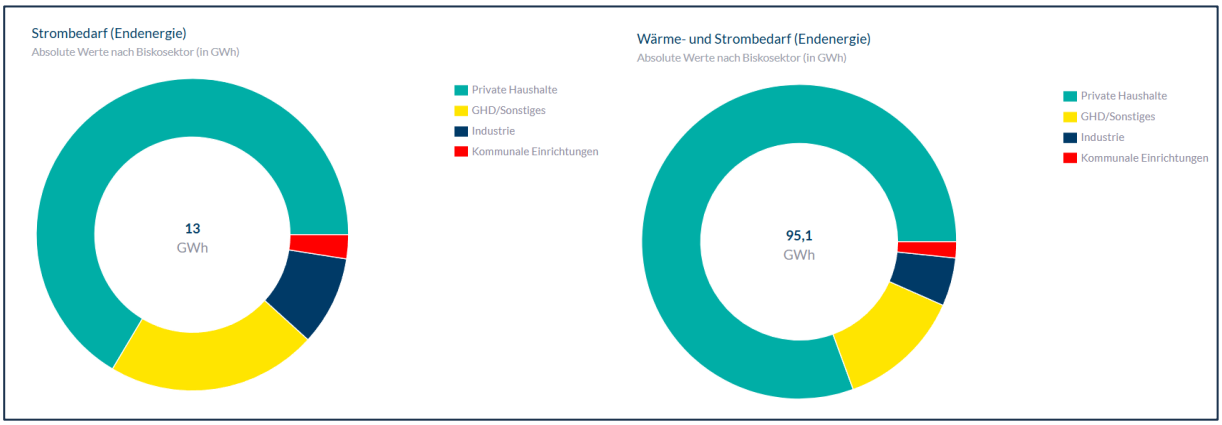


Abbildung 5-13: Strom- und Gesamtenergiebedarf (Endenergie) nach BISKO-Sektoren (interne Berechnungen)

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

Abbildung 5-14: Einteilung der Gebäude nach Versorgungsart (interne Berechnungen)

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

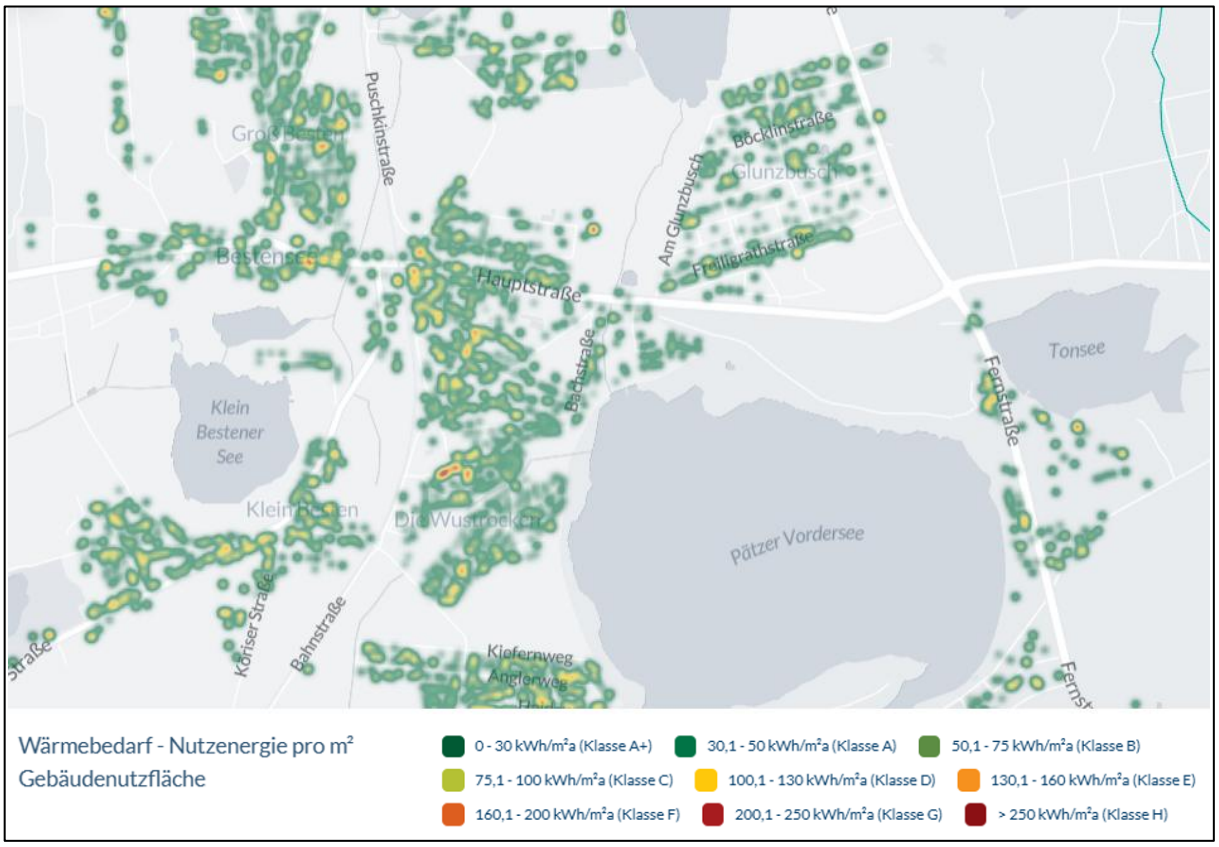


Abbildung 5-15: Heatmap (Wärmebedarf, Nutzenergie, interne Berechnungen)

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.

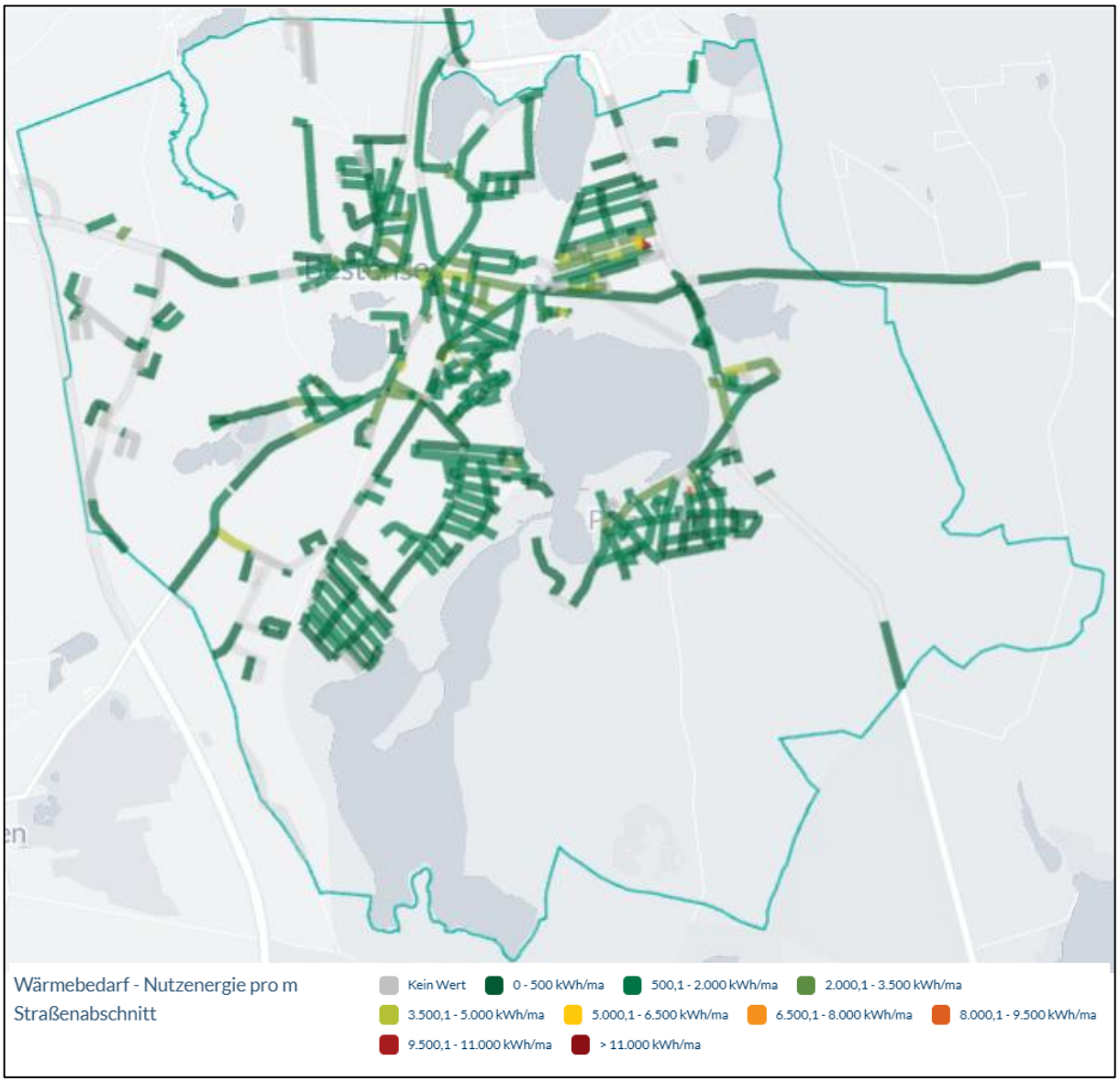


Abbildung 5-16: Wärmebedarf (Nutzenergie) pro Meter Straßenabschnitt (interne Berechnungen)

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

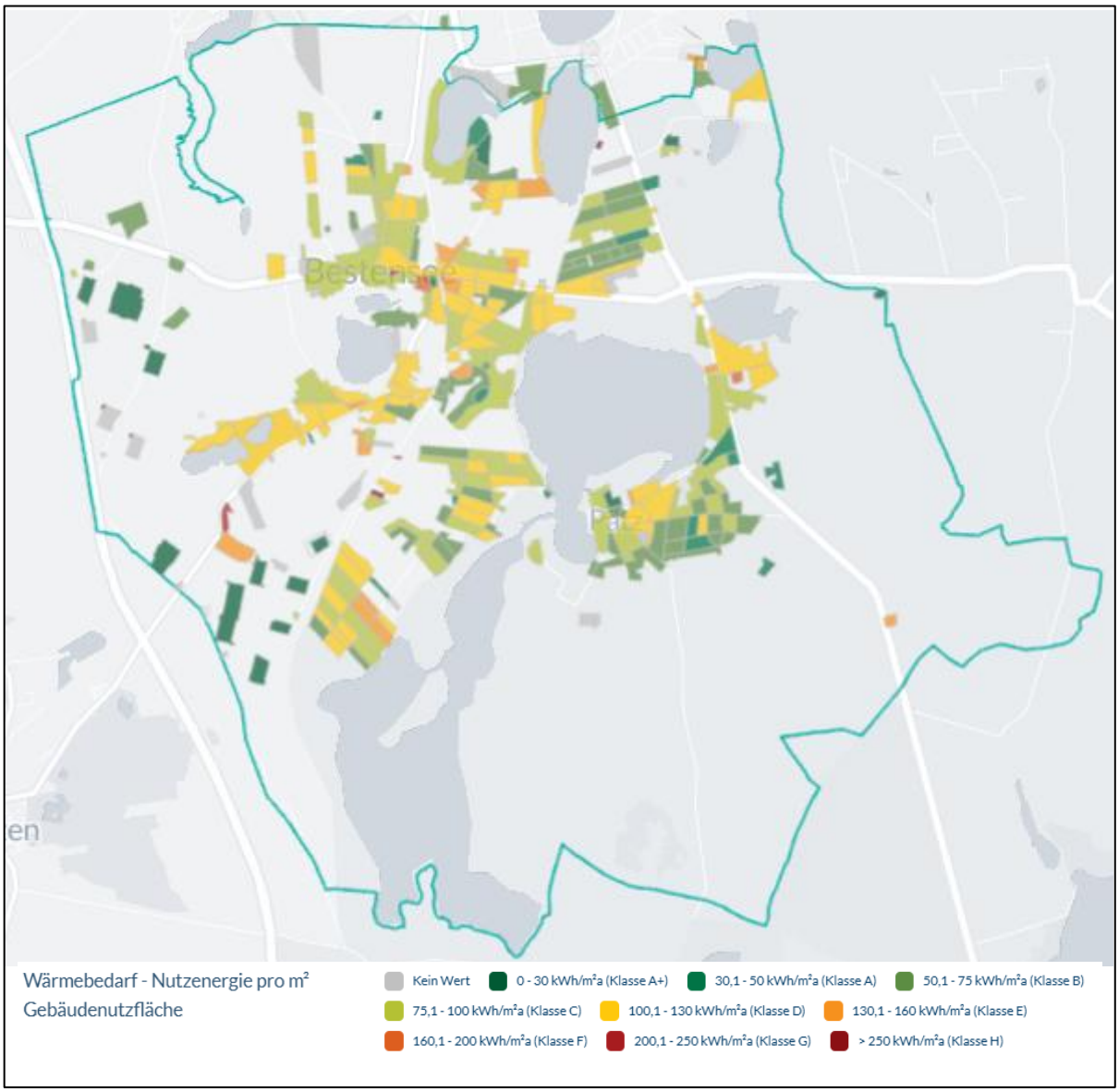


Abbildung 5-17: Baublockbezogene Darstellung des Wärmebedarfs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

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

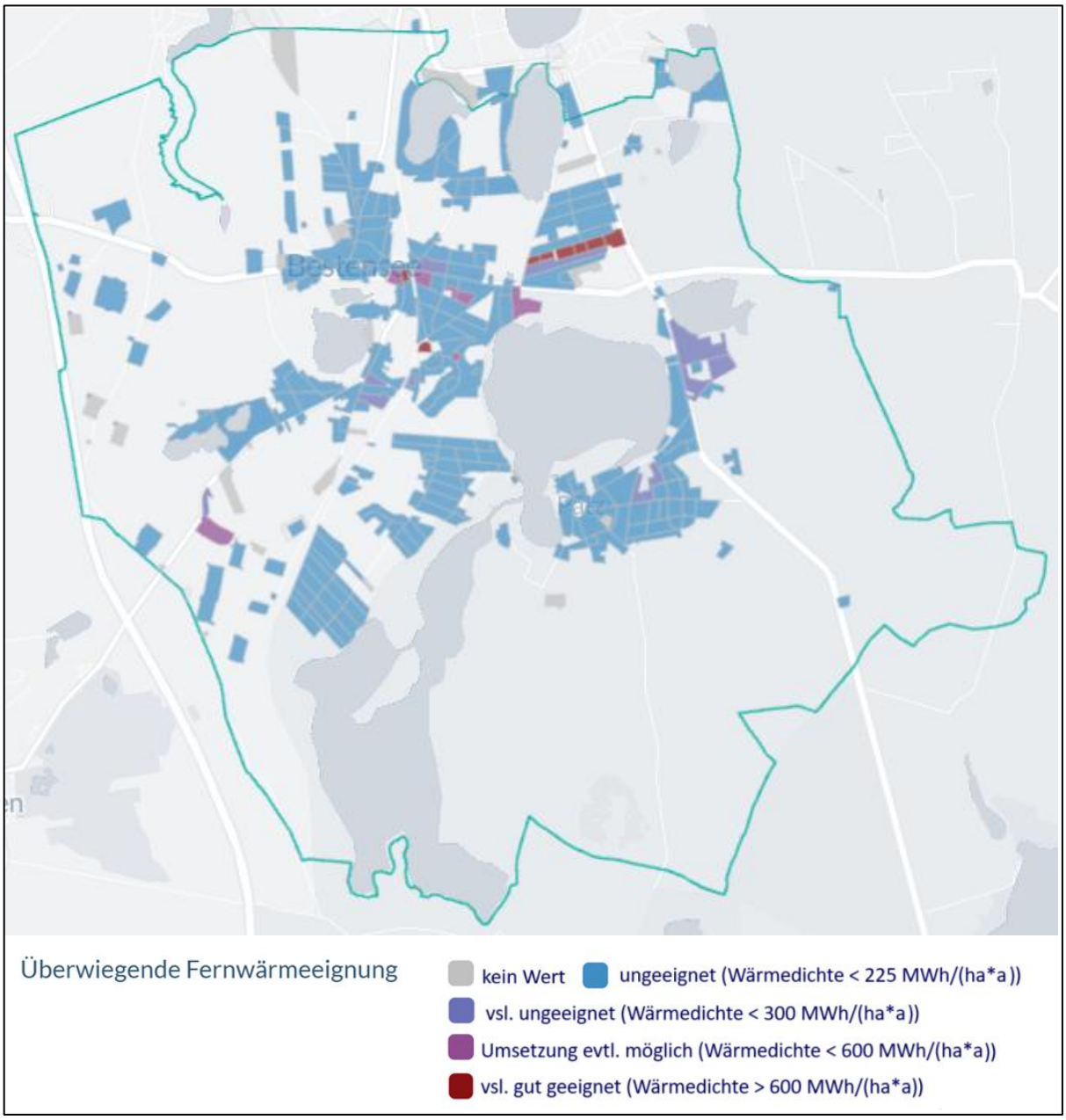


Abbildung 5-18: Baublockbezogene Darstellung der Wärmedichte (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

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.

An dieser Stelle sei explizit darauf hingewiesen, dass der Begriff „Energieverbrauch“, obwohl dieser weitverbreitet ist und sogar in Gesetzestexten Verwendung findet, sowohl technisch als auch wissenschaftlich nicht korrekt ist. Energie kann lediglich umgewandelt, aber nicht verbraucht werden. Trotzdem werden im vorliegenden Bericht die Begriffe verwendet, da zum einen die Begriffe in Gesetzestexten vorgegeben sind und somit die Zuordnung der Inhalte leichter fällt und zum anderen die Begriffe in den allgemeinen Sprachgebrauch Einzug erhalten haben und somit das Verständnis leichter fällt. Nach der Aufnahme und Verarbeitung aller Verbrauchs- und Schornsteinfegerdaten ergeben sich die folgenden Endenergieverbräuche für Wärme und Strom.

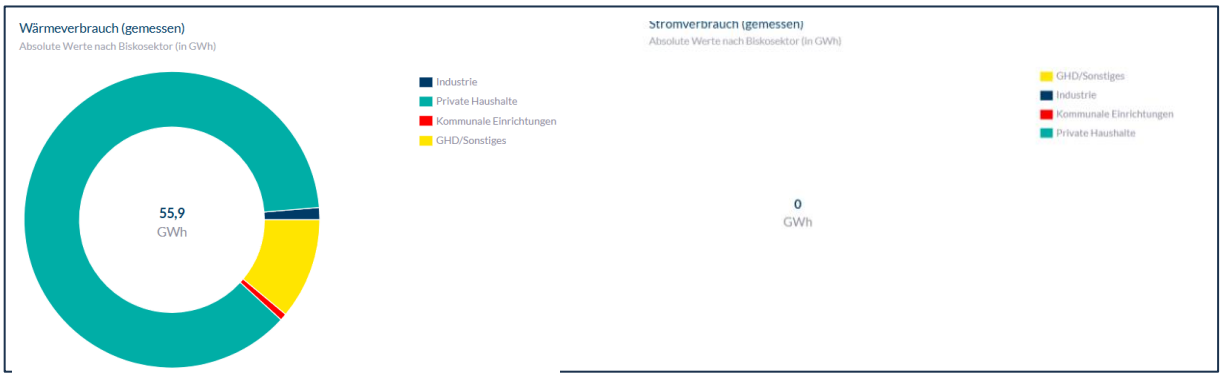


Abbildung 5-19: Wärme- und Stromverbrauch (Endenergie) nach BISKO-Sektoren (interne Berechnungen)

Die dargestellten 55,9 GWh/a entsprechen ca. 6,3 MWh/a pro Einwohner/in und ca. 56,7 kWh/a pro m² Gebäudenutzfläche. Zusammenfassend werden die Verbrauchswerte in folgender Abbildung dargestellt und um den klimabereinigten Wert ergänzt.

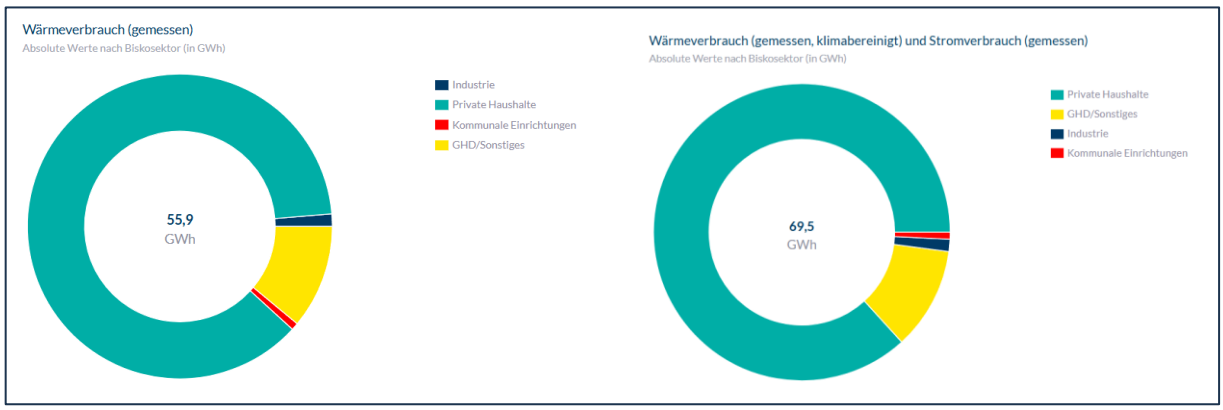


Abbildung 5-20: Energieverbrauch (Endenergie, klimabereinigt) nach BISKO-Sektoren (interne Berechnungen)

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 anhand der Gradtageszahlen. Diese gibt die Differenz zwischen der durchschnittlichen Außentemperatur und einer festgelegten Heizgrenztemperatur an, multipliziert mit der Anzahl der Tage, an denen geheizt werden muss. Mithilfe der unterschiedlichen Gradtageszahlen wird ein Klimakorrekturfaktor ermittelt und mit den Verbrauchswerten multipliziert.

Infolgedessen steht ein Wärmeendenergiebedarf von 82,1 GWh/a den ermittelten klimabereinigten Wärmeendenergieverbrauch von 69,3 GWh/a gegenüber. Nach Einschätzung der Daten, sind für die Minderverbräuche zwei Hauptgründe heranzuführen. Zum einen finden vermutlich Ferienvermietungen im energetisch relevanten Bereich in Bestensee statt. Daher sind insbesondere die Verbräuche in den Wintermonaten niedriger, als dies über Energiebedarfsberechnung sichtbar wird. Zum anderen ergibt sich in jeder Gemeinde ein energetisch relevanter Leerstand von wärmeversorgten Gebäuden. Diese Minderverbräuche sind in den realen Verbrauchsdaten enthalten, jedoch nicht in den Wärmebedarfen. Somit kann die Abweichung technisch und inhaltlich dargelegt werden.

Die Ergebnisse können demnach weiterverarbeitet werden. Die Aufteilung des Endenergieverbrauchs für die Wärmeversorgung der Gemeinde Bestensee nach BISKO-Sektoren ergibt sich wie folgt:

- Private Haushalte 48,6 GWh/a
- Gewerbe, Handel & Dienstleistungen und Sonstiges 6,2 GWh/a
- Kommunale Einrichtungen 0,4 GWh/a
- Industrie 0,7 GWh/a

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

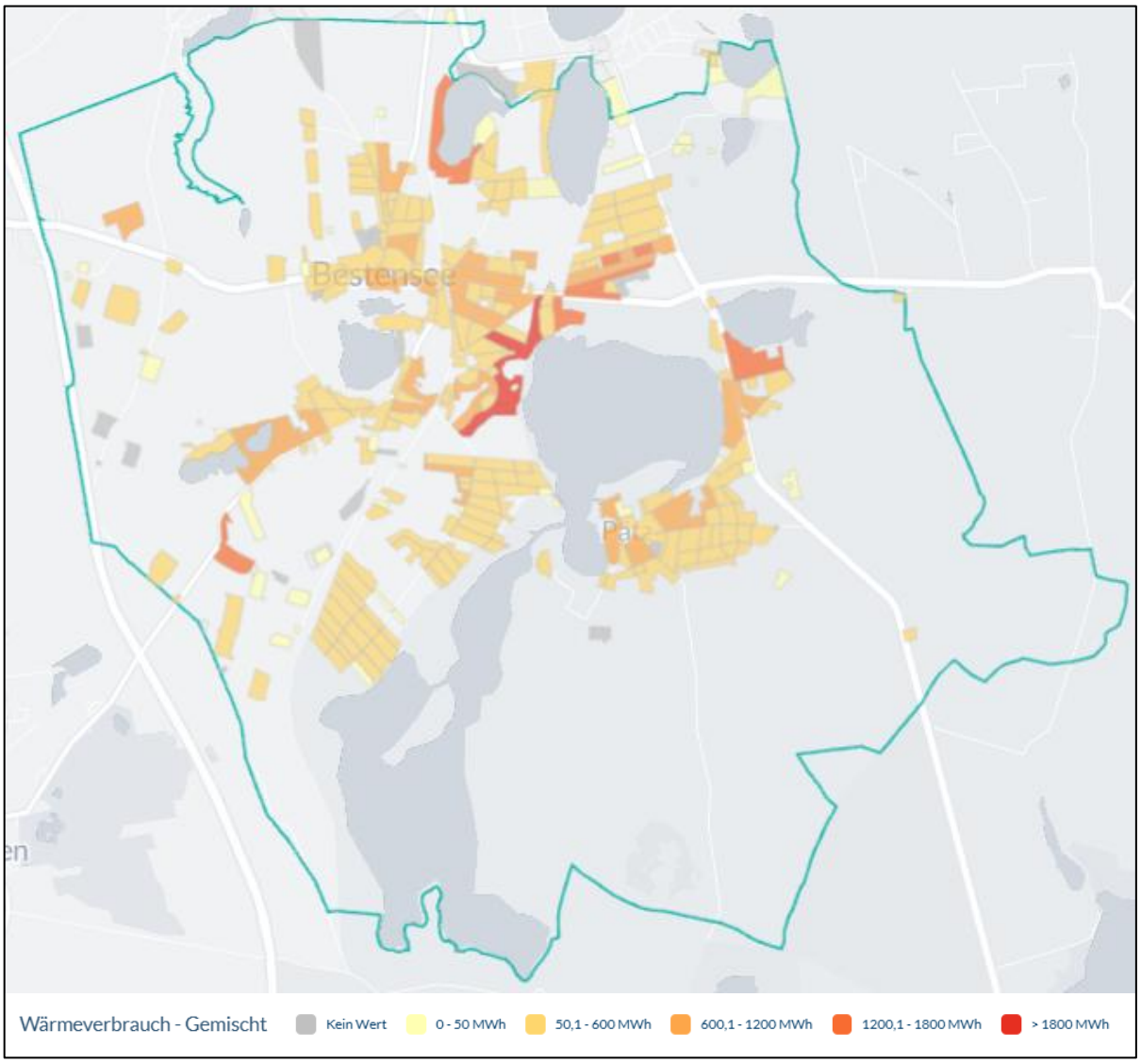


Abbildung 5-21: Baublockbezogene Darstellung des Wärmeverbrauchs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

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

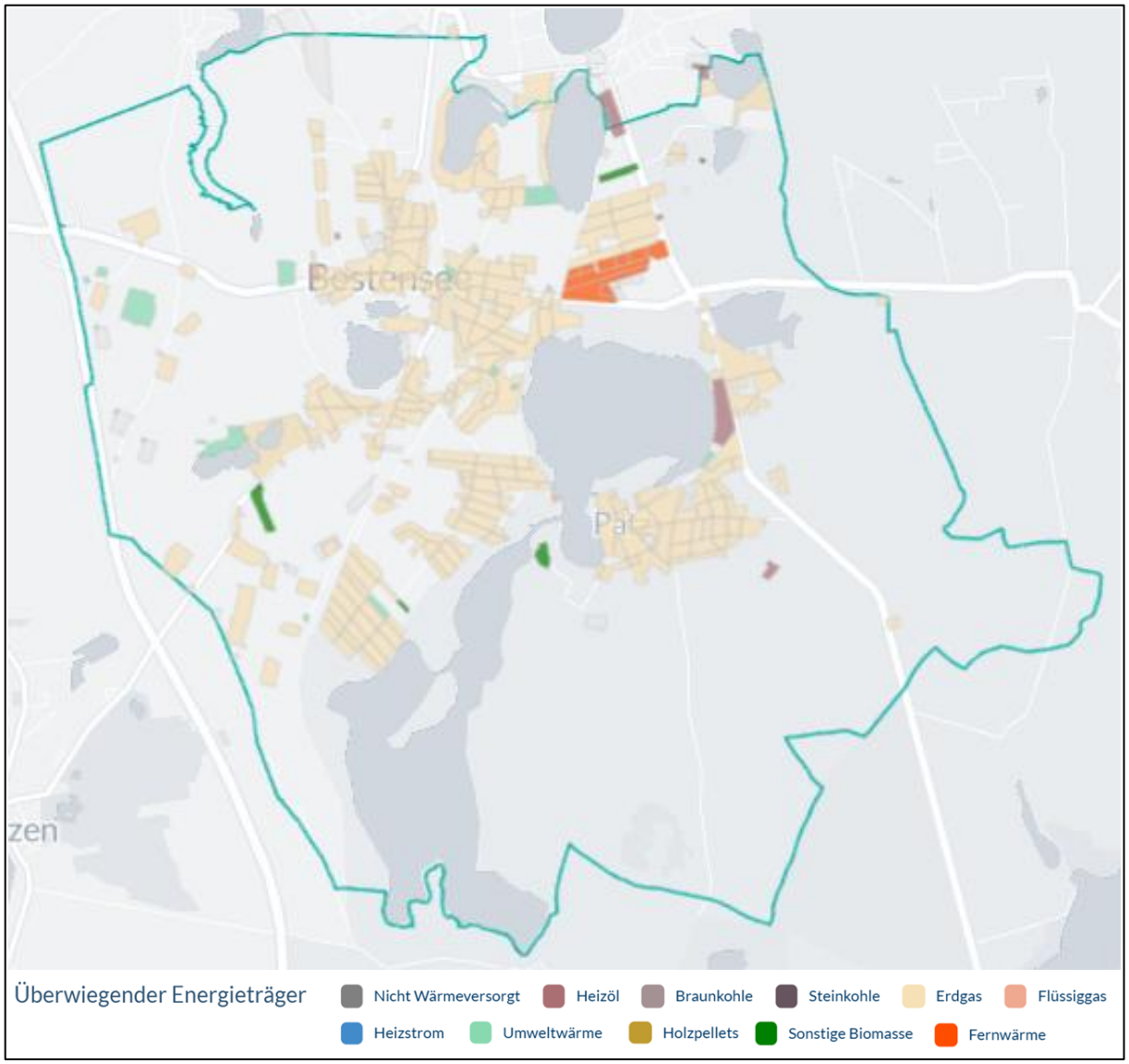


Abbildung 5-22: Baublockbezogene Darstellung der Energieträger (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

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: 44,5 GWh/a (Anteil 79,6 %)
- Heizöl: 1 GWh/a (Anteil 1,8 %)
- Biomasse: 0,3 GWh/a (Anteil 0,5 %)
- Wärmepumpe: 4,7 GWh/a (Anteil 8,4 %)
- Flüssiggas: 0,2 GWh/a (Anteil 0,4 %)
- Fernwärme EE: 4,9 GWh/a (Anteil 8,7 %)
- Braunkohle: 0,1 GWh/a (Anteil 0,2 %)
- Heizstrom: 0,2 GWh/a (Anteil 0,4 %)

Grafisch aufbereitet ergibt sich folgende Endenergiebilanz.

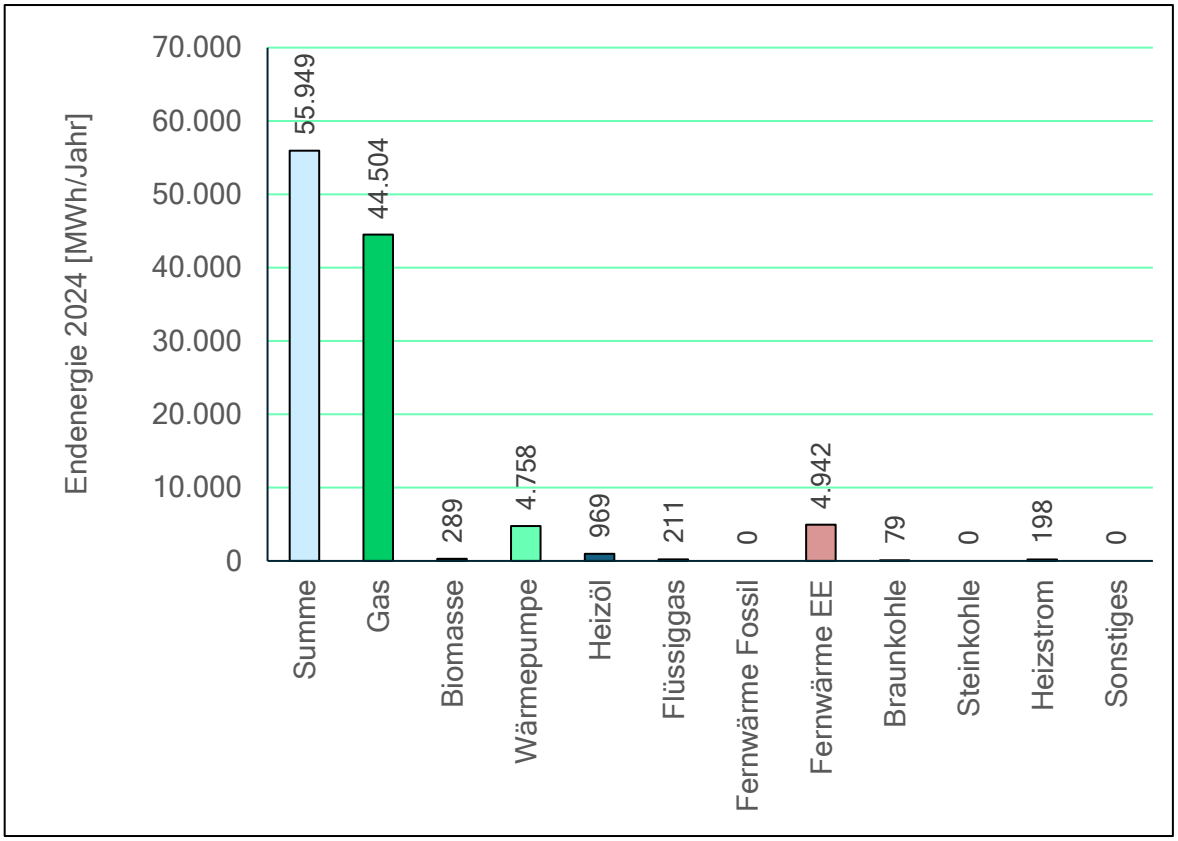


Abbildung 5-23: Energiebilanz Wärme (interne Berechnungen)

In Folge der Energiebilanz kann der Endenergieverbrauch für Wärme in leitungsgebundener und -ungebundener Wärmeversorgung eingeteilt werden:

- Leitungsgebunden: 54,3 GWh/a (Anteil: 97,1 %)
- Leitungsungebunden: 1,6 GWh/a (Anteil: 2,9 %)

Auf Basis der Energiebilanz wird im Folgenden die Treibhausgasbilanz erstellt.

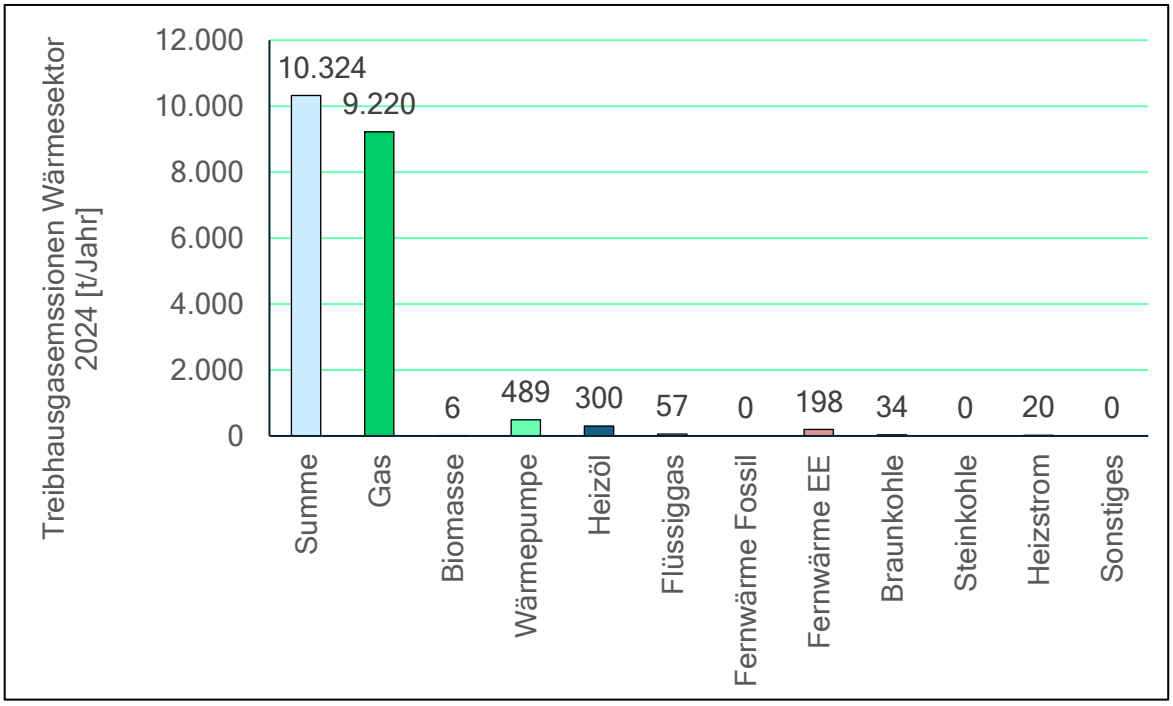


Abbildung 5-24: Treibhausgasbilanz Wärme (interne Berechnungen; Bundesminister der Justiz 2020; Statista 2024; UK Government Departments 2024; AGFW 2021; Prognos, Öko-Institut & Wuppertal- Institut 2021; Agoro, Prognos & Consentec 2022)

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 (CO_2) misst. Das Kohlenstoffdioxid-Äquivalent ist die gebräuchlichste Form des Treibhausgasäquivalents und wird auch in der vorliegenden Arbeit verwendet. Es gibt an, wie viel CO_2 erforderlich wäre, um die gleiche Erwärmungswirkung zu erzielen wie eine bestimmte Menge eines anderen Treibhausgases. Zum Beispiel hat Methan (CH_4) über 100 Jahre ein Global Warming Potential von etwa 25, was bedeutet, dass 1 Tonne Methan die gleiche Erwärmungswirkung hat wie 25 Tonnen CO_2. 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 CO_2 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.

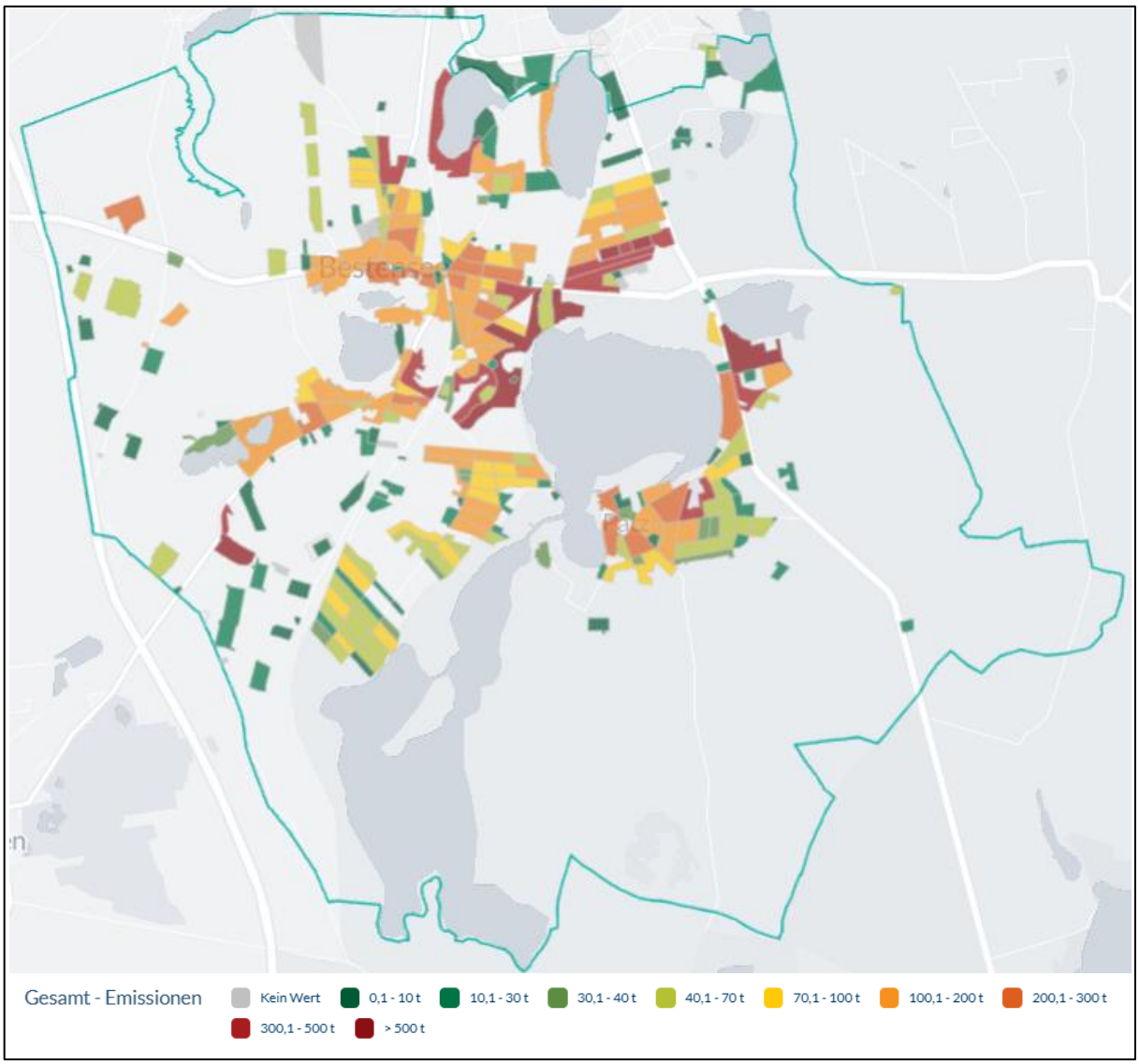


Abbildung 5-25: Baublockbezogene Darstellung der Treibhausgasemissionen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

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 Umwelt-auswirkungen 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 Bestensee ergibt sich bei der Bevölkerungsentwicklung eine positive Tendenz.

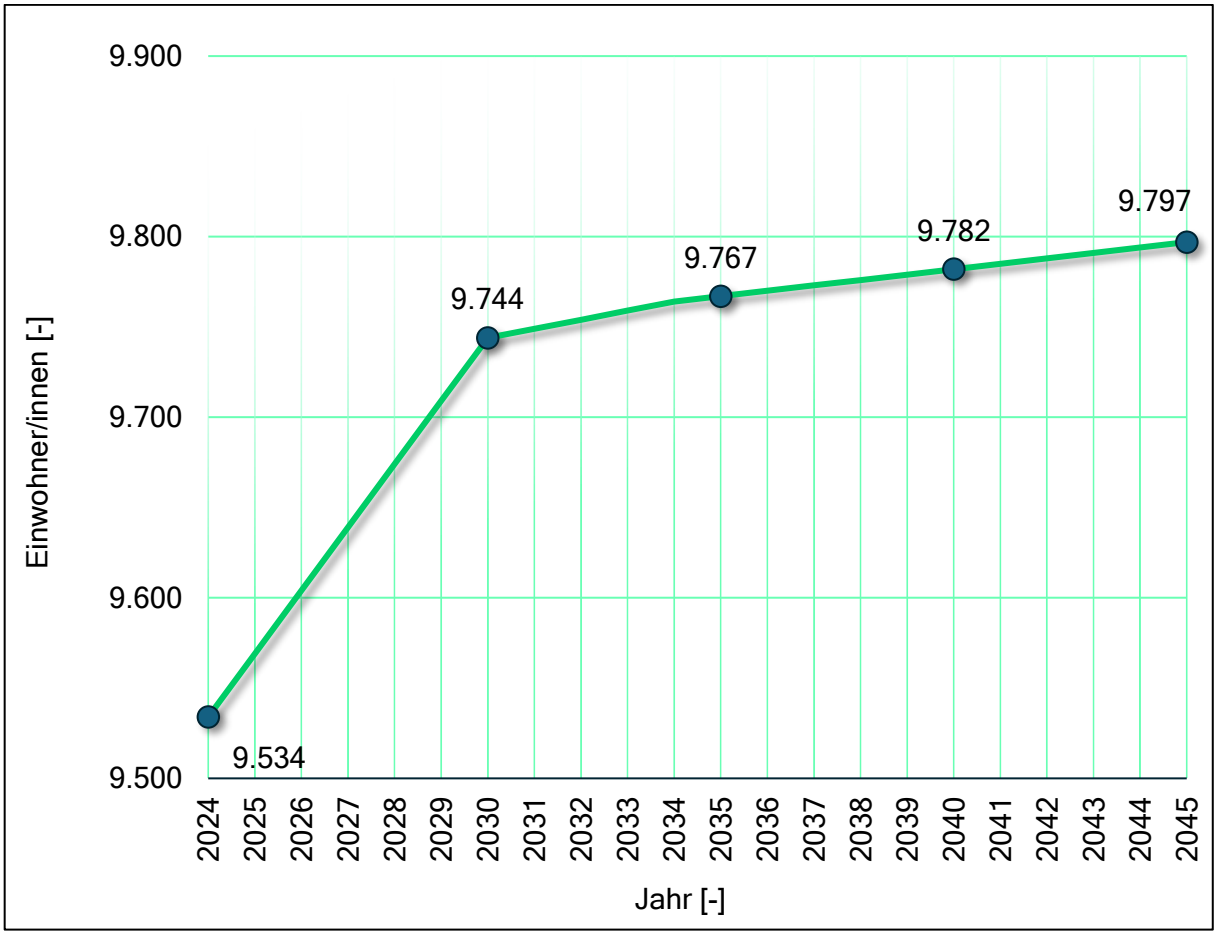


Abbildung 6-1: Bevölkerungsentwicklung im Projektgebiet

Eine durchdachte Bevölkerungs- und Infrastrukturplanung trägt entscheidend dazu bei, die Umweltauswirkungen zu reduzieren und eine nachhaltige Zukunft für die Kommune zu sichern. Für den entsprechenden Bevölkerungswachstum wurde unterstellt, dass diese in Neubauten mit Effizienzhausstandard EH60 wohnen. Daneben wurde ein Wohnflächenbedarf von 40 % des heutigen Flächenbedarfs pro Person unterstellt. Zur Berechnung der Auswirkung auf den prognostizierten Endenergieverbrauch wurde zusätzlich angenommen, dass 75 % der Wohnfläche mit Wärmepumpen und 25 % mit Biomasse oder Biomethan versorgt werden.

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 Absprungjahr
[-]	[-]	[GWh/Jahr]
2030	9.744	0,35
2035	9.767	0,39
2040	9.782	0,41
2045	9.797	0,44

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

Im Jahr 2024 wohnten 9.534 Einwohner/innen in Bestensee. Das erwartete Wachstum bis 2045 beträgt demnach 263 Bürger/innen, mit einem zusätzlichen Endenergieverbrauch von 0,44 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 Absprungjahr inkl. den industriellen oder gewerblichen Prozessen. In der folgenden Abbildung ist das baublockspezifische Sanierungspotenzial dargestellt.

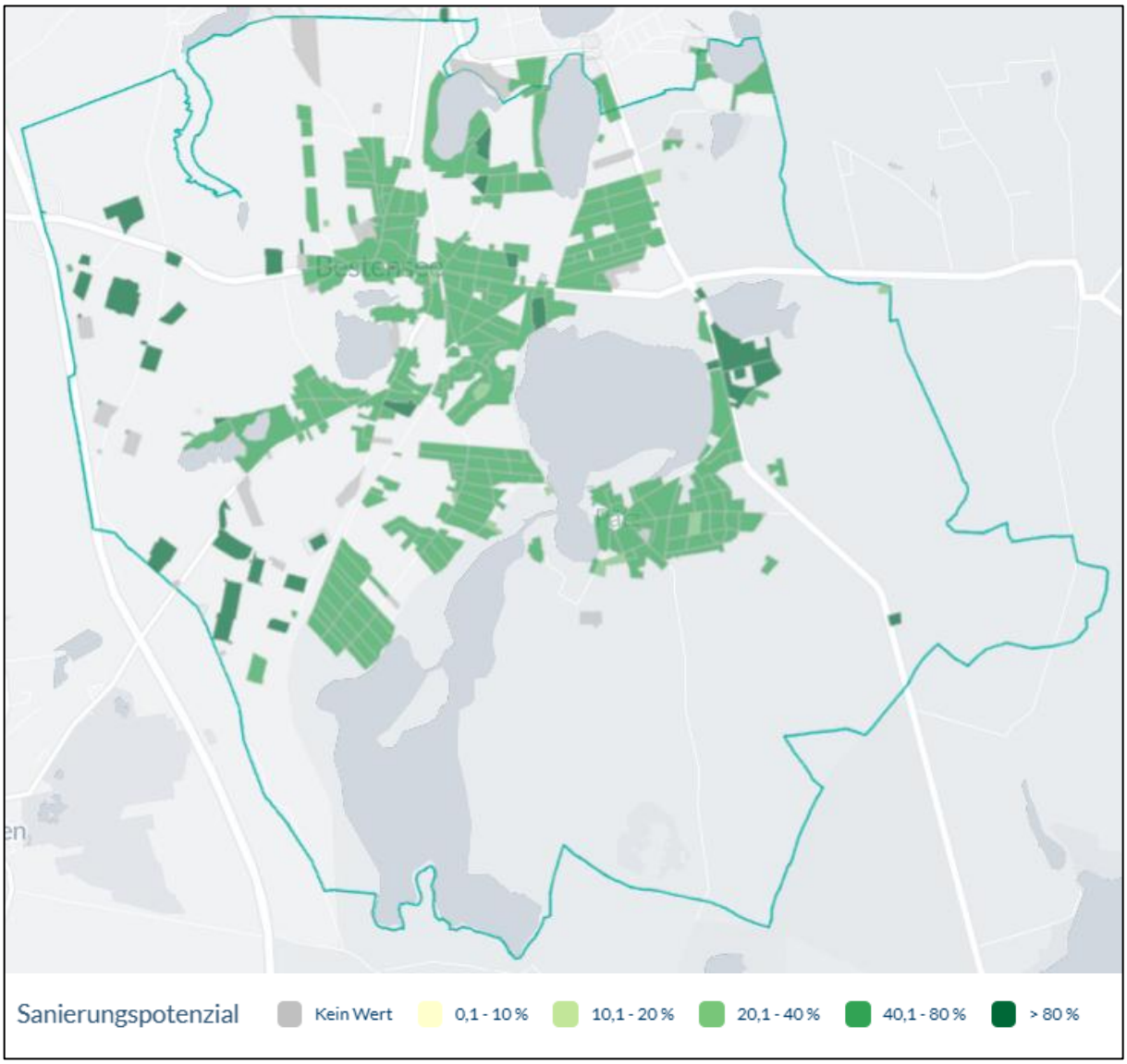


Abbildung 6-2: Sanierungspotenzial durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden sowie in industriellen oder gewerblichen Prozessen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Auf Basis 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 38,2 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 38,2 GWh/a ist eine überschlägige Investition von ca. 720 Mio.€ notwendig.

Das entspricht durchschnittlich ca. 220.000 € pro wärmeversorgtes Gebäude in Bestensee. 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 18,85 € 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 Haushaltnettoeinkommen 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 Sanierungs-leistung	Erwartete jährliche Sanierungs-leistung
[-]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]
		Summe:	13,27	
2024	56,10	38,37	0,00	0,00
2030	51,72	33,99	4,38	0,69
2035	48,45	30,73	7,65	0,63
2040	45,50	27,77	10,60	0,57
2045	42,83	25,11	13,27	0,51

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	Endenergie-verbrauch für Strom	Endenergie-verbrauch Summe
[-]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]
2024	56,10	13,00	69,10
2030	51,86	13,21	65,07
2035	48,61	13,23	61,84
2040	45,66	13,25	58,91
2045	43,00	13,26	56,27

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.

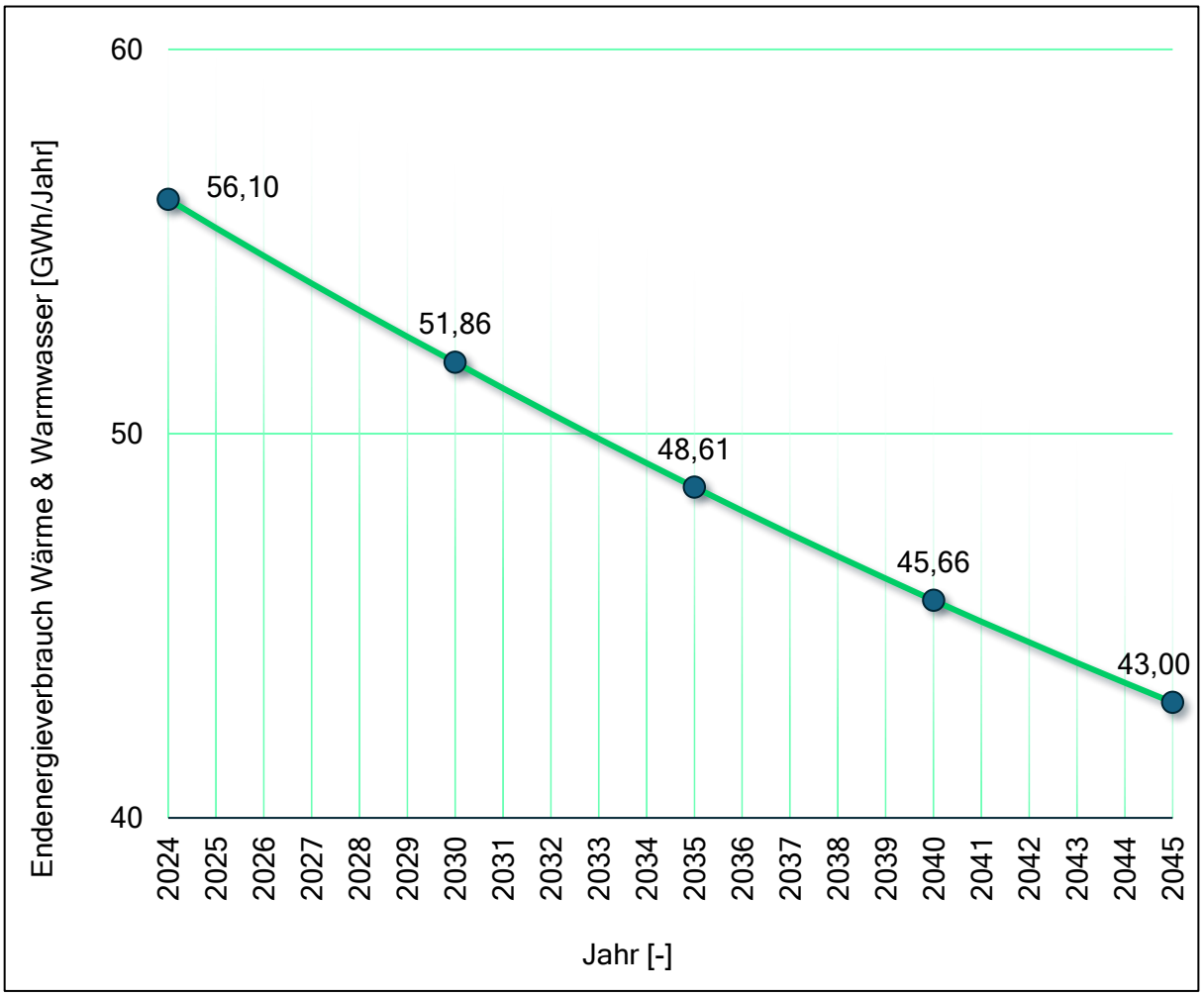


Abbildung 6-3: Endenergieverbrauch nach Sanierung inkl. Bevölkerungsentwicklung

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 Jahrmillionen 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.

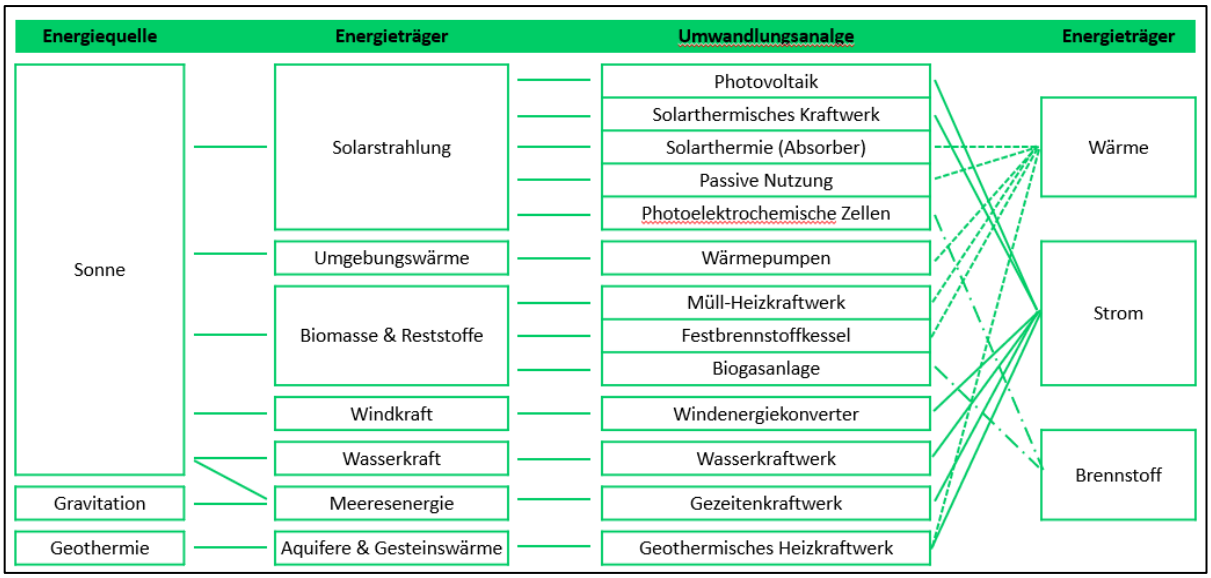


Abbildung 6-4: Erneuerbare Energien von der Quelle zum Energieträger in Anlehnung an WAGNER, ROUVEL & SCHÄFER 1999

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 vollständigkeitshalber 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 Gezeitensperrwerken oder Gezeitenturbinen. Gezeitensperrwerke 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 Baudenkmälern, 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.

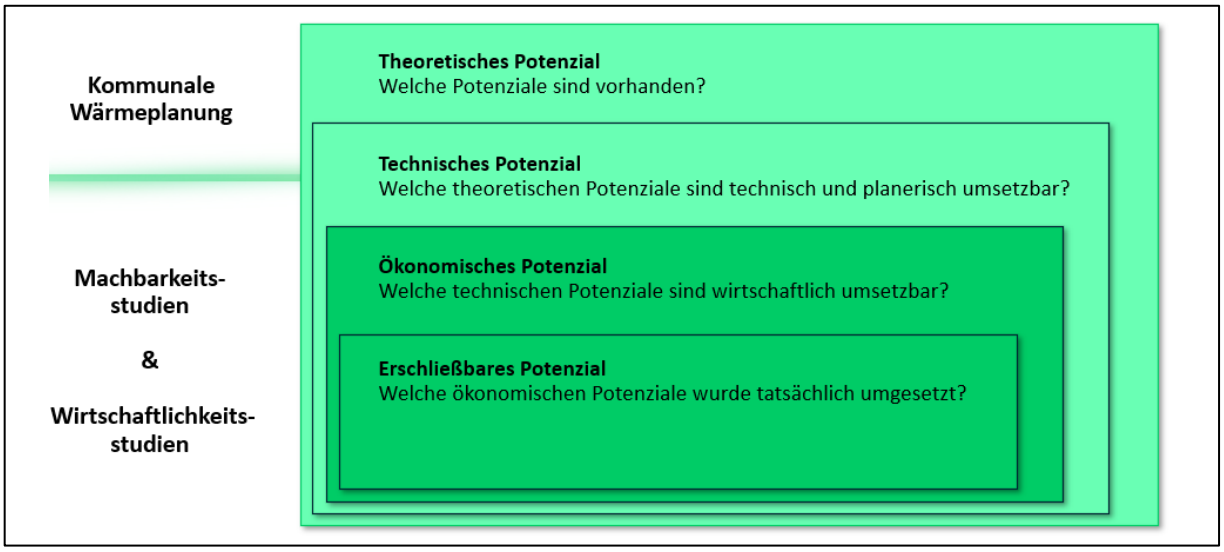


Abbildung 6-5: Potenziale in der Wärmeplanung (Darstellung der Back2B Solution GmbH)

Wie in der vorhergehenden Abbildung dargestellt, bildet die Wärmeplanung die theoretischen Potenziale ab, die im ersten Schritt technisch eingeschränkt werden. Universell ausgeschlossen werden Naturschutzgebiete, Nationalparks, Biosphärenreservate, Fauna-Flora-Habitat-Gebiete, Vogelschutzgebiete und Wasserschutzgebiete der Zone I und II. Landschaftsschutzgebiete und Wasserschutzgebiete der Zone III werden nicht restriktiv ausgeschlossen, sogleich Einschränkungen vorhanden sind.

Die Potenzialflächen wurden im Folgenden in 5 Kategorien unterteilt:

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

Bestensee wird für die Darstellung der Potenzialflächen in die zwei Gemarkungen Bestensee und Pätz unterteilt. In folgendem Bild soll nochmals die Gemarkung Bestensee in blau und Pätz in grau in Erinnerung gerufen werden.

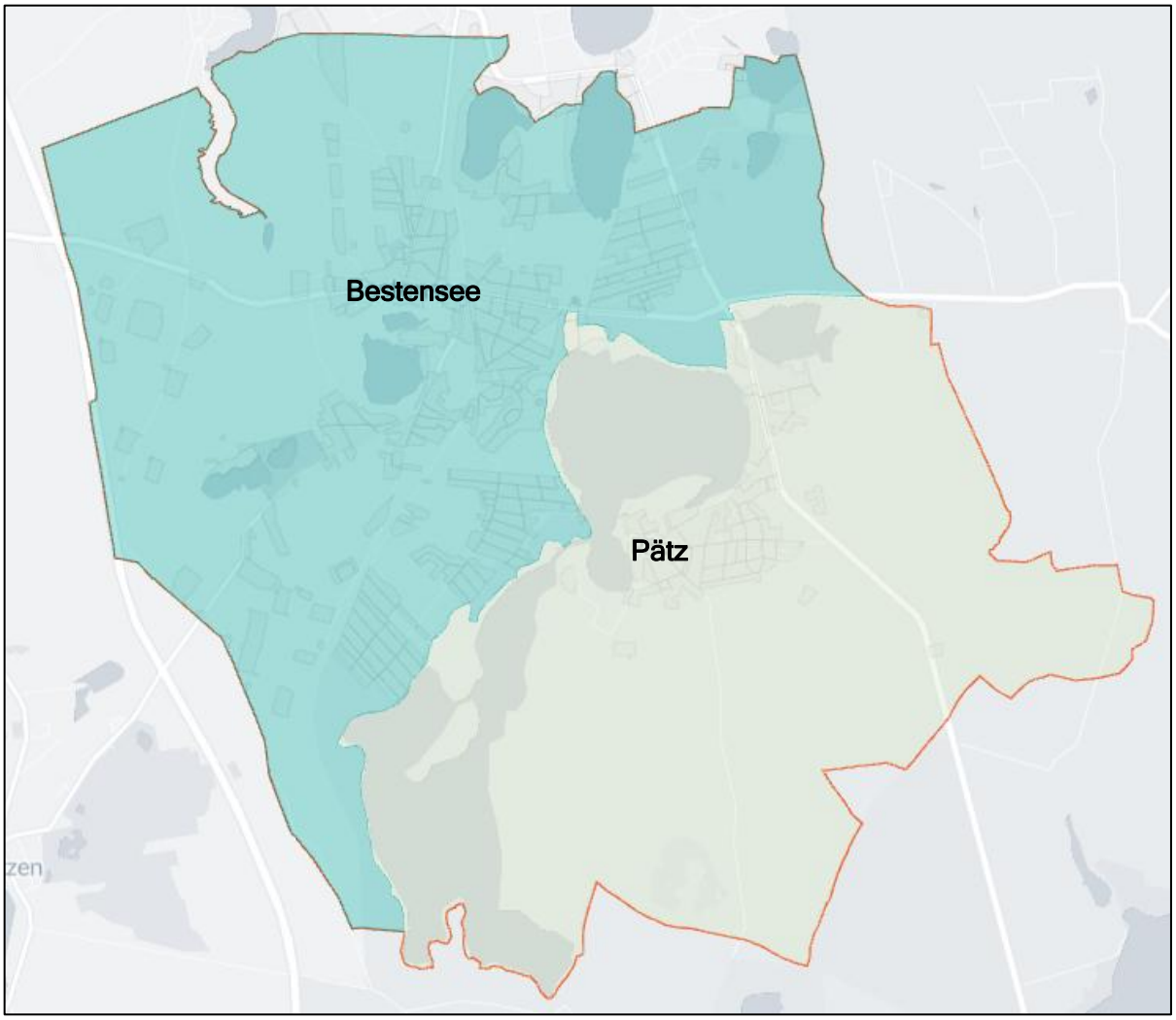


Abbildung 6-6: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

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-solaranalgen oder sonstigen Wärmeerzeugungseinheiten, z.B. zur Speisung von Wärme-netzen. Folgende Flächen ergeben sich:

Potenzialflächen - Gras- und Grünland		
Ortsteil	Schutzgebiete & Einschränkungen	Größe
[-]	[-]	[ha]
	Summe:	243,63
Bestensee	Landschaftsschutzgebiet, Naturschutzgebiet	198,78
Pätz	Landschaftsschutzgebiet, Naturschutzgebiet	44,85

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:	634,57
Bestensee	Landschaftsschutzgebiet, Naturschutzgebiet	364,18
Pätz	Landschaftsschutzgebiet	270,39

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

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

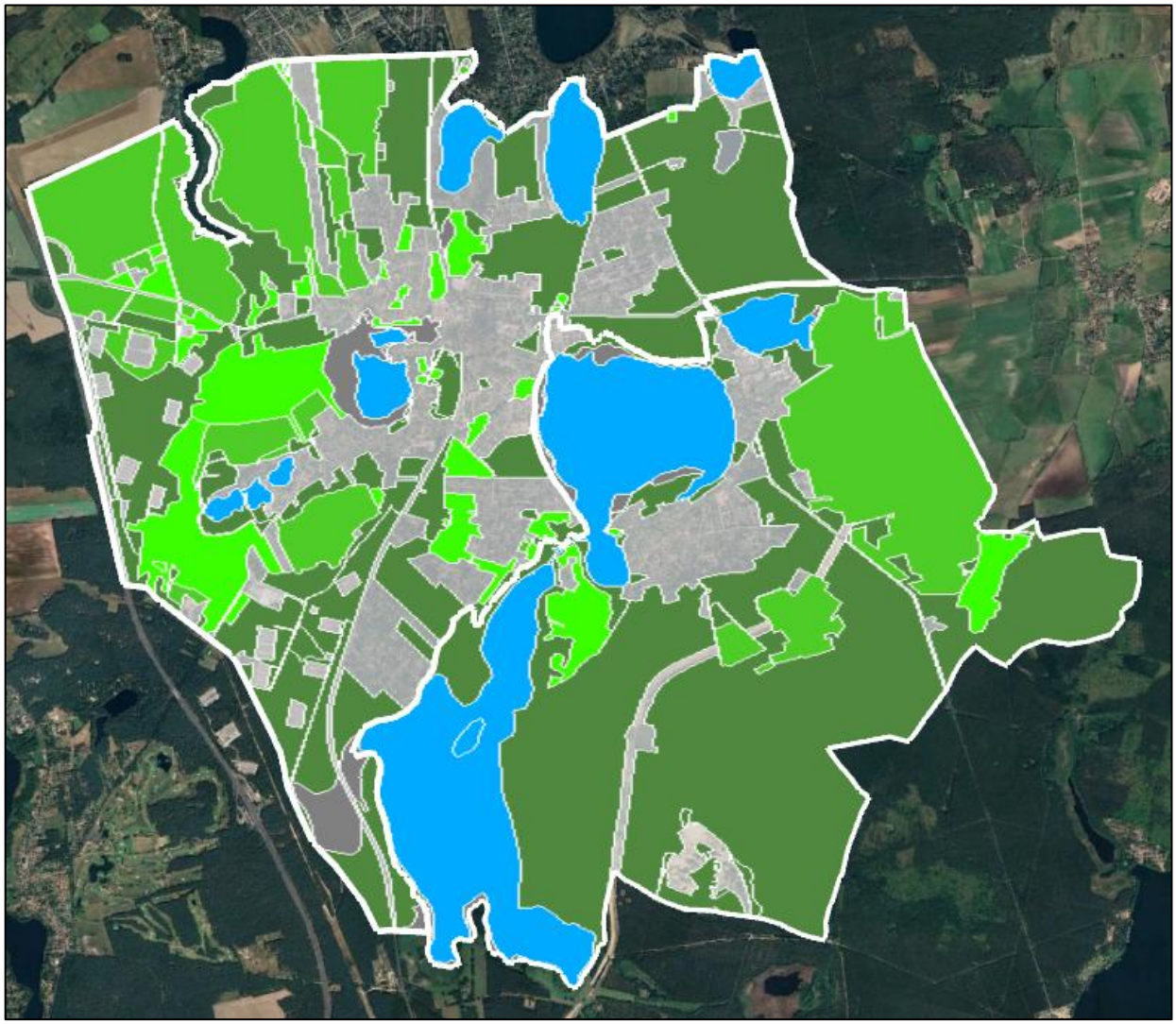


Abbildung 6-7: Potenzialflächen im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Der Großteil der Potenzialflächen sind, wie in der Abbildung zu erkennen ist, Waldflächen. Wälder sind von enormer Bedeutung für die Umwelt und das Klima. Als CO_2-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:	1.790,01
Bestensee	Naturschutzgebiet, Landschaftsschutzgebiet, LSG & WSG 3	911,82
Pätz	Naturschutzgebiet, Landschaftsschutzgebiet, LSG & WSG 3	878,19

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

Neben den Gebieten an Land können auch Gewässer für erneuerbare Energien genutzt werden. Folgende Gewässergebiete befinden sich im Projektgebiet, wobei immer die komplette Größe der Gewässer dargestellt sind.

Potenzialflächen - Gewässer		
Name	Schutzgebiete & Einschränkungen	Größe
[-]	[-]	[ha]
	Summe:	502,02
Pätzer Hintersee	Naturschutzgebiet	229,00
Pätzer Vordersee	Landschaftsschutzgebiet	153,28
Weitere Seen	Landschaftsschutzgebiet	119,74

Tabelle 6-7: Potenzialflächen - Gewässer (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:	16,79
Bestensee	14,82
Pätz	1,97

Tabelle 6-8: 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.

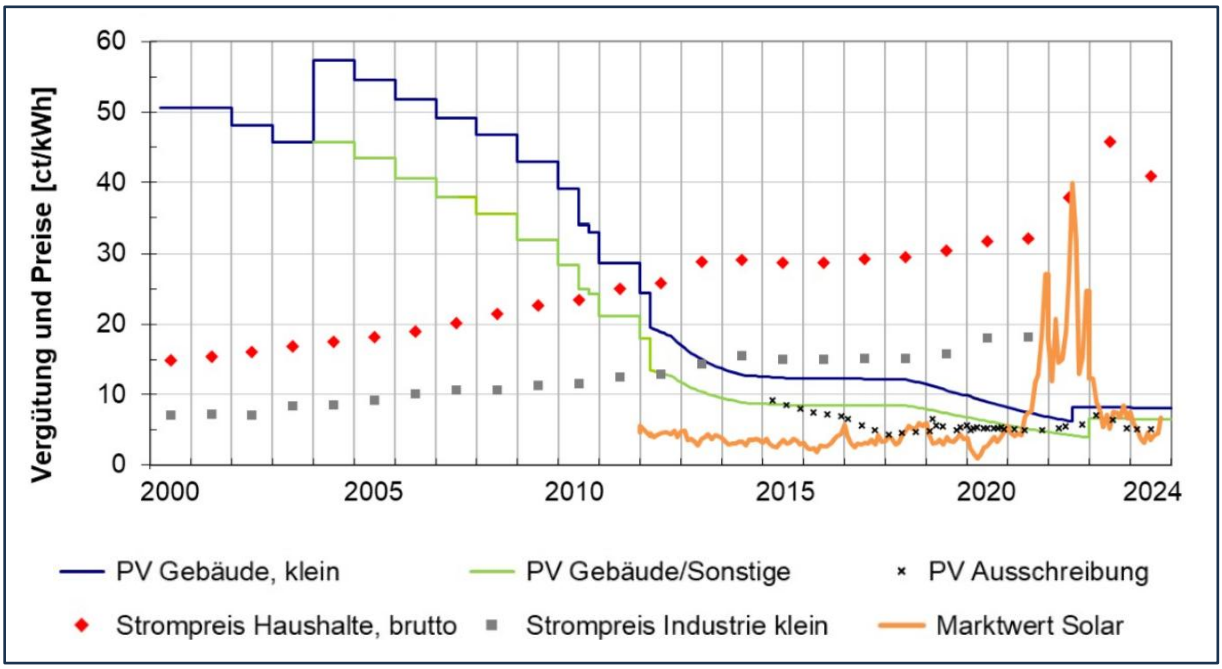


Abbildung 6-8: Preisgrößen für PV-Strom (Quelle: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025)

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 2025 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 Gemeinde Bestensee ergibt sich seit 1991 bis heute folgende jährliche Globalstrahlung.

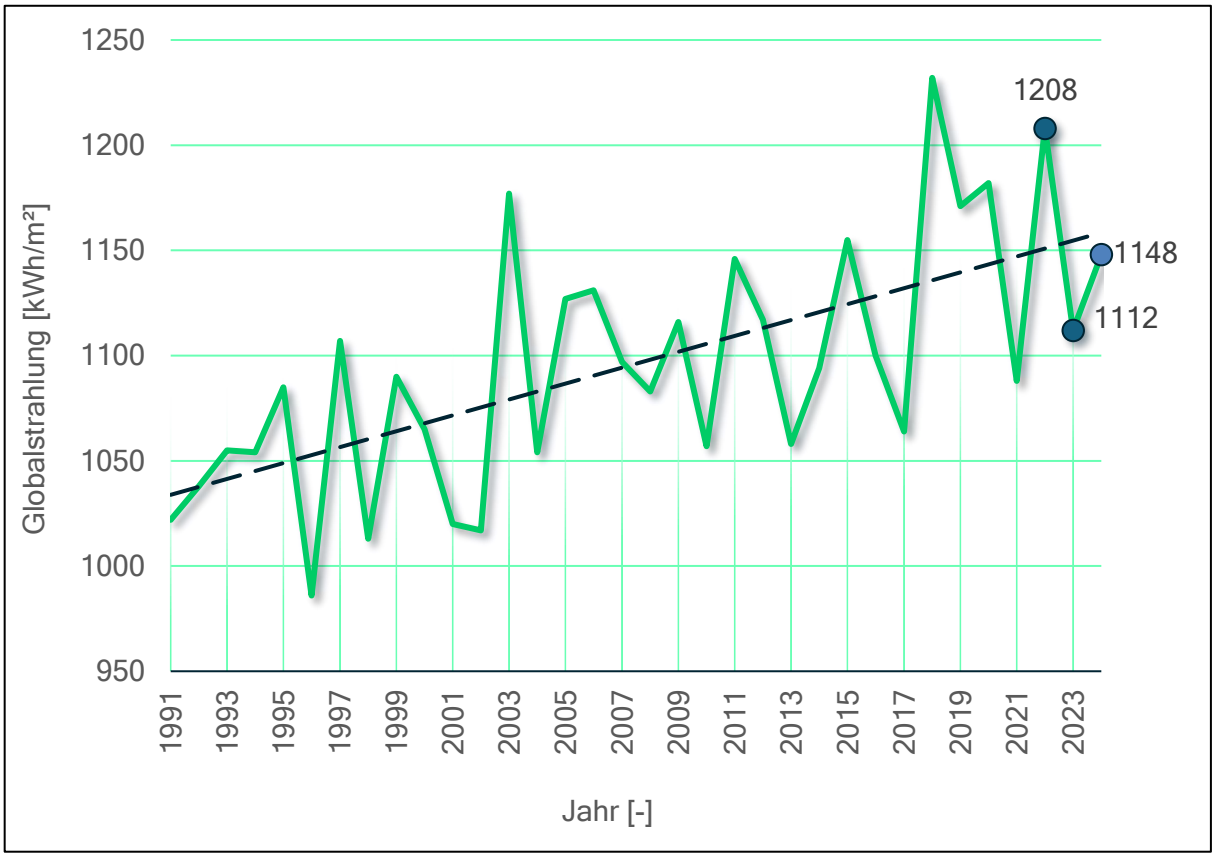


Abbildung 6-9: Jahresbezogene Globalstrahlung im Projektgebiet (DEUTSCHER WETTERDIENST 2024)

Der Durchschnitt der letzten 3 Jahre beträgt 1.156 kWh/m² pro Jahr. Dieser Wert bildet die Grundlage für die Berechnung der Solarthermie- und Photovoltaikpotenziale der folgenden Unterkapiteln. 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.

Neben der technologischen Komplexität ergibt sich die planungsseitige Komplexität der Flächennutzung. Bereits im Kapitel der Potenzialflächen wurden 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
	500m-Korridor Schiene für Acker- und Grünflächen
	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 6-9: 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.

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. 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 ausgewiesen Potenziale sind als antivalent zu betrachten.

Solarpotenzial auf Gras- und Grünlandflächen				
Ortsteil	Größe	Globalstrahlung	Solarthermie-potenzial	Photovoltaik-potenzial
[-]	[ha]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	**206,64**	**716.628**	**501.640**	**138.739**
Bestensee	186,25	645.915	452.141	125.049
Pätz	20,39	70.713	49.499	13.690

Tabelle 6-10: 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.

Tabelle 6-11: 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	Solarthermie-potenzial	Photovoltaik-potenzial
[-]	[ha]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	**501,16**	**1.303.517**	**912.462**	**252.361**
Bestensee	230,77	600.233	420.163	116.205
Pätz	270,39	703.284	492.299	136.156

Tabelle 6-12: 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 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 sind dabei folgende Photovoltaikpotenziale auf privilegierten Flächen identifiziert wurden:

Solarpotenzial auf Privilegflächen			
Ortsteil	Größe	Globalstrahlung	Photovoltaikpotenzial
[-]	[ha]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	**17,24**	**44.841**	**8.681**
Bestensee	17,24	44.841	8.681
Pätz	0,00	0	0

Tabelle 6-13: Solarpotenzial auf Privilegflächen (interne Berechnung)

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. Im Ergebnis ist jeder Quadratmeter des Daches mit einem Solarstrahlungswert hinterlegt.

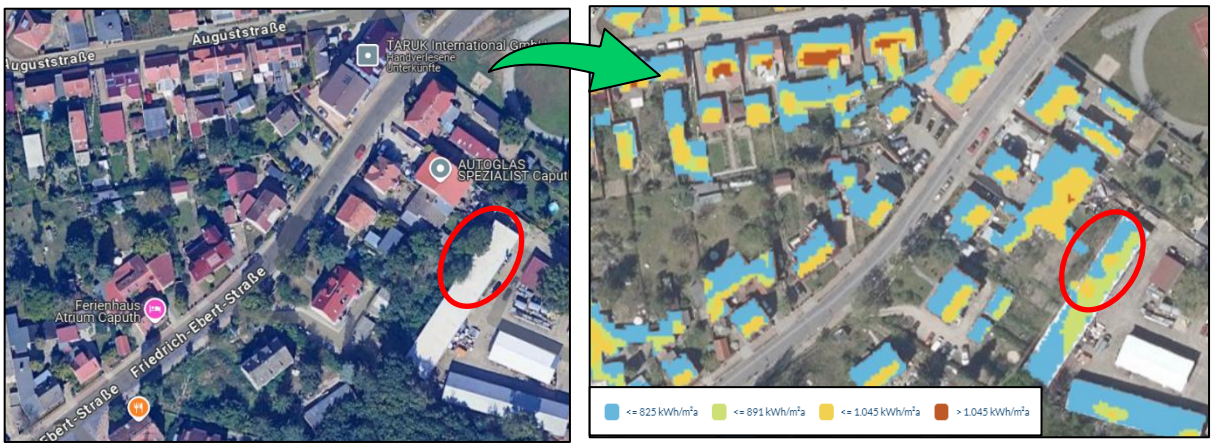


Abbildung 6-10: Satellit (GOOGLE 2024) ggü. Globalstrahlung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

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/m² Globalstrahlung im Jahr werden aufsummiert und zu einem theoretischen Solarpotenzial zusammengefasst.

Solarpotenzial auf Dachflächen				
Ortsteil	Größe	Globalstrahlung	Solarthermie-potenzial	Photovoltaik-potenzial
[-]	[ha]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	**16,79**	**296.400**	**207.480**	**57.383**
Bereits installierte Anlagen:		**38.296**	**-**	**-**
Bestensee	14,82	271.581	190.107	52.578
Pätz	1,97	63.115	44.181	12.219

Tabelle 6-14: 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 Solarthermiepotenzial 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

In der folgenden Tabelle wird das Solarpotenzial aggregiert aufgezeigt.

Zusammenfassung Solarpotenzial				
Kategorie	Gesamtes Solarthermie-potenzial	Mobilisierbares Solarthermie-potenzial	Gesamtes Photovoltaik-potenzial	Mobilisierbares Photovoltaik-potenzial
[-]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	**1.621.582**	**162.158**	**457.164**	**120.925**
Grünlandflächen	501.640	50.164	138.739	27.095
Agrarflächen	912.462	91.246	252.361	49.389
Privilegflächen	-	-	8.681	8.681
Dachflächen	207.480	20.748	57.383	35.760

Tabelle 6-15: Zusammenfassung der Solarpotenziale

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 Gemeinde ist nur sehr bedingt oder gar nicht möglich. Ausgenommen von dieser Aussage sind die eigenen Liegenschaften der Gemeinde. 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.

Die folgende Grafik zeigt die Umsetzungsquote für Photovoltaikanlagen auf den Dachflächen im Projektgebiet:

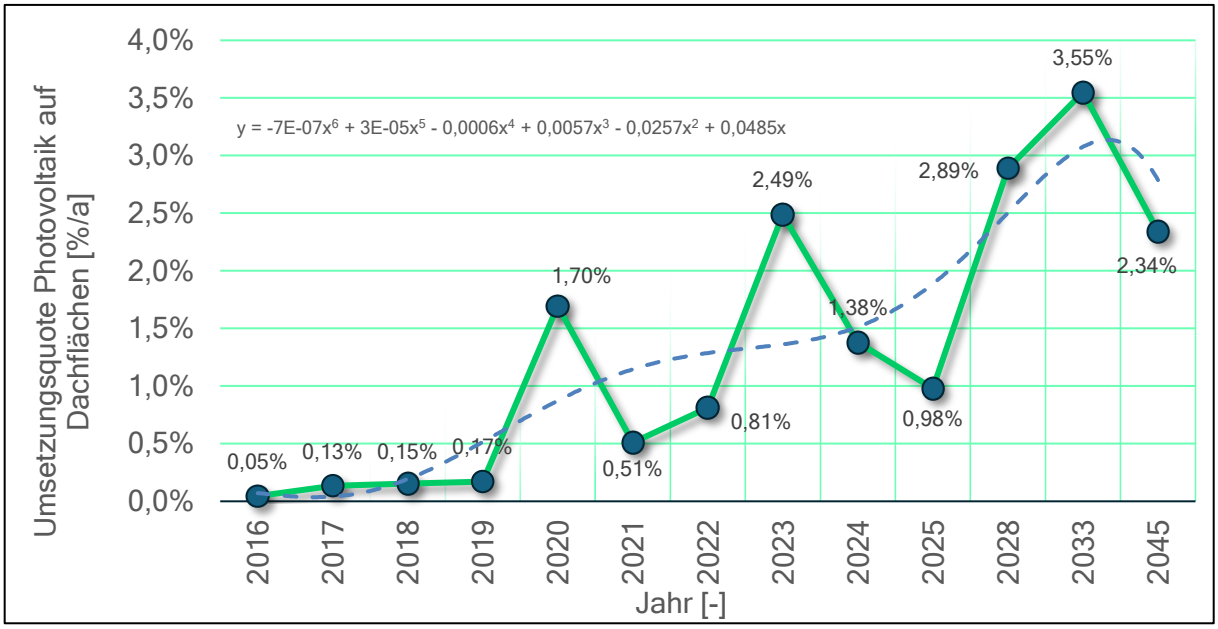


Abbildung 6-11: Umsetzungsquote Photovoltaik auf Dachflächen

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 hydrothermischer 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, kurz COP genannt, wird dabei auf Basis des Carnot-Kreisprozess maßgeblich von der Differenz zwischen Temperaturquelle und Vorlauftemperatur der Heizungsanlage bestimmt. Diese enthält zunächst keine Verluste und Ineffizienzen, weswegen zusätzlich der Gütegrad η der Wärmepumpen einberechnet wurde und in folgender Übersicht dargestellt ist.

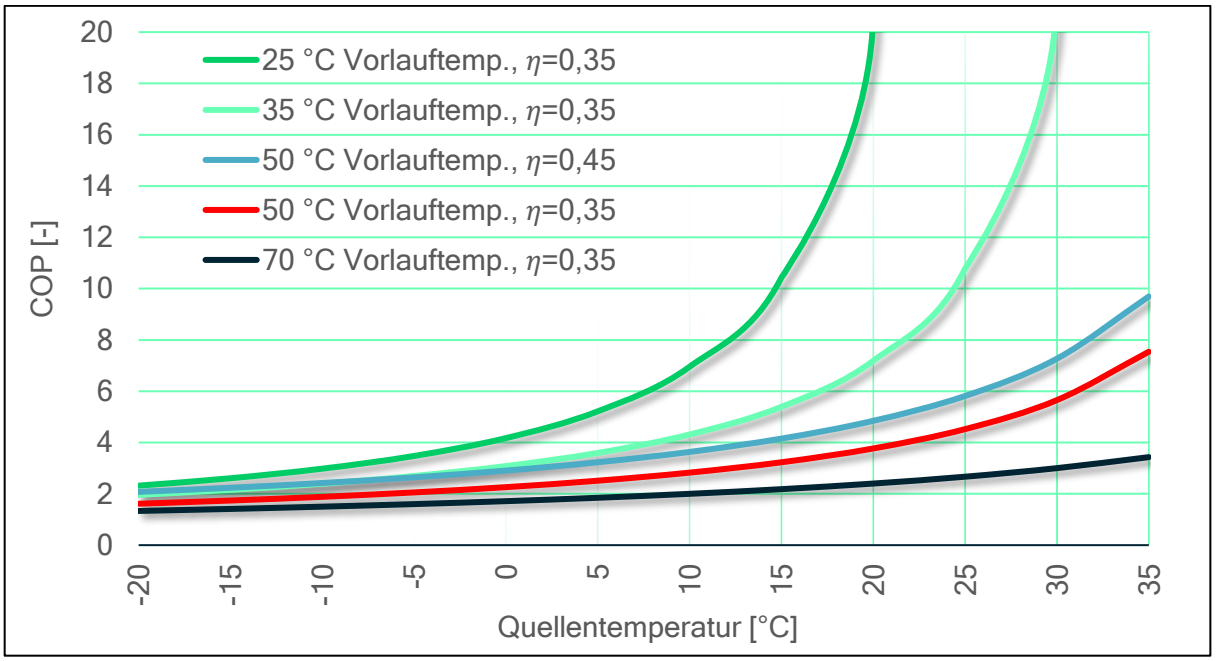


Abbildung 6-12: COP-Werte von Wärmepumpen (Darstellung der Back2B Solution GmbH)

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, die Wärmeverluste, der Betriebszustand und die Fähigkeit eines modulierenden Betriebs. Das zeigt ebenfalls, dass der Gütegrad nicht nur abhängig von der Wärmepumpe ist, sondern sich in den unterschiedlichen Betriebszuständen ändert. Zur Übersichtlichkeit wurde ein konstanter Gütegrad η = 0,35 für Luft/Wasser-Wärmepumpen in Einfamilienhäusern und 0,45 für Großwärmepumpen unterstellt. Diese Grundlagen werden in den Ergebnissen der folgenden Kapitel wiederholt 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. Wirtschaftlich eingrenzend wirkt die Höhe der Vorlauftemperatur, da die Effizienz mit steigender Vorlauftemperatur sinkt.

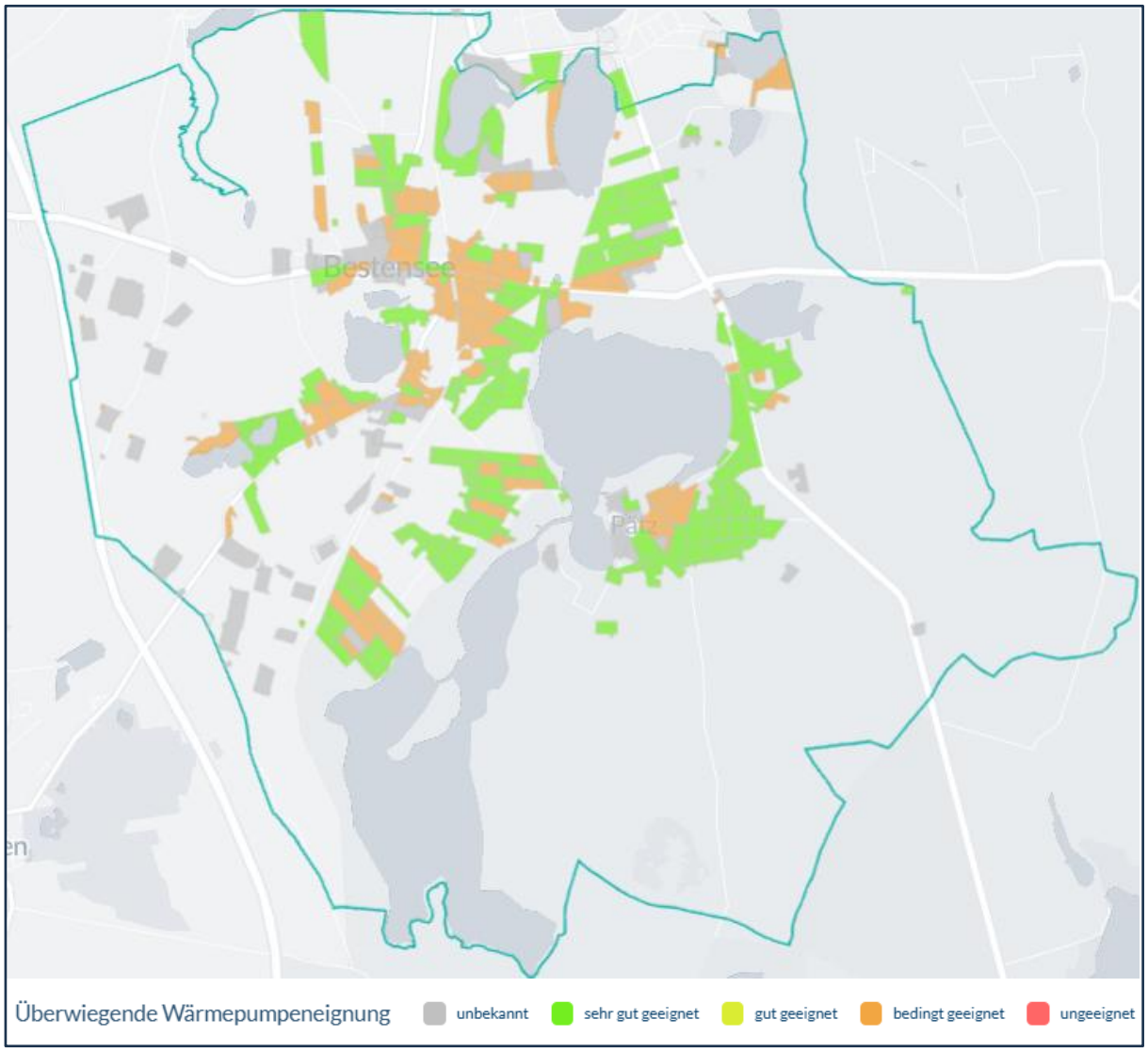


Abbildung 6-13: Wärmepumpeneignung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Die Darstellung zeigt Baublöcke mit einer überwiegenden Gebäudeanzahl, die zu den folgenden Kategorien zuordbar sind. Gebäude sind „sehr gut geeignet“, wenn deren Wärmebedarf so gering ist, dass eine Luft/Wasser-Wärmepumpe wirtschaftlich ist. „Gut geeignet“ sind Gebäude, die mit Sonden oder Kollektoren versorgbar sind, da u.a. genug Platz auf den Grundstücken verfügbar ist. „Bedingt geeignet“ sind Gebäude, die ohne Sanierung nicht wirtschaftlich erschließbar sind bzw. nicht genug Platz auf dem Grundstück für Erdwärmesonden vorhanden ist. „Ungeeignet“ sind Gebäude, die auch bei Vollsanierung nicht wirtschaftlich erschließbar sind.

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 Quellentemperatur im Vergleich zur isolierten Nutzung der aerothermischen Umgebungswärme erhöht und somit die Anlageneffizienz erhöht werden.

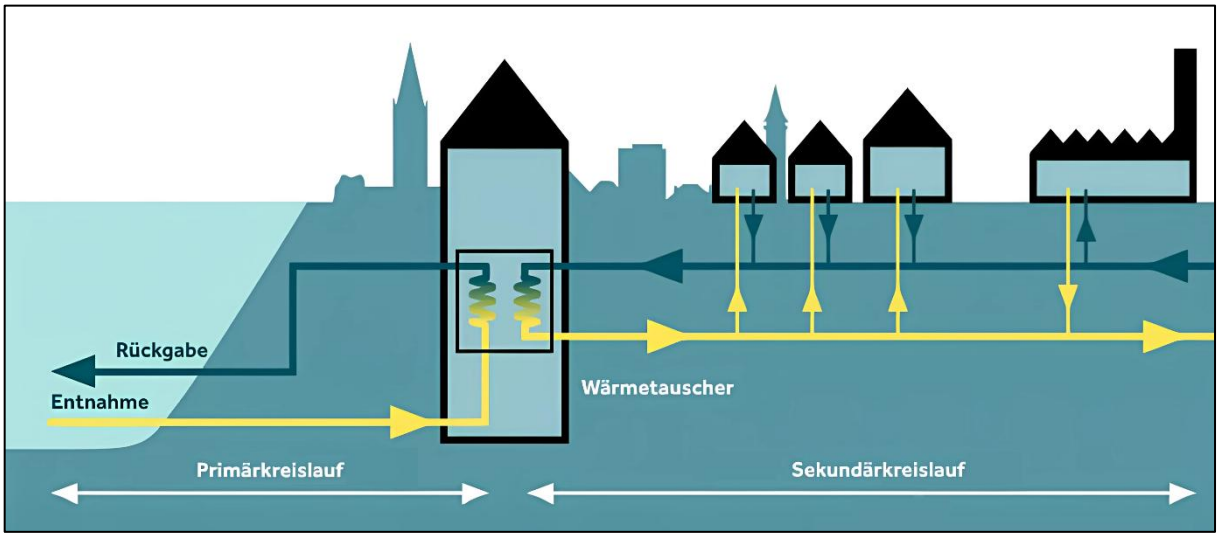


Abbildung 6-14: Prinzipdarstellung zur Nutzung hydrothermischer Umgebungswärme (STRÖBELE 2024)

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.

Bestensee liegt an Seen, die lediglich Anschluss an kleine Flüsse bzw. Gräben aufweisen. Diese eignen sich aufgrund zu geringer Volumenströmen und Durchflussgeschwindigkeiten, die unterhalb von 1 m³/s. liegen, nicht für die Flussthermieanwendungen.

6.3.3.3 Hydrothermische Umgebungswärme mit Seethermie

Die Attraktivität der Gemeinde Bestensee entsteht u.a. durch mehrere Seen. Die Daten der Seen wurden dem LANDESAMT FÜR UMWELT BRANDENBURG 2024 entnommen. Für die Nutzung der Gewässer zur Wärmeversorgung sind gewisse Eigenschaften notwendig. Zum einen dürfen keine Schutzgebiete beeinflusst werden, zum anderen ist eine Mindesttiefe 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 Mindesttiefen 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 Anforderung übernommen, woraus folgende Potenziale abgeleitet wurden.

Seethermiepotenzial			
Name	Größe	Schutzgebiet	Maximale, entziehbare Energie
[-]	[ha]	[-]	[MWh/Jahr]
		Summe	14.415
Pätzer Hintersee	229,00	Naturschutzgebiet	0
Pätzer Vordersee	153,28	Landschaftsschutzgebiet	14.415
Weitere Seen	119,74	Landschaftsschutzgebiet	0

Tabelle 6-16: Zusammenfassung der Seethermiepotenziale

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 betrachten.

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.

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 potenzialseitig 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 Gemeinde Bestensee fallen wie in allen Kommunen in Deutschland Abfälle an. Der Großteil der 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 zur reduzieren. Im Landkreis Dahme-Spreewald wird der, durch den Südbrandenburgischer Abfallzweckverband gesammelte Abfall bereits einer Abfallverwertungsanlage zugeführt. Zusätzliches Potenzial ist demnach nicht vorhanden.

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 Biogase und Gärreste entstehen, bevor diese aufbereitet werden, damit der gewünschte Methangehalt erreicht werden kann oder in einer KWK-Anlage verarbeitet werden. Konkurrenzsituationen, wie beispielsweise durch den Nahrungsmittel- und Futtermittelanbau wird mit Übernahme der Zahlen vom MINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2010 vermieden. Diese haben berechnet, dass 12 % des Grünlandaufwuchses und 30 % der Ackerflächen für eine energetische Nutzung zur Verfügung stehen.

Biomassepotenzial aus Agrar- und Grünlandflächen				
Ortsteil	Biogasertrag	thermisches Energiepotenzial (KWK)	elektrische Energiepotenzial (KWK)	Summe Potenziale
[-]	[m³/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	**675.782**	**2.433**	**1.419**	**3.852**
Bestensee	343.974	1.238	722	1.961
Pätz	331.808	1.195	697	1.891

Tabelle 6-17: Biomassepotenzial aus Agar- und Grünlandflächen (interne Berechnung)

Bei Direkteinspeisung des Biogases ist die Nähe zu einer bestehenden Erdgasleitung zu beachten. Alternativ zum betrachteten Neubau einer Biogas- und Biogasaufbereitungsanlage, welche die Gasqualität vor Einspeisung in das Netz gewährleisten muss, rücken Bestandsanlagen im Umkreis von Projektgebiet in den Fokus. Bestehende Biogasanlagen im Biomethancluster können beispielsweise ausgebaut oder umgerüstet werden, um mit möglichst geringen Investitionskosten eine ansteigende Einspeisung von Biomethan bewerkstelligen zu können. Hintergrund ist, dass die Nutzung von Biomassepotenzialen unabhängig vom Erzeugerstandort erfolgen kann. 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 6,12 verwertbaren Erntefestmeter pro Jahr und pro Hektar Waldfläche in Brandenburg. 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)	elektrische Energiepotenzial (KWK)	Summe Potenziale
[-]	[m³/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	**1.877**	**1.843**	**1.075**	**2.917**
Bestensee	1.458	1.432	835	2.267
Pätz	418	411	239	650

Tabelle 6-18: Biomassepotenzial aus Waldflächen (interne Berechnung)

6.3.5 Windkraft

Windkraftanlagen transformieren die kinetische Energie atmosphärischer Luftströmungen in elektrische Energie und zählen damit zu den zentralen Technologien der erneuerbaren Energieerzeugung. Das primäre Wandlungselement ist der Rotor, dessen Blätter nach aerodynamischen Prinzipien ausgelegt sind. Durch die Interaktion des anströmenden Windfeldes mit den Rotorblättern entsteht ein Auftriebs- und Widerstandsmoment, welches eine Rotationsbewegung induziert. Diese mechanische Energie wird über eine Antriebswelle an einen elektrischen Generator übertragen. Im Generator erfolgt die Umwandlung der Rotationsenergie in elektrische Energie mittels elektromagnetischer Induktion.

Im betrachteten Absprungjahr 2024 waren in Bestensee keine Windkraftanlagen installiert und folglich auch keine in Betrieb. Zum Stand der Erstellung der vorliegenden Wärmeplanung existieren für Bestensee keine Vorzugsflächen für Windkraftanlagen. Aufgrund der ausgeprägten Schutzgebiete ist die Genehmigung und Errichtung von Windkraftanlagen mit erheblichen Auflagen und Hürden verbunden, jedoch nicht final auszuschließen. In Folge wurde von einer weiteren Betrachtung in Abstimmung mit der Gemeinde abgesehen.

6.3.6 Wasserkraft

Wasserkraftwerke nutzen die potenzielle Energie des Wassers, um Turbinen anzutreiben, die wiederum Generatoren antreiben, welche elektrische Energie bereitstellen. Diese Form der Energiegewinnung zählt zu den ältesten und umweltfreundlichsten Methoden der Stromerzeugung. Es gibt verschiedene Typen von Wasserkraftwerken, darunter Laufwasserkraftwerke, Speicherkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke. Laufwasserkraftwerke nutzen die natürliche Strömung eines Flusses, um kontinuierlich Strom zu erzeugen. Der Zufluss und Abfluss sind meist identisch. In Speicherkraftwerken wird hingegen Wasser in einem Stausee gespeichert und bei Bedarf durch Turbinen geleitet, um elektrische Energie zu erzeugen.

Sie bieten die Möglichkeit, Energie zu speichern und bei Spitzenlastzeiten abzurufen. Pumpspeicherkraftwerke speichern überschüssige Energie, indem sie Wasser in höhere Lagen pumpen. Bei Bedarf wird das Wasser abgelassen, um durch Turbinen Strom zu erzeugen. Sie dienen als Energiespeicher und zur Netzstabilisierung. Die Nutzung von Wasserkraft bietet zahlreiche Vorteile, darunter die Reduzierung von Treibhausgasemissionen und die Bereitstellung einer zuverlässigen Energiequelle. Allerdings gibt es auch ökologische Herausforderungen, weswegen hohe Anforderungen an den Bau und Betrieb entsprechender Anlagen gestellt werden.

Wasserkraftanlagen müssen nach ANDERER, DUMONT, MASSMANN & KEUNEKE 2011 einen Mindestabfluss gewährleisten, um das ursprüngliche Gewässerbett als Lebensraum zu erhalten. Dieser Mindestabfluss richtet sich nach den ökologischen Erfordernissen und wird für jede Anlage individuell festgelegt. Zudem muss die Wanderung von Fischen und anderen Organismen sichergestellt werden. Neben Fischen beeinflusst die Anlage den natürlichen Feststofftransport für Sedimente, was ebenfalls zu beachten ist. Allgemein besagt die EG-Wasserrahmenrichtlinie, dass oberirdische Gewässer so bewirtschaftet werden müssen, dass eine Verschlechterung ihres Zustands vermieden wird.

Um Laufwasserkraftwerke wirtschaftlich betreiben zu können, müssen topographische und hydrologische Bedingungen erfüllt sein. Flussabschnitte mit starkem Gefälle sind ideal, da sie größere Energiepotenziale bieten. Zudem ist eine ausreichende und konstante Wassermenge notwendig, um eine kontinuierliche Energieerzeugung sicherzustellen. Insbesondere ist die Leistung abhängig vom Wasserdurchfluss, der Fallhöhe des Wassers und dem Wirkungsgrad der Turbineneinheit inkl. Generator, Transformator und Getriebe. Als Voraussetzung für energetisch relevante Anlagen wird nach AUFLEGER & BRINKMEIER 2015 eine Mindesthöhe von zwei Metern als Eingangsanforderung übernommen.

Auf Basis der Daten des digitalen Geländemodells ist der Höhenunterschied zwischen dem Pätzer Vordersee und dem Todnitzsee ca. 1 - 2 m und somit unterhalb der notwendigen Mindestanforderungen. Lediglich Kleinstwasserkraftwerke können in dem Rahmen untersucht werden, welche jedoch aufgrund der energetisch untergeordneten Rollen innerhalb dieser Wärmeplanung nicht berücksichtigt werden.

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 Antriebenergie 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.

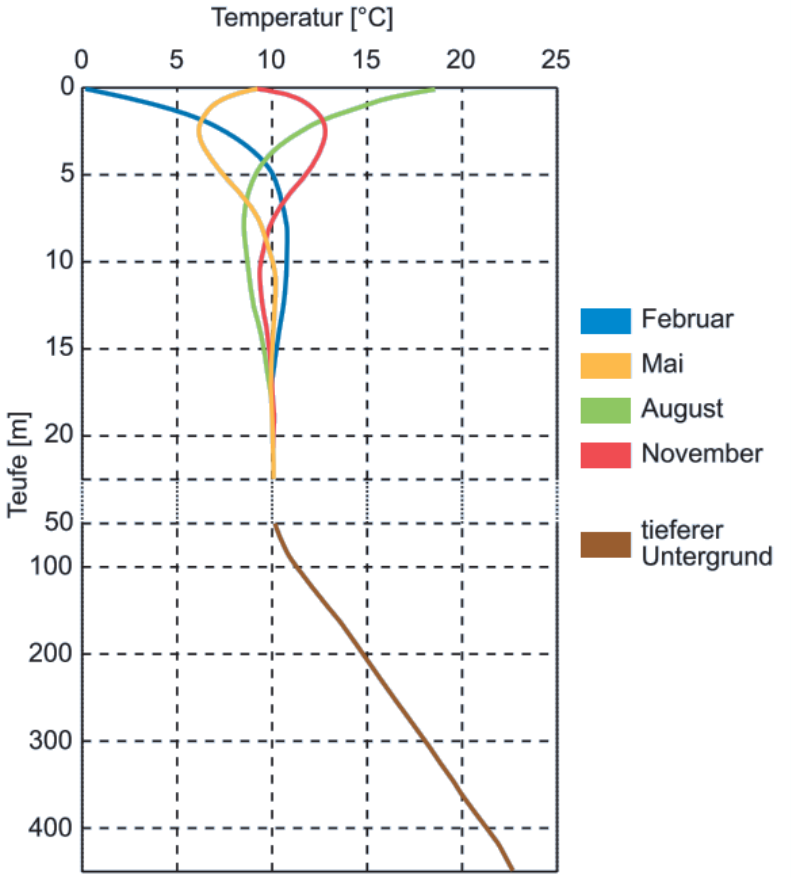


Abbildung 6-15: Die Veränderung der Temperatur in Abhängigkeit von der Teufe[1] und den Jahreszeiten (BRANDENBURGISCHE ENERGIE TECHNOLOGIE INITIATIVE 2009)

[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.

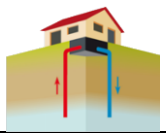
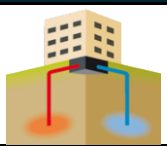
Technologieüberblick oberflächennahe Geothermie			
Erdwärmekollektoren	Erdwärmesonden	Grundwasserbrunnen	Wärme- und Kälter-speicherung
			
horizontales, geschlossenes System, ca. 1 - 1,5 m Tiefe	vertikales, geschlossenes System, meist 40 - 150 m Tiefe	offenes System mit zwei Brunnen	Speicherung von Wärme und Kälte über Sonden oder Grundwasser-brunnen
Heizung und Warmwasser-versorgung von Ein- und Zweifamilien-häusern, hoher Flächenbedarf, meist genehmigungsfrei	Heizung und Warmwasser-versorgung von Ein- und Zweifamilien-häusern, geringer Platzbedarf, fast überall realisierbar	Heizung und Warmwasserver-sorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern, hohe energetische Ergiebigkeit, je nach Grundwasser-chemismus wartungsintensiv	zur Gebäude-klimatisierung, hohe Speichertemperatur en 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, deren Potenziale im Folgenden detaillierter beleuchtet werden.

6.3.7.1.1 Dezentrale Versorgungspotenziale

Das Potenzial der Erdwärmekollektoren wird in folgender Darstellung zusammengefasst. Dafür wurde die Feuchtestufe, die Durchführbarkeit von Erdarbeiten nach DIN 18300 2019 sowie die Wärmeentzugsleistung bewertet.

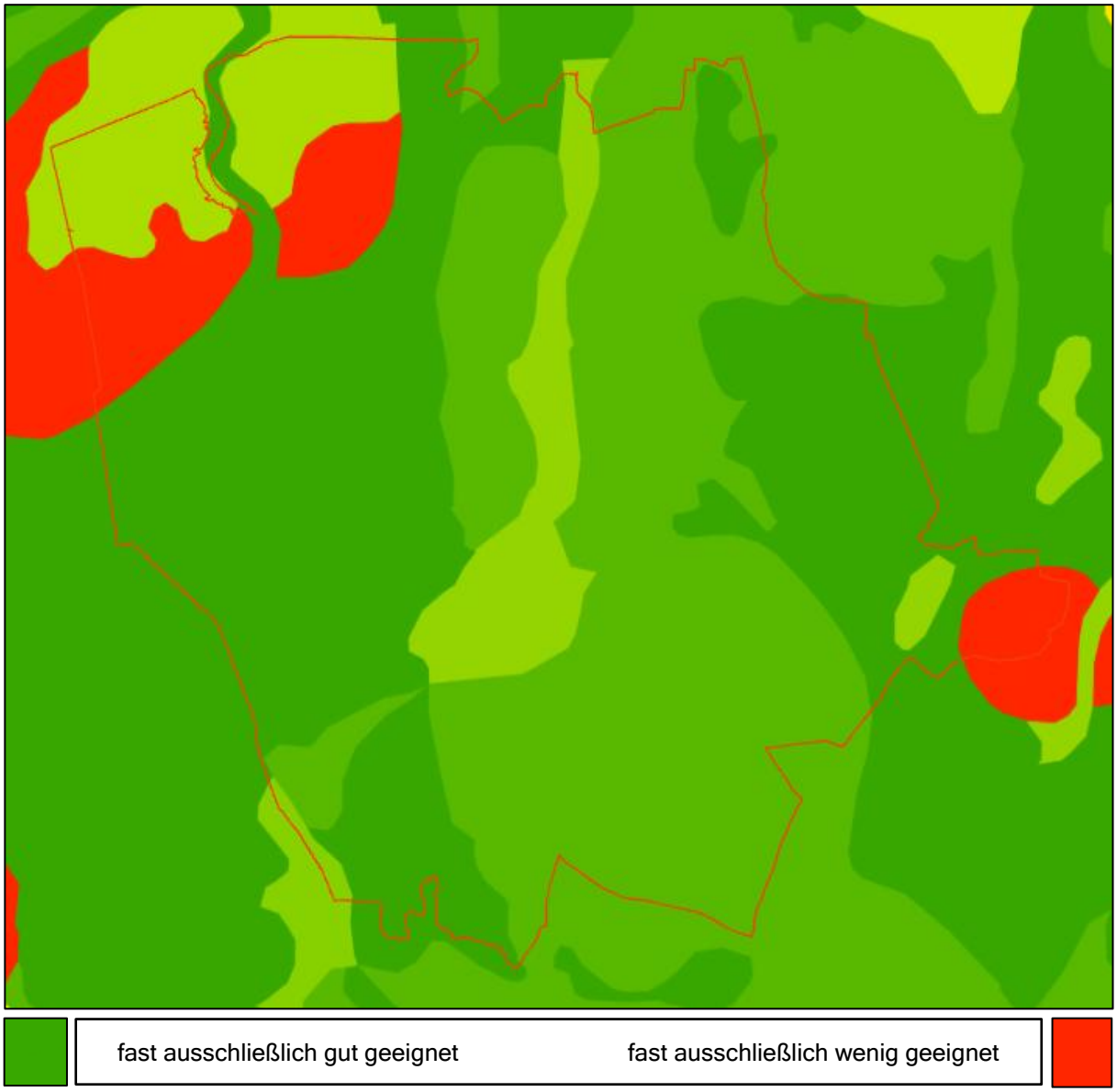


Abbildung 6-17: Potenzielle Standorteignung Erdwärmekollektoren (Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg 2024, Mapbox 2024 & OpenStreetMap 2024))

Zusammenfassend kann beschrieben werden, dass im Projektgebiet Erdwärmekollektoren überwiegend geeignet sind, wobei diese Aussage keine detaillierte Untersuchung und Bewertung am Umsetzungsobjekt ersetzt. Bei Erdwärmesonden ergibt sich eine abweichende Standorteignung von der oben dargestellten Eignung für Erdwärmekollektoren.

Hierbei muss erwähnt werden, dass sich eine Teilfläche der Gemarkung Bestensee innerhalb der Zonen I bis III eines Wasserschutzgebietes befinden, was in der Regel ein Ausschlusskriterium für die Errichtung von vertikalen Erdwärmesonden darstellt. Dies ist u.a. ebenso bei Naturschutzgebieten der Fall.

Unabhängig der Technologie, können diese neben der Umgebungsluft als Wärmequelle für Wärmepumpen dezentral genutzt werden. Folgende Darstellung ist technologieoffen gestaltet und wird analog dem Unterkapitel „Aerothermische Umgebungswärme“ nochmals aufgezeigt sowie um folgende Erläuterung nun vorgestellter Technologien ergänzt. Für die Einbeziehung der Potenziale wird die vorhandene Flurstückgröße, der Wärmebedarf für Warmwasser und Heizen sowie die spezifische Wärmeentzugsleistung aus dem Erdboden für Sonden oder Kollektoren berücksichtigt. Dabei wurde das Beiblatt 2 nach VDI 4640 2019 berücksichtigt. Zudem wurde mit einer Bohrtiefe von 100 m kalkuliert.

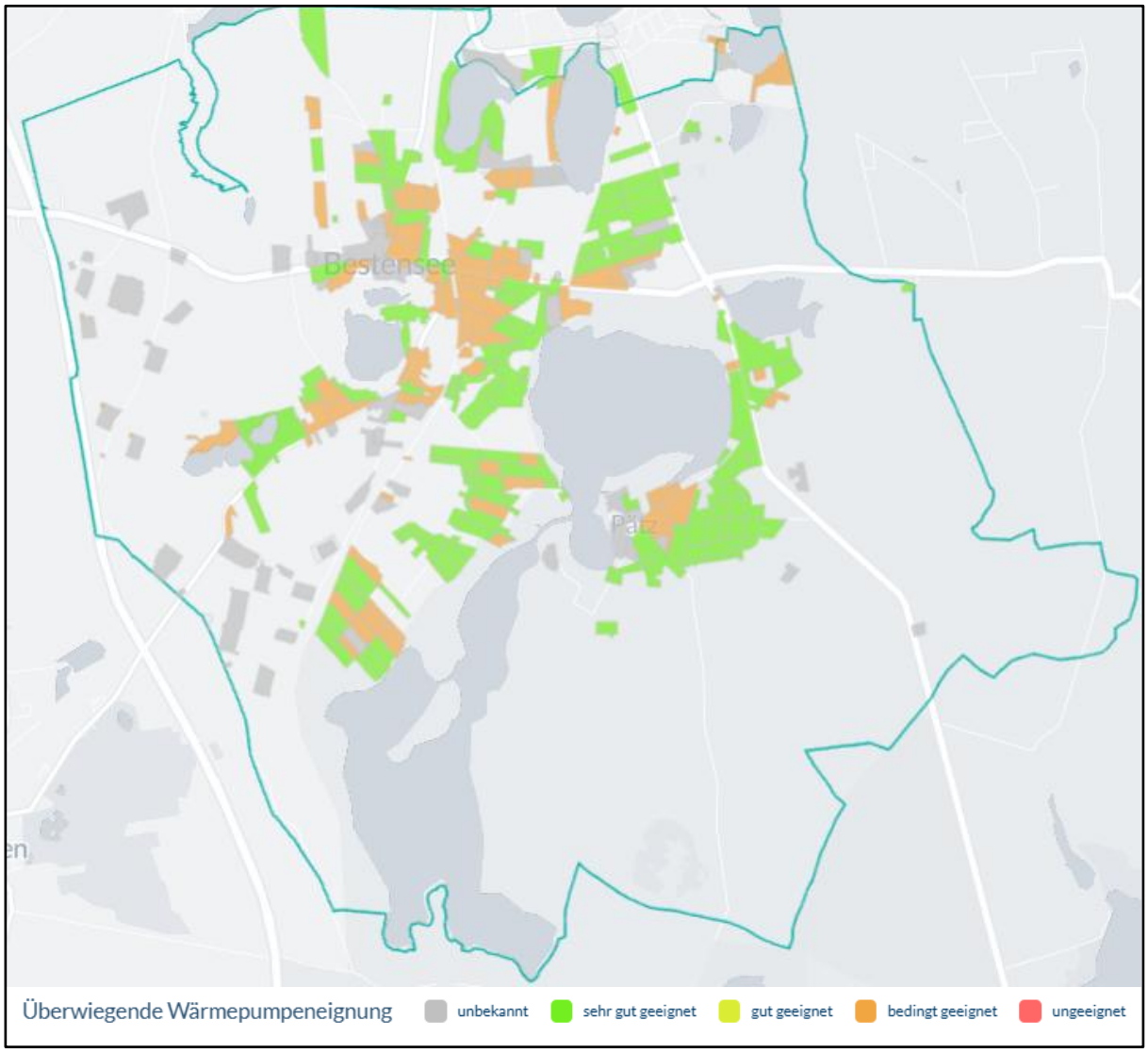


Abbildung 6-18: Wärmepumpeneignung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

6.3.7.1.2 Zentrale Versorgungspotenziale

Analog der Versorgung von Einfamilienhäusern mit Erdwärmesonden, können mehrere Erdwärmesonden, sogenannte Sondenfelder, für zentrale Versorgungsstrukturen genutzt werden. Auf Basis der Daten vom LANDESAMT FÜR BERGBAU, GEOLOGIE UND ROHSTOFFE BRANDENBURG 2024 beträgt die Wärmeleitfähigkeit im Projektgebiet größtenteils zwischen 1,5 - 3W/m*K. Entsprechend wird nach VDI 4640 2019 ein normaler, felsiger Untergrund und ein wassergesättigtes Sediment angenommen. 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 Geothermie-potenzial
[-]	[ha]	[-]	[MWh/Jahr]	[MWh/Jahr]
Summe:	**707,80**	**70.780**	**849.360**	**169.872**
Bestensee	417,02	41.702	500.424	100.085
Pätz	290,78	29.078	348.936	69.787

Tabelle 6-19: 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.

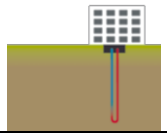
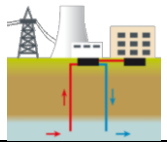
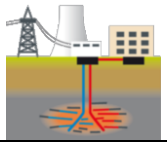
Technologieüberblick tiefe Geothermie		
Tiefe Erdwärmesonden	Hydrothermale Nutzung	Petrothermale Nutzung
		
Speicherung von Wärme und Kälte über Sonden oder Grundwasserbrunnen, zur Gebäudeklimatisierung, hohe Speichertemperaturen möglich	Nutzung temperierter Tiefenwässer zur Wärme- und Stromgewinnung,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

Abbildung 6-19: Technologieüberblick tiefe Geothermie (GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011)

Das Potenzial der hydrothermalen Nutzung ist laut LEIBNIZ-INSTITUT & BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN 2013 nachgewiesen, jenes Potenzial der petrothermalen Nutzung wird vermutet. Die erwartete Temperatur laut LANDESAMT FÜR BERGBAU, GEOLOGIE UND ROHSTOFFE BRANDENBURG 2024 beträgt in 2000m Tiefe 75°C, in 4000m Tiefe 135°C. Die Ergiebigkeit der Wärmequellen hängt von verschiedenen Faktoren ab und kann in dieser Wärmeplanung nicht kalkuliert werden. Dafür sind tiefergehende Untersuchungen notwendig. Insofern eine thermische Wärmequelle von 5 GWh/Jahr in 2000m Tiefe erschlossen werden kann, würden sich in Abhängigkeit der Netztypologie folgendes Bild ergeben.

Potenzial tiefe Geothermie (2000) in Abhängigkeit der Netztypologie				
Netztypologie	Vorlauftemperatur pot. Wärmenetz	COP Jahresmittel	Elektrische Hilfsenergie	Gesamt-energie
[-]	[°C]	[-]	[GWh/Jahr]	[GWh/Jahr]
Direkteinspeisung	75	-	-	5,00
Heißes Wärmenetz	100	6,72	0,87	5,87

Tabelle 6-20: Beispielpotenzial tiefe Geothermie und die Auswirkungen auf die Netztypologie (interne Berechnung)

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

Für die Identifikation von unvermeidbarer Abwärme aus Wirtschaftsprozessen kann zunächst nicht auf die Ergebnisse der Schornsteinfeger zurückgegriffen werden, da Kehrbuchdaten 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 aus Wirtschaftsprozessen. Zum anderen wurden die Verbrauchsdaten und -kalkulationen dahingehend untersucht, ob nach BMWK & BMWSB 2024 Einzelverbräuche über 2,5 GWh pro Jahr vorliegen.

Entscheidend zur Erschließung eines ausreichend großen Potenzials ist immer die Kooperationsbereitschaft des Betriebs oder der Einrichtung. 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 kalten Nahwärmenetze mit dezentralen Wärmepumpen nutzbar gemacht werden können. Zum anderen sind es hochkalorische Quellen, die als Direkteinspeisung in Wärmenetze genutzt werden sollten.

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 Bestensee 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.

Im Projektgebiet Bestensee gibt es keinen Schmutzwasserkanal der Dimension DN 800. Die größte Abwasserdruckleitung hat die Dimension DN 250 mit einem durchschnittlichen Volumenstrom von 14 l/s für das Betrachtungsjahr 2024.

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 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	363,99	123,42	390,17
	Sanierungspotenzial	13,27	-	13,27
Solar-strahlung	Freiflächen	50,16	27,10	50,16
	Agrarflächen	91,25	49,39	91,25
	Privilegflächen	-	8,68	8,68
	Dachflächen	20,75	35,76	35,76
Umgebungs-wärme	Aerothermisch	unbegrenzt	-	-
	Flussthermie	-	-	-
	Seethermie	14,41	-	14,41
Biomasse und Reststoffe	Reststoffe	-	-	-
	Agrarflächen	2,43	1,42	3,85
	Waldflächen	1,84	1,07	2,92
	Windkraft	-	0,00	0,00
	Wasserkraft	-	-	-
Geothermie	oberflächennahe	169,87	-	169,87
	tiefe	TBD	TBD	TBD
Abwärme	Wirtschaftsproz.	-	-	-
	Abwasserwärme	-	-	-

Tabelle 6-21: Zusammenfassung der Potenziale

In Bestensee 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 Flächenbetrachtung wurde der Gemeinde übergeben.

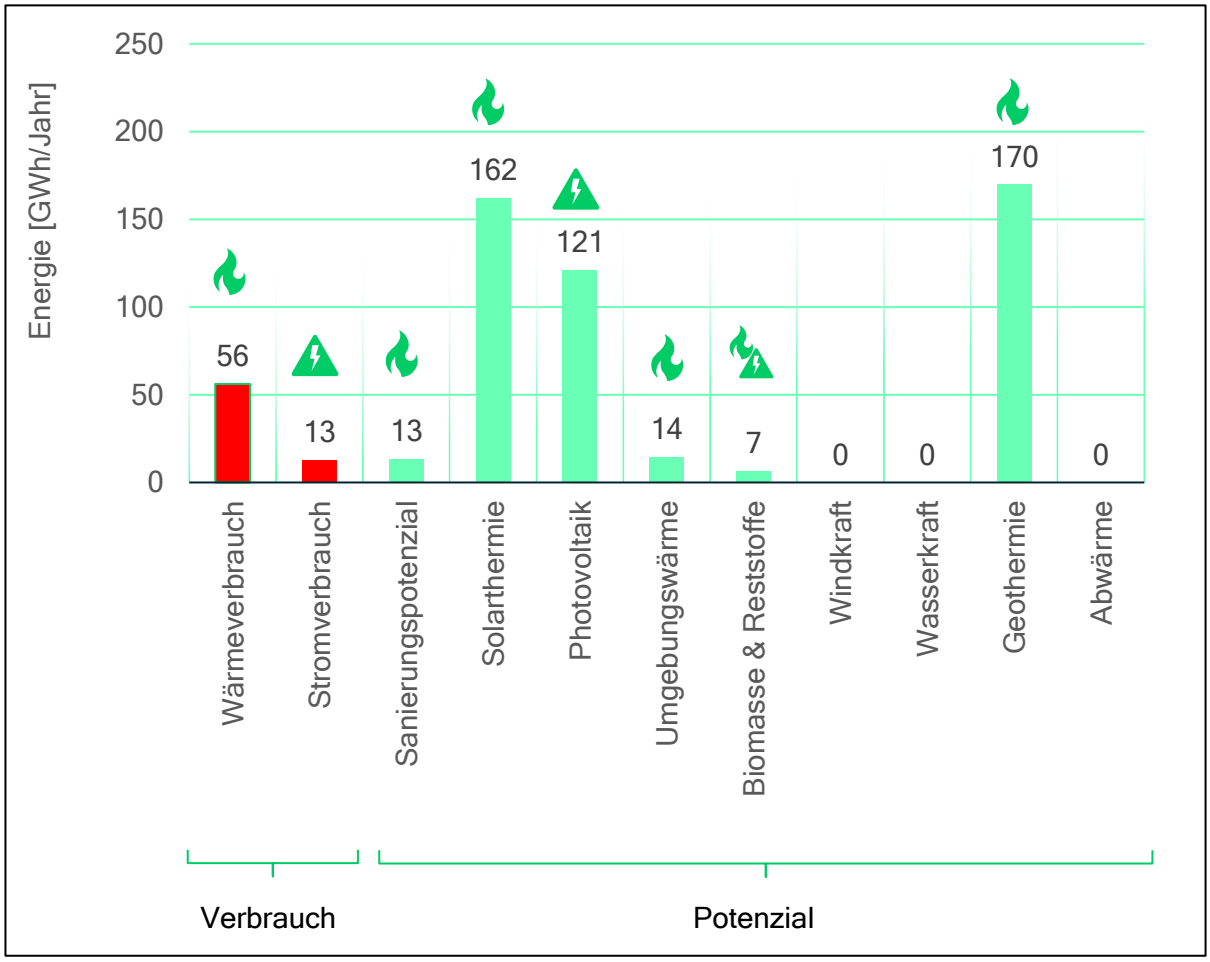


Abbildung 6-20: Gegenüberstellung der Gesamtverbräuche zu den Gesamtpotenzialen

Zusätzlich ist darauf hingewiesen, dass die entsprechende Nutzung der Potenziale, Auswirkungen auf die Struktur und auf den Ausbau- und Rückbaubedarf der Netze haben. Insbesondere ist auf den Ausbaubedarf der Stromnetze hingewiesen. Neben der Energiemenge sind bei der Energiebereitstellung für eine zentrale Wärmeversorgung weitere Kriterien entscheidend. Daher ist in der folgenden Tabelle ein qualitativer Technologie-vergleich vorgenommen worden, der bei der späteren Gestaltung der Wärmewendestrategie als Orientierung dienen soll.

Technologievergleich der Wärmequellen													
		Bewertungskriterien							Bewertungskriterien				
Technologie	Einschätzung	Lokale Verfügbarkeit	Temperaturniveau	Saisonale Unabhängigkeit	Ortsunabhängigkeit	Investitionskosten	Technologie	Einschätzung	Lokale Verfügbarkeit	Temperaturniveau	Saisonale Unabhängigkeit	Ortsunabhängigkeit	Investitionskosten
Solarthermie	++						Geothermie, tief	++			o		
	+	o	o		o	o		+	o	o			
	0							0				o	
	-							-					
	- -			o				- -					o
Aerothermie	++	o			o	o	Geothermie, oberflächennahe	++	o				
	+							+			o	o	
	0							0		o			o
	-							-					
	- -		o	o				- -					
Hydrothermie	++						Abwärme aus Wirtschafts-prozessen	++					o
	+							+		o	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 6-22: 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 Bestensee und Pätz abgebildet. Um jedoch ein Zielszenario festzulegen und davon die Wärmewendestrategie abzuleiten, ist es notwendig, die Ebene der Gesamtbetrachtung des Projektgebietes zu verlassen. In diesem Kapitel soll demnach definiert werden, welche Gebiete in Bestensee 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 dann 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 unterteilt sich weiter in die unterschiedlichen Energieträger. 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, so 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. So 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 ebenfalls 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.

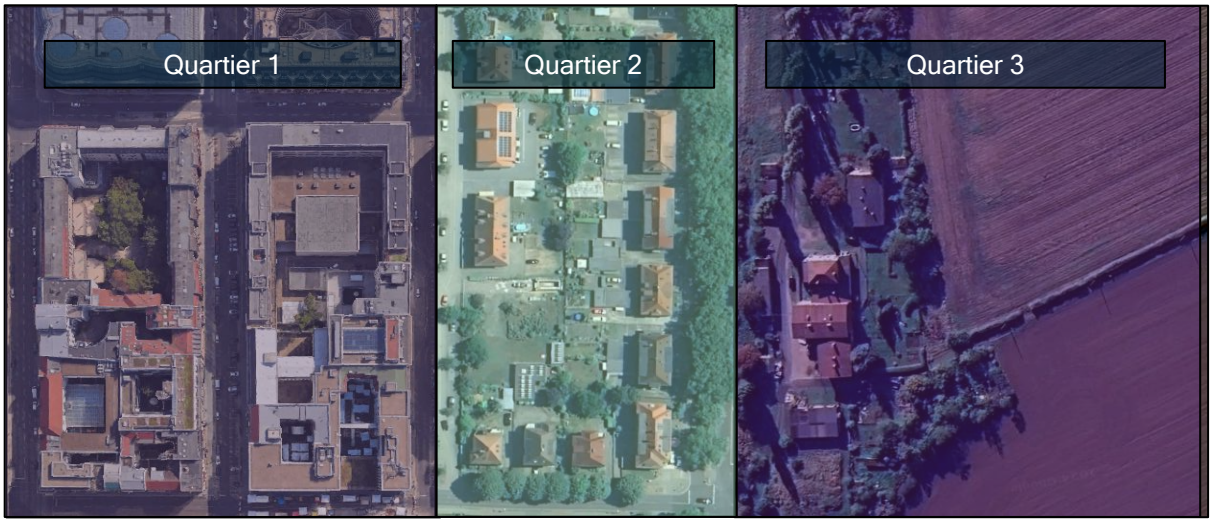


Abbildung 7-1: Ausschnitte aus Beispielquartieren (GOOGLE 2024)

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 im Projektgebiet 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 Emissionen entstehen. Eine Transformation der Wärmeversorgung muss dezentral und leitungsungebunden erfolgen. Wichtiges Merkmal ist hier:

- 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 Bestensee insgesamt sieben Quartiere. In den folgenden Abbildungen sind die räumlichen Verortungen aller Quartiere im Projektgebiet abgebildet.

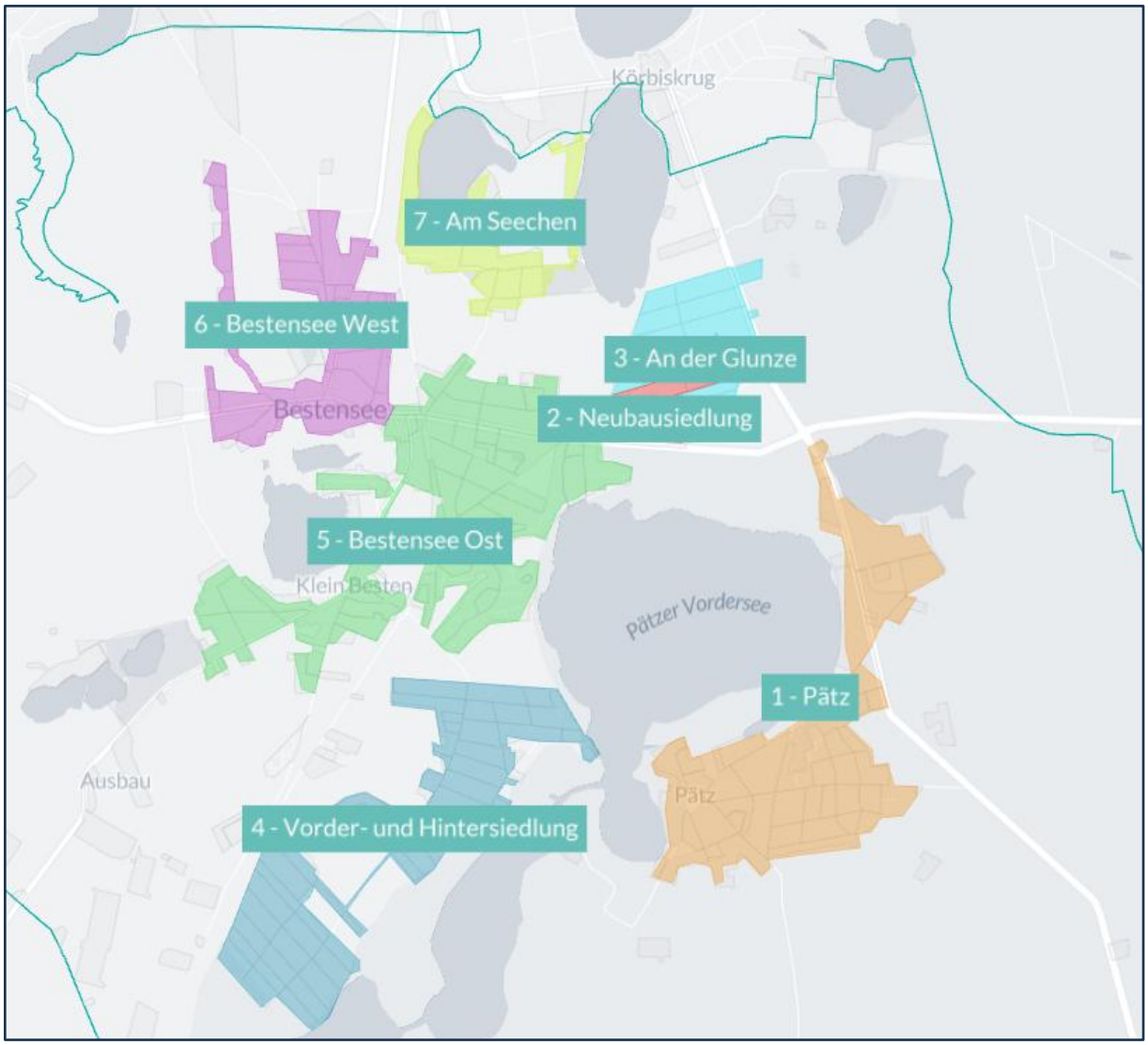


Abbildung 7-2: Räumliche Verortung aller Quartiere im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Für die Gemarkung Bestensee ergeben sich die Quartiere 2 bis 7 und diese sind in der folgenden Abbildung dargestellt:

Abbildung 7-3: Quartiere 2 bis 7 in Bestensee (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Das Quartier in Pätz ist in der folgenden Abbildung detailliert dargestellt:

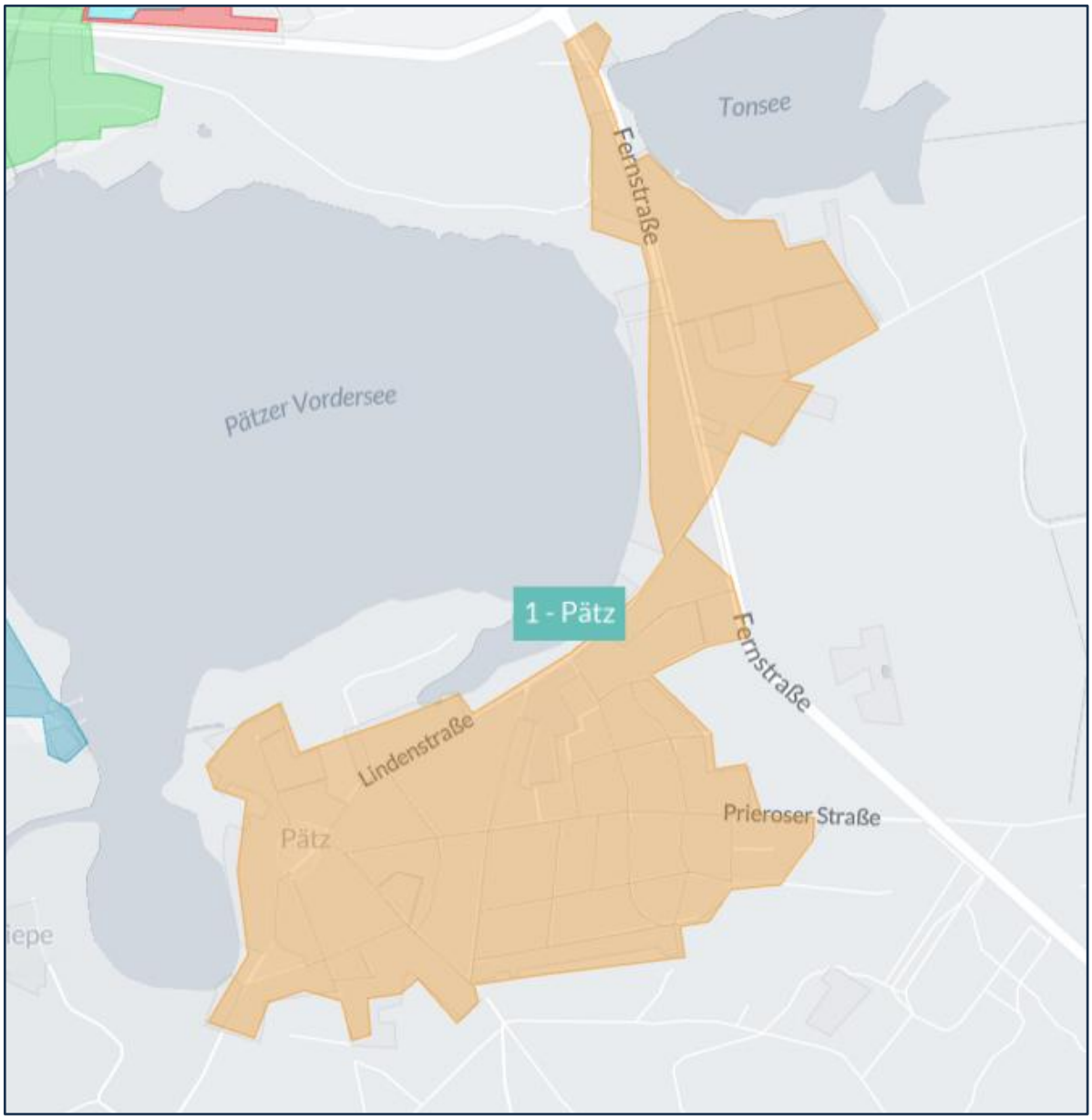


Abbildung 7-4: Quartier in Pätz (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Alle Quartiere besitzen spezifische Versorgungsstrukturen, Endenergieverbräuche und Sanierungsmöglichkeiten. Durch diese konnten im Kapitel „Szenarien“ zukünftige Wärmeversorgungsmöglichkeiten abgeleitet wurden. 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]				10.324	100%
Rest	-	-	-	723	7,0%
Pätz	1	Pätz	X	1.663	16,1%
Bestensee	2	Neubausiedlung	-	247	2,4%
Bestensee	3	An der Glunze	-	578	5,6%
Bestensee	4	Vorder- u. Hintersiedlung	-	1.430	13,9%
Bestensee	5	Bestensee Ost	X	3.709	35,9%
Bestensee	6	Bestensee West	X	1.437	13,9%
Bestensee	7	Am Seechen	-	537	5,2%

Tabelle 7-1: Quartiersübersicht (interne Berechnungen)

Zudem sollen auf Basis der Quartiersdefinition 2 bis 3 Fokusgebiete festgelegt werden. Ziel dabei ist, begrenzte Ressourcen in der Verwaltung, aber auch bei eventuellen Projektentwicklern auf relevante Gebiete zu fokussieren, die mit Priorität behandelt werden sollten. Dabei meint relevant zum einen die Möglichkeit einer zentralen Versorgung umzusetzen, bei der Ressourcen der Projektbeteiligten eingesetzt und gesteuert werden müssen. Zum anderen den Einfluss der Quartiere auf den Gesamt-Treibhausgasausstoß der Kommune. Zusätzlich ist das Quartier mit den höchsten prozentualen Anteilen am Treibhausgasausstoß festgelegt. Nach Bestimmung des Zielszenarios werden die Fokusgebiete, wie vorgegeben, auf 2 bis 3 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.“*

Festgehalten werden muss, dass in der Ausprägung der Zielerreichung in den benannten Kategorien aus oben genanntem Zitat Ziel-konkurrierende Situationen entstehen. In Folge können mit den heutigen Technologien, aus der heutigen Versorgungsstruktur im Projektgebiet heraus und mit den vorliegenden Potenzialen die benannten Zielkategorien nicht gänzlich in voller Ausprägung 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 CO_2-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 Atomsphäre entzogen und eingespeichert werden können. Diese Untersuchung liegt jedoch außerhalb der kommunalen Wärmeplanung.

Im Folgenden werden unterschiedliche Szenarien für den Bereich Wärme vorgestellt. Diese Szenarien zeigen mögliche zukünftige Zielzustände im Jahr 2045 bzgl. Treibhausgasemissionen und Endenergieverbrauch.

8.1 Szenario 1: Klimaoptimal mit Individuallösungen

Im ersten Szenario wird eine möglichst klimaoptimale Wärmeversorgung mithilfe von Individuallösungen untersucht. Als Beispiel können die festgelegten Möglichkeiten zur Quartiersversorgung herangezogen werden. Beispielsweise werden im Quartier 3 - An der Glunze heute 50 MWh/a Endenergie an Biomasse für Wärmezwecke umgesetzt. Dies entspricht einem Anteil von 1,28 % an Nutzenergie vom gesamten Quartier. Diese bereits zukunftsfähige Wärmeversorgung wird selbstverständlich beibehalten und realistisch betrachtet, unabhängig von den Festlegungen, weiter ausgebaut werden. Um hierbei deutlich zu machen, inwiefern sich im Quartier 3 die Versorgungsstruktur entwickeln kann, sind im Folgenden die beiden Versorgungsmöglichkeiten des Quartiers in % Nutzenergie aufgezeigt.

- Versorgung heute: 63 % Gas, 33 % Wärmepumpe, 2 % Heizöl, 2% Rest
- Möglichkeit 1: 90 % Wärmepumpe, 10 % Biomasse
- Möglichkeit 2: 55 % Gas, 40 % Wärmepumpe, 5 % Biomasse

Hierbei wird deutlich, dass die Wärmeversorgungsmöglichkeit 2 investitionsoptimal wäre, da hierbei weniger Anlagen erneuert werden müssen als in der ersten Möglichkeit. Diese ist jedoch durch den im Jahr 2045 im Projektgebiet treibhausgasneutral bereitgestellten Strom für Wärmepumpen klimaoptimaler als die investitionsoptimierte Variante. Zusammenfassend ergeben sich vorliegende Ergebnisse auf Basis des erwarteten Endenergieverbrauches und den damit einhergehenden Treibhausgasemissionen.

Klimaoptimal							
Summe				Gas	Bio-masse	Wärme-pumpe	Fern-wärme EE
Σ Endenergie [MWh/a]			26.619	0	12.399	10.190	4.030
Σ THG-Emissionen [t/a]			409	0	248	0	161
Gemarkung	Nr.	Name	THG-Emissionen	Erwarteter Endenergieverbrauch			
				Gas	Bio-masse	Wärme-pumpe	Fern-wärme EE
[-]	[-]	[-]	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Rest	-	-	16	0	818	695	0
Pätz	1	Pätz	30	0	1.520	1.723	0
Bestensee	2	Neubausiedlung	161	0	0	0	4.030
Bestensee	3	An der Glunze	6	0	307	782	0
Bestensee	4	Vorder- u. Hintersiedlung	8	0	382	2.058	0
Bestensee	5	Bestensee Ost	122	0	6.116	3.218	0
Bestensee	6	Bestensee West	48	0	2.405	1.266	0
Bestensee	7	Am Seechen	17	0	851	448	0

Tabelle 8-1: Szenario 1: Klimaoptimal 2045 (interne Berechnungen)

8.2 Szenario 2: Investitionsoptimal

Im Szenario 2, Investitionsoptimal, wurde eine Wärmetransformation unterstellt, welche die gesetzlichen Anforderungen bzgl. des Einsatzes der möglichen Energieträger erfüllt, jedoch gleichzeitig so wenig Veränderungen wie möglich in der bestehenden Anlagenstruktur vornimmt. Dieses Szenario ist weniger klimafreundlich, jedoch für alle Bürger und Bürgerinnen sowie für die Kommune mit ihren Liegenschaften mit so wenig Investitionsaufwand verbunden wie möglich. Voraussetzung wäre, dass die im Jahr 2045 benötigten ca. 30 GWh/a an Gas als Biomethan vom Netzbetreiber und den Versorgern bereitgestellt werden können.

Investitionsoptimal							
Summe				Gas	Bio-masse	Wärme-pumpe	Fern-wärme EE
Σ Endenergie [MWh/a]			40.881	29.958	2.342	4.551	4.030
Σ THG-Emissionen [t/a]			777	569	47	0	161
Gemarkung	Nr.	Name	THG-Emissionen	Erwarteter Endenergieverbrauch			
				Gas	Bio-masse	Wärme-pumpe	Fern-wärme EE
[-]	[-]	[-]	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Rest	-	-	16	0	818	695	0
Pätz	1	Pätz	109	5.321	380	538	0
Bestensee	2	Neubausiedlung	161	0	0	0	4.030
Bestensee	3	An der Glunze	35	1.688	153	348	0
Bestensee	4	Vorder- u. Hintersiedlung	88	4.205	382	866	0
Bestensee	5	Bestensee Ost	239	12.233	350	1.386	0
Bestensee	6	Bestensee West	94	4.810	137	545	0
Bestensee	7	Am Seechen	35	1.702	122	172	0

Tabelle 8-2: Szenario 2: Investitionsoptimal 2045 (interne Berechnungen)

8.3 Zielszenario: Klima-Investitions-Kompromiss

Im dritten Szenario sollen Klimavorteile und Investitionsgegebenheiten zueinander abgewogen werden. Dafür wurden die Quartiere mit hohem Nutzenergieanteil für Gas in räumlicher Nähe zueinander als Prüfgebiete für Biomethan definiert. Die räumliche Nähe dieser Prüfgebiete fokussiert das Gasnetz und wirkt einer Netzzerstreuung entgegen, um für die Bürger und Bürgerinnen weiterhin niedrige Netzentgelte zu gewährleisten. Für die weiteren Quartiere wurden die klimaoptimalen Varianten definiert, so dass ein idealer Kompromiss entsteht. Dieses Szenario wurde als Zielszenario definiert und wird im Weiteren ausgeplant.

Zielszenario							
Summe				Gas	Bio-masse	Wärme-pumpe	Fern-wärme EE
Σ Endenergie [MWh/a]			34.249	17.553	5.493	7.173	4.030
Σ THG-Emissionen [t/a]			605	334	110	0	161
Gemarkung	Nr.	Name	THG-Emissionen	Erwarteter Endenergieverbrauch			
				Gas	Bio-masse	Wärme-pumpe	Fern-wärme EE
[-]	[-]	[-]	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Rest	-	-	16	0	818	695	0
Pätz	1	Pätz	109	5.321	380	538	0
Bestensee	2	Neubausiedlung	161	0	0	0	4.030
Bestensee	3	An der Glunze	6	0	307	782	0
Bestensee	4	Vorder- u. Hintersiedlung	8	0	382	2.058	0
Bestensee	5	Bestensee Ost	239	12.233	350	1.386	0
Bestensee	6	Bestensee West	48	0	2.405	1.266	0
Bestensee	7	Am Seechen	17	0	851	448	0

Tabelle 8-3: Szenario 3: Zielszenario 2045 (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 Ausgangzustand bekannt sein. Dieser wurde in der Bestandsanalyse beschrieben. Um von diesen 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. Auf die Fokusgebiete soll im ersten Schritt detaillierter eingegangen werden.

9.1 Fokusgebiete

Im Kapitel Quartiere wurde bereits eine erste Eingrenzung auf Fokusgebiete vorgenommen. Mit der finalen Definition des Zielszenarios können die Fokusgebiete weiter eingegrenzt werden. Vorgabe ist die Definition von 2 bis 3 Gebieten. Bisher wurden die Quartiere 1 - Pätz, 5 - Bestensee Ost und 6 - Bestensee West näher betrachtet. Der THG-Anteil der bisherigen Fokusgebiete ist in folgender Abbildung dargestellt.

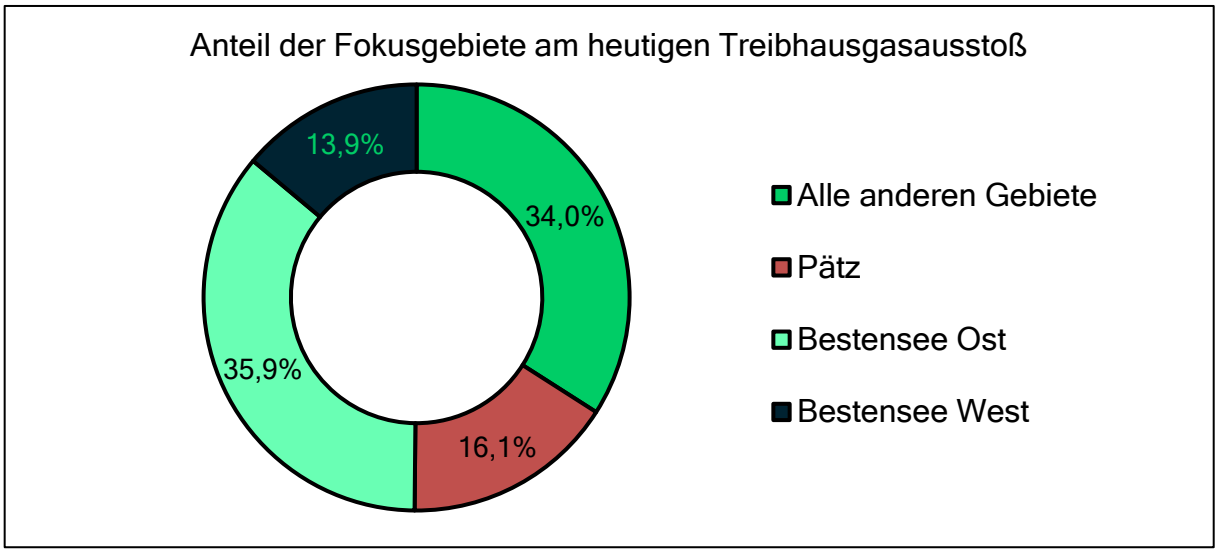


Abbildung 9-1: Anteil der bisherigen Fokusgebiete am heutigen Treibhausgasausstoß.

Mit der Festlegung auf das Zielszenario wurde ebenfalls festgelegt, dass die Quartiere Pätz und Bestensee Ost als Prüfgebiete für Biomethan fungieren. In Folge können diese als Fokusgebiete entfallen, da bzgl. der Transformation der Versorgungsstruktur keine Priorität gegeben ist.

Im Gegensatz dazu besteht im Gebiet Bestensee West Priorität, da dieses Gebiet einen hohen Anteil der THG-Emissionen aus dem Projektgebiet emittiert. Bestensee West ist geprägt durch eine relativ geringe Wärmedichte. Diese beträgt heute 120,6 MWh/ha*a. Bei gleichbleibender Versorgungsstruktur wäre die erwartete Wärmedichte in 2045 93,5 MWh/ha*a bzw. die bereits erneuerbar betriebenen Anlagen herausgerechnet, 84,6 MWh/ha*a. Entsprechend ist ein Wärmenetzes ungeeignet. Die heutige Versorgungsstruktur ist wie folgt aufgeteilt.

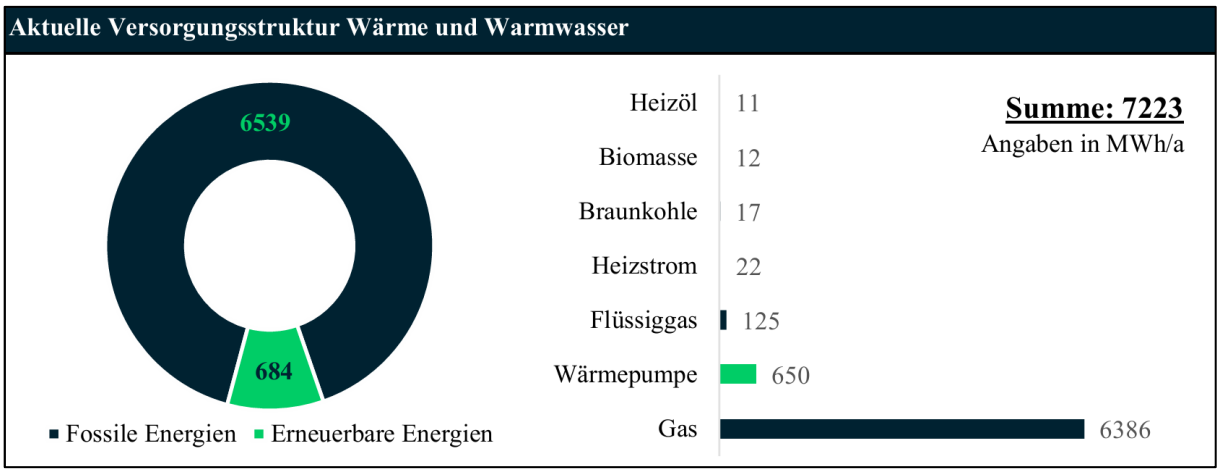


Abbildung 9-2: Aktuelle Versorgungsstruktur Quartier 6 - Bestensee West

Die aktuellen Emissionen von 1.623,1 t CO_2-Äquivalent entsprechen 1,5 t CO_2 pro Einwohner für Wärme und Warmwasser und 15,5 kg CO_2-Äquivalent pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche im Quartier. Dies liegt zum einen am hohen Gasanteil, bei dem im Jahr 2024 mit dem bilanziell eingerechneten Biomethananteil von 3 %, 207 g CO_2-Äquivalent pro kWh Endenergie (UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024) emittiert wurde. Der spezifische Anteil für Flüssiggas liegt bei 270 g CO_2-Äquivalent pro kWh Endenergie (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020) und der Anteil von Strom im Jahr 2024 bei 103 g CO_2-Äquivalent pro kWh Endenergie (STATISTA 2024) inkl. der Einrechnung von bereits im Projektgebiet erzeugten, Ökostrom. Der Anteil an Gramm CO_2 bei Wärmepumpen wird sich im Quartier und im gesamten Projektgebiet fortlaufend verbessern, da der geplante Photovoltaikeinsatz treibhausgasneutralen Strom liefern wird. Infolgedessen wurde im Zielszenario die Transformation des Quartiers zu Wärmepumpen und Biomasse festgelegt. Dem Quartier sollte besondere Aufmerksamkeit bei der zielgerichteten Transformation geschenkt werden, spezifische Maßnahmen definieret und die Transformation des Gebiets in der Monitoringphase fortlaufend geprüft werden.

9.2 Energieplan Bestensee

Der Energieplan für Bestensee soll als strategisches Instrument zur Planung und Optimierung der Energieversorgung und -nutzung innerhalb des Gemeindegebietes 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 roten Balken, eintreten wird.

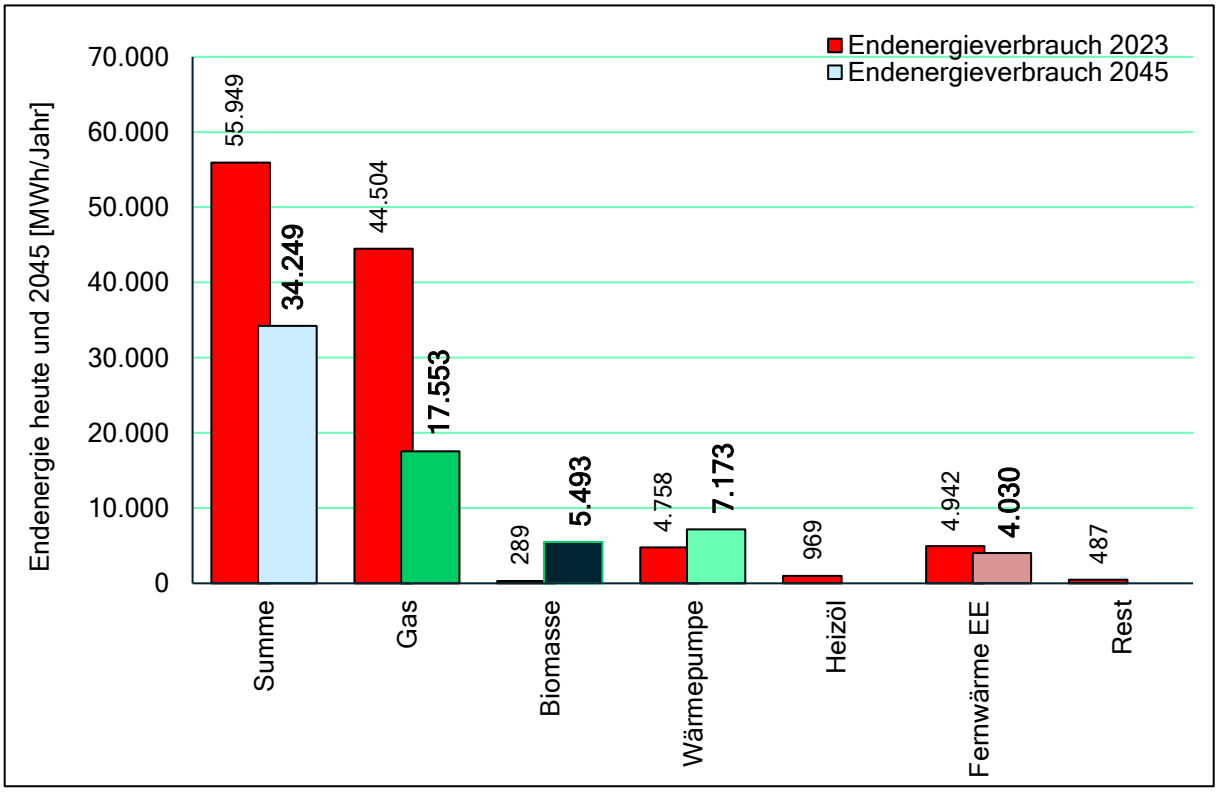


Abbildung 9-3: Endenergieverbrauch heute und im Jahr 2045 (interne Berechnungen)

Die Reduzierung von ca. 21,7 GWh/a setzt sich aus zwei Hauptkomponenten zusammen. Zum einen die Sanierungsleistung in Höhe von 13,3 GWh/a und zum anderen der Umstieg auf Wärmepumpe. Durch den COP der Wärmepumpe reduziert sich der Endenergieverbrauch bei gleichbleibender Nutzenergie. Dem entgegen wirkt die positive Bevölkerungsentwicklung.

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

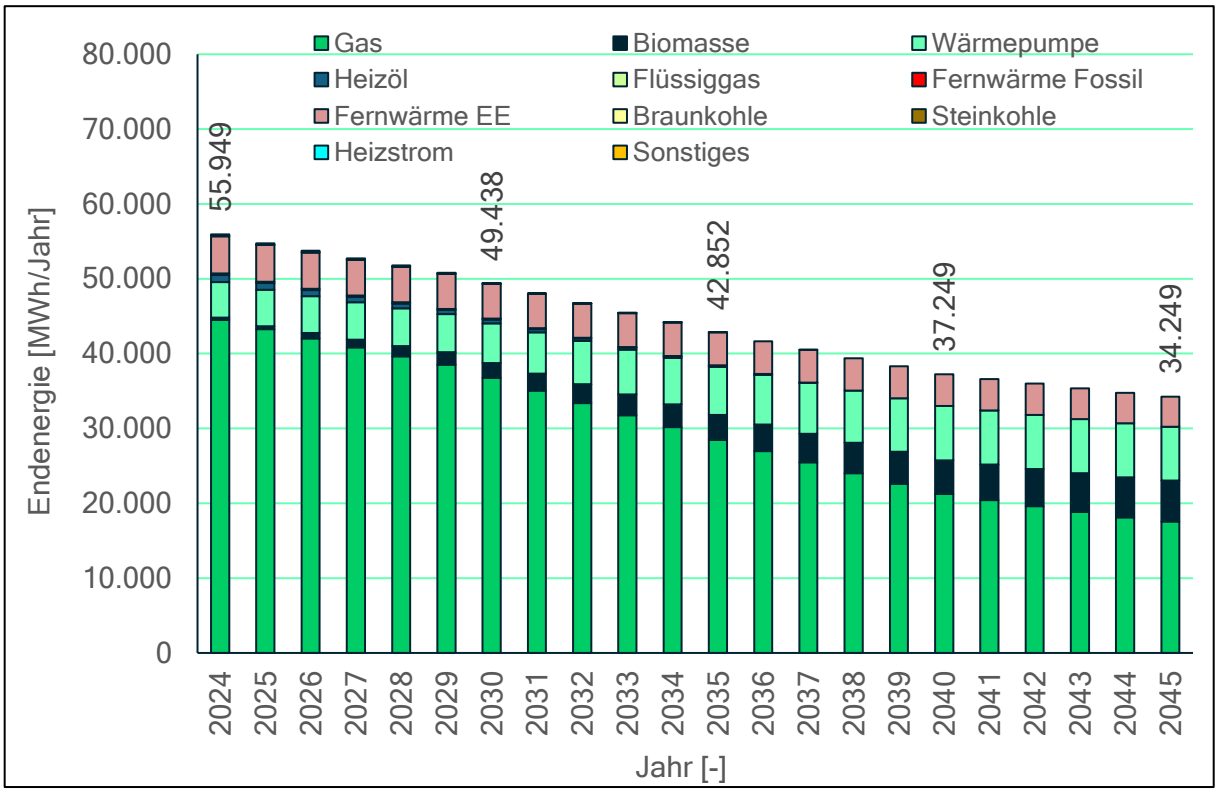


Abbildung 9-4: Entwicklung Endenergieverbrauch absolut bis 2045 (interne Berechnungen)

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

- Realisierung der Sanierungsleistung von kumuliert 13,3 GWh/a bis 2045
- Kontinuierlicher Ausstieg aus den Energieträgern: Heizöl, Flüssiggas und Kohle
- Kontinuierlicher und vollständiger Umstieg auf Wärmepumpe oder Biomasse in allen Quartieren mit Ausnahme von: Pätz, Neubausiedlung und Bestensee Ost

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

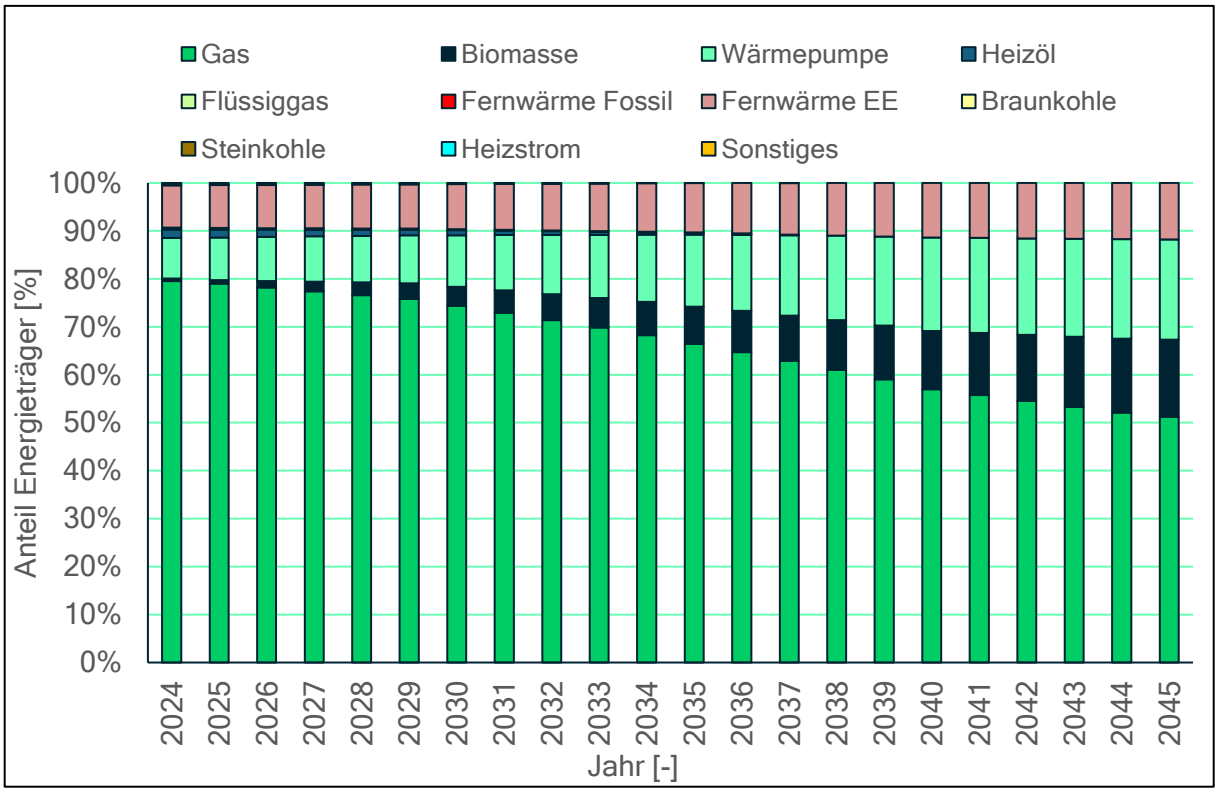


Abbildung 9-5: Entwicklung Endenergieverbrauch prozentual bis 2045 (interne Berechnungen)

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

- 79,5 % in 2024 zu 51,3% Anteil Gas in 2045
- 8,5 % in 2024 zu 20,9 % Anteil Wärmepumpe in 2045
- 0,5 % in 2024 zu 16 % Anteil Biomasse in 2045
- 8,8 % in 2024 zu 11,8 % 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 CO_2-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	180	161	135	19
Biomasse	20	20	20	20	20
Wärmepumpe	103	0	0	0	0
Heizöl	310	310	310	310	310
Flüssiggas	270	270	270	270	270
Fernwärme Fossil	300	300	300	300	300
Fernwärme EE	40	40	40	40	40
Braunkohle	430	430	430	430	430
Steinkohle	400	400	400	400	400
Heizstrom	103	0	0	0	0

Tabelle 9-1: Emissionsfaktoren (interne Berechnungen; Bundesminister der Justiz 2020; Statista 2024; UK Government Departments 2024; AGFW 2021; Prognos, Öko-Institut & Wuppertal- Institut 2021; Agoro, Prognos & Consentec 2022)

Infolgedessen ergibt sich der Verlauf der Treibhausgasemissionen nach folgender Abbildung.

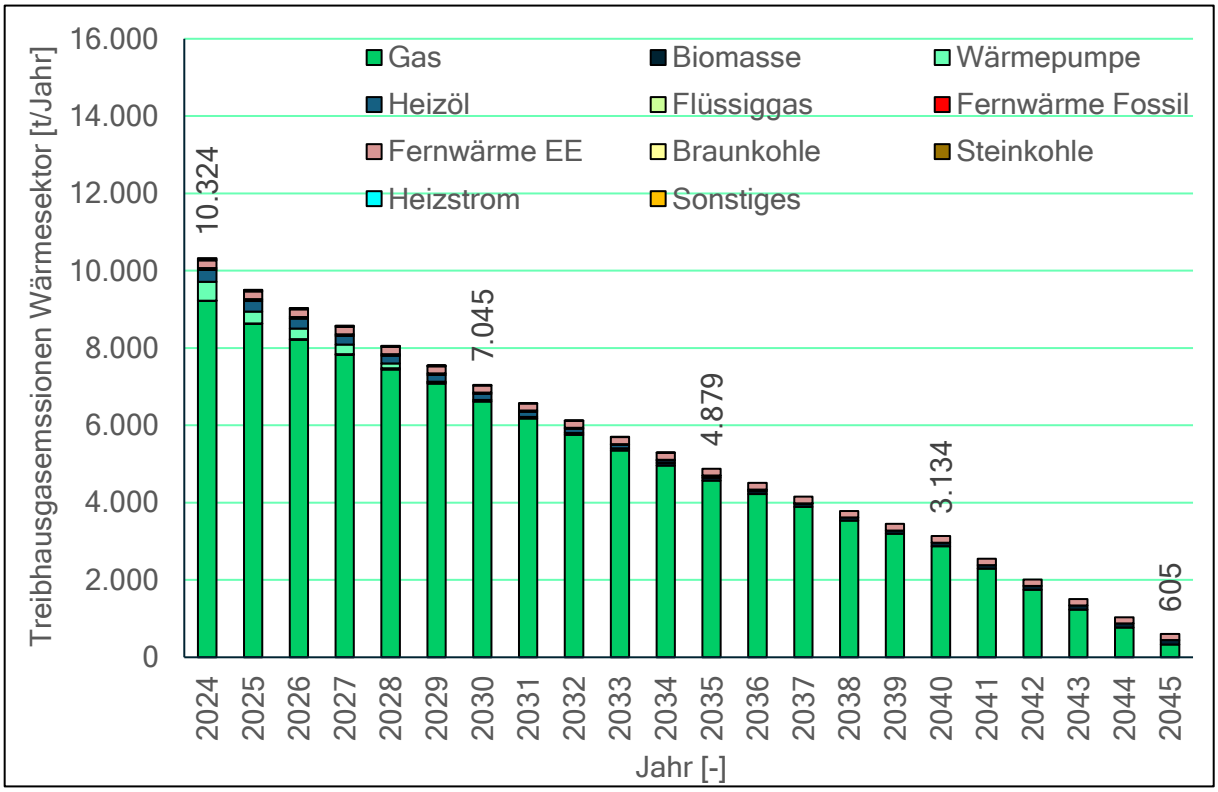


Abbildung 9-6: Entwicklung Treibhausgasemissionen bis 2045 (interne Berechnungen)

9.2.3 Netze

Wie aus den Emissionsfaktoren ersichtlich wurde, verändern sich diese bei Gas und für Strom über die Jahre. Für Gas ist dies mit dem kontinuierlichen Ausbau und Einspeisung von Biomethan zu erklären. Dies ist gepaart mit abnehmenden Gasverbrauch. Planerisch wird davon ausgegangen, dass so ein Anstieg des Biomethananteils auf voraussichtlich 100 % bis 2045 realisierbar ist. Dies muss auf der Versorgungs- und Netzseite geprüft werden. Im Rahmen des Monitorings der Kommunalen Wärmeplanung soll dies mit dem Netzbetreiber weitergehend untersucht werden. Um mit der Senkung des Gesamtverbrauchs für Gas weiterhin eine Netzeffizienz zu gewährleisten und Netzentgelte, auch wenn diese voraussichtlich steigen müssen, zumindest planerisch positiv zu beeinflussen, wurden die Prüfgebiete in räumlicher Nähe angeordnet.

Zur Deckung der zusätzlichen Strombedarfe aus u.a. der Transformation der Wärmeversorgungsstruktur ist der Ausbau von Dachflächen-Photovoltaikanlagen eingeplant. Zusätzlich sollen Photovoltaik-Freiflächenanlagen näher untersucht werden. Dafür wurden Flächen im Maßnahmenkatalog, der der Kommune übergeben wurde, vorgeschlagen. Mit Einrechnung dieser Potenziale ergibt sich folgendes Gesamtbild für die Gemeinde Bestensee.

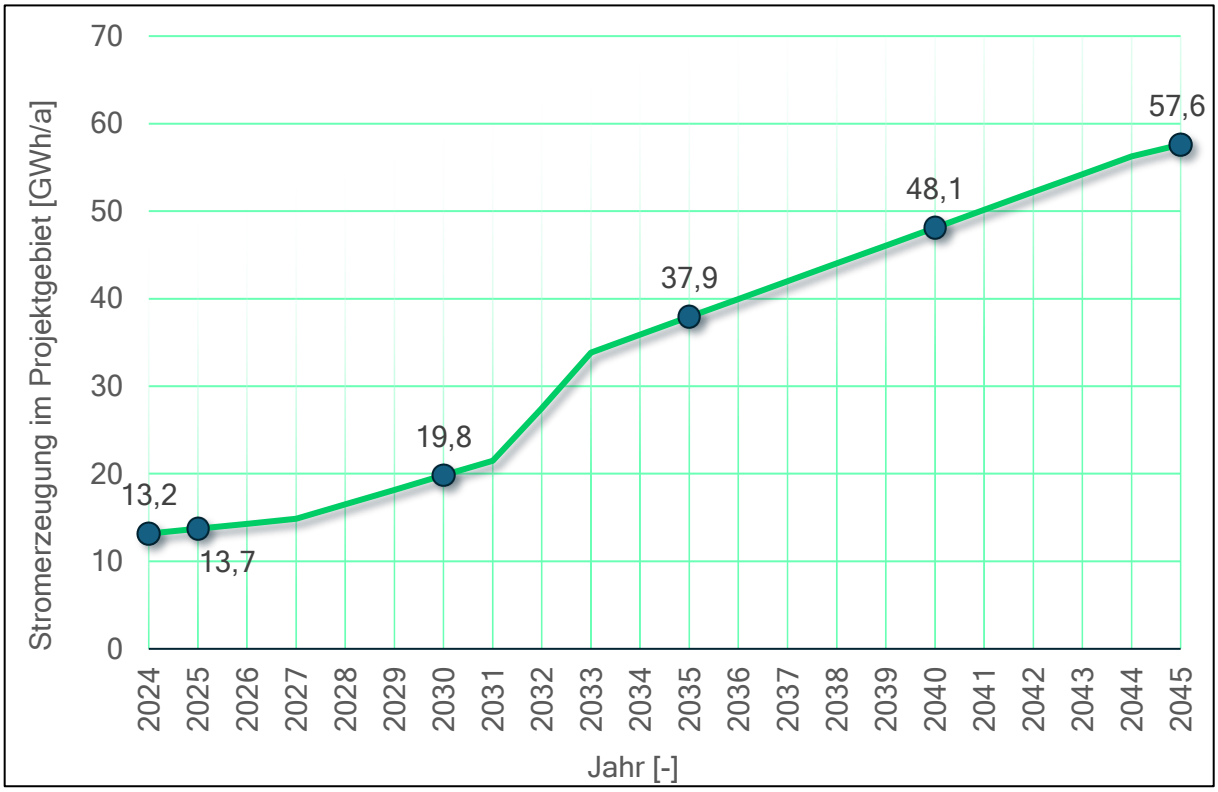


Abbildung 9-7: Stromerzeugung im Projektgebiet (interne Berechnungen)

Infolge der steigenden Einspeisung von Strom und der steigenden Nachfrage nach Strom durch die umzusetzende zentrale und dezentrale Anlagenstruktur ist die Auswirkung auf das Stromnetz zu untersuchen.

Zusammen mit der steigenden Nachfrage nach Strom für den Verkehrssektor können sich eine Reihe von notwendigen Ausbauvorhaben im Stromnetz ergeben, die jedoch nicht Teil der Untersuchungen innerhalb der Kommunalen Wärmplanung sind. In Abhängigkeit von den Ausbauvorhaben sind die Auswirkungen auf die Netzentgelte ebenfalls zu untersuchen.

Mit dem zusätzlichen Stromverbrauch neben dem Sektor Wärmeversorgung, dem steigenden Strombedarf für den Ausbau der Wärmepumpenanteile und des Bevölkerungszuwachses im Projektgebiet ergibt sich ein prognostizierter Stromverbrauch in Bestensee von 20,53 GWh/a im Jahr 2045. Setzt man diesen Verbrauch in das Verhältnis zur im Projektgebiet erzeugten Strommenge, kann der Eigenanteil berechnet werden. Wenn dieser bei 100 % ist, wird bilanziell über das Gesamtjahr betrachtet, die Kommune, in den betrachteten Sektoren, vollständig mit selbst erzeugtem Strom versorgt.

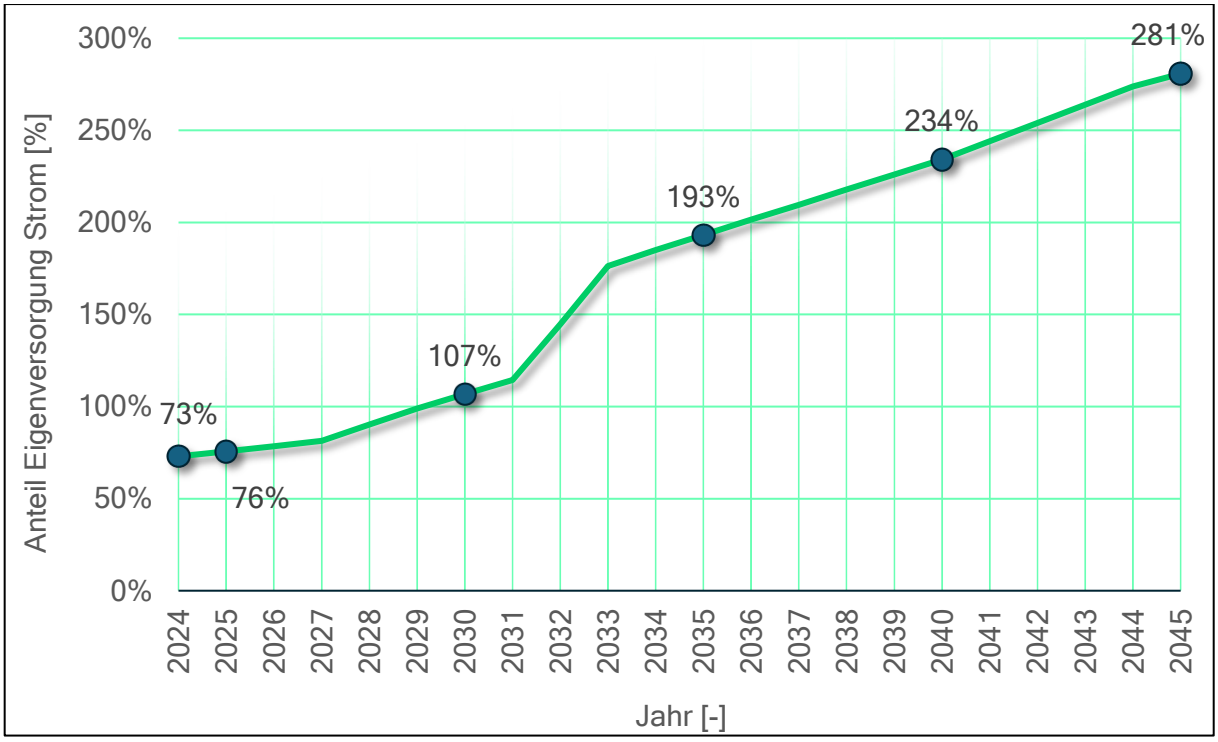


Abbildung 9-8: Eigenanteil der Stromerzeugung im Verhältnis zum Stromverbrauch (interne Berechnungen)

Zusammenfassend wurde im Energieplan eingerechnet:

- Versorgung von Bestensee mit Biomethan in Höhe von 17,55 GWh/a in 2045
- Ausbau Dachflächenphotovoltaik nach Berechnung aus dem Kapitel Potenziale
- Anschluss Photovoltaik-Freiflächenanlagen (8,68 GWh/a) im Juni 2032

Dabei ist zu erwähnen, dass die kommunale Verwaltung die Wärmewende monitoren muss, aber nicht eigenverantwortlich sicherstellen kann, dass auch die benötigte Anlagenstruktur gebaut wird. Dies liegt u.a. daran, dass sich die Grundstücke, die für die oben beschriebene Anlagenstruktur benötigt werden, im privaten Besitz befinden können. Daher ist der Energieplan zunächst eine strategische Zielstellung.

9.3 Maßnahmen

Die Maßnahmen fokussieren sich zum einen auf die Erhöhung des erneuerbaren Energieanteils, insbesondere für den Wärmesektor. Der Ausbau ist in der folgenden Abbildung zusammenfassend dargestellt.

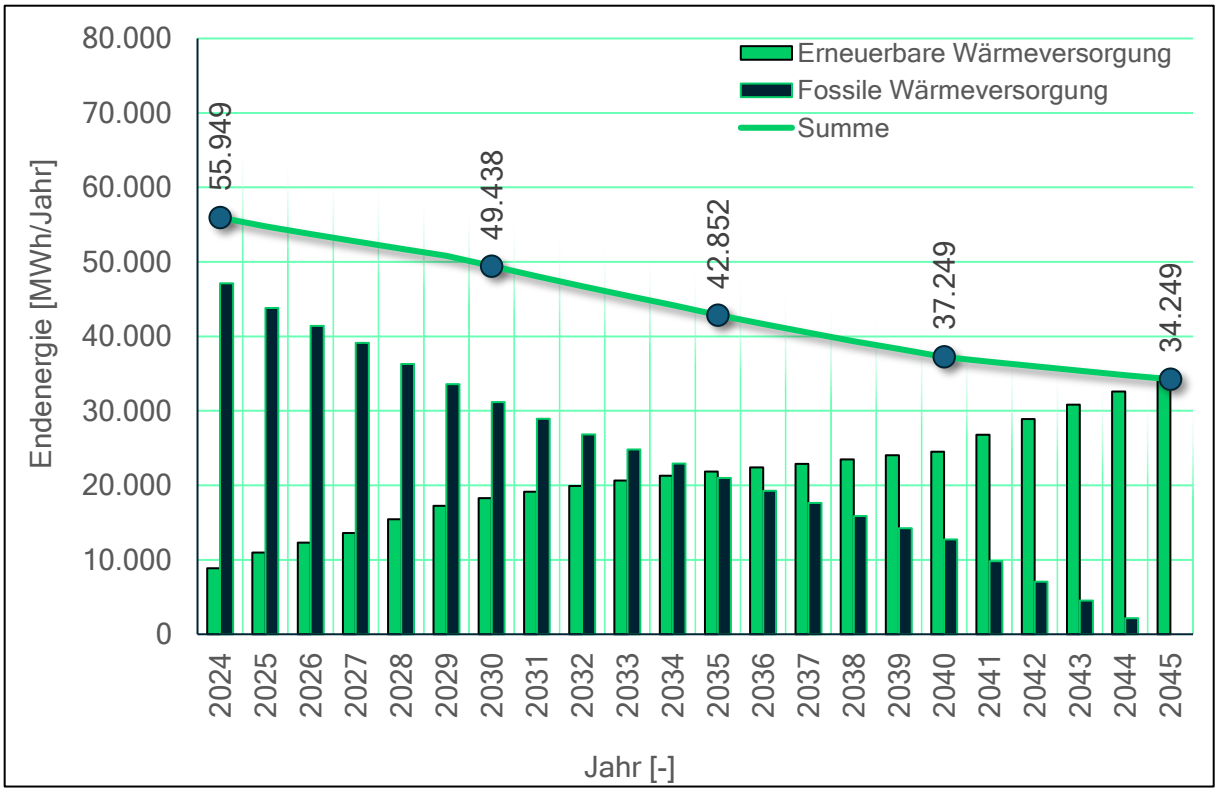


Abbildung 9-9: Fossile und erneuerbare Anteile am Endenergieverbrauch bis 2045 (interne Berechnungen)

Darüber hinaus sollen insbesondere die Fokusgebiete mit deren Infrastruktur zur Wärmeversorgung prioritär transformiert werden. Die Zielkonstellation der Fokusgebiete ist in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

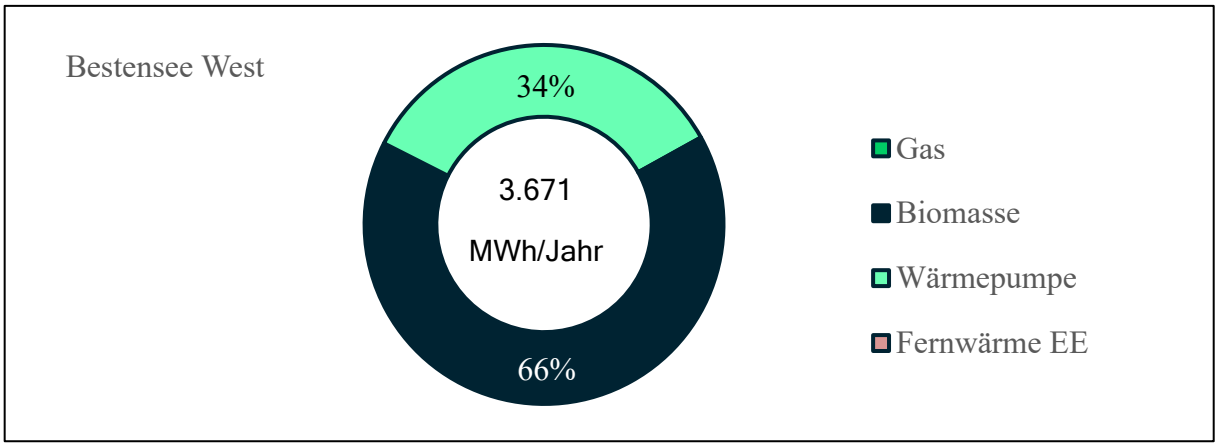


Abbildung 9-10: Energieversorgung Fokusgebiet 2045 (interne Berechnungen)

Die Maßnahmenliste wurde der Kommune mit detaillierten Handlungsschritten und Möglichkeiten zu Fördermaßnahmen übergeben. Die Maßnahmen gliedern sich in vier Cluster

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

Aus den insgesamt 16 Maßnahmen wurden die folgenden herausgelöst. Es wird empfohlen mit diesen Maßnahmen zu beginnen.

- Eignungsprüfung von Photovoltaikanlagen auf kommunalen Gebäuden
- Ausbau von Photovoltaik mit verbindlicher Raumplanung
- Wärmeplan beschließen und Gebietsausweisung planen

9.3.1 Eignungsprüfung von Photovoltaikanlagen auf kommunalen Gebäuden

Ziel der Maßnahme ist die Erhöhung des im Projektgebiet erzeugten Stroms. Dafür soll auf den kommunalen Liegenschaften geprüft werden, ob eine Umsetzung von Photovoltaikanlagen wirtschaftlich und technisch möglich und sinnvoll ist. Zur Umsetzung der Maßnahme wird empfohlen, einen lokal ansässigen Energieberater oder ein lokal ansässiges Solar-Unternehmen zu kontaktieren, dessen Bewertung und Empfehlung einzuholen, um im Anschluss zu entscheiden, ob die Maßnahme weiterverfolgt werden soll oder aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit oder aufgrund von technischen Restriktionen eingestellt werden muss. Insofern eine Umsetzung wirtschaftlich erscheint, sind Investitionskosten und Ertrag zu berechnen. Als Förderung steht die Einspeisevergütung und der Förderkredit der Kfw zur Verfügung.

9.3.2 Ausbau Photovoltaik mit verbindlicher Raumplanung

Wie in der vorhergehenden Maßnahme ist das Ziel die Erhöhung des im Projektgebiet erzeugten Stroms. Die in der Wärmeplanung an die Kommune übermittelten Flächen sollen für die Nutzung mittels Photovoltaik weiter untersucht, beplant und bestenfalls genehmigt werden. Vorausschauend eingerechnet wurden die im Energieplan beschriebenen Flächen. Zum weiteren Vorgehen ist zunächst eine politische Einigung auf einen Kriterienkatalog zu empfehlen, welcher für potenzielle Flächen zur Nutzung durch Photovoltaik einzuhalten ist. Mit diesem Kriterienkatalog können die vorliegenden Flächen gesichtet und abgeglichen werden. Im Anschluss sollte eine öffentliche Beteiligung und Diskussion stattfinden, bevor die verbindliche Umsetzung in der Bauleitplanung stattfindet. Ebenfalls kann unter öffentlicher Beteiligung diskutiert werden, wie das Umsetzungsmodell gestaltet werden soll. Es können unterschiedliche Modelle, wie der Eigenbetrieb durch die Kommune, der Betrieb durch einen Energieversorger oder ein Genossenschafts- oder Contracting-Modell umgesetzt werden. Für die Umsetzung stehen Förderungen der ILB Brandenburg, der Klimaschutzoffensive für Unternehmen der Kfw oder für Agri-Photovoltaik zur Verfügung.

9.3.3 Wärmeplan beschließen und Gebietsausweisung planen

Es wird abschließend empfohlen, den kommunalen Wärmeplan zu beschließen. Dabei ist ausdrücklich darauf hingewiesen, dass empfohlen wird, eine Gebietsausweisung zunächst noch nicht festzulegen. Hintergrund ist, dass in der bestehenden Gesetzeslage vor März 2025 neue Heizungen ab dem 01.07.2028 mindestens 65 % erneuerbar betrieben werden müssen. Mit Beschluss der Wärmeplanung und der Gebietsausweisung zieht sich dieses Datum auf den darauffolgenden Monat nach Beschlussfassung vor. Unabhängig davon, sollte für die Gebietsausweisung die Machbarkeit durch die Netzbetreiber abgeschlossen bewertet sein.

10 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.

10.1 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 Gemeinde Bestensee nicht jährlich aktualisiert und fortgeschrieben. Es wird empfohlen, zukünftig aller zwei 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

10.2 Monitoring

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

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 verfolgen. 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 Gemeinde implementiert?
Wie wurde die Organisation der Gemeinde 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?

11 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.

11.1 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.

11.2 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 Gemeinde Bestensee hat sich dafür entschieden den Bereich Klimaschutz unverändert im Bauamt zu verorten, welches wiederum unmittelbar dem Bürgermeister unterstellt ist.

Für die Bewältigung der Aufgaben im Bereich der Kommunalen Wärmeplanung ist es notwendig, ausreichend personelle Kapazitäten in den Verwaltungen einzuplanen. Für die

Umfänge der Kommunale Wärmeplanung wird in den nächsten Jahren voraussichtlich eine Personalstelle in der Verwaltung benötigt. 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 z.B. INSEK
- Berücksichtigung der Wärmeplanung bei Neubaugebiete 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 eine fachübergreifende 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 dem zuständigen Bereich zur Abarbeitung übertragen werden. Strukturell ist zu beachten, dass der mit dem Thema Klimaschutz beauftragte Bereich als Koordinator auftritt und keine eigenständige Verantwortung für die Aufgaben anderer Bereiche übernimmt, da dieser nicht mit eigenem Budget ausgestattet ist. Dies stellt eine besondere Herausforderung in der Kommunikation dar, weil diese somit auf den „guten Willen“ zur Aufgabenbewältigung durch andere Bereiche angewiesen ist, die meist als Mehraufwand zum ohnehin anfallenden Tagesgeschäft angesehen werden. Dieser Sachverhalt muss entsprechend klar durch die Fachbereichsleitung und den Bürgermeister in allen Verwaltungseinheiten kommuniziert werden, um Kompetenzkonkurrenzen, Interessenkonflikten und einer Vielzahl weiterer Hemmnisse entgegenzuwirken. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, dass sich gerade politische Entscheidungsträger dem Thema Klimaschutz annehmen und entsprechend auftreten.

11.3 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 das Bauamt einmal jährlich einen Monitoringbericht über die Klimaschutzaktivitäten auszuarbeiten und die Gemeindevertretung über die Ergebnisse durchgeführter und geplanter Maßnahmen zu unterrichten. 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 der Gemeindevertretung für adaptierte Strategien sicherzustellen. Der Monitoringbericht zur jeweils zweiten Tagung des Fachbereichsausschusses im Winterhalbjahr wird durch einen aktuellen Klimabericht ergänzt. Finanziell ist es nicht geplant diesen Bereich mit einem eigenen Budget auszustatten, womit die Durchführung von Klimaschutzaktivitäten unter gemeindlicher 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.

11.4 Interkommunale Zusammenarbeit

Ebenso wichtig wie die interne Einbindung des Klimaschutzes in die Verwaltungsstrukturen ist die interkommunale Zusammenarbeit der Gemeindeverwaltung 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 Gemeinde 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 Gemeinde Bestensee 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.

12 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:

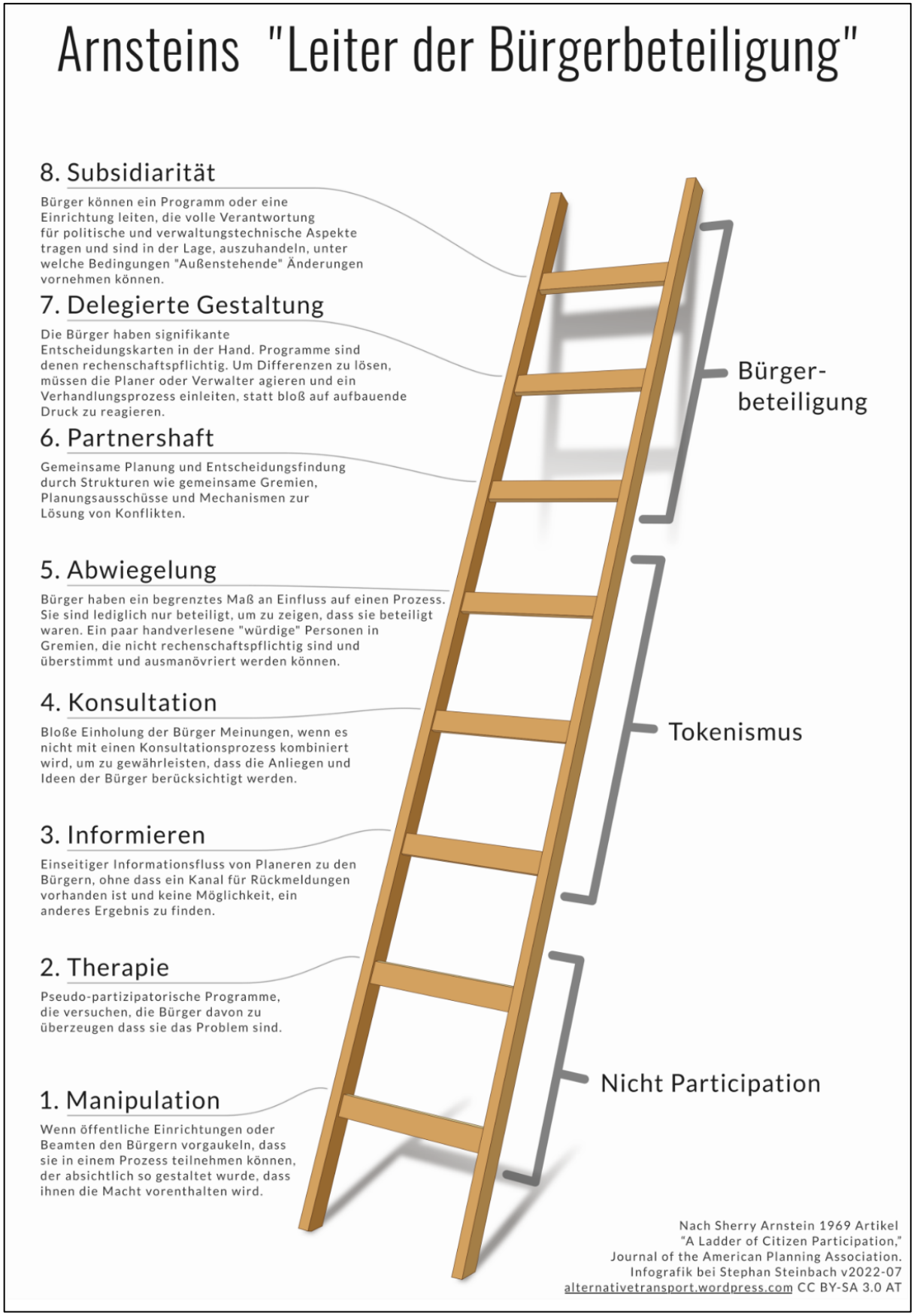


Abbildung 12-1: Arnsteins „Leiter der Bürgerbeteiligung“ (STEINBACH 2022)

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)

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 Gemeinde 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 Gemeinde Bestensee 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 Gemeinde Bestensee zur Verfügung:

- die offizielle Homepage der Gemeinde Bestensee: www.Bestensee.de
- das Amtsblatt der Gemeinde Bestensee
- 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 Gemeinde Bestensee 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.

13 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, 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 13-1: 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 Gemeinde Bestensee.“ - Ihre Back2B Solution GmbH

14 Literaturverzeichnis

ABTEILUNG WASSERWIRTSCHAFT 2024

Landesregierung Brandenburg, Abteilung Wasserwirtschaft 1 (Hrsg.): Flussgebiet Untere Havel. Potsdam: 2024 <https://pegelportal.brandenburg.de/flussgebiet.php?fgid=3&thema=karte> - 05.09.2024.

AGFW 2021

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

AGORO, PROGNOS & 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> - 23.10.2024

APM ABFALLWIRTSCHAFT 2024

APM Abfallwirtschaft Potsdam-Mittelmark GmbH (Hrsg.): Wo landet eigentlich der ganze Restmüll aus Potsdam-Mittelmark? Niemegk: 2024 <https://www.apm-niemegk.de/wo-landet-eigentlich-der-ganze-restmuell-aus-potsdam-mittelmark/> - 11.09.2024

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_Fallhohen_-_Verschiedene_Konzepte_im_kritischen_Vergleich/links/56bb257408aebb3054a7dcaf/Wasserkraftanlagen-mit-niedrigen-Fallhoehen-Verschiedene-Konzepte-im-kritischen-Vergleich.pdf?origin=publication_detail&_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uRG93bmxvYWQiLCJwcmV2aW91c1BhZ2UiOiJwdWJsaWNhdGlvbiJ9fQ&__cf_chl_tk=5NUKeEbf0iVoZMb6dmDwRQ5y6CfwAdbW5s5GJfTbwiA-1740516705-1.0.1.1-9TZZkOTSfohS3hLuM6CKbw1u8y5dLc3PvZTPP1m37AI> - 23.10.2024

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> - 03.10.2024

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> - 24.10.2024.

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> - 02.11.2024

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> - 31.10.2024

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/> - 03.10.2024

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> - 03.10.2024

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> - 03.10.2024

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

BUNDESVERBAND 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/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Energieeffizienz/Abwasserwaermenutzung/Leitfaden_Ratgeber/Leitfaden_Waerme_aus_Abwasser.pdf> - 09.09.2024.

DEUTSCHER WETTERDIENST 2024

Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Rasterdaten der Jahressumme für die Globalstrahlung in kWh/m². Offenbach: 2024 <https://cdc.dwd.de/portal/202209231028/mapview> - 11.09.2024

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> - 18.02.2025

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

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> - 27.10.2024.

EGELKAMP, WETT & KALLERT 2021

Egelkamp, R.; Wett, L.; Kallert, A. M.: Potenzialstudie klimaneutrale Wärmeversorgung Berlin 2035, Kassel: 2021. <https://buerger-begehren-klimaschutz.de/wp-content/uploads/2021/10/Potenzialstudie_Berlin.pdf> - 27.10.2024.

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.; Schweier, 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> - 25.10.2024.

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> - 27.10.2024.

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> - 24.10.2024.

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> - 21.02.2025

GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011

Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Geothermie in Nordrhein-Westphalen, Krefeld: 2011 <https://www.gd.nrw.de/zip/broschuer_geothermie.pdf> - 03.11.2024

GOOGLE 2024

Google Ireland Limited (Hrsg.): Google Maps. Irland: 2024 <https://www.google.com/maps/place/Bestensee/@52.3334158,12.9586635,11570m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x47a88cac899f8aad:0x42120465b5e7750!8m2!3d52.3114786!4d12.9295066!16s%2Fm%2F02rpxw3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MDkwOS4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D> - 12.09.2024

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/> - 03.11.2024

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> - 27.10.2024.

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> - 10.09.2024

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/> - 01.07.2024

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> - 31.10.2024

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> - 27.10.2024.

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> - 31.10.2024

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> - 02.10.2024

OPENSTREETMAP 2024

OpenStreetMap Stiftung: OpenStreetMap. Cambrige: 2024 < https://www.openstreetmap.org/> - 01.07.2024

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> - 02.10.2024

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> - 12.10.2024.

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> - 12.10.2024.

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> - 03.10.2024

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> - 21.02.2025

SCHABBACH & LEIBBRANDT 2021

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

BESTENSEE 2024

Gemeinde Bestensee (Hrsg.): Karten und Pläne Ihrer Gemeinde online, Bestensee: 2024. < https://obviewsly.de/Bestensee> - 08.08.2024

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> - 03.10.2024

STATISTA 2024

Statista (Hrsg.): Entwicklung des CO_2-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> 01.07.2024

STEINBACH 2022

Steinbach (Hrsg.) “Leiter der Bürgerbeteiligung” Wien: 2022 <https://www.steinbach.wien/2022/arnsteins-leiter-der-burgerbeteiligung/> 05.03.2025

STRÖBELE 2024

Ströbele AG (Hrsg.): Heizen wir bald mit Seewärme? Romanshorn: 2024. <https://seeblick.localpoint.ch/2024051/heizen-wir-bald-mit-seewaerme> - 23.02.2025

UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024

Department for Energy Security & Net Zero; Department for Enviroment 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> - 21.09.2024.

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 <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/energiewirtschaftsgesetz-2240764> - 28.02.2024

15 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Ziel von Deutschland zur Klimaneutralität (DIE BUNDESREGIERUNG 2025)..... 7

Abbildung 3-2: Kommunale Wärmeplanung (BMWK & BMWSB 2024)..... 8

Abbildung 4-1: Kommunale Wärmeplanung (BMWK & BMWSB 2024)..... 9

Abbildung 4-2: Ablauf und Phasen einer Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH) 10

Abbildung 5-1: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH) 22

Abbildung 5-2: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG BACK2B SOLUTION GMBH) 26

Abbildung 5-3: Aufbereitungs- und Abstraktionsstufen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH) 27

Abbildung 5-4: Lage und Verortung des Projektgebietes (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 29

Abbildung 5-5: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 30

Abbildung 5-6: Baublöcke nach BISKO-Sektoren (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 31

Abbildung 5-7: Gebäudebestand nach BISKO-Sektoren..... 32

Abbildung 5-8: Anzahl der Gebäude (absolute Werte) nach Baualtersklassen und BISKO-Sektoren 32

Abbildung 5-9: Baublöcke nach Baualtersklassen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)33

Abbildung 5-10: Sanierungsstand im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 34

Abbildung 5-11: Energieformen von der Entstehung bis zur Nutzung (Darstellung der Back2B Solution GmbH) 35

Abbildung 5-12: Wärmebedarf (Nutzenergie & Endenergie) nach BISKO-Sektoren (interne Berechnungen) 37

Abbildung 5-13: Strom- und Gesamtenergiebedarf (Endenergie) nach BISKO-Sektoren (interne Berechnungen) 37

Abbildung 5-14: Einteilung der Gebäude nach Versorgungsart (interne Berechnungen)..... 37

Abbildung 5-15: Heatmap (Wärmebedarf, Nutzenergie, interne Berechnungen) 38

Abbildung 5-16: Wärmebedarf (Nutzenergie) pro Meter Straßenabschnitt (interne

Berechnungen) 39

Abbildung 5-17: Baublockbezogene Darstellung des Wärmebedarfs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 40

Abbildung 5-18: Baublockbezogene Darstellung der Wärmedichte (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 41

Abbildung 5-19: Wärme- und Stromverbrauch (Endenergie) nach BISKO-Sektoren (interne Berechnungen) 42

Abbildung 5-20: Energieverbrauch (Endenergie, klimabereinigt) nach BISKO-Sektoren (interne Berechnungen) 42

Abbildung 5-21: Baublockbezogene Darstellung des Wärmeverbrauchs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 44

Abbildung 5-22: Baublockbezogene Darstellung der Energieträger (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 45

Abbildung 5-23: Energiebilanz Wärme (interne Berechnungen) 46

Abbildung 5-24: Treibhausgasbilanz Wärme (interne Berechnungen; BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020; STATISTA 2024; UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024; AGFW 2021; PROGNOS, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021; AGORO, PROGNOS & CONSENTEC 2022) 47

Abbildung 5-25: Baublockbezogene Darstellung der Treibhausgasemissionen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 48

Abbildung 6-1: Bevölkerungsentwicklung im Projektgebiet 50

Abbildung 6-2: Sanierungspotenzial durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden sowie in industriellen oder gewerblichen Prozessen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 52

Abbildung 6-3: Endenergieverbrauch nach Sanierung inkl. Bevölkerungsentwicklung 55

Abbildung 6-4: Erneuerbare Energien von der Quelle zum Energieträger in Anlehnung an WAGNER, ROUVEL & SCHÄFER 1999 56

Abbildung 6-5: Potenziale in der Wärmeplanung (Darstellung der Back2B Solution GmbH) 58

Abbildung 6-6: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 59

Abbildung 6-7: Potenzialflächen im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 61

Abbildung 6-8: Preisgrößen für PV-Strom (Quelle: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025) 63

Abbildung 6-9: Jahresbezogene Globalstrahlung im Projektgebiet (DEUTSCHER WETTERDIENST 2024) 64

Abbildung 6-10: Satellit (GOOGLE 2024) ggü. Globalstrahlung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 68

Abbildung 6-11: Umsetzungsquote Photovoltaik auf Dachflächen..... 71

Abbildung 6-12: COP-Werte von Wärmepumpen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH) 72

Abbildung 6-13: Wärmepumpeneignung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 73

Abbildung 6-14: Prinzipdarstellung zur Nutzung hydrothermischer Umgebungswärme (STRÖBELE 2024) 74

Abbildung 6-15: Die Veränderung der Temperatur in Abhängigkeit von der Teufe und den Jahreszeiten (BRANDENBURGISCHE ENERGIE TECHNOLOGIE INITIATIVE 2009)..... 80

Abbildung 6-16: Technologieüberblick oberflächennahe Geothermie (GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011) 81

Abbildung 6-17: Potenzielle Standorteignung Erdwärmekollektoren (LANDESAMT FÜR BERGBAU, GEOLOGIE UND ROHSTOFFE BRANDENBURG 2024, MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)) 82

Abbildung 6-18: Wärmepumpeneignung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 83

Abbildung 6-19: Technologieüberblick tiefe Geothermie (GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011) 85

Abbildung 6-20: Gegenüberstellung der Gesamtverbräuche zu den Gesamtpotenzialen..... 90

Abbildung 7-1: Ausschnitte aus Beispielquartieren (GOOGLE 2024) 93

Abbildung 7-2: Räumliche Verortung aller Quartiere im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) 95

Abbildung 7-3: Quartiere 2 bis 7 in Bestensee (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)..... 96

Abbildung 7-4: Quartier in Pätz (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)..... 97

Abbildung 9-1: Anteil der bisherigen Fokusgebiete am heutigen Treibhausgasausstoß. 103

Abbildung 9-2: Aktuelle Versorgungsstruktur Quartier 6 – Bestensee West 104

Abbildung 9-3: Endenergieverbrauch heute und im Jahr 2045 (interne Berechnungen) 105

Abbildung 9-4: Entwicklung Endenergieverbrauch absolut bis 2045 (interne Berechnungen) 106

Abbildung 9-5: Entwicklung Endenergieverbrauch prozentual bis 2045 (interne Berechnungen) 107

Abbildung 9-6: Entwicklung Treibhausgasemissionen bis 2045 (interne Berechnungen) ... 108

Abbildung 9-7: Stromerzeugung im Projektgebiet (interne Berechnungen) 109

Abbildung 9-8: Eigenanteil der Stromerzeugung im Verhältnis zum Stromverbrauch (interne Berechnungen) 110

Abbildung 9-9: Fossile und erneuerbare Anteile am Endenergieverbrauch bis 2045 (interne Berechnungen) 111

Abbildung 9-10: Energieversorgung Fokusgebiet 2045 (interne Berechnungen) 111

Abbildung 12-1: Arnsteins „Leiter der Bürgerbeteiligung“ (STEINBACH 2022) 122

Abbildung 13-1: Die Schritte nach der Wärmeplanung für die Umsetzung von Versorgungsstrukturen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH) 127

16 Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Öffentliche und private Bereiche 14

Tabelle 4-2: Zielgruppenanalyse 16

Tabelle 5-1: Übersicht der erhobenen Daten und Quellen 23

Tabelle 6-1: Einfluss auf den Endenergieverbrauch durch die Bevölkerungsentwicklung (interne Berechnung) 51

Tabelle 6-2: Zusammenfassung des Sanierungspotenzial (interne Berechnung) 54

Tabelle 6-3: Sanierungspotenzial inkl. Bevölkerungsveränderung (interne Berechnung) 54

Tabelle 6-4: Potenzialflächen – Gras- und Grünland (GIS-basiert) 60

Tabelle 6-5: Potenzialflächen - Agrarland (GIS-basiert) 60

Tabelle 6-6: Potenzialflächen – Wald (GIS-basiert) 62

Tabelle 6-7: Potenzialflächen – Gewässer (GIS-basiert) 62

Tabelle 6-8: Potenzialflächen – Dach (GIS-basiert & interne Berechnung) 62

Tabelle 6-9: Bevorzugte Freiflächenstandorte für Solar (Quellen PLANUNGSGEMEINSCHAFT ODERLAND-SPREE 2020, NIEDERSÄCHSISCHER LANDKREISTAG & STÄDTE- UND GEMEINDEBUND 2022 UND BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2024) 65

Tabelle 6-10: Solarpotenzial auf Gras- und Grünlandflächen (interne Berechnung) 66

Tabelle 6-11: Beispiele für Agri-Photovoltaik (FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2024) 66

Tabelle 6-12: Solarpotenzial auf Agrarflächen (interne Berechnung) 67

Tabelle 6-13: Solarpotenzial auf Privilegflächen (interne Berechnung) 67

Tabelle 6-14: Solarpotenzial auf Dachflächen (interne Berechnung) 69

Tabelle 6-15: Zusammenfassung der Solarpotenziale 70

Tabelle 6-16: Zusammenfassung der Seethermiepotenziale 75

Tabelle 6-17: Biomassepotenzial aus Agar- und Grünlandflächen (interne Berechnung) 77

Tabelle 6-18: Biomassepotenzial aus Waldflächen (interne Berechnung) 78

Tabelle 6-19: Potenzial von Erdwärmesonden bei 2.400h Betriebsstunden pro Jahr (interne Berechnung) 84

Tabelle 6-20: Beispielpotenzial tiefe Geothermie und die Auswirkungen auf die Netztypologie (interne Berechnung) 85

Tabelle 6-21: Zusammenfassung der Potenziale 89

Tabelle 6-22: Technologievergleich der Potenziale zur zentralen Wärmeversorgung..... 91

Tabelle 7-1: Quartiersübersicht (interne Berechnungen)..... 98

Tabelle 8-1: Szenario 1: Klimaoptimal 2045 (interne Berechnungen)..... 100

Tabelle 8-2: Szenario 2: Investitionsoptimal 2045 (interne Berechnungen)..... 101

Tabelle 8-3: Szenario 3: Zielszenario 2045 (interne Berechnungen)..... 102

Tabelle 9-1: Emissionsfaktoren (interne Berechnungen; BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020; STATISTA 2024; UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024; AGFW 2021; PROGNOS, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021; AGORO, PROGNOS & CONSENTEC 2022)..... 108

17 Abkürzungsverzeichnis

a - Jahr

ALKIS - Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem

BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz

BISKO - Bilanzierungs-Systematik Kommunal

BNetzA – Bundesnetzagentur

CO_2 - 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