

Kommunaler Wärmeplan für die Gemeinde Krummhörn

Endbericht



Impressum

Kommunaler Wärmeplan für die Gemeinde Krummhörn

Projektpartner

Das Projekt „Kommunale Wärmeplanung“ wurde in Kooperation zwischen der Gemeinde Krummhörn und der Hansa Luftbild Mobile Mapping GmbH - K2I2 Kompetenzzentrum für Klimawandel - & Infrastrukturmanagement e.U. durchgeführt.

Auftraggeber:

Gemeinde Krummhörn

Rathausstraße 2
26736 Krummhörn

Tel.: 04923-916-0

Ansprechperson:

*Ina Droll-Dannemann
Martina Schwarzer
Hilke Looden*

Auftragnehmer:

Hansa Luftbild Mobile Mapping GmbH
K2I2 Kompetenzzentrum für Klimawandel - &
Infrastrukturmanagement e.U.

Nevinghoff 20
48147 Münster

Tel.: 0251-2330-100

Ansprechpersonen:

*Dr. Paul Stampfl
Dr. Philip Völlers
Eric Oeder*



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Förderkennzeichen: **67K27781**

Stand: 31.03.2026

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Impressum..... | ii |
| Abbildungsverzeichnis..... | v |
| Tabellenverzeichnis | vi |
| Abkürzungsverzeichnis | vii |
| 1 Einleitung..... | 1 |
| 2 Organisatorischer Rahmen (Projektmanagement)..... | 2 |
| 2.1 Ziel und Bedeutung der kommunalen Wärmeplanung | 5 |
| 2.1.1 Zielsetzung, Aufgaben und strategischer Rahmen der KWP in der Gemeinde Krummhörn | 5 |
| 2.1.2 Beitrag der Wärmewende zu Klimaschutz, regionaler Wertschöpfung und Versorgungssicherheit | 6 |
| 2.1.3 Bedeutung dezentraler Versorgungsstrukturen in ländlich geprägten Räumen | 7 |
| 2.1.4 Energiegemeinschaften und Energy Sharing als ergänzende Umsetzungsoption..... | 7 |
| 2.2 Einbindung der relevanten Akteur*innen..... | 8 |
| 3 Methodischer Ansatz der kommunalen Wärmeplanung..... | 10 |
| 4 Kommunikation und Partizipation..... | 12 |
| 5 GIS-gestützte Datenanalyse und integriertes Datenmanagement | 12 |
| 6 Ergebnisse..... | 14 |
| 6.1 Bevölkerungsentwicklung | 14 |
| 6.2 Harmonisierung der demographischen Entwicklung mit der Wärmeplanung | 15 |
| 6.3 Veränderte Nutzungsanforderungen | 16 |
| 7 Bestandsanalyse | 18 |
| 7.1 Differenzierung und Auswahl der Betrachtungsebenen im Wärmeplanungsgebiet | 18 |
| 7.2 Arbeitsschritte und Ergebnisse der GIS-gestützten Datenverarbeitung, Analyse und Visualisierung..... | 20 |
| 7.2.1 GIS-basierte Analyse und Visualisierung..... | 20 |
| 7.2.2 Energiebedarfsmodellierung | 21 |
| 7.2.3 Heizwärmedichte | 24 |
| 7.2.4 Baublockcharakterisierung | 24 |
| 7.2.5 Wärmelinienendichte | 25 |
| 7.3 Gebäudebestand – Anzahl Gebäude..... | 26 |
| 7.4 Gebäudebestand – Gebäudenutzflächen..... | 29 |
| 7.4.1 Vorbildfunktion der Gemeinde Krummhörn..... | 33 |
| 7.5 Heizwärmebedarf | 34 |
| 7.6 Energieträgerverteilung | 38 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 7.7 | Treibhausgasbilanz | 39 |
| 8 | Potenzialanalyse | 40 |
| 8.1 | Bestehende Energieinfrastruktur in der Gemeinde Krummhörn..... | 40 |
| 8.2 | Ergebnisse zu den Potenzialen erneuerbarer Energiequellen | 41 |
| 8.2.1 | Windkraft | 43 |
| 8.2.2 | Solarenergie | 44 |
| 8.2.3 | Luftwärmepumpen | 50 |
| 8.2.4 | Geothermie | 52 |
| 8.2.4.1 | Oberflächennahe Geothermie..... | 52 |
| 8.2.4.2 | Tiefengeothermie..... | 53 |
| 8.2.5 | Bioenergie | 55 |
| 8.2.5.1 | Feste Biomasse aus der Forstwirtschaft | 55 |
| 8.2.5.2 | Biogas aus der Landwirtschaft | 56 |
| 8.2.5.3 | Bestehende Biogasanlagen in der Gemeinde | 57 |
| 8.2.5.4 | Biomethanproduktion und Kraft-Wärme-Kopplung..... | 58 |
| 8.2.6 | Abwärme..... | 59 |
| 8.2.7 | Wasserstoff | 61 |
| 8.2.8 | Weitere erneuerbare Energiequellen..... | 61 |
| 8.3 | Einsparpotenziale durch Sanierung und Effizienzsteigerung | 61 |
| 9 | Zielszenarien und Entwicklungspfade | 62 |
| 9.1 | Zielszenario: Zukunft der Wärmebereitstellung in der Gemeinde Krummhörn..... | 72 |
| 9.2 | Umgang mit dem bestehenden Gasnetz | 76 |
| 9.3 | Darstellung der Wärmeversorgungsarten | 77 |
| 10 | Umsetzungsstrategie und Maßnahmenkatalog..... | 82 |
| 10.1 | Maßnahmenkatalog | 84 |
| 10.2 | Maßnahmenblätter | 85 |
| 11 | Kommunikationsstrategie | 97 |
| 11.1 | Informationsbereitstellung und Kommunikationskanäle..... | 97 |
| 11.2 | Zielgruppenorientierte Kommunikation..... | 98 |
| 11.3 | Workshops und Veranstaltungsformate | 98 |
| 11.4 | Langfristige Kommunikation und Evaluierung nach dem Abschluss der kommunalen Wärmeplanung..... | 100 |
| 11.5 | Stakeholdermapping | 100 |
| 11.6 | Stellungnahmen und Rückmeldungen aus der Bevölkerung..... | 103 |
| 12 | Verstetigungsstrategie..... | 104 |
| 13 | Controlling-Konzept..... | 109 |
| 13.1 | Controlling-Ansätze | 109 |
| | Quellen- und Literaturverzeichnis | 113 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abb. 1: Arbeitspakete, Zeitplan und Meilensteine | 4 |
| Abb. 2: Phasen & Arbeitspakete des kommunalen Wärmeplans | 10 |
| Abb. 3: Geographische Merkmale und Basisstatistiken | 14 |
| Abb. 4: Entwicklung der Bevölkerungszahl in der Gemeinde Krummhörn | 15 |
| Abb. 5: Der Baublock als maßgebliche Analyse- und Planungsebene für die kommunale Wärmeplanung | 19 |
| Abb. 6: Verorteter Gebäudebestand am Beispiel von Greetsiel | 20 |
| Abb. 7: Zensus Gitterzellen (100x100-Meter-Gitter) mit aggregierten Heizenergiebedarfen | 21 |
| Abb. 8: Die Heatmap als analytisches Instrument zur Analyse der räumlichen Wärmebedarfsmuster | 22 |
| Abb. 9: Gegenwärtiger Heizwärmebedarf in MWh/a | 23 |
| Abb. 10: Ermittelte räumliche Brennstoffverteilung, dargestellt auf dem 100x100-Meter-Zensusgitter | 23 |
| Abb. 11: Wärmelinien dichte Megawattstunden pro laufendem Meter und Jahr (MWh/lfm·a) und deren Eignung für ein Wärmenetz | 25 |
| Abb. 12: Gebäudebestand nach Gebäudekategorie am Beispiel von Manslagt | 26 |
| Abb. 13: Anzahl beheizter Gebäude nach Sektor und Epoche (kumuliert) | 27 |
| Abb. 14: Anzahl beheizter Wohngebäude nach Epochen (kumuliert) | 28 |
| Abb. 15: Nutzfläche pro Gebäudekategorie nach Epochen | 30 |
| Abb. 16: Entwicklung der Nutzfläche der Sektoren nach Epochen (kumuliert) | 31 |
| Abb. 17: Anteile Nutzfläche nach Gebäudekategorie | 33 |
| Abb. 18: Heizwärmebedarf nach Sektoren [MWh/a] | 34 |
| Abb. 19: Heizwärmebedarf der Wohngebäude [MWh/a] | 35 |
| Abb. 20: Spezifischer Heizwärmebedarf [kWh/m ² a] der Wohngebäudekategorien pro Quadratmeter | 36 |
| Abb. 21: Anteile der Wohngebäudekategorien am Heizwärmebedarf | 37 |
| Abb. 22: Energieträgerverteilung – Anteile [%] einzelner Brennstoffe an beheizter Fläche [m ²] | 38 |
| Abb. 23: CO ₂ -Emissionen [t CO ₂ e/a] nach Gebäudekategorie | 39 |
| Abb. 24: Potenziale erneuerbarer Energiequellen | 42 |
| Abb. 25: Einsparungspotenzial des bestehenden Gebäudebestandes auf Baublockebene | 62 |
| Abb. 26: Gegenwärtige Heizenergiedichte und Wärmenetzeignung in der Gemeinde Krummhörn | 65 |
| Abb. 27: Heizenergiedichte und Wärmenetzeignung in der Gemeinde Krummhörn im Jahr 2040 unter Berücksichtigung moderater Sanierungsmaßnahmen | 66 |
| Abb. 28: Heizenergiedichte [MWh/ha] und Wärmenetzeignung in der Gemeinde Krummhörn im Jahr 2040 unter Berücksichtigung engagierter Sanierungsmaßnahmen | 68 |
| Abb. 29: Heizenergiedichte und Wärmenetzeignung in der Gemeinde Krummhörn im Jahr 2040 unter Berücksichtigung hoher Sanierungsanstrengungen | 70 |
| Abb. 30: Szenarienvergleich mit Entwicklungspfaden (2025 – 2040) unterschiedlicher Sanierungsanstrengungen | 71 |
| Abb. 31: Entwicklung der erneuerbaren Energiequellen und Technologien [GWh/a] an der Heizwärmebereitstellung bis zum Jahr 2040 | 73 |
| Abb. 32: Eignung der Gebiete und Baublöcke für die dezentrale Wärmeversorgung im Zieljahr 2040 | 78 |
| Abb. 33: Einteilung der Gebiete und Baublöcke in potenzielle Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2040 | 80 |

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Bestehende Energieinfrastruktur 40

Tab. 2: Stakeholdergruppen mit möglichen Kommunikationsformaten.....101

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------------------|--|
| a: | Jahr |
| ALKIS: | Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem |
| BEG: | Bundesförderung für effiziente Gebäude |
| BEW: | Bundesförderung für effiziente Wärmenetze |
| BfJ: | Bundesamt für Justiz |
| BHKW | Blockheizkraftwerk |
| BioEn: | Biomasseenergie |
| BISKO: | Bilanzierungs-Systematik Kommunal |
| BKG | Bundesamt für Kartographie und Geodäsie |
| BMDV: | Bundesministerium für Digitales und Verkehr |
| BMWK: | Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz |
| BMWSB: | Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen |
| C: | Kohlenstoff |
| CAPEX: | <i>Capital Expenditures</i> (Investitionsausgaben) |
| CO ₂ : | Kohlenstoffdioxid |
| CO ₂ e: | Kohlenstoffdioxidäquivalente |
| COP: | <i>Coefficient of Performance</i> (Effizienzwert einer Wärmepumpe) |
| dena: | Deutsche Energie-Agentur GmbH |
| DGNB: | Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen |
| EEA: | <i>European Energy Award</i> |
| EFH: | Einfamilienhaus |
| ENWG: | Energiewirtschaftsgesetz |
| ETS: | EU-Emissionshandelssystem |
| EZFH: | Ein- und Zweifamilienhaus |
| FAQs: | <i>Frequently Asked Questions</i> (häufig gestellte Fragen) |
| FW: | Fernwärme |
| GEG: | Gebäudeenergiegesetz |
| GFZ: | Geschossflächenzahl |
| GIS: | Geografisches Informationssystem |
| GMFH: | Großes Mehrfamilienhaus |
| GRZ: | Grundflächenzahl |
| GW: | Gigawatt |
| GWh: | Gigawattstunden |
| ha: | Hektar |
| HEG: | Hessisches Energiegesetz |
| JAZ: | Jahresarbeitszahl |
| KfW: | Kreditanstalt für Wiederaufbau |
| KEAN: | Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen |
| kWh: | Kilowattstunde |
| KWK: | Kraft-Wärme-Kopplung |
| KWP: | Kommunale Wärmeplanung |
| kWp: | Kilowatt peak (Kilowatt Spitzenleistung) |
| l _{fm} : | Laufender Meter |
| MFH: | Mehrfamilienhaus |
| MSR: | Mess-, Steuer- und Regelungstechnik |
| MW: | Megawatt |
| MWh: | Megawattstunde |
| NIBIS: | Niedersächsisches Bodeninformationssystem |

| | |
|----------|---|
| NT: | Niedertemperatur |
| NWG: | Nichtwohngebäude |
| o.J.: | ohne Jahr |
| OPEX: | <i>Operational Expenditures</i> (Betriebskosten) |
| OSM: | <i>OpenStreetMap</i> |
| ÖPPs: | Öffentlich-Private Partnerschaft |
| PV: | Photovoltaik |
| PVT: | Photovoltaik-Thermie |
| PtH: | <i>Power-to-Heat</i> (Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme) |
| PW: | Prozesswärme |
| RH: | Reihenhaus |
| RW: | Raumwärme |
| SolarTh: | Solarthermie |
| TAB: | Thermische Abfallbehandlungsanlage |
| TABULA: | <i>Typology Approach for Building Stock Energy Assessment</i> (Typologie-Ansatz für die energetische Bewertung des Gebäudebestands) |
| THG: | Treibhausgas |
| T45: | Treibhausgasneutralität bis 2045 |
| VLS: | Volllaststunde |
| WG: | Wohngebäude |
| WP: | Wärmepumpe |
| WPG: | Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung |
| WW: | Warmwasser |

1 Einleitung

Hintergrund zur kommunalen Wärmeplanung

Die Gemeinde Krummhörn im Landkreis Aurich in Niedersachsen hat sich entschieden, die Herausforderungen des Klimaschutzes und der Energiewende aktiv anzugehen. Um eine klimafreundliche und nachhaltige Wärmeversorgung sicherzustellen, beantragte die Gemeinde Krummhörn Fördermittel aus dem Klima- und Transformationsfonds. Die Erstellung der kommunalen Wärmeplanung erfolgt auf Grundlage der geltenden bundesrechtlichen Vorgaben und wird durch Fördermittel des Bundes unterstützt. Damit werden die notwendigen Grundlagen geschaffen, um den Transformationsprozess hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung systematisch zu planen und umzusetzen. Mit der Erstellung des Wärmeplans setzt Krummhörn die Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) um und stärkt zugleich ihre Vorbildfunktion im kommunalen Klimaschutz, indem sie einen übertragbaren Orientierungsrahmen für andere Kommunen schafft.

Rechtlicher Rahmen

Die Erstellung der kommunalen Wärmeplanung (KWP) für die Gemeinde Krummhörn basiert auf den Anforderungen des Wärmeplanungsgesetzes (WPG), das seit dem 1. Januar 2024 in Kraft ist (Die Bundesregierung, 2019; BMJ, 2023). Das WPG verpflichtet alle deutschen Kommunen, eine strategische Planung für die Wärmeversorgung zu erstellen, um die nationalen Klimaziele zu erreichen und die Dekarbonisierung des Wärmesektors voranzutreiben.

Der rechtliche Rahmen des WPG stellt sicher, dass die KWP im Einklang mit den nationalen Klimazielen steht und die Umsetzung durch finanzielle Mittel unterstützt wird. Aufbauend auf das WPG ist am 18.11.2025 für das Bundesland Niedersachsen das Niedersächsische Klimaschutzgesetz entsprechend novelliert in Kraft getreten (NI-VORIS, 2025).

Der Beschluss zur Annahme eines kommunalen Wärmeplans ist in der Regel nicht rechtlich bindend (s. §23 (4) und §27 (2) WPG), sondern dient als strategische Orientierung. Rechtsverbindlichkeit entsteht erst durch explizite Gemeinderatsbeschlüsse, etwa zur Ausweisung von Wärmenetzgebieten oder zur Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwangs. Die kommunale Wärmeplanung ist somit ein dynamisches Instrument, das regelmäßig überprüft und an technologische sowie regulatorische Entwicklungen angepasst wird, um die Wärmewende nachhaltig und effizient zu gestalten (vgl. KEAN, o.J.a; weitere Infos: BNetzA, 2025; KWW, o.J.).

Verpflichtungen der Kommunen

Gemäß dem WPG müssen alle Städte und Gemeinden bis spätestens Ende Juni 2028 eine KWP vorlegen. Für größere Städte mit mehr als 100.000 Einwohner*innen gilt eine verkürzte Frist bis Ende Juni 2026. Ziel ist es, konkrete Maßnahmen zu entwickeln, um die

Treibhausgasemissionen zu reduzieren und den Übergang zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung zu gewährleisten.

Technische und inhaltliche Vorgaben

Das WPG stellt klare Anforderungen an die Inhalte der Wärmeplanung.

Dies beinhaltet

- die Bestandsaufnahme mit Erhebung und Analyse der bestehenden Wärmeversorgung, des Energiebedarfs und der genutzten Energieträger
- die Potenzialanalyse mit der Untersuchung der Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Energien und zur Reduzierung des Energieverbrauchs
- die Szenarientwicklung zur Darstellung verschiedener Entwicklungspfade zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung und ihrer wirtschaftlichen sowie ökologischen Auswirkungen
- eine Umsetzungsstrategie basierend auf konkreten Maßnahmen zur Erreichung der Klimaneutralität bis spätestens 2045

Diese Anforderungen gewährleisten eine einheitliche und fundierte Grundlage für die Wärmeplanung in Deutschland und tragen zur Transparenz und Vergleichbarkeit zwischen den Kommunen bei (vgl. BMWK & BMWSB, 2024).

Förderung und Finanzierung

Zur Unterstützung der Kommunen stellt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) über die Kommunalrichtlinie finanzielle Mittel aus dem Klima- und Transformationsfonds bereit. Zudem erhalten die Kommunen einen Belastungsausgleich für die Durchführung der ihnen durch das WPG/NKlimaG übertragenen Aufgaben. Diese Mittel dienen sowohl der Erstellung der Wärmepläne als auch der Finanzierung notwendiger Investitionen in die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Die Gemeinde Krummhörn konnte durch diese Fördermittel die Erstellung des kommunalen Wärmeplans sicherstellen.

2 Organisatorischer Rahmen (Projektmanagement)

Im Rahmen der KWP für Krummhörn wurde ein klar strukturiertes Prozess- und Kommunikationsmanagement implementiert, das sicherstellte, dass alle relevanten Akteur*innen effektiv eingebunden wurden und die Umsetzung zielgerichtet verlief. Die Projektleitung und -koordination lag bei der Arbeitsgemeinschaft *Hansa Luftbild Mobile Mapping GmbH – K2I2 Kompetenzzentrum für Klimawandel - & Infrastrukturmanagement e.U.*, die in enger Abstimmung mit der Gemeinde Krummhörn arbeitete. Ein Kernteam, bestehend aus der Gemeinde Krummhörn (Klimaschutz), sowie dem Projektteam der Arbeitsgemeinschaft *Hansa Luftbild – K2I2*, traf sich regelmäßig in Regelterminen (Jour fixe), um den Projektfortschritt zu überprüfen und die nächsten Schritte abzustimmen. Im Sinne eines breit getragenen Steuerungsteams wurden darüber hinaus zu allen Workshops und

Veranstaltungen stets sämtliche relevante Vertreter*innen eingeladen, um eine umfassende Einbindung und Abstimmung sicherzustellen. Dieses Gremium sorgte für die strategische Lenkung und stellte sicher, dass die Maßnahmen mit den politischen, wirtschaftlichen und sozialen Anforderungen vor Ort abgestimmt waren. Zusätzlich wurde durch eine fortlaufende Information über Zwischenergebnisse sowie eine öffentliche Abschlussveranstaltung Transparenz geschaffen und die Akzeptanz in der Öffentlichkeit nachhaltig gefördert. Diese regelmäßige Kommunikation, kombiniert mit einer strukturierten Zusammenarbeit zwischen den Akteur*innen, legte die Basis für eine methodische und transparente Umsetzung der KWP und trug entscheidend zur Zielerreichung bei (vgl. **Abb. 1**).

| Arbeitspakete (APs) / Zeitplan | 2025 | | | | | | 2026 | | |
|---|------|--------|-----------|---------|----------|----------|--------|---------|------|
| | Juli | August | September | Oktober | November | Dezember | Januar | Februar | März |
| AP0 - Projektmanagement | | | | | | | | | |
| AP1 - Bestandsanalyse | | | | *2 | | | | | |
| AP2 - Potentialanalyse | | | | *3 | | | | | |
| AP3 - Entwicklung des Wärmebedarfs und der Wärmeversorgungsstruktur | | | | | *4 | | | | |
| AP4 - Handlungsstrategie sowie Maßnahmenplanung | | | | | | | *5 | | |
| AP5 - Öffentlichkeitsbeteiligung und Akteursbeteiligung | | | | | | | | | |
| - Kommunikationsstrategie | | | *1 | | | | | | |
| - Verstetigungsstrategie | | | | | | | | *6 | |
| - Controlling-Konzept | | | | | | | | *7 | |
| AP6 - Ergebnisdarstellung | | | | | | | | | *8 |
| Kernteamsitzung | x x | x x | x 0 x | x x | x 0 x | x x | x x | x 0 x | x x |
| Kick-off Meeting im Workshop-Format (interaktive Gruppenarbeit) | | | 0 | | | | | | |
| Meeting des Steuerungskreises | | | 0 | | 0 | | 0 | | |
| Präsentation der Ergebnisse aus AP1 & AP2 sowie Vorschau auf AP3 & AP4 unter Einbindung der relevanten Akteursgruppen (inkl. Kernteam & Steuerungskreis/Politik), ggfs. unter Einbindung interessierter Bürgerinnen & Bürger im Umwelt-, Natur- und Planungsausschuss | | | | 0 | | | | | |
| Workshop unter Einbindung der relevanten Akteursgruppen (inkl. Kernteam & Steuerungskreis/Politik) zur Maßnahmenfestlegung | | | | | 0 | | | | |
| Abschlussveranstaltungen mit Präsentation des Wärmeplans unter Einbindung der relevanten Akteursgruppen (inkl. Kernteam & Steuerungskreis/Politik) und der Bürgerinnen & Bürger | | | | | | | | 0 | |

0 Termin vor Ort
x Video Konferenz
(x)/(0) optionale Termine



Meilensteine

- *1 Vorlage Entwurf Beteiligungs- und Kommunikationsstrategie inkl. begleitender Öffentlichkeitsarbeit
- *2 Abschluss und Präsentation der Ergebnisse aus AP1 - Zwischenbericht zur Bestandsanalyse sowie Energie- und Treibhausgasbilanz
- *3 Abschluss und Präsentation AP2 - Zwischenbericht - Potentialanalyse Energieeinsparpotenzialen & erneuerbaren Energien (inkl. möglicher Abwärmepotentiale)
- *4 Festlegung Zielszenario
- *5 Vorlage Umsetzungsstrategie mit Maßnahmenkatalog
- *6 Vorlage Verstetigungsstrategie
- *7 Vorlage Controlling-Konzept
- *8 Übergabe Endbericht & Abschluss der Wärmeplanung

Abb. 1: Arbeitspakete, Zeitplan und Meilensteine

2.1 Ziel und Bedeutung der kommunalen Wärmeplanung

2.1.1 Zielsetzung, Aufgaben und strategischer Rahmen der KWP in der Gemeinde Krummhörn

Die KWP verfolgt das übergeordnete Ziel, eine klimaneutrale Wärmeversorgung vor Ort zu erreichen und dabei eine nachhaltige, ökologisch verantwortungsvolle und wirtschaftlich tragfähige Energieinfrastruktur zu schaffen.

Die übergeordneten Zielsetzungen der KWP sind:

- **Dekarbonisierung der Wärmeversorgung:** Reduktion von CO₂-Emissionen durch den Einsatz erneuerbarer Energien und effizienter Technologien
- **Einhaltung von Klimazielen und gesetzlichen Vorgaben:** Beitrag zur Erreichung nationaler und internationaler Klimaschutzziele und Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen wie dem Wärmeplanungsgesetz
- **Erhöhung der Energieeffizienz:** Optimierung des Energieeinsatzes in Gebäuden und Versorgungssystemen
- **Stärkung der Versorgungssicherheit und Resilienz:** Aufbau einer stabilen, zukunftsfähigen Energieinfrastruktur, die auch auf klimatische und wirtschaftliche Herausforderungen vorbereitet ist
- **Regionale Wertschöpfung und Wirtschaftlichkeit:** Förderung lokaler Energielösungen und Stärkung der kommunalen Wirtschaft durch Investitionen in nachhaltige Projekte

Aufbauend auf diesen Zielsetzungen wurde die KWP für die Gemeinde Krummhörn entwickelt. Ziel war es, eine fundierte GIS-gestützte Datenbasis sowie belastbare Entscheidungsgrundlagen für die integrierte Entwicklung des Wärmesektors und nachfolgende Investitionen zu schaffen. Ein regelmäßiger Austausch im Kernteam und im Arbeitskreis, gezielte Maßnahmen wie der Maßnahmenworkshop sowie die Einbindung von Stakeholder-Rückmeldungen trugen maßgeblich dazu bei, die erforderlichen Grundlagen für den Wärmeplan zu erarbeiten. Als Ergebnis dieses Prozesses wurden die nachfolgend aufgelisteten zentralen Aufgaben sowie Instrumente und Strategiefelder definiert (vgl. Deutscher Städtetag, 2024; Riechel & Walter, 2022).

Zentrale Aufgaben der KWP in der Gemeinde Krummhörn sind:

- Identifikation von Gebieten, die aufgrund ihrer Wärmebedarfsdichte und Bebauungsstruktur für den Aufbau eines Wärmenetzes geeignet sind
- Klärung geeigneter Versorgungsoptionen (Wärmenetze, dezentrale erneuerbare Technologien, hybride Systeme) in den jeweiligen Ortsteilen
- Abschätzung der potenziellen Kosten unterschiedlicher Wärmeversorgungsoptionen
- Festlegung von Umsetzungsmaßnahmen zur Erreichung einer klimaneutralen und kosteneffizienten Wärmeversorgung bis 2040

Instrumente und Strategiefelder der KWP sind:

- Finanzierung: Förderprogramme, kommunale Anreizmodelle
- Planung und Organisation: Wärmekataster, Personal- und Kompetenzaufbau
- Rechtliches: Integration in Bauleitplanung, Nutzung regulatorischer Instrumente
- Kommunikation und Information: Öffentlichkeitsarbeit, Beratungsangebote
- Kooperation und Beteiligung: Einbindung lokaler Akteur*innen, Netzwerke
- Technologien: Erneuerbare Wärme, Speicher, Abwärmenutzung

2.1.2 Beitrag der Wärmewende zu Klimaschutz, regionaler Wertschöpfung und Versorgungssicherheit

Die Transformation der Wärmeversorgung ist ein zentraler Baustein zur Erreichung der im Bundes-Klimaschutzgesetz verankerten Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045. Dem Wärmesektor kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, da Raumwärme und Warmwasser einen erheblichen Anteil am Endenergieverbrauch in Deutschland ausmachen und somit ein zentrales Handlungsfeld für Emissionsminderungen darstellen (Umweltbundesamt, 2025). Für die Gemeinde Krummhörn im Landkreis Aurich ergibt sich daraus die Notwendigkeit, die lokale Wärmeversorgung langfristig zu transformieren und die hierfür geeigneten Umsetzungswege systematisch vorzubereiten.

Die derzeitige Wärmeversorgung ist in hohem Maße von fossilen Energieträgern abhängig. Mit deren Nutzung ist ein erheblicher jährlicher Mittelabfluss aus Deutschland verbunden. Die Nettoimporte fossiler Energieträger lagen in den vergangenen Jahren – abhängig von Weltmarktpreisen und Importmengen – in einer Größenordnung von rund 70 bis 150 Mrd. Euro pro Jahr (KfW Research, 2025). Diese Mittel stehen nicht für regionale Investitionen, kommunale Infrastrukturmaßnahmen oder lokale Wertschöpfungsketten zur Verfügung. Eine Umstellung der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energieträger kann daher nicht nur zur Emissionsminderung beitragen, sondern auch regionale Wirtschaftskreisläufe stärken.

Erneuerbare Wärmequellen wie Umweltwärme aus Luft, Erdreich, Grund- und Oberflächenwasser sowie Abwärme aus Industrie, Gewerbe und Abwasser gelten als zentrale Bausteine einer klimaneutralen Wärmeversorgung und sind überwiegend standortgebunden verfügbar (Umweltbundesamt, 2025; BMWK/BMWE, 2024; VKU & DWA, 2024). Internationale Analysen zeigen, dass erneuerbare Energiesysteme im Vergleich zu fossilen Energieträgern höhere regionale Wertschöpfungsanteile aufweisen, insbesondere durch Investitionen, Betrieb und Wartung (IRENA, 2024).

Darüber hinaus trägt der Ausbau erneuerbarer Wärmeversorgungssysteme wesentlich zur Erhöhung der Versorgungssicherheit bei. Die Reduktion von Importabhängigkeiten verringert die Exponierung gegenüber geopolitischen Risiken und Preisvolatilitäten auf internationalen Energiemärkten (BMWK, 2022; FÖS, 2024).

Ein zusätzlicher Treiber der Wärmewende ist die zunehmende Elektrifizierung und Flexibilisierung des Wärmesektors. Dynamische Stromtarife ermöglichen es, Preissignale aus dem Strommarkt stärker an Endkundinnen und Endkunden weiterzugeben und Stromverbrauch zeitlich zu verlagern, etwa durch den gezielten Betrieb von Wärmepumpen, Warmwasserspeichern oder Batteriespeichern. Seit dem 1. Januar 2025 sind Stromlieferanten verpflichtet, dynamische Stromtarife anzubieten; Voraussetzung ist in der Regel ein intelligentes Messsystem (BNetzA, 2025; BNetzA, o.J.). Parallel dazu verbessern sinkende Kosten für Photovoltaik und Batteriespeicher die Wirtschaftlichkeit dezentraler, strombasierter Wärmelösungen (Kost et al., 2024; Fraunhofer ISE, 2024).

2.1.3 Bedeutung dezentraler Versorgungsstrukturen in ländlich geprägten Räumen

Im Vergleich zu Städten und urban geprägten Regionen sind ländliche Kommunen häufig durch eine kleinteilige Siedlungsstruktur, mehrere Ortsteile und einen hohen Anteil dezentral organisierter Wärmeversorgung geprägt. Dies gilt auch für die Gemeinde Krummhörn, da die Bebauung auf Ortslagen verteilt ist und dadurch in vielen Bereichen geringe Wärmedichten bzw. Wärmeliniedichten und große Leitungslängen entstehen.

In dezentralen Wärmeversorgungsgebieten mit geringer Wärmedichte, heterogener Bebauung oder großen Entfernungen zwischen den Gebäuden ist der Ausbau klassischer Wärmenetze daher häufig technisch und/oder wirtschaftlich nicht sinnvoll. Wärmenetze sind in der Regel mit hohen Anfangsinvestitionen, langen Planungs- und Realisierungszeiträumen sowie einer langfristig tragfähigen Finanzierungs- und Erlöslogik verbunden. Unabhängig von der Eigentümer- und Betreiberstruktur erfordern sie stabile Rahmenbedingungen, eine ausreichende Anschlussquote sowie verlässliche Wärmeabnahmen.

Für ländlich geprägte Kommunen bedeutet dies, dass die Wärmewende nicht ausschließlich über großräumige Netzinfrastrukturen umgesetzt werden kann. Vielmehr kommt der gezielten Entwicklung dezentraler und teilräumlich differenzierter Versorgungsansätze eine zentrale Rolle zu. Hierzu zählen gebäudeindividuelle Lösungen ebenso wie kleinteilige Versorgungscluster (Mikronetze im Sinne kleinräumiger Wärme- bzw. Quartierslösungen), die mehrere Gebäude oder Nutzer organisatorisch zusammenführen, ohne ein flächendeckendes Wärmenetz vorauszusetzen.

Die kommunale Wärmeplanung hat vor diesem Hintergrund die Aufgabe, solche dezentral geprägten Teilräume im Gebiet der Gemeinde systematisch zu identifizieren, ihre strukturellen Rahmenbedingungen zu bewerten und geeignete Versorgungsoptionen transparent darzustellen. Damit wird eine realistische und umsetzungsorientierte Grundlage für Investitionsentscheidungen und weitere Planungsprozesse geschaffen.

2.1.4 Energiegemeinschaften und Energy Sharing als ergänzende Umsetzungsoption

Energiegemeinschaften und kooperative Betreibermodelle stellen in dezentral geprägten Teilräumen eine relevante Ergänzung zu klassischen Wärmenetzen dar. Sie ermöglichen

es, Investitionen, Betrieb und Risiken auf mehrere Akteure zu verteilen, lokale erneuerbare Energiepotenziale zu bündeln und die Akzeptanz durch direkte Beteiligung der Bürger zu erhöhen (BMWE, o. J.).

Mit dem sogenannten *Energy Sharing* wird in Deutschland erstmals ein gesetzlich verankerter Rahmen für die gemeinschaftliche Nutzung lokal erzeugten erneuerbaren Stroms geschaffen. Der Mechanismus ist im § 42c Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) geregelt. Verteilnetzbetreiber sind verpflichtet, die gemeinsame Nutzung von Strom aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen ab dem 1. Juni 2026 zu ermöglichen. Die Umsetzung ist zunächst auf Teilnehmer innerhalb desselben Bilanzierungsgebiets beschränkt; ab dem 1. Juni 2028 ist eine Ausweitung auf weitere Konstellationen vorgesehen (Deutscher Bundestag, 2024; BMJV, 2005).

Energy Sharing ermöglicht es Mitgliedern einer Energiegemeinschaft, Strom aus gemeinschaftlich betriebenen Anlagen – insbesondere Photovoltaik, perspektivisch auch KWK-Anlagen auf Basis von Biogas (ebenso aber auch Geothermie, Windkraft, Abwärme, etc. möglich) – bilanziell untereinander aufzuteilen. In Kombination mit dynamischen Stromtarifen, lokalen Speichern und flexiblen Verbrauchern ergeben sich zusätzliche wirtschaftliche Potenziale, insbesondere für Mikronetze in dezentralen Eignungsgebieten (dena, 2025; BNetzA, o.J.). Sinkende Kosten für Photovoltaik und Batteriespeicher verstärken diesen Effekt und verbessern die Wirtschaftlichkeit solcher Konzepte weiter (Kost et al., 2024; Fraunhofer ISE, 2024).

Der derzeitige Rechtsrahmen sieht dabei keine automatische finanzielle Privilegierung, etwa in Form pauschal reduzierter Netzentgelte, vor. Der Mehrwert von Energiegemeinschaften und *Energy Sharing* ergibt sich vielmehr aus der koordinierten Nutzung lokaler Erzeugung, der Kopplung von Strom-, Wärme- und Speicherstrategien sowie aus organisatorischen und wirtschaftlichen Synergien. Für die kommunale Wärmeplanung der Gemeinde ergibt sich daraus die Empfehlung, Energiegemeinschaften und Energy-Sharing-Ansätze in dezentralen Eignungsgebieten als ergänzende Umsetzungsoption systematisch mitzudenken und perspektivisch in Pilotprojekten zu erproben.

2.2 Einbindung der relevanten Akteur*innen

Die relevanten Akteur*innen der KWP wurden im Rahmen einer umfassenden Akteursbeteiligung aktiv in die Umsetzung eingebunden. Dabei standen die spezifischen Bedürfnisse und Perspektiven der Kommune, der Netzbetreiber, Energieversorger, Unternehmen sowie der Bürger*innen im Fokus. In Workshops und Expert*innenrunden wurden ihre Anliegen aufgenommen und in die Erstellung des kommunalen Wärmeplans integriert. Diese Zusammenarbeit stellt sicher, dass die Ergebnisse des Wärmeplans nicht nur die strategischen Ziele der Kommune, sondern auch die betriebswirtschaftlichen Anforderungen der Energieversorger sowie die Bedürfnisse der Bürger*innen berücksichtigt. Der kommunale Wärmeplan generiert somit einen umfassenden Mehrwert, indem er die Interessen und Anforderungen aller beteiligten Akteur*innen miteinander verknüpft und

zielgerichtete Lösungen für eine nachhaltige und zukunftsfähige Wärmeversorgung schafft:

- **Für die Kommune** bietet die Wärmeplanung eine Grundlage für die strategische Entwicklung der städtischen Energieinfrastruktur und unterstützt die gezielte Planung von Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Wärmesektors.
- **Für Netzbetreiber und Energieversorger** liefert die Wärmeplanung wichtige Erkenntnisse, um Planungen und Investitionen in den Umbau und die Anpassung der Wärmeinfrastruktur zu priorisieren.
- **Für Unternehmen** schafft der kommunale Wärmeplan Planungssicherheit und reduziert Kosten durch die Nutzung klimafreundlicher Wärmequellen. Gleichzeitig stärkt er die Wettbewerbsfähigkeit durch eine verbesserte ökologische Bilanz und fördert den Standort durch eine zukunftsfähige Wärmeinfrastruktur.
- **Für Bürger*innen** schafft der kommunale Wärmeplan Transparenz und Orientierung hinsichtlich verfügbarer, klimafreundlicher und kosteneffizienter Wärmeversorgungsoptionen.

3 Methodischer Ansatz der kommunalen Wärmeplanung

Die KWP in Krummhörn wurde in einem klar strukturierten und prozessorientierten Ablauf umgesetzt, der auf die kontinuierliche Zusammenarbeit verschiedener Akteur*innen und Arbeitspakete aufbaut. Die in der **Abb. 2** dargestellten Phasen spiegeln die einzelnen Schritte wider, die systematisch und koordiniert zur Erstellung des kommunalen Wärmeplans beigetragen haben.



Abb. 2: Phasen & Arbeitspakete des kommunalen Wärmeplans

Der gesamte Prozess wurde entlang der in der **Abb. 2** gezeigten Phasen und Arbeitspakete umgesetzt, die durch einen iterativen Charakter und regelmäßigen Austausch geprägt waren. Die Umsetzung wurde von einem engen Austausch zwischen der Arbeitsgemeinschaft *Hansa Luftbild - K2I2* und dem Kernteam begleitet und umfasste die folgenden methodischen Hauptschritte:

Bestandsanalyse mit Energie- & Treibhausgasbilanz

Im ersten Arbeitsschritt, der Bestandsanalyse, wurde der Ist-Zustand der Wärmeversorgung detailliert analysiert. Ein besonderer Fokus lag dabei auf der GIS-gestützten Gebäudebestandskartierung, um die energetische Struktur der Gemeinden präzise zu erfassen. Darüber hinaus wurde der Heizwärmebedarf für unterschiedliche Gebäudetypen und Sektoren abgeschätzt sowie die Brennstoffverteilung und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen untersucht. Diese sektorale Treibhausgasbilanz diente als Grundlage, um den Status quo der CO₂-Emissionen in der Wärmeversorgung zu quantifizieren. Die Ergebnisse der Bestandsanalyse bildeten die Datengrundlage für die weiteren Projektschritte.

Potenzialanalyse zu Energieeinsparpotenzialen & erneuerbaren Energien

In der zweiten Phase wurden mögliche Energieeinsparpotenziale und die Nutzung erneuerbarer Energien untersucht. Dabei wurden Energieeinsparpotenziale durch Sanierungsmaßnahmen bewertet, während erneuerbare Energien wie Solarthermie, Photovoltaik

und Biomasse lokalisiert und quantifiziert wurden. Gleichzeitig analysierte man technologische und infrastrukturelle Optionen hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen und technischen Machbarkeit. Um die Ergebnisse anschaulich darzustellen und leichter kommunizieren zu können, wurden verschiedene statistische Auswertungen erstellt und die Erkenntnisse mithilfe von Graphen, Diagrammen und interaktiven Kartenwerken visualisiert. Diese Phase legte den Grundstein für die Entwicklung von Szenarien und strategischen Maßnahmen.

Zielszenarien & Entwicklungspfade

Auf Basis der Potenzialanalyse wurden in dieser Phase alternative Zielszenarien und Entwicklungspfade erarbeitet. Dabei orientierte man sich an den im Projekt „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland“ (Langfristszenarien 3) definierten Treibhausgasneutralität bis 2045 (T45)-Strom Szenarien, die von einer starken Elektrifizierung des Energiesystems ausgehen (Fraunhofer ISI, 2023; vgl. Agora Think Tanks, 2024; Agora Think Tanks et al., 2024). Die festgelegten Entwicklungsszenarien skizzierten die Auswirkungen unterschiedlicher Sanierungspfade auf die zukünftigen Wärmedichten und zeigten auf, welche Wärmenetztypen und Technologien aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll wären.

Umsetzungsstrategie mit Maßnahmen

Im nächsten Arbeitsschritt wurde schließlich auf Grundlage der definierten Instrumente und Strategiefelder eine Umsetzungsstrategie entwickelt, die konkrete Maßnahmen und deren Priorisierung festlegt. Hierbei wurden zeitliche, technische und finanzielle Aspekte berücksichtigt, um die erarbeiteten Maßnahmen schrittweise und Prozess orientiert in die Realität umzusetzen. Die fortlaufende Information über Zwischenergebnisse und Workshops mit Beteiligung der Stakeholdergruppen schufen Transparenz und stärkten die Akzeptanz der erarbeiteten Maßnahmen. Durch diese Herangehensweise konnte eine tragfähige und langfristig anwendbare Entscheidungsgrundlage zur Erreichung der Klimaneutralität in der Gemeinde Krummhörn geleistet werden.

Verstetigung und Monitoring

Die Wärmeplanung ist ein dynamischer Prozess, der kontinuierlich überwacht und alle fünf Jahre überprüft werden muss (Wärmeplanungsgesetz, 22.12.2023, § 25, Abs.1), um sicherzustellen, dass die Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung umgesetzt werden und den Anforderungen des Wärmeplanungsgesetzes entsprechen. Die Verstetigungsstrategie des kommunalen Wärmeplans in der Gemeinde Krummhörn zielt darauf ab, die erarbeiteten Maßnahmen langfristig in die kommunalen Planungsprozesse und politischen Entscheidungen zu integrieren. Das Controlling-Konzept stellt sicher, dass die Umsetzung des Wärmeplans kontinuierlich überwacht und überprüft wird. Zentrale Indikatoren wie CO₂-Ausstoß, der Anteil erneuerbarer Energien und die Sanierungsquote werden fortlaufend analysiert und alle fünf Jahre einer Überprüfung unterzogen (vgl. Ortner et al. 2024).

4 Kommunikation und Partizipation

Die Kommunikationsstrategie im Rahmen der KWP diente dazu, Information und Partizipation zielgruppenspezifisch zu gestalten und so eine breite Akzeptanz und aktive Mitgestaltung zu fördern. U. a. wurde auch darauf geachtet, Personenkreise aus den Bereichen Politik, Schornsteinfegerinnung, Gewerbe und der Öffentlichkeit mit in den Ablauf einzubinden, um die Verbreitung der Informationen in ihren Netzwerken zu erhöhen. Die Kommunikation nutzte bewährte und reichweitenstarke Kanäle wie die Website der Gemeinde (Gemeinde Krummhörn, o.J.). Diese Kanäle boten kontinuierliche Updates, sensibilisierten die Öffentlichkeit und luden zur aktiven Beteiligung ein.

Ein besonderer Fokus lag auf interaktiven Formaten, um Transparenz zu schaffen und wertvolle Rückmeldungen von Unternehmen, Bürger*innen und politischen Vertreter*innen einzuholen. Dazu gehörten:

- Stakeholder-Mapping zur Identifikation relevanter Akteur*innen und Netzwerke
- Workshops wie Maßnahmenworkshop mit Beteiligung der relevanten Stakeholdergruppen und der Öffentlichkeit, um konkrete lokale Potenziale und Prioritäten zu erarbeiten
- Präsentationen in politischen Gremien, um die politische Unterstützung zu sichern

Zur Sicherstellung der Effektivität der Kommunikationsstrategie fanden regelmäßige Abstimmungen im Kernteam statt. Die Abschlusspräsentation fasste die Ergebnisse anschaulich zusammen und förderte die Akzeptanz für die politische Beschlussfassung und Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen. Die weiterführende Öffentlichkeitsarbeit ist darauf ausgerichtet, die Umsetzung der Maßnahmen transparent zu begleiten. Regelmäßige Fortschrittsberichte und öffentliche Updates im Rahmen der Verstetigung und Monitoring sollen das Vertrauen der Bevölkerung stärken und die nachhaltige Umsetzung der Maßnahmen fördern.

5 GIS-gestützte Datenanalyse und integriertes Datenmanagement

Im Rahmen des Projektmanagements wurde ein umfassendes Datenmanagement eingerichtet, um den komplexen Anforderungen der Wärmeplanung gerecht zu werden. Hierbei wurden alle relevanten Daten zur Wärmeversorgung, Energieinfrastruktur und Gebäudestruktur der Gemeinde systematisch erfasst, analysiert und in einer zentralen *Post-GIS/PostgreSQL*-Geodatenbank integriert. Die Einrichtung dieser Geodatenbank folgte einem strukturierten Prozess, der mit der systematischen Recherche, Sichtung und Beschaffung energierelevanter Daten begann. In diesem Kontext wurde eine Daten- und Indikatorenmatrix erstellt, die eine klare Übersicht über verfügbare Datenquellen und deren Relevanz für die Wärmeplanung bietet. Diese Matrix dient als zentrale Grundlage für die weitere Datenintegration und Analyse. Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der Analyse

und Integration des Raumwärmebedarfsmodells 2022, welches vom Bundesland bereitgestellt und fortlaufend aktualisiert wird (Wärmebedarfskarte Niedersachsen – KEAN, o.J.b). Dieser GIS-Datensatz ermöglicht die gebäudescharfe Modellierung des Heizwärmebedarfs und bildet die Ausgangsbasis für die energetische Bewertung des Gebäudebestandes (vgl. BMWK, 2024a). Basierend auf dieser Datenbasis wurde ein aggregiertes Gebäudemodell entwickelt und angewendet, um eine GIS-basierte sektorale Energie- und CO₂-Emissionsbilanz für das gesamte Gemeindegebiet zu erstellen. Dabei wurden Gebäude hinsichtlich ihrer Typologie, Baualtersklasse und Nutzung analysiert. Die Aufbereitung absoluter und spezifischer Energieverbrauchswerte sowie CO₂-Emissionen nach verschiedenen Verbrauchergruppen und Sektoren erfolgte ebenfalls auf Basis der zentralen Datenbank. Hierbei wurden ergänzend geltende Standards wie *BISKO* (Bilanzierungssystematik Kommunal) (Hertle et al., 2019; Difu, 2025), das endenergiebasierte Territorialprinzip und die Berechnung von THG-Emissionsfaktoren (inklusive Vorketten) die Gebäudekartierung und Wärmebedarfsmodellierung nach *Typology Approach for Building Stock Energy Assessment (TABULA)*-Standard (IWU, 2022) berücksichtigt. Dieser Ansatz ermöglichte eine detaillierte Wärmebedarfsanalyse und eine präzise Abbildung der energetischen Eigenschaften des Gebäudebestands. Die zentrale Speicherung und standardisierte Aufbereitung der Daten in einem GIS-kompatiblen Format lässt nicht nur die nahtlose Verknüpfung unterschiedlicher Datenquellen und den Datenfluss ohne Medienbruch zu, sondern schafft auch die Basis für die mögliche zukünftige Erstellung eines digitalen Zwillinges (ein virtuelles Abbild, z. B. einer Stadt). Dieser ist in der Lage, die realen Strukturen der Gemeinde Krummhörn als interaktives Modell abzubilden und weitreichende Potenziale für Szenario-Simulationen und räumliche Analysen zu bieten. Abschließend wurden die Ergebnisse statistisch aufbereitet und kartographisch in verständlicher Form dargestellt. Mit dem Abschluss des Projekts werden sämtliche aufbereiteten GIS-Daten und Karten an die Gemeinde Krummhörn übergeben. Diese Übergabe gewährleistet, dass die Gemeinde über eine fundierte und umfassende Datengrundlage verfügt, die sie für zukünftige Planungen und Maßnahmen nutzen kann.

6 Ergebnisse

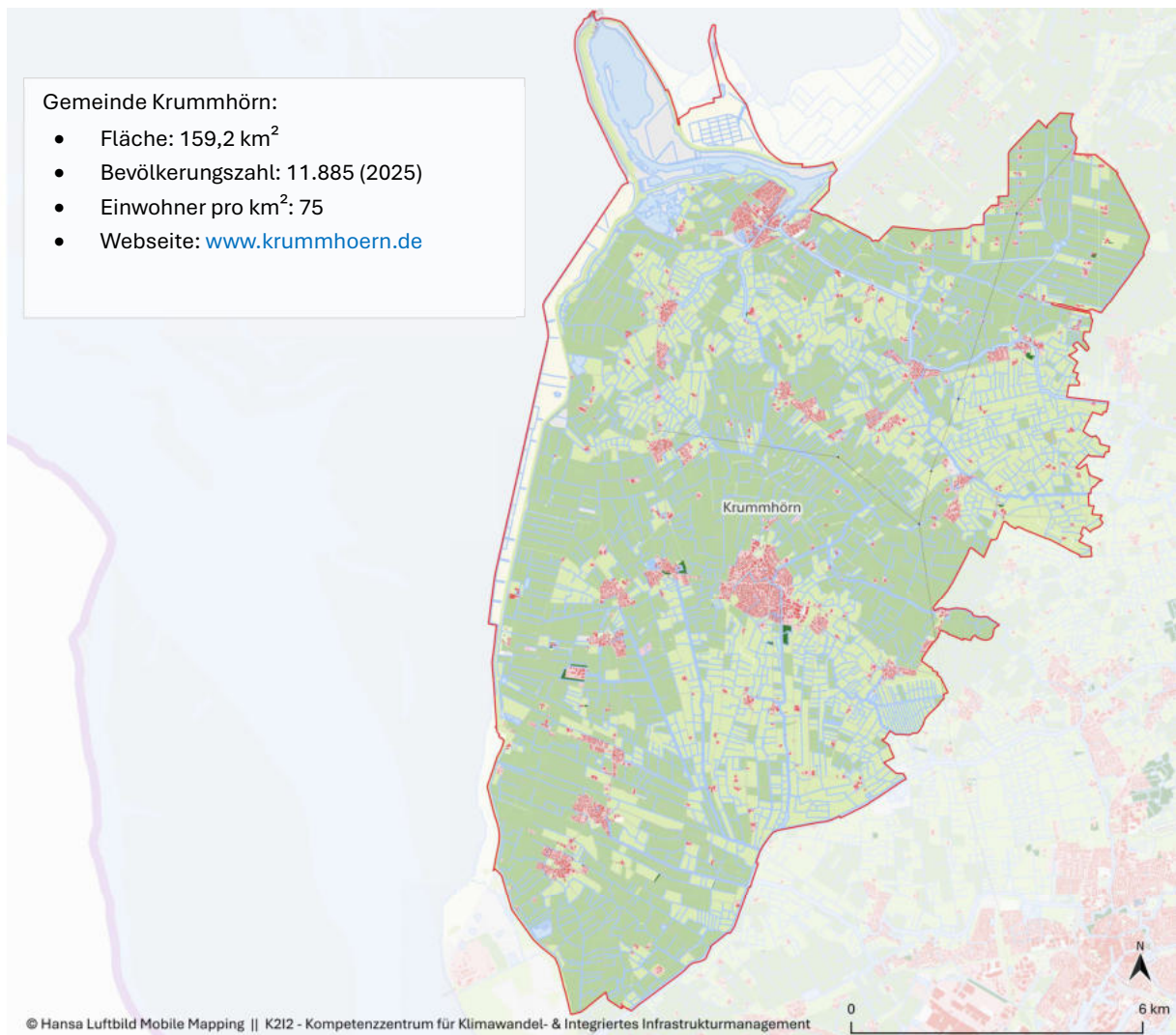


Abb. 3: Geographische Merkmale und Basisstatistiken (Quelle: AdV, 2025; Landesamt für Statistik Niedersachsen 2026)

Die Gemeinde Krummhörn befindet sich im Landkreis Aurich in Niedersachsen, umfasst 19 Ortsteile und erstreckt sich über eine Fläche von 159,20 km². Im Jahr 2026 (Stand Januar 2026) zählt die Gemeinde 11.885 Einwohner*innen, was einer Bevölkerungsdichte von rund 75 Einwohner*innen pro km² entspricht (vgl. **Abb. 3**).

6.1 Bevölkerungsentwicklung

Die Gemeinde Krummhörn verzeichnete in den vergangenen Jahren eine insgesamt rückläufige Entwicklung der Bevölkerungszahl. Während im Jahr 2005 noch 13.280 Einwohner*innen in der Gemeinde lebten, sank die Einwohnerzahl bis 2025 auf 11.885 Personen. Prognosen gehen davon aus, dass sich dieser Trend fortsetzt und die Bevölkerung bis zum Jahr 2040 weiter auf etwa 10.150 Einwohner*innen zurückgehen wird (- 15%). Vor dem

Hintergrund dieser demografischen Entwicklung liegen die Einwohnerdichten künftig unter den typischen Schwellenwerten für wirtschaftlich tragfähige Wärmenetze, die laut Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) bei etwa 300–500 Einwohner*innen pro km² liegen. Diese Rahmenbedingungen machen eine sorgfältige und vorausschauende Planung der kommunalen Wärmeversorgung erforderlich (vgl. **Abb. 4**).

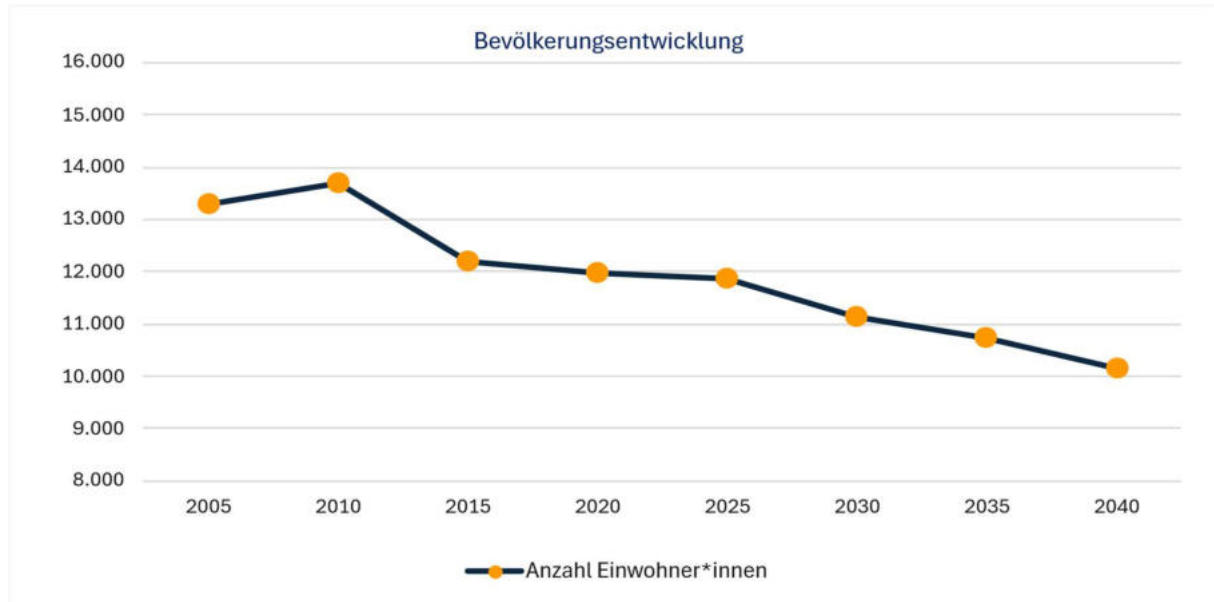


Abb. 4: Entwicklung der Bevölkerungszahl in der Gemeinde Krummhörn (Eigene Darstellung und Berechnung; Quelle: Landesamt für Statistik Niedersachsen, 2026)

6.2 Harmonisierung der demographischen Entwicklung mit der Wärmeplanung

Die Gemeinde Krummhörn steht vor der Herausforderung, den zukünftigen Wohnraumbedarf und die Energienutzung in Einklang zu bringen. Die demografische Entwicklung und der prognostizierte Bevölkerungsrückgang erfordern eine umfassende Planung, um sowohl den Wohnraumbedarf zu decken als auch die Energieinfrastruktur nachhaltig zu gestalten.

Aus diesen Tatsachen lassen sich folgende zu betrachtende Aspekte ableiten:

Wohnraumbedarf und Energienutzung

- Der erwartete Rückgang an Bevölkerung bis 2040 erfordert eine angepasste Planung neuer Wohngebiete sowie gezielte Nachverdichtung in den Gemeinden. Dabei ist es wichtig, eine energieeffiziente Bauweise zu fördern, um den zukünftigen Heizenergiebedarf nachhaltig zu decken.
- Gleichzeitig ist die Modernisierung des bestehenden Gebäudebestands entscheidend, um durch energetische Sanierungen Energieverluste zu minimieren und den Einsatz fossiler Brennstoffe schrittweise zu reduzieren.

Demografische Entwicklung und Energieverbrauch

- Der demografische Wandel hin zu einer älteren Bevölkerung führt zu einer erhöhten Nachfrage nach barrierefreien und energieeffizienten Wohnkonzepten. Innovative Heizlösungen wie Wärmepumpen und andere erneuerbare Energien könnten hier eine sinnvolle Antwort bieten.
- Die sinkende Haushaltsgröße in Kombination mit einer alternden Bevölkerung könnte den spezifischen Energieverbrauch pro Person erhöhen. Daher ist es notwendig, angepasste Versorgungslösungen zu entwickeln, die den unterschiedlichen Bedürfnissen der Einwohner*innen gerecht werden.

Die zukünftige Wärmeplanung in Krummhörn muss diese Aspekte berücksichtigen, um die Gemeinde als attraktiven Wohnstandort zu sichern und gleichzeitig den Energiebedarf nachhaltig zu gestalten.

6.3 Veränderte Nutzungsanforderungen

Trotz der heterogenen Siedlungsstruktur und teilweiser geringer Dichte in Randlagen bietet die Gemeinde Krummhörn Potenziale, durch innovative und anpassungsfähige Ansätze die Wärmeversorgung nachhaltig zu gestalten:

- **Dezentrale und hybride Systeme**

In weniger dicht besiedelten Gebieten können dezentrale Einzelheizsysteme, wie Wärmepumpen, Pelletheizungen oder kleinere Nahwärmenetze, effizient eingesetzt werden. Diese Systeme zeichnen sich durch Flexibilität aus und können gezielt durch die Kombination verschiedener Energiequellen und Technologien an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden. Die Integration solcher Systeme unterstützt die Reduktion des CO₂-Ausstoßes und sorgt gleichzeitig für eine zuverlässige Wärmeversorgung.

- **Integration erneuerbarer Energien**

Der Ausbau von solarthermischen Anlagen, Biomasse und Wärmepumpen ist entscheidend für eine Dekarbonisierung in der zukünftigen Wärmeversorgung. Diese Technologien sind besonders geeignet, um kleinere Netzstrukturen oder Einzelversorgungen wirtschaftlich zu gestalten. Die Nutzung erneuerbarer Energien trägt nicht nur zur Erreichung nationaler Klimaziele bei, sondern verbessert auch die lokale Versorgungsautarkie.

- **Clusterlösungen**

In Neubaugebieten oder dichter besiedelten Gemeinden können Clusterlösungen für Wärmenetze entstehen. Diese ermöglichen durch Kombination mit erneuerbaren Energien einen wirtschaftlichen und ökologisch sinnvollen Betrieb. Diese Cluster ermöglichen eine effiziente Wärmeverteilung und die gemeinsame Nutzung von Ressourcen, was die Betriebskosten senkt und die Versorgungssicherheit erhöht.

- **Schrittweiser Rückbau des bestehenden Gasnetzes**

Eine klimaneutrale Wärmeversorgung erfordert einen schrittweisen Umbau des bestehenden Gasnetzes zur Erreichung der gesetzlich vorgeschriebenen Dekarbonisierung bis spätestens 2045. Das novellierte Gebäudeenergiegesetz (GEG) legt fest (BMWK, 2024b), dass ab dem 1. Januar 2024 nur noch Heizsysteme installiert werden dürfen, die mindestens 65 % erneuerbare Energien nutzen. Der Einsatz fossiler Gasheizungen ist nur noch zulässig, wenn nachgewiesen wird, dass ein ausreichender Anteil erneuerbarer Gase, wie Biomethan oder grüner Wasserstoff, verwendet wird. Für Bestandsgebäude gelten ab 2029 stufenweise steigende Anteile erneuerbarer Energien, die bis 2045 auf 100 % ansteigen müssen.

- **Errichtung eines Wasserstoffnetzes**

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung spielt der Aufbau eines Wasserstoffnetzes in Krummhörn gegenwärtig keine zentrale Rolle. Derzeit fehlen sowohl konkrete betriebliche Bedarfe als auch die infrastrukturellen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für eine umfassende Wasserstoffversorgung. Eine vollständige Integration in das bestehende Gasnetz oder die Errichtung eines eigenständigen Wasserstoffversorgungsnetzes ist im Zeithorizont der kommunalen Wärmeplanung mit hoher Wahrscheinlichkeit auszuschließen.

Für spezifische Bedarfe, insbesondere im industriellen Bereich oder für Sonderanwendungen, könnte sich eine mobile Wasserstoffversorgung als flexible und wirtschaftliche Lösung anbieten. Diese Möglichkeit erlaubt es, punktuelle Bedarfe zu decken, ohne umfangreiche Investitionen in ein stationäres Netz tätigen zu müssen, insbesondere in der Übergangsphase bis zur breiteren Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff.

Langfristig könnte die Entwicklung eines stationären Wasserstoffnetzes in Betracht gezogen werden, wenn die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff steigt und sektorübergreifende Anwendungen, wie in der Mobilität oder zur Speicherung erneuerbarer Energien, in der Region verstärkt nachgefragt werden.

Die prognostizierte Bevölkerungsentwicklung wird maßgeblichen Einfluss auf den Einsatz und den Neubau von Heiz- und Energiesystemen haben. Der zukünftige Bedarf an Wohnraum und Infrastruktur erfordert eine vorausschauende Planung, um Energieengpässe zu vermeiden und den Energieverbrauch nachhaltig zu gestalten. Innovative Ansätze im Bereich der Wärmeversorgung werden daher essenziell sein, um den zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden und gleichzeitig die Klimaziele zu erreichen. Eine enge Abstimmung zwischen den Akteur*innen aus der Energieversorgung und der kommunalen Planung ist hierbei unerlässlich, um wirtschaftliche und technisch tragfähige Lösungen zu entwickeln, die den Übergang zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung erleichtern.

7 Bestandsanalyse

Die KWP für das Gemeindegebiet wurde auf Basis eines umfassenden, GIS-gestützten und datenbasierten Ansatzes erarbeitet. Dieser verbindet eine detaillierte Bestandsanalyse mit räumlicher Visualisierung und sektoraler Bilanzierung.

Das Arbeitspaket ‚Bestandsanalyse‘ diente der systematischen Erfassung und Bewertung der energetischen Wirksamkeit der bestehenden Raum- und Gebäudestruktur innerhalb der Gemeinde. Ziel war es, eine gebäudescharfe Datengrundlage zu schaffen, die den Heizwärmebedarf sowie die damit verbundenen Treibhausgasemissionen präzise quantifiziert, analysiert und räumlich verortet darstellt.

7.1 Differenzierung und Auswahl der Betrachtungsebenen im Wärmeplanungsgebiet

Die KWP für Krummhörn basiert auf einer differenzierten Betrachtung der relevanten Maßstabs- und Informationsebenen. Dabei wird zwischen dem einzelnen Gebäude und dem Baublock als aggregierte Einheit unterschieden, um sowohl detaillierte als auch strategische Planungsgrundlagen zu schaffen. Diese Herangehensweise ermöglicht es, sowohl die individuelle Gebäudeperspektive zu berücksichtigen als auch das Potenzial für Wärmeversorgungssysteme auf Baublock-, Ortsteil- oder auf Ebene der gesamten Gemeinde systematisch zu analysieren.

Das individuelle Gebäude als Grundlage der Analyse

Das individuelle Gebäude bildet die primäre Maßstabs- und Informationsebene und stellt die Grundlage für eine differenzierte Analyse dar, insbesondere bei der Ermittlung des Wärmebedarfs und der Sanierungspotenziale. Auf dieser Ebene wurden spezifische Gebäudemerkmale erfasst, darunter:

- Gebäudetyp (z. B. Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Nichtwohngebäude)
- Nutzung (Wohngebäude, Gewerbe, öffentliche Nutzung)
- Gebäudealter und energetischer Zustand
- Nutzfläche und Heizsystem
- Anzahl der Bewohner*innen

Der Baublock als maßgebliche Analyse- und Planungsebene

Der Baublock repräsentiert die aggregierten Merkmale aller Gebäude innerhalb eines bestimmten Bereichs. Diese Daten wurden räumlich verortet und sowohl statistisch-tabellarisch als auch kartografisch (z. B. mittels GIS) aufbereitet. Ein sogenannter ‚Baublock‘ ist ein städtebaulicher Begriff und bezeichnet eine räumliche Einheit innerhalb einer Stadt/Gemeinde oder Siedlung, die durch Straßen, Wege oder andere physische Barrieren (z. B. Eisenbahnlinien oder Fließgewässer) begrenzt ist. Innerhalb eines Blocks befinden sich in der Regel mehrere zusammenhängende oder freistehende Gebäude.

Auf den folgenden Abbildungen in den Kap. 7 und 8 werden Kartenausschnitte aus verschiedenen Ortsteilen der Gemeinde exemplarisch dargestellt. Nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung für die Gemeinde werden sämtliche Datensätze und Geodaten an die Gemeinde übergeben, sodass die technische Möglichkeit (ggf. in einem GIS) besteht, individuelle Standorte sowie spezifische Kartenausschnitte innerhalb der Gemarkungen weiterer Ortsteile einzusehen bzw. bereitzustellen.



Abb. 5: Der Baublock als maßgebliche Analyse- und Planungsebene für die kommunale Wärmeplanung (am Beispiel von Pewsum)

Zur Charakterisierung eines Baublocks im Rahmen der KWP gehören Indikatoren, wie der dominierende Gebietstyp (z. B. Wohn-, Gewerbe-, Mischgebiet), die Bauepoche, die Wärmedichteklasse und die genutzten Energieträger oder die infrastrukturelle Erschließung (vgl. **Abb. 5**). Diese Merkmale ermöglichen eine präzise Analyse der energetischen Situation und bilden die Grundlage für die Wärmeversorgungsplanung.

Basierend auf der Bewertung der Baublöcke wurde abgeleitet, welche Wärmeversorgungsart am geeignetsten ist – beispielsweise die Ausweisung als Wärmenetzgebiet oder als Gebiet für eine dezentrale Wärmeversorgung. Gleichzeitig wurde eine zeitliche Planung erarbeitet, die die Verfügbarkeit der empfohlenen Versorgungsart im Zeitverlauf abbildet. Hierbei fließen technische, wirtschaftliche und klimapolitische Kriterien und Abwägungen ein.

Generell gilt, dass auf folgenden Abbildungen, auf denen auf Karten analysierte Daten aggregiert auf der Baublockebene gezeigt werden, solche Baublöcke aus Datenschutzgründen nicht dargestellt werden, in denen es weniger als vier Adresspunkte gibt.

Kategorisierung der Baublöcke

Die Baublöcke wurden für die weitere Bearbeitung drei Kategorien zugeordnet:

- **Siedlungskerngebiet**, das sich aufgrund der Siedlungsstruktur und der höheren Bedarfsdichten potenziell für die Errichtung eines Wärmenetzes eignet

- **Einzelgebäude mit dezentraler Energieversorgung**, die auf die individuellen Anforderungen der Gebäude abgestimmt ist
- **Gebäudecluster** ab fünf Adresspunkten, die Potenzial für die Bildung organisierter Energiegemeinschaften bieten und der Betrieb eines Mikronetzes eine wirtschaftlich und technisch sinnvolle Lösung darstellen kann.

7.2 Arbeitsschritte und Ergebnisse der GIS-gestützten Datenverarbeitung, Analyse und Visualisierung

Die adresspunktgenaue Erfassung des Gebäudebestandes umfasst eine systematische Erhebung und Analyse auf Basis von ALKIS-Daten, Basiskarten vom Bundesamt für Kartografie und Geodäsie (BKG, Basemap) und Open Street Map (OSM), Zensus-2022-Daten, 3D-Gebäudemodell, Adresspunktverortung sowie weiteren relevanten Datensätzen, um eine detaillierte Grundlage für die Planung und Bewertung energetischer Maßnahmen zu schaffen (BKG, 2025; Destatis, 2025; OSMF, o.J.; vgl. **Abb. 6**).



Abb. 6: Verorteter Gebäudebestand am Beispiel von Greetsiel

7.2.1 GIS-basierte Analyse und Visualisierung

Die relevanten Gebäudeeigenschaften wie Baualtersklassen, Gebäudetypen, Nutzungsarten und vorhandene Heizsysteme wurden umfassend analysiert, um eine fundierte Grundlage für die Wärmeplanung zu schaffen. Ergänzend wurden Daten zur Netzinfrastruktur und bestehenden Wärmeversorgungsanlagen integriert, wodurch ein vollständiges Bild der energetischen Ausgangslage entstand.

Zur systematischen Visualisierung und Analyse der Ergebnisse wurde ein zensuskonformes 100x100 Meter-Raster generiert. Dieses Raster ermöglichte die anonymisierte Darstellung von Zensusergebnissen und aggregierten Daten, sodass personenbezogene Informationen geschützt blieben. Gleichzeitig diente es als Basis für erste räumliche und

statistische Auswertungen, die wertvolle Einblicke in lokale Gegebenheiten und Entwicklungspotenziale lieferten (vgl. **Abb. 7**). Diese Arbeitsschritte wurden erfolgreich durchgeführt und bilden eine wichtige Grundlage für die weitere Planung und Entscheidungsfindung.



Abb. 7: Zensus Gitterzellen (100x100-Meter-Gitter) mit aggregierten Heizenergiebedarfen (Pewsum)

7.2.2 Energiebedarfsmodellierung

Der Heizwärmebedarf wurde sektoren- und gebäudegruppenspezifisch auf Basis etablierter Modelle und verlässlicher Datenquellen ermittelt. Eine besondere Herausforderung stellt dabei der Umstand dar, dass konkrete und flächendeckende Informationen zu durchgeführten Sanierungsmaßnahmen in der Regel nicht vorliegen. Um dennoch eine fundierte und realitätsnahe Abschätzung des Wärmebedarfs zu ermöglichen, wurden verschiedene gebäudespezifische Merkmale und Datengrundlagen einbezogen, darunter:

- die Bauepoche
- der Gebäudetyp (z. B. Einfamilienhaus oder Mehrfamilienhaus)
- Daten der bevollmächtigten Schornsteinfeger (z. B. Brennstoffart, Heizungsart, Kesselalter)
- sowie datenschutzkonform aggregierte, reale Energieverbrauchsdaten auf Gebäudegruppen- bzw. Baublockebene

Im nächsten Schritt wurden die ermittelten Daten auf Straßenzug-, Gemeinde- und Ortsteilebene aggregiert. Dadurch konnten energetische Hotspots identifiziert werden, etwa Cluster älterer Gebäude, Gebiete mit einem hohen Anteil fossiler Energieträger oder Bereiche mit einer besonders hohen Wärmebedarfsdichte. Diese Informationen sind essenziell, um gezielte Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung zu entwickeln.

Zur Verdeutlichung der räumlichen Muster und Konzentrationen der Heizwärmebedarfe wurde eine sogenannte *Heatmap* (**Abb. 8**) erstellt. Diese zeigt anschaulich die Verteilung der Bedarfe im Untersuchungsgebiet und erleichtert die Identifikation prioritärer Handlungsfelder. Ergänzend dazu wurde der Gebäudebestand in einer 3D-Visualisierung dargestellt, um die Raumstrukturen und energetischen Herausforderungen noch plastischer und verständlicher abzubilden. Diese Visualisierungen unterstützen nicht nur die Analyse, sondern auch die Kommunikation mit Stakeholder und die strategische Planung von Maßnahmen.

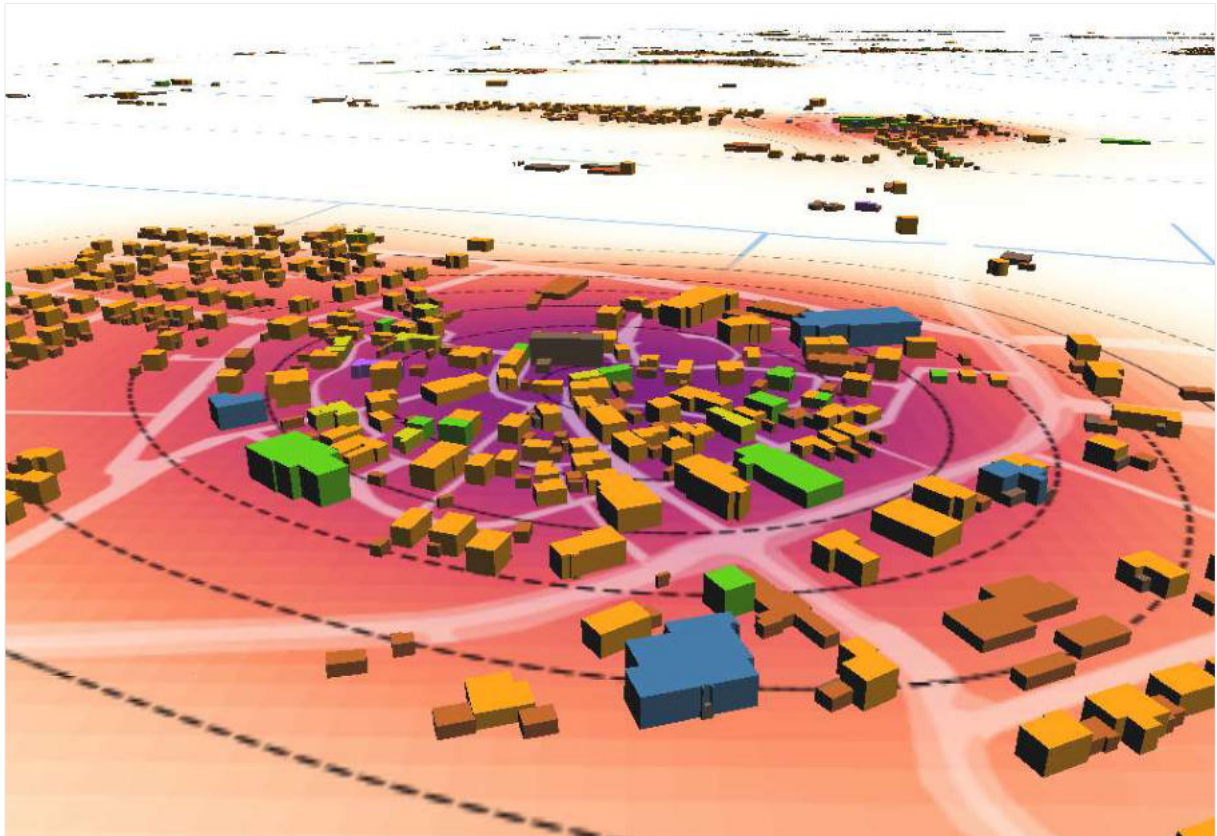


Abb. 8: Die Heatmap als analytisches Instrument zur Analyse der räumlichen Wärmebedarfsmuster am Beispiel von Loquard

Im Rahmen der KWP wurden Baublöcke als zentrale Planungselemente eingesetzt, um räumlich zusammenhängende Bereiche mit ähnlichen energetischen Profilen zu identifizieren. Für jeden Baublock entstand eine detaillierte Energie- und Treibhausgasbilanz, die eine fundierte Bewertung der energetischen Ausgangslage ermöglicht. Die Ergebnisse wurden kartografisch aufbereitet, um räumliche Muster und priorisierte Handlungsfelder übersichtlich darzustellen und so eine gezielte Planung von Maßnahmen zur Emissionsminderung zu unterstützen. **Abb. 9** illustriert den ermittelten Heizwärmebedarf. Grundlage der Darstellung ist eine baublockweise Analyse, bei der der Heizwärmebedarf in Megawattstunden pro Jahr (MWh/a) erfasst wurde. Baublöcke mit weniger als vier Adresspunkten wurden aus Datenschutzgründen nicht dargestellt.



Abb. 9: Gegenwärtiger Heizwärmebedarf in MWh/a (Greetsiel)

Der Heizwärmebedarf innerhalb der Baublöcke wurde unter anderem mit Daten zu Heizsystemen und Brennstoffen kombiniert. Dies ermöglicht die räumliche Darstellung und Verortung der Energieträger auf Baublockebene oder im 100x100-Meter-Zensusgitter (siehe **Abb. 10**) sowie die Berechnung der daraus resultierenden spezifischen CO₂-Emissionen.



Abb. 10: Ermittelte räumliche Brennstoffverteilung, dargestellt auf dem 100x100-Meter-Zensusgitter (Pewsum)

7.2.3 Heizwärmedichte

Da die generierten Baublöcke unterschiedliche Größen aufweisen, wurde für die weiterführenden Analysen die Heizwärmedichte berechnet. Diese ist definiert als Heizwärmebedarf pro Hektar Baublockfläche. Hohe Heizwärmedichten deuten auf eine intensive Energie- oder Wärmenutzung hin (z. B. in dicht bebauten Gebieten), während niedrige Dichten auf einen geringeren Bedarf (z. B. in ländlichen oder locker bebauten Gebieten) hinweisen. Die Normalisierung ermöglicht es, Energiekennzahlen unabhängig von der Baublockgröße zu bewerten und zu vergleichen. Dies bildet eine wesentliche Grundlage für die Auswahl potenzieller Planungs- und Fokusgebiete, insbesondere zur Identifikation von Gebieten, die sich aufgrund hoher Heizwärmedichten für den Ausbau eines Wärmenetzes eignen. Da die Gemeinde Krummhörn eine ländlich geprägte Gemeinde mit ähnlicher Siedlungsstruktur und Bebauung ist, wird kein gesondertes Schwerpunktgebiet festgelegt – das gesamte Gemeindegebiet wird als Fokusgebiet betrachtet (vgl. BMWK 2024c).

7.2.4 Baublockcharakterisierung

Im Rahmen der Analyse wurde der nächste Schritt unternommen, um die spezifischen Merkmale jedes Baublocks detailliert auszuwerten und für jeden Baublock eine umfassende bauliche und energetische Charakterisierung vorzunehmen. Hierfür wurden verschiedene nachfolgend gelistete Indikatoren und Kennzahlen berechnet sowie individuelle Steckbriefe pro Baublock erstellt.

Aufbereitete und analysierte Baublockmerkmale und -indikatoren

- Anzahl der Gebäude und Adresspunkte
- Gebäudekategorie und Gebäudetyp (z. B. Wohngebäude oder Nichtwohngebäude)
- Wohngebäudetyp und Bauepoche/Baualtersklasse (minimales, dominierendes und maximales Baujahr)
- Baublockfläche, Nutzung sowie versiegelte und nicht versiegelte Flächenanteile
- Kennzahlen wie Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ)
- Gebäudeeigenschaften wie Gebäudehöhe und Sanierungspotenzial
- Energetische und klimarelevante Indikatoren, darunter:
 - Raumwärmebedarf
 - Heizwärmebedarf
 - Strombedarf
 - Art des Brennstoffs
 - Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen)
- Nutzflächenanteile sowie die Anzahl der Bewohner pro Baublock

Darüber hinaus wurde eine Reihe spezifischer Kennzahlen ermittelt, die eine genauere Beurteilung der baulichen und energetischen Situation ermöglichen. Dazu zählt beispielsweise der Flächenverbrauch pro Person und der Energiebedarf pro Quadratmeter Nutzfläche. Diese Indikatoren bieten eine Grundlage für spezifische Steckbriefe und ermöglichen eine fundierte Beurteilung in Bezug auf städtebauliche, energetische und infrastrukturelle Fragestellungen sowie die differenzierte Bewertung und die Ableitung gezielter Umsetzungsmaßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung und Dekarbonisierung.

7.2.5 Wärmelinienichte

Zur weiteren Unterstützung der Wärmeplanung wurde die Wärmelinienichte visualisiert, die eine präzise Analyse der Wärmebedarfe entlang von Straßenabschnitten ermöglicht. Dabei wurden die ermittelten Heizwärmebedarfe ins Verhältnis zur Länge der jeweiligen Straßenabschnitte bzw. zur für die Wärmeversorgung relevanten Trassenlänge gesetzt. Diese Methode bietet nicht nur eine anschauliche Darstellung der Wärmeverteilung, sondern ermöglicht auch die Identifikation erster möglicher Wärmenetztypen und Trassenführung sowie den Abgleich mit geplanten größeren Infrastrukturprojekten (z. B. im Bereich Straßenbau).



Abb. 11: Wärmelinienichte Megawattstunden pro laufendem Meter und Jahr (MWh/lfm·a) und deren Eignung für ein Wärmenetz (Pewsum)

Die Visualisierung der Wärmelinienichten leistet somit einen Beitrag zur Planung effizienter Wärmeversorgungs-lösungen und unterstützt gleichzeitig eine ganzheitliche, ortsbauliche und integrierte Infrastrukturplanung (vgl. **Abb. 11**). Dies schafft Synergien zwischen unterschiedlichen Handlungsbereichen und sorgt für eine nachhaltige und zukunftsorientierte Gestaltung kommunaler Versorgungsstrukturen.

7.3 Gebäudebestand – Anzahl Gebäude



Abb. 12: Gebäudebestand nach Gebäudekategorie am Beispiel von Manslagt

Die Anzahl der Adresspunkte in der Gemeinde Krummhörn, und damit der postalisch erreichbaren Hauptgebäude, beträgt 6.698. Diese Zahl repräsentiert eine wichtige Referenzgröße für die KWP, da sie eine gute Annäherung an die Anzahl beheizter Gebäude bietet, wie Wohnhäuser, Gewerbeimmobilien und öffentliche Gebäude. Die Anzahl der Adresspunkte stellt eine sehr gute Annäherung dar, die jedoch in bestimmten Fällen von der tatsächlichen Situation abweichen kann. Insbesondere bei industriell genutzten Gebäuden und Lagerhallen, die teilweise als Neben- oder Anbauten klassifiziert sind, können sich Abweichungen ergeben. Solche Gebäude sind häufig nur in Teilbereichen beheizt oder benötigen keine kontinuierliche Wärmezufuhr. Darüber hinaus sind in solchen Bereichen häufig zentrale Verteiler- oder Anschlusspunkte zu finden, die mehrere Gebäude gleichzeitig versorgen. Dies führt zu einer Unschärfe in der Zuordnung von Energiebedarf und Gebäudeeinheiten, da nicht jedes Gebäude individuell erfasst oder adressiert ist (vgl. **Abb. 12**).

Entwicklung der Gebäudeanzahl

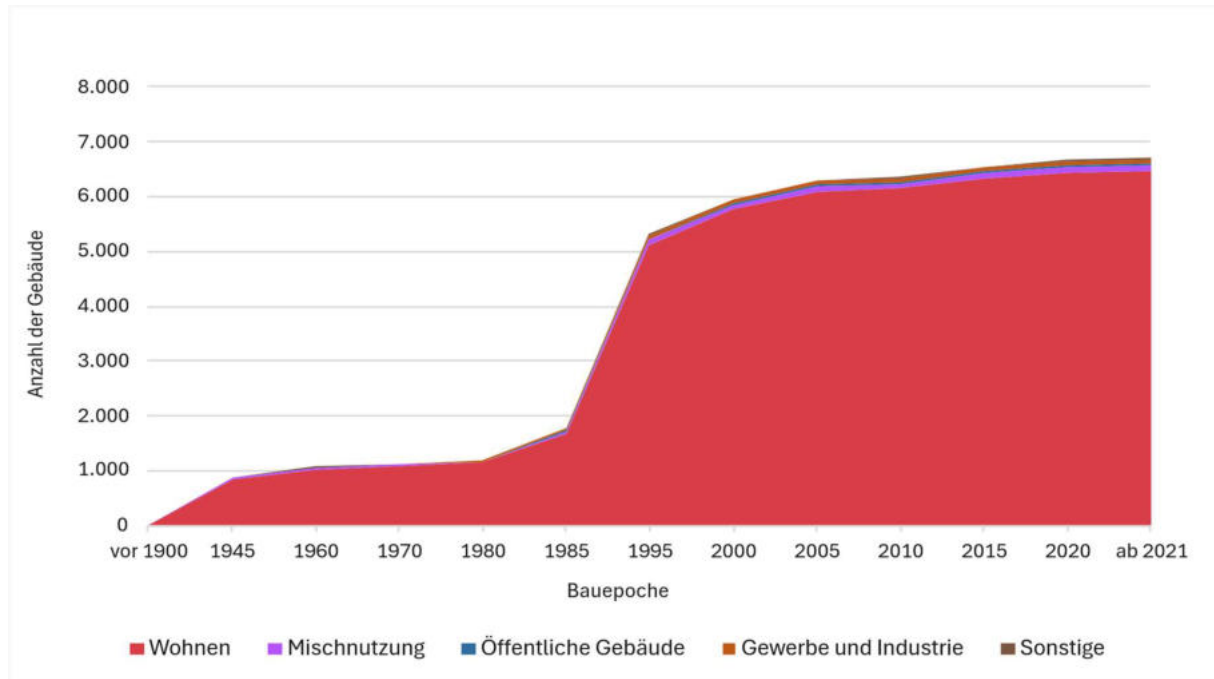


Abb. 13: Anzahl beheizter Gebäude nach Sektor und Epoche (kumuliert)

Abb. 13 zeigt die kumulierte Entwicklung der Anzahl beheizter Gebäude in der Gemeinde Krummhörn, differenziert nach Gebäudekategorien und Bauepochen. Insgesamt ist ein deutlicher Anstieg des Gebäudebestandes über alle Baualtersklassen hinweg, vor allem ab den 1980er Jahren, erkennbar. Die Gesamtzahl der Gebäude erhöht sich von 11 Einheiten vor 1900 auf etwa 6.7000 Gebäude in der Baualtersklasse ab 2021 (aktuelle Phase).

Besonders prägend ist dabei der Wohnsektor, der den mit Abstand größten Anteil am Gebäudebestand einnimmt. Die Anzahl der Wohngebäude steigt von 7 Einheiten vor 1900 kontinuierlich an und erreicht in der jüngsten Baualtersklasse ab 2021 insgesamt 6.485 Gebäude. Der stärkste Zuwachs ist insbesondere ab den 1980er-Jahren sowie in den Bauphasen zwischen 1985 und 2000 zu verzeichnen, in denen ein erheblicher Ausbau des Wohngebäudebestandes stattfindet. Damit dominiert der Wohnsektor eindeutig die Gebäudestruktur der Gemeinde und nimmt eine zentrale Rolle für die kommunale Wärmeplanung ein.

Die Gebäude mit Mischnutzung weisen seit den 1980er-Jahren eine stetige, jedoch insgesamt moderate Zunahme auf. Ihre Anzahl erhöht sich von 1 Gebäude vor 1900 auf 89 Einheiten ab dem Jahr 2015, wobei sich dieser Wert in den jüngeren Baualtersklassen weitgehend stabilisiert. Dies deutet auf eine zunehmende, jedoch quantitativ begrenzte funktionale Durchmischung von Wohnen und weiteren Nutzungen hin.

Der Bereich Gewerbe und Industrie bleibt im Vergleich zum Wohnsektor zahlenmäßig deutlich untergeordnet. Gleichwohl ist ein kontinuierliches Wachstum auf derzeit 83 Einheiten festzustellen. Öffentliche Gebäude weisen ebenfalls eine vergleichsweise geringe

absolute Anzahl auf. Ihre Zahl steigt auf 30 Einheiten ab der Baualtersklasse 2005 und bleibt in den jüngeren Bauphasen konstant.

Von besonderer Relevanz für die Wärmeplanung ist der hohe Anteil älterer Gebäude. Ein erheblicher Teil des heutigen Gebäudebestandes wurde vor dem Jahr 2000 errichtet und weist entsprechend ein erhöhtes energetisches Sanierungspotenzial auf. Insbesondere im Wohnsektor ergibt sich daraus ein wesentlicher Handlungsbedarf hinsichtlich energetischer Modernisierung sowie der schrittweisen Umstellung auf nachhaltige Wärmezeugungssysteme.

Die dargestellte Entwicklung der Gebäudestruktur bildet somit eine wesentliche Grundlage für die strategische Ausrichtung der kommunalen Wärmeplanung in der Gemeinde Krummhörn und unterstreicht die Bedeutung langfristiger, sektorübergreifender Maßnahmen zur Reduktion von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen.

Anzahl beheizter Wohngebäude

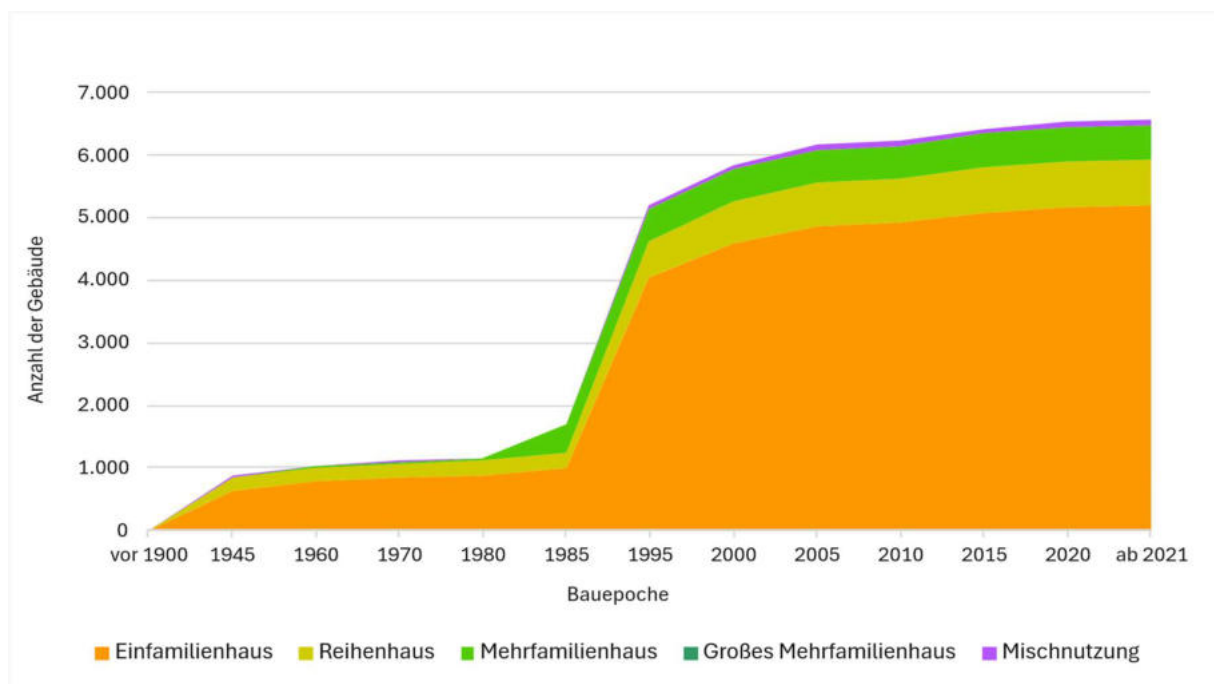


Abb. 14: Anzahl beheizter Wohngebäude nach Epochen (kumuliert)

Die Entwicklung der Wohngebäudekategorien in der Gemeinde Krummhörn auf Basis der Bestandsdaten nach Baualtersklassen (vgl. **Abb. 14**) zeigt eine klare Dominanz der Einfamilienhäuser. Mit insgesamt 5.208 Einheiten (Bauepoche ab 2021) stellen sie die mit Abstand größte Gebäudekategorie im Sektor Wohnen dar. Über alle Baualtersklassen hinweg ist ein kontinuierlicher Bestandszuwachs erkennbar, wobei insbesondere ab den Baujahren nach 1985 ein sehr starker Anstieg zu verzeichnen ist. Auch in den jüngsten Baualtersklassen nach 2020 setzt sich dieser Trend fort, wenn auch mit deutlich geringerer Dynamik.

Reihenhäuser bilden die zweitgrößte Kategorie und zeigen ebenfalls einen stetigen, kumulativen Anstieg des Bestands. Während bis 1985 nur ein moderates Wachstum festzustellen ist, steigt der Bestand insbesondere ab den 1990er-Jahren deutlich an. In den jüngsten Baualtersklassen ist jedoch nur noch ein geringfügiger Zuwachs zu beobachten, sodass sich der Bestand zuletzt bei rund 735 Einheiten stabilisiert.

Mehrfamilienhäuser nehmen zahlenmäßig eine geringere Rolle ein, weisen jedoch über die Zeit auch einen kontinuierlichen Bestandszuwachs auf. Der Bestand steigt von 24 Gebäuden bis 1945 auf aktuell 541 Einheiten. Auffällig ist hierbei der starke Zuwachs ab der Baualtersklasse 1985, der auf eine zunehmende Bedeutung dieser Wohnform hinweist. Große Mehrfamilienhäuser sind hingegen in der Gemeinde nahezu unbedeutend.

Mischnutzungsgebäude machen ebenfalls nur einen kleinen Anteil des Gesamtbestands aus. Nach einem langsamen Anstieg bis etwa 1980 ist ab den 1990er-Jahren ein deutlicher Zuwachs zu erkennen. Seit den Baujahren ab 2015 ist jedoch eine weitgehend konstante Entwicklung mit insgesamt 89 Gebäuden festzustellen.

Insgesamt zeigt die Summenbetrachtung, dass ein vergleichsweise kleiner Teil des heutigen Wohngebäudebestands in Krummhörn aus älteren Baualtersklassen stammt. Von den insgesamt 6.574 Gebäuden entfallen rund 18 % auf Baujahre bis einschließlich 1980. Gleichwohl stellt insbesondere dieser ältere Gebäudebestand eine zentrale Herausforderung für die kommunale Wärmeplanung dar, da hier häufig ein erhöhter energetischer Sanierungsbedarf besteht, um den aktuellen Anforderungen an Energieeffizienz und Klimaschutz gerecht zu werden.

7.4 Gebäudebestand – Gebäudenutzflächen

Entwicklung der Gebäudenutzflächen

Ein präziseres Bild der Heizwärmebedarfe ergibt sich durch die Analyse der Nutzflächen der verschiedenen Gebäudetypen. Die gesamte beheizte Gebäudenutzfläche in der Gemeinde Krummhörn beträgt rund 1.250.000 m². Insbesondere der Wohnsektor spielt eine zentrale Rolle in der Wärmeplanung, sowohl durch seine große Nutzfläche als auch durch die hohe Anzahl an Gebäuden. Die Betrachtung der beheizten Nutzflächen nach Bauepochen liefert wertvolle Erkenntnisse über den energetischen Zustand der Gebäude und deren spezifischen Heizwärmebedarf. Ältere Gebäude, insbesondere aus den Bauepochen vor 1980, weisen häufig einen höheren Wärmebedarf auf, bedingt durch niedrigere energetische Standards. Neuere Gebäude hingegen profitieren von besseren Dämmungen und effizienteren Heizsystemen, was ihren Heizenergiebedarf reduziert.

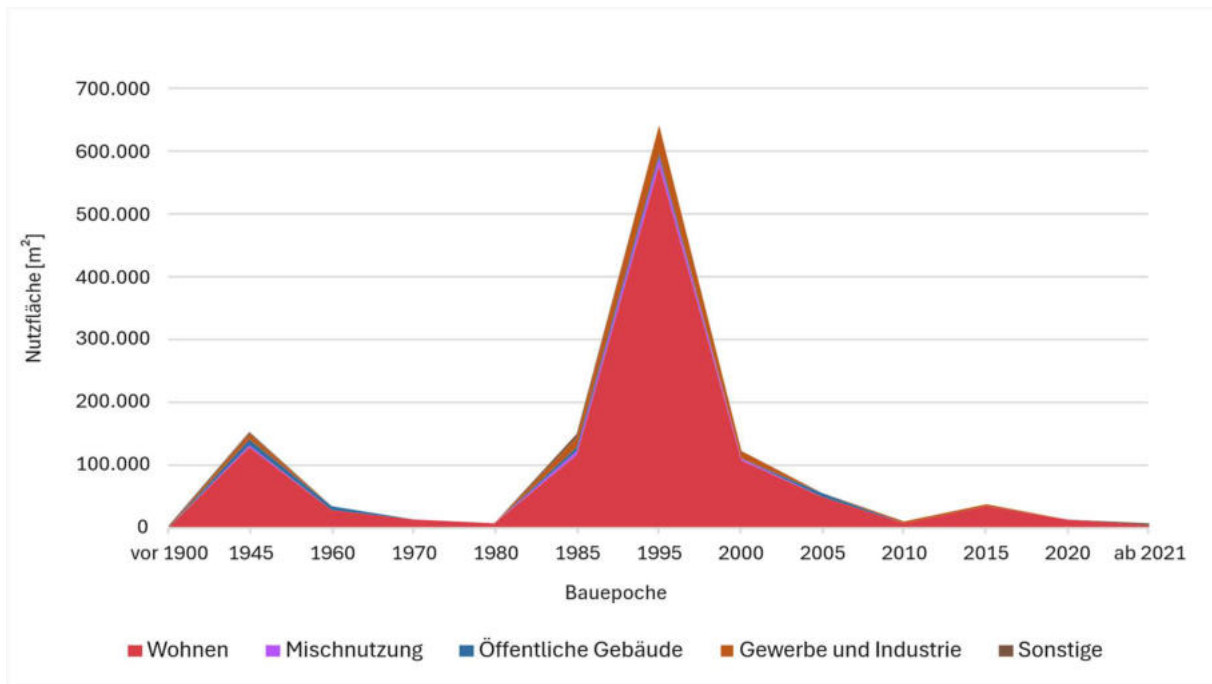


Abb. 15: Nutzfläche pro Gebäudekategorie nach Epochen

Die Entwicklung der neu entstandenen Nutzflächen weist deutliche Unterschiede zwischen den Gebäudekategorien und Bauzeiträumen auf (vgl. **Abb. 15**). Über alle Epochen hinweg dominiert der Wohnungsbau deutlich. Vor 1900 entstehen lediglich 814 m² neue Wohnfläche, bis 1945 steigt dieser Wert stark auf 129.066 m² an. Nach einem deutlichen Rückgang bis 1960 (29.161 m²) folgt in den 1970er- und 1980er-Jahren eine Phase vergleichsweise geringer Bautätigkeit mit 12.571 m² bzw. 8.207 m². Einen erneuten Höhepunkt erreicht der Wohnungsbau 1985 mit 116.580 m². Besonders ausgeprägt ist die Bautätigkeit in der Bauphase 1995, in der mit 577.968 m² der mit Abstand höchste Wert des gesamten Untersuchungszeitraums verzeichnet wird. In den darauffolgenden Jahrzehnten nimmt die neu geschaffene Wohnfläche deutlich ab und erreicht ab 2021 nur noch 3.600 m².

Der Bereich Gewerbe und Industrie zeigt ein stark schwankendes Entwicklungsmuster. Vor 1900 werden keine neuen Flächen ausgewiesen, bis 1945 entstehen 7.605 m². In den folgenden Bauphasen bis 1980 bleibt die Bautätigkeit vollständig aus. Erst 1985 ist mit 13.859 m² wieder ein nennenswerter Flächenzuwachs zu verzeichnen. Einen deutlichen Schwerpunkt bildet die Bauphase 1995 mit 45.048 m². In den anschließenden Jahren nimmt die Bedeutung dieser Gebäudekategorie stark ab, wobei nur noch vereinzelt Flächenzuwächse auftreten, etwa 2015 (2.188 m²) und 2020 (2.235 m²).

Öffentliche Gebäude spielen insgesamt eine untergeordnete Rolle. Nennenswerte Flächenzuwächse treten insbesondere bis 1945 (9.886 m²), 1960 (5.583 m²), 1985 (7.057 m²) sowie 1995 (7.713 m²) auf. Ab dem Jahr 2000 ist die Bautätigkeit stark rückläufig und beschränkt sich auf einen einmaligen Zuwachs im Jahr 2005 (5.910 m²). In den jüngsten Bauphasen werden keine neuen öffentlichen Nutzflächen mehr realisiert.

Mischnutzungen treten vor allem bis 1945 (2.306 m²), 1985 (5.528 m²) sowie 1995 (11.588 m²) in Erscheinung, verlieren jedoch ab den 2000er-Jahren weitgehend an Bedeutung. Insgesamt zeigt sich, dass der Wohnungsbau – insbesondere aufgrund der starken Bautätigkeit in den 1990er-Jahren – den zentralen Motor der Neubautätigkeit darstellt. Gewerbliche, öffentliche sowie gemischte Nutzungen unterliegen hingegen deutlich stärkeren zeitlichen Schwankungen und verlieren in den jüngeren Bauphasen zunehmend an Bedeutung.

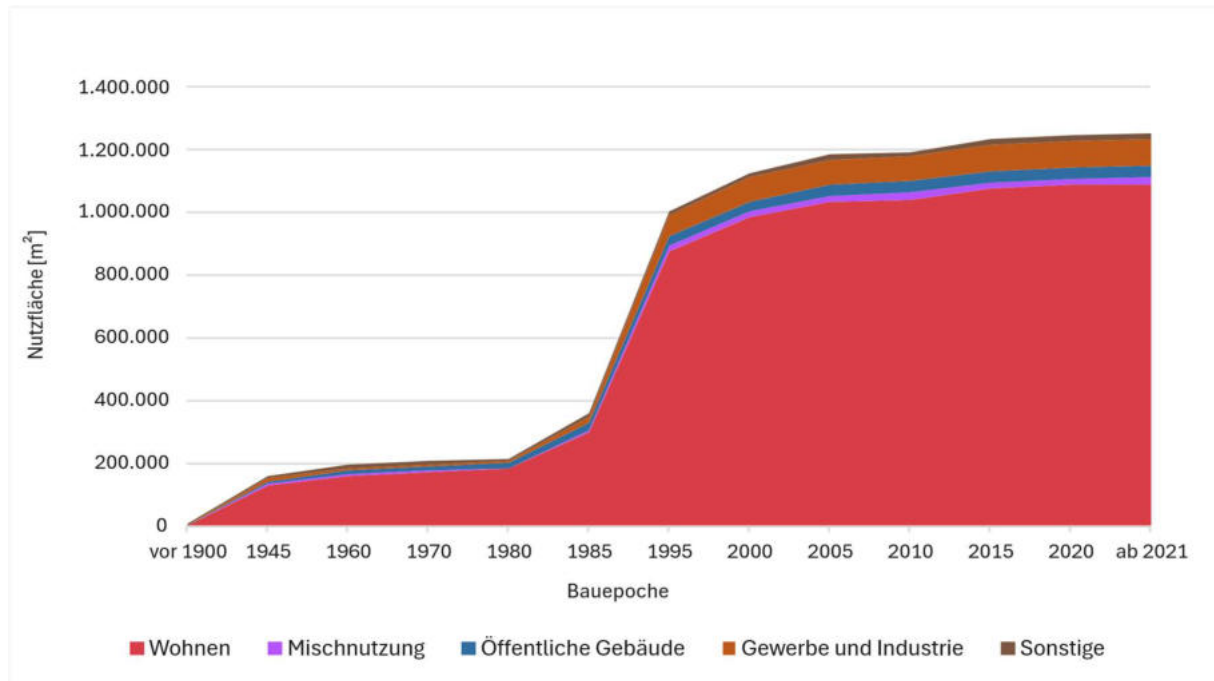


Abb. 16: Entwicklung der Nutzfläche der Sektoren nach Epochen (kumuliert)

Abb. 16 veranschaulicht die Entwicklung der kumulierten beheizten Nutzflächen in Krummhörn über verschiedene Bauepochen hinweg, differenziert nach den Gebäudekategorien Wohnen, Mischnutzung, öffentliche Gebäude, Gewerbe und Industrie sowie sonstige Nutzungen.

Besonders deutlich ist der kontinuierliche Anstieg der Wohnnutzfläche, die bereits vor 1900 bei rund 814 m² lag und bis 1945 stark auf etwa 129.880 m² anwuchs. In den folgenden Jahrzehnten setzte sich dieses Wachstum fort, sodass die Wohnfläche bis 1980 auf rund 179.820 m² und bis 2000 auf über 982.500 m² anstieg. In der aktuellen Bauphase ab 2021 erreicht sie rund 1.090.000 m². Damit stellt der Wohnsektor durchgängig den mit Abstand größten Anteil an der gesamten beheizten Nutzfläche dar und unterstreicht seine zentrale Bedeutung für die bauliche und energetische Struktur der Gemeinde.

Auch die Kategorie Gewerbe und Industrie zeigt insgesamt eine deutliche Zunahme. In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts stieg die beheizte Nutzfläche bis 1945 auf etwa 7.600 m² und erreichte bis 1985 bereits etwa 21.400 m². Seit den 2000er-Jahren ist das Wachstum moderater, dennoch liegt die Fläche in der aktuellen Phase bei rund 85.600 m², was auf eine langfristige wirtschaftliche Entwicklung hinweist.

Die Fläche der öffentlichen Gebäude weist ebenfalls einen Anstieg auf, allerdings in geringerem Umfang. Ihre beheizte Nutzfläche erhöhte sich auf etwa 15.469 m² bis 1960 und nahm insbesondere zwischen 1985 und 2005 weiter zu. Seitdem bleibt sie mit rund 36.150 m² weitgehend konstant.

Die Mischnutzungen wuchsen von 105 m² vor 1900 auf rund 21.779 m² bis zum Jahr 2000 und zeigen seitdem keine weiteren bedeutenden Zuwächse mehr.

Insgesamt stieg die kumulierte beheizte Nutzfläche in Krummhörn von rund 3.945 m² vor 1900 auf etwa 1.250.000 m² in der aktuellen Bauphase ab 2021. Diese Entwicklung verdeutlicht den langfristigen Ausbau der baulichen Infrastruktur, wobei insbesondere der Wohnsektor dominiert und durch moderate Zuwächse in Gewerbe, Industrie und öffentlichen Gebäuden ergänzt wird. Die dargestellten Trends sind von zentraler Bedeutung für die zukünftige Wärmeplanung, da sie sowohl den steigenden Energiebedarf als auch den Handlungsbedarf bei der energetischen Modernisierung älterer Gebäudebestände aufzeigen.

Wohngebäude – Nutzflächen

Anteile der Gebäudekategorien am Heizwärmebedarf

In der Gemeinde Krummhörn entfällt der größte Teil der beheizten Nutzfläche auf Einfamilienhäuser mit rund 837.600 m² (66,9 %). Es folgen Mehrfamilienhäuser mit etwa 158.400 m² (12,7 %), Reihenhäuser mit rund 91.700 m² (7,3 %) und Gewerbe- und Industrieflächen mit etwa 85.600 m² (6,8 %). Weitere Anteile entfallen auf öffentliche Gebäude (~36.100 m², 2,9 %), Mischnutzung (~23.600 m², 1,9 %), sonstige Nutzungen (~16.700 m², 1,3 %) und große Mehrfamilienhäuser (~1.700 m², 0,1 %) (vgl. **Abb. 17**).

Mit zwei Dritteln der Nutzfläche sind Einfamilienhäuser zentral für den Heizenergiebedarf und bieten zugleich das größte Potenzial für energetische Sanierungen und den Einsatz erneuerbarer Energien. Mehrfamilien- und Reihenhäuser (zusammen rund 20 %) erleichtern durch ihre höhere bauliche Dichte und häufig zentrale Wärmeversorgung effiziente technische Lösungen. Auch Gewerbe- und Industrieflächen sollten in die strategische Wärmeplanung einbezogen werden, um das Einsparpotenzial vollständig auszuschöpfen.

Die Analyse der Nutzflächen zeigt damit, dass Maßnahmen zur Energieeinsparung vorrangig im Wohnsektor ansetzen sollten, während die Verteilung der Flächen insgesamt einen wichtigen Indikator für die Priorisierung von Wärmeplanungsmaßnahmen in der Gemeinde Krummhörn liefert.

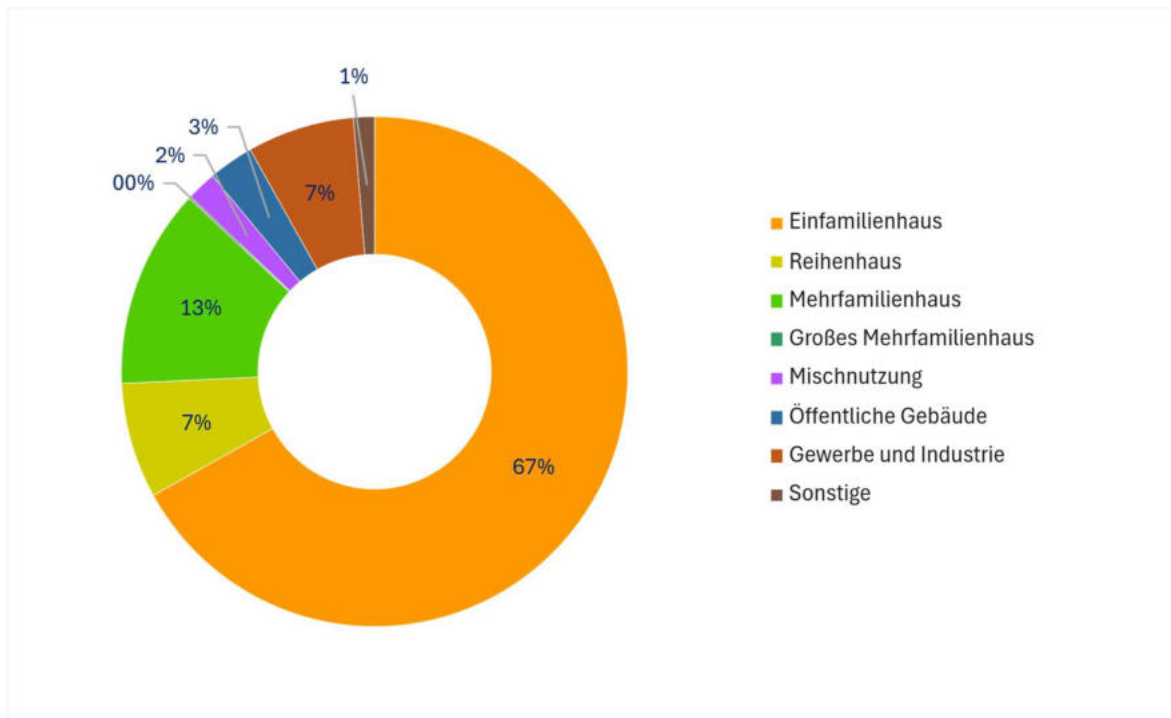


Abb. 17: Anteile Nutzfläche nach Gebäudekategorie

7.4.1 Vorbildfunktion der Gemeinde Krummhörn

In der Gemeinde Krummhörn nimmt eine Vorreiterrolle im Bereich nachhaltiges Bauen und energieeffiziente Lösungen ein, insbesondere bei öffentlichen Gebäuden. Trotz des geringen Anteils öffentlicher Gebäude an der gesamten beheizten Nutzfläche – nur rund 3 % – sind diese Einrichtungen von zentraler Bedeutung für die kommunale Wärmeplanung. Die Verwaltungsgebäude, Schulen und andere öffentliche Einrichtungen fungieren als Vorzeigeprojekte für klimafreundliches Bauen. Durch gezielte Investitionen in energetische Sanierungen und Neubauten setzt Krummhörn Maßstäbe für andere Akteur*innen in der Region.

Die energetischen Maßnahmen der Gemeinde sind nicht nur darauf ausgelegt, den Energiebedarf zu reduzieren, sondern auch die Betriebskosten langfristig zu minimieren. Dieser Ansatz ist aus wirtschaftlicher Sicht äußerst sinnvoll und zeigt, wie eine verantwortungsvolle Nutzung öffentlicher Mittel zur Förderung nachhaltiger Entwicklung beitragen kann. Die öffentlichen Gebäude in Krummhörn sind nicht nur Orte des Gemeinwesens, sondern tragen auch aktiv zur Erreichung der Klimaziele bei.

Durch diese Vorreiterrolle möchte die Gemeinde Krummhörn private Hausbesitzer und Unternehmen inspirieren, ähnliche Schritte zu unternehmen. Die Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in öffentlichen Gebäuden erhöhen nicht nur die Lebensqualität der Bürger*innen, sondern zeigen auch, dass nachhaltige Lösungen und Klimaschutz Hand in Hand gehen können. So wird Krummhörn zu einem lebendigen Beispiel für eine zukunftsorientierte und klimafreundliche Gemeindeentwicklung.

7.5 Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf korreliert direkt mit den beheizten Nutzflächen, wodurch sich die zuvor analysierten Gebäudekategorien und ihre Nutzung auch in den energetischen Kennzahlen widerspiegeln. Diese Betrachtung ermöglicht eine detaillierte Einschätzung der Wärmebedarfe, die insbesondere im Wohnsektor dominieren, und schafft eine Grundlage für die strategische Ausrichtung der Wärmeplanung.

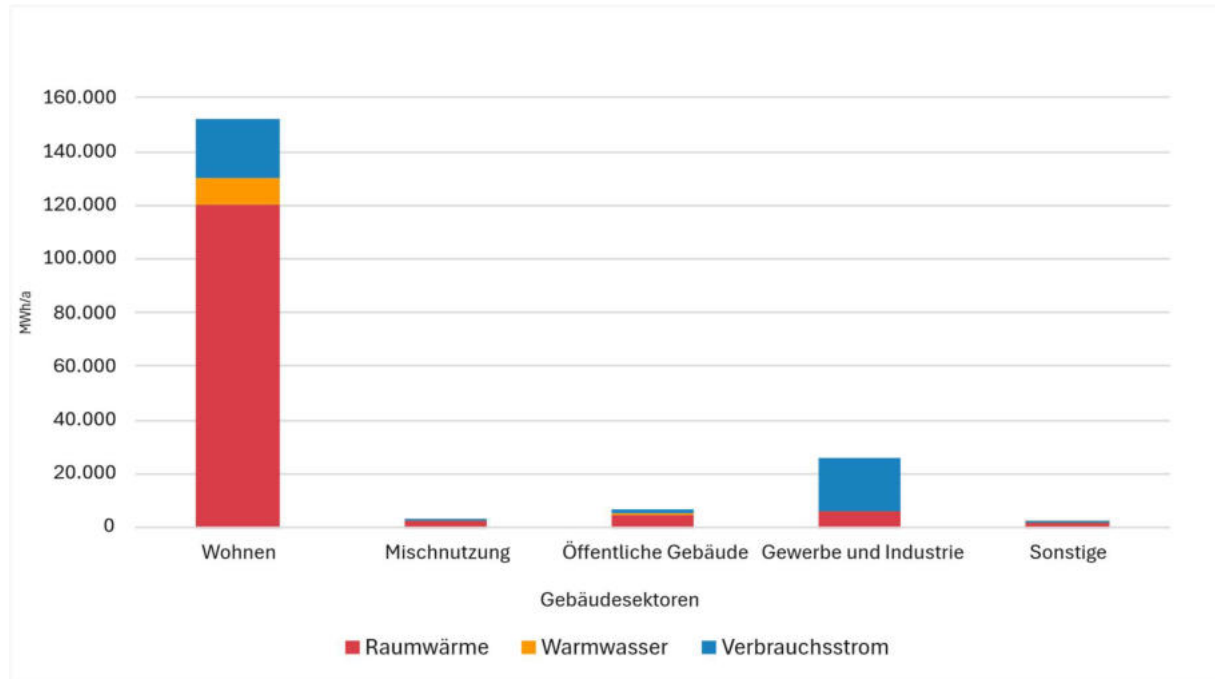


Abb. 18: Heizwärmebedarf nach Sektoren [MWh/a]

Abb. 18 zeigt den jährlichen Heizwärmebedarf (in MWh) der verschiedenen Sektoren in der Gemeinde Krummhörn, aufgeteilt in Raumwärme und Warmwasser, sowie den Verbrauchsstrom. Der Wohnsektor weist mit 130.115 MWh pro Jahr den höchsten Heizwärmebedarf auf, gefolgt vom Gewerbe- und Industriesektor mit 6.170 MWh. Der Großteil des Bedarfs in beiden Sektoren entfällt auf die Raumwärme, die im Wohnsektor allein 119.867 MWh ausmacht.

Die Summe der Heizwärmebedarfe für den gesamten Wohnbereich (Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser und Mischnutzungen) unterstreicht die zentrale Rolle des Wohnsektors in der kommunalen Wärmeversorgung. Öffentliche Gebäude tragen im Vergleich nur mit 5.042 MWh zum Gesamtheizwärmebedarf bei, während der Warmwasseranteil über alle Kategorien hinweg einen Gesamtwert von 11.011 MWh erreicht. Dies entspricht lediglich einem Anteil von rund 8 % des gesamten Heizwärmebedarfs.

Die Analyse zeigt, dass die kommunale Wärmeplanung in Krummhörn sich primär auf die Bereitstellung von Raumwärme konzentrieren sollte, da diese den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch ausmacht. Perspektivisch sollte auch der zunehmende Strombedarf stärker berücksichtigt werden. Insbesondere der Einsatz von Wärmepumpen, die

Elektrifizierung der Mobilität und die Nutzung erneuerbarer Energien verlangen eine Anpassung der Wärmeversorgung hin zu einem höheren Anteil an elektrischer Energie statt fossiler Brennstoffe.

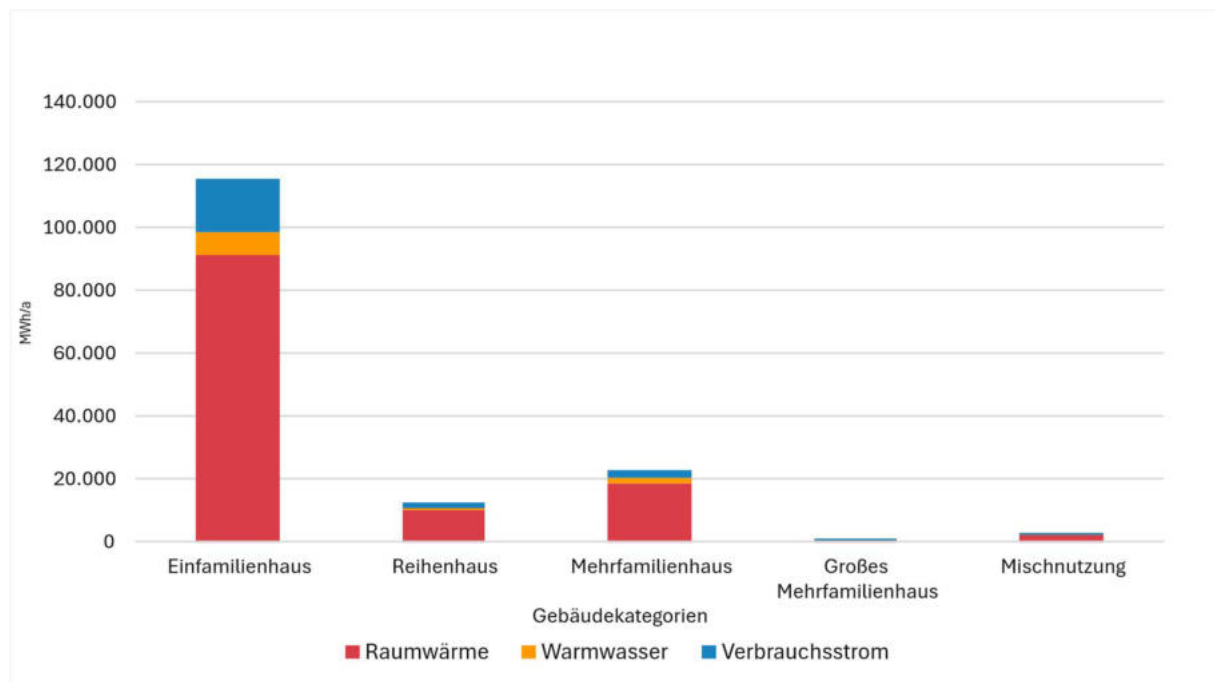


Abb. 19: Heizwärmebedarf der Wohngebäude [MWh/a]

Abb. 19 zeigt den Heizwärmebedarf von Wohngebäuden in der Gemeinde Krummhörn, aufgeteilt nach Gebäudekategorien und in MWh/Jahr dargestellt. Die Raumwärme ist in allen Kategorien der dominierende Faktor beim Heizwärmebedarf. Besonders auffällig ist die Kategorie der Einfamilienhäuser mit einem Heizwärmebedarf von 98.470 MWh pro Jahr. Aufgrund ihrer großen beheizten Fläche weisen sie den höchsten Raumwärmeverbrauch auf.

Mehrfamilienhäuser (20.582 MWh) und Reihenhäuser (10.748 MWh) spielen eine geringere, aber dennoch relevante Rolle. Mischnutzungen zeigen einen Heizwärmebedarf von 2.341 MWh, was die Vielfalt der Nutzungsarten in der Gemeinde reflektiert. Große Mehrfamilienhäuser tragen mit 315 MWh nur einen kleinen Teil zum Gesamtbedarf bei.

Diese Verteilung des Heizwärmebedarfs unterstreicht die Notwendigkeit gezielter Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs, insbesondere im Bereich der Einfamilienhäuser, um die Klimaziele zu erreichen und die Effizienz der Wärmeversorgung zu steigern. Der Anteil für Warmwasser spielt im Vergleich zur Raumwärme eine untergeordnete Rolle, bleibt jedoch wichtig – insbesondere im Hinblick auf die Integration erneuerbarer Technologien wie Solarthermie und Photovoltaik zur Warmwasserbereitstellung. Der verstärkte Einsatz dieser Technologien kann die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern im privaten Bereich weiter verringern und einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Energieversorgung in Krummhörn leisten.

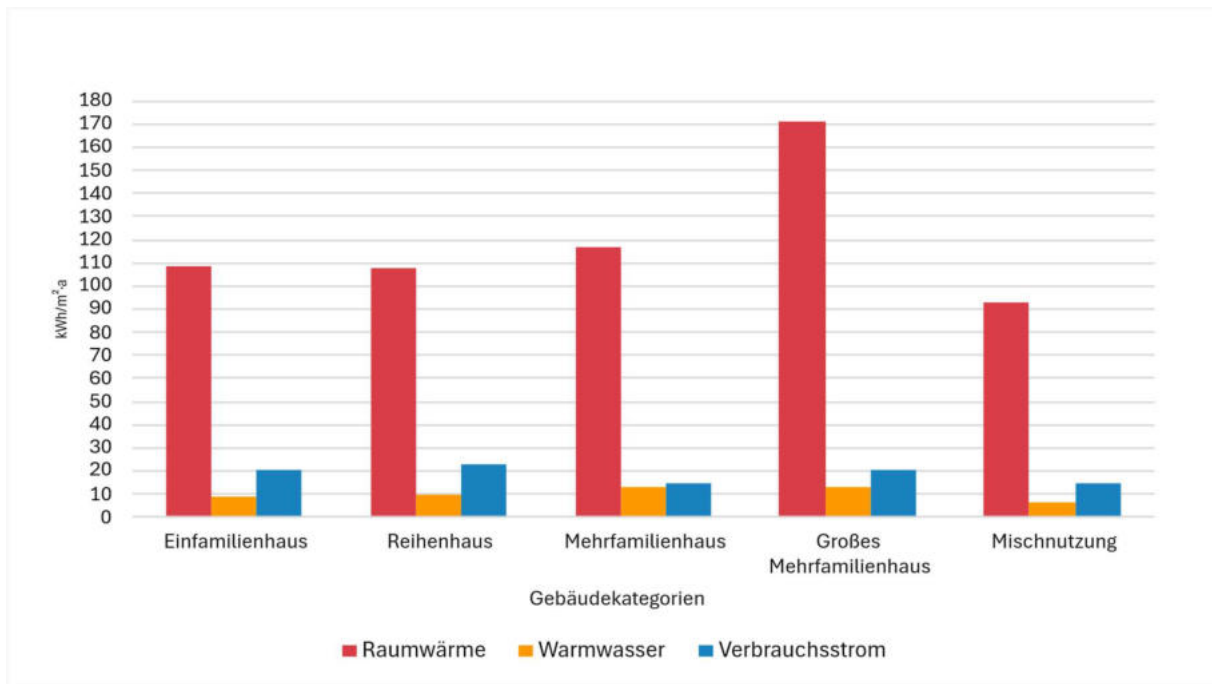


Abb. 20: Spezifischer Heizwärmebedarf [kWh/m² a] der Wohngebäudekategorien pro Quadratmeter

Abb. 20 zeigt den spezifischen Energiebedarf der Wohngebäudekategorien in Krummhörn. Der durchschnittliche spezifische Heizwärmebedarf pro Quadratmeter und Jahr, bestehend aus Raumwärme und Warmwasser, beträgt über alle Wohngebäudekategorien hinweg rund 130 kWh/m². Dabei entfällt der größte Anteil auf den spezifischen Raumwärmebedarf, der je nach Gebäudetyp zwischen etwa 93 kWh/m² (Mischnutzung) und 171 kWh/m² (großes Mehrfamilienhaus) liegt.

Die Werte variieren je nach Gebäudetyp deutlich und lassen sich nach absteigendem spezifischem Heizwärmebedarf ordnen: Große Mehrfamilienhäuser weisen mit rund 171 kWh/m² Raumwärme und 13 kWh/m² Warmwasser den höchsten spezifischen Heizwärmebedarf auf. Es folgen Mehrfamilienhäuser mit etwa 117 kWh/m² Raumwärme und 13 kWh/m² Warmwasser. Einfamilienhäuser zeigen mit rund 109 kWh/m² Raumwärme und 9 kWh/m² Warmwasser einen etwas geringeren spezifischen Bedarf, dicht gefolgt von Reihenhäusern mit etwa 108 kWh/m² Raumwärme und 10 kWh/m² Warmwasser. Den niedrigsten spezifischen Heizwärmebedarf weisen Mischnutzungen mit circa 93 kWh/m² Raumwärme und 7 kWh/m² Warmwasser auf.

Die beobachteten Unterschiede resultieren maßgeblich aus dem Gebäudealter, der energetischen Bauqualität sowie den jeweiligen Nutzungsprofilen und Wohnflächenverhältnissen. Insbesondere ältere, nicht oder nur teilweise sanierte Gebäude mit großen beheizten Flächen und unzureichender Dämmung weisen typischerweise einen höheren spezifischen Energiebedarf auf. Daraus ergibt sich ein erhebliches Sanierungspotenzial, insbesondere im Bereich der Raumwärme.

Eine gezielte energetische Sanierung kann nicht nur zur Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs beitragen, sondern leistet auch einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der

Klimaziele. Darüber hinaus verbessert sie die Effizienz der Wärmeversorgung und verringert langfristig die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern. Die dargestellten Werte verdeutlichen somit, dass eine nachhaltige Wärmeplanung im Gebäudebestand ansetzen muss, um langfristig eine klimafreundliche Energieversorgung sicherzustellen.

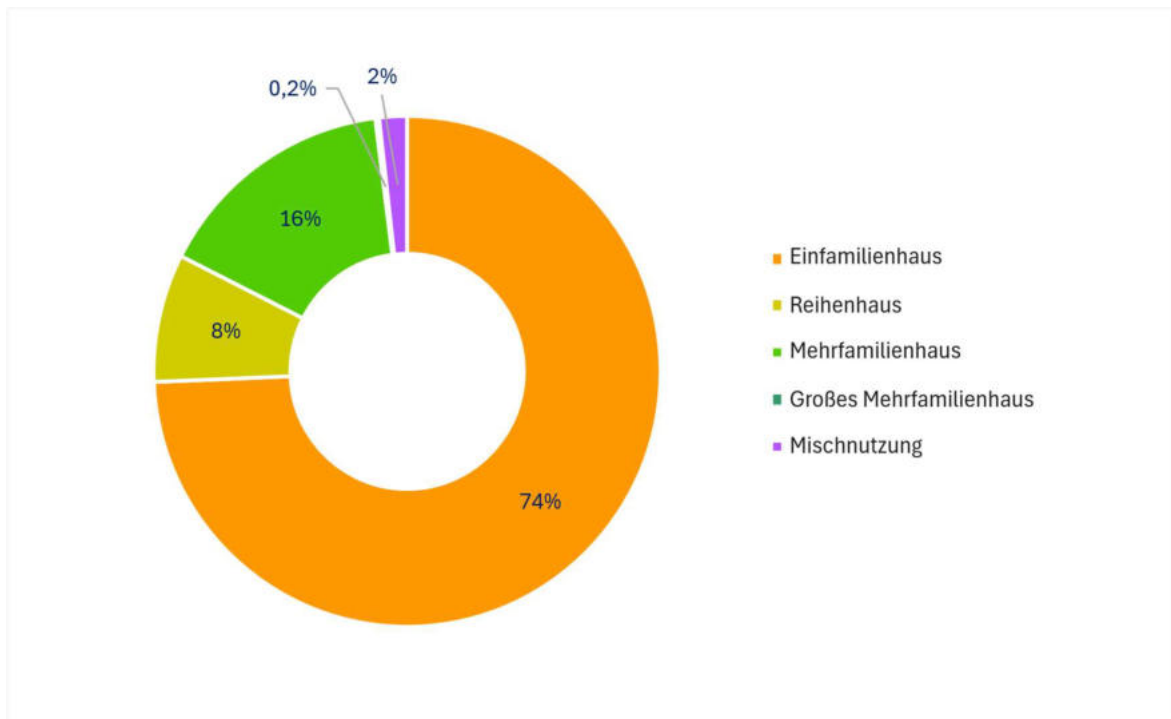


Abb. 21: Anteile der Wohngebäudekategorien am Heizwärmebedarf

Abb. 21 zeigt die Verteilung des Heizwärmebedarfs der Wohngebäude in der Gemeinde Krummhörn. Einfamilienhäuser nehmen mit einem Anteil von rund 74 % eine zentrale Rolle in der Wärmeversorgung der Gemeinde ein. Dieser Gebäudetyp dominiert den Heizenergiebedarf deutlich und bietet gleichzeitig das größte Potenzial für Energieeinsparungen sowie die Reduktion von Treibhausgasemissionen durch energetische Sanierungen oder den Einsatz erneuerbarer Energien.

An zweiter Stelle folgen Mehrfamilienhäuser mit einem Anteil von etwa 16 %, die ebenfalls einen bedeutenden Beitrag zum Heizwärmebedarf leisten. Reihenhäuser tragen mit rund 8 % in geringerem, aber weiterhin relevantem Umfang zum Gesamtbedarf bei, während große Mehrfamilienhäuser und Mischnutzungen mit etwa 0,2 % bzw. 2 % eine deutlich untergeordnete Rolle spielen.

Die dargestellten Ergebnisse verdeutlichen die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung des Gebäudebestandes in Krummhörn. Dies ermöglicht es, die strategische Wärmeplanung gezielt auf die wichtigsten Handlungsfelder auszurichten und somit die Energieeffizienz sowie die Klimaziele effektiv zu fördern.

7.6 Energieträgerverteilung

Der Heizwärmebedarf stellt eine zentrale Komponente des Gesamtenergieverbrauchs in Krummhörn dar. Die zur Bereitstellung der Heizwärme eingesetzten Brennstoffe haben dabei einen erheblichen Einfluss auf die Menge der entstehenden Treibhausgasemissionen.

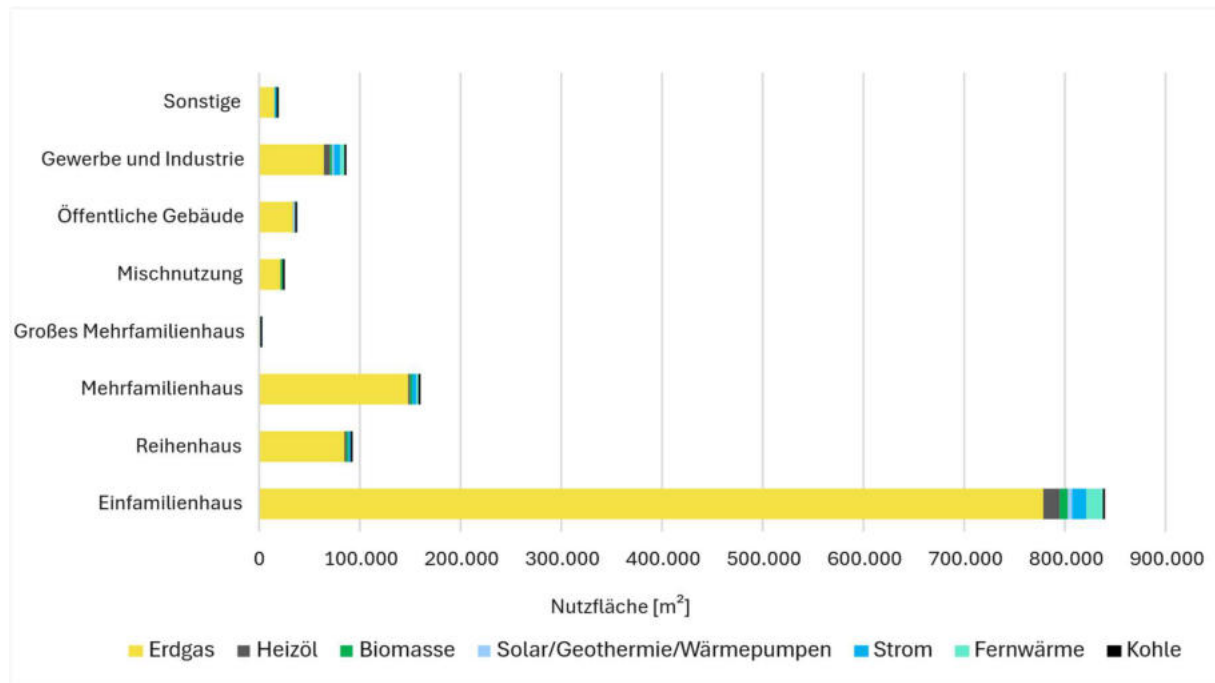


Abb. 22: Energieträgerverteilung – Anteile [%] einzelner Brennstoffe an beheizter Fläche [m²]

Abb. 22 verdeutlicht, dass Erdgas (inkl. Flüssiggas) mit einem Anteil von rund 92 % der mit Abstand dominierende Energieträger über alle Gebäudekategorien ist und nahezu den gesamten Energiebedarf abdeckt. Heizöl spielt mit einem Anteil von rund 2 % nur noch eine untergeordnete Rolle und ist – zusammen mit geringen Anteilen von Kohle – dennoch Teil der weiterhin sehr hohen Abhängigkeit von fossilen Energieträgern. Insgesamt entfallen rund 96 % des Energieeinsatzes auf fossile Energien, was die strukturelle Abhängigkeit der Gemeinde deutlich macht.

Erneuerbare Energien, wie Biomasse sowie Solar-, Geothermie- und Umweltwärme (Wärmepumpen), erreichen derzeit zusammen lediglich rund 2 % und besitzen damit bislang nur eine geringe Bedeutung im Energiemix der Gemeinde. Auch Strom und Fernwärme tragen jeweils nur in geringem Umfang zur Wärmeversorgung bei. Diese Verteilung macht die ausgeprägte Abhängigkeit der Gemeinde Krummhörn von fossilen Brennstoffen sichtbar und unterstreicht zugleich das erhebliche Potenzial für eine verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien. Eine Umstellung auf nachhaltigere Energieträger ist daher entscheidend, um den Heizwärmebedarf klimafreundlicher zu gestalten und die Treibhausgasemissionen der Gemeinde langfristig zu reduzieren.

7.7 Treibhausgasbilanz

Die Reduktion der durch den Verbrauch fossiler Energieträger verursachten Treibhausgasemissionen stellt die zentrale Aufgabe und Zielsetzung der KWP dar. Die Treibhausgasemissionen in Krummhörn, die im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ermittelt wurden, sind maßgeblich durch den Heizwärmebedarf und die Verteilung der genutzten Energieträger geprägt.

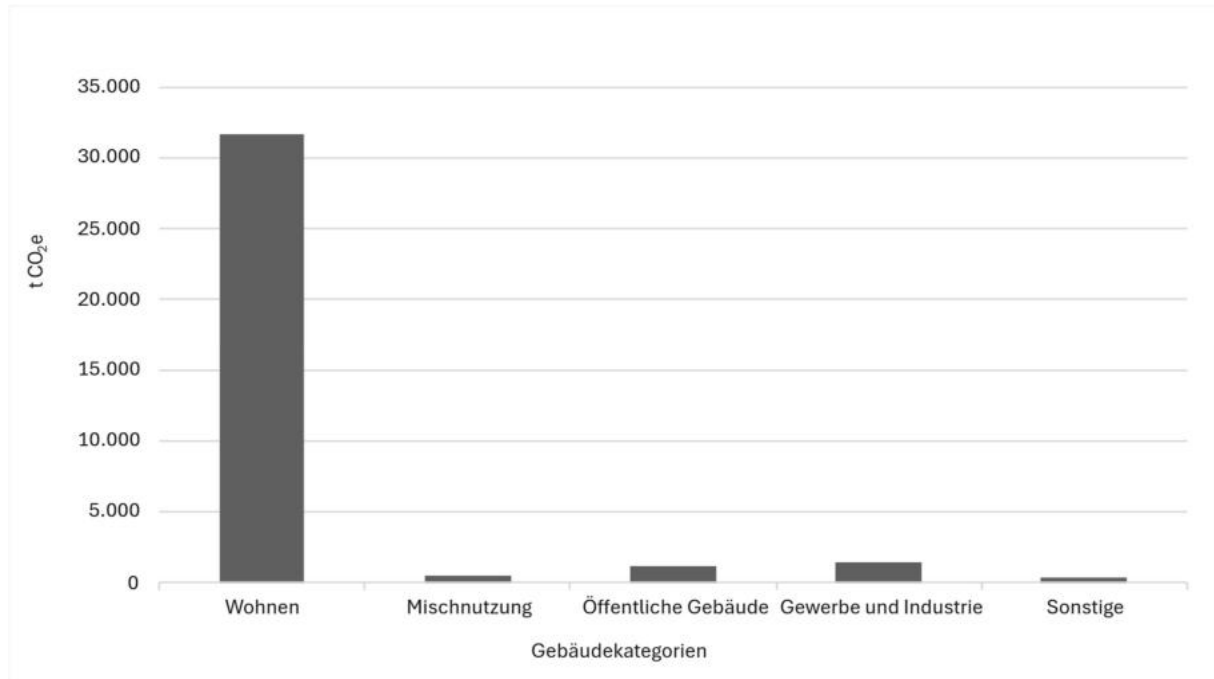


Abb. 23: CO₂-Emissionen [t CO₂e/a] nach Gebäudekategorie

Abb. 23 zeigt die CO₂-Emissionen in Tonnen CO₂-Äquivalenten (t CO₂e) pro Jahr, aufgeschlüsselt nach Gebäudenutzung. Wohngebäude verursachen mit 31.636 t CO₂e den mit Abstand größten Anteil an den Gesamtemissionen. Dies ist vor allem auf den hohen Energiebedarf im Gebäudebestand und die weiterhin dominierende Nutzung fossiler Energieträger zurückzuführen. Gewerbe- und Industriegebäude tragen mit 1.430 t CO₂e ebenfalls relevant zu den Emissionen bei. Öffentliche Gebäude verursachen 1.245 t CO₂e, während Mischnutzungen bei 572 t CO₂e liegen.

Insgesamt beläuft sich die sektorale Emissionsbilanz auf 35.240 t CO₂e pro Jahr und ist weiterhin deutlich von fossilen Energieträgern geprägt. Der Einsatz erneuerbarer Energien wie Biomasse, Umweltwärme und Direktstrom spielt über alle Sektoren hinweg nur eine untergeordnete Rolle. Diese Ergebnisse unterstreichen die Dringlichkeit, insbesondere im Bereich der Wohngebäude sowie im Gewerbe- und Industriesektor, Maßnahmen zur Reduktion fossiler Energieträger umzusetzen und den Ausbau erneuerbarer Energien konsequent voranzutreiben.

8 Potenzialanalyse

Lokale erneuerbare Energiequellen werden in der Gemeinde Krummhörn eine zentrale Rolle in der künftigen Wärmeversorgung spielen. Daher war die Analyse der Potenziale ein essenzieller Bestandteil des Wärmeplans. Die Potenziale erneuerbarer Energiequellen basieren auf den zur Verfügung stehenden Flächenpotenzialen, deren raumzeitlicher Verfügbarkeit sowie der technischen Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Technologien. Zusätzlich beeinflussen Faktoren wie lokale klimatische Bedingungen, rechtliche Rahmenbedingungen (z. B. Bauvorschriften und Naturschutzauflagen), gesellschaftliche Akzeptanz und mögliche Förderprogramme die Nutzung Erneuerbarer Energien.

Sämtliche Daten und Analysen wurden GIS- und datenbankgestützt erarbeitet und aufbereitet, um eine präzise räumliche und thematische Auswertung sicherzustellen. Die Grundlage der Potenzialanalyse bildete ein GIS-gestütztes Flächenscreening, bei dem Flächen identifiziert wurden, die für die Produktion Erneuerbarer Energien ungeeignet sind oder Einschränkungen aufweisen. Aus der Flächenbilanz wurden unter anderem Naturschutz- und Überschwemmungsgebiete ausgeschlossen.

8.1 Bestehende Energieinfrastruktur in der Gemeinde Krummhörn

Die Energieversorgung in der Gemeinde ist durch eine gut ausgebaute Infrastruktur aus Gas-, Strom- und Erzeugungsanlagen geprägt. **Tab. 1** fasst die bestehende Energieinfrastruktur zusammen.

Tab. 1: Bestehende Energieinfrastruktur

| Kategorie | Details |
|---|---|
| Gasnetz | Rund 6.300 Gaszählpunkte, 384 km Netzlänge |
| Stromnetz | Rund 7.600 Stromzählpunkte, 257 km erdverlegte Leitungen im Mittelspannungsbereich |
| Stromerzeugungs- u. Speichieranlagen | 2.066 netzgekoppelte Anlagen |
| Photovoltaik (PV) | 1.448 PV-Anlagen mit 16,5 MW installierter Nettoleistung |
| Batteriespeicher | 566 Batteriespeicher mit 3 MW Nettoleistung |
| KWK/BHKW-Anlagen | 6 Anlagen mit Stromnetzeinspeisung mit 1,2 MW installierter Nettoleistung |
| Windkraft | 123 Windkraftanlagen mit 157 MW Nennleistung in Betrieb, 11 weitere mit 56,6 MW in Planung, 1 mit 0,25 MW vorübergehend stillgelegt |

Quellen: BNetzA 2025; EWE Netz, Berechnungen HL-MM/K2I2

Das Gasnetz umfasst rund 6.300 Gaszählpunkte mit einer Netzlänge von ca. 384 km und bildet die zentrale Grundlage für die Wärmeversorgung. Aufgrund seiner fossilen Ausrichtung stellt es jedoch eine erhebliche Herausforderung für die Klimaneutralitätsziele der Gemeinde dar. Auch die 6 überwiegend erdgasgespeisten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK/BHKW) mit einer installierten Leistung von 1,2 MW tragen maßgeblich zur fossilen Prägung des Energiesystems bei.

Das Stromnetz mit 7.600 Zählpunkten und 257 km erdverlegten Leitungen im Mittelspannungsbereich gewährleistet eine zuverlässige Stromverteilung. Im Bereich der erneuerbaren Energien sind 2.066 netzgekoppelte Stromerzeugungs- und Speichieranlagen vorhanden, darunter 1.448 Photovoltaikanlagen mit einer installierten Nettoleistung von 16,5 MW. Ergänzt wird diese Kapazität durch 566 Batteriespeicher mit einer Nettoleistung von etwa 3 MW, die eine effiziente Speicherung und Nutzung überschüssigen Stroms ermöglichen. Derzeit sind 123 Windkraftanlagen mit rund 157 MW Nennleistung in Betrieb (11 weitere mit 56,6 MW in Planung).

Um die Energieversorgung in der Gemeinde Krummhörn klimafreundlicher zu gestalten, müssen der Ausstieg aus dem fossil geprägten Gasnetz und die Dekarbonisierung der KWK-Anlagen durch den konsequenten Ausbau erneuerbarer Energien vorangetrieben werden. Die erneuerbaren Energiequellen, die hierzu beitragen können, werden nachfolgend erläutert.

8.2 Ergebnisse zu den Potenzialen erneuerbarer Energiequellen

Die Grundlage der Potenzialanalyse bildete ein GIS-gestütztes Flächenscreening, bei dem Flächen mit Ausschlusskriterien oder relevanten Restriktionen für die Produktion erneuerbarer Energien identifiziert wurden (vornehmlich sogenannte „benachteiligte Gebiete“ mit niedrigem Agrarertrag). In der Flächenbilanz wurden dann unter anderem Naturschutz- und FFH-Flächen sowie Trinkwasserschutz- und Überschwemmungsgebiete ausgeschlossen.

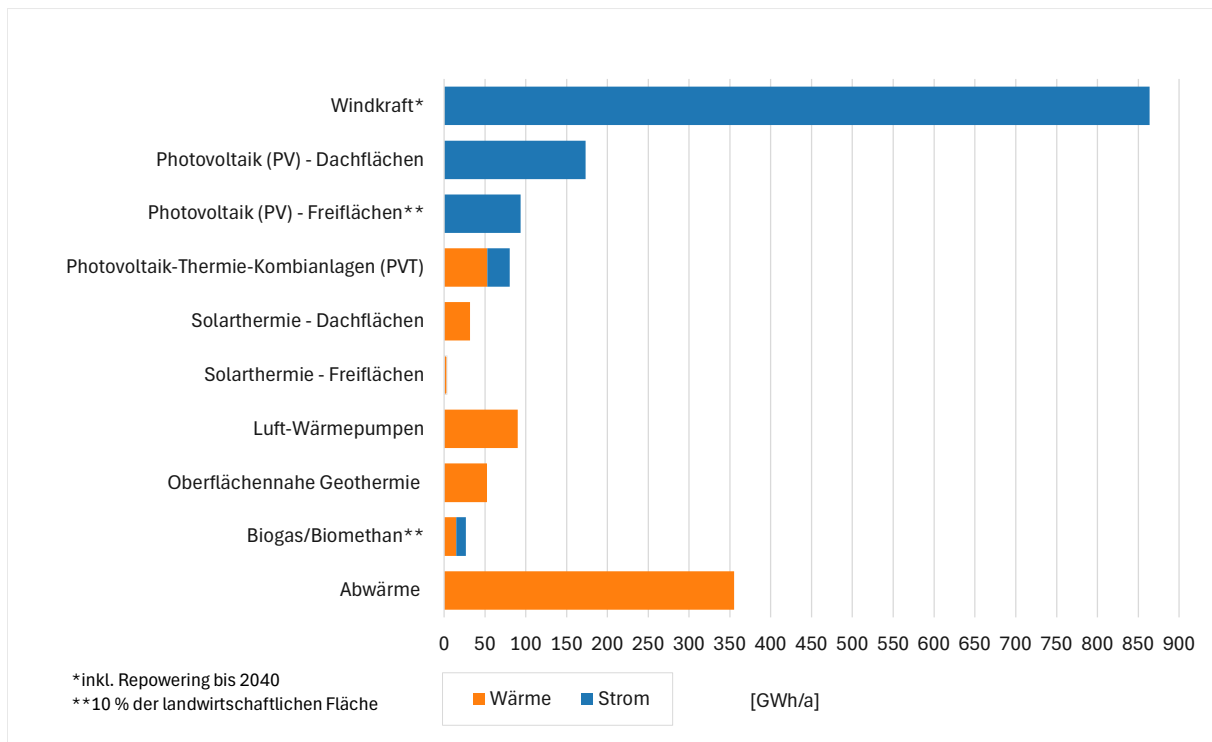


Abb. 24: Potenziale erneuerbarer Energiequellen; Berechnungen HL-MM/K2I2

Abb. 24 zeigt das technisch-gesellschaftliche Potenzial zur Wärme- und Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen (GWh/a) auf Basis GIS-gestützter Analysen für die Gemeinde Krummhörn. Für PV auf Freiflächen und Biogas/Biomethan wurde dabei konservativ angenommen, dass lediglich 10 % der grundsätzlich verfügbaren landwirtschaftlichen Flächen als Berechnungsgrundlage herangezogen werden. Dadurch werden Nutzungskonkurrenzen sowie Akzeptanz- und Naturschutzbelange berücksichtigt.

Auf der Stromseite wird das Potenzial in Krummhörn maßgeblich durch Windkraft geprägt, mit einem geschätzten jährlichen Ertrag von rund 288 GWh/a. Für die Photovoltaik auf Dachflächen wird in Krummhörn derzeit ein relevantes Strompotenzial von rund 170 GWh/a ausgewiesen. Ergänzend tragen Photovoltaik-Freiflächenanlagen mit etwa 94 GWh/a sowie Photovoltaik-Thermie-Kombianlagen (PVT) mit rund 27 GWh/a zur Stromerzeugung bei. Ein weiteres, vergleichsweise geringes Strompotenzial ergibt sich aus Biogas bzw. Biomethan mit etwa 11 GWh/a.

Auf der Wärmeseite zeigen sich die größten Potenziale bei der Abwärme mit 355 GWh/a gefolgt von Luft-Wärmepumpen mit etwa 90 GWh/a sowie bei der oberflächennahen Geothermie (z. B. Erdwärmesonden und -kollektoren) mit rund 52 GWh/a. Weitere relevante Beiträge liefern PVT-Anlagen mit etwa 53 GWh/a, Solarthermie auf Dachflächen mit rund 32 GWh/a. Kleinere Wärmepotenziale entfallen auf Biogas bzw. Biomethan mit etwa 15 GWh/a.

In der Gesamtbetrachtung (Wärme und Strom) dominieren damit Windkraft, Abwärme, Photovoltaik-Dach- und Freiflächenanlagen, Luft-Wärmepumpen sowie PVT-Anlagen das erneuerbare Energiepotenzial der Gemeinde Krummhörn. Vor dem Hintergrund eines steigenden Strombedarfs durch den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen sowie der

zunehmenden Sektorenkopplung – insbesondere durch Elektromobilität und Power-to-Heat-Anwendungen – kommt dem weiteren Ausbau der Photovoltaik eine zentrale Rolle in der lokalen Energieversorgung zu.

Die Auswertungen zeigen, dass sowohl das theoretische Potenzial (Nutzung aller uneingeschränkt verfügbaren Flächen) als auch das technisch gesellschaftlich realisierbare Potenzial den Wärmebedarf der Gemeinde Krummhörn rechnerisch decken können. Für die praktische Umsetzung ist dabei die Sektorenkopplung zentral. Durch die integrierte Betrachtung von Strom, Wärme und Mobilität, insbesondere über die Elektrifizierung der Wärmeversorgung (z. B. Wärmepumpen), den Einsatz von Speichern und ein flexibles Lastmanagement, lassen sich fluktuierende erneuerbare Energien effizient nutzen, Netzengpässe reduzieren sowie die Versorgungssicherheit gewährleisten.

Die folgenden Unterkapitel (8.2.1–8.2.10) beleuchten die einzelnen erneuerbaren Energiequellen im Hinblick auf zentrale Kennzahlen, technische Umsetzbarkeit sowie ihre Bedeutung für den Aufbau einer potenziellen erneuerbaren Energieinfrastruktur in Krummhörn.

8.2.1 Windkraft

In Krummhörn sind gegenwärtig 123 Windenergieanlagen mit einer installierten Nennleistung von 157 MW in Betrieb. Darüber hinaus befinden sich 11 weitere Windenergieanlagen mit zusammen 56,6 MW in Planung. Damit ist bereits kurzfristig eine Ausweitung der installierten Leistung auf rund 214 MW absehbar, wodurch die Windkraft schon heute beziehungsweise in naher Zukunft einen relevanten Beitrag zur regionalen Stromproduktion leistet.

Mit rund 1.130 ha Potenzialfläche und durch Repowering ergeben sich darüber hinaus zusätzliche Entwicklungsmöglichkeiten. Repowering bedeutet den Ersatz älterer, leistungsschwächerer Anlagen durch moderne Turbinen mit größeren Rotordurchmessern und höherer Leistung. Dadurch kann an bestehenden Standorten eine deutlich höhere Energieausbeute erzielt werden, häufig bei zugleich geringerer Anlagenzahl und - je nach Planungskonzept - reduzierter Flächeninanspruchnahme beziehungsweise insgesamt besserer Flächeneffizienz. Unter der Annahme einer durch Repowering getriebenen Steigerung der installierten Leistung auf rund 350 MW ergibt sich gegenüber dem absehbaren Ausbaustand von rund 214 MW eine deutliche Kapazitätssteigerung des technischen Windkraftpotenzials. Bei angenommenen Volllaststunden von rund 2.400 Stunden pro Jahr entspricht dies einem jährlichen Stromertrag von rund 850 GWh pro Jahr.

Anmerkungen:

- Kommunen können bei Windenergieprojekten auch finanziell profitieren. Dafür kommen je nach Projektkonstellation insbesondere drei Wege in Betracht: eine Kommunalabgabe nach § 6 EEG (bis zu 0,2 Cent je tatsächlich eingespeister Kilowattstunde für betroffene Gemeinden im Umkreis von 2,5 km), Pacht- bzw. Nutzungsentgelte bei Flächen in kommunalem Eigentum sowie Gewerbesteuerereffekte bei entsprechender Betreiber- und Betriebsstättenstruktur.
- Die Stromproduktion aus Windkraftanlagen variiert naturgemäß über das Jahr. Durch eine systemorientierte Auslegung lassen sich diese Schwankungen jedoch gut integrieren. In Kombination mit Speichern, Lastmanagement, sektorengesetzten Anwendungen (z. B. Wärmepumpen, Power to Heat), flexiblen Erzeugern sowie einer vorausschauenden Netzplanung können Erzeugungsspitzen genutzt und windärmere Phasen zuverlässig überbrückt werden. Moderne Anlagen- und Betriebsstrategien reduzieren zudem Lastwechsel und tragen zur langlebigen, netzdienlichen Fahrweise bei.
- Windenergieprojekte sollten so geplant werden, dass akustische, visuelle und ökologische Belange frühzeitig berücksichtigt und bestmöglich gelöst werden. Durch geeignete Standortwahl, die Einhaltung von Abständen und Lärmgrenzwerten, technische Minderungsmaßnahmen sowie naturverträgliche Betriebsweisen lassen sich Auswirkungen auf Wohnumfeld, Landschaftsbild sowie Arten und Naturschutz minimieren. Genehmigungs- und Ausgleichsverfahren stellen sicher, dass Anforderungen transparent geprüft und Maßnahmen verbindlich umgesetzt werden.
- Bestehende Interessensbekundungen zur Errichtung von Windkraftanlagen, kombiniert mit einer umfassenden Bürger*innenbeteiligung, schaffen die Grundlage für eine wirtschaftlich und sozial erfolgreiche Umsetzung der Windenergieprojekte. Die direkte Einbindung der Bürger*innen fördert die regionale Wertschöpfung und erhöht die Akzeptanz für die Anlagen vor Ort.

8.2.2 Solarenergie

Im Gegensatz zu fossilen Energieträgern basiert Solarenergie auf einer langfristig verfügbaren, emissionsfreien Ressource und stellt einen zentralen Baustein der klimafreundlichen Energieversorgung dar. Sie spielt eine Schlüsselrolle für die lokale Energiewende, da sie dezentral einsetzbar ist, gut mit bestehenden Infrastrukturen kombiniert werden kann und sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeerzeugung beiträgt. Technologische Fortschritte der vergangenen Jahre haben zu erheblichen Effizienzsteigerungen und deutlichen Kostensenkungen geführt. Moderne Photovoltaikmodule erreichen heute Wirkungsgrade von etwa 15–25 % und nutzen sowohl direkte als auch diffuse Strahlung effizient.

Gleichzeitig sind die Modulpreise seit 2010 um über 70 % gesunken, wodurch Solarenergie heute zu den kostengünstigsten erneuerbaren Technologien zählt.

Solarenergiepotenziale in der Gemeinde Krummhörn

Die Nutzung von Dachflächen ist in der Gemeinde Krummhörn bereits etabliert, dennoch bestehen weiterhin erhebliche Ausbaupotenziale auf privaten, gewerblichen und öffentlichen Gebäuden. Die GIS-gestützten Analysen zeigen, dass insbesondere Freiflächen, aber auch Dachflächen ein hohes technisches Potenzial zur Stromerzeugung aufweisen. Ergänzend bietet Solarthermie eine effiziente Möglichkeit zur Bereitstellung von Warmwasser und anteilig auch von Heizwärme, insbesondere in Wohngebäuden sowie kommunalen Einrichtungen (C.A.R.M.E.N. e.V., 2023; Günnewig & Johannwerner, 2022).

Bislang weitgehend ungenutzte Freiflächen bieten enorme Potenziale für den Ausbau der Photovoltaik, etwa auf unversiegelten Flächen, Brachflächen oder in Form von Agri-PV-Systemen, bei denen Energieerzeugung und landwirtschaftliche Nutzung kombiniert werden. Durch die Aktivierung sämtlicher geeigneter Dach- und Freiflächen sowie den gezielten Ausbau von Photovoltaik und Solarthermie kann die Solarenergieproduktion in Krummhörn auf über 380 GWh/a gesteigert werden und damit über das Zwanzigfache des heutigen Niveaus erreichen.

Kostenentwicklung und Wirtschaftlichkeit

Die Investitionskosten für Photovoltaikanlagen sind in den letzten Jahren deutlich gesunken. Aktuell liegen die spezifischen Kosten je nach Anlagengröße und Ausführung bei etwa 1.200–1.800 €/kWp. Für typische Einfamilienhäuser mit Anlagen zwischen 4 und 10 kWp ergeben sich Investitionskosten von rund 6.000–12.000 Euro. Hinzu kommen jährliche Betriebskosten für Wartung und Versicherung in Höhe von etwa 150–300 Euro. Batteriespeicher mit einer Kapazität von 4–8 kWh verursachen zusätzliche Kosten von etwa 3.000–9.000 Euro, erhöhen jedoch den Eigenverbrauchsanteil und damit die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

Förderprogramme sowie Einsparungen durch Eigenverbrauch verbessern die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen erheblich und machen Solarenergie zu einer kostengünstigen und nachhaltigen Lösung mit moderaten Amortisationszeiten. Zusätzlich schaffen gesetzliche Vorgaben wie Solardachpflichten – etwa für gewerbliche Neubauten oder über Festsetzungen in Bauleitplänen – weitere Anreize zur konsequenten Erschließung der vorhandenen Potenziale.

Technologische Einordnung: PV, Solarthermie und Photovoltaik-Thermie-(PVT)-Systeme

Solarthermie weist zwar eine hohe energetische Effizienz auf, ist jedoch überwiegend auf Anwendungen mit kontinuierlichem Wärmebedarf – insbesondere die Warmwasserbereitung – begrenzt. Photovoltaik ist demgegenüber vielseitiger einsetzbar, wirtschaftlich deutlich dominanter und kann flexibel in verschiedenen Sektoren genutzt werden, etwa für Haushaltsstrom, Elektromobilität, Wärmepumpen oder Power-to-Heat-Anwendungen. Aus heutiger Sicht erscheint für die aktive Dachflächennutzung bis zum Jahr 2040 ein

Szenario plausibel, in dem Photovoltaik den mit Abstand größten Anteil einnimmt, während Solarthermie eine ergänzende Rolle behält und PVT an Bedeutung gewinnt.

PVT-Systeme ermöglichen neben der Stromerzeugung auch die Bereitstellung von Niedertemperaturwärme und können zusätzlich als Wärmequelle (Sole) für Wärmepumpen dienen. Dadurch verbessern sie die Effizienz strombasierter Heizsysteme und unterstützen die Sektorenkopplung durch die gleichzeitige Bereitstellung von Strom und Wärme.

Bedeutung für die kommunale Wärme- und Energiewende

Insgesamt leistet Solarenergie – insbesondere in Kombination mit Wärmepumpen, Speichern und geeigneten Förderinstrumenten – einen wesentlichen Beitrag zur lokalen Energieautarkie, zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und zur Erreichung der Klimaschutzziele der Gemeinde Krummhörn. Sie bildet damit einen zentralen Pfeiler einer dezentralen, resilienten und zukunftsfähigen Energieversorgung.

Zusätzliche Potenziale zur Solarenergiegewinnung in der Gemeinde Krummhörn

Neben der Nutzung von Dachflächen, Freiflächen sowie Solarthermie gibt es weitere, bislang weniger genutzte Potenziale, die zur Steigerung der Solarenergieproduktion beitragen können. Dazu zählen insbesondere innovative Konzepte wie Fassaden-PV, Balkonkraftwerke und kombinierte Lösungen.

- **Fassaden-Photovoltaik (*Fassaden-PV*)**

Moderne PV-Module können heute in Gebäudefassaden integriert werden und erweitern die Möglichkeiten der Stromerzeugung. Diese Lösungen sind besonders für Gewerbeimmobilien, öffentliche Gebäude und Neubauten geeignet, bei denen große vertikale Flächen zur Verfügung stehen. Fassadenmodule sind ästhetisch ansprechend, multifunktional (z. B. Verschattung) und ermöglichen eine Nutzung auch bei begrenzten Dachflächen.

- **Balkonkraftwerke (*Stecker-Solargeräte*)**

Balkonkraftwerke sind kleine, steckerfertige PV-Anlagen, die sich ideal für Mietwohnungen oder kleine Eigenheime eignen. Sie bestehen aus ein bis vier Modulen und können direkt an das Hausnetz angeschlossen werden. Pro Modul lassen sich etwa 500 – 1.000 kWh/Jahr erzeugen, abhängig von der Ausrichtung und Sonneneinstrahlung. Die Investitionskosten von etwa 400 – 1.500 Euro pro System sind gering. Den Bürger*innen bieten Balkonkraftwerke eine einfache Möglichkeit, aktiv zur Energiewende beizutragen und gleichzeitig ihre Stromkosten zu senken. Darüber hinaus eignen sie sich hervorragend zur schnellen und unkomplizierten Erschließung von kleinem Solarstrompotenzial.

Ein weiterer unschätzbarer Mehrwert liegt in der Bewusstseinsbildung: Durch die Nutzung von Balkonkraftwerken setzen sich Nutzer intensiver mit ihrem Stromverbrauch, Möglichkeiten der Energieeinsparung und moderner Technologie auseinander. Diese Auseinandersetzung fördert ein nachhaltigeres Denken und Handeln im Alltag, was langfristig zur Unterstützung der Energiewende und zu einer bewussteren Energienutzung beiträgt.

- **Parkplatzüberdachungen mit PV (*Carport-PV*)**

Die Integration von PV-Anlagen auf Parkplätzen bietet eine doppelte Nutzung der Fläche – Stromproduktion und Beschattung der Stellplätze. *Carport-PV*-Systeme können sowohl auf öffentlichen Parkplätzen (z. B. Einkaufszentren, Schulen) als auch auf privaten Stellplätzen installiert werden. Parkplatzüberdachungen sind besonders wirtschaftlich bei großflächigen Stellplätzen und bieten einen sichtbaren Beitrag zur nachhaltigen Ortsentwicklung.

- ***Agri-PV* – Kombination von Landwirtschaft und PV**

Agri-PV ermöglicht die gleichzeitige Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen für die Produktion von Lebensmitteln bzw. Sonderkulturen und die Erzeugung von Solarstrom. Die PV-Module werden in ausreichender Höhe und Abständen montiert, sodass landwirtschaftliche Maschinen weiterhin eingesetzt werden können. Zu den Vorteilen zählen eine gesteigerte Flächeneffizienz, der Schutz vor Wetterextremen sowie zusätzliche Einkommensquellen für landwirtschaftliche Betriebe.

- **Direkte *Power-to-Heat*-Anwendungen als Ergänzung der Wärmeversorgung**

Neben Wärmepumpen als effiziente sogenannte *Power-to-Heat*-Anwendung gewinnt die direkte Nutzung von Solarstrom zur Wärmeerzeugung zunehmend an Bedeutung. Dabei wird überschüssiger PV-Strom genutzt, um über Heizstäbe Wärme in Puffer- oder Brauchwasserspeichern bereitzustellen.

Getrieben durch den weiteren Ausbau von Photovoltaikanlagen – gegebenenfalls auch in Form von PVT-Systemen, die gleichzeitig Strom und nutzbare Wärme bereitstellen – sowie durch weiter sinkende Systemkosten und eine wachsende Zahl praktischer Anwendungsbeispiele könnte sich die direkte *Power-to-Heat*-Nutzung künftig als sinnvolle Ergänzung der Wärmeversorgung etablieren.

Besonders in Kombination mit Speichern und intelligenten Steuerungssystemen tragen solche Systeme perspektivisch dazu bei, Lastspitzen im Stromnetz zu reduzieren und überschüssige Solarenergie effizient zu verwerten. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten zur Flexibilisierung des Energieverbrauchs und zur sektorübergreifenden Integration erneuerbarer Energien im lokalen Energiesystem.

Netzinfrastuktur im Kontext des PV-Ausbaus

Für den erfolgreichen Ausbau von Dach- und Freiflächenphotovoltaik ist neben der Flächenverfügbarkeit auch die Aufnahmefähigkeit der vorhandenen Stromnetze ein entscheidender Faktor. Die Erfahrung zeigt, dass es im Zusammenhang mit dem Zubau von PV-Anlagen immer wieder zu Engpässen bei der Netzeinspeisung kommt, was die Umsetzung geplanter Projekte verzögern oder im Einzelfall verhindern kann.

Die künftige Nutzung des technisch verfügbaren PV-Potenzials wird maßgeblich davon abhängen, inwieweit die Netzinfrastuktur mit dem Ausbau der dezentralen Erzeugungskapazitäten Schritt halten kann. Dies erfordert eine vorausschauende Netzplanung und gegebenenfalls eine Verstärkung der Netze – entweder im Rahmen der bestehenden ge-

setzlichen Vorgaben (z. B. § 11 EnWG – Verpflichtung zum effizienten, sicheren und leistungsfähigen Netzbetrieb (BMJV, 2005)) oder im Zuge eigeninitiiertter Maßnahmen der zuständigen Netzbetreiber.

Darüber hinaus gewinnen technische Flexibilitätsoptionen, wie der Einsatz von Batteriespeichern, steuerbaren Einspeisemanagementsystemen oder Lastverschiebungstechnologien, zunehmend an Bedeutung. Sie können helfen, Netzengpässe lokal abzufedern und den weiteren Zubau von PV-Anlagen auch in bereits belasteten Netzbereichen zu ermöglichen.

Fazit:

- Die Solarenergie bietet in der Gemeinde Krummhörn erhebliche Potenziale zur nachhaltigen Strom- und Wärmeerzeugung. Die GIS-gestützten Analysen zeigen, dass durch die zusätzliche Nutzung von Dach- und Freiflächen sowie ergänzende Anwendungen (z. B. Fassaden-PV, Balkonkraftwerke, Parkplatzüberdachungen/Carport-PV) die Energieproduktion deutlich gesteigert werden kann.
- Solarenergie kann auf Dachflächen, Freiflächen und – ergänzend – auf Gebäudefassaden sowie als Agri-PV auf landwirtschaftlichen Flächen installiert werden. Dadurch kann die Flächeneffizienz erhöht und Nutzungskonkurrenzen reduziert werden.
- Moderne PV-Module erreichen heute Wirkungsgrade von etwa 15–25 %; gleichzeitig sind die Kosten für Photovoltaik seit 2010 deutlich gesunken (im Markttrend um >70 %).
- Balkonkraftwerke ermöglichen eine niedrighschwellige Eigenstromerzeugung, insbesondere im Miet- und Bestandsbereich. In Kombination mit gemeinschaftlichen Modellen (z. B. Mieterstrom/Energiegemeinschaften) kann die lokale Beteiligung an der Energiewende gestärkt werden.
- PVT-Systeme kombinieren Strom- und Niedertemperaturwärmeerzeugung und können zusätzlich als Wärmequelle (Sole) für Wärmepumpen dienen. Dadurch wird die Sektorenkopplung unterstützt und die Effizienz strombasierter Wärmelösungen erhöht.
- Lösungen wie Carport-PV oder Agri-PV verbinden Stromerzeugung mit Zusatznutzen (z. B. Witterungsschutz/Beschattung bzw. landwirtschaftliche Nutzung).
- Solarenergie ist – ähnlich wie Windkraft – fluktuierend, da die Erzeugung von Einstrahlung und Wetter abhängt. Für eine sichere Versorgung sind daher Speicher, Lastmanagement und eine geeignete Netzintegration erforderlich.
- In der Praxis können beim PV-Ausbau Engpässe in der Netzinfrastruktur auftreten. Eine vorausschauende Netzplanung, gezielte Verstärkungen sowie der Einsatz von Speichern und Einspeisemanagement sind zentrale Voraussetzungen, um das Potenzial vollständig nutzbar zu machen.

8.2.3 Luftwärmepumpen

Luftwärmepumpen zur Nutzung von Umweltwärme

Die Nutzung von Umweltwärme über Luftwärmepumpen stellt eine wichtige Säule der nachhaltigen Energieversorgung dar. Luftwärmepumpen gewinnen Wärme aus der Umgebungsluft und machen sie für Heizung und Warmwasserbereitung nutzbar. Sie sind besonders flexibel einsetzbar, benötigen keine tiefen Bohrungen oder großen Flächen und können sowohl in Neubauten als auch in Bestandsgebäuden integriert werden.

Potenziale der Luftwärmepumpen-Nutzung in der Gemeinde Krummhörn

Luftwärmepumpen erfordern keine besonderen geologischen Voraussetzungen und können praktisch auf jedem Grundstück installiert werden. Sie eignen sich sowohl für Einfamilienhäuser als auch für größere Wohngebäude oder Gewerbeobjekte. Wie Erdwärme ist die Umweltwärme eine klimafreundliche Energiequelle, die unerschöpflich und kostenlos zur Verfügung steht. In Verbindung mit grünem Strom können Luftwärmepumpen eine nahezu emissionsfreie Wärmeversorgung gewährleisten. Ein besonderer Vorteil ist, dass Luftwärmepumpen keine zusätzlichen Installationen wie Bohrungen (wie bei Erdwärme) oder Kollektoren (wie bei Solarthermie) erfordern. Sie sind somit ideal geeignet für Gebiete mit geringem Platzangebot oder schwierigen geologischen Bedingungen. Der Gebäudebestand in der Gemeinde besteht aus einer großen Zahl an Ein- und Mehrfamilienhäusern, die auf Luftwärmepumpen umgerüstet werden könnten. Für Neubaugebiete bietet sich die Möglichkeit, Luftwärmepumpen standardmäßig in die Bauplanung zu integrieren.

Das Potenzial für Luftwärmepumpen wird im Rahmen eines GIS-basierten Screening-Verfahrens über eine Flächenbilanz je Flurstück abgeschätzt. Als konservativer Nutzbarkeitsabzug wird je Flurstück ein 3-m-Abstand zur Nachbargrundstücksgrenze angesetzt, sodass die verbleibende Flurstücksinnenfläche als potenziell nutzbar gilt. Potenzielle Aufstellflächen werden gebäudenah abgeleitet, indem um den Gebäudegrundriss ein 2-m-Puffer gebildet wird. Dieser Puffer wird als nutzbare Aufstellzone innerhalb des Grundstücks interpretiert (Verortung innerhalb des Flurstücks). Die Aufstellmöglichkeiten ergeben sich aus der Überlagerung der gebäudenahen Zone mit der nutzbaren Flurstücksfläche unter Berücksichtigung des 3-m-Grenzabstands. Über die Anzahl der so identifizierten Aufstellbereiche wird das Standortpotenzial im Untersuchungsgebiet aggregiert. Die Ergebnisse stellen eine theoretisch-technische Potenzialabschätzung dar. Schallschutzbezogene Anforderungen, konkrete Aufstellvarianten (z. B. Fassaden-/Dachaufstellung) sowie objektspezifische Restriktionen sind individuell in nachgelagerten Planungsschritten standortscharf zu prüfen.

In baulich verdichteten Gebieten (z. B. ältere Ortskerne) kann die Aufstellung von Außen-einheiten durch begrenzte Flächen, Abstandsanforderungen sowie Schallschutzaufgaben erschwert sein; hier sind standortbezogen alternative Lösungen (z. B. zentrale/gebündelte Anlagen, PVT oder Wärmenetze) zu prüfen. Ergänzend kommen technische Varianten in Betracht, die die Zahl und Sichtbarkeit von Außengeräten reduzieren bzw. deren Aufstellorte verlagern: Dazu zählen gebündelte/zentralisierte Außeneinheiten (Clusterlösungen

für mehrere Gebäude, z. B. im Hinterhof oder auf Nebenflächen), Dachaufstellungen mit Dachaufständerung (z. B. hinter Attika/Dachaufbauten, unter Beachtung von Statik, Schwingungsentkopplung und Wartungszugang) sowie innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen mit kanalgeführter Zu- und Abluft (Außenansicht über Luftgitter statt Außenheit). In Einzelfällen können auch Split-Systeme mit optimierter Aufstellführung oder Luft/Luft-Klimasplitgeräte (insb. für Raumheizung/-kühlung, ggf. ergänzt um separate Warmwasserlösungen) eine Option sein. Schallmindernde Maßnahmen (u. a. schwingungsentkoppelte Fundamente, Schalldämpfer/Schallschutzhauben, geeignete Aufstellgeometrie und Nachtbetriebsmodi) sind dabei in die standortbezogene Planung einzubeziehen.

Herausforderungen der Luftwärmepumpen-Nutzung

- Die Effizienz von Luftwärmepumpen ist stark von der Außentemperatur abhängig. An kalten Wintertagen sinkt die Effizienz im Vergleich zu Erdwärme- oder Wasserpumpen deutlich. Daher sind Optimierungen der Gebäudedämmung notwendig, um niedrige Vorlauftemperaturen zu gewährleisten und die Effizienz der Wärmepumpen zu erhöhen.
- Luftwärmepumpen benötigen elektrische Energie für den Betrieb. Um klimafreundlich zu bleiben, sollte dieser Strom aus erneuerbaren Energien stammen. Hier bietet sich der Ausbau lokaler Photovoltaik-Anlagen als nachhaltige und wirtschaftliche Lösung an.
- Die Anschaffungskosten für Luftwärmepumpen sind zwar geringer als für Erdwärmesonden, können aber im Vergleich zu konventionellen Heizsystemen zunächst hoch erscheinen. Eine sorgfältige Kosten-Nutzen-Analyse und die Einbindung von Fördermitteln sind entscheidend, um die Wirtschaftlichkeit sicherzustellen.
- Die Außenheiten von Luftwärmepumpen erzeugen Betriebsgeräusche, die in dicht besiedelten Gebieten problematisch sein können. Eine sorgfältige Standortwahl und gegebenenfalls Schalldämpfungsmaßnahmen sind erforderlich, um die Geräuschentwicklung zu minimieren.

Fazit:

Luftwärmepumpen bieten ein enormes Potenzial zur nachhaltigen Wärmeversorgung. Durch ihre flexible Einsetzbarkeit, die geringen Flächenanforderungen und die einfache Installation sind sie eine zukunftsfähige Lösung, besonders in Kombination mit Photovoltaik-Anlagen zur Eigenstromnutzung. Allerdings sind einige Herausforderungen zu beachten:

- Ein hoher energetischer Gebäudestandard oder umfassende Sanierungsmaßnahmen sind notwendig, um niedrige Vorlauftemperaturen zu gewährleisten und die Effizienz der Wärmepumpe zu optimieren.
- An Tagen mit niedrigen Außentemperaturen sinken die Jahresarbeitszahl (JAZ) und dadurch die Effizienz von Luftwärmepumpen erheblich.
- Eine professionelle Beratung und korrekte Dimensionierung des Wärmepumpensystems sind entscheidend, um die Leistung optimal an den Heizbedarf des Gebäudes anzupassen und Effizienzverluste zu vermeiden.
- Photovoltaik-Anlagen mit intelligenter Steuerung (z. B. Wärmepumpe und Speicher) können dabei helfen, möglichst viel Eigenstrom direkt im Gebäude zu nutzen und so sowohl Ökonomische als auch ökologische Vorteile zu erzielen.

8.2.4 Geothermie

Die Geothermie zählt zu den vielversprechendsten erneuerbaren Energiequellen und bietet durch die Nutzung der in der Erde gespeicherten Wärme eine nachhaltige und umweltfreundliche Alternative zu fossilen Brennstoffen. Ein wesentlicher Vorteil der Geothermie gegenüber Wind- und Solarenergie ist ihre ständige Verfügbarkeit, unabhängig von Tageszeit oder Jahreszeit. In der Tiefe ab etwa fünf Metern bleibt die Temperatur konstant, wodurch Wärme und Strom rund um die Uhr bereitgestellt werden können.

Die Nutzung der Geothermie wird in zwei Hauptkategorien unterteilt:

8.2.4.1 Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie nutzt Wärmequellen aus bis zu 400 Metern Tiefe und wird hauptsächlich zur direkten Wärmeversorgung von Gebäuden eingesetzt. Wärmepumpen spielen dabei eine zentrale Rolle: Sie entziehen die gespeicherte Energie aus der Umgebung – sei es aus der Luft, dem Grundwasser oder dem Erdreich – und heben diese auf ein höheres Temperaturniveau, um sie für Heizungszwecke nutzbar zu machen. Für diesen Prozess benötigt die Wärmepumpe Strom. Im Normalbetrieb kann sie aus einer Kilowattstunde Strom etwa vier Kilowattstunden Wärme erzeugen. Dieses Verhältnis wird als Jahresarbeitszahl (JAZ) bezeichnet und ist ein Maß für die Effizienz der Wärmepumpe. Je höher die JAZ, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe. Die Effizienz und Umweltbilanz der Wärmeversorgung lässt sich zusätzlich steigern, wenn die Wärmepumpe mit Solarthermieanlagen oder einem Wärmepuffersystem kombiniert wird. Dadurch können

Lastspitzen abgefangen, regenerative Energiequellen besser integriert und der Strombedarf netzdienlich verteilt werden. Die oberflächennahe Geothermie bietet zwei effiziente Möglichkeiten zur Wärmegewinnung:

- **Erdwärmesonden:** Vertikal installierte Sonden reichen bis zu 400 Metern Tiefe und ermöglichen die Nutzung der konstanten Temperaturen des Untergrunds. Sie sind besonders platzsparend und eignen sich gut für dicht besiedelte Gebiete.
- **Erdwärmekollektoren:** Diese nutzen die oberflächennahen Schichten des Bodens zur Wärmegewinnung. Sie erfordern jedoch größere Grundstücksflächen und sind besonders für größere Liegenschaften oder Neubaugebiete geeignet.

Durch ihre Vielseitigkeit und hohe Effizienz stellt die oberflächennahe Geothermie eine nachhaltige und zukunftsfähige Wärmeversorgungsoption dar, die sowohl im Neubau als auch bei der Sanierung von Bestandsgebäuden Anwendung finden kann.

8.2.4.2 Tiefengeothermie

Die Tiefengeothermie nutzt die in großen Tiefen gespeicherte Erdwärme aus Tiefen von bis zu 5.000 Metern, um sowohl Wärme als auch Strom bereitzustellen. Mit zunehmender Tiefe steigt die Temperatur des Gesteins aufgrund des geothermischen Gradienten – durchschnittlich um etwa 3 °C pro 100 Metern Tiefe. In großen Tiefen lassen sich daher Temperaturen von 100–200 °C oder höher erreichen, die für verschiedene Energieanwendungen nutzbar gemacht werden können. Gegenwärtig ist jedoch kein Förder- oder Pilotprojekt zur Nutzung der Tiefengeothermie in der Region bekannt. Darüber hinaus lässt die aktuell geringe Wärmebedarfsdichte in der Gemeinde eine wirtschaftliche Nutzung tiefengeothermischer Ressourcen zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu.

Informationsgrundlagen

Das kostenfreie Niedersächsische Bodeninformationssystem (NIBIS) bietet umfassende Informationen zu geothermischen Potenzialen sowie zur Wärmeleitfähigkeit des Bodens. Er enthält Daten sowohl zur Tiefengeothermie (bis 4.000 m Tiefe) als auch zur oberflächennahen Geothermie (bis 200 m Tiefe) und bildet damit eine wichtige Entscheidungsgrundlage zur Bewertung der geothermischen Nutzungsmöglichkeiten. Dabei wird das tiefengeothermische Potenzial in Krummhörn bei einer Betrachtungstiefe von bis zu 4.000 m als gering eingestuft. Die Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds in relevanten Tiefenstufen bis 200m liegt bei 1,8 - 2,0 W/mK. Dies entspricht einer mittleren bis guten Effizienz für geothermische Anwendungen. Die Einheit Watt pro Meter und Kelvin (W/(m·K)) beschreibt, wie effizient der Untergrund Wärme leitet, und ist ein zentraler Kennwert für die Auslegung geothermischer Systeme.

Potenziale

Das Potenzial für oberflächennahe Geothermie (Erdsonden) wird ebenfalls über eine GIS-gestützte Flächenbilanz je Flurstück im Sinne eines Screenings ermittelt. Zur Berücksichtigung von Randbedingungen wird ein 3-m-Abstand zur Nachbargrundstücksgrenze als konservativer Nutzbarkeitsabzug angesetzt; die verbleibende Innenfläche bildet die

Grundlage für die Potenzialabschätzung. Die Umrechnung von verfügbarer Fläche in mögliche Sondenstandorte erfolgt über eine Mindestflächenkennzahl von 75 m² je Standort, abgeleitet aus einem Referenz-Einfamilienhaus mit 8,7 kW Leistungsbedarf. Aus der je Flurstück rechnerisch möglichen Anzahl an Sondenstandorten wird das Gesamtpotenzial im Untersuchungsgebiet (Standortpotenzial bzw. äquivalente installierbare Leistung) aggregiert.

Die Ergebnisse sind als theoretisch-technische Potenzialabschätzung zu verstehen. Untergrundabhängige Entzugsleistungen, konkrete Bohr- und Sondenabstände, Regenerationseffekte sowie wasserrechtliche Restriktionen (z. B. Schutzgebiete) werden in dieser Stufe nur pauschal berücksichtigt und sind im Rahmen der Detailplanung zu prüfen.

Ausgehend von rund 4.400 potenziellen Standorten mit ausreichender Flächenverfügbarkeit im Siedlungsgebiet der Gemeinde Krummhörn ergibt sich – unter der Annahme von 1.800 Volllaststunden pro Jahr – ein relevantes Potenzial für die Nutzung oberflächennaher Geothermie zur Wärmeversorgung. Für Erdwärmesonden, deren Leistungsfähigkeit maßgeblich von den Untergrundbedingungen abhängt, wird eine spezifische Entzugsleistung von 50 W/m angesetzt. Daraus resultiert ein technisches Wärmepotenzial von rund 45 GWh/a. Ergänzend kann über Erdwärmekollektoren (Flächenkollektoren) – unter Ansatz eines Mobilisierungsfaktors von 25 % – ein zusätzliches Potenzial von etwa 7,5 GWh/a mobilisiert werden. Insgesamt ergibt sich damit ein technisches Gesamtpotenzial der oberflächennahen Geothermie von rund 52,5 GWh/a, wodurch diese Technologie einen wichtigen Beitrag zur klimafreundlichen Wärmeversorgung in Gemeinde Krummhörn leisten kann.

Kosten

Für Einzellösungen mit Erdwärmesonde können Gesamtkosten im Bereich von 30.000 bis 60.000 Euro anfallen. Die Vollkosten hängen wesentlich von den geologischen Gegebenheiten, der Bohrtiefe, der erforderlichen Wärmepumpenleistung sowie dem Umfang der Installationsarbeiten ab. In Einzelfällen – insbesondere bei ungünstigen Bodenverhältnissen oder komplexen baulichen Voraussetzungen – können die Kosten auch darüber hinausgehen. Für Erdwärmekollektoren sind die Kosten aufgrund der geringeren Erschließungskosten etwa 20 – 30 % niedriger. Damit stellen sie eine kostengünstigere Alternative dar, sofern ausreichend Grundstücksfläche zur Verfügung steht. Die Investitionskosten lassen sich durch gezielte Fördermaßnahmen des Bundes (z. B. BEG - Bundesförderung für effiziente Gebäude) erheblich senken, wodurch die Technologie langfristig wirtschaftlich und nachhaltig wird. Für eine erfolgreiche Umsetzung sind detaillierte Standortanalysen erforderlich, um die geologischen Gegebenheiten optimal zu berücksichtigen und die Planung auf die jeweiligen Bedingungen vor Ort abzustimmen.

Fazit:

Die oberflächennahe Geothermie bietet in Krummhörn eine nachhaltige und zukunftsfähige Wärmeversorgungsoption und stellt eine sinnvolle Ergänzung zu anderen erneuerbaren Energiesystemen dar.

- Erdwärmekollektoren sind besonders geeignet für größere Grundstücke sowie kommunale Gebäude, da sie eine ausreichende Fläche zur Installation benötigen und technisch vergleichsweise einfach umzusetzen sind.
- Erdwärmesonden stellen die effiziente Alternative in dicht besiedelten Gebieten dar, da sie weit weniger Platz benötigen und vertikal installiert werden können. Sie profitieren von konstanten Temperaturen in der Tiefe, was eine zuverlässige Wärmeversorgung ermöglicht.
- Allerdings sind bei Erdwärmesonden die Investitionskosten für Bohrungen zu berücksichtigen. Die Kosten liegen in der Regel bei 60 – 100 Euro pro Meter Tiefe, abhängig von den geologischen Bedingungen. Eine breite Nutzung dieses Potenzials wird realistisch nur dann möglich sein, wenn die bestehenden Förderprogramme (z. B. BEG, BEW) ausgeweitet bzw. gezielt auf gemeinschaftliche Lösungen ausgerichtet werden und durch Energiegemeinschaften, genossenschaftliche Modelle oder kommunale Trägerschaften Skaleneffekte erzielt und die Investitionslast auf mehrere Schultern verteilt wird.
- Durch eine sorgfältige Kosten-Nutzen-Analyse, professionelle technische Beratung und die Nutzung bestehender Förderprogramme können sowohl Erdwärmekollektoren als auch Erdwärmesonden einen bedeutenden Beitrag zur klimafreundlichen Wärmeversorgung in Krummhörn leisten. Die Effizienz der Wärmeversorgung kann durch eine Kombination mit Solarthermie oder Wärmepuffersystemen zusätzlich gesteigert werden.

8.2.5 Bioenergie

8.2.5.1 Feste Biomasse aus der Forstwirtschaft

Die Nutzung fester Biomasse aus der Forstwirtschaft stellt ein systemisch relevantes, langfristig verfügbares Potenzial dar, insbesondere als regelbare Hochtemperatur- und Spitzenlastwärme in hybriden Versorgungskonzepten. Die Potenzialabschätzung in Krummhörn basiert auf einer GIS-gestützten Auswertung der verfügbaren Waldflächen sowie typischer Holzentnahmemengen aus regulärer Forstnutzung, Pflegemaßnahmen und Sägerestholz.

Auf Basis der GIS-Analyse wird für Krummhörn von einer nutzbaren Waldfläche von rund 21 ha und einem durchschnittlichen Holzzuwachs von 9 fm/ha·a ausgegangen. Unter Annahme eines Nutzungsgrades von 60 % ergibt sich ein jährlicher Einschlag von rund 113

fm/a bzw. 3 fm/ha·a. Davon werden im Ansatz 60 % stofflich genutzt (Holzeinschnitt), während rund 31 fm/a als direktes Energieholz sowie zusätzlich etwa 14 fm/a als energetisch nutzbares Sägerestholz anfallen (insgesamt ca. 45 fm/a). Bei angesetzten Brennwerten von 1.800 kWh/fm (Waldenergieholz) bzw. 1.600 kWh/fm (Sägerestholz) ergibt sich daraus eine jährliche Holzenergie von rund 79 MWh/a und – bei einem Wirkungsgrad von 80 % – ein theoretischer Wärmeertrag von rund 60 MWh/a. Da in Krummhörn keine Sägeindustrie ansässig ist, ist die Verfügbarkeit von Sägerestholz nicht lokal, sondern im regionalen Kontext (z. B. über Holzverarbeitung in der Umgebung sowie über Lieferketten) zu betrachten.

Neben der energetischen Nutzung erfüllen Wälder eine Vielzahl an Ökosystemleistungen. Sie tragen wesentlich zur Luftreinhaltung, Wasserregulierung, Erholung und Biodiversität bei und sind zugleich wichtige Kohlenstoffsinken. Durch das Wachstum der Bäume wird CO₂ aus der Atmosphäre aufgenommen und langfristig in der Biomasse und im Waldboden gespeichert. In Anbetracht der zunehmenden Herausforderungen durch den Klimawandel, wie etwa Trockenheit, Schädlingsbefall und Sturmschäden, steht die nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder jedoch unter wachsendem Druck. Es bedarf einer sorgfältigen Balance zwischen stofflicher und energetischer Holznutzung. Während die energetische Nutzung kurzfristig verfügbare Energie bereitstellt und zur lokalen Wärmeversorgung beiträgt, ermöglicht die stoffliche Nutzung - etwa in Form langlebiger Holzprodukte im Bauwesen oder Möbelbereich - eine langfristige Kohlenstoffbindung und einen mehrfachen ökologischen Nutzen. Erst nach der Nutzung in langlebigen Produkten sollte der Wertstoff Holz einer energetischen Verwertung zugeführt werden.

Daher ist es sinnvoll, die energetische Nutzung vor allem auf nicht stofflich verwertbare Reststoffe und Nebenprodukte zu konzentrieren, wie etwa Rinde, Sägerestholz oder minderwertiges Schwachholz. Dies schützt wertvolle Ressourcen und unterstützt eine klimaschonende Kreislaufwirtschaft.

Eine integrierte Betrachtung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung sowie die enge Zusammenarbeit mit Forstbetrieben, Holzverarbeitern und kommunalen Akteur*innen sind zentrale Voraussetzungen dafür, das forstliche Biomassepotenzial ökologisch verträglich, wirtschaftlich tragfähig und klimaresilient zu erschließen. Für eine erfolgreiche Umsetzung sind interkommunale Kooperationen und Lösungen hilfreich, die Aspekte wie Logistik, saisonale Bereitstellung, Lagerung und Versorgungssicherheit berücksichtigen.

8.2.5.2 Biogas aus der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft steht heute im Spannungsfeld steigender Anforderungen an die Lebensmittelproduktion, ökologischer Zielsetzungen und der zunehmenden Nutzung landwirtschaftlicher Flächen zur Energieerzeugung. Diese Nutzungskonflikte werden durch den fortschreitenden Klimawandel weiter verschärft. Veränderte Wetterbedingungen – etwa häufigere Dürren, Starkregenereignisse und steigende Temperaturen – bedrohen die Produktivität landwirtschaftlicher Betriebe. Um sowohl die Ernährungssicherheit als

auch ökologische Ziele zu gewährleisten, sind innovative und integrierte Ansätze erforderlich. Die Verbindung von Energieproduktion, Klimaschutz und landwirtschaftlicher Praxis stärkt nicht nur die Resilienz gegenüber dem Klimawandel, sondern schafft auch neue lokale Wertschöpfungspotenziale.

Auf Basis der in der Flächenkulisse ausgewiesenen Potenzialflächen von rund 7.500 ha Ackerland (Silomais) und rund 5.500 ha Grünland wurde für flächengebundene Optionen (insbesondere Biogas/Biomethan aus landwirtschaftlicher Biomasse) konservativ eine Inanspruchnahme von 10 % der verfügbaren Fläche angesetzt. Damit wird der begrenzten Realisierbarkeit aufgrund von Nutzungskonkurrenzen, Akzeptanz, Naturschutz- und Bewirtschaftungsrestriktionen Rechnung getragen.

Auf Basis des 10%-Ansatzes ergibt sich bei linearer Skalierung eine jährliche Biogasproduktion von rund 7,5 Mio. m³/a sowie eine Methanproduktion von rund 4,3 Mio. m³/a. Der daraus abgeleitete Energiegehalt liegt bei insgesamt rund 46 GWh/a. Bei KWK-basierter Nutzung entspricht dies einer potenziellen Stromerzeugung von rund 11,3 GWh/a sowie einer potenziellen Wärmebereitstellung von rund 15,1 GWh/a.

Die tatsächlich nutzbare Wärmemenge hängt maßgeblich von der Wärmeabnahme (Lastprofil, Netzanbindung und saisonale Nutzung) sowie von den Anlagenwirkungsgraden ab. In der Praxis erfolgt der Substrateinsatz zudem überwiegend im regionalen Kontext. Die eingesetzten Substrate stammen typischerweise aus einem Mix (z. B. Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger und biogene Reststoffe) und werden nicht vollständig über ackergebundene Flächen bereitgestellt.

Auch wenn die absoluten Energiemengen begrenzt sind, ist die Nutzung von Biogas und Biomethan systemisch relevant, insbesondere:

- zur flexiblen Stromerzeugung,
- zur Bereitstellung regelbarer Wärme,
- zur Abdeckung von Spitzenlasten,
- als Ergänzung in Wärmenetzen oder KWK-Anwendungen

Im Landkreis Aurich gibt es ein etabliertes System zur getrennten Erfassung und Verwertung organischer Abfälle aus Haushalten und Garten, wobei diese sowohl stofflich (Kompostierung) als auch energetisch (Vergärung/Biogaserzeugung) verwertet werden. Diese bestehende Infrastruktur bietet eine wichtige Grundlage, um auch künftig biogene Reststoffe effizient zu nutzen, ohne zusätzliche Nutzungskonflikte in der Landwirtschaft zu verschärfen.

8.2.5.3 Bestehende Biogasanlagen in der Gemeinde

In der Gemeinde Krummhörn gibt es sieben bestehende Biogasanlagen mit einer insgesamt installierten Leistung von rund 1,5 MW. Diese haben jedoch keine industrielle Bedeutung wie große Biogasparcs, die zentral organisierte Netze mit Wärme versorgen. Es handelt sich bei diesen um Eigenbedarfs-Biogasanlagen auf landwirtschaftlicher Basis, die der eigenen Energieversorgung dienen (BNetzA, 2026).

8.2.5.4 Biomethanproduktion und Kraft-Wärme-Kopplung

Die Kombination von Biomethanproduktion und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) stellt eine Schlüsseltechnologie dar, um Bioenergie effizient zu nutzen. Biomethan kann durch Vergärung organischer Stoffe erzeugt und in KWK-Anlagen zur gleichzeitigen Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Auch bei geringen absoluten Energiemengen ist die KWK-Nutzung systemisch bedeutsam, da die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme die Gesamteffizienz erhöht und die Ressourcenausbeute maximiert.

Ein entscheidender Faktor für eine nachhaltige Bioenergienutzung ist die konsequente Nutzung der anfallenden Abwärme. Diese sollte nicht ungenutzt verloren gehen, sondern gezielt in Wärmenetze eingespeist und mit Wärmespeichern – insbesondere auch saisonalen Speichern – kombiniert werden, um eine stabile Wärmeversorgung auch in Zeiten geringer Erzeugung bzw. außerhalb der Laufzeiten der KWK-Anlage sicherzustellen.

Zusätzlich bietet die Rückführung von Reststoffen in die Landwirtschaft eine weitere ökologische und ökonomische Synergie:

- Humusaufbau und Kohlenstoffspeicherung durch organische Dünger
- Schließung regionaler Stoffkreisläufe und Förderung der Bodenfruchtbarkeit
- Erhöhung der regionalen Wertschöpfung, da Rohstoffe lokal genutzt und verarbeitet werden

Die Verknüpfung von Biogas, Abwärmenutzung und Wärmespeichern kann dazu beitragen, fossile Energieträger weiter zu reduzieren und eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu unterstützen. Gerade mit Blick auf zukünftige Niedertemperatur-Wärmenetze bietet dieser Ansatz Potenzial, eine nachhaltige und zugleich wirtschaftliche Wärmeversorgung in der Region zu ermöglichen.

Fazit:

Die Gemeinde Krummhörn hat die Möglichkeit, durch eine verstärkte interkommunale Zusammenarbeit und die konsequente Umsetzung kreislaufwirtschaftlicher Ansätze die vorhandenen – insgesamt begrenzten – Bioenergiepotenziale effizient und nachhaltig zu erschließen. Dadurch kann nicht nur ein zusätzlicher Beitrag zur regionalen Energie- und Wärmebereitstellung geleistet werden, sondern auch die stoffliche Verwertung organischer Reststoffe (z. B. Kompost- und Gärrestnutzung) zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und zur Stärkung lokaler Kohlenstoffsinken beitragen. Die Kombination aus gemeinsamer Projektentwicklung, Nutzung bestehender Verwertungsinfrastrukturen und einem klaren Nachhaltigkeitsfokus eröffnet der Gemeinde Krummhörn und den Nachbarkommunen die Chance, die regionale Energiewende aktiv mitzugestalten und zugleich die ökologische wie auch die wirtschaftliche Resilienz der Region zu erhöhen.

8.2.6 Abwärme

Industrielle Abwärme stellt ein oft nicht ausreichend berücksichtigtes Potenzial für die kommunale Wärmeversorgung dar. Sie entsteht in Produktionsprozessen, in denen überschüssige Wärmeenergie freigesetzt wird, die ungenutzt bleibt oder an die Umgebung abgegeben wird. Durch die Integration industrieller Abwärme in die Wärmeversorgung können fossile Energieträger ersetzt und CO₂-Emissionen signifikant reduziert werden. Dies trägt nicht nur zur Erreichung von Klimazielen bei, sondern verbessert auch die Energieeffizienz auf kommunaler und betrieblicher Ebene. Die Nutzung industrieller Abwärme ist jedoch mit Herausforderungen verbunden. Da die Abwärme lediglich ein Nebenprodukt industrieller Prozesse ist, kann ihre Verfügbarkeit schwanken und erschwert die Planbarkeit und Risikoabschätzung. Zudem muss sichergestellt sein, dass die Wärmeabgabe durchgehend und ohne Unterbrechungen erfolgt. Unternehmen, die Abwärme bereitstellen, benötigen gesicherte rechtliche, wirtschaftliche und technische Rahmenbedingungen, um Investitionen und langfristige Verpflichtungen eingehen zu können. Die Wirtschaftlichkeit hängt zudem stark von der Nähe zu potenziellen Abnehmern und den technischen Voraussetzungen der Wärmeinfrastruktur ab.

Gegenwärtig werden für die Gemeinde Krummhörn relevante überschüssige Abwärmepotenziale aus Gewerbe und Industrie von rund 355 GWh/a ausgewiesen (BAFA, 2025). Dieses Potenzial ist derzeit im Wesentlichen an eine einzelne Abwärmequelle gebunden, die räumlich weit außerhalb der Siedlungsgebiete liegt. Daher liegen bislang keine konkreten Überlegungen zur Bereitstellung bzw. Nutzung der Abwärme vor. Zukünftig könnten jedoch Entwicklungen in niedertemperaturfähigen Wärmenetzen neue Möglichkeiten eröffnen, auch Abwärme mit moderaten Temperaturen effizient zu nutzen. Dies könnte die Integration industrieller Prozesse in die kommunale Wärmeplanung erleichtern. Ein vorausschauendes Vorgehen in enger Zusammenarbeit mit lokalen Unternehmen, Planungsbüros und Energieversorgern kann dazu beitragen, langfristige Lösungen zu entwickeln. So kann die Erschließung von gewerblichen und industriellen Abwärmepotenzialen gezielt vorbereitet und in eine zukunftsfähige Wärmeversorgung integriert werden.

Handlungsempfehlungen:

Nicht vermeidbare Abwärme bietet eine wichtige, langfristig verfügbare Energiequelle für eine zentrale Wärmeversorgung. Insbesondere für Niedertemperaturnetze ist Abwärme häufig gut geeignet, da die erforderlichen Vorlauftemperaturen niedriger sind und eine ggf. notwendige Temperaturanhebung über Wärmepumpen effizient erfolgen kann. Da Abwärme jedoch oft nur eine einzelne Quelle darstellt und betrieblichen Schwankungen (Wartung, Stillstände, Produktionsänderungen) unterliegt, ist sie in der Regel als Grundlastbaustein in einem hybriden System zu betrachten. Entsprechend sind Spitzenlast- und Redundanzlösungen (Backup-Erzeuger, ggf. Speicher) vorzusehen und die Verfügbarkeit vertraglich abzusichern. Zur Nutzung sind folgende Schritte und Maßnahmen notwendig:

- **Durchführung einer Machbarkeitsstudie:** Eine Machbarkeitsstudie sollte technische, wirtschaftliche, rechtliche und organisatorische Aspekte klären. Wichtige Punkte dabei sind:
 - Erfassung der Abwärme (Temperaturniveau, Wärmemenge/Leistung, Medium, zeitliche Verfügbarkeit, Randbedingungen)
 - Einbindungskonzept (Übergabestation/Wärmetauscher, ggf. Großwärmepumpe) und Definition des Ziel-Temperaturniveaus
 - Auslegung von Redundanz und Spitzenlast sowie ggf. Speicher und Betriebsstrategie
 - Grobprüfung von Trasse/Anschlussmöglichkeiten und wesentlichen Genehmigungsaspekten
- **Abnehmer- und Anschlussgradprüfung:** Gespräche mit potenziellen Abnehmern und Nachfrageanalyse zur realistischen Abschätzung der Anschlussquote. Bei Niedertemperaturnetzen ist zudem zu prüfen, inwieweit Gebäude (v. a. Bestandsgebäude) NT-fähig sind bzw. ob gebäudeseitige Maßnahmen erforderlich werden (Übergabetechnik, ggf. Booster für Warmwasser).
- **Betreiber- und Vertragsmodell (z. B. Contracting):** Festlegung von Finanzierung, Bau und Betrieb inkl. Förderprüfung sowie Regelungen zu Preisformel, Messung/Abrechnung und Verfügbarkeiten.
- **Flankierende Maßnahmen:** Erhöhung der Umsetzbarkeit durch gezielte Entwicklung in Quellnähe (Neubau/Sanierung), Ansiedlung wärmegeeigneter Betriebe (z. B. Gewächshäuser, Lebensmittelverarbeitung) und Aufbau einer lokalen Partnerschaftsstruktur (z. B. Arbeitsgruppe) mit Energieversorgern, Netzbetreibern, lokalen Betrieben, Kommune sowie Bürger als wesentlicher Erfolgsfaktor für Akzeptanz und Umsetzung.

8.2.7 Wasserstoff

Wasserstoff wird in der kommunalen Wärmeplanung der Gemeinde Krummhörn für den privaten Wohnbereich (Wohngebäude und Wohnquartiere) keine Rolle spielen. Aufgrund des hohen Energieeinsatzes bei der Herstellung, der geringen Gesamteffizienz sowie der absehbar dauerhaft hohen Kosten ist Wasserstoff hierfür weder wirtschaftlich noch systemisch sinnvoll und wird daher nicht als Versorgungsoption berücksichtigt. Kurzfristig kommt – sofern entsprechende Bedarfe in Industrie oder Gewerbe entstehen – allenfalls eine mobile Wasserstoffversorgung als flexible Übergangslösung in Betracht.

8.2.8 Weitere erneuerbare Energiequellen

Aufgrund der verfügbaren Potenziale der bereits genannten erneuerbaren Energiequellen, die ein großes Potenzial und ein hohes Maß an technischem Umsetzungswissen erfordern, spielen weitere potenzielle Wärmequellen, wie die Nutzung von Abwärme aus Abwässern oder die Errichtung von saisonalen Großwärmespeichern, aktuell keine zentrale Rolle. Die zukünftige Nutzung dieser Potenziale wird jedoch nicht ausgeschlossen und soll in den Fokus- bzw. Prüfgebieten im Rahmen von Machbarkeitsstudien und technischer Feinplanung im Einzelfall geprüft werden.

8.3 Einsparpotenziale durch Sanierung und Effizienzsteigerung

Aufbauend auf den Ergebnissen der Gebäudebestandsanalyse und den ermittelten Wärmebedarfsdichten in den Baublöcken wurden die energetischen Einsparpotenziale in den Baublöcken untersucht. Dabei wurde die Energieeinsparung durch eine sanierungsbedingte Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudebestand ermittelt. Die potenziellen Einsparungen für Raumwärme und Trinkwarmwasser variieren je nach Nutzungsart (z. B. Einfamilienhaus, Reihenhaus, Mehrfamilienhaus oder Nichtwohngebäude), dem Baualter der Gebäude sowie deren Sanierungszustand. Basierend auf diesen Gebäudemerkmalen und den zugrunde liegenden Daten wurden Zielkennwerte sowie maximal erzielbare Einsparpotenziale abgeleitet. Diese wurden sowohl auf Baublockebene als auch auf dem bundesweit einheitlichen 100×100-Meter-Zensusgitter aggregiert, räumlich verortet und sowohl statistisch-tabellarisch als auch kartografisch aufbereitet (vgl. **Abb. 25**).

Diese Einsparpotenziale setzen jedoch voraus, dass alle Gebäude umfassend saniert werden. In der Praxis ist dies jedoch unrealistisch, da zahlreiche Faktoren, wie Wirtschaftlichkeit, technische Machbarkeit oder der Erhalt denkmalgeschützter Bausubstanz, die Umsetzung einschränken. Auch zukünftige Entwicklungen, etwa bei der Verfügbarkeit von Baumaterialien und Fachpersonal, könnten zu zusätzlichen Einschränkungen führen.

Sanierungsentscheidungen werden in der Regel von den Eignern anlassbezogen getroffen, etwa bei Eigentümerwechsel, Instandhaltungsbedarf oder geplanten Modernisierungen. Dabei spielen mehrere Faktoren eine entscheidende Rolle, darunter ordnungsrechtliche Vorgaben wie das Gebäudeenergiegesetz (GEG), finanzielle Förderinstrumente (z. B. BEG-Förderung), steuerliche Anreize, der zukünftige CO₂-Preis sowie die individuellen finanziellen Möglichkeiten und langfristigen Nutzungspläne der Eigentümer.



Abb. 25: Einsparungspotenzial des bestehenden Gebäudebestandes auf Baublockebene (Loquard)

Die Gemeinde hat im privaten Gebäudebereich nur begrenzte Einflussmöglichkeiten, kann jedoch durch gezielte Informationskampagnen, Beratungsangebote und Förderprogramme indirekt auf die Sanierungsrate einwirken. Solche Maßnahmen könnten dazu beitragen, die Hemmschwellen für energetische Sanierungen zu senken und Eigentümer stärker zu motivieren.

Im Bereich öffentlicher Gebäude kann Krummhörn jedoch aktiver eingreifen. Ab Ende 2025 greifen die europäische Sanierungsverpflichtung und die damit verbundene Erstellung von Sanierungsfahrplänen. Diese verpflichten öffentliche Einrichtungen, schrittweise energetische Standards zu verbessern und die Energieeffizienz ihrer Gebäude zu erhöhen.

Darüber hinaus könnte die Gemeinde Vorbildfunktionen übernehmen, indem sie ihre eigenen Gebäude energetisch saniert und innovative Lösungen wie die Integration erneuerbarer Energien oder intelligente Energiemanagementsysteme umsetzt. Dies könnte nicht nur Energieeinsparungen für die Kommune selbst bringen, sondern auch als Multiplikator für private Eigentümer wirken.

Zusammenfassend erfordert die Steigerung der Sanierungsrate eine Kombination aus regulatorischen, finanziellen und beratenden Maßnahmen, die sowohl auf privater als auch auf öffentlicher Ebene miteinander verzahnt werden sollten.

9 Zielszenarien und Entwicklungspfade

Das Definieren unterschiedlicher Szenarien dient dazu, verschiedene mögliche Entwicklungspfade zu vergleichen, die Auswirkungen von Maßnahmen zu bewerten und fundierte

Entscheidungen für die langfristige Planung zu treffen. Die Entwicklung der Szenarien für die zukünftige Wärmeversorgung basierte auf den ermittelten aktuellen Heizwärmebedarfen sowie den potenziellen Einsparpotenzialen, die durch Sanierungsmaßnahmen erzielt werden können. Zudem flossen die technisch verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energiequellen in die Szenarienentwicklung ein. Als Grundlage und Leitplanke dienten die T45-Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems des Bundes, die verschiedene Dekarbonisierungspfade des Energiesystems beschreiben. Das Hauptszenario T45-Strom setzt auf eine starke Elektrifizierung des Energiesystems, um unter Berücksichtigung aktueller politischer Ziele (2022) bis 2040 Treibhausgasneutralität zu erreichen. Die Erkenntnisse aus den übergeordneten Szenarien und die möglichen Substitutionspotenziale fossiler Energieträger durch den Einsatz erneuerbarer Energien bilden die Grundlage für die Skizzierung von drei Entwicklungsszenarien:

- **„Moderates“ Engagement:** Dieses Szenario steht für eine moderate Steigerung der Produktionskapazitäten sowie spürbare, aber begrenzte Energieeinsparungen durch Effizienzmaßnahmen.
- **„Engagiertes“ Engagement:** Der Schwerpunkt liegt auf einer deutlichen Steigerung der Energieeffizienz und einer weitgehenden Substitution fossiler Energieträger. Das Szenario bildet einen ambitionierten Entwicklungspfad in Richtung Klimaneutralität.
- **„Hohes“ Engagement:** Dieses Szenario maximiert sowohl die Produktionssteigerungen als auch die Einsparpotenziale und setzt auf eine über den kommunalen Bedarf hinausgehende Erzeugung sowie den Ausbau erneuerbarer Energien (Export-/Überschusslogik).

Die aus den Szenarien abgeleiteten Entwicklungen der Wärmebedarfsdichten wurden ausgewertet, um den zukünftigen Wärmebedarf und die Auswirkungen der geplanten Sanierungsmaßnahmen auf die einzelnen Baublöcke zu ermitteln. Auf Grundlage der modellierten Heizwärmebedarfsdichten (in MWh/ha) und deren betriebswirtschaftlicher Bewertung wurde zudem die Eignung für unterschiedliche Wärmenetztypen analysiert. Dabei wurden die Heizwärmebedarfsdichten der einzelnen Baublöcke entsprechend der nachfolgenden Kategorisierung den jeweils geeigneten Wärmenetztypen zugeordnet:

- **Kein technisches Potenzial (unter 250 MWh/ha):** Gebiete und Baublöcke, die sich aufgrund ihrer niedrigen Heizwärmedichte nicht für die Anbindung an ein Wärmenetz eignen.
- **„Kaltes“ Wärmenetz Neubaugebiet (250 – 400 MWh/ha):** Für Gebiete mit moderaten Heizbedarfsdichten besteht Potenzial für kalte Wärmenetze, die mit sehr niedrigen Vorlauftemperaturen (5 – 25 °C) arbeiten. Diese Netze nutzen häufig Umweltwärme, Abwärme, Geothermie oder Solarenergie und erfordern den Einsatz von Wärmepumpen in den angeschlossenen Gebäuden.

- **Niedertemperaturnetz im Bestand (400 – 800 MWh/ha):** Diese Gebiete eignen sich für Niedertemperaturnetze, die bei weniger stark sanierten Bestandsgebäuden wirtschaftlich betrieben werden können. Typische Vorlauftemperaturen liegen im Bereich von 35 – 60 °C, was den effizienten Einsatz erneuerbarer Energien wie Wärmepumpen, solarthermischen Anlagen oder Biomasseheizungen ermöglicht.
- **Konventionelles Wärmenetz im Bestand (800 – 1.500 MWh/ha):** Gebiete mit höherer Heizwärmedichte eignen sich für konventionelle Wärmenetze, die durch höhere Vorlauftemperaturen (60 – 90°C) geprägt sind. Diese Netze werden gegenwärtig häufig mit zentralisierten fossilen oder biomassebasierten Heizwerken betrieben.
- **Sehr hohe Wärmenetzeignung (über 1.500 MWh/ha):** Bereiche mit einer hohen Wärmebedarfsdichte eignen sich besonders für den Bau und Betrieb von Wärmenetzen. Diese können durch Vorlauftemperaturen von 100 °C und mehr charakterisiert sein und finden oft in dicht besiedelten Gebieten oder bei industriellen Anwendungen Einsatz.

Im Sinne der Klimaneutralität geht der Trend eindeutig hin zu Niedertemperaturnetzen und kalten Wärmenetzen, da sie zahlreiche Vorteile bieten. Sie sind besser kompatibel mit der Nutzung erneuerbarer Energien und tragen wesentlich dazu bei, fossile Brennstoffe weitgehend zu ersetzen. Energieeffiziente Neubauten und sanierte Bestandsgebäude benötigen weniger Heizenergie und können daher problemlos mit niedrigeren Temperaturen versorgt werden. Niedrige Vorlauftemperaturen steigern die Effizienz und minimieren gleichzeitig Wärmeverluste im Netz. Darüber hinaus ermöglichen diese Netztypen eine nachhaltige und langfristige Planung, da sie flexibel an zukünftige Technologien und Energiequellen anpassbar sind. Zur Ableitung von Mustern und dem Vergleich der Heizwärmebedarfe in den Baublöcken wurden Wärmebedarfsdichtekarten erstellt und die Eignung hinsichtlich der unterschiedlichen Wärmenetztypen bewertet. Ziel ist es, die Veränderungen der Heizwärmedichte (gemessen in MWh/ha/a) im Zeitverlauf darzustellen und deren Eignung für verschiedene Wärmenetztypen pro Baublock zu bewerten. Das moderate Szenario geht davon aus, dass die Sanierungsmaßnahmen flächendeckend, jedoch in einem begrenzten Tempo und Umfang umgesetzt werden. Dadurch wird die Heizwärmedichte schrittweise reduziert, ohne dass der Gebäudebestand umfassend modernisiert wird. Die Ergebnisse illustrieren hier, wie sich die Heizenergiedichte durch diese Maßnahmen verringert, und zeigen gleichzeitig, welche Baublöcke sich für unterschiedliche Wärmenetztypen wie Niedertemperatur- oder Hochtemperaturnetze eignen.

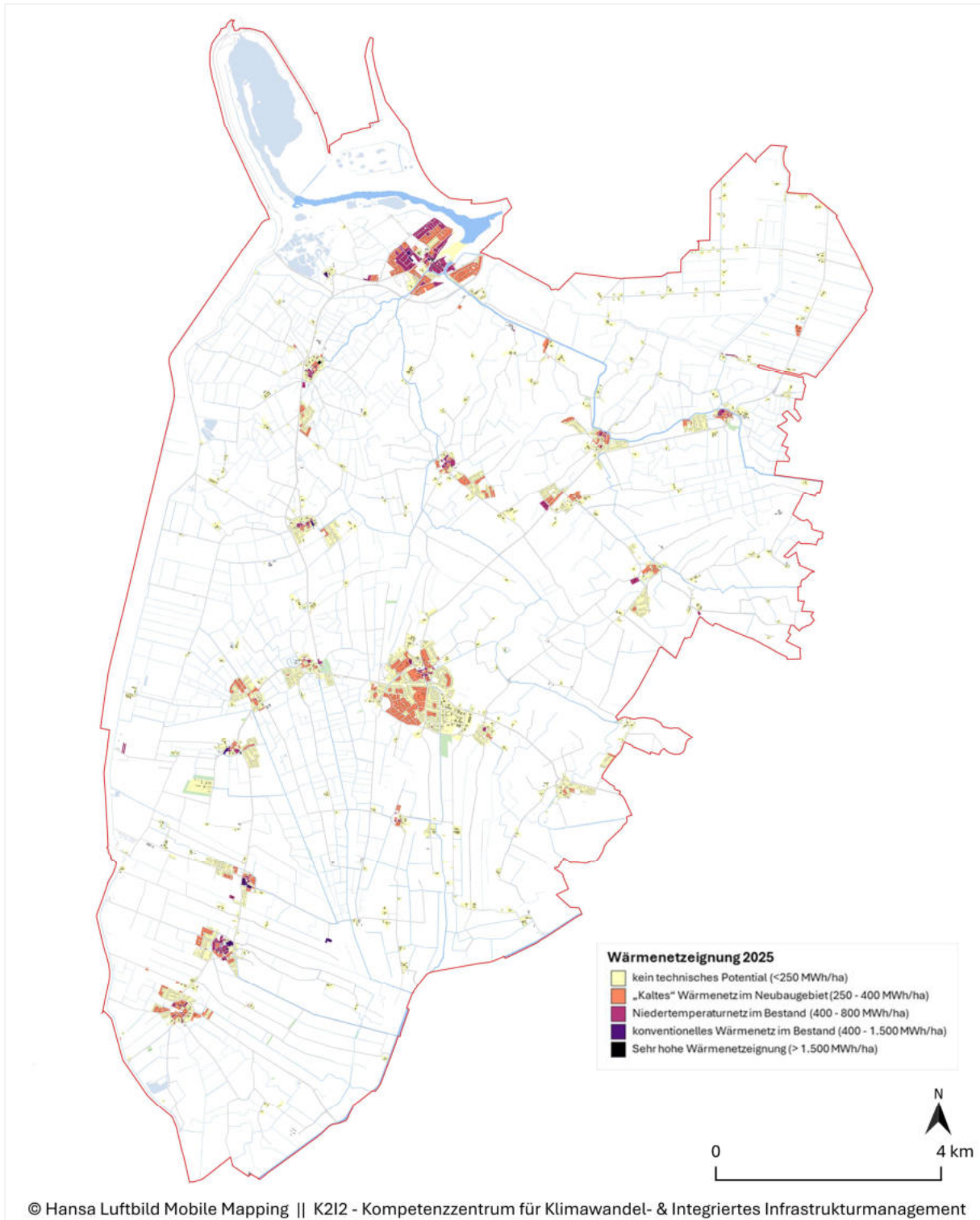


Abb. 26: Gegenwärtige Heizenergiedichte und Wärmenetzzeignung in der Gemeinde Krummhörn

Abb. 26 zeigt die gegenwärtige Heizwärmedichte und gibt Einblicke in die aktuell realisierbaren Wärmenetztypen, die sich aus dem heutigen Gebäudezustand und den derzeitigen spezifischen Heizwärmebedarfen ableiten lassen – ohne Berücksichtigung zukünftiger Sanierungsmaßnahmen.

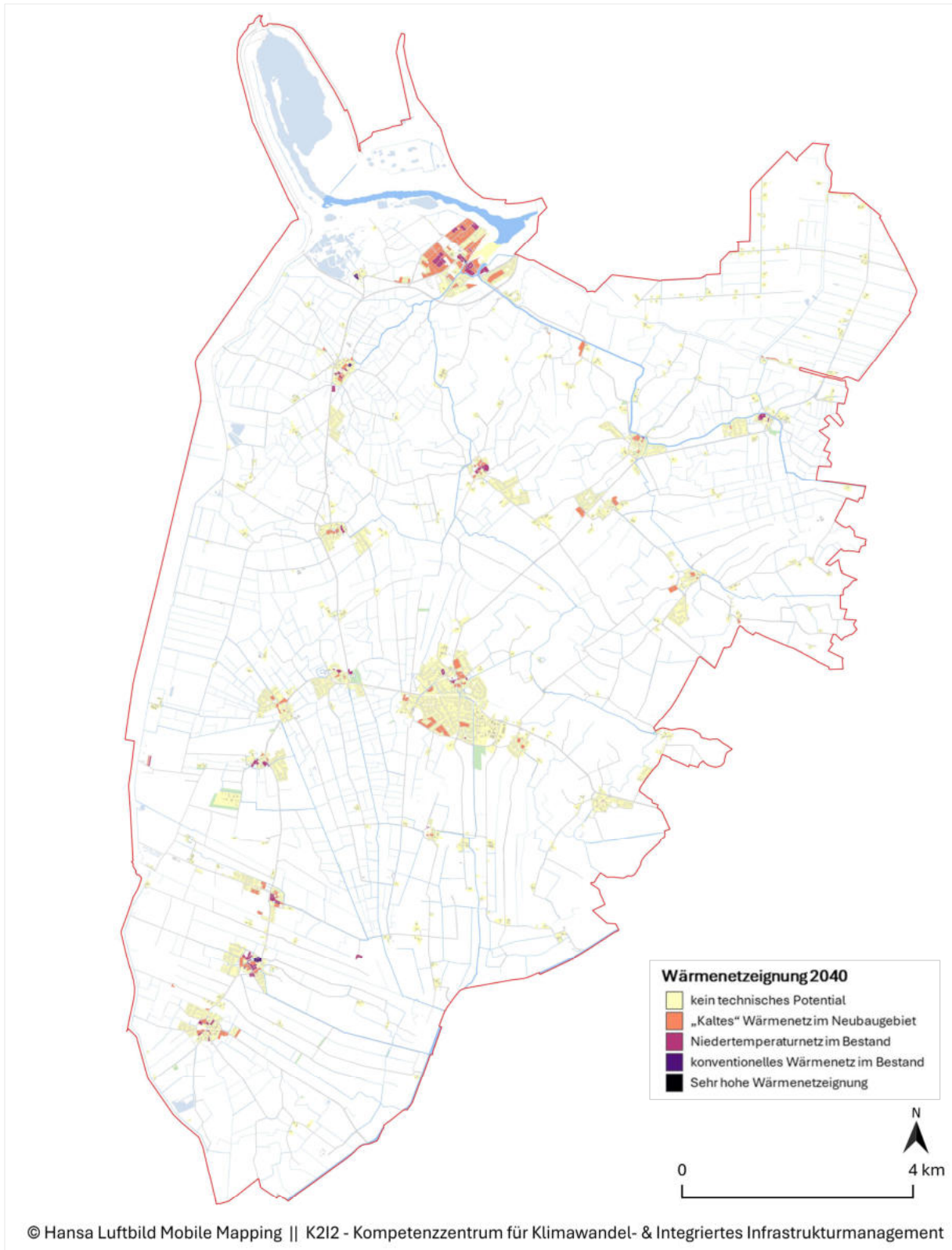


Abb. 27: Heizenergiedichte und Wärmenetzeignung in der Gemeinde Krummhörn im Jahr 2040 unter Berücksichtigung moderater Sanierungsmaßnahmen

Abb. 27 zeigt die modellierte Heizenergiedichte des Gebäudebestandes in der Gemeinde im Jahr 2040 und stellt eine langfristige Perspektive dar, in der die Auswirkungen von Sa-

nerungsmaßnahmen auf einzelne Baublöcke über einen längeren Zeitraum sichtbar werden. Das moderate Szenario geht davon aus, dass die Sanierungsmaßnahmen flächendeckend erfolgen, jedoch in einem begrenzten Tempo und Umfang. Dadurch wird die Heizwärmedichte schrittweise reduziert, ohne dass der Gebäudebestand umfassend modernisiert wird. Neben der Reduktion des Heizwärmebedarfs bis 2040 zeigt sich in einigen Baublöcken eine Verschiebung der Netzeignung in Richtung Wärmenetze mit niedrigeren Vorlauftemperaturen. Gleichzeitig weisen zahlreiche Baublöcke weder eine betriebswirtschaftliche noch eine technische Eignung zur Errichtung und zum Betrieb eines Wärmenetzes auf.

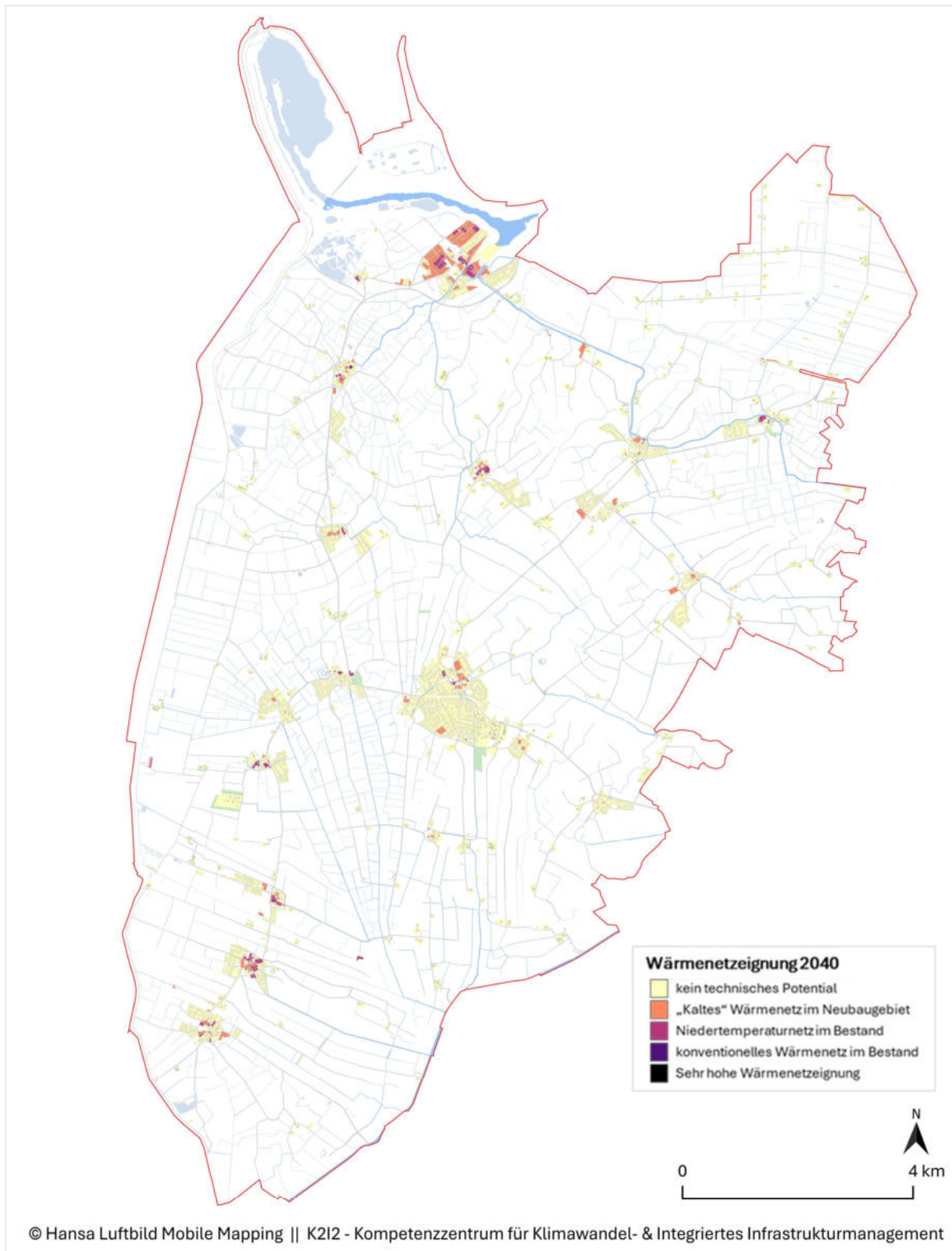


Abb. 28: Heizenergiedichte [MWh/ha] und Wärmenetzsignung in der Gemeinde Krummhörn im Jahr 2040 unter Berücksichtigung engagierter Sanierungsmaßnahmen

Abb. 28 zeigt die modellierte Entwicklung der Heizenergiedichte des Gebäudebestandes in Krummhörn unter Berücksichtigung engagierter Sanierungsmaßnahmen. Die angestrebte Bedarfssenkung zielt darauf ab, eine signifikante Reduktion der Heizenergiedichte

und des CO₂-Fußabdrucks zu erreichen und gleichzeitig die Potenziale für die Errichtung von Wärmeversorgungssystemen mit niedrigeren Vorlauftemperaturen zu erhöhen. Im Vergleich zum moderaten Szenario stellt dieses Szenario einen ambitionierten, aber realistischen Entwicklungspfad auf dem Weg zur Klimaneutralität bis 2040 dar. Im Vergleich zu Abb. 26 und Abb. 27 zeigt sich, dass neben dem deutlichen Rückgang des Heizwärmebedarfs auch eine massive Verschiebung der Netzeignung in Richtung Wärmenetze mit niedrigeren Vorlauftemperaturen und geringerer Wärmedichte auftritt, was kein ausreichendes betriebswirtschaftliches Potenzial für die Errichtung eines wirtschaftlich nachhaltigen Wärmenetzes bietet.

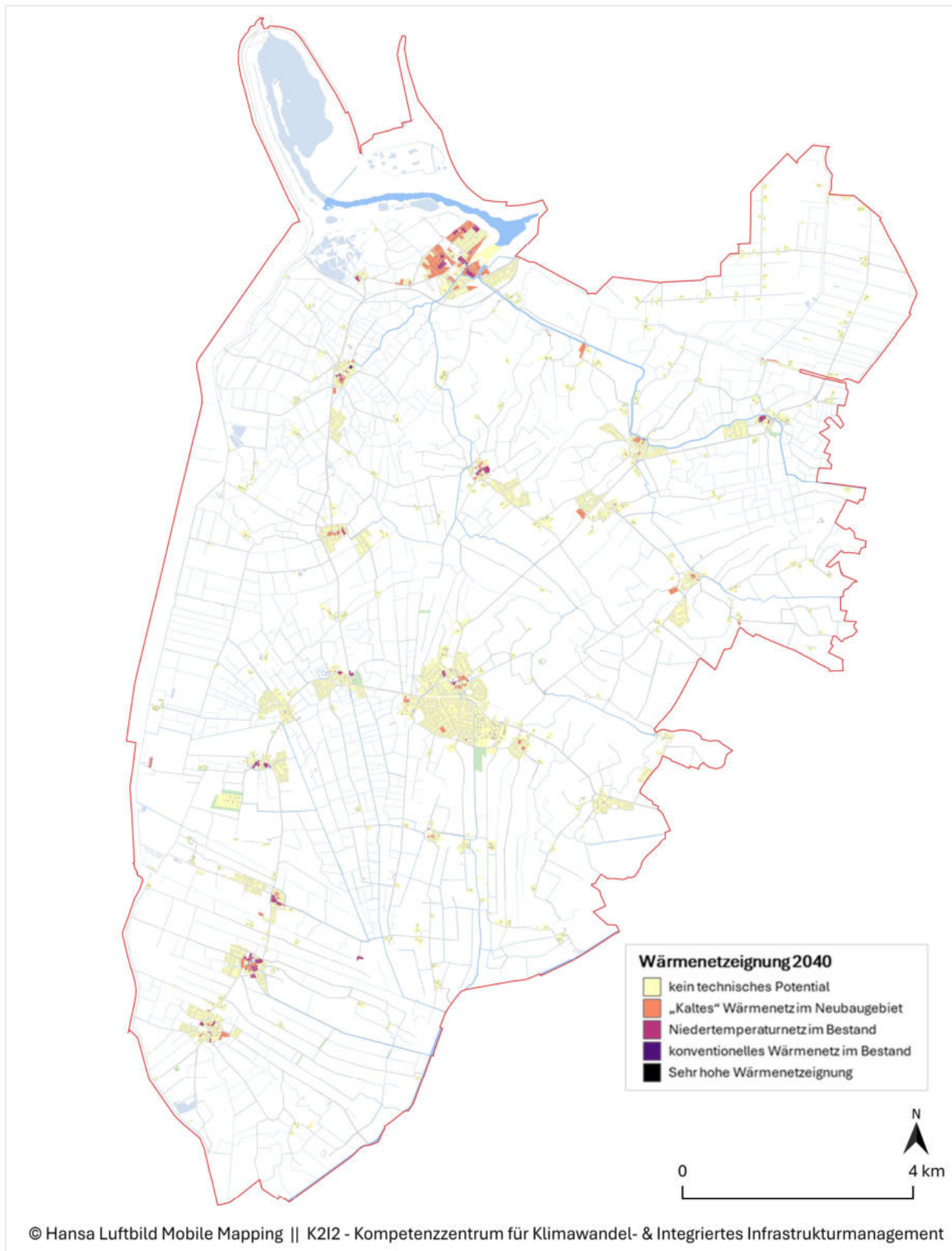


Abb. 29: Heizenergiedichte und Wärmenetzsignung in der Gemeinde Krummhörn im Jahr 2040 unter Berücksichtigung hoher Sanierungsanstrengungen

Abb. 29 zeigt die projizierte Heizwärmedichte im Jahr 2040, verdeutlicht die tiefgreifenden Effekte von Sanierungsmaßnahmen und stellt eine grundsätzliche betriebswirtschaftli-

che Bewertung der Eignung eines Baublöcks für ein Wärmenetz dar. Das Szenario mit hohen Sanierungsengagement geht davon aus, dass Sanierungsmaßnahmen flächendeckend umgesetzt werden und tiefgreifende Maßnahmen zur energetischen Optimierung, einschließlich umfassender Gebäudesanierungen und der Einführung modernster Heiz- und Gebäudetechnologien, erfolgen. Im Vergleich zu modellierten weniger engagierten Szenarien zeigt sich eine noch deutlichere Reduktion der Heizwärmedichte sowie eine Verschiebung der Netzeignung in Richtung Wärmenetze mit niedrigeren Vorlauftemperaturen. Dabei wird deutlich, dass sich – bis auf wenige Baublöcke – keine flächigen Potenziale für konventionelle Wärmenetze mehr finden.

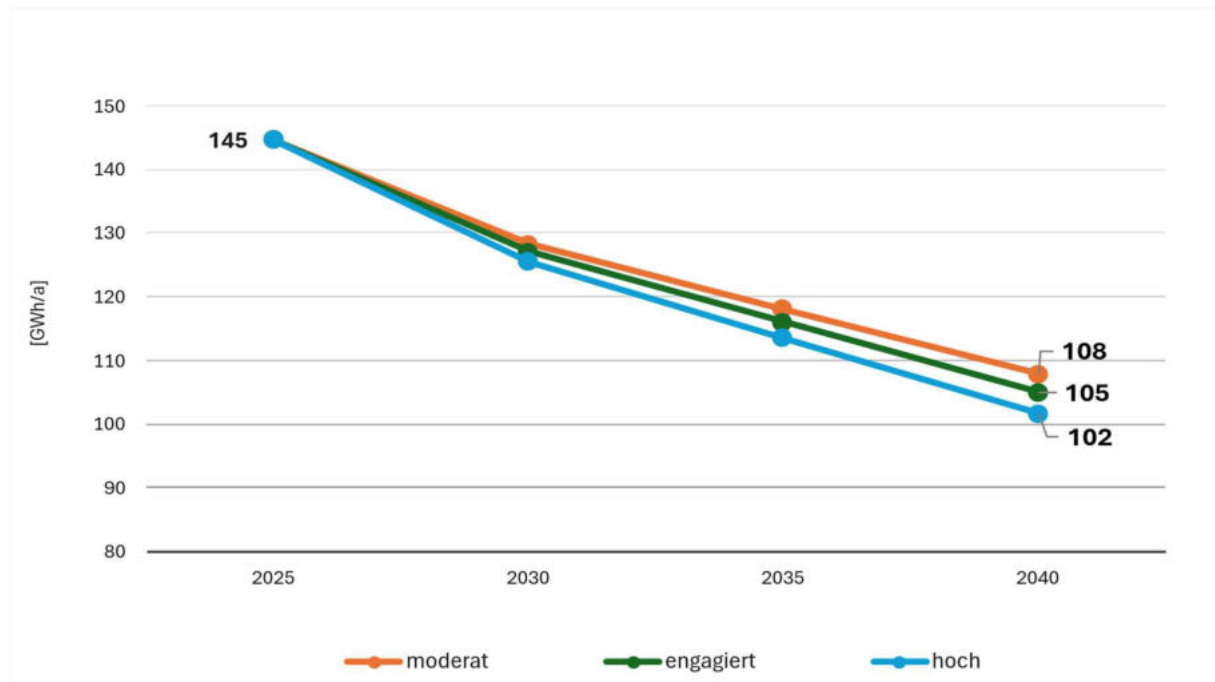


Abb. 30: Szenarienvergleich mit Entwicklungspfaden (2025 – 2040) unterschiedlicher Sanierungsanstrengungen

Abb. 30 veranschaulicht die Entwicklung des Wärmebedarfs bis 2040 unter moderaten, engagierten und hohen Sanierungsanstrengungen. Im Ausgangsjahr 2025 beträgt der Wärmebedarf in allen Szenarien rund 145 GWh/a. Mit zunehmender Sanierungsintensität zeigen sich deutliche Unterschiede. Das Szenario „moderate Sanierung“ führt zu einem Wärmebedarf von etwa 108 GWh/a, was einer Einsparung von circa 25 % im Vergleich zu 2025 entspricht. Im Szenario „engagierte Sanierung“ sinkt der Bedarf auf etwa 105 GWh/a (–27 %) und im Szenario „hohe Sanierung“ auf etwa 102 GWh/a (–30 %). Diese Erkenntnisse sind entscheidend für die Wärmeplanung in der Kommune.

Angesichts der derzeit von fossilen Energieträgern dominierten Wärmeversorgung sollte ein möglichst hohes Sanierungsengagement angestrebt werden, um die notwendigen Voraussetzungen für die angestrebte Klimaneutralität bis 2040 zu schaffen.

Die Szenarien und Karten verdeutlichen, dass in vielen Baublöcken zukünftig weder ein technisches noch ein betriebswirtschaftliches Potenzial für den Betrieb eines Wärmenetzes besteht. Gleichzeitig verschiebt sich die Netzeignung zunehmend hin zu Systemen

mit niedrigeren Vorlauftemperaturen. Diese Entwicklungen erschweren den Betrieb konventioneller Wärmenetze erheblich. Die Infrastruktur- und Betriebskosten können bei einem geringen Wärmebedarf häufig nicht gedeckt werden. Zudem reduziert der Ausbau dezentraler Heizlösungen die Attraktivität von Netzanschlüssen weiter. Infolgedessen sind Wärmenetze wirtschaftlich nur noch in dicht bebauten Gebieten mit hohem Anschlussgrad tragfähig, während weitläufigere oder stark sanierte Gebiete zunehmend auf dezentrale Lösungen wie Wärmepumpen oder Hybridheizungen angewiesen sind.

Zukünftige zentrale Wärmeversorgungen werden vor allem durch Niedertemperatur- und kalte Wärmenetze realisiert. Diese Netztypen minimieren Wärmeverluste und ermöglichen eine effiziente Nutzung erneuerbarer Energien. Sie sind insbesondere in Neubaugebieten sinnvoll, da dort die technischen Anforderungen an niedrige Vorlauftemperaturen bereits in der Gebäudeplanung berücksichtigt werden können. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine vorausschauende kommunale Planung, um geeignete Infrastrukturen frühzeitig zu ermöglichen. Die Umsetzung solcher Niedertemperaturnetze bringt zudem Herausforderungen mit sich, wie die Integration bestehender Gebäude, die Bereitstellung unterschiedlicher Vorlauftemperaturen, die Dimensionierung der Infrastruktur und die Sicherstellung einer zuverlässigen Spitzenlastversorgung. Trotz dieser Hindernisse stellen Niedertemperatur- und kalte Wärmenetze langfristig die wirtschaftlich und ökologisch sinnvollste Lösung für eine nachhaltige Wärmeversorgung dar.

9.1 Zielszenario: Zukunft der Wärmebereitstellung in der Gemeinde Krummhörn

Die Entwicklung und Darstellung verschiedener Szenarien im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung der Gemeinde Krummhörn verfolgte das Ziel, die Auswirkungen unterschiedlicher Sanierungsanstrengungen auf die zukünftige Wärmebedarfsstruktur sowie die Eignung verschiedener Versorgungstechnologien bis zum Jahr 2040 transparent und nachvollziehbar darzustellen. Die Szenarien dienen dabei bewusst auch der Veranschaulichung eines ansonsten sehr abstrakten Transformationsprozesses – ohne den Anspruch einer exakten Vorhersage. Denn energiepolitische und marktwirtschaftliche Rahmenbedingungen (z. B. Förderkulissen, CO₂-Preise, Strom- und Gasnetzpreise) sowie einzelne strukturprägende Entwicklungen – etwa die Ansiedlung eines Rechenzentrums mit hohem Strombedarf, aber auch großem Abwärmepotenzial – können zu kurzfristigen und deutlichen Abweichungen vom dargestellten Entwicklungspfad führen. Aufbauend auf diesen Szenarien wurde ein ambitioniertes, zugleich jedoch technisch und energiewirtschaftlich realisierbares Zielszenario entwickelt, das als fachliche Grundlage für die Ableitung konkreter Maßnahmen dient.

Im Zielszenario wird die Wärmeversorgung der Gemeinde Krummhörn schrittweise von fossilen Energieträgern entkoppelt und durch einen technologieübergreifenden, hybriden Ansatz weiterentwickelt, bei dem unterschiedliche erneuerbare Energieträger und Versorgungssysteme miteinander kombiniert werden. Um eine nachhaltige, effiziente und weitgehend klimaneutrale Wärmeversorgung bis spätestens 2040 zu erreichen, werden ein

hohes Sanierungsengagement sowie eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz unterstellt. Der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmebereitstellung steigt dadurch kontinuierlich an. Bilanziell wird im Zielszenario davon ausgegangen, dass die Wärmeversorgung bis 2040 vollständig dekarbonisiert werden kann – insbesondere durch den zunehmenden Einsatz erneuerbarer Energien einschließlich Umweltwärme (z. B. über Wärmepumpen) sowie durch ein perspektivisch dekarbonisiertes Gasnetz (grüne Gase) für verbleibende, nicht bzw. schwer elektrifizierbare Anwendungen. Das Zielszenario bildet damit einen schrittweisen und zugleich ambitionierten Transformationspfad ab, der den energiepolitischen Zielsetzungen entspricht.

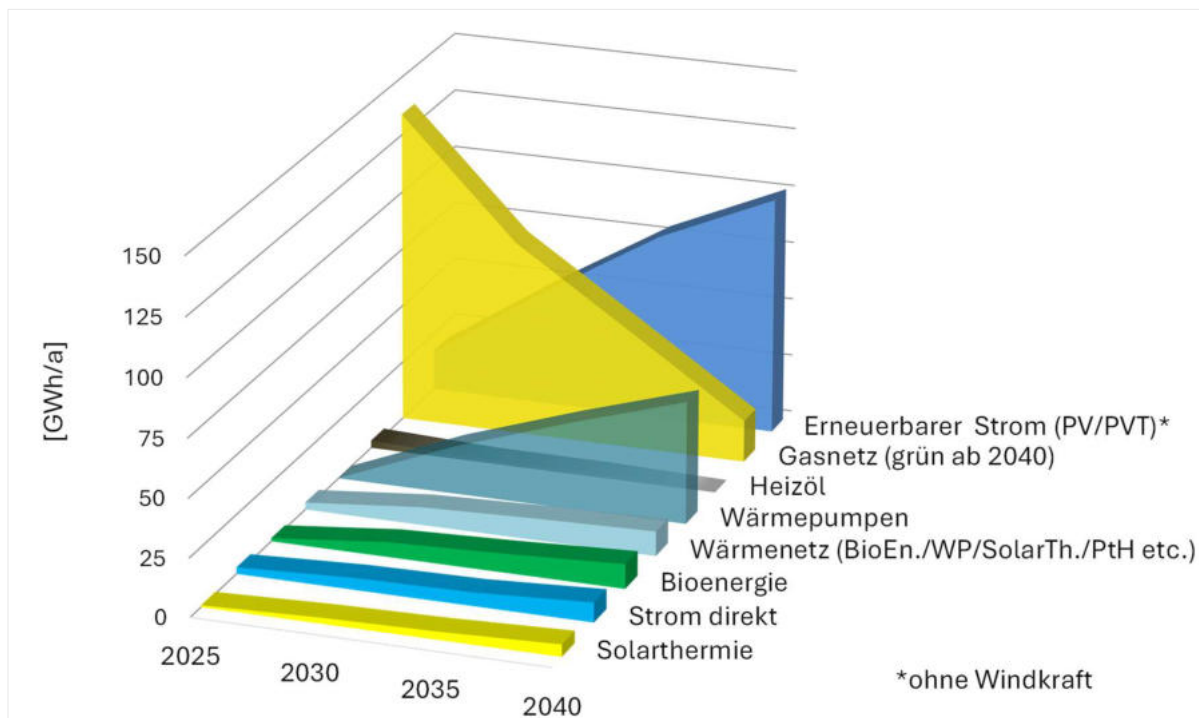


Abb. 31: Entwicklung der erneuerbaren Energiequellen und Technologien [GWh/a] an der Heizwärmebereitstellung bis zum Jahr 2040

Abb. 31 zeigt die Entwicklung der Energieträgeranteile an der Wärmebereitstellung in Krummhörn im Zeitraum von 2025 bis 2040 (Summe der Wärmebereitstellung) sowie ergänzend den erneuerbaren Stromertrag aus PV/PVT als Indikator für die zunehmende Elektrifizierung und Sektorenkopplung.

Der Einsatz fossiler Energieträger geht deutlich zurück. Heizöl wird bis spätestens 2035 nahezu vollständig verdrängt. Auch der Beitrag des Gasnetzes sinkt kontinuierlich von rund 134 GWh/a im Jahr 2025 auf etwa 18 GWh/a im Jahr 2040. Ab 2040 wird dabei perspektivisch von einem zunehmenden Einsatz grüner Gase ausgegangen.

Parallel dazu steigt der Einsatz erneuerbaren Stroms (PV/PV) sowie strombasierter Anwendungen deutlich an. Der erneuerbare Stromertrag erhöht sich von rund 17 GWh/a im Jahr 2025 auf etwa 102 GWh/a im Jahr 2040. Diese Entwicklung unterstreicht die zunehmende Bedeutung der Elektrifizierung und der Sektorenkopplung für die zukünftige Wärmeversorgung. Windenergie wird in Abb. 31 nicht separat ausgewiesen, da sie überregio-

nal im Stromnetz bilanziert wird und im lokalen Wärmemix nur indirekt über den bezogenen Netzstrom (Sektorenkopplung) wirkt; die Darstellung fokussiert daher auf ortsgebundene Wärmebereitstellung sowie den lokalen PV/PVT-Stromertrag.

Wärmepumpen entwickeln sich zukünftig zur zentralen Säule der Wärmeversorgung in Krummhörn. Sie stellen im Jahr 2040 rund 53 GWh/a bereit und decken damit rund 50 % der gesamten Wärmebereitstellung. Der überwiegende Anteil entfällt auf dezentrale Wärmepumpenlösungen in Wohngebäuden. Innerhalb dieses Segments ist davon auszugehen, dass etwa 50–60 % auf Luftwärmepumpen entfallen, während 30–40 % durch Erd- bzw. Solewärmepumpen mit stabilerer und effizienterer Wärmebereitstellung gedeckt werden. Großwärmepumpen können ergänzend in Nah- und Mikronetzen eingesetzt werden und dort einen wesentlichen Teil der Grundlast abdecken.

Nahwärme- und Mikronetze gewinnen insbesondere in dichter besiedelten Stadtbereichen sowie in Neubau- und Nachverdichtungsgebieten an Bedeutung. Der über Wärmenetze bereitgestellte Wärmemengenanteil steigt bis 2040 auf rund 11 GWh/a und liegt damit bei etwa 10 % des Gesamtwärmebedarfs.

Solarthermie bleibt vor allem für die Warmwasserbereitung relevant und wächst moderat von etwa 1 GWh/a im Jahr 2025 auf rund 5 GWh/a im Jahr 2040. Stromdirekte Anwendungen und PtH nehmen ebenfalls zu und erreichen im Jahr 2040 etwa 8 GWh/a (2025: 3 GWh/a).

Die Bioenergie behält eine ergänzende, systemstützende Rolle und steigt von rund 1 GWh/a im Jahr 2025 auf etwa 11 GWh/a im Jahr 2040. Sie wird gezielt dort eingesetzt, wo sie durch Effizienz, Verfügbarkeit oder Systemintegration Vorteile bietet, beispielsweise in BHKW, in Wärmenetzen oder für spezielle Anwendungen mit höherem Temperaturniveau.

Speichertechnologien – insbesondere thermische Speicher, Pufferspeicher und perspektivisch auch saisonale Speicher – sind ein zentraler Baustein der Transformation. Sie ermöglichen die zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch, reduzieren Systemverluste und erhöhen die Versorgungssicherheit, insbesondere bei fluktuierender Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen.

Die angestrebte Transformation erfordert eine frühzeitige strategische Weichenstellung hin zu einem technologieoffenen und integrierten Ansatz, der Effizienzsteigerungen, Speichertechnologien und Sektorenkopplung systematisch zusammenführt. Technologische Fortschritte bei Wärmepumpen, Geothermie und innovativen Speicherlösungen sind dabei ebenso entscheidend wie verlässliche energiepolitische Rahmenbedingungen, gezielte Förderprogramme und klare rechtliche Vorgaben.

Die aktive Beteiligung und Investitionsbereitschaft von Bürger*innen und Unternehmen stellen wesentliche Erfolgsfaktoren dar. Ergänzend gewinnt die Kompensation verbleibender Treibhausgasemissionen, etwa durch Kohlenstoffbindung oder den Einsatz von Emissionszertifikaten, an Bedeutung. Für Anwendungen mit Hochtemperaturwärme, insbesondere im industriellen Bereich, soll der Bedarf perspektivisch aus erneuerbaren Energien gedeckt werden – vorrangig über Bioenergie. Wo Prozesswärme technisch durch

Elektrifizierung bereitgestellt werden kann (z. B. Widerstands-/Induktionsheizung, Elektrodenkessel, Hochtemperatur-Wärmepumpen oder PtH), wird künftig auch Strom als Energiequelle eine zunehmende Rolle spielen und die Dekarbonisierung der Prozesse unterstützen. Grüner Wasserstoff kommt ausschließlich dort zum Einsatz, wo hohe Temperaturen bzw. spezifische Prozessanforderungen technisch erforderlich sind und alternative Lösungen (insbesondere Elektrifizierung) nicht sinnvoll umsetzbar sind.

Skalierbarkeit von Wärmepumpen als systemischer Vorteil

Ein wesentlicher Vorteil der Wärmepumpentechnologie liegt in ihrer hohen Skalierbarkeit über mehrere Größenordnungen hinweg. Wärmepumpen sind nicht auf einen bestimmten Anwendungsmaßstab beschränkt, sondern können vom Einzelgebäude bis hin zu großskaligen Versorgungsstrukturen eingesetzt werden. Damit stellen sie eine durchgängige Technologie dar, die unterschiedliche räumliche und strukturelle Anforderungen innerhalb einer Kommune abdecken kann (Agora Energiewende & Fraunhofer IEG 2023; Fraunhofer ISE 2023).

Im Gebäudebereich kommen Wärmepumpen typischerweise in Ein- und Zweifamilienhäusern sowie in Mehrfamilienhäusern zum Einsatz, mit thermischen Leistungen von etwa 5 bis 15 kW. Sie ermöglichen dort eine dezentrale, effiziente und emissionsarme Wärmeversorgung, insbesondere in Kombination mit energetischen Sanierungsmaßnahmen und Niedertemperatur-Heizsystemen.

Auf Quartiers- und Gewerbeebene werden Wärmepumpen bereits heute mit Leistungsbereichen von mehreren hundert Kilowatt bis in den ein- bis zweistelligen Megawattbereich eingesetzt. Sie nutzen Umweltwärme, Abwärme aus Gewerbe und Industrie oder Abwasser und können sowohl einzelne Großverbraucher als auch kleinere Wärmenetze versorgen.

Darüber hinaus kommen Großwärmepumpen mit Leistungen von mehreren zehn bis über hundert Megawatt zunehmend in der zentralen Wärmeversorgung zum Einsatz, etwa in Verbindung mit Fluss-, See- oder Meerwasser, Abwasseranlagen oder industrieller Abwärme. Solche Anlagen sind in der Lage, große Wärmemengen bereitzustellen und fossile Erzeugungsanlagen in bestehenden Wärmenetzen schrittweise zu ersetzen oder vollständig zu substituieren (Agora Energiewende 2023; Fraunhofer ISE 2023). Internationale Erfahrungen zeigen hierbei, dass Großwärmepumpen bereits heute eine tragende Rolle in der Dekarbonisierung von Fern- und Nahwärmesystemen spielen; insbesondere in skandinavischen Ländern, allen voran Dänemark, werden sie erfolgreich in Wärmenetze integriert und häufig durch thermische Speicher ergänzt (IEA DHC, 2023).

Diese Skalierbarkeit von wenigen Kilowatt bis zu über 100 Megawatt thermischer Leistung macht Wärmepumpen zu einer Schlüsseltechnologie für die kommunale Wärmeplanung. Sie ermöglichen eine konsistente Technologielogik über alle Maßstabsebenen hinweg – vom Einzelgebäude über Quartiere bis hin zur zentralen Wärmeversorgung. Gleichzeitig erleichtert dies die strategische Planung, da dieselbe Technologie je nach räumlicher Struktur, Wärmedichte und verfügbaren Wärmequellen unterschiedlich dimensioniert und eingesetzt werden kann.

In Verbindung mit erneuerbarem Strom, thermischen Speichern und flexibler Betriebsweise können Wärmepumpen zudem sowohl in dezentralen als auch in zentralen Versorgungssystemen zur Sektorenkopplung beitragen und eine wichtige Rolle für ein integriertes, resilienteres Energiesystem übernehmen (IEA DHC 2023; Agora Energiewende & Fraunhofer IEG 2023).

9.2 Umgang mit dem bestehenden Gasnetz

Das bestehende Gasnetz in der Gemeinde Krummhörn spielt derzeit eine zentrale Rolle in der Wärmeversorgung. Aufgrund der bislang fossilen, klimaschädlichen Ausrichtung des Gasmarktes steht die Gasversorgung derzeit im Widerspruch zu den Klimazielen der Gemeinde Krummhörn. Sofern sich der Anteil grüner Gase künftig nicht deutlich erhöht, ist davon auszugehen, dass das Gasnetz – nicht zuletzt aufgrund steigender Netzentgelte infolge sinkender Anschlusszahlen sowie der fortschreitenden CO₂-Bepreisung – schrittweise an Bedeutung verliert. Damit würde auch seine langfristige wirtschaftliche Tragfähigkeit in Frage gestellt.

Ein strategischer und geordneter Umgang mit dem Gasnetz ist daher unerlässlich, um die Transformation hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040 erfolgreich zu gestalten.

Notwendige Schritte zur Dekarbonisierung

- **Ausstieg aus fossilem Erdgas:** Die Transformation des Gasnetzes hin zu grünen Gasen muss durch den konsequenten Ausbau erneuerbarer Energien flankiert und durch geeignete Rahmenbedingungen unterstützt werden.
- **Kurzfristige Maßnahmen bis 2030:** Erste Beimischungen von Biomethan und – sofern technisch, regulatorisch und wirtschaftlich darstellbar – Wasserstoff im bestehenden Gasnetz können die CO₂-Intensität der Wärmeversorgung punktuell senken.
- **Langfristige Transformation bis 2040:** Bis spätestens 2040 soll der vollständige Ersatz fossiler Energieträger erreicht werden. Dies kann durch eine Kombination aus teilweisem Gasnetzurückbau, Biomethaneinspeisung und perspektivisch Wasserstoffeinspeisung sowie dem Ausbau von Wärmenetzen, Mikronetzen und dezentralen Lösungen (z. B. Wärmepumpen, Solarthermie, Biomasse) erfolgen.

Notwendige Abstimmung und Strategie

Eine klare Strategie mit definierten Zeithorizonten und Meilensteinen ist notwendig, um den Umbau des Gasnetzes und die Transformation hin zu einem klimaneutralen Energiesystem erfolgreich zu gestalten. Diese Strategie sollte eine kontinuierliche Anpassung an technologische Fortschritte und gesetzliche Vorgaben ermöglichen. Die Umstellung auf eine klimafreundliche Wärmeversorgung erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten (u. a. Gasnetzbetreiber, Gasversorger, Kunden). Dabei ist es essenziell, wirtschaftliche und technische Lösungen zu erarbeiten, die den Übergang erleichtern und eine hohe Akzeptanz fördern.

Ergänzend ist klarzustellen, dass das Gasnetz im Zielszenario nicht mehr als flächendeckendes Wärmesystem fortgeführt wird, sondern perspektivisch eine Rest- bzw. Nischenrolle einnimmt. Grünes Gas (Biomethan, perspektivisch Wasserstoff) wird vorrangig für verbleibende, nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand elektrifizierbare Anwendungen vorgesehen. Parallel dazu werden in geeigneten Teilräumen Wärmenetze, Wärmepumpenlösungen und Effizienzmaßnahmen priorisiert, sodass die Abhängigkeit vom Gasnetz schrittweise sinkt. Vor diesem Hintergrund ist ein räumlich und zeitlich abgestimmter Transformationspfad erforderlich, der definiert, in welchen Bereichen eine Umstellung auf alternative Wärmesysteme aktiv vorangetrieben wird und in welchen Bereichen ein befristeter Weiterbetrieb des Netzes als Übergangslösung sinnvoll ist. Für den geordneten Umbau sind Entscheidungskriterien und „Indikatoren“ zu definieren (z. B. Entwicklung der Anschlusszahlen, Netzentgelte, CO₂-Kosten, Investitionsbedarf im Netz, Verfügbarkeit alternativer Wärmeoptionen, Fortschritt von Wärmenetz- und Effizienzprojekten). Die Ausgestaltung und Fortschreibung hat fortlaufend und abgestimmt im Austausch mit dem Gasnetzbetreiber und den Energieversorgern zu erfolgen. Hierfür wird ein dauerhaftes, strukturiertes Abstimmungsformat benötigt, in dem technische, wirtschaftliche und regulatorische Entwicklungen regelmäßig bewertet und in konkrete Ausbau-, Rückbau- und Transformationsentscheidungen überführt werden. Auf dieser Basis kann eine abgestimmte Netzstrategie mit Meilensteinen abgeleitet werden – einschließlich Bereichen mit Investitionspriorität, Bereichen mit Investitionszurückhaltung sowie Bereichen, in denen mittelfristig eine koordinierte Stilllegung bzw. Umwidmung vorzubereiten ist. Angesichts teils fehlender bzw. dynamischer energiepolitischer Rahmenbedingungen sowie rechtlicher, technischer und wirtschaftlicher Unsicherheiten bleiben die künftigen Einsatzpfade und Zeithorizonte – insbesondere für Wasserstoff sowie einen ggf. erforderlichen (Teil-)Rückbau des Gasnetzes – derzeit mit Unsicherheiten behaftet.

9.3 Darstellung der Wärmeversorgungsarten

Die Gemeinde Krummhörn verfolgt das Ziel, bis zum Jahr 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen. Die Analysen der Siedlungs- und Gebäudestruktur zeigen jedoch deutlich, dass großflächige, leitungsgebundene Wärmelösungen in Form klassischer Wärmenetze unter den derzeitigen strukturellen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen nicht realisierbar sind. Gleichzeitig zeigen aber viele Beispiele und Erfahrungen, dass kleinräumige, quartiersbezogene Netze in geeigneten Neubaugebieten grundsätzlich umsetzbar sind.

In noch stärkerem Maße gilt die fehlende Realisierbarkeit für den Aufbau eines Wasserstoff-Verteilnetzes, insbesondere im Gewerbe- und Industriebereich, da hierfür weder die erforderlichen Bedarfsdichten noch die wirtschaftlichen und infrastrukturellen Voraussetzungen gegeben sind.

Vor diesem Hintergrund fokussiert sich die Wärmestrategie der Gemeinde auf eine dezentral organisierte, weitgehend elektrifizierte Wärmebereitstellung, insbesondere durch

den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen in Kombination mit Effizienz- und Sanierungsmaßnahmen. Ergänzend werden räumlich begrenzte Mikronetze im nachbarschaftlichen Kontext – insbesondere in Neubau- und Nachverdichtungsgebieten – als geeignete Versorgungsoptionen betrachtet.

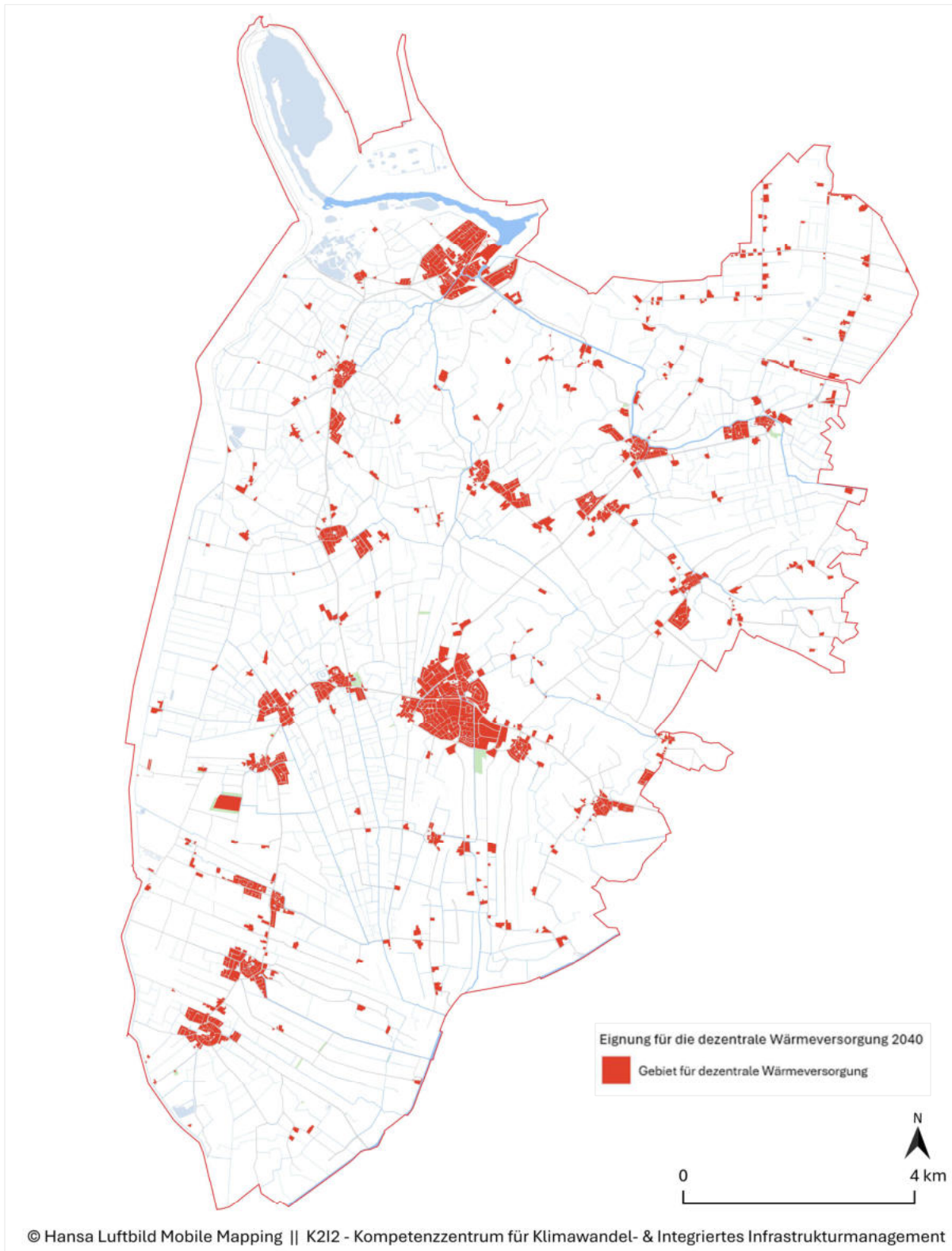


Abb. 32: Eignung der Gebiete und Baublöcke für die dezentrale Wärmeversorgung im Zieljahr 2040

Abb. 32 zeigt die räumliche Verteilung der möglichen dezentralen Wärmeversorgung in Krummhörn für das Zieljahr 2040. Die Analyse verdeutlicht, dass eine flächendeckende Wärmeversorgung durch dezentrale Heizsysteme möglich ist. Die Eignung zur dezentralen Wärmeversorgung im gesamten Gemeindegebiet gilt nicht nur für das Zieljahr 2040, sondern auch für die weiteren Stützjahre 2030 und 2035.

Dezentrale Versorgung und Mikronetze

Die entwickelten Sanierungsszenarien zeigen, dass im Siedlungsraum der Gemeinde Krummhörn bis 2040 in weiten Teilen eher moderate Wärmedichten zu erwarten sind. Dies schränkt die wirtschaftliche und technische Realisierbarkeit eines flächendeckenden, klassischen Fernwärmenetzes erheblich ein – insbesondere in lockereren Siedlungsbereichen und kleineren Ortsteilen, in denen die Wärmebedarfsdichte, die Anschlusswahrscheinlichkeit sowie die Flächen- und Trassenverfügbarkeit für zentrale Infrastruktur häufig nicht ausreichen. Gleichzeitig bestehen jedoch z.B. in den Ortskernen und in verdichteten Bereichen grundsätzlich bessere Voraussetzungen für leitungsgebundene Lösungen, sofern eine tragfähige Kombination aus Wärmedichte, Ankerabnehmern und Erzeugungsoptionen vorliegt.

Vor diesem Hintergrund wird für Krummhörn eine überwiegend individuell-dezentrale Wärmeversorgung als zentrale Versorgungsstrategie erwartet, die flexibel auf die jeweiligen Gebäude- und Standortbedingungen reagiert (z. B. Wärmepumpen in Verbindung mit Effizienzmaßnahmen). Ergänzend dazu bestehen in einzelnen Baublöcken und Gebäudeclustern punktuelle Potenziale für gemeinschaftlich organisierte Mikrowärmenetze bzw. quartiersbezogene Wärmelösungen. Diese eignen sich insbesondere dort, wo mehrere Gebäude mit hohem und ähnlichem Wärmebedarf räumlich konzentriert sind und idealerweise unter einer gemeinsamen Trägerschaft (z. B. Kommune, Wohnungswirtschaft, Contracting) organisiert werden können (vgl. **Abb. 33**).

Mikrowärmenetze können – je nach Rahmenbedingungen – über zentrale Wärmeerzeuger wie Großwärmepumpen, Biomasseanlagen oder hybride Systeme mit Solarthermie/PV und PtH betrieben werden. Zur Erhöhung der Versorgungssicherheit und zur Abdeckung von Lastspitzen kann zudem der Einsatz von Wärmespeichern (Kurzzeit- bis perspektivisch saisonal) sinnvoll sein. Perspektivisch lassen sich solche Strukturen auch im Rahmen von Energie- bzw. Wärmegemeinschaften weiterentwickeln. Dies eröffnet zusätzliche Möglichkeiten für lokale Teilhabe, wirtschaftliche Eigenversorgung und resiliente Wärmestrukturen – insbesondere in Kombination mit bestehenden Förderprogrammen und integrierten Planungsansätzen.

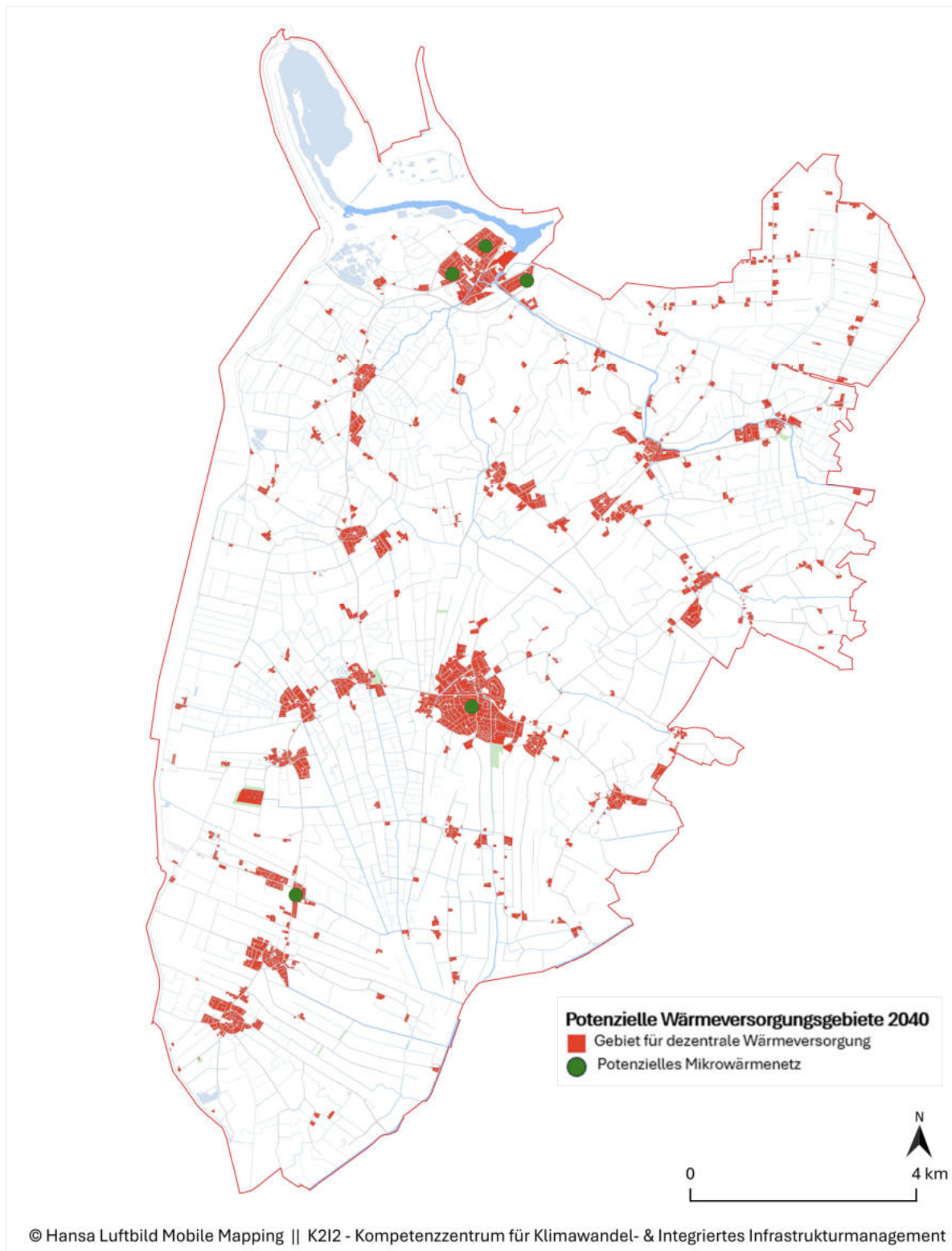


Abb. 33: Einteilung der Gebiete und Baublöcke in potenzielle Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2040

Abb. 33 zeigt die geplante Einteilung der Gemeinde in zukünftige Wärmeversorgungsgebiete mit Blick auf das Zieljahr 2040. Die Festlegung der Gebiete basiert auf der bewerteten Eignung für zentrale und dezentrale Wärmeversorgungskonzepte. Die Gebietseinteilung spiegelt damit die grundlegende Wärmestrategie der Gemeinde wider.

Auf Basis der ermittelten Wärmedichten bieten sich folgende Gebiete als mögliche Standorte für ein Mikrowärmenetz und für privat initiierte Mikronetze an:

- Greetsiel: Kleinbahnstraße/An der Brigg/Kapitänsring/Aalring/Schollenweg/Seezungenweg
- Greetsiel: Zur Hauener Hooge/Nordseestraße/Greetsieler Nacken/Emsweg/Möwensteert/Ant Hellinghus
- Greetsiel: Greetsieler Straße (L27)/Mühlenstraße/Klaus-Störtebeker-Weg/Edzard-Cirksena-Straße
- Pewsum: Woltzetener Straße/Berliner Straße/Breslauer Straße (inkl. Grundschule und Kindergarten Pewsum)
- Campen: Krummhörner Straße (L27)/Arend-Weber-Straße/Ringelweg/Am Ackerweg/Am Alten Friedhof

Die dargestellte Einteilung dient zugleich als Referenz für die Stützjahre 2030 und 2035, da in diesem Zeitraum keine wesentlichen Veränderungen hinsichtlich der Wärmebedarfsdichten, der Gebietseignung oder der technischen Rahmenbedingungen zu erwarten sind.

Neben den genannten Standorten bzw. Flächen können weitere Baublöcke mit öffentlichen Gebäuden und kommunalen Flächen (z. B. Schul- und Sportcampus, Verwaltungs- und Feuerwehrstandorte, Pflege- und Kitaliegenschaften) als Standorte für Mikrowärmenetze infrage kommen, sofern kurze Trassen, ausreichende Ankerlasten und geeignete Flächen für Erzeugung und Speicher vorliegen.

Gut sanierte Baublöcke bzw. Gebäudecluster mit hohem energetischen Standard – insbesondere dort, wo im Zuge der Dekarbonisierung ohnehin Heizungserneuerungen anstehen – sowie Neubau- und Nachverdichtungsgebiete können Niedertemperatur-(Mikro-) Netze wirtschaftlich tragfähig machen. Niedrigere Vorlauftemperaturen erlauben kleinere Nennweiten und geringere Verteilverluste, senken Investitions- und Betriebskosten und erhöhen die Effizienz von zentralen Wärmepumpen. Zugleich lassen sich Erdsondenfelder/Geothermie, Umwelt- und Abwärme sowie PV-gepufferte Stromnutzung gut integrieren.

Die Machbarkeit ist jeweils im Rahmen einer ganzheitlichen Studie nachzuweisen. Diese umfasst insbesondere ein Temperatur- und Lastkonzept, Speicheroptionen, die Netzhydraulik, erwartete Anschlussgrade sowie die Bewertung von Investitions- und Betriebskosten (CAPEX/OPEX) einschließlich Emissionen und genehmigungsrechtlicher Anforderungen.

Unabhängig davon ist zu berücksichtigen, dass die Umsetzung von Wärmenetzprojekten von zahlreichen Rahmenbedingungen abhängt – etwa der Projektgröße, planerischen und technischen Randbedingungen, Dauer und Komplexität der Genehmigungsverfahren sowie der Verfügbarkeit geeigneter Finanzierungs- und Geschäftsmodelle. Von der ersten Projektidee bis zur vollständigen Inbetriebnahme ist typischerweise mit einem Zeitraum von etwa fünf bis zehn Jahren zu rechnen.

10 Umsetzungsstrategie und Maßnahmenkatalog

Die Gemeinde Krummhörn hat sich das Ziel gesetzt, bis 2040 eine vollständig klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen. Um dies zu verwirklichen, wurde eine umfassende Strategie entwickelt, die sich auf die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse im Rahmen des kommunalen Wärmeplans stützt und im Einklang mit dem Zielszenario (vgl. Kap. 9.1) steht. Diese Strategie bildet die Grundlage für einen detaillierten Maßnahmenkatalog, der die Transformation hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung vorantreibt.

Das Zielszenario basiert auf einer GIS-gestützten Analyse und bewertet die Eignung des Gebäudebestands und der Siedlungsstrukturen für zentrale und dezentrale Wärmeversorgungskonzepte. Es stellt den zukünftigen Wärmebedarf sowie die Entwicklung und Verfügbarkeit geeigneter Energiequellen und Technologien in einen räumlich-zeitlichen Zusammenhang dar. Dadurch entsteht ein belastbares Planungsinstrument, das sowohl langfristige Versorgungsperspektiven aufzeigt als auch als fachliche Grundlage für konkrete Handlungsempfehlungen dient.

Aufbauend auf diesem Zielszenario wurde ein Maßnahmenkatalog entwickelt, der die schrittweise Transformation des bestehenden Wärmesystems hin zu einer klimaneutralen Versorgung systematisch vorbereitet. Der Katalog definiert prioritäre Handlungsfelder, benennt zentrale Akteur*innen und legt realisierbare Umsetzungsschritte für die kommenden Jahre fest.

Umsetzungsstrategie

Im Vergleich zu stärker urban geprägten Regionen weist die Gemeinde nur ein geringes Potenzial für zentrale großflächige Wärmenetzversorgung auf. Stattdessen kommt dezentralen Versorgungssystemen sowie räumlich begrenzten Mikrowärmenetzen insbesondere in den weniger dicht besiedelten Orts- und Randlagen eine zentrale Bedeutung zu, da sie eine flexible, wirtschaftliche und standortangepasste Wärmeversorgung ermöglichen.

Versorgung in Baublöcken außerhalb des Siedlungskerngebiets

- **Einzelgebäude:** Hier erfolgt eine dezentrale, nicht leitungsgebundene Energieversorgung, die auf die individuellen Anforderungen der Gebäude abgestimmt ist. Hierbei sollen zukünftig überwiegend Wärmepumpen zum Einsatz kommen, die abhängig von den lokalen Gegebenheiten als Luft-Wasser-, Sole-Wasser- oder Wasser-Wasser-Systeme ausgelegt werden können. Biomasse, in Form von Holzpellets auch zur Spitzenlastabdeckung im Winter, könnte ebenfalls als Wärmequelle genutzt werden. Solarthermische Anlagen sollen als ergänzende Wärmequelle für Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung eingesetzt werden. Da solarthermische Anlagen wetter- und saisonabhängig sind, müssen sie mit anderen Technologien kombiniert werden. Bei der Versorgung sind die einzel-

nen Gebäudeeigentümer in der Pflicht, eine nachhaltige Wärmeversorgung zu realisieren. Um dies zu unterstützen, sind begleitende Maßnahmen wie Förderprogramme, Beratung und technische Unterstützung erforderlich.

- **Gebäudecluster:** Das Potenzial zur Bildung organisierter Energiegemeinschaften sollte geprüft werden, um zu bewerten, ob der Betrieb eines Mikronetzes eine wirtschaftlich und technisch sinnvolle Lösung darstellen kann. Mikronetze könnten beispielsweise durch zentrale Wärmepumpen, Biomasseheizungen oder solarthermische Gemeinschaftsanlagen betrieben werden. Ergänzend ist der Einsatz von saisonalen Wärmespeichern denkbar, um die Versorgungssicherheit zu erhöhen und Lastspitzen abzufangen. Mikrowärmenetze bieten sich insbesondere dort an, wo mehrere Gebäude mit hohem Wärmebedarf räumlich konzentriert liegen und idealerweise einer/einem gemeinsamen Eigentümer*in oder einer Institution – etwa der Kommune – zugeordnet sind.
- **Gemischte Nutzungstypen:** Bei gemischten Nutzungstypen innerhalb eines Clusters kann eine hybride Kombination aus dezentralen Einzelanlagen und einem kleinen gemeinsamen Versorgungssystem (z. B. Gebäudenetz mit zusätzlichen Backup-Lösungen) sinnvoll sein. Diese Ansätze bieten Flexibilität und können auf die spezifischen Bedürfnisse der Gebäudenutzer abgestimmt werden.

Die zukünftigen Wärmebedarfe und Emissionen werden daher maßgeblich von zwei zentralen Entwicklungspfaden bestimmt:

- Steigerung der Sanierungsrate im Gebäudebestand durch energetische Modernisierung und Optimierung der Anlagentechnik
- Schrittweise Transformation zu erneuerbaren Energieträgern (insbesondere Wärmepumpen, Bioenergie, Windkraft, Solarthermie und innovative Hybridlösungen)

Diese beiden Säulen bilden das Fundament der Umsetzungsstrategie. Sie werden durch flankierende Maßnahmen ergänzt, die u. a. auf die Stärkung der kommunalen Steuerungsfähigkeit, die Einbindung relevanter Akteur*innen sowie die Schaffung geeigneter Finanzierungs- und Beteiligungsmodelle abzielen.

Zentrale Handlungsfelder sind:

- **Energetische Sanierung** des Bestandsgebäudesektors als wichtigste Stell-schraube zur Reduktion des Wärmebedarfs.
- **Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien** in der Wärmeversorgung, etwa durch Wärmepumpen, Bioenergie, Solarthermie, Photovoltaik in Verbindung mit Speichern sowie die Nutzung von Rest- und Abwärme.
- **Ausbau und Modernisierung der Strom- und Verteilnetze**, um die zunehmende Elektrifizierung (Wärmepumpen, Elektromobilität, Speichertechnologien) zu ermöglichen.
- **Kommunale Vorbildfunktion**, insbesondere durch die Erstellung und Umsetzung von Sanierungsfahrplänen für kommunale Gebäude.

- **Informations- und Beratungsangebote** zur Förderung von Sanierungen und zur Nutzung bestehender Förderprogramme.
- **Kooperation und Beteiligung** mit Bürger*innen, Handwerksbetrieben, Nachbarkommunen und Energiedienstleistern zur gemeinsamen Umsetzung von Projekten.

10.1 Maßnahmenkatalog

Aufbauend auf den Ansätzen der Umsetzungsstrategie wurde ein umfassender Maßnahmenkatalog entwickelt, der konkrete Projekte und Schritte für eine nachhaltige Wärmeversorgung in der Gemeinde definiert. Der Maßnahmenkatalog dient als zentrales Instrument, um die Wärmewende zielgerichtet voranzutreiben.

Ziele und Struktur des Maßnahmenkatalogs

Der Maßnahmenkatalog bietet eine strukturierte Übersicht aller geplanten und priorisierten Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmeversorgung in der Gemeinde. Er umfasst sowohl allgemeingültige Maßnahmen als auch spezifische Ansätze, die auf konkrete Handlungsfelder, besondere räumliche Gegebenheiten, verfügbare Energiequellen und Technologien sowie auf die Erwartungen und Wünsche der eingebundenen Akteur*innen zugeschnitten sind. Ziel des Katalogs ist es, Handlungsempfehlungen bereitzustellen und die Umsetzung durch eine transparente Priorisierung sowie definierte Zeitpläne und Zuständigkeiten zu erleichtern. Die im Maßnahmenkatalog dargestellten Maßnahmen sind nicht rechtsverbindlich; der Wärmeplan entfaltet keine rechtliche Außenwirkung und begründet keine einklagbaren Rechte oder Pflichten (vgl. § 23 Abs. 4 WPG; zudem begründet die Gebietsausweisung keine Pflicht zur Nutzung oder Bereitstellung einer bestimmten Versorgungsart, vgl. § 27 Abs. 2 WPG). Gleichwohl wird eine verlässliche Grundlage für Verwaltung, Politik, Wirtschaft und Bürger*innenschaft geschaffen, um die Wärmewende in der Gemeinde Krummhörn erfolgreich und koordiniert voranzubringen.

Jedes Maßnahmenblatt folgt einer einheitlichen Struktur und enthält:

- **Gebietsbezug** – Angabe des räumlichen Anwendungsbereichs
- **Beschreibung** – Inhalte und Schwerpunkte der Maßnahme
- **Ziel** – angestrebter Nutzen für die Gemeinde Krummhörn
- **Beitrag zum Zielszenario** – Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2040
- **Erforderliche Schritte und Meilensteine** – konkrete Umsetzungsschritte mit zeitlicher Einordnung
- **Kosten** – grobe Kostenschätzungen (soweit möglich)
- **Einfluss der Kommune** – Rolle und Steuerungsmöglichkeiten der Gemeinde Krummhörn
- **Akteur*innen** – beteiligte Partner*innen und Umsetzende
- **Betroffene** – relevante Zielgruppen

- **Mögliche Finanzierungsmechanismen** – Förderprogramme, Beteiligungs- und Vertragsmodelle
- **Flankierende Aktivitäten** – Maßnahmen zur Öffentlichkeitsarbeit, Information und Beteiligung



Abb. 34: Impressionen vom Akteurs- und Maßnahmenworkshop am 19.11.2025

10.2 Maßnahmenblätter

M1: Modernisierung des Stromnetzes mit intelligenten Infrastrukturen, Speichern und Lastmanagement, um die Integration von erneuerbaren Energien und die Sektorenkopplung von Strom, Wärme und Verkehr zu ermöglichen.

Gebietsbezug: Gesamtes Gemeindegebiet

Beschreibung: Erweiterung/Modernisierung des Stromnetzes mit intelligenten Infrastrukturen zur Unterstützung einer zukunftsfähigen, lokal/regional autarken Energieversorgung. Ziel ist es, ein leistungsfähiges Netz mit integrierten Speicherlösungen und Lastmanagement zu schaffen, das die Nutzung erneuerbarer Energiequellen für die Wärmeversorgung, Digitalisierung und Elektromobilität fördert.

Ziel: Die Maßnahme soll auf eine umfassende Sektorenkopplung von Strom, Wärme und Mobilität abzielen. Ziel ist der Aufbau eines stabilen, modernen und leistungsfähigen Stromnetzes, das die Integration erneuerbarer Energien (z.B. PV, Wind) sowie die Unterstützung der Elektromobilität, Digitalisierung und Wärmeversorgung (was zukünftig weit- aus größere Abnahmemengen von Strom bedeutet) ermöglicht.

Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios: Das größte Potenzial zur Umsetzung der Energiewende liegt neben der Energieeinsparung durch konsequente Gebäudesanierung im Einsatz intelligenter Netz- und Verbrauchssteuerung im regionalen Stromnetz. Das optimierte Stromnetz mit Sektorenkopplung dient der Abfederung von Spitzenlasten und optimiert die Einspeisung erneuerbarer Energien. Dadurch wird die Substitution fossiler Energieträger vorangetrieben und die CO₂-Emission reduziert, was einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2040 leistet.

Erforderliche Schritte und Meilensteine:

- Bewertung des IST- und des zukünftigen Strombedarfs und der technischen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit des Ausbaus und der Modernisierung der Netz-Infrastruktur
- Ständiger Austausch der Gemeindeverwaltung mit dem Netzbetreiber und regelmäßiger Dialog zur Ertüchtigungs- und Ausbaustrategie als zentraler Meilenstein
- Klärung der Integration künftiger Entwicklungen, insbesondere des PV- und Windkraftausbaus und der zunehmenden Elektrifizierung der Mobilität und Digitalisierung
- Erfassung und Auswertung relevanter Daten zur Netzbelastung und zukünftigen Anforderungen
- Festlegung von Maßnahmen zur Bereitstellung und Vorhalten notwendiger Flächen für die Beschleunigung des Ausbaus der Netzinfrastruktur (z. B. für Trafostationen, Umspannwerke)

Mögliche zeitliche Einordnung: Beginn mittelfristig, dann fortlaufend**Kosten:** Sektorale Kosten, gegenwärtig nicht abschätzbar, Netzbetreiber anteilig**Einfluss der Kommune:** Die Hauptverantwortung liegt bei den Energieversorgern und Netzbetreibern. Die Gemeinde agiert jedoch proaktiv als Initiator, nimmt Einfluss auf Entscheidungen und lädt zu einer intensiven Zusammenarbeit ein. Zudem spielt die Kommune eine wichtige Rolle bei der Bereitstellung von Flächen für Netzinfrastruktur, Trafostationen und andere notwendige Einrichtungen.**Akteur*innen:** Hauptverantwortlich sind Kommune und die Netzgesellschaft (EWE Netz)**Betroffene:** Bürger*innen, Unternehmen, kommunale Einrichtungen sowie alle Nutzer*innen, die von einer stabilen und zukunftsfähigen Energieversorgung profitieren.**Mögliche Finanzierungsmechanismen:** Fördermittel für Klimaschutz und alternative Finanzierungsmodelle, wie ÖPP und Contracting-Modelle (z. B. Energieliefer- oder Anlagen-Contracting), werden geprüft.**Flankierende Aktivitäten:** Ständiger weiterer Ausbau und Modernisierung der EE. Informationsveranstaltungen, Exkursionen und Öffentlichkeitsarbeit (Presse, Social Media) werden organisiert, um den Austausch zwischen der Gemeinde, Netzbetreibern, und Energieversorgern zu fördern sowie die Akzeptanz und Beteiligung der relevanten Akteure*innen zu erhöhen.**M2: Durchführung konkreter Machbarkeitsstudien und Planungsschritte zur Errichtung von (Mikro-)Wärmenetzen****Gebietsbezug:** Gesamtes Gemeindegebiet

Beschreibung: Es werden konkrete Machbarkeitsstudien durchgeführt, um die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit von Wärmenetzen (auch Mikronetzen) zu prüfen. Die Studien berücksichtigen die Zuständigkeiten aller relevanter Stakeholder und ermöglichen die Grundlage für die strategische Entscheidungsfindung. Dabei stehen die Potenziale verschiedener erneuerbarer Wärmequellen im Vordergrund.

Ziel: Bereitstellung einer belastbaren Grundlage für die Entscheidung über weitere Planungsschritte und den zukünftigen Bau bzw. die Erweiterung klimaneutraler Wärmenetze. Die Machbarkeitsstudien liefern Erkenntnisse und Planungsgrundlagen zur Nutzung unterschiedlicher Wärmequellen, um eine umfassende Perspektive der Energieversorgung in der Gemeinde zu gewinnen. Die Durchführung der Machbarkeitsstudien dient als Grundlage für Industrie, Energieversorger und privaten Investoren für eine wirtschaftliche Umsetzung.

Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios: Machbarkeitsstudien ermöglichen es, klimaneutrale Lösungen zu identifizieren, Projekte zur Substitution fossiler Energieträger zu fördern, z.B. durch Nutzung von PV, Windkraft oder Geothermie, CO₂-Emissionen zu reduzieren sowie die Kosten und Nutzen für die Kommune und beteiligte Akteur*innen abzuwägen. Dies fördert eine nachhaltige und wirtschaftlich tragfähige Planung und leistet somit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität bis spätestens 2040.

Erforderliche Schritte und Meilensteine:

- Planung und Bereitstellung der Haushaltsmittel
- Ausschreibung und Vergabe der Machbarkeitsstudien
- Abschluss der Studien und Präsentation der Ergebnisse (mittelfristig)
- Integration der Ergebnisse zu den erneuerbaren Wärmequellen (z. B. aus PV, Biogas) in die Gesamtplanung
- Konkrete Planung der Wärmenetze basierend auf den Studienergebnissen

Mögliche zeitliche Einordnung: Start mittelfristig, Abschluss der Studien ca. 3 Jahre nach Beginn)

Kosten: Ca. 40.000 – 60.000 Euro pro Studie, projekt- und umfangabhängig

Einfluss der Kommune: Hoch – Die Kommune agiert als Initiator, Förderer und ggfs. Auftraggeber und Koordinator der Studien. Sie stellt sicher, dass die verschiedenen Wärmequellen und Bedarfsträger (Industrie, Gewerbe, Wohngebiete) in die Planung integriert werden.

Akteur*innen: Rat und Verwaltung der Gemeinde, Energieversorger, Netzbetreiber, private Investoren & Bürgerenergiegenossenschaften, externe Dienstleister, Planungsbüros

Betroffene: Anwohner*innen, Unternehmen & öffentliche Einrichtungen, die an ein Wärmenetz angeschlossen werden sollen

Mögliche Finanzierungsmechanismen: Förderprogramme für kommunale Wärmeplanung (z. B. KfW, BAFA, EU-Programme), Bürgerbeteiligungsmodelle, Öffentlich-private Partnerschaften (ÖPP) für Investitionen, Contracting-Modelle für die Wärmenetzumsetzung

Flankierende Aktivitäten: Informationsveranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit zur Sensibilisierung der betroffenen Akteur*innen und Akzeptanzsteigerung; Einrichtung einer Webseite für Interessensbekundungen (z.B. für neue Energiegemeinschaften und -genossenschaften im Falle von Mikro-Wärmenetzen) und Fragen zur kommunalen Wärmeplanung

M3: Förderung und Integration der Kraft-Wärme-Kopplung zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme als Maßnahme zur effizienten Nutzung von Brennstoffen

Gebietsbezug: Gesamtes Gemeindegebiet

Beschreibung: KWK-Anlagen (z. B. BHKW, Turbinen, ORC) erzeugen Wärme und Strom in einem Prozess und nutzen Brennstoffe besonders effizient. Sie können als Grund-/Mittellast- oder Spitzenlast-/Resilienzbaustein in (Mikro-)Wärmenetzen, Quartieren und Liegenschaften dienen. Ein modernes KWK wird wärmegeführt, netzdienlich geregelt (Flexbetrieb) und ist Erneuerbaren-ready (Biomethan, Biogas, Holzgas) bzw. H₂-/E-Fuels-fähig. In Kombination mit Großwärmepumpen, Solarthermie und Speichern stabilisiert KWK die Versorgung bei Dunkelflauten, deckt Spitzen ab und erhöht die Netzsicherheit.

Ziel: Effiziente Nutzung von Brennstoffen durch hohe Gesamtwirkungsgrade (Wärme + Strom). Erhöhung der Versorgungssicherheit und Netzstabilität der Wärmeversorgung. Brücken-/Transformationsbaustein bis 2040 mit dekarbonisierbarem Brennstoffeinsatz (Biomethan/H₂) und schrittweiser Reduktion fossiler Anteile.

Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios: Die Förderung und Integration von KWK in der kommunale Wärmeplanung liefert einen wichtigen Beitrag im Klimaschutzpolitischen Gesamtkontext auf dem Weg zur Klimaneutralität bis 2040. Sie verbessert die Gesamtenergieeffizienz in der Gemeinde durch kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung und trägt durch einen geringeren Brennstoffeinsatz zur Senkung der CO₂-Emissionen bei. Sie alleine erreicht das Ziel der Klimaneutralität jedoch nicht, ist aber ein effizienz- und emissionsrelevanter Baustein innerhalb eines Gesamttransformationpfades für den Wärmesektor – insbesondere in Kombination mit erneuerbaren Energien, Wärmenetzen und lokalen Planungsprozessen.

Erforderliche Schritte und Meilensteine:

- Potenzialanalyse & Standortwahl: Wärmebedarfsdichtekarten, Netzknoten, Liegenschaften (wie z.B. Krankenhaus, Gewerbe, Rechenzentrum, Kläranlage)

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Brennstoff- & Transformationsstrategie: heute: hocheffiziente Erdgas-KWK nur, wenn Biomethan/H₂-ready; mittelfristig: Umstellung auf erneuerbare/defossilisierte Gase; Prüfung von Klär-/Deponiegas, Holzgas • Systemintegration: Hydraulische Einbindung in (Mikro-)Wärmenetze, Pufferspeicher, Spitzenlastkessel, Großwärmepumpe; Lastmanagement, wärmegeführter Flexbetrieb nach Netzbedarf • Elektrische Einbindung: Netzanschluss/Leittechnik, Direktliefermodelle (Eigenstrom, Quartiersstrom), Teilnahme an Flexibilitäts-/Regelleistungsmärkten, Notstrom-/Inselbetriebskonzepte • Genehmigung & Standards: Emissionen, Schallschutz, Brandschutz, EEG/KWKG-/Netzthemen (landesspezifisch), Mess-/Abrechnungskonzepte • Wirtschaftlichkeit & Beschaffung: CAPEX/OPEX, Brennstoffpreise, Wärmeverkaufspreise, Contracting; Ausschreibung/Losbildung (KWK-Aggregate, Speicher, MSR) • Betriebs- & Wartungskonzept: Betriebsführung, Monitoring (Wirkungsgrad, Volllaststunden, CO₂-Intensität), Instandhaltung, Brennstoffqualitäten. • Pilot & Roll-out: Pilotanlage (z. B. an Netzschaltpunkt), Evaluation, Skalierung auf weitere Knoten |
| <p>Mögliche zeitliche Einordnung: Potenzialanalyse und Vorplanung mittelfristig</p> |
| <p>Kosten: Personalkosten und administrativer Aufwand für Potenzialanalyse, Vorplanung und Konzepterstellung</p> |
| <p>Einfluss der Kommune: Strategische Vorgaben und Bereitstellung von Flächen/Dächern/Standorte (kommunale Liegenschaften). Koordination von Genehmigungsverfahren, Abstimmung mit Netzbetreibern. Rolle als Ankermieter*in/Abnehmer*in (Wärme-/Stromabnahmeverträge) oder Contracting-Auftraggeber*in; ggf. Minderheitsbeteiligung.</p> |
| <p>Akteur*innen: Energieversorger/Netzbetreiber, Verwaltung, Industrie/Gewerbe, Betreiber kritischer Infrastruktur (z.B. Krankenhäuser, Kläranlagen), Wohnungswirtschaft, Anlagenhersteller, Planungsbüros</p> |
| <p>Betroffene: Anwohner*innen im Umfeld der Standorte, angeschlossene Kund*innen (Haushalte, Gewerbe), kommunale Einrichtungen</p> |
| <p>Mögliche Finanzierungsmechanismen: Eigen-/Fremdfinanzierung (EWE Netz, Contracting), Bürgerbeteiligung (Genossenschaftsanteile, Nachrangdarlehen) v. a. bei Quartierslösungen, nationale/regionale Förderprogramme, ggf. steuerliche Anreize.</p> |
| <p>Flankierende Aktivitäten: Transparenz & Monitoring: Veröffentlichung von Wirkungsgraden, CO₂-Intensität, Betriebsstunden; Live-Dashboards.</p> |

Kommunikation & Beteiligung: Info-Veranstaltungen zu Rolle der KWK in der Wärme- wende; Einbindung von Unternehmen/Quartieren.

Standardisierung: Muster-Lastenhefte, Vertragsmuster, Regelstrategien (wärmege- führt/flexibel).

Sektorenkopplung: Programme zur Kopplung mit Großwärmepumpen, Power-to-Heat, Speicher; Nutzung unvermeidbarer Abwärme.

M4: Intensivierung des Ausbaus von PV- und Windkraftanlagen

Gebietsbezug: Gesamtes Gemeindegebiet

Beschreibung: Erhöhte Bereitstellung und Einspeisung von grünem preiswertem Strom durch den verstärkten Bau von Photovoltaik (PV)- und Windkraftanlagen und die Um- setzung bereits geplanter Vorhaben. Dabei werden insbesondere die zukünftigen Ent- wicklungen (z.B. steigende Bedarfe durch den Windkraft- und PV-Ausbau und die zu- nehmende Elektrifizierung z.B. für die Installation von Wärmepumpen, Wallboxen und Ladesäulen für die E-Mobilität) berücksichtigt – in enger Abstimmung mit den Netzbe- treibern, um die Integration in die bestehende Infrastruktur zu gewährleisten. Wichtig dabei ist ein effektives Lastmanagement und die Installation von moderner Speicher- technik.

Ziel: 100 % erneuerbare Stromversorgung im Gemeindegebiet durch die regionale Pro- duktion von EE (vornehmlich PV und Windkraft) entsprechend dem Zielszenario und an- gepasst an höhere Strombedarfe. Durch entsprechende Speicherinfrastruktur soll mit- telfristig zudem der Strompreis stabilisiert werden.

Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios: Die Maßnahme unterstützt die Klimaneut- ralität, indem sie den Anteil EE massiv erhöht und zur Reduktion fossiler Energieträger sowie CO₂-Emissionen beiträgt.

Erforderliche Schritte und Meilensteine:

- Aktivierung weiterer geeigneter Standorte für die Errichtung weiterer PV-Anlagen auf privaten Flächen anhand der Weißflächenkartierung (besonders auch auf weniger ertragreichen landwirtschaftlichen Flächen) und die Errichtung von Windkraftanlagen (wo rechtlich zulässig)
- Erfassung der aktuellen IST-Kapazität und Reserve (s. Bestands- und Potential- analyse)
- Entwicklung von Szenarien und Simulation zukünftiger Bedarfe, in Abstimmung mit Netzbetreiber und anderen relevanten Akteur*innen
- Förderung und Anreiz für die Bildung von Energiegemeinschaften/-genossen- schaften und regelmäßige Beratung
- Beschleunigung von Genehmigungsverfahren für PV- und Windkraftanlagen
- Regelmäßige Beratungsangebote, z.B. über Einrichtung eines „Energielotsen“

Mögliche zeitliche Einordnung: Start mittelfristig, dann Zeitraum langfristig (bis 2040)

| |
|---|
| Kosten: Projektbezogen, im Einzelfall zu prüfen |
| Einfluss der Kommune: Die Kommune wirkt als Initiator und Motivator, indem sie berät, Anreize schafft, Fördermittel einwirbt und auflegt und den Ausbau durch gezielte Maßnahmen unterstützt – beispielsweise durch die Bereitstellung von Flächen oder infrastruktureller Unterstützung im Rahmen von ÖPPs. |
| Akteur*innen: Gemeindeverwaltung, Netzbetreiber (EWE Netz), unterstützt durch Energieversorger und Besitzer*innen privater Flächen |
| Betroffene: Bürger*innen, Unternehmen und die Kommune |
| Mögliche Finanzierungsmechanismen: Finanzierung über Netzentgelte, ÖPP, Bürger*innenbeteiligung und Fördermittel |
| Flankierende Aktivitäten: Workshops, Pressearbeit zur Information und Beteiligung der Einwohner*innen und relevanter Akteur*innen, Anreize zur Gründung von Energiegemeinschaften/-genossenschaften. Regelmäßige Beratung durch Energieexpert*innen. |

M5: Ausbau von Beratungsangeboten zur Sanierung und Energieeffizienzsteigerung in Privathaushalten und Unternehmen

Gebietsbezug: Gesamtes Gemeindegebiet („no-regret-Maßnahme“)

Beschreibung: Ergänzend zur bereits existierenden Erstberatung (z. B. durch den Klimaschutz in der Gemeinde und im Landkreis Aurich, die Landesenergieagentur, z.T. Verbraucherzentrale) wird die Durchführung von Schulungen und Beratungsangeboten für Haushalte, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen zur Steigerung der Energieeffizienz und Optimierung von Heizsystemen empfohlen. Ziel ist es, Energieeinspar- und Speicherpotenziale aufzuzeigen und die Umsetzung kosteneffizienter Maßnahmen zu fördern. Auch sollten Informationen für die Bürger*innen und Unternehmen zu den Ausbauplänen der Netzbetreiber und Energieversorger zur Verfügung gestellt werden.

Ziel: Reduzierung des Energieverbrauchs in privaten und öffentlichen Gebäuden, Sensibilisierung für energieeffiziente Heizsysteme und Betriebsoptimierung, Förderung nachhaltiger Energienutzung und Kosteneinsparungen für Verbraucher*innen, Unterstützung für Bürger*innen bei der Umsetzung energieeffizienter Maßnahmen

Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios: Erhöhung der Akzeptanz und Beteiligung an Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung, Reduzierung des Energieverbrauchs in privaten und öffentlichen Gebäuden, Förderung nachhaltiger Energienutzung und Kosteneinsparungen für Verbraucher*innen

Erforderliche Schritte und Meilensteine:

- Bedarfsermittlung für Schulungs- und Beratungsangebote
- Erstellung eines Schulungs- und Beratungskonzepts
- Aufbau eines Netzwerks aus Energieberater*innen und Expert*innen
- Durchführung und Bewerbung erster Schulungen

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Bei Bedarf Einrichtung und Bewerbung von Beratungsstellen • Kontinuierliche Evaluierung und Optimierung des Angebots |
| <p>Mögliche zeitliche Einordnung: Start der Bedarfsermittlung kurzfristig, dann Beratungsangebote laufend</p> |
| <p>Kosten: Abhängig vom Umfang der Aktivitäten: geschätzt 20.000 – 30.000 Euro jährlich für Schulungen, Beratungsstellen und Beratungen, Öffentlichkeitsarbeit. Höher im Falle von einzurichtenden Beratungsstellen in der Verwaltung (Personalkosten)</p> |
| <p>Einfluss der Kommune: Hoch – die Gemeindeverwaltung kann als Initiator, Förderer und Koordinator auftreten und die Aktivitäten und Angebote über verschiedene Kanäle aktiv steuern.</p> |
| <p>Akteur*innen: Gemeinde (Koordination, Finanzierung, Öffentlichkeitsarbeit), Energieberater*innen und Expert*innen, Verbraucherzentralen und Umweltorganisationen, Handwerksbetriebe und Energieversorger</p> |
| <p>Betroffene: Private Haushalte, Gewerbe- und Industriebetriebe, Öffentliche Einrichtungen (z. B. Schulen, Verwaltungen, soziale Einrichtungen)</p> |
| <p>Mögliche Finanzierungsmechanismen: Förderprogramme von Bund und Land (z. B. BAFA, KfW, Kommunalrichtlinie), Kofinanzierung durch Energieversorger, Eigenmittel der Gemeinde, Kooperation mit Verbraucherzentralen und Umweltorganisationen</p> |
| <p>Flankierende Aktivitäten: Regelmäßige Informationskampagnen zur Energieeffizienz, Kooperation mit Energieberater*innen und Handwerksbetrieben für Heizungsoptimierung</p> |

| |
|---|
| M6: Unterstützung/Anreize für verdichtete Wohngebiete |
| Gebietsbezug: Gesamtes Gemeindegebiet |
| Beschreibung: Die Maßnahme zielt darauf ab, durch den Bau kompakter, mehrgeschossiger Gebäude und die Förderung verdichteter Siedlungsstrukturen den Energie- und Flächenverbrauch nachhaltig zu senken. Durch diese Bauweise wird nicht nur der Energiebedarf der Gebäude reduziert, sondern auch die Flächennutzung optimiert. |
| Ziel: Reduktion des Energieverbrauchs durch den Bau kompakter, mehrgeschossiger Gebäude und die Schaffung verdichteter Siedlungsstrukturen. |
| Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios: Die Maßnahme trägt zur Substitution fossiler Energieträger bei, senkt den CO ₂ -Ausstoß und optimiert die Flächennutzung. Dies leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität bis spätestens 2040, indem es eine energieeffiziente und nachhaltige Bebauung fördert. |
| Erforderliche Schritte und Meilensteine: <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung eines Maßnahmenkatalogs für verdichtete Wohngebiete und kompakte Bauweisen • Identifikation und Bewertung von Modernisierungspotenzialen im bestehenden Gebäudebestand sowie Analyse des Flächenverbrauchs • Konzeption von Förderprogrammen und Anreizsystemen zur Förderung effizienter, mehrgeschossiger Bauweisen und Mikronetze • Durchführung von Informations- und Beratungsveranstaltungen • Zusammenarbeit mit Wohnungsunternehmen und privaten Eigentümern*innen zur Umsetzung der Maßnahmen |
| Mögliche zeitliche Einordnung: Konzeption und Umsetzung kurz- bis mittelfristig |
| Kosten: Die Kosten variieren je nach Umfang der Maßnahmen. Eine detaillierte Kostenschätzung erfolgt im Rahmen einer Machbarkeitsstudie. Fördermittel und Zuschüsse können einen Teil der Investitionen abdecken. |
| Einfluss der Kommune: Die Kommune übernimmt eine entscheidende Rolle als Initiator und Steuerer der Maßnahme. Ihr Einfluss umfasst: <ul style="list-style-type: none"> • Anpassung von Bauleitplanungen und Förderstrukturen, um verdichtete, nachhaltige Wohngebiete zu ermöglichen • Bereitstellung kommunaler Förderprogramme und Anreizmechanismen zur Unterstützung kompakter Bauweisen • Moderation und Vernetzung zwischen Wohnungsunternehmen, Investoren und privaten Eigentümer*innen • Schaffung von Rahmenbedingungen für eine klimafreundliche Gemeindeentwicklung durch rechtliche und planerische Instrumente • Initiierung und Begleitung von Pilotprojekten zur Umsetzung innovativer Verdichtungskonzepte |

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Sensibilisierung und Beratung durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit und Informationskampagnen |
| Akteure*innen: Gemeindeverwaltung, Wohnungsunternehmen, private Eigentümer*innen, externe Dienstleister, Energieberater*innen und Investoren*innen |
| Betroffene: Anwohner*innen, Mieter*innen, Investoren, Wohnungsunternehmen sowie private Eigentümer*innen |
| Mögliche Finanzierungsmechanismen: Fördermittel für Klimaschutz und Energieeffizienz, staatliche Zuschüsse, zinsgünstige Kredite und ÖPP |
| Flankierende Aktivitäten: Informationsveranstaltungen, Bürgerbeteiligungsverfahren, Öffentlichkeitsarbeit und Kooperationen mit Energieberatern*innen und Experten*innen zur Sensibilisierung und Unterstützung der Maßnahme |

| |
|---|
| M7: Sichtung, Einführung und Bewerbung von Förderprogrammen für die energetische Sanierung und Informationsbereitstellung |
| Gebietsbezug: Gesamtes Gemeindegebiet („no-regret-Maßnahme“) |
| Beschreibung: Sichtung und Bereitstellung von Informationen über bestehende und neue Förderprogramme zur energetischen Sanierung für Privathaushalte und Unternehmen. Die Maßnahme umfasst die kontinuierliche Aktualisierung und Bewerbung von Fördermöglichkeiten, um die Inanspruchnahme von Förderprogrammen für Sanierungsmaßnahmen aufzuzeigen und zu fördern. |
| Ziel: Unterstützung der Bürger*innen und Unternehmen bei der Nutzung von Förderprogrammen zur energetischen Sanierung und zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz. |
| Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios: Finanzielle Anreize stärken die Akzeptanz und die Teilnahme an energetischen Sanierungsmaßnahmen. Durch die umfassende Nutzung von Fördermitteln können Sanierungsprojekte effizienter umgesetzt und die CO ₂ -Emissionen im Gebäudebestand nachhaltig gesenkt werden. |
| Erforderliche Schritte und Meilensteine: <ul style="list-style-type: none"> • Einrichtung und Bewerbung von Informationsstellen sowie Erstellung von Informationsmaterialien zu Förderprogrammen • Auswahl und ggf. Schulung von Beratenden zur Unterstützung von Bürger*innen und Unternehmen bei der Antragsstellung und Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen • Regelmäßige Evaluierung der Beratungsangebote sowie laufende Aktualisierung der bereitgestellten Informationen und Materialien • Zusammenarbeit auch mit relevanten Kreis- und Landesbehörden |
| Mögliche zeitliche Einordnung: Start kurzfristig, dann permanent bis 2040 |

| |
|--|
| Kosten: Personal- und Verwaltungskosten für die Organisation und Bereitstellung von Beratungs- und Informationsangeboten, Kosten für digitale Plattformen und Druckmedien |
| Einfluss der Kommune: Anbieter und Koordinator; die Kommune organisiert und bewirbt die Beratungsangebote und steht als Ansprechpartner zur Verfügung. |
| Akteur*innen: Gemeindeverwaltung, externe Energieberater*innen, Verbraucherzentrale |
| Betroffene: Bürger*innen und Unternehmen in der Gemeinde |
| Mögliche Finanzierungsmechanismen: Kommunale Mittel zur Finanzierung der Informations- und Beratungsangebote; ergänzende Fördermittel für Digitalisierung, Beratungsleistungen und Energieeffizienzmaßnahmen. |
| Flankierende Aktivitäten: Ständiges Screening der Förderprogramme sowohl für die Kommune selbst als auch für die Bürger*innen und Unternehmen und Informationsweitergabe über verschiedene Kanäle. |

M8: Etablierung von Austauschformaten am Beispiel eines „Runden Energietisches“

Gebietsbezug: Gesamtes Gemeindegebiet („No-regret“-Maßnahme)

Beschreibung Der „Runde Energietisch“ wird als dauerhaftes, strukturiertes Austauschformat etabliert, das zentrale Akteur*innen der kommunalen Energiewende zusammenbringt. Eingeladen sind lokale und regionale Energieversorger, Netzbetreiber, Vertreter*innen der Gemeindeverwaltung, Eigenbetriebe sowie themenspezifisch Unternehmen, Handwerksbetriebe und ggfs. interessierte Bürger*innen. Der Energietisch schafft einen Rahmen, um gemeinsam über Dekarbonisierungsstrategien, Klimaschutz, Energieeinsparung, innovative Heizungstechnologien, erneuerbare Energien, Netzplanung sowie Förderprogramme zu beraten. Ein besonderer Fokus liegt auf dem gegenseitigen Austausch über konkrete Ausbau-, Rückbau- und Transformationsstrategien. Dabei geht es insbesondere um die strategische Koordination von Maßnahmen zur Dekarbonisierung: etwa den geplanten Rückbau fossiler Versorgungssysteme, den Ausbau erneuerbarer Wärmenetze, die Anpassung bestehender Strom- und Wärmenetze an neue Lastprofile (z. B. durch Wärmepumpen und E-Mobilität) sowie die gemeinsame Planung technischer und infrastruktureller Übergangslösungen. Durch die gezielte Vernetzung relevanter Akteur*innen können Synergien identifiziert, Zielkonflikte frühzeitig erkannt und gemeinsam tragfähige Transformationspfade entwickelt werden. Da im Rahmen des Energietisches auch sensible Themen wie innerbetriebliche Strategien, technische Engpässe und Aspekte kritischer Infrastrukturen behandelt werden, erfolgt die Zusammensetzung des Gremiums in einem fachlich geschlossenen Kreis. Die Öffentlichkeit und Bürger*innen werden gezielt und transparent über konkrete Ergebnisse, Empfehlungen oder Maßnahmen informiert, nicht jedoch in laufende fachliche Abstimmungen eingebunden.

Ziel: Frühzeitiger Austausch und strukturierte Zusammenarbeit zentraler Akteursgruppen zur Umsetzung der kommunalen Energiewende. Ziel ist es, relevante Themen frühzeitig zu identifizieren, gemeinsame Lösungen zu erarbeiten und konkrete Maßnahmen abzustimmen. Die gemeinsam entwickelten Vorschläge werden als Handlungsempfehlungen in Politik und Verwaltung eingespielt, um eine zielgerichtete, effiziente und breit akzeptierte Umsetzung der Wärmewende zu ermöglichen.

Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios: Der Runde Energietisch mit seinem fundierten Fachwissen dient als zentrales Steuerungs- und Beteiligungsinstrument und unterstützt bei der Umsetzung der Maßnahmen des Klimaschutzkonzepts und des Wärmeplans. Durch seine Arbeit und die daraus resultierenden Ergebnisse als Handlungsempfehlung an die Gemeindepolitik und -verwaltung leistet der Energietisch einen wesentlichen Beitrag zum örtlichen Klimaschutz und zur Reduzierung der THG.

Erforderliche Schritte und Meilensteine:

1. Aussprechen der Einladung und Einholen von Interessensbekundungen
2. Organisatorische Einrichtung (Terminplanung, Räumlichkeiten)
3. Benennung einer dauerhaften oder themenspezifischen Moderation
4. Durchführung regelmäßiger Treffen (z. B. halbjährlich) mit thematisch strukturierter Agenda
5. Dokumentation, Diskussion und Priorisierung von Themen, Projekten und Maßnahmen
6. Weiterleitung relevanter Empfehlungen an Politik, Verwaltung und ggf. andere Gremien

Mögliche zeitliche Einordnung: Beginn kurzfristig möglich; anschließend kontinuierliche Durchführung in festen Intervallen

Kosten: Gering; abhängig von Raumnutzung und ggf. Moderation. Die Teilnahme soll für alle Akteur*innen kostenlos sein.

Einfluss der Kommune: Hoch - die Kommune agiert als Initiator, Moderator und zentrale Schnittstelle für Rückkopplung und Umsetzung der erarbeiteten Inhalte. Sie übernimmt Organisation, Koordination und Ergebnissicherung.

Akteur*innen: Gemeindeverwaltung, Energie- und Netzversorger, Unternehmen, Handwerksbetriebe, Energieberater*innen, ggfs. interessierte Bürger*innen

Betroffene: Alle Bürger*innen und Organisationen im Gebiet der Gemeinde

Mögliche Finanzierungsmechanismen: bei Bedarf kommunale Haushaltsmittel

Flankierende Aktivitäten: Berichterstattung zu Ergebnissen des Energietisches, ggf. Integration in digitale Plattformen zur Wärmewende

11 Kommunikationsstrategie

Die Kommunikationsstrategie der Gemeinde Krummhörn zielt darauf ab, eine konsens- und unterstützungsorientierte Zusammenarbeit mit allen Zielgruppen zu gewährleisten. Durch klare Informationen, interaktive Workshops und fortlaufende Öffentlichkeitsarbeit wurde eine breite Akzeptanz geschaffen und aktive Mitarbeit gefördert. Die Strategie berücksichtigt lokale Gegebenheiten und setzt auf zielgruppenspezifische Formate sowie effektive Medien.

11.1 Informationsbereitstellung und Kommunikationskanäle

- Die Grundlage der Strategie bildet eine transparente und kontinuierliche Informationsbereitstellung über verschiedene Kanäle: Im Mittelpunkt stand dabei die kommunale Website, die als zentrales Informationsportal dient. Hier finden Bürger*innen stets aktuelle Updates zur Wärmeplanung, eine umfassende *Frequently Asked Questions* (FAQ)-Sektion sowie weiterführende Links und Materialien (Gemeinde Krummhörn, o.J.).
- Ein spezieller Newsbereich auf der Website hielt die Öffentlichkeit über Fortschritte, Änderungen und wichtige Meilensteine der Wärmeplanung auf dem Laufenden. Die FAQ-Sektion beantwortet häufig gestellte Fragen in leicht verständlicher Sprache und behandelt Themen wie technische Hintergründe, rechtliche Verpflichtungen, Kosten und die Auswirkungen der Wärmeplanung auf den Alltag.
- Zusätzlich stellte die Gemeinde Downloads und Verlinkungen zu Infobroschüren sowie weiterführenden Ressourcen der Landes- und Bundesstellen zur Verfügung. Diese Materialien boten vertiefende Informationen für Interessierte. Um den Austausch mit der Bürger*innenschaft zu fördern, gab es eine einfache Möglichkeit, Feedback per Mail oder telefonisch über der Klimaschutzmanager der Gemeinde Krummhörn einzureichen. Dies ermöglichte eine direkte Kommunikation zwischen Bürger*innen und der Verwaltung, wodurch Anliegen frühzeitig erkannt werden können.
- Um komplexe Themen anschaulich darzustellen, nutzte die Gemeinde Krummhörn u. a. Informationen der Deutschen Energie-Agentur (dena) und der Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen (KEAN), die das Thema kommunale Wärmeplanung greifbarer machen. Ein Veranstaltungskalender informierte über bevorstehende Termine, wie Ausschusssitzungen oder Workshops, und förderte so die Teilnahme der Bürger*innen an relevanten Veranstaltungen.
- Ein weiterer zentraler Bestandteil der Strategie war die Präsentation von Informationen für die Mitglieder*innen des Gemeinderates. Hier wurden Fortschritte und Ergebnisse der Wärmeplanung vorgestellt, um Transparenz gegenüber den politischen Entscheidungsträger*innen zu gewährleisten. Gleichzeitig dienen die Mandatsträger*innen als Kommunikationsschnittstelle, um die Bevölkerung über die

Entwicklungen im Bereich der kommunalen Wärmeplanung auf dem Laufenden zu halten.

Durch diese umfassende Strategie wurde sichergestellt, dass alle relevanten Akteur*innen – von der Bürger*innenschaft bis hin zu den politischen Gremien – kontinuierlich und transparent informiert werden.

11.2 Zielgruppenorientierte Kommunikation

- Die Kommunikationsstrategie der Gemeinde Krummhörn war gezielt auf die Bedürfnisse und Erwartungen verschiedener Zielgruppen ausgerichtet und soll auch in Zukunft fortgeführt werden.
- Für die Bürger*innen lag der Schwerpunkt auf Öffentlichkeitsarbeit über die kommunale Website. Ziel war es, die breite Bevölkerung regelmäßig und umfassend zu informieren.
- Die politischen Entscheidungsträger*innen wurden durch Workshops, Präsentationen und eine kontinuierliche Berichterstattung in alle Phasen des Projekts einbezogen – von der Planung bis zum Abschluss.
- Das Kernteam, bestehend aus dem Klimaschutzmanager und dem Fachbereich Infrastruktur, tauschte sich regelmäßig (durchschnittlich zweiwöchentlich) in digitalen Regelterminen (Jour fixe) aus. Diese Sitzungen ermöglichten eine vertiefte Zusammenarbeit und einen reibungslosen Ablauf der Projektarbeit.
- Zusätzlich wurden Multiplikator*innen, wie politische Entscheidungsträger*innen sowie Vertreter*innen aus Gewerbe und Handwerk sowie die Schornsteinfeger*innen, aktiv eingebunden.
- Durch diese zielgruppenorientierte Kommunikation wurde sichergestellt, dass alle relevanten Akteur*innen – von der Bevölkerung bis zu den politischen Gremien – effektiv erreicht und in den Prozess integriert wurden.

11.3 Workshops und Veranstaltungsformate

Die Workshops und Präsenzveranstaltungen waren zentrale Elemente der Strategie und förderten Transparenz, Konsensbildung und aktive Mitarbeit.

Auftaktworkshop mit der Gemeindeverwaltung und Vertreter*innen aus dem Umwelt- und Klimaausschuss am 04. September 2025:

Ziel: Einführung in die Ziele, den Zeitplan und den Ablauf der Kommunalen Wärmeplanung. Frühzeitige Sensibilisierung und Rückkopplung.

Inhalt:

- Vorstellung der Ausgangslage und Herausforderungen in der Wärmeversorgung
- Diskussions- und Feedbackrunden für Anregungen und Fragen

Zielgruppen: Verwaltung und kommunale Mandatsträger*innen

Präsentation der Zwischenergebnisse am 29. Oktober 2025 im Umwelt- und Klimaausschuss

Ziel: Präsentation der Zwischenergebnisse

Inhalt:

- Vorstellung der Endergebnisse
- Ausblick auf Monitoring und weitere Umsetzungsschritte

Zielgruppen: politische Vertreter*innen, und Bürger*innen.

Einladungskanäle: Persönliche Ansprache und kommunale Website

Maßnahmenworkshop am 19. November 2025:

Ziel: Vertiefung und Diskussion konkreter Maßnahmen zur Energieeffizienz und Dekarbonisierung.

Inhalt:

- Impulsvorträge zu den Zwischenergebnissen und innovativen Ansätzen und erfolgreichen Beispielen
- Gruppenarbeiten zur Diskussion und Priorisierung von Maßnahmen
- Gemeinsame Bewertung der Maßnahmen nach Kriterien wie Effizienz, Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit

Zielgruppen: Technische Expert*innen, Energieversorger und politische Entscheidungsträger*innen

Einladungskanäle: E-Mail-Verteiler, direkte Ansprache

Abschlussveranstaltung mit Ergebnispräsentation am 11. Februar 2026

Ziel: Präsentation der Endergebnisse

Inhalt:

- Vorstellung der Endergebnisse
- Ausblick auf Monitoring und weitere Umsetzungsschritte

Zielgruppen: politische Vertreter*innen, Bürger*innen sowie Firmen aus Handwerk und Energieberater*innen

Einladungskanäle: Persönliche Ansprache und kommunale Website sowie Pressemitteilung und Social-Media-Kanäle

Zeitplan und Phasen der Umsetzung

Die Projektumsetzung war eng an die Phasen der kommunalen Wärmeplanung gekoppelt:

- **Startphase (Juli bis September 2025)**
Pressearbeit, Datenbeschaffung und Auftaktpräsentation mit Workshop im erweiterten Kernteam
- **Phase der Festlegung der Zielszenarien (Oktober 2025)**
Festlegung der Zielszenarien und Vorbereitung der Maßnahmen
- **Phase der Maßnahmenplanung (November bis Januar 2025)**
Durchführung vom Maßnahmenworkshop zur Diskussion und Priorisierung geplanter Maßnahmen
- **Ergebnispräsentation (Februar bis März 2026)**

11.4 Langfristige Kommunikation und Evaluierung nach dem Abschluss der kommunalen Wärmeplanung

Durch eine regelmäßige Berichterstattung werden Fortschritte und Anpassungen der Maßnahmen dokumentiert. Fortschritts- und Evaluationsberichte werden die Ergebnisse zusammenfassen und eine kontinuierliche Optimierung der Umsetzung ermöglichen.

Bürger*innenforen und Arbeitsgruppen werden ebenfalls eine wichtige Rolle spielen. Kontinuierliche Treffen werden Raum für den Dialog schaffen, die Beteiligung der Bevölkerung stärken und langfristige Unterstützung für die Maßnahmen der KWP sichern.

Zur Erfolgskontrolle wird die Gemeinde regelmäßig die Teilnehmer*innenzahlen an Veranstaltungen, die Reichweite der Online-Aktivitäten und die Zufriedenheit der Bürger*innen analysieren.

11.5 Stakeholdermapping

Gemäß § 7 WPG umfasst die Partizipation die Einbindung der Öffentlichkeit, der Träger öffentlicher Belange, der Netzbetreiber sowie weiterer relevanter Akteur*innen. Diese sollen auch zukünftig eine konsens- und unterstützungsorientierte Zusammenarbeit fördern, um eine breite Akzeptanz und aktive Mitwirkung bei der Entwicklung und Umsetzung der Maßnahmen sicherzustellen.

Das sogenannte Stakeholder-Mapping wurde vom Kernteam durchgeführt, wobei einzelne Zielgruppen bereits im Rahmen der KWP proaktiv eingebunden wurden. Weitere Zielgruppen sollten bei der Umsetzung der Maßnahmen berücksichtigt werden, um die Beteiligung und Unterstützung aller relevanten Akteur*innen weiter auszubauen und die gesetzten Ziele effektiv zu erreichen (vgl. **Tab. 2**).

Relevante Akteursgruppen sind:

1. Gemeindeverwaltung

- **Primäre Beteiligte:** Fachbereich Infrastruktur
- **Steuerungseinheiten:** Bürgermeisterin, weitere Fachabteilungen
- **Kommunikationskanäle:** E-Mail-Verteiler, Dokumentenmanagementsysteme sowie regelmäßige interne Dienstbesprechungen (Jour Fixe, abteilungsübergreifende Treffen)

2. Kommunalpolitik

- Beteiligung des Gemeinderates
- Vorschlag zur Etablierung eines „Arbeitskreises Wärmeplanung“ mit Vertreter*innen aller Fraktionen
- Nutzung des digitalen Ratsinformationssystems für transparente Kommunikation

3. Öffentlichkeit

Niederschwellige Angebote, wie:

- **Online-Kanäle:** Website (FAQs, Veranstaltungsankündigungen) und Newsletter
- **Offline-Kanäle:** Amtsblatt, Broschüren, Informationsveranstaltungen, Plakate im Rathaus und Sprechstunden zu Energie- und Wärmeversorgung
- **Ziel:** Proaktive Ansprache aller Altersgruppen

4. Energieversorgungsunternehmen

- **Hauptakteure:** EWE Netz GmbH
- **Kommunikationsformate:** Jour fixe, Vorschlag für die Einführung eines ‚Runden Energietisches‘, gemeinsame Veranstaltungen und Präsentation der Zusammenarbeit in der Öffentlichkeitsarbeit

5. Weitere Akteursgruppen gemäß § 7 WPG

- Großverbraucher von Wärme und Gas sowie potenzielle Produzent erneuerbarer Energien und Abwärme
- Betreiber angrenzender Energieversorgungsnetze (z. B. in Nachbarstädten) wie die Stadtwerke Norden oder Stadtwerke Emden
- Nachbarkommunen Stadt Emden, Samtgemeinde Brookmerland, Stadt Norden und Gemeinde Hinte
- Gewerbevereine, Handwerksinnung und Schornsteinfeger

Tab. 2: Stakeholdergruppen mit möglichen Kommunikationsformaten

| Stakeholdergruppe | Kommunikationsformate |
|---|---|
| Öffentlichkeit (Bevölkerung) | Amtsblatt Website, Newsletter, Informationsveranstaltungen |
| Kommunalverwaltung | Intranet, E-Mail-Verteiler, Social-Media-Kanäle, Jour fixe, abteilungsübergreifende Treffen |
| Kommunalpolitik | Präsentationen, Workshops, Exkursionen und Ratsinformationssystem |
| Energieversorgungsunternehmen | Jour fixe, gemeinsame Veranstaltungen, Kooperationen |
| Potenzielle Produzenten erneuerbarer Energien | Persönliche Gespräche, Fragebögen, Workshops |
| Großverbraucher | Direkte Ansprache, persönliche Gespräche, Fragebögen |
| Nachbarkommunen | Interkommunaler Austausch, Kooperationsgespräche |
| Bildungs- und Sozialeinrichtungen (Schulen, Jugendwerke) | Workshops, Schulprojekte, Jugendbeteiligung |
| Handwerkskammern und Immobilienwirtschaft (lokale Gewerbe- und Winzervereine) | Netzwerktreffen, Workshops, persönliche Ansprache |

Die Analyse der Stakeholdergruppen zeigt, dass Einfluss und Interesse je nach Akteursgruppe unterschiedlich ausgeprägt sind. Die Gemeinde-Verwaltung Krummhörn – einschließlich des Umwelt-/Natur- und Planungsausschuss – besitzt einen hohen Einfluss auf die Planung und Umsetzung der Maßnahmen. Gleichzeitig besteht ein starkes Interesse, da die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung (KWP) direkt in seinen Aufgabenbereich fällt. Eine ähnlich hohe Bedeutung hat die Kommunalpolitik, insbesondere die Gemeinderatsversammlung. Diese Gremien üben durch strategische und finanzielle Entscheidungen maßgeblichen Einfluss aus und haben ein hohes Interesse an einer erfolgreichen Umsetzung der KWP.

Auch die Energieversorgungsunternehmen, die in Krummhörn aktiv sind, wie z. B. die EWE Netz GmbH, zählen zu den Schlüsselakteuren. Mit ihrem technischen Know-how, ihrer Infrastruktur und ihren Ressourcen sind sie zentral an der Umsetzung beteiligt und haben daher ein entsprechend hohes Interesse an einem erfolgreichen Projektverlauf.

Neben diesen zentralen Akteuren gibt es Gruppen mit mittlerem Einfluss und Interesse. Die umliegenden Kommunen wie die Stadt Emden, Samtgemeinde Brookmerland, Stadt Norden und Gemeinde Hinte können aufgrund ihrer räumlichen Nähe und potenzieller interkommunaler Kooperationen eine unterstützende Rolle einnehmen. Ihr Interesse ist moderat ausgeprägt, da sie zwar von möglichen Synergien profitieren können, jedoch nicht direkt in den Planungsprozess der KWP in Krummhörn eingebunden sind.

Eine ähnliche Rolle spielen die Handwerkskammern und die Immobilienwirtschaft, die unterstützend tätig werden können, etwa durch die Umsetzung technischer Lösungen. Daher weisen sie ebenfalls einen mittleren Einfluss und ein mittleres Interesse auf.

Die Bildungs- und Sozialeinrichtungen, darunter Schulen und Jugendwerke, haben hingegen einen mittelmäßigen Einfluss, da sie nicht direkt in die Planung eingebunden sind. Ihr Interesse ist jedoch hoch, da die KWP erheblichen Einfluss auf die zukünftige Lebenswelt der Jugendlichen haben wird. Zudem können sie durch Bildungsprojekte und Jugendbeteiligung die Akzeptanz in der Bevölkerung fördern.

Die Öffentlichkeit, bestehend aus Bürger*innen, hat ebenfalls einen mittelmäßigen Einfluss, da sie nicht direkt in Entscheidungsprozesse involviert ist. Ihr Interesse ist jedoch besonders hoch, da die Maßnahmen der Wärmeplanung ihr tägliches Leben betreffen und sie von Kosten, Nutzen und Umsetzungen direkt betroffen sind. Insgesamt wird deutlich, dass die Kommunalverwaltung, die Kommunalpolitik, die Energieversorgungsunternehmen und die Großverbraucher die zentralen Stakeholder mit hohem Einfluss und Interesse sind, während andere Gruppen, wie Bildungs- und Sozialeinrichtungen oder die Öffentlichkeit, eher indirekt eingebunden werden, jedoch ein starkes Interesse an den Ergebnissen zeigen.

11.6 Stellungnahmen und Rückmeldungen aus der Bevölkerung

Während des gesamten Projektzeitraums wurden Rückmeldungen und Stellungnahmen aus der Bevölkerung systematisch gesammelt, dokumentiert und ausgewertet. Die Beteiligung der Bürger*innen war ein wesentlicher Bestandteil des Prozesses, um die kommunale Wärmeplanung auf eine breite und belastbare Grundlage zu stellen und die Maßnahmen an den praktischen Bedürfnissen vor Ort auszurichten.

Die Rückmeldungen wurden über mehrere Kanäle eingeholt. Dazu zählten insbesondere der Maßnahmenworkshop und die öffentliche Schlussveranstaltung sowie der direkte Austausch über die Gemeindeverwaltung. Bürger*innen konnten Hinweise, Bedenken und konkrete Ideen rückmelden. Inhaltlich standen vor allem die Auswahl geeigneter Technologien, die finanziellen Auswirkungen für Privathaushalte sowie die Umsetzbarkeit und Alltagstauglichkeit einzelner Maßnahmen im Fokus.

Ein häufig geäußerter Schwerpunkt betraf die soziale Verträglichkeit. Viele Rückmeldungen bezogen sich auf Fragen der Kostenverteilung, die finanzielle Belastung durch Investitionen in neue Heizsysteme und energetische Sanierungen sowie den Bedarf an Unterstützungsangeboten für einkommensschwächere Haushalte.

Ebenfalls thematisiert wurden Versorgungssicherheit und die Verlässlichkeit neuer Technologien, insbesondere im Hinblick auf Wärmepumpen, Nahwärme- bzw. Mikronetzlösungen sowie die Abhängigkeit von Strompreisentwicklungen. Darüber hinaus wurden Unsicherheiten zur Geschwindigkeit der Umsetzung, zur Priorisierung einzelner Maßnahmen und zur Planbarkeit für private Eigentümer angesprochen.

Ein wiederkehrender Wunsch war der Ausbau niedrigschwelliger, praxisnaher Beratungsangebote. Dabei wurden insbesondere Fragen zur technischen Umsetzbarkeit im eigenen Gebäude, zu Fördermöglichkeiten und zu langfristigen Kosten genannt. Hierzu wurde die Rolle bestehender Beratungsstrukturen und möglicher Anlaufstellen gestärkt, unter anderem durch Hinweise auf Beratungsmöglichkeiten über die KEAN sowie ergänzende Informations- und Austauschformate.

Neben den technologie- und kostenbezogenen Rückmeldungen wurden auch konkrete Vorschläge zur besseren Koordination von Infrastrukturmaßnahmen eingebracht. Häufig genannt wurde, bei anstehenden Straßensanierungen oder Tiefbaumaßnahmen frühzeitig Leerrohre bzw. Mitverlegungsoptionen für spätere Wärmenetze oder andere Versorgungsinfrastrukturen vorzusehen. Dadurch könnten langfristig Kosten reduziert, Bauzeiten gebündelt und Belastungen für Anwohner*innen minimiert werden.

Insgesamt zeigt die Vielzahl und Qualität der Rückmeldungen, dass sich die Bevölkerung engagiert und konstruktiv in den Planungsprozess eingebracht hat. Die Hinweise flossen systematisch in die Wärmeplanung ein und wurden bei der Ausgestaltung der Maßnahmen berücksichtigt, insbesondere hinsichtlich Kommunikation, Beratung, sozialer flankierung und Umsetzungslogik.

Die Beteiligung leistete damit einen wesentlichen Beitrag zur Praxistauglichkeit und Akzeptanz der Wärmeplanung. Die Ergebnisse werden in diesem Bericht dokumentiert und

bilden zugleich eine Grundlage für die fortlaufende Umsetzung, Priorisierung und Weiterentwicklung der Maßnahmen.

12 Verstetigungsstrategie

Die Verstetigungsstrategie stellt sicher, dass die Wärmeplanung in Krummhörn auch über den Projektabschluss hinaus als dynamischer und kontinuierlicher Prozess verankert wird. Sie definiert Organisationsstrukturen, Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten, um die Umsetzung und langfristige Weiterentwicklung der Wärmeplanung in Einklang mit dem Wärmeplanungsgesetz und den zugehörigen Landesregelungen sicherzustellen.

Organisationsstrukturen und Verantwortlichkeiten für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung

Die zentrale Koordinationsstelle, bestehend aus dem Fachbereich Infrastruktur, wird weiter für die strategische Steuerung, das Monitoring und die Evaluierung der Wärmeplanung zuständig sein. Sie ist auch zukünftig Anlaufstelle für alle Fragen rund um die Wärmeplanung und wird in Abstimmung mit der Bürgermeisterin und den politischen Gremien tätig. Aufgaben umfassen:

- Kontinuierliche Überwachung der definierten Maßnahmen und Erreichung der Wärmeziele, ggfs. mit der Hilfe von Dashboards und digitalen Karten
- Regelmäßige Berichte an die Gemeinderatsversammlung und die Öffentlichkeit zur Fortschrittskontrolle und Erfolgsmessung

Arbeitskreis Wärmeplanung

Der Arbeitskreis Wärmeplanung, bestehend aus Mitgliedern aller politischen Fraktionen, sollte etabliert werden, um die zentrale Koordinationsstelle zu unterstützen. Da dem Arbeitskreis sowohl die notwendigen zeitlichen Ressourcen als auch das erforderliche Fachwissen für bestimmte Aufgaben fehlen, liegt die Hauptverantwortung bei der zentralen Koordinationsstelle. Die Koordinationsstelle übernimmt die fachliche Leitung und sorgt dafür, dass die technischen und fachlichen Anforderungen der Wärmeplanung fortlaufend überprüft und professionell umgesetzt werden. Der Arbeitskreis unterstützt diese Bemühungen durch strategische und politische Impulse sowie die Förderung des Austauschs zwischen den beteiligten Akteur*innen.

Die Aufgaben des Arbeitskreises umfassen:

- Unterstützung bei der Maßnahme, die Wärmeleitplanung als Teil einer integralen Infrastrukturplanung zu etablieren
- Bereitstellung politischer und organisatorischer Unterstützung für die kontinuierliche Weiterentwicklung der Wärmeplanung
- Unterstützung bei der Identifikation und Analyse potenzieller Risiken sowie der Erarbeitung von Handlungsempfehlungen
- Förderung und Koordinierung der Zusammenarbeit mit benachbarten Kommunen für gemeinschaftliche Wärmeprojekte und Infrastrukturen

Politische Begleitung durch die Gemeinderatsversammlung

Die Gemeinderatsversammlung bleiben in allen wesentlichen Entscheidungen der Wärmeplanung eingebunden. Eine regelmäßige Berichterstattung sorgt dafür, dass politische Vertreter*innen jederzeit über den Fortschritt und die Herausforderungen der Wärmeplanung informiert sind. Hierdurch wird gewährleistet, dass der politische Wille zur nachhaltigen Wärmeplanung langfristig bestehen bleibt und erforderliche Mittel und personelle Ressourcen bereitgestellt werden.

Einbindung lokaler Energieversorger und Netzbetreiber

Der lokale Energieversorger bzw. Netzbetreiber, namentlich EWE Netz GmbH, wird als strategische Partner kontinuierlich eingebunden. Die Gemeindeverwaltung wird sich bzgl. der Zuständigkeiten mit der EWE Netz GmbH abstimmen, um die Umsetzung und Optimierung der Energie-, respektive Wärmeversorgung, im Zuge der Wärmewende voranzutreiben.

Anpassung an das Wärmeplanungsgesetz und Landesrecht

Das Wärmeplanungsgesetz und die Regelungen auf Landesebene werden bei der Verstetigungsstrategie berücksichtigt, insbesondere im Hinblick auf Zuständigkeiten und rechtliche Vorgaben.

- **Rechtliche Anpassungen:** Die Verstetigungsstrategie bleibt flexibel, um sich an neue Anforderungen aus dem Bundes- und Landesrecht anzupassen. Das bedeutet, dass Zuständigkeiten und Prozesse entsprechend den Landesrichtlinien laufend überprüft und angepasst werden sollten.
- **Schaffung neuer Verantwortlichkeiten:** Sofern das Landesrecht oder das Wärmeplanungsgesetz (WPG) spezifische Rollen oder Berichterstattungspflichten festlegt, werden entsprechende Strukturen innerhalb der kommunalen Verwaltung geschaffen und qualifiziertes Personal eingestellt.
- **Fortbildungsmaßnahmen:** Regelmäßige Fortbildungen für Mitarbeitende in der Koordinationsstelle und der Arbeitsgruppe werden eingeführt, um sicherzustellen, dass alle Akteur*innen die aktuellen rechtlichen Entwicklungen kennen und die Wärmeplanung entsprechend anpassen können.

Langfristige Verankerung und Finanzierung

- **Langfristige Finanzierungsplanung:** Für die Verstetigung der Wärmeplanung ist eine nachhaltige Finanzierungsstrategie notwendig. Jährliche Budgetierung und zusätzliche Fördermittelakquise werden als feste Aufgaben der Koordinationsstelle definiert. Ziel ist es, langfristige Förderungen auf Landes- und Bundesebene zu nutzen und finanzielle Beiträge aus der Wirtschaft einzubinden.
- **Fördermittelakquise und Kooperationen:** Die Koordinationsstelle (Fachbereich Infrastruktur) ist auch verantwortlich für die Akquise von Fördermitteln und den Aufbau von Kooperationen mit regionalen und nationalen Partnern (z. B. Bundes-

und Landesenergieagentur), um die Wärmeplanung kosteneffizient weiterzuentwickeln und innovative Projekte zu fördern.

Auswahl möglicher Förderprogramme (Stand 18.02.2026)

- **Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)**
Aktuelle Informationen und Antragsdetails finden sich auf der Website des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
- **Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)**
Aktuelle Informationen und Antragsdetails finden sich auf der Website des Kreditinstituts für Wiederaufbau (KfW).
- **Bundesförderung für die Energieberatung für (Nicht)Wohngebäude**
BAFA, KfW
- **Bundesförderung für transformative Klimaschutzprojekte (ZUG gGmbH)**
Aktuelle Informationen und Antragsdetails finden sich auf der Website des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN, ehemals BMWU)
- **Förderungen für Erneuerbare Energien „Standard“ (KfW Kredit Nr. 270)**
- **Bundesförderung für die Energetische Stadtsanierung**
(KfW Zuschuss Nr. 432)
- **Innovative KWK-Systeme**
BAFA
- **Transformationsinitiative Stand-Land-Zukunft - Planungsbeschleunigung für die Klimaanpassung mit Urbanen Digitalen Zwillingen**
Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (ehemals BMBF), Strategie Forschung für Nachhaltigkeit (FONA)
- **Umweltschutzförderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt**
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
- **EU-Life – Programm für die Umwelt und Klimapolitik**
BMWE (BMWK)
- **Kälte-Klima-Richtlinie**
BAFA
- **Bundeswettbewerb „Zukunft Region“**
BMWE (BMWK)
- **Kommunale Klimaschutzmodellprojekte gefördert durch den Bund:**
Diese Förderprogramme unterstützen Kommunen bei innovativen Klimaschutzprojekten. Mögliche Förderprogramme sind: „Bundesförderung kommunaler Umweltschutz (Kommunalrichtlinie)“, „Energetische Stadtsanierung – Zuschuss Klimaschutz und Klimaanpassung im Quartier“, „IKK – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung“, „Förderung von Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen“, „KI-Leuchttürme für Umwelt, Klima, Natur und Ressourcen“ oder „Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“
Aktuelle Informationen auf den Webseiten der KfW und des BMWE (BMWK)

- **Kommunale Klimaschutzmodellprojekte gefördert durch das Land Niedersachsen:**

Mögliche Förderprogramme sind: „Förderung der Zukunftsfähigkeit niedersächsischer Regionen durch die Umsetzung kooperativer Entwicklungsvorhaben und Modellvorhaben (Richtlinie ‚Zukunftsregionen in Niedersachsen‘)“, „Förderung von Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit und von erfolgreichen sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Transformationsprozessen in Innenstädten (‚Resiliente Innenstädte‘)“, „Förderung von Klimaschutz und Energieeffizienz bei Unternehmen, bei öffentlichen Trägern und Kultureinrichtungen (Richtlinie ‚Klimaschutz und Energieeffizienz‘)“, Aktuelle Informationen auf den Websites der Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen (KEAN, o.J.b), der Investitions- und Förderbank Niedersachsen – Nbank (NBank, o.J.), des Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, des Niedersächsisches Ministerium für Bundes- und Europaangelegenheiten und Regionale Entwicklung

- **Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)**

Bundesministerium für Digitales und Staatsmodernisierung

- **Investitionskredit für Digitale Infrastruktur – Standardvariante (KfW Kredit Nr. 206)**

Bundesministerium für Digitales und Staatsmodernisierung

- **Förderprogramme speziell für Unternehmen:**

Mögliche Programme sind: „Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft - Betriebliche Ressourceneffizienz“, „Förderung im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe ‚Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur‘ (GRW)“, „Bundesförderung Aufbauprogramm Wärmepumpe (BAW)“, „Förderung von klimaneutralen Produktionsverfahren in der Industrie durch Klimaschutzverträge (Förderrichtlinie Klimaschutzverträge – FRL KSV)“, „Niedersachsen Invest GRW“. „Investive Maßnahmen landwirtschaftlicher Unternehmen aus Niedersachsen, Bremen und Hamburg – Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP)“

Aktuelle Informationen auf den Websites des Projektträgers Jülich, des BMWF (BMWK), BAFA, des DLR- Projektträgers und des Niedersächsisches Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz, NBank

Die o. g. Einrichtungen und Organisationen und auch die KEAN bieten Kommunen gezielte Fördermöglichkeiten und Hilfestellungen für die Umsetzung der Maßnahmen nach der Wärmeplanung. Dazu zählen finanzielle Unterstützungen für konkrete Projekte, die aus den Wärmeplänen abgeleitet wurden, sowie Förderungen für innovative Quartierskonzepte und die Nutzung erneuerbarer Energien. Zudem können Kommunen auf Workshops und Seminare zugreifen, die *Best Practices* für die Fördermittelbeantragung und Projektumsetzung vermitteln. Ergänzend dazu stellt der Wärmebedarfskarte Niedersachsen (über die KEAN) wichtige Datengrundlagen bereit, um die Förderanträge und Umsetzungsstrategien fundiert zu untermauern.

Schaffung einer langfristigen Kommunikationsplattform:

Eine zentrale Plattform, namentlich die Website der Gemeinde Krummhörn, wird weiterführend zur kontinuierlichen Bürgerinformation und -beteiligung genutzt, um über die regelmäßigen Fortschritte und den aktuellen Stand der Wärmeplanung zu berichten. Zusätzlich soll sie als Schnittstelle für den Dialog zwischen Bürger*innen, Verwaltung und weiteren Akteur*innen dienen.

Erfolgskontrolle und Anpassung:

Die Verstetigungsstrategie wird regelmäßig überprüft und bei Bedarf an geänderte Rahmenbedingungen angepasst. Hierbei helfen:

- Regelmäßige Evaluierung wie Jahresberichte und Analysen, die zeigen, welche Maßnahmen erfolgreich waren und wo noch Optimierungsbedarf besteht
- Anpassung an technische und rechtliche Entwicklungen, z. B. flexibles Handeln und Anpassungen, um technische Innovationen oder neue gesetzliche Anforderungen frühzeitig zu integrieren

Förderung der regionalen und interkommunalen Zusammenarbeit:

- **Interkommunale Kooperationsplattform**

Um Synergien zu nutzen, wird eine interkommunale Kooperationsplattform mit benachbarten Kommunen geschaffen, z. B. koordiniert über den Landkreis Aurich. Ziel ist es, gemeinsame Projekte zur Nutzung erneuerbarer Wärmequellen zu entwickeln und Effizienzpotenziale in der Wärmenetzinfrastruktur zu heben.

- **Austausch von *Best Practices***

Regelmäßige Treffen zum Austausch von *Best Practices* zwischen benachbarten Kommunen gewährleisten, dass aktuelle Entwicklungen und erfolgreiche Strategien geteilt und übernommen werden können.

- **Gemeinsame Projektentwicklung und Ressourcenbündelung**

In Kooperation mit benachbarten Kommunen könnten Projekte zur gemeinsamen Nutzung erneuerbarer Energiequellen und zum Aufbau einer interkommunalen Kreislaufwirtschaft entwickelt werden. Dies würde Kosten sparen und die Wärmewende in der Region effizient fördern.

Fazit:

Die Verstetigungsstrategie der Gemeinde Krummhörn setzt auf umfassende Transparenz und aktive Einbindung aller relevanten Akteur*innen. Durch niederschwellige Angebote und gezielte Kommunikationsmaßnahmen wird sichergestellt, dass niemand von der Wärmeplanung ausgeschlossen wird. Der Ansatz gewährleistet eine nachhaltige Beteiligung, fördert Akzeptanz und trägt maßgeblich zur erfolgreichen Umsetzung der Wärmeplanung bei. Die Verstetigungsstrategie stellt zudem sicher, dass die Wärmeplanung in Krummhörn auch über den Projektabschluss hinaus als dynamischer und kontinuierlicher Prozess verankert wird. Sie definiert Organisationsstrukturen, Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten, um die Umsetzung und langfristige Weiterentwicklung der Wärmeplanung in Einklang mit dem Wärmeplanungsgesetz und den zugehörigen Landesregelungen sicherzustellen. Durch die Integration innovativer Technologien, interkommunaler Kooperation und systematischer Fortschreibung wird ein robuster Rahmen geschaffen, um die gesteckten Klimaziele zu erreichen und gleichzeitig die langfristige Resilienz der Gemeinde zu sichern. Mit dieser Strategie legt die Gemeinde Krummhörn einen klaren und umsetzbaren Fahrplan für eine nachhaltige Zukunft vor.

13 Controlling-Konzept

Das Controlling-Konzept dient als strategisches Werkzeug, um die Wärmeplanung der Gemeinde Krummhörn zielgerichtet zu steuern und den Fortschritt der gesetzten Ziele kontinuierlich zu überwachen. Es umfasst Ansätze zur sogenannten *Top-down* (von den zentralen Stellen zu den Betroffenen) - und *Bottom-up* (von den Betroffenen zu den zentralen Stellen)-Verfolgung der Zielerreichung, definiert geeignete Indikatoren und legt Prozesse für die Datenerfassung und -auswertung fest. Darüber hinaus berücksichtigt es Managementmöglichkeiten und Zertifizierungssysteme, die eine transparente und überprüfbare Steuerung der Wärmeplanung ermöglichen. Ziel ist es, eine nachhaltige Wärmeversorgung sicherzustellen, die den Klimazielen der Bundesregierung entspricht und gleichzeitig den spezifischen Bedürfnissen der Gemeinde Rechnung trägt.

13.1 Controlling-Ansätze

Top-down-Ansatz

Der Top-down-Ansatz stellt sicher, dass die übergeordneten strategischen Ziele der Gemeinde Krummhörn, u. a. die Klimaneutralität bis zum Jahr 2040, konsequent in der Wärmeplanung berücksichtigt und umgesetzt werden. Dies geschieht durch die klare Definition von Zielvorgaben, die strategische Steuerung der finanziellen Mittel sowie ein kontinuierliches Monitoring des Fortschritts. Die strategischen Ziele, wie beispielsweise die Reduktion der CO₂-Emissionen und der Ausbau erneuerbarer Energien, werden dabei nicht nur als allgemeine Absichten formuliert, sondern anhand von konkreten messbaren Indikatoren überprüft.

Die finanzielle Planung orientiert sich ebenfalls an diesen Zielen. Es wird angestrebt, Mittel gezielt für die erarbeiteten Maßnahmen einzusetzen. Dies umfasst unter anderem den Ausbau der erneuerbaren Energien oder den möglichen Bau von Wärmenetzen.

Ein wesentlicher Bestandteil des *Top-down*-Ansatzes ist die regelmäßige Überwachung des Gesamtfortschritts. Dabei werden zentrale Kennzahlen, wie der jährliche CO₂-Ausstoß oder die Nutzung erneuerbarer Energien in Gigawattstunden, systematisch evaluiert und mit den gesetzten Zielwerten abgeglichen. Dieser Prozess gewährleistet, dass Abweichungen frühzeitig erkannt und korrigierende Maßnahmen eingeleitet werden können.

Bottom-up-Ansatz

Der *Bottom-up*-Ansatz ergänzt den *Top-down*-Ansatz, indem er die operative Ebene aktiv in das Controlling integriert. Ziel ist es, Rückmeldungen und Fortschritte aus einzelnen Projekten und Maßnahmen in die strategische Steuerung einfließen zu lassen. Hierbei wird jeder einzelnen Maßnahme eine konkrete Zielvorgabe zugewiesen. Beispielsweise könnten energetische Sanierungen in einem Quartier mit dem Ziel einer bestimmten Einsparung an Megawattstunden Energie oder einer spezifischen Reduktion der CO₂-Emissionen verknüpft werden. Ein zentrales Element des *Bottom-up*-Ansatzes sind Rückkopplungsprozesse. Die Ergebnisse der vor Ort umgesetzten Maßnahmen, wie etwa die Steigerung der Energieeffizienz in einem Wohngebiet, werden systematisch erfasst und analysiert, beispielsweise mithilfe eines Dashboards. Diese Daten fließen zurück in die strategische und integrale Planung. Sie können in einem GIS-System oder einem digitalen Zwilling aufbereitet und laufend ergänzt werden, um eine dynamische Weiterentwicklung der Planungsinstrumente zu ermöglichen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die aktive Einbindung lokaler Akteur*innen, darunter die Bevölkerung, Unternehmen und weitere Interessensgruppen. Ihre Mitwirkung bei der Datenerhebung und Bewertung trägt nicht nur zur Verbesserung der Datenqualität bei, sondern steigert auch die Akzeptanz der geplanten Maßnahmen.

Indikatoren für die Zielerreichung

Um den Erfolg der Wärmeplanung messbar zu machen, wurden spezifische Indikatoren und Kennzahlen definiert. Die folgenden Indikatoren können regelmäßig erfasst werden und ermöglichen eine transparente sowie objektive Bewertung des Fortschritts:

- **Erneuerbare Energien**

Der Fortschritt beim Ausbau erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung wird systematisch überwacht. Indikatoren umfassen die Brennstoffverteilung zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser, den Anteil fossiler Energieträger sowie die damit verbundenen CO₂-Emissionen.

- **Endenergieverbrauch**

Die Entwicklung des Energieverbrauchs in verschiedenen Sektoren (Wohnen, Gewerbe, Industrie) wird beobachtet, um Einsparpotenziale zu identifizieren. Wichtige Indikatoren sind der jährliche Verbrauch für Raumwärme, Warmwasser und Strom.

- **CO₂-Emissionen (absolut und pro Kopf)**

Der Umfang der CO₂-Emissionsreduktionen durch energetische Maßnahmen wird gemessen. Indikatoren sind die absoluten Treibhausgasemissionen (t CO₂e) sowie die spezifischen Emissionen pro Kopf und pro Quadratmeter Nutzfläche.

- **Sanierungsrate und -tiefe**

Der Fortschritt der energetischen Gebäudesanierung wird anhand der Anzahl sanierter Gebäude, der durchgeführten Maßnahmen, der sanierten Nutzflächen sowie der resultierenden Energiekennzahlen bewertet. Zudem werden die Baualterklassen berücksichtigt, um ein differenziertes Bild der Sanierungsfortschritte zu erhalten.

Rahmenbedingungen und Prozesse für Datenerfassung und -auswertung

Eine verlässliche und systematische Fortführung und Erfassung sowie Auswertung der Daten ist essenziell, um die Wärmeplanung effektiv steuern zu können. Hierzu werden klare Prozesse und Strukturen etabliert:

- **Datenquellen**

Aufbauend auf den Datenbestand des kommunalen Wärmeplans werden regelmäßig (mindestens alle fünf Jahre) aktuellere Daten bereitgestellt. Energieversorgungsunternehmen und Bezirksschornsteinfeger*innen stellen Daten zu Energieverbräuchen und Heizungsanlagen zur Verfügung. Landesdaten geben Aufschluss über Gebäudetypen und Baualterklassen. Ergänzend tragen Rückmeldungen lokaler Akteur*innen wie Bürger*innen und Unternehmen dazu bei, praktische Erfahrungen und Beobachtungen einzubringen.

- **Datenerhebungsprozesse**

Es werden regelmäßige (mindestens alle fünf Jahre) Berichte erstellt, um den Fortschritt zu dokumentieren und transparent zu kommunizieren. Re-Evaluierungen alle fünf Jahre dienen dabei als Grundlage für die Steuerung. Ein digitaler Wärmeatlas wird genutzt, um Maßnahmen und Fortschritte räumlich darzustellen. Durch den Einsatz moderner Softwarelösungen können die erhobenen Daten effizient ausgewertet und analysiert werden.

- **Qualitätssicherung**

Die Qualität der Daten wird durch Validierungsprozesse sichergestellt, die von unabhängigen Stellen (Dienstleistern) durchgeführt werden. Zudem werden standardisierte Verfahren zur Datenerfassung und -auswertung eingeführt, um Vergleichbarkeit und Transparenz zu gewährleisten.

Managementmöglichkeiten und Zertifizierungssysteme

Zur effektiven Umsetzung der KWP empfiehlt sich die Etablierung eines strukturierten Energiemanagementansatzes. Ein solches Konzept ermöglicht die systematische Identifikation und Priorisierung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und -effizienz. Insbesondere die regelmäßige Organisation von Workshops und Schulungen für alle Beteiligten, darunter Verwaltungsmitarbeitende, lokale Unternehmen, politischen Mandatsträger*innen und interessierte Bürger*innen, fördert das Bewusstsein für energieeffiziente

Maßnahmen. Zudem wird ein gezielter Wissensaustausch angeregt, der die praktische Umsetzung der Wärmeplanung vor Ort verbessert.

Die zentrale Koordinationsstelle, respektive der Fachbereich Infrastruktur, ist entscheidend für die erfolgreiche Steuerung und Überwachung des Wärmeplans. Diese Stelle ist die Schnittstelle zwischen Politik, Verwaltung, Unternehmen und der Bevölkerung und kann eine kohärente Umsetzung der Ziele sicherstellen.

Darüber hinaus bieten Zertifizierungssysteme wie der *European Energy Award* (EEA) oder die DGNB-Zertifizierung für nachhaltige Quartiere wertvolle Unterstützung. Diese Systeme dienen nicht nur der Qualitätssicherung und Zielkontrolle, sondern erhöhen auch die Glaubwürdigkeit und Motivation aller Beteiligten. Der *European Energy Award* ermöglicht etwa eine systematische Bewertung der Fortschritte in der kommunalen Energiepolitik und bietet gleichzeitig Orientierungshilfen zur weiteren Optimierung.

Durch die Integration solcher Instrumente kann die Gemeinde Krummhörn ihren Weg hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung sichtbarer, strukturierter und effektiver gestalten. Es wird empfohlen, diese Managementmöglichkeiten kontinuierlich zu evaluieren und an die Bedürfnisse der Gemeinde anzupassen.

Kosten-Nutzen-Analyse

Die Umsetzung der KWP erfordert eine sorgfältige Abwägung zwischen Investitionskosten und den langfristigen Nutzen der Maßnahmen. Für den Ausbau erneuerbarer Energien oder die energetische Sanierung von Gebäuden fallen oft erhebliche Anfangsinvestitionen an. Gleichzeitig bringen diese Maßnahmen jedoch sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile.

Durch die Reduktion des Endenergieverbrauchs können langfristig Energiekosten eingespart werden, während gleichzeitig die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern sinkt. Zudem leistet die Gemeinde mit einer *Leuchtturmfunktion* einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Ein weiterer positiver Effekt ist die Stärkung der lokalen Wertschöpfung: Die Einbindung regionaler Unternehmen bei der Umsetzung von Maßnahmen fördert die Wirtschaft vor Ort.

Zahlreiche Förderprogramme auf Landes- und Bundesebene (siehe vorherige Auflistung), z. B. die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), können genutzt werden, um die finanziellen Belastungen für die Gemeinde und die Bürger*innen zu reduzieren. Eine transparente Darstellung der Kosten und Nutzen in regelmäßigen Fortschrittsberichten schafft Vertrauen und unterstreicht die Wirtschaftlichkeit der geplanten Maßnahmen. Zuständig hierfür ist die Zentrale Koordinierungsstelle in Form des Fachbereichs Infrastruktur.

Quellen- und Literaturverzeichnis

- Agentur für kommunalen Klimaschutz am Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH (Difu) (Hg.) (April 2024): BSKO Bilanzierungssystematik Kommunal. Methoden und Daten für die kommunale Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland [= Version April 2024]. Online unter: https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/mediathek/dokumente/Agentur_Methodenpapier_BSKO_2023-24.pdf (abgerufen am: 12.01.2026)
- Agora Energiewende & Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastruktur und Geothermie IEG (Agora Energiewende & Fraunhofer IEG)(2023): Roll-out von Großwärmepumpen in Deutschland. Strategien für den Markthochlauf in Wärmenetzen und Industrie. Online unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2022/2022-11_DE_Large_Scale_Heatpumps/A-EW_293_Rollout_Grosswaermepumpen_WEB.pdf (abgerufen am: 03.02.2026)
- Agora Think Tanks (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung. Online unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30_DE_KNDE_Update/A-EW_344_Klimaneutrales_Deutschland_WEB.pdf (abgerufen am: 12.01.2026)
- Agora Think Tanks, Prognos AG, Öko-Institut e. V., Wuppertal Institut für Klima, Umwelt Energie gGmbH, Universität Kassel (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung – Vertiefung der Szenariopfade. Online unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30_DE_KNDE_Update/A-EW_349_KNDE_Szenariopfade_WEB.pdf (abgerufen am: 12.01.2026)
- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (2025): Hintergrund-Vektorkarte „basemap.de“. Online unter: <https://basemap.de/> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Borrmann, R., Rehfeldt, K., Kruse, D. (2020): Volllaststunden von Windenergieanlagen an Land – Entwicklung, Einflüsse, Auswirkungen. Varel, Deutsche WindGuard GmbH. Online unter: <https://www.lee-nrw.de/data/documents/2020/11/23/532-5fbb61e5e6bb2.pdf> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2025): Open Data. Online unter: <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/open-data.html> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) (2005): Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung. Online unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/index.html (abgerufen am: 12.01.2026)
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (2025): Plattform für Abwärme. Online unter: https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html (abgerufen am: 12.01.2026)

- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJ) (22.12.2023): Bundesgesetzblatt – Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze. Online unter: <https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/394/VO> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Bundesministerium der Justiz (BMJ) (08.12.2010): Gesetz zur Errichtung eines Sondervermögens „Klima- und Transformationsfonds“ (Klima- und Transformationsgesetz – KTFG). Online unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ekfg/BJNR180700010.html> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) (04.09.2024): Umsetzung der Wärmewende. Bundesregierung erleichtert den Ausbau von Geothermie, Wärmepumpen und Wärmespeichern. Online unter: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/09/20240904-umsetzung-der-waermewende.html> (abgerufen am: 02.02.2026)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) (o.J.): Bürgerenergie: Die Energiewende aktiv mitgestalten. Online unter: <https://www.energiewechsel.de/KA-ENEF/Redaktion/DE/Standardartikel/buergerenergie.html> (abgerufen am: 02.02.2026)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2024a): Neue Langfristszenarien für die Energiewende. Online unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2024/04/05-neue-langfristszenarien-fuer-die-energiewende.html> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Hg.) (2024b): Das neue Gebäudeenergiegesetz: Die wichtigsten Fakten. Online unter: https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Downloads/faktenblatt-geg-gebäudeenergiegesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=9 (abgerufen am: 12.01.2026)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2024c): Informationsmaterial zu ausgelaufenen Förderschwerpunkten der Kommunalrichtlinie. Nationale Klimaschutzinitiative. Online unter: https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/mediathek/dokumente/20241107_Informationenmaterial_ausgelaufene_Foerderschwerpunkte.pdf (abgerufen am: 23.02.2026)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (20.07.2022): Dritter Fortschrittsbericht Energiesicherheit. Online unter: https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/20220720_dritter-fortschrittsbericht_energiesicherheit.pdf (abgerufen am: 02.02.2026)
- Bundesnetzagentur (BNetzA) (2026a): Fachthemen. Energie. Online unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Elektrizitaetund-Gas/start.html> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Bundesnetzagentur (BNetzA) (2026b): Marktstammdatenregister. Online unter: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheiteneuebersicht> (abgerufen am: 24.02.2026)

- Bundesnetzagentur (BNetzA) (02.12.2025): Mehr Transparenz im Energiemarkt: Bundesnetzagentur modelliert dynamische Strompreise. Online unter: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2025/20251202_Stromtarife.html (abgerufen am: 09.02.2026)
- Bundesnetzagentur (BNetzA) (o.J.): Dynamische Stromtarife. Online unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/Energie/Vertragsarten/DynStromtarife/start.html> (abgerufen am: 02.02.2026)
- C.A.R.M.E.N. e.V. (Hg.) (2023): Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Leitfaden. Online unter: https://www.carmen-ev.de/wp-content/uploads/2022/04/Leitfaden_Freiflaechenanlagen.pdf (abgerufen am: 12.01.2026)
- Deutscher Bundestag (2024): Wissenschaftlicher Dienst – Gesetzentwurf zum „Energy Sharing“. Online unter: <https://www.bundestag.de/resource/blob/1042898/WD-5-179-24-pdf.pdf> (abgerufen am: 02.02.2026)
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2025): Leitfaden zur Umsetzung von Energy Sharing Communities in Deutschland. Online unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2025/Leitfaden_zur_Umsetzung_von_Energy_Sharing_Communities_in_Deutschland.pdf (abgerufen am: 02.02.2026)
- Deutscher Städtetag (2024): Daten für die kommunale Wärmeplanung. Herausforderungen, Best Practices und Handlungsempfehlungen. Online unter: <https://www.staedtetag.de/files/dst/docs/Publikationen/Weitere-Publikationen/2024/Leitfaden-kommunale-Waermeplanung-mit-Daten.pdf> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Die Bundesregierung (Hg.) (2019): Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG). Online unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/BJNR251310019.html> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS) (Hrsg.) (2024): Impulspapier für die Deutsche Umwelthilfe. Was heißt eigentlich Versorgungssicherheit? – Mit der Energiewende zu Sicherheit, Verlässlichkeit und Stabilität. Online unter: https://foes.de/publikationen/2024/2024_03_DUH_FOES_Impulspapier_Versorgungssicherheit.pdf (abgerufen am: 02.02.2026)
- Fraunhofer – Institut für solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE) (06.08.2024): Presseinformation. Photovoltaik mit Batteriespeicher günstiger als konventionelle Kraftwerke. Online unter: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/presseinformationen/2024/2024_ISE_d_PI_Photovoltaik-mit-Batteriespeicher-guenstiger-als-konventionelle-Kraftwerke%20.pdf
- Fraunhofer – Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI) (Oktober 2023): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3 -T45-Szenarien. Online unter: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2024/LFS3_T45-Bericht_Szenarien_Industrie_final.pdf (abgerufen am: 12.01.2026)

- Gemeinde Krummhörn (Krummhörn) (o.J.): Kommunale Wärmeplanung. Online unter: <https://www.krummhoern.de/bauen-wohnen/klimaschutz/kommunale-waermeplanung/> (13.02.2026)
- Günnewig, D. & Johannwerner, E. (2022): Anpassung der Flächenkulisse für PV-Freiflächenanlagen im EEG vor dem Hintergrund erhöhter Zubauziele. Notwendigkeit und mögliche Umsetzungsoptionen. Online unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_76-2022_anpassung_der_flaechenkulisse_fuer_pv-freiflaechenanlagen_im_eeg_vor_dem_hintergrund_erhoehter_zubauziele.pdf (abgerufen am: 12.01.2026)
- Hertle, H., Dünnebeil, F., Gugel, B., Rechsteiner, E., Reinhard, C. (November 2019): BSKO – Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasreduzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland; Heidelberg. Online unter: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/BSKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf (abgerufen am 12.01.2026)
- Institut Wohnen und Umwelt (IWU) (2022): „TABULA“ – Entwicklung von Gebäudetopologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestandes in 13 europäischen Ländern. Online unter: <https://www.iwu.de/index.php?id=205> (abgerufen am: 12.01.2026)
- International Energy Agency – District Heating and Cooling (IEA DHC) (2023): Large-Scale Heat Pumps in District Heating Networks – Guidebook Appendix. Paris. Online unter: https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS3/guidebook_Appendix_A_large_Scale_Heat_Pumps_in_District_Heating_Networks.pdf (abgerufen am 03.02.2026)
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2024): Renewable energy and jobs: Annual review 2024. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, and International Labour Organization, Geneva. Online unter: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Oct/IRENA_Renewable_energy_and_jobs_2024.pdf (abgerufen am: 03.02.2026)
- Investitions- und Förderbank des Landes Niedersachsen (NBank) (o.J.): Förderprogramme. Online unter: <https://www.nbank.de/F%C3%B6rderprogramme/%C3%9Cbersicht/> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Kommunale Wärmewende (KWW) (o.J.): Niedersachsen. Online unter: <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/niedersachsen> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Kost, C.; Müller, P., Sepúlveda Schweiger, J.; Fluri, V., Thomsen, J. (2024): Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Online unter: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2024_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf (abgerufen am: 03.02.26) [= Fraunhofer-Institut für solare Energiesystem ISE]

- Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen (KEAN) (o.J.a): Kommunale Wärmeplanung. Online unter: https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/zielgruppen/kommunen/Kommunale_Waermeplanung.php (06.01.2026)
- Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen (KEAN) (o.J.b): Wärmebedarfskarte Niedersachsen. Online unter: https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/zielgruppen/kommunen/KWP-NDS_Waermebedarfskarte.php (06.01.2026)
- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (o.J.) (Hg.): NIBIS – Kartenserver (= Niedersächsisches Bodeninformationssystem). Online unter: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN) (2025): Bevölkerung nach Geschlecht; Fläche, Bevölkerungsdichte (Gemeinde). Hannover. Online unter: <https://www1.nls.niedersachsen.de/Statistik/html/default.asp> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; Wunsch, Aurel; Lengning, Saskia et al. (2024): Technikatalog Wärmeplanung. Hg. v. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held PartGmbH, Prognos AG, et al., im Auftrag des BMWK. Online verfügbar unter: <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung> (abgerufen am: 23.02.2026).
- Niedersächsische Staatskanzlei (15.12.2020): Gesetz zur Änderung der Niedersächsischen Verfassung und zur Einführung eines Niedersächsischen Gesetzes zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels. Online unter: https://www.niedersachsen.de/download/161976/Nds._GVBl._Nr._45_2020_vom_15.12.2020_S._463-486.pdf (abgerufen am: 12.01.2026)
- Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (o.J.): Energieatlas Niedersachsen. Online unter: <https://sla.niedersachsen.de/Energieatlas/> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Niedersächsisches Vorschrifteninformationssystem (NI-VORIS) (2025): Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels (Niedersächsisches Klimagesetz – NKlimaG). Online unter: <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/d083c42e-5da3-3833-baba-23cde5d8b2b5> (06.01.2026)
- OpenStreetMap Stiftung (OSMF) (o.J.): OpenStreetMap (OSM). Online unter: <https://www.openstreetmap.org/#map=6/51.33/10.45> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Ortner, S., Paar, A., Johannsen, L., Wachter, P., Hering, D., Pehnt, M. et al. (2024): Leitfaden Wärmeplanung – Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche. [Hg. v. ifeu - Institut für Energie- und

- Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held PartGmbH, Prognos AG, et al.]. Online unter: https://api.kww-halle.de/fileadmin/PDFs/Leitfaden_W%C3%A4rmeplanung_final_17.9.2024_gesch%C3%BCtzt.pdf (abgerufen am: 12.01.2026)
- Riechel, R. & Walter, J. (2022): Kurzgutachten Kommunale Wärmeplanung. [Hg. Umweltbundesamt]. Online unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_12-2022_kurgutachten_kommunale_waermeplanung.pdf (abgerufen am: 12.01.2026)
- Rode, J. (2025): Jedes Jahr importiert Deutschland fossile Brennstoffe im Wert von Ø 81 Mrd. EUR. Online unter: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Volkswirtschaft-Kompakt/One-Pager-2025/VK-Nr.-251-April-2025-fossile-Importe.pdf> (abgerufen am 03.02.2026) [= KfW Ressearch – Volkswirtschaft Kompakt]
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2025): Zensus 2022 Datenbank. Online unter: <https://ergebnisse.zensus2022.de/datenbank/online> (abgerufen am: 12.01.2026)
- Umweltbundesamt (UBA) (Hg.) (2022a): Kurzgutachten Kommunale Wärmeplanung. Online unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_12-2022_kurgutachten_kommunale_waermeplanung.pdf (abgerufen am: 12.01.2026)
- Umweltbundesamt (UBA) (Hg.) (2022b): Anpassung der Flächenkulisse für PV-Freiflächenanlagen im EEG vor dem Hintergrund erhöhter Zubauziele. Notwendigkeiten und mögliche Umsetzungsoptionen. Online unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_76-2022_anpassung_der_flaechenkulisse_fuer_pv-freiflaechenanlagen_im_eeg_vor_dem_hintergrund_erhoehter_zubauziele.pdf (abgerufen am: 12.01.2026)
- Verband kommunaler Unternehmen e.V. (VKU) (Hrsg.) (2024): VKU/DWA-Information. Abwärme effizient nutzen. Rechtliche und technische Rahmenbedingungen. Online unter: https://www.vku.de/fileadmin/user_upload/Verbandsseite/Publikationen/2024/VKU_DWA_INF0_Abwasserw%C3%A4rme-WEB-PDF.pdf (abgerufen am: 03.02.2026)