

VBB Bordesholm

Wärmeleitplanung Bordesholm

Aktueller Stand : Potentialanalyse

Inhalt

Zusammenfassung	3
Einleitung	4
Kommunale Wärmeplanung	5
Projektmanagement	7
Kommunikations- und Beteiligungsstrategie	7
Formate und Methoden	7
Bericht	7
Datenerhebung	8
Datengrundlage	8
Datenschutz	9
Bestandsanalyse	10
Erfassung und Darstellung des räumlich aufgelösten Wärmebedarfes und -verbrauchs	10
Wärmebedarf	11
Wärmeverbrauch	12
Energie und Treibhausgasbilanz	13
Ergebnisse der Bestandsaufnahme	15
Erfassung und Darstellung des Wärmebedarfs und -verbrauchs	19
Energie– und Treibhausbilanz	19
Fazit der Bestandsanalyse	20
Potenzialanalyse	22
Bewertung und Einordnung der ermittelten Potenziale	22
Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz	23
Geothermie	24
Tiefengeothermie	28
Solaranalyse	29
Windkraft	33
Biomasse	34
Abwärmepotenzial aus kommunalen Kläranlagen	35
Umweltwärme aus Luft	36
Fazit der Potenzialanalyse	38
Zielszenario	39
Entwicklung des Wärmebedarfes	39
Wärmeliniendichte	39
Methodik zur Bestimmung der Wärmenetzeignung	40
Wärmeversorgung / Heizsysteme	41

Treibhausgasemissionen (THG)	41
Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	41
Umsetzungsmaßnahmen und Steckbriefe.....	42
Umsetzungsmaßnahmen.....	42

Zusammenfassung

Der kommunale Wärmeplan für Bordesholm zeigt auf Basis detaillierter Analysen und Szenarien, wie eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung bis 2040 erreicht werden kann. Im erarbeiteten Zielszenario erfolgt die Wärmeversorgung zum Großteil dezentral und regenerativ, vor allem durch Wärmepumpen, Solarthermie und Biomasse. Nahwärmenetze könnten einen geringen Anteil des Bedarfs abdecken, insbesondere in dichter bebauten Teilen des Kernzentrums von Bordesholm. Der Fokus der Wärmeversorgung wird jedoch auf Einzelhausheizungen liegen.

Die durchgeführten Untersuchungen werden zeigen, ob es gelingen kann, eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung in Bordesholm aufzubauen.

Zur Umsetzung der Wärmeplanung werden drei zentrale Handlungsfelder benannt:

- **Dezentrale Versorgung:** Förderung individueller Lösungen mit erneuerbaren Energien, wie bspw. Wärmepumpen, in Gebieten ohne wirtschaftliche Netzanschlussmöglichkeit. Best-Practice-Beispiele sollen veröffentlicht.
- **Information und Beratung:** Ausbau zielgruppenspezifischer Angebote für Eigentümer:innen von Wohngebäude, z. B. durch Broschüren, Datenbanken und Leitfäden.
- **Nahwärme:** Prüfung bestehender Wärmenetze sowie Machbarkeitsstudien für neue Netze in geeigneten Gebieten.

Einleitung

Die Wärmeversorgung in Deutschland steht vor großen Herausforderungen. Trotz erheblicher Fortschritte bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen im Stromsektor bleibt die Wärmeversorgung weiterhin stark von fossilen Energieträgern wie Gas und Öl abhängig. Rund 80 % der Wärmenachfrage wird derzeit durch fossile Brennstoffe gedeckt, was erhebliche Auswirkungen auf die Klimabilanz hat. Die steigenden Preise für Gas und Öl sowie die geopolitischen Unsicherheiten verdeutlichen die Notwendigkeit einer nachhaltigen und unabhängigen Wärmeversorgung.

Um die Klimaziele der Bundesregierung zu erreichen und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern, ist eine umfassende Umstellung auf erneuerbare Energien und die Nutzung unvermeidbarer Abwärme erforderlich. Diese Herausforderungen machen deutlich, dass eine strategische Planung und Umsetzung auf kommunaler Ebene unerlässlich ist. Eine nachhaltige Wärmeversorgung kann nur durch eine gezielte und koordinierte Vorgehensweise erreicht werden, die alle relevanten Akteure einbezieht und auf fundierten Daten und Analysen basiert. Hier setzt die kommunale Wärmeplanung (KWP) an, die es ermöglicht, maßgeschneiderte Lösungen für die spezifischen Bedürfnisse und Gegebenheiten jeder Kommune zu entwickeln.

Kommunale Wärmeplanung

Die kommunale Wärmeplanung ist ein strategischer Prozess zur nachhaltigen und effizienten Gestaltung der Wärmeversorgung einer Kommune. Sie analysiert die aktuelle Situation, identifiziert Potenziale für erneuerbare Energien und entwickelt Maßnahmen zur CO₂-Reduktion. Das Ziel ist die Planung einer langfristig stabilen, umweltfreundlichen und kosteneffizienten Wärmeversorgung. Dabei werden Nachhaltigkeit, Effizienz, soziale Gerechtigkeit und wirtschaftliche Stabilität angestrebt.

Die gesetzliche Grundlage für die kommunale Wärmeplanung bildet auf Landesebene das Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein (EWKG). Die Regelungen des Bundesgesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG) wurden zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch nicht vollständig in geltendes Landesrecht überführt, finden jedoch bereits Berücksichtigung.

Der generelle Ablauf einer kommunalen Wärmeplanung lässt sich in vier Hauptphasen unterteilen und ist in Abbildung 1-1 dargestellt:



Abbildung 1 Ablauf der kommunalen Wärmeplanung (Quelle: KEAN)

1. **Bestandsanalyse:** In dieser Phase wird der aktuelle Zustand der Wärmeversorgung in der Kommune erfasst. Dazu gehören die Analyse des Wärmeverbrauchs oder -bedarfs der Gebäude, die Ermittlung der wärmebezogenen Treibhausgasemissionen, die Beschreibung des Gebäudebestands und der Siedlungsstruktur sowie die Untersuchung der bestehenden Wärmeversorgungsstruktur.
2. **Potenzialanalyse:** Hier werden Möglichkeiten zur Senkung des Wärmebedarfs und zur Nutzung erneuerbarer Energien untersucht. Dies umfasst energetische Maßnahmen an Gebäuden, die Nutzung von Abwärme, Geothermie und Kraft-Wärme-Kopplung. Ziel ist es, die Potenziale für eine nachhaltige Wärmeversorgung zu identifizieren.
3. **Szenarien Wärmeversorgung:** In dieser Phase werden verschiedene Szenarien für die zukünftige Wärmeversorgung entwickelt und berechnet. Dabei werden die erforderlichen Wärmemengen für unterschiedliche Zeitpunkte, wie beispielsweise das Jahr 2030 als Zwischenziel und die langfristige Klimaneutralität, berücksichtigt.
4. **Handlungsstrategie und Maßnahmen:** Basierend auf den Ergebnissen der vorherigen Phasen werden konkrete Strategien und Maßnahmen zur Umsetzung entwickelt. Dazu gehören die

Senkung des Wärmebedarfs durch energetische Verbesserungen an Gebäuden und die treibhausgasneutrale Wärmeversorgung der Gebäude.

Zusätzlich werden in allen Phasen die Beteiligung von Akteuren und der Öffentlichkeit sowie die Umsetzung, das Monitoring und die Fortschreibung der Maßnahmen berücksichtigt. Diese umfassende Vorgehensweise stellt sicher, dass die kommunale Wärmeplanung effektiv und nachhaltig umgesetzt wird.

Das Ergebnis der kommunalen Wärmeplanung soll eine umfassende und umsetzbare Strategie zur nachhaltigen Wärmeversorgung der Kommune sein. Diese Strategie umfasst konkrete Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien, zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Reduzierung von CO₂-Emissionen. Es sollen klare Ziele und Zwischenziele definiert werden, die den Weg zur Klimaneutralität aufzeigen. Zudem soll ein detaillierter Umsetzungsplan erstellt werden, der die Verantwortlichkeiten, Zeitpläne und den Ressourcenbedarf festlegt.

Grundsätzlich ist die kommunale Wärmeplanung ein informelles, strategisches Instrument ohne rechtliche Außenwirkung. Für Wärmenetzgebiete besteht die Möglichkeit der verbindlichen Ausweisung von Wärmenetz- oder Wasserstoffgebieten per Satzungsbeschluss, was im Bundesgesetz festgehalten ist, siehe §26 Wärmeplanungsgesetz (WPG).

Projektmanagement

Kommunikations- und Beteiligungsstrategie

Eine effektive Kommunikations- und Beteiligungsstrategie ist entscheidend für den Erfolg der kommunalen Wärmeplanung. Sie stellt sicher, dass alle relevanten Akteure sowie die Öffentlichkeit umfassend informiert und aktiv eingebunden werden. Durch transparente Kommunikation und gezielte Beteiligungsmaßnahmen können die Akzeptanz und Unterstützung für die geplanten Maßnahmen erhöht werden.

Formate und Methoden

Begleitend zur kommunalen Wärmeplanung in Bordesholm wurden und werden umfassende Akteursbeteiligungen und Öffentlichkeitsarbeit durchgeführt. In diesem Rahmen finden verschiedene Informationsveranstaltungen für Bürgerinnen und Bürger, die politischen Vertreterinnen und Vertreter, sowie Beteiligungsformate für relevante Akteure statt. Darüber hinaus wird die kommunale Wärmeplanung inklusive ihrer Ergebnisse auch in politischen Gremien präsentiert. Flankiert wurde der Planungsprozess von Pressemitteilungen und Informationen auf der Homepage der Gemeinde.

Die Dokumentationen und Nachbereitungen der Veranstaltungen werden der Gemeinde Bordesholm und den Teilnehmenden im Nachgang zur Verfügung gestellt.

Bericht

Im folgenden Bericht wird zunächst in Kapitel 2 die Datenerhebung erläutert, wobei sowohl die Datengrundlage als auch der Datenschutz thematisiert werden.

Im Anschluss daran beschreibt Kapitel 3 die Bestandsanalyse, die den aktuellen Zustand der Wärmeversorgung in der Samtgemeinde erfasst.

Weitere Kapitel werden im Verlauf der Wärmeleitplanung die weiteren Schritte darstellen.

Datenerhebung

In diesem Kapitel wird die Datenerhebung detailliert beschrieben. Dabei werden sowohl die Datengrundlage als auch der Datenschutz thematisiert. Eine solide Datengrundlage ist essenziell, um fundierte Entscheidungen in der kommunalen Wärmeplanung treffen zu können. Der Datenschutz spielt hierbei eine zentrale Rolle, um die Integrität und Vertraulichkeit der erhobenen Daten zu gewährleisten.

Datengrundlage

Die gebäudescharfe Betrachtung sämtlicher Gebäudeparameter setzt die Berücksichtigung und Verschneidung verschiedener Geobasisdaten voraus.

Als Datengrundlage für die Gebäudeaufbereitung werden folgende Datenquellen verwendet:

- Basis DLM
- ALKIS-Daten
- LoD1 Gebäudemodell

Zur Erstellung des Gebäudebestands wurden die verschiedenen Datensätze miteinander verschnitten und aufbereitet, um eine Datengrundlage mit allen erforderlichen Parametern für die anschließende gebäudescharfe Analyse bereitzustellen.

Hinweis : Die für durchgeführte Berechnungen verwendete Gebädefunktion stammt aus den offiziellen Daten des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS-Daten). Diese werden durch die zuständigen Katasterämter erhoben und verwaltet. Stellenweise bestehen Unstimmigkeiten zwischen der in den ALKIS-Daten erfassten Gebädefunktion und der realen Gebädefunktion. Dies betrifft z.B. Nichtwohngebäude, die in den offiziellen Daten als Wohngebäude geführt werden. Im Rahmen des Projekts wurden grundsätzlich die Gebädefunktionen aus den offiziellen ALKIS-Daten für die Berechnungen und Auswertungen verwendet. Auf Basis einer Stichprobe und einer Plausibilitätsprüfung wurden vereinzelt offensichtliche Unstimmigkeiten bei einzelnen Gebäuden manuell korrigiert. Dennoch können verbleibende Abweichungen in den Berechnungsergebnissen und statistischen Auswertungen nicht ausgeschlossen werden.

Die umfassende Datenaufbereitung fußt auf den Daten der ALKIS-Hausumringe. Den jeweiligen, darin enthaltenen Gebäudegeometrien wurden Informationen aus weiteren Datenbeständen, wie z.B. ALKIS-Hauskoordinaten oder LoD1-Gebäudedaten, zugeordnet. Auf einzelne, wesentliche Parameter und deren Herkunft wird im Folgenden eingegangen.

Gebädefunktion

Eine für die Wärmeplanung essenzielle Information liegt in Form des Attributes „gfk“, d.h. der Gebädefunktion einer jeweiligen Gebäudegeometrie, vor. Diese wurden im Zuge der Datenaufbereitung von den ALKIS-Hausumringen (HU) übernommen und stellte insbesondere die Grundlage für eine spätere Differenzierung - beheizter und unbeheizter Gebäudetypen einerseits sowie Wohn- bzw. Nichtwohngebäude andererseits - dar. Das in den HU enthaltene Attribut „gfk“ entspricht dabei einem Gebädefunktionscode, welcher zwecks Datenles- und -nutzbarkeit übersetzt wurde. Dementsprechend ist ein zusätzliches Attribut „Funktion“ als Textfeld angelegt worden (z.B. „gfk“=‘31001_1000‘ erhält das Attribut „Funktion“=‘Wohngebäude‘ usw.). Da in den Gebädefunktionen nach ALKIS häufig verschiedene Unsicherheiten bezüglich der Garagen bestehen, wurde zur Abgrenzung und Ausfilterung von Garagen innerhalb des Gebäudedatensatzes eine Abfrage

anhand der Kombination aus der Gebädefunktion (GFK) und der Gebäudehöhe verwendet. So wurden Garagen aus der Auswertung ausgeschlossen, wenn das Attribut gfk den Wert „Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe“ aufwies und die Traufhöhe kleiner als 3 Meter war.

Gebäudehöhe

Die Gebäudehöhe stellt einen weiteren wichtigen Parameter im Rahmen der durchgeführten Wärmebedarfsberechnung dar, zumal hierüber die Geschossanzahl und letztlich die beheizte Nutzfläche abgeleitet werden kann. Die Höheninformationen entsprechen der Gebäudegeometrie und sind nicht in den genannten Hausdaten enthalten, sondern in einem separaten ALKIS-Datensatz.

Baualterklassen

Für die Bestimmung der Baualterklassen an den Gebäuden standen zwei Datenquellen zur Verfügung: Zensus-Daten (Stand 2022) und World Settlement Footprint-Daten. Bei der Zuordnung einer Zensus-Baualterklasse wurde der am häufigsten auftretende und numerisch höhere Wert einer Zeitspanne je Rasterzelle als Baualter definiert und an die Gebäude übertragen. Für Gebäude ohne Überschneidung mit einer Zensus-Kachel wurde als weitere Datenquelle das World Settlement Footprint vom DLR herangezogen. Gebäudeumringe, die sich nicht innerhalb einer Zensus-Zelle oder DLR-Rasterzelle befanden, wurde das Baualter auf Basis eines Durchschnittswerts der nächstgelegenen Nachbargebäude bestimmt und entsprechend zugewiesen.

Gebäudegrundfläche

Grundsätzlich ist die Gebäudegrundfläche Teil der Gebäudegeometrie (s.o.). Freistehende Gebäude, welche durch ihre Gebädefunktion zwar als beheizte Gebäude eingestuft wurden aber eine Grundfläche von unter 30 m² aufwiesen, wurden von der Wärmebedarfsberechnung ausgeschlossen. So wurden z.B. Gartenhäuser, Bauten in Schrebergärten und ähnliche Gebäude nicht in die Berechnung einbezogen.

Weitere Grundlagendaten

Neben den vorab genannten Daten wurden außerdem die Flurstückskennzeichen, die Adresse und der Straßenschlüssel, die Zonierung gemäß der naturräumlichen Gliederung sowie die Temperaturdaten der naturräumlichen Gliederungen als Berechnungsgrundlage und für die Aggregation verwendet.

Datenschutz

Bei der Erhebung und Verarbeitung von Daten spielt Datenschutz eine essenzielle Rolle, so auch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung. Um den Datenschutz zu gewährleisten, wurden die gesetzlichen Anforderungen an die Datenverarbeitung.

Die erhobenen Daten wurden nur zum Zwecke der kommunalen Wärmeplanung verwendet und für die Öffentlichkeit zudem nur auf Baublock-Ebene zur Verfügung gestellt. So wird garantiert, dass kein Rückschluss auf personenbezogene Daten möglich ist.

Darüber hinaus werden nach Abschluss der Wärmeplanung die Ergebnisse und Daten an die Kommune übergeben.

Bestandsanalyse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bestandsanalyse dargestellt, welche den Ist-Zustand der Wärmebereitstellung in Bordesholm widerspiegeln. Dabei wird die zugrunde liegende Datenbasis strukturiert aufgezeigt und zudem die getroffenen Annahmen erläutert.

Die Bestandsanalyse bildet die Grundlage der kommunalen Wärmeplanung und liefert einen umfassenden Überblick über die aktuelle Situation. Ziel ist es, den bestehenden Wärmebedarf/-verbrauch, die vorhandene Versorgungsstruktur sowie die damit verbundenen Treibhausgasemissionen systematisch zu erfassen und darzustellen.

Hierzu werden gebäudescharfe Daten ausgewertet, die Rückschlüsse auf Baualtersklassen, energetische Zustände, eingesetzte Heiztechnologien sowie die Nutzung leitungsgebundener Energieträger ermöglichen.

Neben der Wohnbebauung werden auch die Sektoren Gewerbe und Industrie, Handel und Dienstleistungen und öffentliche Liegenschaften berücksichtigt.

Die erhobenen Daten liefern die notwendige Informationsbasis für die anschließende Potenzialanalyse und die Entwicklung eines tragfähigen Zielszenarios für eine klimaneutrale Wärmeversorgung in Gemeinde Bordesholm.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die in der Bestandsanalyse eingesetzten Datenquellen, ihren jeweiligen Verwendungszweck sowie die verwendeten Informationen.

Basis-DLM	Siedlungsgebiete	Aggregationen
ALKIS	Flurstücke, Geometrien, Gebäudenutzung	Gebäudemodell, Aggregationen
LoD1	Gebäudehöhe	Gebäudemodell
Netzbetreiber (Strom, Gas)	Verbrauchsdaten	Ermittlung des Endenergiebedarfes für Heizung und Warmwasser
Schornsteinfegerdaten	Heizsysteme, Brennstoffe	Ermittlung des eingesetzten Energieträgers
Kommunale Fachinformationen	Sanierungsgebiete; Bebauungspläne	Abgleich mit vorhandener Infrastruktur

Erfassung und Darstellung des räumlich aufgelösten Wärmebedarfes und -verbrauchs

Der Wärmebedarf beschreibt den theoretisch berechneten Energiebedarf eines Gebäudes zur Beheizung und Warmwasserbereitung unter standardisierten Bedingungen, wie sie beispielsweise in DIN-Normen festgelegt sind. Er basiert auf Gebäudeparametern wie Baualtersklasse, Dämmstandard,

Gebäudedefunktion und Klimadaten. Der Wärmeverbrauch hingegen beruht auf real gemessenen Verbrauchsdaten, wie sie etwa von Energieversorgern oder Schornsteinfegern bereitgestellt werden. Während der Wärmebedarf eine flächendeckende, konsistente und modellgestützte Einschätzung erlaubt – auch dort, wo keine Verbrauchsdaten vorliegen –, spiegelt der Wärmeverbrauch das tatsächliche Nutzerverhalten und Betriebsverhalten wider, ist jedoch stark von individuellen Gewohnheiten, Leerständen und Witterungseinflüssen geprägt.

Der Vorteil des Wärmebedarfs liegt in der guten Vergleichbarkeit und der Möglichkeit zur flächendeckenden Analyse, während der Verbrauch durch seine Realitätsnähe punktet, jedoch oft lückenhaft oder nur aggregiert vorliegt.

In der kommunalen Wärmeplanung werden daher idealerweise beide Methoden kombiniert, um ein möglichst genaues und belastbares Bild der Wärmesituation zu erhalten.

Wärmebedarf

Die Ermittlung des Wärmebedarfes erfolgt durch Standardisierte Modelle, die durch die erhobenen Daten gestützt werden. Die Gebäudemodelle werden dabei aus verschiedenen Datenquellen (ALKIS, LoD, GEG, EnEV, ...) erzeugt, um eine möglichst reelle Abbildung des Gebäudebestandes zu erhalten. Der Wärmebedarf ist dann die Differenz von Gewinnen und Verlusten.

Parameter für die Wärmebedarfsberechnung

Für den Wärmebedarf sind die folgenden Eingangsparameter je Gebäude erforderlich:

- Gebäude-ID
- Baujahr
- Geometrie des Gebäudes
- Mittlere Dachhöhe des Gebäudes
- Gebäudedefunktion (Wohngebäude / Nichtwohngebäude)

Im Ergebnis wurde für die digitale Wärmebedarfskarte ein Berechnungsansatz basierend auf dem 3D-Gebäudemodell sowie der Gebäudedefunktion herangezogen.

Wohngebäude

Die Wärmemodellierung der Wohngebäude (WG) basiert auf dem Monatsbilanzverfahren nach DIN V 4108 in Verbindung mit spezifischen Gebäudeinformationen. Es wurde bewusst die auf die Nutzung der DIN V 18599 verzichtet und auf das etabliertere Verfahren nach DIN V 4108 – 6 zurückgegriffen. Es werden möglichst reale Referenzgebäude auf Grundlage von Gebäudegeometrie, Nachbarschaft und 3D-Geoinformationen erzeugt. Über diese Daten werden für jedes Gebäude geometrische Parameter (z.B. Außenwandfläche oder Gebäudevolumen) errechnet. Diese Berechnungswerte der 3D-Gebäudegeometrie werden mit den Werten zur Dämmeigenschaft (U-Wert in $W/(m^2K)$) der Bauteile in Abhängigkeit vom Baualter und von der Gebäudetypologie kombiniert. Grundlage hierfür ist die deutsche Gebäudetypologie (Loga et al. 2015). Warmwasserbedarfe der jeweiligen Gebäude werden pauschal nach DIN 4108 mit $12,5 \text{ kWh}/m^2 \cdot a$ berechnet.

Nichtwohngebäude

In der Analyse für Nichtwohngebäude (NWG) wird die Nutzung des Gebäudes über einzelne Nutzungszonen berücksichtigt. Die Wärmebedarfsberechnung für Nichtwohngebäude erfolgt nach den Randbedingungen für Nutzungszeiten, Personenbelegung und interne Wärmequellen, welche in Teil 10 der DIN V 18599 geregelt sind. Können bei einem Nichtwohngebäude deutliche Nutzungsunterschiede in einzelnen Gebäudeteilen angenommen werden, wird dieses Gebäude in Zonen unterteilt. Da in den

Geobasisdaten keine entsprechende Einteilung (Zonierung) der Nichtwohngebäude vorliegt und keine allumfassende Literatur bzw. Forschungsergebnisse hierzu vorliegen, erfolgte die Zonierung anhand der amtlichen Gebädefunktion auf Basis von Erfahrungswerten. Aufgrund der Heterogenität der Nichtwohngebäude ist hier von teils deutlichen Abweichungen zur Realität auszugehen.

Vorbereitend für die Berechnung des Wärmebedarfs werden die Nichtwohngebäude, abhängig von der Gebädefunktion, in die Gebäudetypen Gewerbe und Industrie (GI), Handel und Dienstleistung (HD) oder Öffentliche Gebäude (Oe) eingeteilt.

Die Berechnung des Warmwasserbedarfs für Nichtwohngebäude erfolgt ebenfalls in Abhängigkeit von den zugeordneten Gebäudetypen. Anders als bei Wohngebäuden gibt es für Nichtwohngebäude jedoch keinen Richtwert für Warmwasserbedarfe nach DIN 18599, der angelegt werden kann. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Nutzungen im Nichtwohngebäudebestand ist von einem sehr heterogenen Warmwasserbedarf auszugehen.

Für die Wärmebedarfsberechnung finden zusammenfassend folgende Verallgemeinerungen statt:

1. Keine Berücksichtigung von individuellen Sanierungszuständen von Gebäuden. Es wird in Abhängigkeit vom Gebäudetyp und Baualtersklasse stets mit den gleichen Wärmedämmeigenschaften gerechnet.
2. Es wird bei allen Gebäuden die gleiche Geschosshöhe (2,75 m) angenommen. Bei ausgewählten Gebädefunktionen wird jedoch pauschal von nur einem Geschoss entsprechend Traufhöhe ausgegangen (z.B. Kirchen und Schwimmbäder)
3. Keine individuelle Unterscheidung bei Warmwasserbedarfen. Für Wohngebäude wird stets ein einheitlicher Wert, für Nichtwohngebäude ein Wert in Abhängigkeit vom Gebäudetyp verwendet
4. Zur Berechnung der solaren Gewinne über die solare Einstrahlung werden stets die gleichen solaren Strahlungsintensitäten je Himmelsrichtung verwendet. Es erfolgt keine nähere geografische Unterscheidung.
5. Die Zonierung von Nichtwohngebäuden ist für alle Gebäude mit derselben amtlichen Gebädefunktion identisch. Abweichungen einzelner Gebäude werden nicht berücksichtigt.
6. Systematische Abweichungen von Bedarfs- und Verbrauchswerten für Raumwärme werden abhängig vom spezifischen Wärmebedarf über einen Anpassungsfaktor berücksichtigt, der auf empirischen Untersuchungen basiert und typische Differenzen zwischen berechneten Bedarfen und tatsächlichen Verbrauchsdaten abbildet. Weitere Abweichungen bleiben unberücksichtigt. rogenen Warmwasserbedarf auszugehen.

Wärmeverbrauch

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für die Gemeinde Bordesholm wurde eine detaillierte Analyse der realen Wärmeverbräuche auf Gebäudeebene durchgeführt. Ziel war es, die verfügbaren Verbrauchsdaten mit den Gebäudegeometrien zu verschneiden, um eine belastbare Datengrundlage für die Bestandsanalyse und die zukünftige Wärmeversorgungsplanung zu schaffen. Die Methodik beruht auf vier zentralen Datenquellen:

Gasverbrauchsdaten des Energieversorgungsunternehmens

Die VBB habent gebäudescharfe Gasverbrauchsdaten bereitgestellt. Diese Daten konnten eindeutig den entsprechenden Gebäudeobjekten im Geoinformationssystem (GIS) zugeordnet werden. Die Verknüpfung erfolgte über adressbasierte Identifier (z. B. Hausnummer, Straße, Postleitzahl), die mit den Gebäudegeometrien aus dem Liegenschaftskataster abgeglichen wurden.

Stromverbrauchsdaten für Wärmeanwendungen

Zur Ermittlung des Stromverbrauchs, der für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser verwendet wird – hauptsächlich durch Wärmepumpen und Stromdirektheizungen –, wurden Verbrauchsdaten der zuständigen Stromnetzbetreiber herangezogen. Diese stellten gebäudescharfe Jahresstromverbrauchswerte zur Verfügung, die auf Basis von Abrechnungsdaten aggregiert wurden.

Über die räumliche Zuordnung anhand der Adressinformationen konnten die Stromverbräuche eindeutig den jeweiligen Gebäuden zugewiesen werden.

Wärmenetzverbräuche der Netzbetreiber

Auch die jeweiligen Netzbetreiber stellten gebäudescharfe Verbrauchsdaten für die vorhandenen Wärmenetze zur Verfügung. Die Vorgehensweise zur räumlichen Zuordnung entsprach derjenigen bei den Gasverbräuchen: Über die Adressinformationen konnten die Daten eindeutig einzelnen Gebäuden zugewiesen und als Endenergieverbrauch verortet werden.

Datenintegration und Qualitätssicherung

Alle Verbrauchsdaten wurden in einem gemeinsamen GIS-Datenmodell zusammengeführt. Die Verschneidung mit den Gebäudegeometrien erfolgte mittels Georeferenzierung und adressbasierter Matchingverfahren. Im Anschluss wurden automatisierte und manuelle Plausibilitätsprüfungen durchgeführt, um Inkonsistenzen (z. B. unrealistisch hohe oder doppelt zugewiesene Verbrauchswerte) zu identifizieren und zu korrigieren.

Annahmen für die Verbrauchsdatenberechnung

Der Wärmeverbrauch ergibt sich für Wärmepumpen aus den in der Datengrundlage angegebenen Stromverbräuche in kWh mit einer JAZ von 3,1.

Für Nachtspeicherheizungen wurde der Wärmeverbrauch in Höhe des Stromverbrauchs angenommen.

Für beheizte Gebäude (nach Wärmebedarfskarte) welchen keinen Verbrauchswert zugewiesen werden konnte, wurden die Wärmebedarfsdaten für den Verbrauch hinterlegt und der Energieträger als „nicht definiert“ angenommen.

Energie und Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasbilanz (THG-Bilanz) stellt eine zentrale Grundlage für die kommunale Wärmeplanung dar. Sie ermöglicht die Bewertung des Ist-Zustands der Treibhausgasemissionen im Wärmesektor und bildet die Basis für die Entwicklung klimaneutraler Zielpfade. Die nachfolgende Methodik beschreibt das Vorgehen zur Erhebung, Verarbeitung und Bilanzierung der THG-Emissionen auf Gebäudeebene.

Datenbasis

Zentrale Grundlage für die THG-Bilanzierung sind gebäudescharfe Angaben zum eingesetzten Energieträger. Diese Informationen wurden aus zwei Hauptquellen gewonnen: Zum einen wurden die Kkehrbuchdaten der Schornsteinfeger herangezogen, die detaillierte Informationen über die installierten Heizungsanlagen liefern. Zum anderen wurden für Gebäude mit Erdgasanschluss zusätzlich Erdgasverbrauchsdaten berücksichtigt.

Für die Umrechnung der ermittelten Energieverbräuche in THG-Emissionen kamen standardisierte Emissionsfaktoren aus der GEMIS-Datenbank zum Einsatz. Dabei werden sowohl direkte Emissionen aus der Verbrennung als auch vorgelagerte Emissionen aus der Vorkette berücksichtigt, um eine realitätsnahe Bilanzierung der klimawirksamen Emissionen zu ermöglichen.

Bilanzierungsrahmen

Die Systemgrenze der Bilanzierung umfasst ausschließlich den Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser in bestehenden Gebäuden. Die Bilanz erfolgt gebäudescharf, wodurch eine

detaillierte geografische Verortung von Emissionsschwerpunkten („Hotspots“) ermöglicht wird. Berücksichtigt wurden alle Energieträger, die in den Schornsteinfegerdaten, Stromanwendungen für Wärme und den Wärmenetzen erfasst sind, darunter:

- feste Biomasse
- Erdgas
- Heizöl
- Flüssiggas
- Strom
- Braunkohle
- Steinkohle
- Deponiegas/Klärgas
- Biogas

Für jedes einzelne Gebäude wurden die THG-Emissionen nach folgendem Schema berechnet:

1. Zuordnung des jeweiligen Energieträgers auf Basis der Gebäudedaten,
2. Multiplikation des angegebenen oder abgeleiteten Wärmeverbrauchs mit dem entsprechenden Emissionsfaktor (in kg CO₂-Äquivalent je kWh) gemäß GEMIS,
3. Aggregation der berechneten Emissionen auf verschiedenen Ebenen – von der Wärmelinie über Hotspot und Cluster bis hin zur gesamten Kommune.

Die Ergebnisse der Berechnung wurden gebäudescharf ausgewiesen und bilden eine wesentliche Grundlage für die Entwicklung wirksamer Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen im Wärmesektor.

Ergebnisse der Bestandsaufnahme

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde für das gesamte Gebiet der Gemeinde Bordesholm eine gebäudescharfe Bestandsanalyse durchgeführt. Ziel war es, die aktuelle Wärmeversorgung detailliert zu erfassen und eine solide Datenbasis für die künftige Wärmewendestrategie zu schaffen. Die Analyse umfasst insbesondere den jährlichen Endenergiebedarf für die Beheizung der Gebäude, die eingesetzten Energieträger sowie die bestehende leitungsgebundene Infrastruktur wie Gas- und Wärmenetze samt zugehöriger Erzeugungseinrichtungen.



Abbildung 2 Flurstücksverteilung / ALKIS

Beschreibung der Gemeindestruktur

Das Gemeindegebiet ist überwiegend ländlich geprägt, mit dörflichen Ortskernen, verstreuten Siedlungsstrukturen und einem Anteil landwirtschaftlich genutzter Flächen, ergänzt durch ausgedehnte Wald- und Naturgebiete.

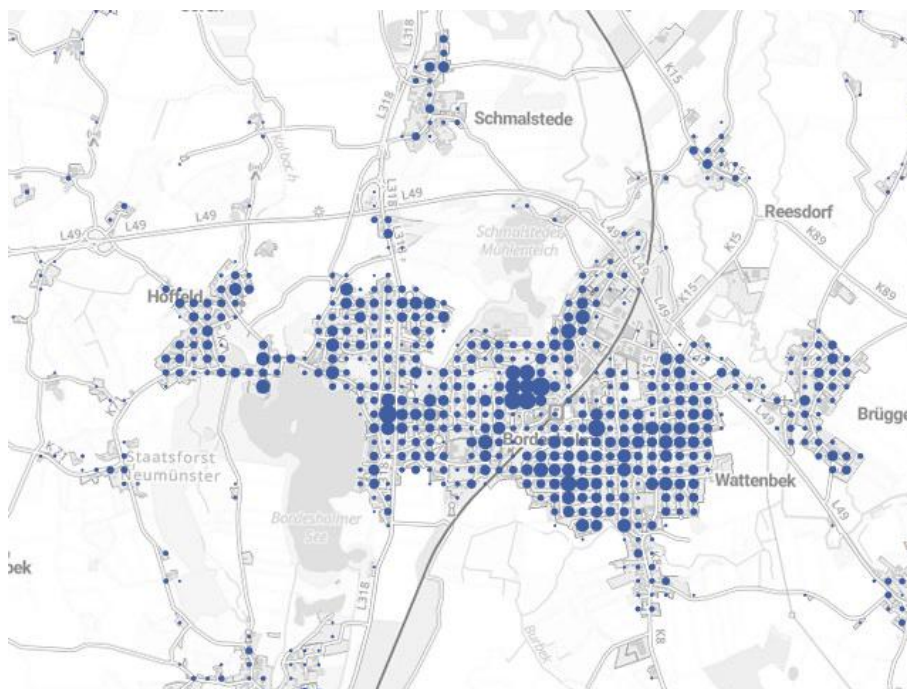


Abbildung 3 Einwohnerverteilung

Die Gesamtbevölkerung der Gemeinde beträgt rund 7.789 Einwohner (Stand: 2022), verteilt auf eine Fläche von etwa 10,2 km². Die Bevölkerungsdichte liegt bei rund 765,9 Einwohnern je km² und verdeutlicht die insgesamt dünne Besiedlung sowie die stark ländliche Struktur der Region.

Gebäude- und Siedlungsstruktur

Bordesholm weist eine differenzierte Siedlungs- und Gebäudestruktur auf, die durch den Wechsel aus dörflich geprägten Ortsteilen, gewachsenen Ortskernen und kleineren Neubaugebieten gekennzeichnet ist.

Die überwiegende Nutzung der bebauten Flächen entfällt auf Wohnzwecke, insbesondere auf Einfamilienhausgebiete mit durchweg geringer bis mittlerer Bebauungsdichte. Ergänzend dazu finden sich vereinzelt gewerbliche Nutzungen in ausgewiesenen Gewerbegebieten. Weitere punktuelle Sondernutzungen sind in Form von kommunalen Einrichtungen, Schulstandorten, Sport- und Freizeitanlagen über das Gemeindegebiet verteilt.

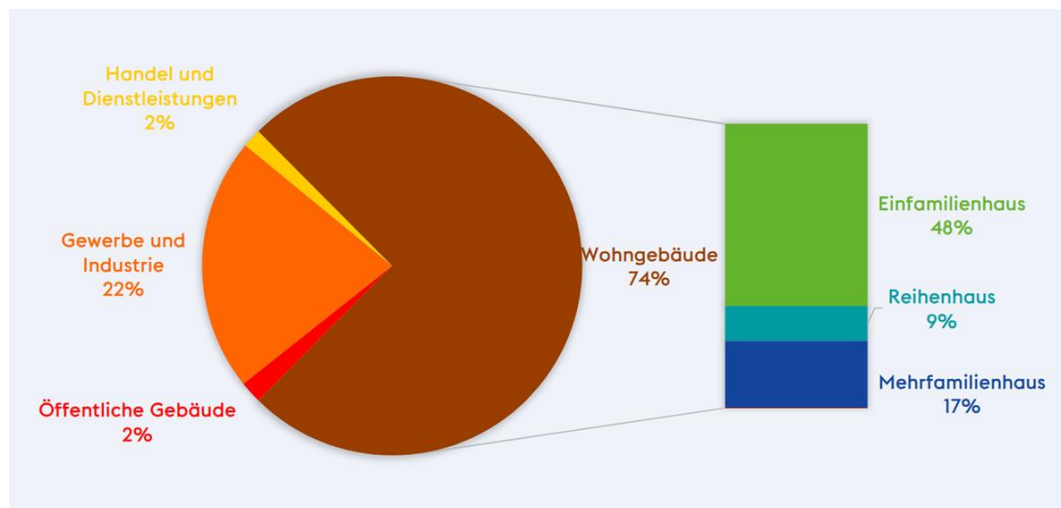


Abbildung 4 Verteilung der Gebäude (Bautyp)

Die Analyse der Gebäudetypologie zeigt einen hohen Wohnanteil in der Samtgemeinde auf. Mit einem Anteil von 48% stellen Einfamilienhäuser den dominierenden Gebäudetyp dar. Ergänzt wird diese Struktur durch Reihenhäuser (9 %) und Mehrfamilienhäuser (18 %).

Die Gebäude in Bordesholm stammen überwiegend aus den Jahren 1949 bis 1979.

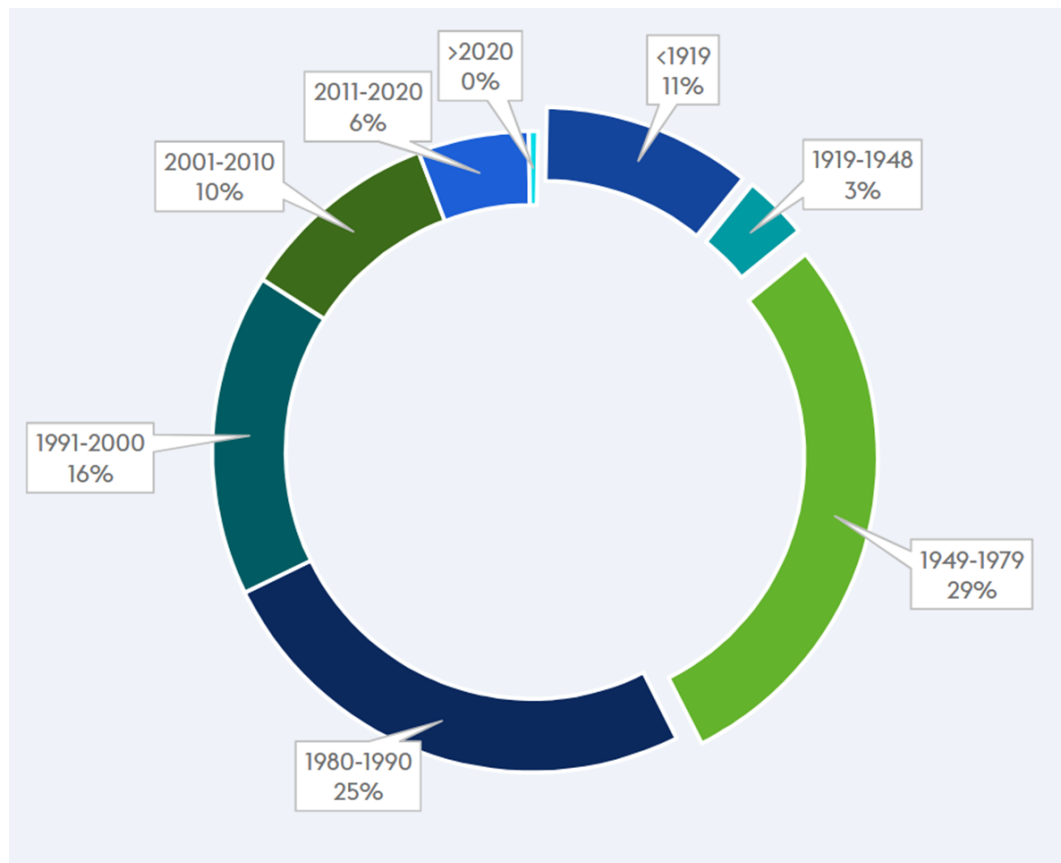


Abbildung 5 Baualtersklassen

Bestehende Wärmeversorgungsinfrastruktur

Die Wärmeversorgung in Bordesholm erfolgt derzeit überwiegend dezentral und basiert auf einer Vielzahl von Energieträgern und Versorgungssystemen. Die bestehende Energieinfrastruktur ist heterogen und unterscheidet sich je nach Ortsteil und Gebäudetyp. Der Einsatz fossiler Energieträger ist noch weit verbreitet, wird jedoch zunehmend durch erneuerbare und leitungsgebundene Systeme ergänzt.

Wärmenetze

Aktuell bestehen in Bordesholm noch mehrere Wärmenetze der Versorgungsbetriebe. Diese Netze versorgen die Abnehmer insgesamt mit Wärme (6.120 MWh teils aus Biogas. Die Schulen bilden eigene Netze mit KWK-Anlagen (2).

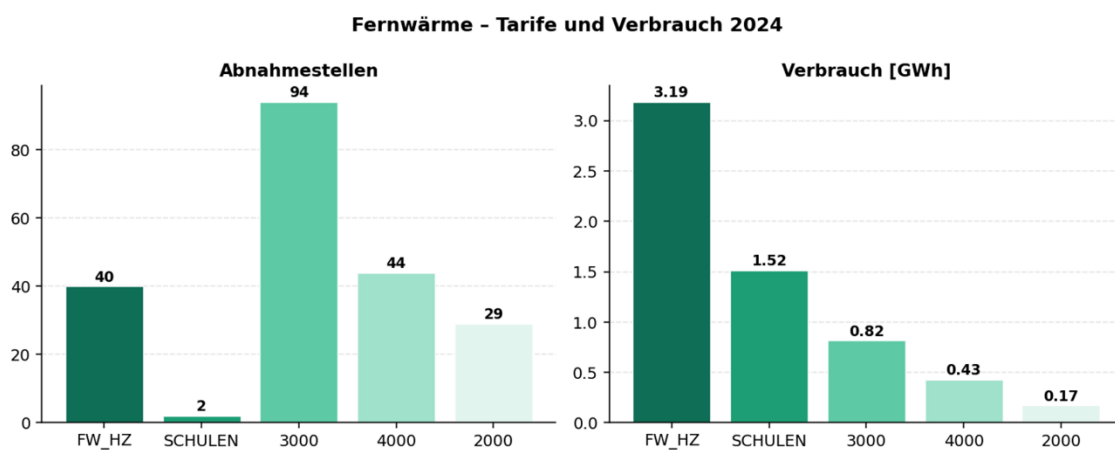


Abbildung 6 Fernwärmeabnahmen nach Tarifen

Gasnetze

Die Versorgung mit Erdgas ist flächendeckend in allen Mitgliedsgemeinden vorhanden. Erdgas stellt aktuell den mengenmäßig bedeutendsten Energieträger dar. Insgesamt sind 2.731 Gebäude an das Erdgasnetz angeschlossen, das entspricht etwa jedem zweiten Gebäude, in dem Erdgas als primäre Energiequelle genutzt wird.

Heizungsanlagen

Grundlage der Erhebung zur Energieträgerverteilung sind Daten der Netzbetreiber sowie Angaben der Schornsteinfeger.

Die Wärmeversorgung erfolgt größtenteils dezentral über kleinere Heizungsanlagen in den Gebäuden.

Die nichtleitungsgebundene Wärmeerzeugung erfolgt hauptsächlich über Heizöl und Biomasse (Pellets, Scheitholz), die Energieträger Flüssiggas, Steinkohle sowie Braunkohle spielen eine eher geringe Rolle und kommen nur vereinzelt zum Einsatz.

Anteile am Gesamtwärmeverbrauch 2024 (korrigiert)

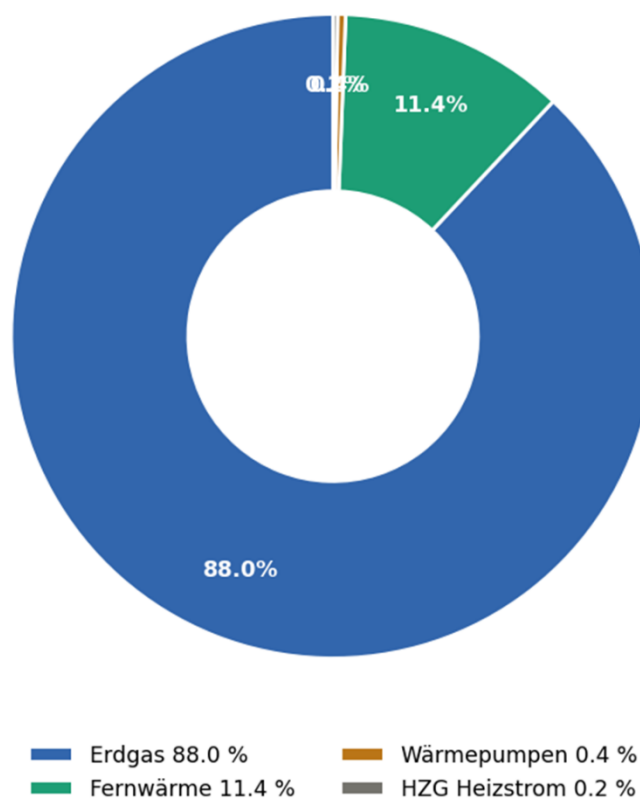


Abbildung 7 Gesamtwärmeverbrauch

Diese Zahlen verdeutlichen die Relevanz dezentraler Heizsysteme und die noch relativ geringe Verbreitung strombasierter Heiztechnologien. Gleichzeitig zeigen sie zentrale Ansatzpunkte für die zukünftige Transformation der Wärmeversorgung hin zu erneuerbaren, emissionsarmen Systemen.

KWK-Anlagen

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) haben bislang nur eine geringe Bedeutung in der Wärmeversorgung der Samtgemeinde. Laut Marktstammdatenregister sind derzeit insgesamt 4 KWK-

Anlagen im Gemeindegebiet registriert. Hinzu kommt noch das mit Biogas betriebene Heizwerk Eiderkamp, die KWK jedoch der Biogas-Anlage zugeordnet ist.

Wärmepumpen und Stromheizungen

Wärmepumpen sind in Bordesholm derzeit noch gering verbreitet, jedoch zunehmend von Bedeutung.

Erfassung und Darstellung des Wärmebedarfs und -verbrauchs

Die Analyse des räumlich aufgelösten Energieverbrauchs für Wärme in Bordesholm basiert auf der Auswertung aller beheizter Gebäuden.

Die Erhebung stützt sich auf gebäudescharfe Angaben aus Schornsteinfegerdaten, Verbrauchsdaten für Wärmenetze und Strom, sowie auf aggregierte Erdgasverbrauchswerten.

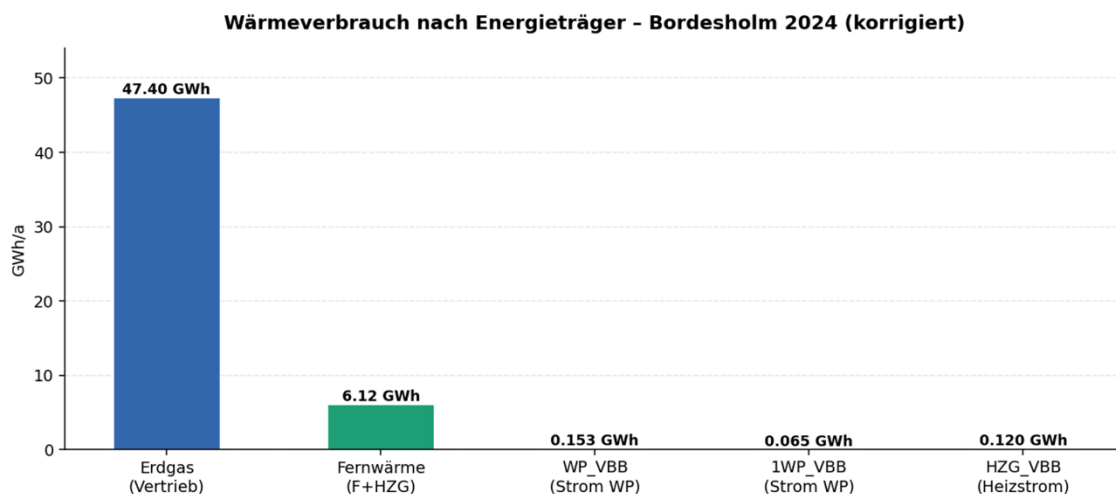


Abbildung 8 Gesamtenergieverbrauch

Energie- und Treibhausbilanz

Die Auswertung der gesamten Verbräuche zeigt eine klare Dominanz der fossilen Energieträger. Mit einem jährlichen Verbrauch von ca. 47,4 GWh stellt Erdgas den am häufigsten genutzten Energieträger dar.

Für die Bewertung der aktuellen Situation sowie die Ableitung von Klimaschutzzielen ist eine fundierte Erfassung des Wärmeverbrauchs und der damit verbundenen Treibhausgasemissionen unerlässlich. Die Treibhausgasbilanz (THG-Bilanz) bildet die Grundlage, um Maßnahmen zur klimaneutralen Umgestaltung der Wärmeversorgung gezielt zu entwickeln, zu priorisieren und effizient umzusetzen.

Mit Blick auf die Energieträger ist Erdgas der größte Verursacher von THG-Emissionen im Wärmesektor. Weitere Energieträger, wie Heizöl, Flüssiggas und feste Biomasse spielen jeweils nur eine untergeordnete Rolle.

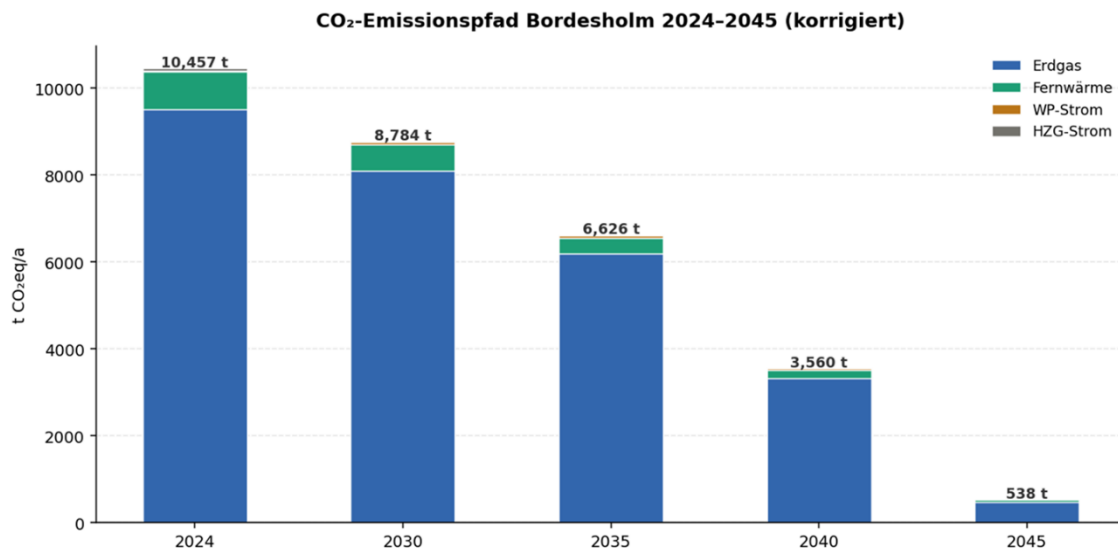


Abbildung 9 CO₂-Emissionspfad / Zukünftige Emissionen

Unter den Voraussetzungen von Emissionsfaktoren und Umbau, bzw. Dekarbonisierung der Wärmeversorgung stellt sich ein zukünftiger Emissionspfad für Bordesholm nach Abbildung 9 dar.

Fazit der Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse verdeutlicht, dass die Bordesholm durch eine ländlich teils verdichtete geprägte Siedlungsstruktur mit kleinteiliger, auch dezentraler Bebauung und einem hohen Anteil an Einfamilienhäusern charakterisiert ist. Die Bevölkerungsdichte von ca. 100 Einwohnern/km² spiegelt sich auch in der Siedlungsstruktur wider: Streusiedlungen, lockere Wohnbebauung und landwirtschaftlich geprägte Außenbereiche prägen weite Teile des Gemeindegebiets.

Ein zentrales Merkmal ist der sehr hohe Anteil an Wohnnutzung, insbesondere durch Einfamilienhäuser, die rund die Hälfte aller Gebäude ausmachen. Der nicht unerhebliche Bestand an Gebäuden mit Baujahren vor 1979 (44%), also vor der ersten Wärmeschutzverordnung, deutet auf ein erhebliches energetisches Sanierungspotenzial hin. Gleichzeitig ist die Wärmeversorgung in der Region aktuell noch stark durch fossile Energieträger geprägt, allen voran Erdgas und Heizöl, die zusammen etwa 70 % des Wärmeverbrauchs ausmachen und überproportional zu den THG-Emissionen beitragen.

Die bestehende Wärmeinfrastruktur ist überwiegend dezentral organisiert. Nur wenige Gebäude sind an bestehende Wärmenetze angeschlossen. Diese befinden sich ausschließlich im Innenbereich von Bordesholm und speisen sich teils aus biogasbetriebenen KWK-Anlagen.

Die Analyse des gebäudescharfen Wärmebedarfs und der Wärmedichte zeigt ein heterogenes Bild: Während die meisten Ortsteile durch niedrige Wärmedichten charakterisiert sind und auf dezentrale Lösungen angewiesen sein werden, existieren im zentralen Siedlungskern, konzentrierte Wärmebedarfe, die perspektivisch für leitungsgebundene Versorgungssysteme in Frage kommen.

Auch die Auswertung der Treibhausgasbilanz unterstreicht die hohe Bedeutung des Wohngebäudesektors als Hebel für Klimaschutzmaßnahmen. Die Substitution fossiler Einzelheizungen, insbesondere älterer Öl- und Gasgeräte, ist eine der wichtigsten Stellschrauben für eine klimafreundliche Wärmewende.

Bordesholm ist durch eine weitgehend dezentrale Siedlungsstruktur mit überwiegend kleinteiligen, gebäudebezogenen Wärmebedarfen geprägt. Verdichtete Siedlungsbereiche, in denen leitungsgebundene Wärmeversorgung naheliegt, sind vorhanden. Gleichzeitig dominiert im Gebäudebestand der Einsatz fossiler Heizsysteme, insbesondere Erdgas und Heizöl. Erneuerbare

Wärmequellen wie Biomasse, Wärmepumpen oder Wärmenetze spielen bislang nur eine untergeordnete Rolle. Diese Ausgangslage verdeutlicht, dass die Wärmeversorgung derzeit stark auf Einzellösungen basiert – sowohl technisch als auch räumlich. Für die weitere Planung bedeutet dies, dass Lösungen voraussichtlich sehr unterschiedlich ausfallen müssen: Je nach Lage, Gebäudetyp und infrastrukturellem Umfeld können sich unterschiedliche Handlungsoptionen und Umsetzungsperspektiven ergeben. Die Bestandsanalyse schafft damit eine wichtige Grundlage, um diese Ausgangslage realistisch einzuschätzen und mögliche Entwicklungspfade zu bewerten.

Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse bildet die zweite zentrale Phase der kommunalen Wärmeplanung und untersucht, in welchem Umfang in der Bordesholm künftig klimafreundliche Energiequellen zur Wärmeversorgung genutzt werden können. Ziel ist es, nutzbare Potenziale für die Reduktion des Wärmebedarfs sowie für den Einsatz erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme systematisch zu erfassen, räumlich zu verorten und deren Beitrag zur künftigen Wärmeversorgung energetisch zu bewerten.

Die Datengrundlage umfasst insbesondere Flächen- und Nutzungskarten (z.B. aus ALKIS oder dem Basis-DLM), Geodaten zu vorhandener Infrastruktur (Wärmebedarfsdaten), Umwelt- und Klimadaten (z.B. solare Einstrahlung, Windgeschwindigkeiten, hydrogeologische Informationen) sowie Unternehmensdaten zur Ermittlung industrieller Abwärme. Ergänzt wird dies durch statistische und planerische Informationen zur Bebauung, Bevölkerung und Wirtschaftsstruktur.

Das methodische Vorgehen basiert auf einer geografischen Auswertung dieser Daten, der Bewertung technischer und räumlicher Eignung sowie der energetischen Quantifizierung der Potenziale. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für die spätere Entwicklung von Versorgungsszenarien und Handlungsempfehlungen im Sinne einer langfristig klimaneutralen Wärmeversorgung.

Bewertung und Einordnung der ermittelten Potenziale

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden verschiedene Arten von Potenzialen systematisch betrachtet und – soweit möglich – energetisch quantifiziert. Dabei wird grundsätzlich zwischen theoretischen, technischen und erschließbaren Potenzialen unterschieden, wobei jede Potenzialstufe unterschiedliche Aussagen über die tatsächliche Nutzbarkeit trifft.

- Theoretische Potenziale umfassen die physikalisch maximal mögliche Energie, die in einer Ressource gespeichert ist – z.B. die gesamte Einstrahlungsmenge der Sonne auf alle geeigneten Dachflächen. Diese Potenziale sind wertvoll für eine grobe Abschätzung, lassen jedoch noch keine konkreten Rückschlüsse auf die reale Nutzung zu.
- Technische Potenziale berücksichtigen bereits Einschränkungen wie Flächennutzung, Verschattung oder technische Umsetzbarkeit. Für Photovoltaik bedeutet dies beispielsweise: nur geneigte Dachflächen mit ausreichender Ausrichtung und Neigung werden einbezogen, wobei der Denkmalschutz bei vorhandenen Daten berücksichtigt werden kann.
- Erschließbare Potenziale gehen einen Schritt weiter und beziehen zusätzlich rechtliche, wirtschaftliche und infrastrukturelle Rahmenbedingungen mit ein. Diese umfassen u. a. Fragen der Genehmigungsfähigkeit, Erschließungskosten oder der Integration in bestehende Netze. Für Geothermie etwa werden nur Gebiete betrachtet, in denen die Nutzung gemäß hydrogeologischer Bedingungen und wasserrechtlicher Vorgaben zulässig ist.

Für die kommunale Wärmeplanung in Bordesholm lag der Fokus primär auf der technischen Potenzialermittlung, ergänzt durch erschließbare Potenziale in Bereichen mit bekannt restriktiven Rahmenbedingungen, etwa bei Geothermie oder Abwärmenutzung. Die theoretischen Potenziale wurden nur informativ ausgewiesen, um das Gesamtbild der verfügbaren Ressourcen abzurunden.

Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz

Zur Ermittlung der Einsparpotenziale im Gebäudesektor wurden unterschiedliche Sanierungs-szenarien modelliert, die auf Annahmen zur Sanierungsrate, Sanierungstiefe und Sanierungsreihenfolge basieren. Die Berechnung erfolgte auf Grundlage gebäudescharfer Wärmebedarfsdaten, die mithilfe des Wärmebedarfsservices (WBS) simuliert wurden.

Ein zentrales Kriterium für die Abschätzung der Entwicklung im Gebäudebestand ist die Sanierungsrate, also der Anteil der Gebäude, die pro Jahr energetisch modernisiert werden. Hierzu wurden drei Szenarien definiert: ein konservatives „Business-as-Usual“-Szenario mit einer jährlichen Sanierungsrate von 0,7 %, ein realistisches Zielszenario mit 1,25% sowie ein ambitioniertes Effizienzzenario mit einer jährlichen Rate von 2 %. Die Sanierungsraten werden dabei als Vollsanierungsäquivalent angegeben.

Ergänzend dazu wurde für die Sanierungstiefe folgende Werte angenommen¹: 90 % der angenommenen Sanierungen sind Teilsanierungen (Fenster- und Dachdämmung), 10 % als Vollsanierungen (umfassende Gebäudesanierung aller Gewerke) modelliert. Für die Bewertung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der Bauteile in sanierten Zuständen wurden die Anforderungen gemäß der aktuellen Fassung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) herangezogen.

Zur Priorisierung der Gebäude kam ein Worst-Performing-Ansatz zum Einsatz: Sanierungen wurden vorrangig bei Gebäuden mit dem höchsten spezifischen Wärmeverbrauch angesetzt, da hier die größten Einsparpotenziale vermutet werden. Gebäude mit bereits geringem Wärmeverbrauch wurden im Modell hingegen mit einer niedrigen Sanierungswahrscheinlichkeit belegt.

Die Berechnung erfolgte in zwei Schritten: Zunächst wurde das theoretische Einsparpotenzial pro Gebäude für den teil- und vollsanierten Zustand berechnet. Anschließend wurden diese Werte unter Berücksichtigung der jeweiligen Sanierungsrate und -tiefe auf die Gesamtzahl der Gebäude in den Szenarien (Stützjahre z.B. 2030, 2040) übertragen. So konnten projektspezifische Wärmebedarfsszenarien entwickelt werden, die das zukünftig mögliche Einsparpotenzial im Gebäudesektor realitätsnah abbilden. Diese können so auch in den unterschiedlichen Aggregationsstufen abgebildet werden.

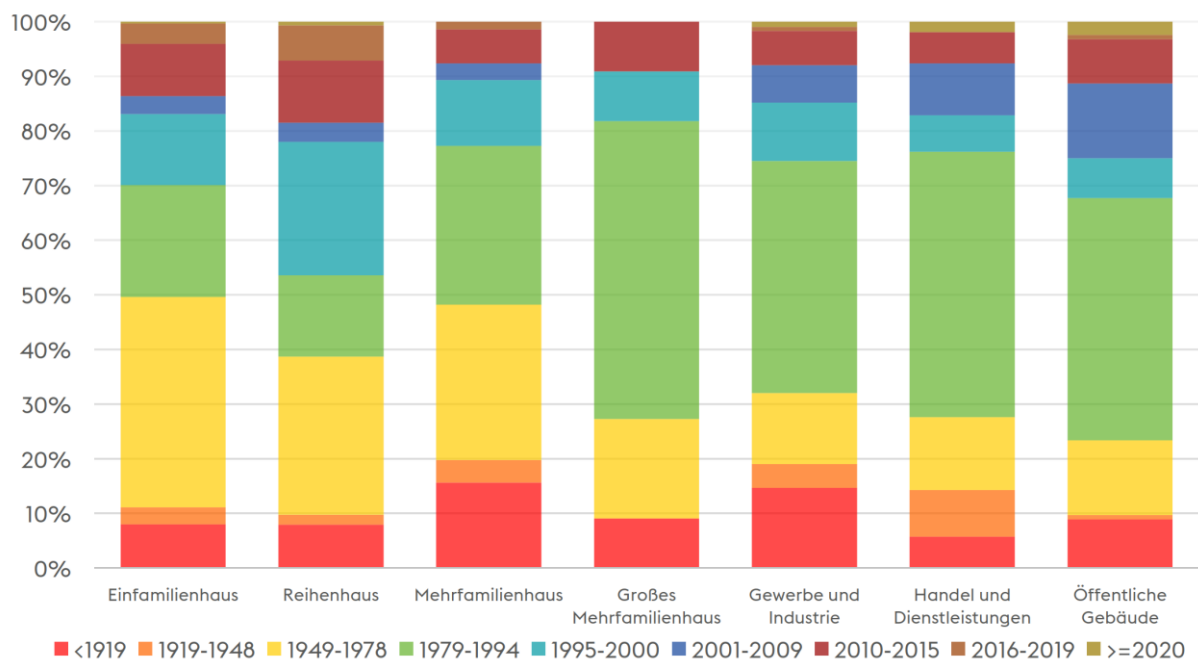
Ergebnis

Im Ausgangsjahr beträgt der rechnerische Wärmebedarf für alle Gebäude insgesamt ca. 66 GWh/a (nach Berücksichtigung von bereits sanierten Gebäuden²). In allen Szenarien ergibt sich bis zum Jahr 2040 eine messbare Reduktion:

Szenaria	2030 [GWh/a]	2035 [GWh/a]	2040 [GWh/a]
BaU (0,7%)	65 (1%)	63 (3%)	62 (4%)
Szenario 1 (1,2 %)	64 (2%)	61 (5%)	60 (7%)
Szenario 2 (2 %)	62 (4%)	60 (8%)	59 [11%]

Im Szenario 2 sinkt der rechnerische Wärmebedarf somit bis 2040 um rund 11 % gegenüber dem Ist-Zustand. Dies zeigt: Selbst bei gesteigerter Sanierungsraten ist die Energieeinsparung im Gebäudebestand bei angenommener Sanierungstiefe (Mindestvorgaben nach GEG) begrenzt, was die Notwendigkeit von erneuerbaren Versorgungsstrukturen zusätzlich unterstreicht.

Das energetische Einsparpotenzial von Gebäuden ist in der Regel eng mit deren Baualtersklasse verknüpft. Die nachfolgende Abbildung zeigt die prozentuale Verteilung der Baualtersklassen innerhalb der einzelnen Sektoren und ermöglicht so eine Einschätzung der Sanierungspotenziale im Bestand.



Geothermie

Hinsichtlich der energetischen Nutzung wird in Deutschland zwischen der tiefen (ab 400 m) und oberflächennahen (bis 400 m) Geothermie und Umgebungswärme unterschieden. Allen Systemen der Tiefengeothermie ist gemeinsam, dass ein Wärmeträgermedium (meist Wasser) zwischen Untergrund und Erdwärmesystemen benötigen eine Wärmepumpe, um die dem Untergrund entzogene Wärme vom niedrigen Quelltemperaturniveau (Erdreichtemperatur) auf ein höheres, zur Gebäudebeheizung nutzbares, Temperaturniveau anzuheben. Zu den Oberflächennahen Erdwärmesystemen gehören die Erdwärmesonden und -kollektoren, die in Kombination mit Wärmepumpen funktionieren. In Schleswig-Holstein gewinnt die oberflächennahe Geothermie zunehmend an Bedeutung, weil sie im Gegensatz zu den meisten anderen erneuerbaren Energieträgern wie Wind, Wasser oder Sonne eine Energieform ist, die unabhängig von Witterung, Tages- und Jahreszeit nahezu ständig zur Verfügung steht.

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurde das nutzbare oberflächennahe geothermische Potenzial in Bordesholm systematisch untersucht. Dabei wurde zwischen den zwei technisch etablierten Systemen unterschieden:

- Erdwärmesonden (vertikale Erschließung bis ca. 100 m Tiefe)
- Erdwärmekollektoren (horizontale Verlegung in 1,2 bis 2,5 m Tiefe).

Beide Systeme nutzen die im Untergrund gespeicherte Wärme in Kombination mit elektrisch betriebenen Wärmepumpen zur Beheizung von Gebäuden. Die Analyse stützt sich auf die einschlägigen gesetzlichen und technischen Grundlagen, insbesondere das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), das Bundesberggesetz (BBergG), die VDI-Richtlinie 4640 sowie auf raumbezogene Geodaten zur Geologie, Nutzungseinschränkungen und Standorteignung.

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden erschließen die Wärme im Untergrund durch vertikale Bohrungen. Die spezifische Wärmeentzugsleistung hängt wesentlich vom geologischen Aufbau, dem Feuchtigkeitsgehalt und der

thermischen Leitfähigkeit des Untergrunds ab. Die Potenzialermittlung erfolgte unter Verwendung flächendeckender Daten des Landes Schleswig-Holstein, die für unterschiedliche Untergrundtypen typische Entzugsleistungen in einer Bandbreite von etwa 40 bis 70 W/m ausweisen. Je nach geologischer Zone wurden diese Entzugswerte standortspezifisch im GIS-Modell zugewiesen.

Zur Berechnung der potenziellen thermischen Leistung wurde eine Standard-Sondentiefe von 100 m, ein Sondenabstand von 6 m sowie ein Mindestabstand von 10 m zur Flurstücksgrenze angesetzt. Für die Betriebsdauer wurden zwei gängige Nutzungsszenarien mit 1.800 und 2.400 Vollbenutzungsstunden pro Jahr angenommen. Als technischer Wirkungsgrad der Wärmepumpensysteme wurde ein COP von 4 (Leistungszahl) unterstellt. Die Berechnung der potenziell nutzbaren Wärmemenge erfolgte auf dieser Grundlage und wurde unter Berücksichtigung sämtlicher Nutzungseinschränkungen, insbesondere Ausschlussflächen wie Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebiete, Gewässer, Verkehrsflächen und dichte Bebauung, flächenspezifisch durchgeführt.

Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren nutzen die im Oberboden gespeicherte Energie, die sich aus direkter Sonneneinstrahlung und atmosphärischen Einträgen speist. Diese Systeme werden in etwa 1,2 bis 2,5 m Tiefe horizontal im Erdreich verlegt. Die Standorteignung von Böden für Kollektoren ist gegeben, wenn die Böden eine gute Wärmeentzugsleistung aufweisen. Hierfür müssen die Böden eine gute Durchfeuchtung und/oder geringe Grundwasserflurabstände aufweisen. Im Gegensatz dazu sind trockene, sandige Böden mit einem großem Grundwasserflurabstand weniger geeignet. Auf Grundlage der räumlichen Differenzierung in bodenkundlichen Karten, den zugehörigen Beschreibungen der Bodenprofile in einer Tiefe von 1,2 m bis 1,5 m, den Angaben zum Grundwasserstand sowie der Bewertung von Bodenarten und Festgesteinen, existiert eine Karte der potenziellen Standorteignung für den Einsatz von Erdwärmekollektoren, welches auf dem BODIS Kartenserver bereitgestellt wird. In der Karte der potenziellen Standorteignung sind drei Eignungsklassen angegeben: gut geeignet ($> 30 \text{ W/m}^2$), geeignet ($20\text{--}30 \text{ W/m}^2$) und wenig geeignet ($< 20 \text{ W/m}^2$).

Gut geeignet sind Böden im Einflussbereich des Grundwassers sowie Böden mit hohem Wasserspeichervermögen. Wenig geeignet sind flachgründige Böden auf Festgesteinen sowie trockene Böden. Nicht geeignet sind Felsböden (Bodenklasse 7 nach DIN 18300).

Zudem dürfen die Flächen für Erdwärmekollektoren nicht verschattet oder überbaut sein, da sonst eine vollständige Regeneration des Bodens durch Sonneneinstrahlung nicht mehr gewährleistet werden kann.

Die potenziellen Entzugsflächen wurden im GIS identifiziert und flächenscharf mit den jeweiligen Wärmeentzugswerten verknüpft. Die Berechnung der jährlich verfügbaren Wärmemenge erfolgte in Abhängigkeit der nutzbaren Fläche, der spezifischen Entzugsleistung und einer angenommenen Betriebsdauer analog zu den Erdwärmesonden.

Berechnungsansatz

Die potenziellen Flächen und die zu erwartende potenzielle Wärmemenge wurden mit Hilfe einer räumlichen Analyse unter Anwendung der folgenden Rahmenparameter berechnet:

- Sowohl für eine Betriebsdauer von 2.400 h/a als auch für eine Betriebsdauer von 1.800 h/a wurden Angaben zur nutzbaren Wärmemenge berechnet
- Wärmepumpenleistung (COP): 4
- Datengrundlage: spezifische Wärmeentzugsleistungen je geologischer Einheit (bereitgestellt durch das Land Schleswig-Holstein)

Die potenziellen Wärmemengen wurden sowohl für Erdwärmesonden als auch für Erdwärmekollektoren rechnerisch bestimmt. Damit liegt eine differenzierte Bewertung des technisch nutzbaren geothermischen Potenzials für Bordesholm vor, die in nachgelagerten Planungsschritten für die Entwicklung standortspezifischer Versorgungslösungen herangezogen werden kann.

Restriktionen

Zur Errichtung und Betreibung der Erdwärmeanlagen sind als gesetzliche Grundlagen insbesondere das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), das Bundesberggesetz (BBergG) und das Gesetz über die Durchforschung des Reichgebietes nach nutzbaren Lagerstätten (LagerstG) zu beachten. In Trinkwassergewinnungsgebiete sowie bei weiteren Nutzungen besteht eine besondere Schutzbedürftigkeit des Grundwassers. So kann es innerhalb von Schutzgebieten oder Gebieten mit hydrogeologischen Besonderheiten vorkommen, dass die Nutzung von Erdwärmeanlagen nur bedingt möglich oder verboten ist. Zu den unzulässigen Gebieten gehören die Trinkwasserschutzzonen I und II sowie die Heilquellenschutzgebietszonen I, II und A.

Es existieren darüber hinaus weitere Angaben zu den Restriktionen, die zu beachten sind. Anderweitig genutzte Flächen, wie Gebäude, Verkehrsflächen, Gewässer, Industrie und Gewerbe, Flugverkehr etc. zählen ebenfalls zu den ausgeschlossenen Flächen.

Die Ausschlusskriterien aus den genehmigungsrechtlichen Anforderungen und Grenzen sind im Folgenden zusammengefasst:

- WSG (Schutzzone I; Schutzzone II)
- HQSG (Schutzzone A (quantitativ); Schutzzone I; Schutzzone II)
- Restriktionsflächen (u.a. Industrie & Gewerbe; Verkehrsflächen; Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete...)

Berechnung

Die Nutzung oberflächennaher Geothermie bietet ein hohes Potenzial zur klimafreundlichen Wärmeversorgung von Gebäuden. Auf Grundlage einer flächendeckenden Analyse aller geeigneten Flurstücke im Gebiet Bordesholm wurde das technisch nutzbare Potenzial berechnet. Die rechtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere das Niedersächsische Wassergesetz (NWG), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sowie das Bundesberggesetz (BBergG), wurden im Rahmen der Bewertung berücksichtigt.

Die Berechnung erfolgte getrennt für Freiflächenpotenziale sowie für Gebäude-bezogene Potenziale, also Flurstücke mit mindestens einem bestehenden Gebäude. Die folgenden Werte beziehen sich auf eine typische Betriebsdauer von 1.800 Stunden pro Jahr, wie sie im heizungstechnischen Betrieb üblich ist.

Ergebnis – Jährliches Potenzial aus Erdwärmesonden in Bordesholm

Die Tabelle zeigt das Ergebnis der oberflächennahen Geothermiekapazitätsanalyse mit Erdwärmesonden für Bordesholm und stellt den potenziellen Energieertrag in GWh und Jahr, ohne Einbezug von Flächenkonkurrenz zwischen Kollektoren und Sonden, dar.

Eignungskategorien	Energieertrag Wärme in MWh/a (1.800 h/a)	Energieertrag Wärme in MWh/a (2.400 h/a)
Oberflächennahe Geothermie Gebäudenah (Sonden)	3.288	3.653
Oberflächennahe Geothermie Freiflächen (Sonden)	11.951	13.279

Ergebnis – Jährliches Potenzial aus Erdwärmekollektoren in Bordesholm

Die Tabelle zeigt das Ergebnis der oberflächennahen Geothermiefunktionalanalyse mit Erdwärmekollektoren für Bordesholm und stellt den potenziellen Energieertrag in GWh und Jahr dar.

Eignungskategorien	Energieertrag Wärme in MWh/a (1.800 h/a)	Energieertrag Wärme in MWh/a (2.400 h/a)
Oberflächennahe Geothermie Gebäudenah (Kollektoren)	651	868
Oberflächennahe Geothermie Freiflächen (Kollektoren)	2.045	2.727

Es handelt sich bei den dargestellten Werten um technische Potenziale. Sie stellen also die Energiemenge dar, die unter Berücksichtigung physikalischer und planerischer Restriktionen erschließbar wäre. Bei einer realistischen Umsetzung sind jedoch weitere Einschränkungen zu beachten:

- Freiflächen: Hier tritt eine Flächenkonkurrenz auf, da die für Kollektoren oder Sonden geeigneten Flächen in der Praxis häufig auch anderweitig beansprucht werden (z.B. Landwirtschaft, Bebauung). Zusätzlich ist der Abstand zu potenziellen Abnehmern entscheidend. Große Potenziale auf weit entfernten Flächen können in der Praxis nur schwer wirtschaftlich erschlossen werden. Es werden daher nur Freiflächen berücksichtigt, welche eine max. Entfernung von 500m zu Siedlungsgebieten mit erhöhtem Wärmebedarf haben.
- Flurstücke mit Abnehmern: Auf diesen Flächen ergibt sich die Besonderheit, dass der Wärmebedarf des Gebäudes oftmals mehr als gedeckt wird. Dies gilt insbesondere im Sektor Wohnen, wo es unrealistisch ist, dass das gesamte technische Potenzial eines Flurstücks ausgeschöpft wird. In der Praxis ist daher eher von einer Teilnutzung auszugehen, die den Wärmebedarf der Gebäude deckt, aber nicht das gesamte geothermische Potenzial ausschöpft.

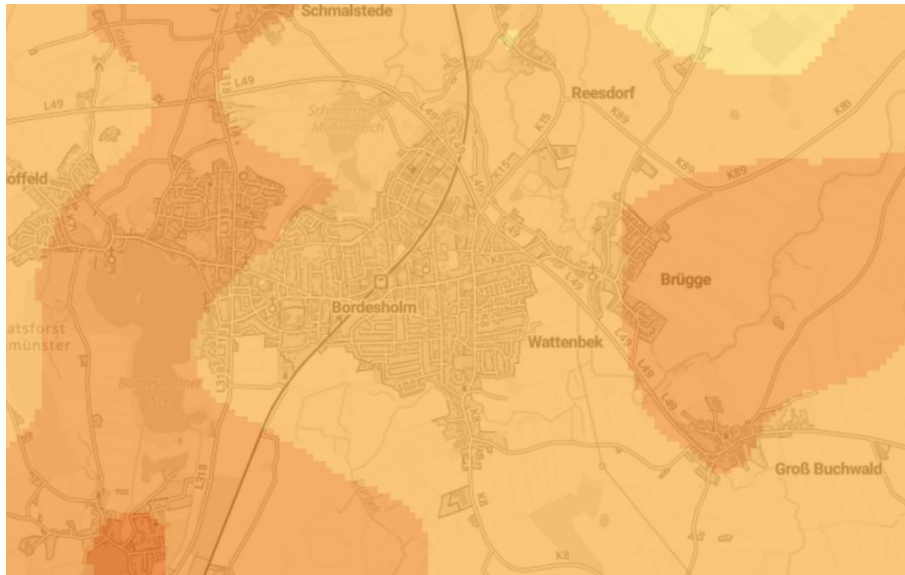


Abbildung 10 Geothermisches Potential

Die Analyse zeigt, dass die Geothermie ein enormes technisches Potenzial zur Deckung des kommunalen Wärmebedarfs bietet. Selbst unter Berücksichtigung von Restriktionen und Hemmnissen übersteigen die Potenziale den aktuellen Bedarf deutlich. Für die praktische Wärmeplanung bedeutet dies, dass die Geothermie eine zentrale Rolle in der langfristigen Transformation der Wärmeversorgung einnehmen kann. Gleichwohl ist das Potenzial differenziert zu betrachten.

Fazit

Die Analyse zeigt, dass Freiflächenpotenziale für die Nutzung oberflächennaher Geothermie in der Samtgemeinde nur eingeschränkt nutzbar sind. Deutlich relevanter sind die Potenziale auf bebauten Flurstücken, da sie eine realistischere Grundlage für die zukünftige Wärmeversorgung darstellen. Dennoch ist auch hier nicht von einer flächendeckenden Ausschöpfung auszugehen, da die tatsächliche Umsetzbarkeit von standortspezifischen Gegebenheiten und Nutzungsanforderungen abhängt. Zudem sind die im Vergleich zu anderen Technologien, insbesondere Luftwärmepumpen, höheren Erschließungskosten bei der Nutzung geothermischer Systeme zu berücksichtigen, was ihre Wirtschaftlichkeit im Einzelfall beeinflussen kann.

Tiefengeothermie

Zur Abschätzung des Potenzials tiefer Geothermie in Bordesholm wurden öffentlich verfügbare Daten aus dem Geothermie-Informationssystem (Geotis) ausgewertet. Grundlage bildet die Auswertung der erreichbaren Untergrundtemperaturen in Tiefenlagen ab 400 m. Dabei wurde insbesondere das hydrothermale Potenzial untersucht, also die Möglichkeit zur Nutzung von Thermalwasser aus tiefen, wasserführenden Gesteinsschichten. Die Potenzialkarte zeigt die zu erwartenden Temperaturen in >400 m Tiefe und liefert damit einen Hinweis auf die energetische Nutzbarkeit.

Ergebnisse

Die Potenzialanalyse zeigt, dass im Gebiet Bordesholms in weiten Teilen Temperaturen zwischen 40 °C und 60 °C in 3.000 m Tiefe erreicht werden können. In einigen Teilbereichen liegen die erreichbaren Temperaturen sogar im Bereich von 61 °C bis 100 °C. Diese Werte sind grundsätzlich geeignet für eine hydrothermale Nutzung, etwa in Form von Wärmenetzen mit niedriger bis mittlerer Vorlauftemperatur oder zur Einspeisung in bestehende Nahwärmesysteme. Die Voraussetzung für eine wirtschaftliche Nutzung ist jedoch das Vorhandensein einer ausreichend durchlässigen und ergiebigen Aquifer-

Struktur, was in der Regel durch weiterführende geophysikalische Untersuchungen und Probebohrungen bestätigt werden muss.

Die in der Karte dargestellten Temperaturzonen bieten daher zunächst einen Hinweis auf die theoretische Nutzbarkeit und dienen als Grundlage für eine vertiefte Machbarkeitsanalyse. Obwohl die thermischen Potenziale der tiefen Geothermie in Bordesholm grundsätzlich gegeben sind und die erreichbaren Untergrundtemperaturen eine technische Nutzung zulassen würden, eine wirtschaftliche Umsetzung ist derzeit aufgrund verschiedener Rahmenbedingungen als nicht realistisch einzuschätzen.

Ein zentrales Problem stellt das Fehlen einer geeigneten Abnahmestruktur dar: Um die erhebliche Investition in eine Tiefenbohrung, oft im Bereich von mehreren Millionen Euro, wirtschaftlich tragfähig zu machen, wäre ein konstant hoher und gebündelter Wärmebedarf in unmittelbarer Nähe zur geplanten Entnahmestelle erforderlich.

In Bordesholm sind nur wenige Gebiete mit ausreichend hoher Wärmebedarfsdichte vorhanden, die zudem größtenteils bereits an bestehende Wärmenetze angeschlossen sind. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass die im Rahmen der Wärmeplanung ausgewiesenen weiteren Wärmenetzgebiete weder die notwendige Größe noch eine ausreichend hohe Wärmeabnahme aufweisen, um derzeit die Voraussetzungen für ein wirtschaftlich tragfähiges Tiefengeothermieprojekt zu erfüllen.

Vor diesem Hintergrund wird die Nutzung tiefer Geothermie unter den derzeitigen Rahmenbedingungen als nicht wirtschaftlich darstellbar eingeschätzt. Sie sollte eher langfristig als Option berücksichtigt werden, etwa im Zusammenhang mit einer grundlegenden Transformation der Wärmeversorgung, der Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze oder einer industriellen Nutzung, bei der kontinuierlich hohe Temperaturen benötigt werden.

Die Analyse zeigt, dass in Bordesholm grundsätzlich Potenziale für die Nutzung tiefer Geothermie bestehen, insbesondere in den in Abbildung **OFFEN** gezeigten Bereichen. Für eine konkrete Umsetzung sind jedoch weiterführende geologische und betriebswirtschaftliche Untersuchungen erforderlich.

Solaranalyse

Auf Grundlage des hochauflösenden digitalen Oberflächenmodells (DOM) ist flächendeckend für jedes Gebäude und für geeignete Freiflächen für Bordesholm das Solarpotenzial errechnet worden. Ergänzend wurden Gebäudegrundrisse aus dem Amtlichen Liegenschaftskataster verwendet. Die Potenzialanalyse stützt sich auf eine räumlich differenzierte Bestandsaufnahme, bei der neben Dachaufbauten wie Gauben, Schornsteinen und Antennen auch topografische Gegebenheiten, Geländeformen und vorhandene Vegetation in die modellbasierte Berechnung von Verschattungseffekten und solaren Einstrahlungswerten einbezogen wurden.

Im Zentrum der Potenzialermittlung steht die detaillierte Simulation der solaren Einstrahlung. Hierbei wird eine Ganzjahresanalyse der direkten und globalen Einstrahlung auf Minutenbasis durchgeführt, wobei der Sonnenstandsverlauf, Verschattungseffekte durch Umgebungselemente und Dachstrukturen sowie regionale Strahlungsverhältnisse auf Basis von DWD-Daten einbezogen werden. Stark verschattete Dachflächen werden aus der Eignung ausgeschlossen, geringfügig verschattete Flächen fließen mit angepassten Einstrahlungswerten in die Berechnung ein. Zu jeder geeigneten Dachteilfläche werden der potenzielle Strom- und Wärmeertrag, die mögliche CO₂-Einsparung und die mögliche zu installierende kW-Leistung errechnet. Aspekte wie die Statik des Gebäudes oder die Flächenkonkurrenz zwischen Solarthermie und Photovoltaik werden an dieser Stelle noch nicht berücksichtigt.

Solarthermie

Für die Wärmeplanung ist insbesondere das solarthermische Potenzial von Bedeutung, da Solarthermie unmittelbar zur Wärmebereitstellung beiträgt. Die Bewertung erfolgt auf Grundlage spezifischer Wärmeertragskennwerte. So wird für die Warmwasserbereitung ein Mindestwert von 350 kWh/m²*a angesetzt, für die Heizungsunterstützung mindestens 165 kWh/m² in der Heizperiode (Oktober bis April). Dabei gelten auch Mindestflächengrößen: Schrägdächer müssen mindestens 4 m² (Warmwasser) bzw. 8 m² (Heizungsunterstützung) aufweisen, während bei Flachdächern mit Aufständerrung eine Fläche von mindestens 12,5 m² erforderlich ist. Neben Dachflächen wurden auch geeignete Freiflächen analysiert. Für Freiflächen wurde eine Kombination aus Einstrahlungsdaten und nutzbaren Flurstücken im GIS vorgenommen, um geeignete Flächen für bodengestützte solarthermische Großanlagen zu identifizieren.

Das technisch nutzbare Solarwärmepotenzial der Solarthermie auf Dachflächen in der Heizperiode wurde mit etwa 5 - 10 GWh ermittelt. Damit könnte rein rechnerisch ein wesentlicher Anteil des jährlichen Heizenergiebedarfs von 66 GWh/a durch solare Wärmegewinne gedeckt werden. Eine vollständige Versorgung ist aufgrund der jahreszeitlich bedingten Schwankungen jedoch nicht möglich. Das Solarpotenzial kann somit einen bedeutenden, aber nicht allein tragfähigen Beitrag zur zukünftigen Wärmeversorgung darstellen.

Investitions- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Solarthermieanlagen können typischerweise Amortisationszeiten im Bereich von rund 18 bis 21 Jahren erreichen. Für Einfamilienhäuser werden Investitionskosten im Bereich von ca. 10.000 Euro angenommen.

Für die Nutzung der Solarthermie gilt, dass nur ein Teil des Energiebedarfs für Warmwasser und Raumwärme gedeckt werden kann und eine Kombination mit anderen Heiztechnologien notwendig bleibt. Der realistische Deckungsanteil liegt z. B. bei der reinen Warmwasserbereitung bei etwa 60 % und bei Anlagen mit Heizungsunterstützung im Jahresmittel typischerweise bei etwa 30 %, in Abhängigkeit von der Dachflächeneignung.

Aus wirtschaftlicher Sicht gilt: Je niedriger der Wärmebedarf (vor allem der Warmwasserbedarf) und je ungünstiger die Dachflächenverhältnisse (Ausrichtung, Verschattung, Neigung), desto länger fällt die Amortisationszeit aus. Förderprogramme können die Rentabilität verbessern, mindern jedoch nicht den Grundsatz: Solarthermie ist eine langfristige Investition, die vorrangig zur Ergänzung und Dekarbonisierung dient, nicht zur vollständigen Substitution konventioneller Wärmequellen.

Das technische Potenzial von 5 - 10 GWh auf Dachflächen ist erheblich und die Solarthermie kann einen wichtigen Baustein in der Wärmeversorgung darstellen, insbesondere durch die Reduktion fossiler Anteile, aber sie ersetzt nicht allein Heizkessel. Darüber hinaus steht die Solarthermie in direkter Konkurrenz zur Photovoltaik um verfügbare Dachflächen. Diese Konkurrenz wird in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen, da Photovoltaikanlagen für die Stromversorgung von Wärmepumpensystemen eingesetzt werden können, die im Zuge der Wärmewende eine zentrale Rolle einnehmen.

Die Entscheidung für eine solare Nutzung von Dachflächen sollte daher stets im Kontext der geplanten Gebäudestrategie und Versorgungstechnologie erfolgen. Während Solarthermie direkt zur Wärmeerzeugung beiträgt, ermöglicht Photovoltaik die Strombereitstellung für elektrisch betriebene Heizsysteme, Batteriespeicher oder andere Anwendungen.

Freiflächen

Für die Analyse potenzieller Solarthermie-Freiflächen wurden im Geoinformationssystem ausschließlich zusammenhängende Flächen mit einer Mindestgröße von 500 m² berücksichtigt. Zusätzlich wurde geprüft, ob diese Flächen maximal 500 Meter von bestehenden Siedlungsgebieten

entfernt liegen, um eine wirtschaftliche Anbindung an die Wärmeinfrastruktur sicherzustellen. Grundlage der Bewertung bildeten Flurstücksdaten sowie siedlungsbezogene Nutzungsklassen aus dem amtlichen Liegenschaftskataster.

Die Kombination beider Kriterien gewährleistet, dass nur solche Flächen ausgewiesen werden, die aus technischer, wirtschaftlicher und infrastruktureller Sicht ein realistisches Potenzial für eine solarthermische Nutzung aufweisen. Die identifizierten Flächen bilden die Grundlage für die weitere Priorisierung und detaillierte Projektentwicklung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung.

Photovoltaik

Ergänzend wurde das Potenzial der Photovoltaik bewertet, da diese eine bedeutende Rolle für die Stromversorgung strombasierter Heiztechnologien, insbesondere Wärmepumpen, spielen kann. Als Referenzwert wurde ein marktüblicher Modulwirkungsgrad von 22 % angesetzt. Für die Auslegung wurden zwei typische Aufständerungsszenarien berücksichtigt: Ost-West-Ausrichtung mit 10° Neigung (80 % Flächennutzung) und Südausrichtung mit 30° Neigung (40 % Flächennutzung). Eignungskriterien für eine PV-Nutzung sind u. a. eine belegbare Fläche von mindestens 4 m². Die CO₂-Einsparpotenziale wurden auf Basis des durchschnittlichen Strommixes (0,429 kg CO₂/kWh, Stand 2022) berechnet.

In der Gemeinde Bordesholm sind nach aktuellen Daten des Marktstammdatenregisters bereits rund **20,1 MW Photovoltaikleistung** installiert (Datenstand 18.05.2026). Ein großer Teil davon dürfte auf die inzwischen realisierte **14-MW-Freiflächenanlage** zurückgehen.

Bordesholm hat ungefähr 8.000 Einwohner. Der heutige PV-Ausbau von etwa **20 MW** entspricht damit grob **2,5 kW PV-Leistung je Einwohner** – für eine einzelne Gemeinde ist das bereits sehr viel.

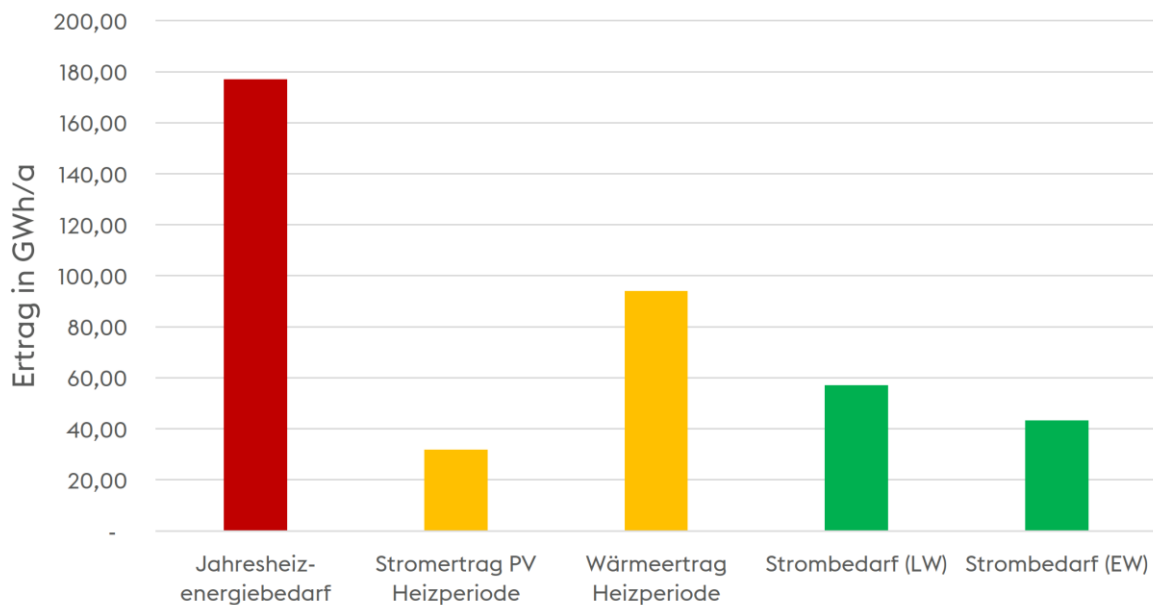
Das Potenzial der Photovoltaiknutzung auf Dachflächen liegt bei ca. 30-50 MWp, was ca. 27-30 GWh/a bedeuten würde.

Freiflächen

Siehe PV, da schon eine Freiflächenanlage existiert.

Die dort definierten fachlichen und planungsrechtlichen Kriterien dienen als Grundlage zur systematischen Flächenbewertung. Dabei wurden insbesondere Flächen mit ausreichender Größe, einer guten Einstrahlungsqualität sowie einer günstigen topografischen Lage (z. B. geringe Hangneigung, südliche Ausrichtung) in die Auswahl einbezogen. Gleichzeitig erfolgte eine Ausschlussprüfung für sensible Bereiche wie Schutzgebiete, Vorrangflächen anderer Nutzungen oder Flächen mit hohem Versiegelungsgrad. Die abgestimmten FFA-Kriterien wurden sowohl auf PV-Freiflächenpotenziale als auch auf solarthermisch nutzbare Flächen angewendet. Den identifizierten PV-Freiflächen wurde zusätzlich die Information zugeordnet, ob sie gemäß EEG 2023 als förderfähig oder gar zusätzlich als privilegiert gelten, beispielsweise durch ihre Lage innerhalb eines 200-Meter-Korridors entlang von Autobahnen oder Schienenwegen.

Dachflächenanlagen



Dargestellt sind der jährliche Heizenergiebedarf, das in der Heizperiode verfügbare solarthermische Potenzial sowie der potenzielle Stromertrag. Zum Vergleich sind die Strombedarfe aufgeführt, die bei einer vollständigen Deckung des Wärmebedarfs durch Luftwärmepumpen (LW) bzw. Erdwärmepumpen (EW) anfallen würden.

Das Potenzial auf Dachflächen wird in Abbildung ... dargestellt. Es handelt sich hierbei um geeignete Dachflächen, die für die Installation von Solarthermieranlagen in Frage kommen. Dieses Potenzial ist als technisches Maximalpotenzial zu verstehen. In der Praxis wird es reduziert durch bereits belegte Dachflächen (z.B. durch Photovoltaikanlagen oder bestehende Solarthermieranlagen) sowie durch konkurrierende Ansprüche an die Dachnutzung.

Fazit

Die ausgewiesenen Potenziale sind als technische Maximalpotenziale auf die Heizperiode zu verstehen. Diese sind darüber hinaus monatsgenau in den jeweiligen Geodatensätzen mit aufgenommen, um diese in Detailplanungen hinzuziehen zu können. Sie stellen die maximal mögliche Energiemenge dar, die unter optimaler Nutzung der Flächen gewonnen werden könnte. Einschränkungen wie Flächenkonkurrenzen mit Photovoltaik, bestehende Belegungen oder weitere planerische Restriktionen sind in den vorliegenden Werten noch nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Solarthermie sowohl auf Frei- als auch auf Dachflächen ein beträchtliches technisches Potenzial zur Reduktion des fossilen Wärmeverbrauchs bietet. In der praktischen Umsetzung ist jedoch davon auszugehen, dass die realisierbaren Anteile deutlich geringer ausfallen, da konkurrierende Nutzungen, technische Randbedingungen und wirtschaftliche Aspekte die tatsächliche Ausschöpfung einschränken.

Für die kommunale Wärmeplanung ergibt sich daraus die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Flächenstrategie, bei der sowohl Strom- als auch Wärmeerzeugung in ihrer Wechselwirkung betrachtet und optimiert werden.

Windkraft

Die Potenzialanalyse für Windkraft basiert auf einer 1:1-Repowering-Analyse und einer Neubelegung von Windenergieanlagen auf ausgewiesene Potenzialflächen.

Für die Durchführung der Windpotenzialanalyse werden verschiedene Geodaten und technische Informationen benötigt, die als Grundlage für Flächenselektion und Ertragsberechnung dienen. Im Einzelnen werden folgende Datenquellen herangezogen:

- Potentiale Landesentwicklungsplan SH
- Windgeschwindigkeiten: Rasterdaten zu mittleren Windgeschwindigkeiten in 100 m Höhe bereitgestellt durch den Deutschen Wetterdienst (DWD).
- Technische Angaben zu Windenergieanlagen (WEA): Standardisierte Parameter wie Nennleistung, Rotordurchmesser, Nabenhöhe und Ertragskennwerte für typische kleine und große Anlagentypen.
- Bestandsanlagen aus dem Marktstammdatenregister (MaStR): Standortdaten und technische Eckdaten bestehender Windenergieanlagen zur Berücksichtigung bestehender Nutzungen und Einhaltung von Abstandsregelungen.

Die Informationen zu den Bestandsanlagen wurden hinsichtlich der Inbetriebnahme der Anlage, des jährlichen Ertrags und den Abständen zur nächsten Anlage aufbereitet. Alle Bestandsanlagen, die den Betriebsstatus „aufgestellt“ und „geplant“ sowie einen Inbetriebnahmejahr ab 2020 besitzen, wurden in der Repowering-Analyse berücksichtigt und werden nicht mit einer neuen Anlage ausgetauscht. Im Gegensatz dazu werden alle Bestandsanlagen vor einem Inbetriebnahmejahr von 2020 mit einer neueren Windenergieanlage unter Berücksichtigung der Abstände zur nächsten Anlage, ausgetauscht.

Es wurden die Windenergieanlage ENERCON E-138 und E-160 für die Potenzialberechnung herangezogen. Die Kennzahlen der Windenergieanlage sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.



PLAN LEP SH

Fazit

Das errechnete Windpotenzial von 30 - 120 GWh/a entspricht einem erheblichen Anteil am gesamten kommunalen Endenergiebedarf im Wärmesektor.

- Anlagenleistung: ca. 6–7 MW je Windrad
- Nabenhöhe: etwa 160–180 m
- Volllaststunden: überschlägig 2.500–3.000 h/Jahr
- Ertrag je Anlage: etwa 15–20 GWh/Jahr

Bei der Windstromerzeugung handelt es sich primär um die Bereitstellung elektrischer Energie. Dennoch hat dieser Strom eine hohe Relevanz für den Wärmesektor, da er über verschiedene Technologien direkt oder indirekt zur Deckung des Wärmebedarfs genutzt werden kann:

- Wärmepumpen: Durch die Versorgung mit Windstrom kann der Anteil erneuerbarer Wärme deutlich gesteigert werden. Insbesondere in Kombination mit intelligenter Steuerung und Wärmespeichern lassen sich volatile Einspeisungen gut mit der Wärmebedarfsstruktur koppeln.
- Direktheizsysteme (z. B. Infrarotheizungen, elektrische Speicherheizungen): In speziellen Anwendungen oder als Ergänzung in Niedrigenergiehäusern kann Windstrom direkt zur Raumwärmeerzeugung genutzt werden.
- Power-to-Heat-Konzepte: Überschüssiger Windstrom kann zur Wärmeerzeugung in Heizpatronen oder elektrischen Kesseln genutzt und in Nahwärmenetze eingespeist werden. In Kombination mit Wärmepumpentechnologien (typische Arbeitszahl 3–4) könnten bis zu 1350–1800 GWh/a an Nutzwärme generiert werden, was teilweise oder sogar vollständig den lokalen Bedarf abdecken könnte.
- Sektorenkopplung: Die Einbindung des Windstroms in den Wärmesektor unterstützt die Ziele der sektorübergreifenden Dekarbonisierung und verbessert die Auslastung des Stromnetzes durch lokale Nutzung.

Einschränkungen:

- Der tatsächliche Zubau von Windenergieanlagen ist abhängig von Genehmigungsverfahren, Akzeptanz vor Ort und der konkreten Ausweisung geeigneter Flächen im Flächennutzungsplan.
- Die Integration in lokale Wärmeversorgungskonzepte erfordert Speicherlösungen und ggf. Netzentüchtigungen.
- Seit Mai 2026 gilt außerdem der neue Landesentwicklungsplan Windenergie; die zweiten Regionalplan-Entwürfe wurden im Juli 2026 veröffentlicht. Regionalpläne sind noch nicht rechtskräftig.

Das Windenergiepotenzial stellt eine strategisch bedeutende Option zur Versorgung des Wärmesektors mit erneuerbarer Energie dar. Die Nutzung dieses Potenzials sollte integraler Bestandteil der weiteren kommunalen Wärmeplanungen und Energieinfrastrukturentwicklung sein. Empfohlen wird die vertiefte Prüfung geeigneter Standorte, die Initiierung von Beteiligungsverfahren mit Bürger*innen sowie die strategische Kombination mit Wärmenetzen und Wärmespeichern.

Biomasse

Biomasse hat Strom- und Wärmeerzeugungspotenzial. Neben Holz aus Wäldern liegt das Potenzial im Biogas und in Reststoffen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Begrenzt wird das Potenzial durch die territoriale Betrachtung und die Flächenkonkurrenz, sowie der stofflichen Nutzung der Stoffe. Nachhaltig können nur ca. 10 % der Ackerfläche und ein Drittel des jährlichen Holzzuwachses der

Wälder energetisch genutzt werden. Hier ist eine geringere Nutzung der Flächen und eine effektivere Nutzung des Substrates anzustreben.

Methodik der GIS-gestützten Analyse

Zur Ermittlung des erschließbaren Potenzials an Biomasse wurden die Flurstücksflächen in Bordesholm mit der Bezeichnung Ackerland, Grünland und Wald selektiert. Flächen innerhalb von Schutzgebieten wurden von der Analyse ausgenommen.

Ermittlung des erschließbaren Holzpotenzials

Aus einem Hektar Wald kann nachhaltig Waldpflegeholz entnommen werden, daraus können in KWK-Anlagen 1,76 MWh thermische und 1,52 MWh elektrische Energie erzeugt werden. Steht genügend Strom aus anderen Quellen zur Verfügung, kann das Waldpflegeholz auch ausschließlich thermisch verwertet werden, dann kann aus 1 ha 3,4 MWh Energie gewonnen werden.

Ermittlung des erschließbaren Potenzials auf Ackerflächen

Auf 1 ha Ackerland kann durch Substratanbau Biogas erzeugt werden. Hierfür wird unterstellt, dass 10 % der Ackerfläche auf dem Kommunalgebiet genutzt werden können. Daraus können in KWK-Anlagen 20,3 MWh thermische und 17,5 MWh elektrische Energie erzeugt werden. Angenommen wurde für die NaWaRo-Nutzung ein Anteil von 81 %. Beim Anbau von Nutzpflanzen entstehen bei der Ernte je nach Pflanzenart Ernterückstände. Diese können für die Energiegewinnung genutzt werden. Auf einem ha Ackerland können in KWK-Anlagen 2,64 MWh thermische und 2,28 MWh elektrische Energie erzeugt werden. Steht genügend Strom aus anderen Quellen zur Verfügung, können diese auch ausschließlich thermisch verwertet werden, sodass aus 1 ha etwa 5,1 MWh Energie gewonnen werden können. Hierbei wird berücksichtigt, dass nur ein Teil der Ernterückstände verwertbar ist.

Ermittlung des erschließbaren Potenzials auf Grasland

Auf einem ha Grasland kann Landschaftspflegeheu entnommen werden. Daraus können in KWK-Anlagen 7,92 MWh thermische und 6,84 MWh elektrische Energie erzeugt werden. Steht genügend Strom aus anderen Quellen zur Verfügung, kann das Landschaftspflegeheu auch ausschließlich thermisch verwertet werden, sodass aus 1 ha etwa 15,3 MWh Energie gewonnen werden können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass nur ein Teil (ca. 20 %) der Flächen für energetische Nutzung zur Verfügung steht.

Die ermittelten Biomassepotenziale werden in das kommunale Wärmeplanungskonzept integriert. Sie dienen als Grundlage zur Abschätzung von verfügbaren erneuerbaren Energiequellen in der Region und unterstützen die Planung geeigneter KWK-Anlagen und Biogasanlagen. Die Berücksichtigung von Schutzgebieten stellt sicher, dass ökologische Anforderungen mit der wenergetischen Nutzung in Einklang gebracht werden.

Potenziale der Biomasse

Als Gesamtpotenzial werden 24 GWh Wärme (aus KWK-Prozessen) aus landwirtschaftlicher Biomasse und Forstwirtschaft identifiziert. Diese abgeschätzten Potenziale sind jedoch wie die anderen betrachteten Analysen als Maximalpotenziale zu betrachten. Es ist nicht gesichert, dass die beschriebenen Potenziale wirklich ausgeschöpft werden können. Des Weiteren sind im Rahmen der Studie keine Synergieeffekte, wie die Flächenkonkurrenz o.ä. betrachtet, welches in der Betrachtung der Zahlen berücksichtigt werden muss.

Abwärmepotenzial aus kommunalen Kläranlagen

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde das nutzbare Abwärmepotenzial aus kommunalen Kläranlagen näher betrachtet. Der Fokus liegt hierbei auf der energetischen Nutzung des gereinigten

Abwassers nach dem biologischen Klärprozess, unmittelbar vor der Einleitung in den Vorfluter. Diese Wärmequelle bietet aufgrund ihrer kontinuierlichen Verfügbarkeit ein grundsätzlich gut nutzbares Potenzial, insbesondere für nahegelegene Wärmeverbraucher. Die Berechnung des potenziell nutzbaren Wärmemengenzuflusses basiert auf dem sogenannten Einwohnergleichwert, der das Abwärmepotenzial pro angeschlossenem Einwohner beschreibt. Für eine Temperaturabsenkung von 0,5 Kelvin (K) wird pro Einwohner ein jährliches Nutzungspotenzial von 39 kWh/a angesetzt. Bei einer höheren zulässigen Temperaturspreizung, wie sie bei der Einleitung in ein Gewässer zulässig ist, kann entsprechend ein höheres Potenzial angenommen werden. Für die vorliegende Potenzialanalyse wurde eine realistische Temperaturdifferenz von 5 K unterstellt. Daraus ergibt sich ein nutzbares Potenzial von 195 kWh/a pro Einwohner.

Das Klärwerk hat demnach mit einer Ausbaugröße von 8.000 Einwohnern ein Wärmepotenzial von 1,56 GWh/a.

Insbesondere der hohe Temperaturentzug nach dem Klärwerk (5 K) bietet eine interessante Möglichkeit zur Energiegewinnung ohne ökologische Einschränkungen, da das gereinigte Abwasser bereits dem Gewässer zugeführt wird. Dies erleichtert sowohl Genehmigungsprozesse als auch die technische Umsetzung.

Die tatsächliche technische und wirtschaftliche Nutzbarkeit hängt unter anderem von der Entfernung zu potenziellen Abnehmern, den Temperaturanforderungen der Nutzung sowie der Möglichkeit zur Einbindung in ein Nah- oder Fernwärmesystem ab.

Aufgrund der Lage der Kläranlage in unmittelbarer Nähe zum bestehenden Wärmenetz in Bordesholm ist die Nutzung des Abwasserwärmepotenzials für den Aufbau oder Erweiterung eines Wärmenetzes sehr wahrscheinlich nicht wirtschaftlich.

Umweltwärme aus Luft

Die Nutzung von Umweltwärme aus der Luft erfolgt in der kommunalen Wärmeplanung vorrangig über Luft-Wasser-Wärmepumpen. Für die Analyse wurden ausschließlich Flächenpotenziale betrachtet, also die potenziell geeigneten Standorte für die Aufstellung von Luftwärmepumpen.

Ein wesentlicher Teil der Untersuchung bezieht sich auf Flurstücke mit Gebäuden, bei denen eine Luftwärmepumpe im unmittelbaren Umfeld installiert werden könnte. Hierbei wurde ein maximaler Abstand von 10 Metern zum Gebäude berücksichtigt, um einen praktikablen und effizienten Betrieb sicherzustellen. Auf dieser Grundlage konnten zahlreiche potenzielle Aufstellflächen identifiziert werden. Diese stellen damit ein direkt nutzbares Potenzial dar, da die Wärmepumpen in unmittelbarer Nähe zum Abnehmer installiert werden können.

Zusätzlich wurden Flachdächer in die Analyse einbezogen. Hierbei wurde definiert, dass nur Dächer mit einer maximalen Dachneigung von 7 % und einer Mindestfläche von 4 m² als Potenzialflächen ausgewiesen werden. Diese Kriterien stellen sicher, dass die Wärmepumpen technisch sinnvoll aufgestellt und betrieben werden können. Flachdächer bieten insbesondere in dicht bebauten Bereichen oder dort, wo Flächen im direkten Gebäudeumfeld fehlen, eine wichtige Ergänzung.

Die ausgewiesenen Potenziale sind als technische Potenziale zu verstehen. Sie geben also an, wo unter technischen und planerischen Gesichtspunkten die Installation von Luftwärmepumpen grundsätzlich möglich wäre. Ob die Flächen in der Praxis tatsächlich genutzt werden können, hängt von weiteren Faktoren ab, wie z. B. Schallemissionen oder konkurrierenden Nutzungen.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl auf Flurstücken mit Gebäuden als auch auf Flachdächern ein erhebliches technisches Potenzial zur Nutzung von Umweltwärme aus der Luft besteht. Besonders die Nähe zum Abnehmer auf Flurstücken stellt einen wichtigen Vorteil dar, während Flachdächer eine

flexible Option bieten, um zusätzliche Kapazitäten zu erschließen. Für die Umsetzung im Rahmen der Wärmeplanung ist jedoch zu berücksichtigen, dass das gesamte ausgewiesene Potenzial nicht vollständig realisierbar ist, sondern durch praktische Restriktionen eingeschränkt wird.

Fazit der Potenzialanalyse

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse zeigt eindrucksvoll, dass in Bordesholm eine Vielzahl klimafreundlicher Energiequellen für die zukünftige Wärmeversorgung zur Verfügung steht – sowohl im dezentralen als auch im zentralen Maßstab. Die betrachteten Potenziale wurden systematisch identifiziert, räumlich zugeordnet und hinsichtlich ihrer technischen Nutzbarkeit bewertet. Die Ergebnisse bilden eine tragfähige Grundlage für die Entwicklung von Versorgungsszenarien und Maßnahmenpfaden im Rahmen der weiteren kommunalen Wärmeplanung.

Dezentrale Potenziale für gebäudeindividuelle Versorgung:

Für die dezentrale Wärmeversorgung auf Gebäudeebene zeigen sich vor allem in der Nutzung oberflächennaher Geothermie, Umweltwärme aus der Luft sowie Solarthermie auf Dachflächen große Potenziale für eine klimaneutrale Wärmeversorgung. Die Analyse belegt, dass insbesondere Erdwärmesonden und Luft-Wasser-Wärmepumpen bei geeigneter Lage und hydrogeologischen Voraussetzungen zur Versorgung vieler Bestandsgebäude beitragen können. Auch das solarthermische Potenzial auf geeigneten Dachflächen ist beachtlich: Rein rechnerisch könnten etwa 5-10 GWh/a an Wärme zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung in der Heizperiode bereitgestellt werden. Diese dezentralen Lösungen sind besonders für Ein- und Mehrfamilienhäuser geeignet, in denen ein Anschluss an ein Wärmenetz unwirtschaftlich ist.

Zentrale und gebündelte Potenziale für Wärmenetze:

Für eine zentrale Wärmeversorgung konnten mehrere relevante Potenziale identifiziert werden. Hervorzuheben sind die erheblichen Potenziale auf geeigneten Freiflächen zur Nutzung von Solarthermie (großflächige Kollektoranlagen), oberflächennaher Geothermie sowie Biomasse (v. a. aus Waldpflegeholz und Biogas). Auch die Windkraft spielt hier eine Schlüsselrolle: Mit einem technisch errechneten Windstrompotenzial von 30-120 GWh/a lassen sich durch Power-to-Heat oder strombasierte Wärmepumpen in Wärmenetzen große Mengen klimaneutraler Nutzwärme erzeugen. Ergänzend kann die Nutzung von Abwärme aus der Kläranlage punktuell eine sinnvolle Ergänzung darstellen, insbesondere in siedlungsnahen Bereichen mit dichter Bebauung.

Bedeutung für die kommunale Wärmeplanung:

Die Ergebnisse machen deutlich, dass Bordesholm über ein breit gefächertes Portfolio an erneuerbaren Wärmequellen verfügt. Dabei sind die dezentralen Optionen besonders wichtig für die ländlich geprägten Ortsteile, während die zentralen Potenziale insbesondere für den Aufbau und die Weiterentwicklung von Wärmenetzen in Verdichtungsbereichen nutzbar sind. Die Kombination verschiedener Technologien, angepasst an die Siedlungsstruktur, Flächenverfügbarkeit und bestehende Infrastruktur, wird entscheidend für die Realisierbarkeit einer klimaneutralen Wärmeversorgung sein.

Für die weitere Planung gilt es nun, die technisch ermittelten Potenziale mit wirtschaftlichen, rechtlichen und praktischen Umsetzungsfaktoren abzugleichen, konkrete Projekte zu priorisieren und die Koordination mit Netzbetreibern, Grundstückseigentümer und Förderstellen frühzeitig aufzunehmen. Die Potenzialanalyse legt hierfür den Grundstein und zeigt, dass die Wärmewende in Bordesholm aus technischer Sicht möglich und gut anschlussfähig ist.

Zielszenario

Das Zielszenario stellt den entscheidenden Schritt in der kommunalen Wärmeplanung dar. Aufbauend auf den Erkenntnissen der Potenzialanalyse werden in diesem Kapitel verschiedene Szenarien für die zukünftige Wärmeversorgung entwickelt und berechnet. Ziel ist es, eine nachhaltige und effiziente Wärmeversorgung zu gewährleisten, die den Anforderungen der Gemeinde Bordesholm gerecht wird. Durch die Betrachtung unterschiedlicher Szenarien kann die optimale Lösung identifiziert und konkrete Maßnahmen für die Umsetzung abgeleitet werden.

Entwicklung des Wärmebedarfes

Ein wichtiger Teil des Zielszenarios stellt die Prognose des Wärmebedarfs Bordesholms im Zieljahr 2040 dar. Für diese Abschätzung wurden die verschiedenen Sanierungsraten (siehe Potenzialanalyse) betrachtet und ihre Realisierbarkeit bewertet. Abschließend wurde eine Sanierungsrate von 0,7 % festgelegt, welche für die Berechnung des Zielszenarios fortan verwendet wurde. Auf Basis dieser Fortschreibung des Wärmebedarfs wurde eine Reduktion des Wärmebedarfs um rund 4 % bis zum Zieljahr 2040 ermittelt.

Wärmeliniendichte

Im Jahr 2040 werden vor allem die Kernbereiche der Gemeinde Bordesholm mittlere Wärmeliniendichten aufweisen. In den umliegenden Ortsteilen nimmt nicht nur die Bebauungs-, sondern damit einhergehend auch die Wärmeliniendichte eher ab.

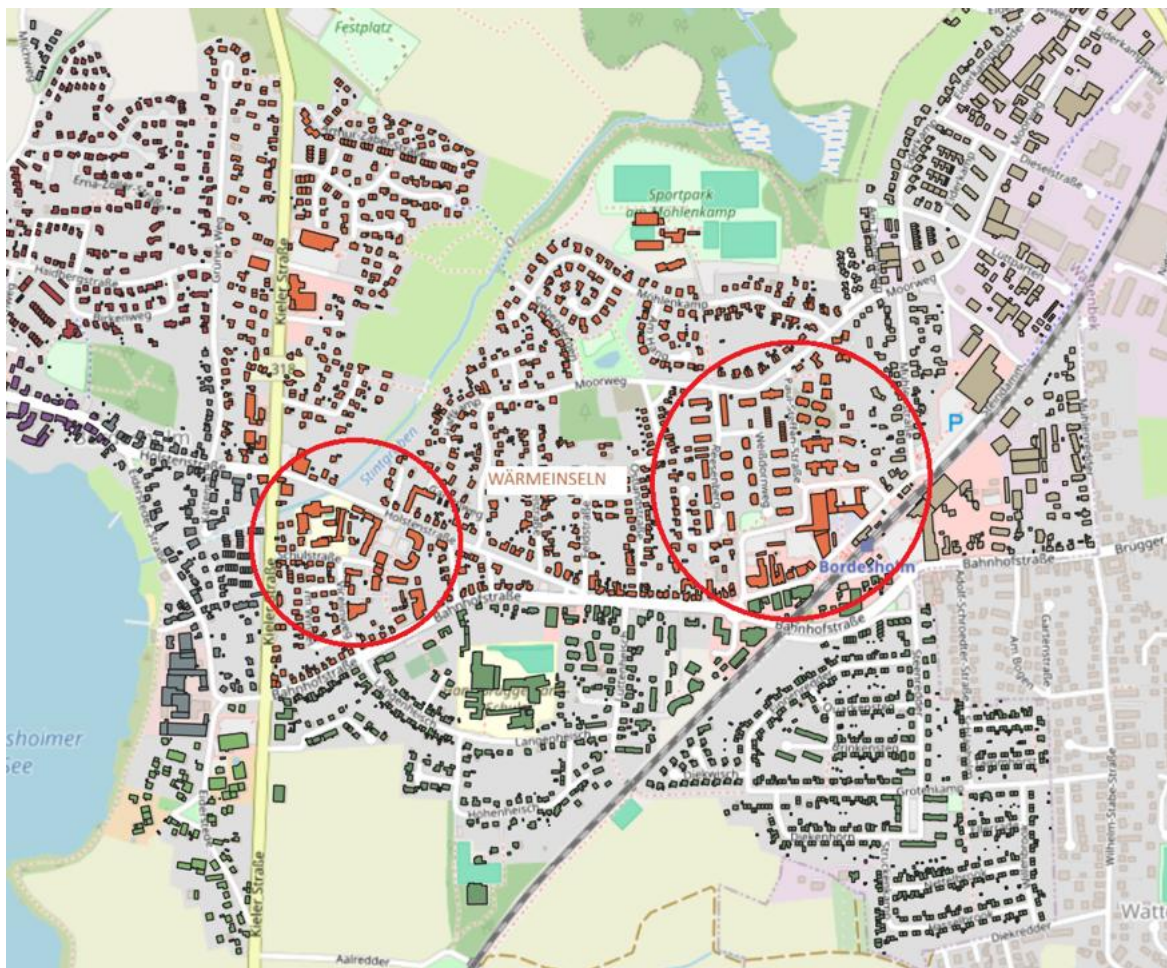


Abbildung 11 - Wärmeinseln Innenstadt Bordesholm

Die Wärmeabnahme pro Jahr und Meter Straßenlänge reduziert sich durch die Effizienzsteigerung infolge von Gebäudesanierungen. Die zeitliche Entwicklung der Wärmelinien-dichte ist für die Bestimmung von möglichen Wärmenetzgebieten entscheidend. Die Verlegung neuer Wärmenetze zur Versorgung bestehender Wohngebäude ist nur dann empfehlenswert, wenn langfristig von einer hohen Wärmeabnahme auszugehen ist.

Methodik zur Bestimmung der Wärmenetzzeignung

Für die Bestimmung der Wärmenetzzeignung wird die Graphentheorie herangezogen, welche ein Teilgebiet der Mathematik darstellt und sich mit der Untersuchung von Netzwerken befasst. In der Graphentheorie wird ein Netzwerk anhand von Knoten, die Objekte oder Orte repräsentieren, und Kanten, die Verbindungen zwischen diesen Knoten darstellen, modelliert. Häufig sind Kanten mit numerischen Werten versehen, um beispielsweise Kosten, Entfernungen oder Flusstärken zu beschreiben. Beim Einsatz dieses Ansatzes zur Bewertung der Eignung von Wärmenetzen werden zunächst alle relevanten Gebäude dem jeweils nächstgelegenen Straßenabschnitt zugeordnet. Jedes Gebäude erhält dadurch einen eindeutigen Referenzpunkt auf der Straße, der im anschließenden Graphen als Gebäudeknoten angelegt wird. Zusätzlich werden sämtliche Kreuzungen und Endpunkte der betreffenden Straßenabschnitte als Straßenknoten in das Netzwerk aufgenommen.

Die Verbindungen zwischen Gebäude- und Straßenknoten sowie zwischen benachbarten Straßenknoten bilden die Kanten des Graphen. Jede dieser Kanten trägt als Gewicht die zuvor berechnete Wärmelinien-dichte in Kilowattstunden pro Meter und Jahr. Eine hohe Wärmelinien-dichte zeigt an, dass der entsprechende Straßenabschnitt besonders geeignet ist, um Wärme effizient zu verteilen.

Parallel zur Bewertung der Straßenabschnitte wird die Anschlusswirtschaftlichkeit der einzelnen Gebäude geprüft: Da längere Anschlussleitungen mit höheren Kosten verbunden sind, werden weiter entfernt gelegene Gebäude benachteiligt und gegebenenfalls ausgeschlossen. Die so bereinigte Graphenstruktur, in der unwirtschaftliche Kanten und Knoten entfernt wurden, bildet das technisch und ökonomisch optimierte Teilnetz ab.

Um ein Wärmenetz überhaupt realisieren zu können, gelten zusätzliche Rahmenbedingungen:

Es wird von einer **Anschlussquote von 70 %** der potenziellen Gebäude ausgegangen, und erst ab mindestens 17 tatsächlich angeschlossenen Gebäuden wird der Netzausbau vom BAFA gefördert und somit als lohnend betrachtet. Verrechnet mit der Anschlussquote kommen nur Gebiete mit mindestens 25 in Frage kommenden Gebäuden als mögliche Wärmenetzgebiete zur weiteren Analyse in Betracht. Innerhalb dieser Gebiete lässt sich dann auf Basis des Graphenmodells fundiert entscheiden, welche Straßenabschnitte für die Wärmeversorgung genutzt und welche Gebäude realistisch angeschlossen werden können. Eine abschließende Machbarkeitsprüfung sollte jedoch stets im Rahmen einer projektbezogenen Detailuntersuchung erfolgen.

Wärmequellen bzw. Wärmeerzeugungsanlagen sollten maximal 500 Meter vom Wärmenetz entfernt liegen, da Wärmeleitungen recht hohe Verluste von 10 bis 20 Prozent aufweisen. Dies reduziert die Wettbewerbsfähigkeit bei großen zu überbrückenden Entfernungen.

Wärmeversorgung / Heizsysteme

...

Treibhausgasemissionen (THG)

...

Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

...

Umsetzungsmaßnahmen und Steckbriefe

Umsetzungsmaßnahmen

Gemäß dem Wärmeplanungsgesetz des Bundes (WPG) und dem Energiewende und Klimaschutzgesetz (EWKG) des Landes Schleswig-Holstein ist eine kommunale Umsetzungsstrategie zu entwickeln. Laut EWKG muss diese mindestens fünf Maßnahmen enthalten, mit deren Umsetzung innerhalb der auf die Veröffentlichung des Wärmeplans folgenden fünf Jahre begonnen wird. Auf Grundlage des Zielszenarios und den durchgeführten Beteiligungen wurden fünf Umsetzungsmaßnahmen erarbeitet.

1. Nachverdichtung in den Wärmenetzgebieten
2. Energetische Sanierung öffentlicher Gebäude
3. Best-Practice-Beispiele dezentrale Wärmelösungen
4. Aufbau einer lokalen Fachkompetenz
5. Erstellung von Leitfäden für die Einsparung von Energie