

KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG FÜR DIE STADT EINBECK

Hamburg, 16.04.2026

Version 1 vom 16.04.2026

Maja Overberg, Felix Landsberg, Justus Börms, Marleen Greenberg, Navina Ehlers, Laura
Miranda Meyer

INHALT

1	Rahmen und Ziel der Kommunalen Wärmeplanung	1
2	Bestandsanalyse	3
2.1	Stadtstruktur und Gebäude- und Siedlungstypen	3
2.2	Energie- und Treibhausgasbilanz	7
2.3	Energieinfrastruktur (Gas-, Strom- und Wärmenetze, Heizzentralen, Speicher)10	
2.4	Prozesswärme.....	17
3	Potenzialanalyse Energieeinsparung und erneuerbare Energien	18
3.1	Potenziale zur Energieeinsparung (für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme).....	18
3.2	Potenziale erneuerbare Energien und Abwärmepotenziale.....	20
3.2.1	Solarthermie und Photovoltaik	20
3.2.2	Windkraft	23
3.2.3	Wasserkraft	24
3.2.4	Biomasse und Abfall	25
3.2.5	Oberflächennahe Geothermie.....	30
3.2.6	Tiefe Geothermie	32
3.2.7	Oberflächengewässer	35
3.2.8	Umgebungsluft.....	39
3.2.9	Grundwasser.....	41
3.2.10	Kläranlagen.....	42
3.2.11	Abwärme.....	44
3.2.12	Großwärmespeicher	45
3.2.13	Thermalsole	47
3.2.14	Wasserstoff.....	48
3.2.15	Zusammenfassung Potenzialanalyse.....	49
4	Zielszenarien und Entwicklungspfade	52
4.1	Versorgungsvarianten	52
4.2	Methodischer Ansatz.....	52
4.2.1	Geringe Wärmegestehungskosten	53
4.2.2	Geringe Realisierungsrisiken und hohes Maß an Versorgungssicherheit.....	53
4.2.3	Geringe kumulierte Treibhausgasemissionen	54
4.3	Auswertung und Interpretation der Bewertungsmatrix.....	54
4.4	Endenergie- und Treibhausgasbilanz	58



4.5	Gebietssteckbriefe für die voraussichtliche Wärmeversorgung	61
4.6	Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial	88
5	Umsetzungsstrategie mit Maßnahmenkatalog	93
6	Verstetigungskonzept	113
7	Monitoringkonzept	114
7.1	Einführung Monitoring	114
7.2	Zentrale Aspekte des Monitoringkonzeptes	114
7.3	Ausgestaltung des Monitoringkonzeptes	115
8	Ausblick.....	118
9	Abbildungsverzeichnis	120
10	Tabellenverzeichnis	122
11	Literaturverzeichnis.....	123

1 RAHMEN UND ZIEL DER KOMMUNALEN WÄRMEPLANUNG

Die Energiewende stellt Kommunen heute vor die Aufgabe, ihr Wärmesystem grundlegend neu auszurichten. Fossile Energieträger wie Erdgas, auf denen bislang ein Großteil der Wärmeversorgung beruht, verlieren zunehmend an Bedeutung. Für die Stadt Einbeck begann dieser Transformationsprozess mit der Beauftragung der EIN-Energie GmbH mit der Durchführung der kommunalen Wärmeplanung gemäß NKlimaG am 04.12.2024. Der offizielle Start der kommunalen Wärmeplanung erfolgte dann mit der Beauftragung des Planungsbüros HIC Consulting GmbH und dem Start des Projektes im Mai 2025.

Das Land Niedersachsen verfolgt mit dem Klimagesetz das Ziel, spätestens bis 2040 Klimaneutralität zu erreichen. Für private Haushalte ergibt sich daraus ein erheblicher Transformationsbedarf, da aktuell über 90 % des Endenergieverbrauchs auf die Raumwärme und Warmwasserbereitstellung entfällt, die gegenwärtig überwiegend durch Erdgas gedeckt werden. Die künftige Wärmeversorgung wird stärker auf lokal verfügbare Potenziale ausgerichtet sein müssen, wodurch sich abhängig von den spezifischen Gegebenheiten einzelner Quartiere differenzierte Versorgungslösungen entwickeln werden. Diese reichen von individuell ausgelegten Gebäudelösungen bis hin zu gemeinschaftlich organisierten Wärmeversorgungsnetzen.

Um diesen Wandel zu bewältigen, sind verschiedene Bausteine notwendig: die Modernisierung bestehender Wärmeerzeugungsanlagen, Investitionen in Gebäudesanierung, der Ausbau von Strom- und Wärmenetzen sowie ein sozial ausgewogener Übergangsprozess. Da diese Entwicklungen innerhalb der nächsten 15 Jahre erfolgen müssen, ist die Erstellung der Wärmeplanung in Einbeck ein wichtiger Schritt, um die anstehende Transformation rechtzeitig vorzubereiten.

Die kommunale Wärmeplanung stellt hierfür ein strategisches Instrument dar. Sie ist technologieoffen angelegt und verfolgt das Ziel, die künftige Wärmeversorgung langfristig und strukturiert zu gestalten. Ein zentrales Ergebnis ist die räumliche Einteilung des Stadtgebiets in Gebiete mit unterschiedlichen voraussichtlichen Versorgungsformen, beispielsweise Wärmenetze oder dezentrale Lösungen. Diese Einordnung liefert Orientierung für die Bevölkerung, Unternehmen und die Stadt selbst, ohne jedoch rechtsverbindlich zu sein. Vielmehr dient sie als Leitplanke für den anstehenden Umstieg und zeigt, welche Entwicklungen in Einbeck besonders plausibel und sinnvoll erscheinen.

Die Erstellung der Wärmeplanung folgt einem klaren methodischen Aufbau:

1. **Bestandsanalyse:** Erfassung der heutigen Wärmeversorgung, der Gebäudestruktur und der energiebezogenen Ausgangslage in Einbeck.
2. **Potenzialanalyse:** Bewertung lokaler erneuerbarer Energiequellen und möglicher Effizienzmaßnahmen.
3. **Zielszenario:** Ableitung eines realistischen und langfristig tragfähigen Bilds der künftigen Wärmeversorgung unterteilt in konkrete Teilgebiete.
4. **Strategie und Maßnahmen:** Entwicklung eines Handlungsrahmens inklusive Monitorings, um den Übergang in die Umsetzung zu begleiten.

Die Erarbeitung des Wärmeplans für Einbeck wurde in enger Zusammenarbeit zwischen dem HIC, der Stadt Einbeck, den Stadtwerken sowie weiteren relevanten Akteuren umgesetzt. Die strategische Begleitung erfolgt durch eine Kerngruppe, bestehend aus Vertreter:innen der Stadtverwaltung und der Stadtwerke. Ergänzend wurde eine Akteursgruppe eingerichtet, in der zentrale lokale Interessengruppen, unter anderem aus Wohnungswirtschaft, Wirtschaft, Handwerk und Zivilgesellschaft, eingebunden sind. Durch diese breite

Beteiligung soll gewährleistet werden, dass fachliche Expertise, lokale Kenntnisse und unterschiedliche Perspektiven frühzeitig in den Planungsprozess einfließen.

Rechtliche Orientierung bietet das seit dem 1. Januar 2024 gültige Wärmeplanungsgesetz, das inhaltlich eng mit dem Gebäudeenergiegesetz verknüpft ist und den übergeordneten Rahmen für die strategische Entwicklung einer zukunftsfähigen Wärmeversorgung vorgibt. Zudem weist auch das Niedersächsische Klimagesetz (NKlimaG) der Kommune die Aufgabe der Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung zu und stellt auch finanzielle Mittel bereit. Ergänzend unterstützen Förderprogramme der Nationalen Klimaschutzinitiative die praktische Umsetzung der daraus abgeleiteten Maßnahmen. Die kommunale Wärmeplanung bildet damit den zentralen Ausgangspunkt für die Wärmewende in Einbeck. Sie schafft die Grundlage für einen strukturierten, sozial ausgewogenen und langfristig tragfähigen Transformationsprozess des lokalen Wärmesystems und ermöglicht eine vorausschauende Ausrichtung der Infrastruktur auf die Anforderungen einer klimaneutralen Zukunft.

2 BESTANDSANALYSE

Die ehemalige Hansestadt Einbeck befindet sich im Landkreis Northeim in Südniedersachsen, östlich des Mittelgebirges Harz und nahe der Universitätsstadt Göttingen. In der Kernstadt und den Ortschaften leben knapp 31.000 Einwohner:innen. Das Stadtgebiet umfasst etwa 232 km². Neben der historischen Altstadt, die durch zahlreiche Fachwerkbauten geprägt ist, ist Einbeck vor allem für die Brauerei bekannt, die den Namen der Stadt trägt und eine Tradition von über 600 Jahren aufweist. Zudem ist Einbeck neben den Städten Northeim, Hann. Münden, Duderstadt und Osterode am Harz Teil der Städtekooperation Fachwerk5Eck.

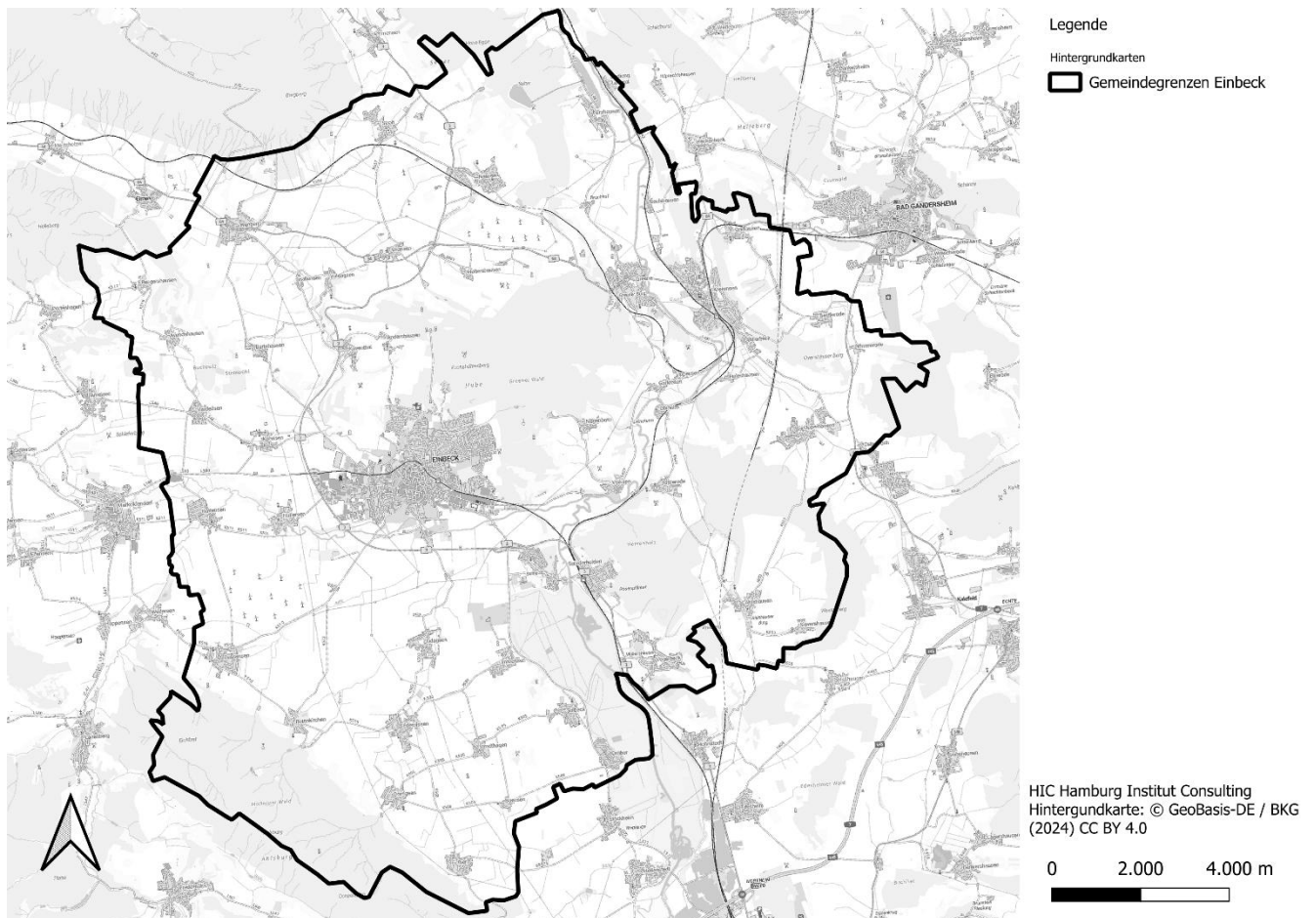


Abbildung 2-1: Verwaltungsgebiet Einbeck

2.1 Stadtstruktur und Gebäude- und Siedlungstypen

Die Bestandsanalyse der aktuellen Versorgungs- und Bebauungsstruktur der Stadt Einbeck basiert auf einem digitalen Gebäudemodell der Stadt. Dieses wurde mit realen Verbrauchsdaten der Stadtwerke Einbeck sowie ergänzenden Informationen der Schornsteinfeger:innen angereichert. Auf dieser Grundlage entsteht ein sogenannter „digitaler Zwilling“ der Stadt, dieser ermöglicht zielgerichtete Analysen der aktuellen Energieinfrastruktur sowie unter anderem der Wärmebedarfe darzustellen.

Aus Datenschutzgründen werden die Ergebnisse der Bestandsanalyse nicht auf Ebene einzelner Gebäude dargestellt, sondern auf Baublockebene zusammengefasst. Ein Baublock umfasst dabei stets mehrere beheizte

Gebäude. Die in Abbildung 2-2 gezeigte Darstellung dient daher primär der räumlichen Orientierung und erlaubt keine exakte Zuordnung einzelner Gebäude. Diese methodisch bedingte darstellerische Ungenauigkeit hat jedoch keinen Einfluss auf die weitere Analyse, da diese maßgeblich auf den tatsächlichen Verbrauchsdaten der jeweiligen Netzbetreiber basiert.

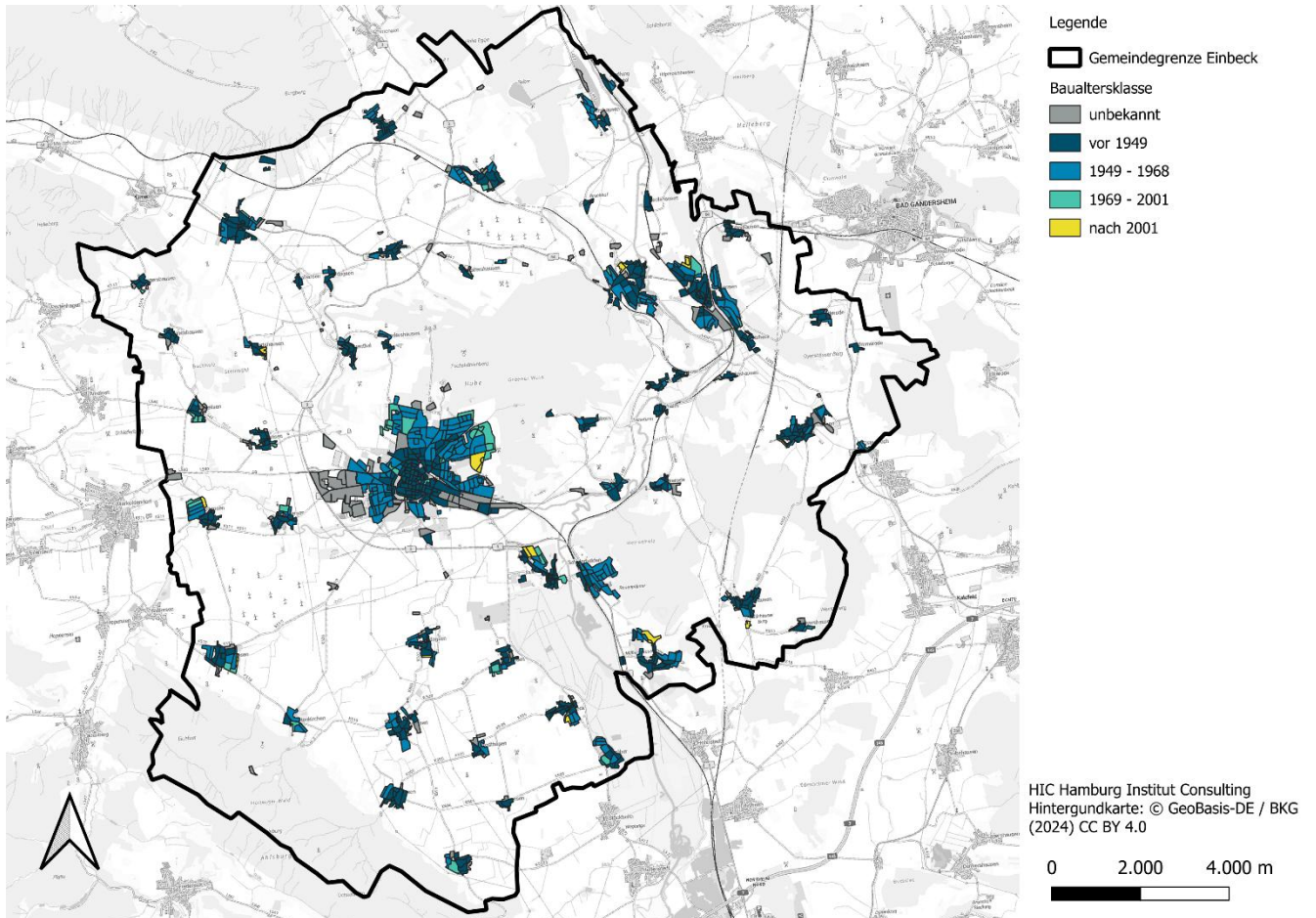


Abbildung 2-2: Darstellung der Baualterklassen in Einbeck

Abbildung 2-3 veranschaulicht den überwiegenden Gebäudetypen auf Baublockebene innerhalb der Stadt Einbeck. Dabei wird deutlich, dass der überwiegende Teil der Gebäude dem Sektor „Private Haushalte“ zugeordnet werden kann.

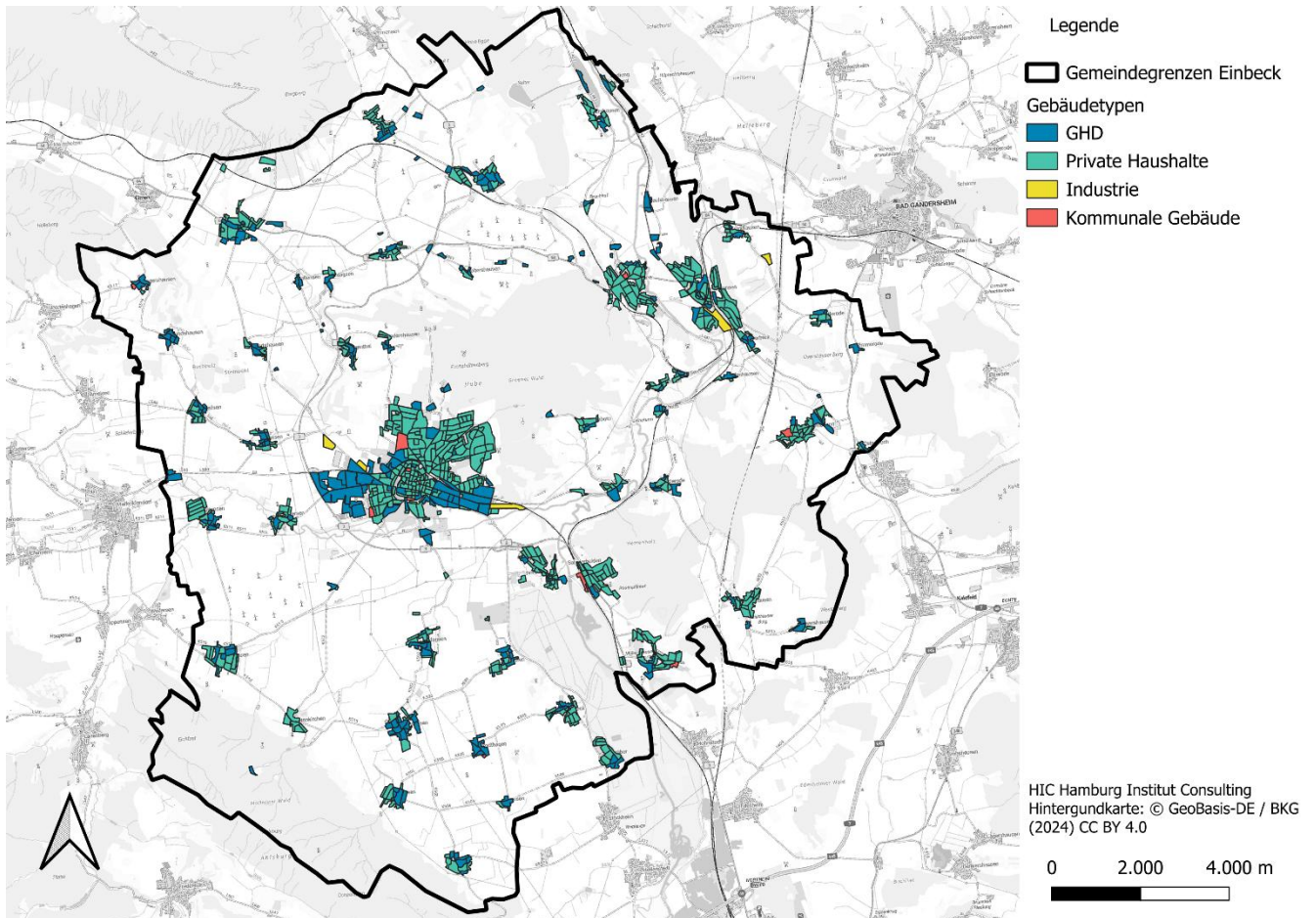


Abbildung 2-3: Darstellung der überwiegenden Gebäudetypen baublockbezogen in Einbeck

In

ist der Anteil der Wohnflächen im Baublock in Einbeck dargestellt.

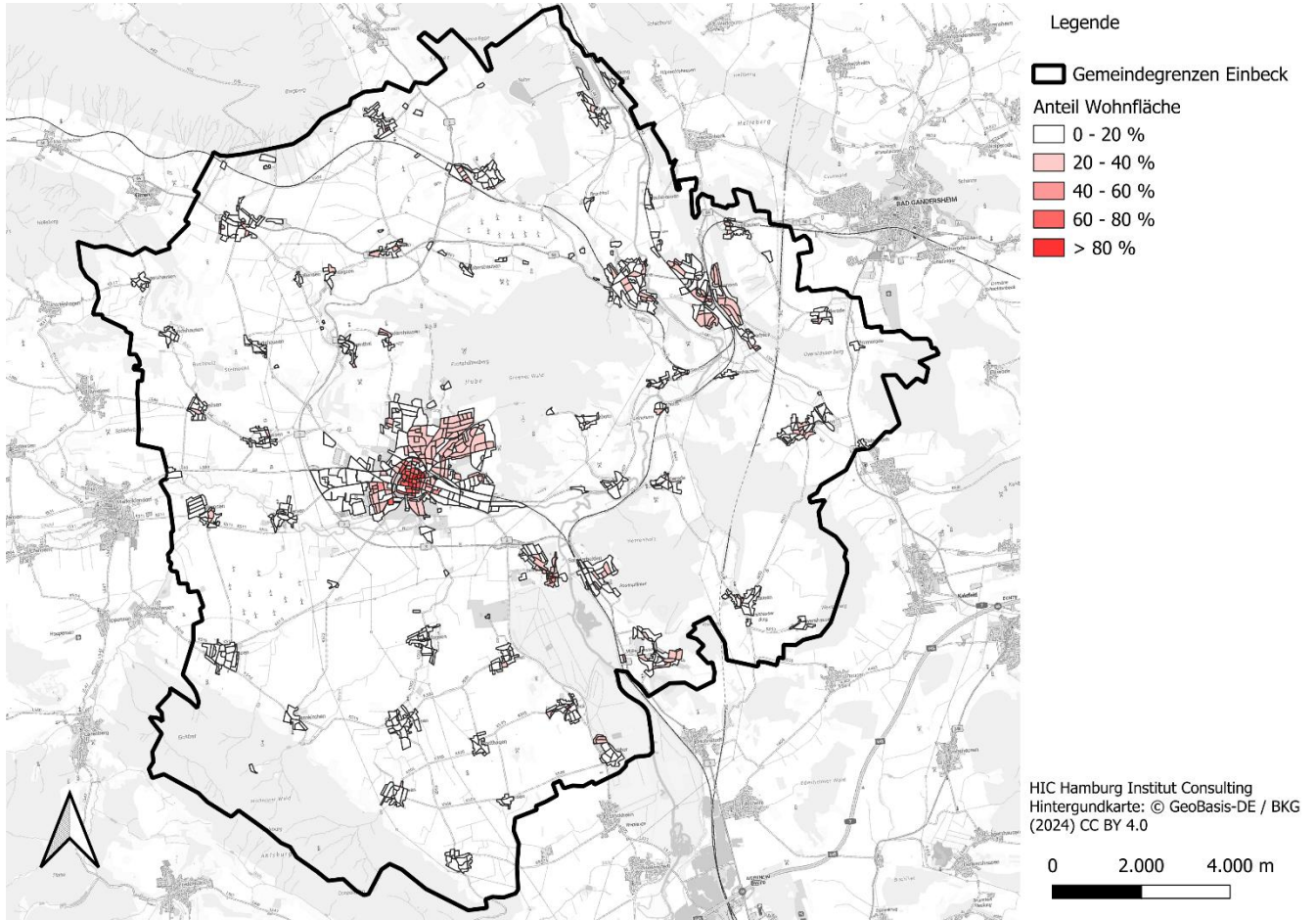


Abbildung 2-4: Anteil der Wohnflächen im Baublock in Einbeck

2.2 Energie- und Treibhausgasbilanz

In Abbildung 2-5 ist der jährlichen Endenergieverbrauch nach Sektoren dargestellt. Der Endenergieverbrauch wird auf 482 GWh/a summiert. Den größten Anteil am Endenergieverbrauch hatte der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen dicht gefolgt von privaten Haushalten. Ein Großteil wird durch Gas und nicht leitungsgebundenen Energieträgern wie Heizöl, Flüssiggas oder Pelletheizungen versorgt. Ein geringer Anteil der Wärmeversorgung geht auf den Sektor Kommunal zurück und ein noch geringerer Anteil auf Industrie.

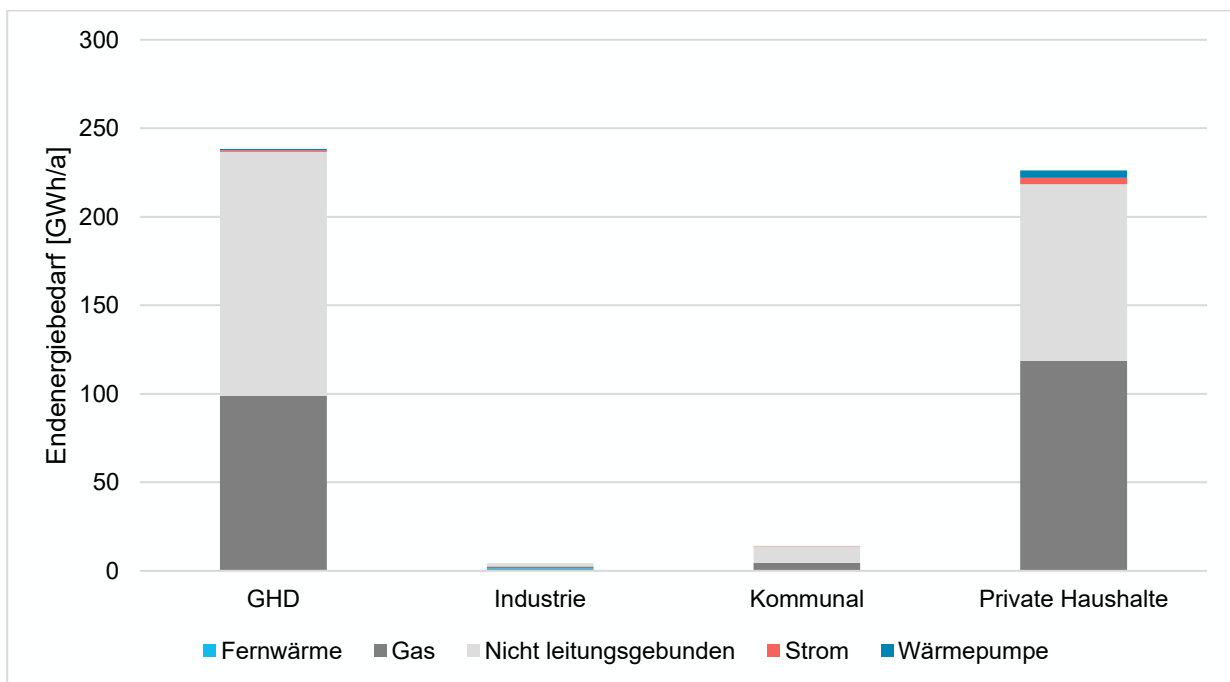


Abbildung 2-5: Endenergiebedarfe der verschiedenen Sektoren nach Energieträgern

In Abbildung 2-6 sind die jährlichen Emissionen dargestellt. Die Verteilung der Emissionen ergibt ein sehr ähnliches Bild zu dem der Energieträger – private Haushalte und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen haben den größten Anteil und die Verbrennung von Erdgas führt zum größten Anteil an den Emissionen. In Summe werden aktuell 116.053 t CO₂äq/a durch den Endenergieverbrauch emittiert.

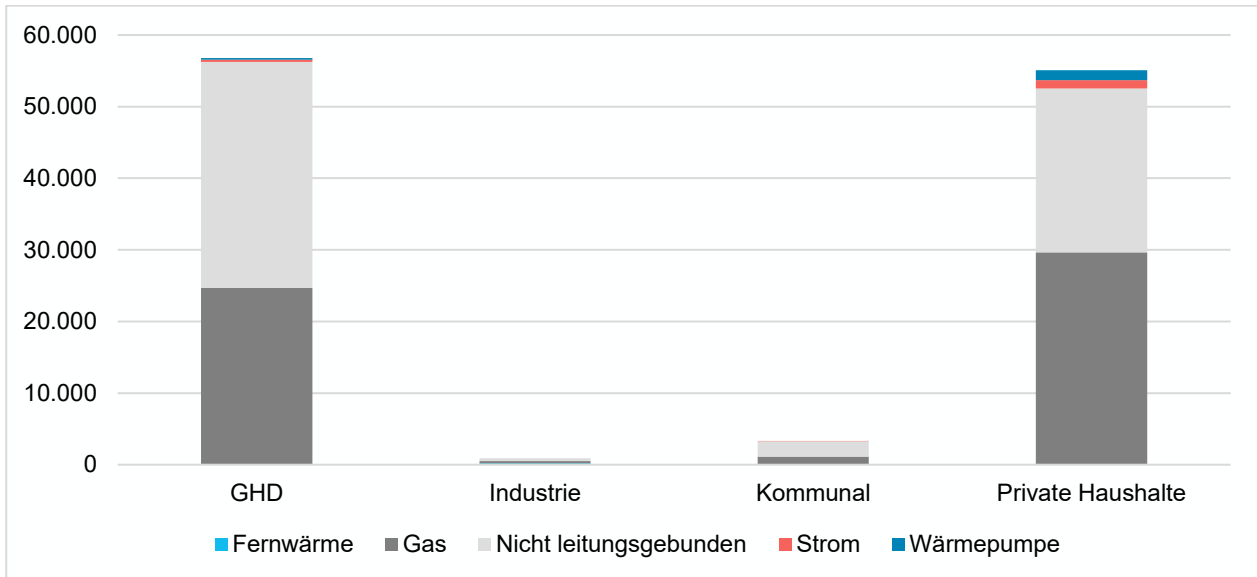


Abbildung 2-6: Jährliche Emissionen in CO₂-Äquivalenten inkl. Vorketten nach Sektoren und Energieträgern

Die Aufteilung der nicht leitungsgebundenen Energieerzeuger ist in Abbildung 2-7 dargestellt. Ein Großteil der Energieträger ist auf Biomasse zurückzuführen, aber auch größere Teile Heizöl und Flüssiggas werden in Einbeck genutzt. Die Verteilung der daraus resultierenden Emissionen ist in Abbildung 2-8 dargestellt. Für die nicht leitungsgebundenen Energieerzeuger ergibt sich ein gewichteter Emissionsfaktor von 201 g CO₂äq/kWh.

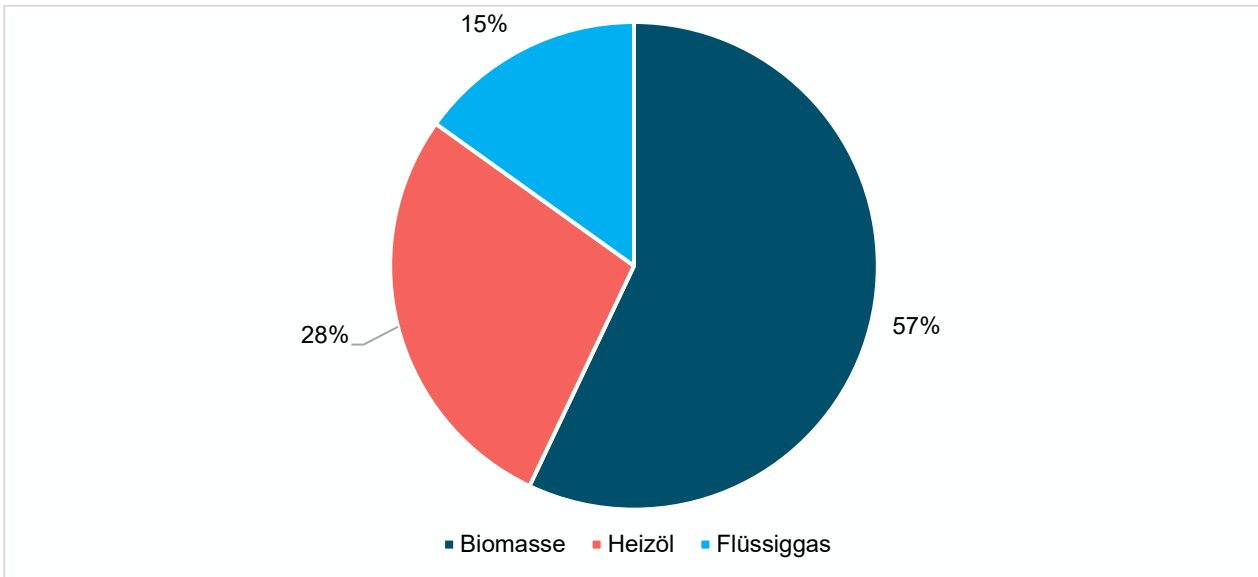


Abbildung 2-7: Anteil der Energieträger an den nicht leitungsgebundenen Energieträgern nach Energieanteil

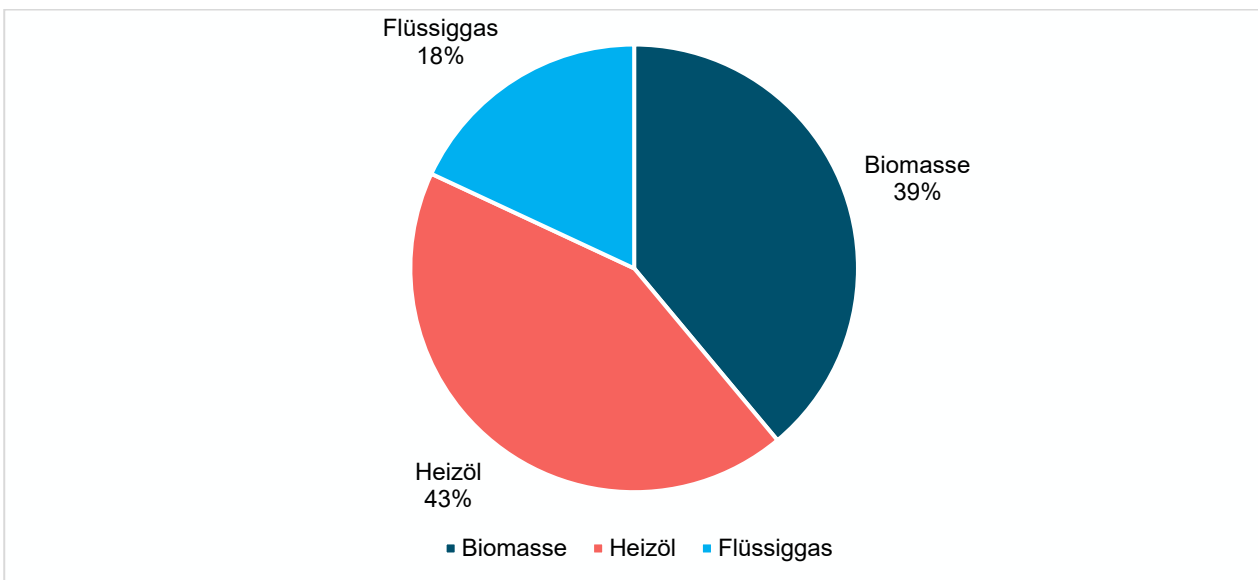


Abbildung 2-8: Anteile der Energieträger an den nicht leitungsgebundenen Energieträgern nach Anteil an den Emissionen

2.3 Energieinfrastruktur (Gas-, Strom- und Wärmenetze, Heizzentralen, Speicher)

Auf der Basis von Verbrauchsdaten werden durchschnittliche räumlich aufgelöste Wärmebedarfe ermittelt. Dabei wird die Mitversorgung von Gebäuden durch andere Gebäude so weit wie möglich berücksichtigt und eine Abschätzung der Wärmebedarfe von Gebäuden, die nicht mit leitungsgebundenen Energieträgern versorgt werden, vorgenommen. Die ermittelten absoluten und spezifischen Wärmebedarfe sind witterungsbereinigt.

Aus datenschutzrechtlichen Gründen dürfen nur Baublöcke gezeigt werden, die mindestens fünf beheizte Gebäude enthalten. In Abbildung 2-9 ist erkennbar, dass die Wärmebedarfsdichte, also der Wärmebedarf pro Hektar (gleich 100x100m) insbesondere im Innenstadtbereich deutlich erhöht ist. Eine erhöhte Wärmedichte ergibt sich dabei aus einer hohen Bebauungsdichte sowie aus hohen spezifischen Wärmebedarfen der Gebäude.

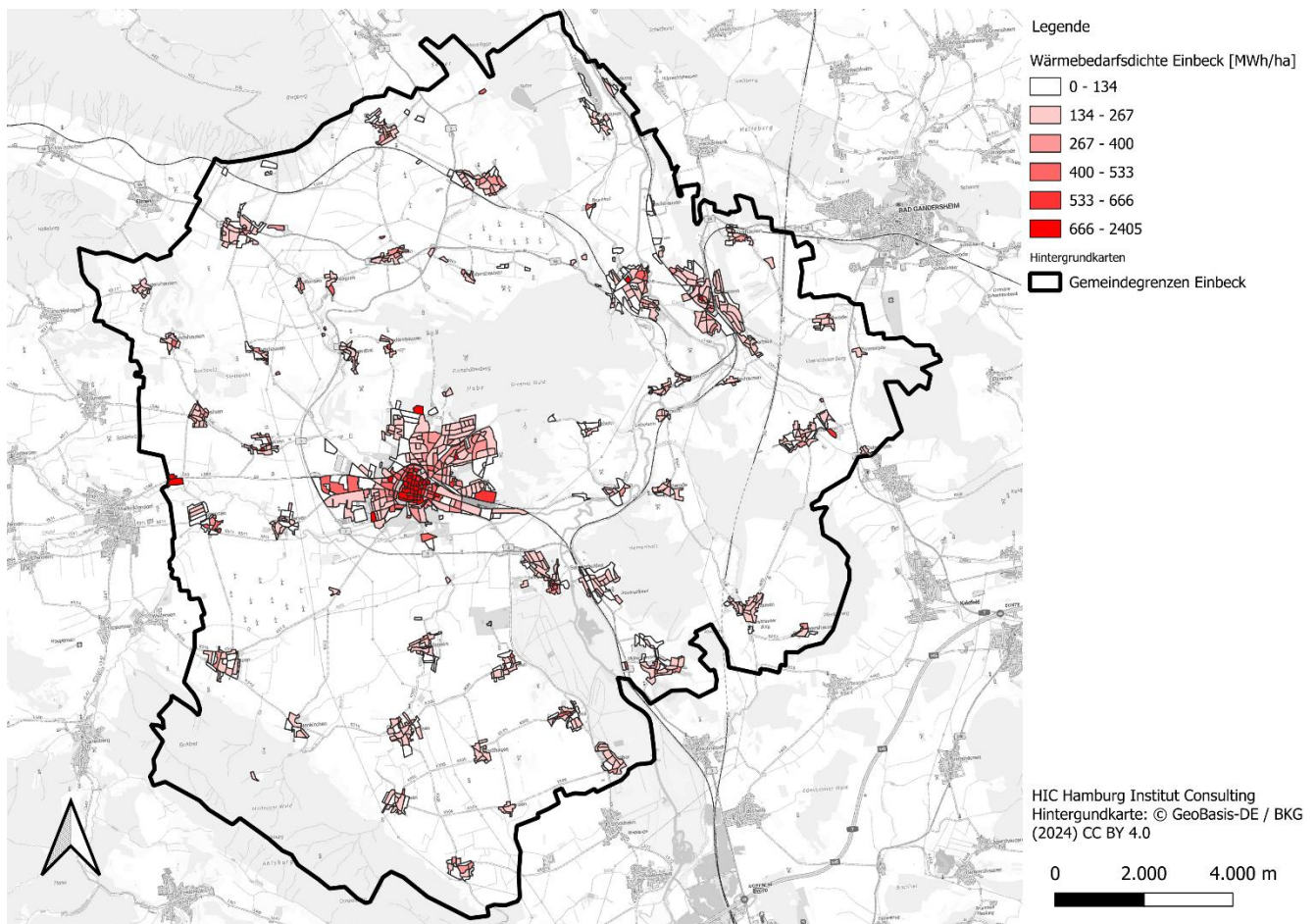


Abbildung 2-9: Wärmebedarfsdichten in Einbeck in MWh/ha

Die Wärmelinien-dichte ist ein Indikator für das Wärmenetzpotenzial im Gebiet. Sie setzt die Wärmebedarfsmengen ins Verhältnis zur Länge des Straßenabschnitts und wird in MWh pro m Straße/Trassenlänge angegeben. Je höher die abgegebene Wärmemenge pro Leitungsmeter, desto effizienter lassen sich die Fixkosten auf die versorgten Einheiten verteilen. Dies ermöglicht eine kostengünstigere Bereitstellung der Wärme und verbessert somit die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Netzes erheblich.

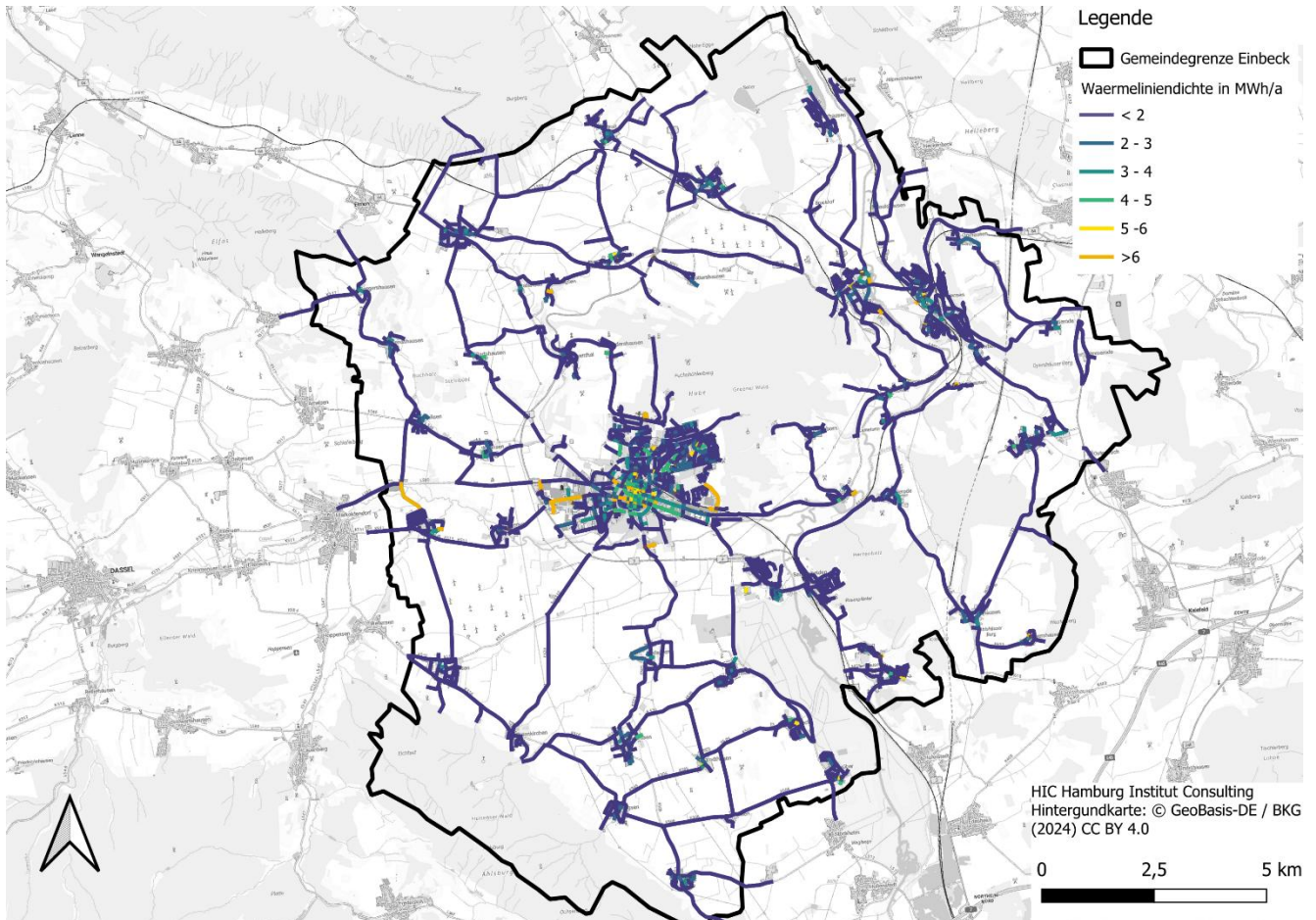


Abbildung 2-10: Kartografische Darstellung der Wärmelinien-dichte in Einbeck

In Abbildung 2-11 ist der spezifische Wärmebedarf in Einbeck dargestellt, wobei eine zunehmende Farbintensität einen höheren Wärmebedarf pro Quadratmeter anzeigt. Die Darstellung dient als Indikator zur Identifikation von Gebieten mit erhöhtem Energieeffizienzpotenzial, da hohe spezifische Wärmebedarfe auf energetisch weniger effiziente Gebäudestrukturen hinweisen können.

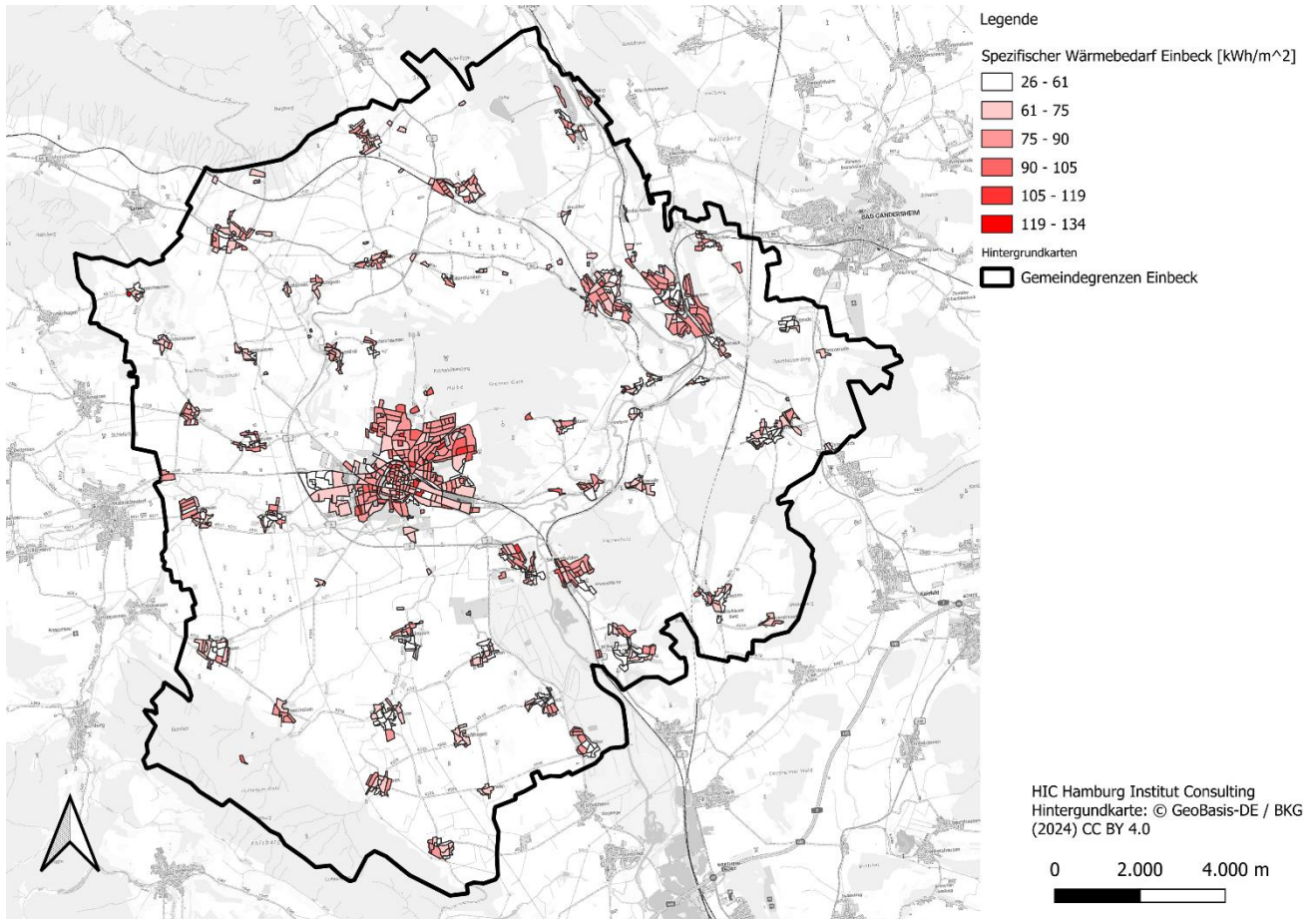


Abbildung 2-11: Spezifischer Wärmebedarf in Einbeck in kWh/m²

In Abbildung 2-12 ist der jeweils dominierende Heizungsträger auf Baublockebene dargestellt, bezogen auf die Summe des Wärmeverbrauchs. Das bedeutet, dass ein Baublock trotz vorhandener Wärmenetzanschlüsse als Erdgas ausgewiesen sein kann, wenn die Mehrheit der Gebäude über Erdgas beheizt wird.

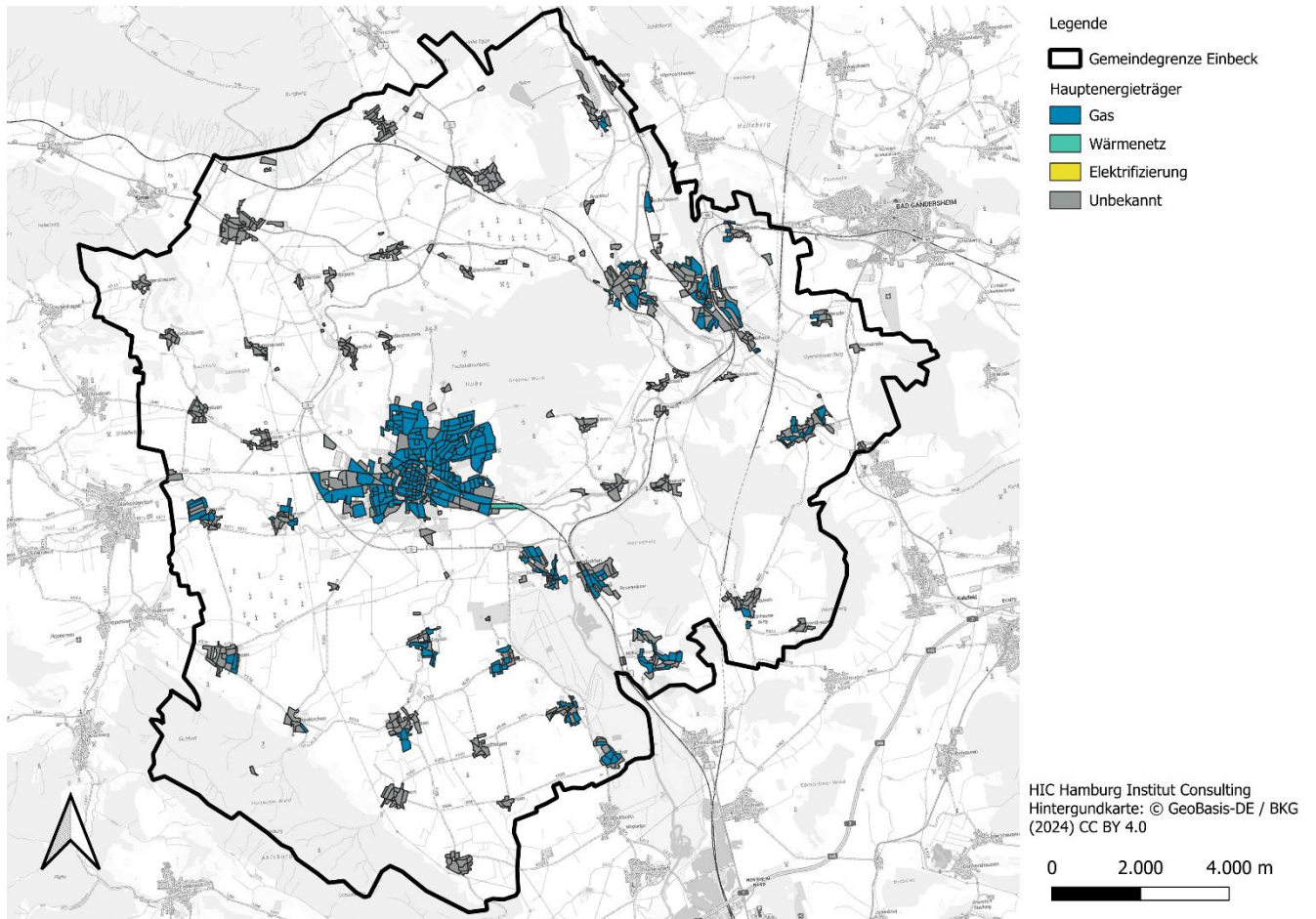


Abbildung 2-12: Kartografische Darstellung der Hauptenergie-träger baublockbezogen in Einbeck

Die Abbildung 2-13 zeigt die Verteilung der Energieträger zur Wärmeversorgung. Dargestellt sind die Anteile verschiedener Heizsysteme, wobei insbesondere Gasnetze und nicht leitungsgebundene Wärmeerzeuger dominieren. Wärmenetze und Wärmepumpen treten nur vereinzelt auf.

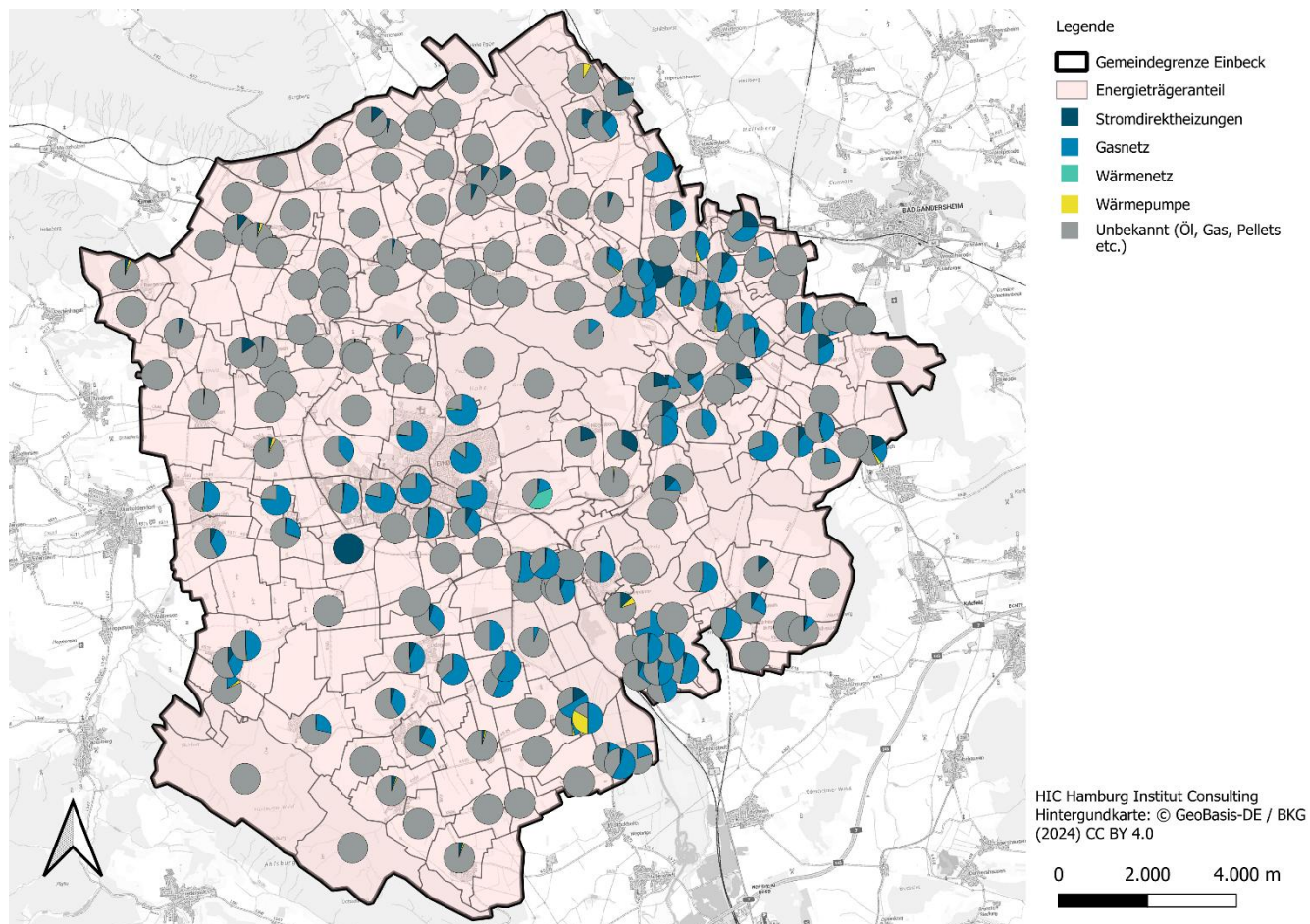


Abbildung 2-13: Darstellung der Energieträgeranteile je Flur in Einbeck

Das Gasverteilnetz hat eine Trassenlänge von 137 km und ist in Abbildung 2-14 dargestellt. An dem Netz sind 4550 SLP-Anschlüsse und 26 RLM-Anschlüsse angeschlossen. Die Anschlussart unterscheidet sich grundlegend in der Art, wie der Gasverbrauch erfasst und abgerechnet wird. SLP-Anschlüsse werden typischerweise bei privaten Haushalten und kleinen Gewerbebetrieben eingesetzt. Die Verbrauchsabrechnung erfolgt auf Basis eines Standardlastprofils (SLP), das den Verbrauchsverlauf über das Jahr abbildet. Die tatsächliche Messung erfolgt einmal jährlich und der zeitliche Verbrauchsverlauf wird prognostiziert. RLM-Anschlüsse werden bei Großverbrauchern eingesetzt. Hier wird der Gasverbrauch kontinuierlich in kurzen Zeitintervallen erfasst und übermittelt. Dadurch erfolgt die Abrechnung auf Basis der real gemessenen Verbrauchswerte.

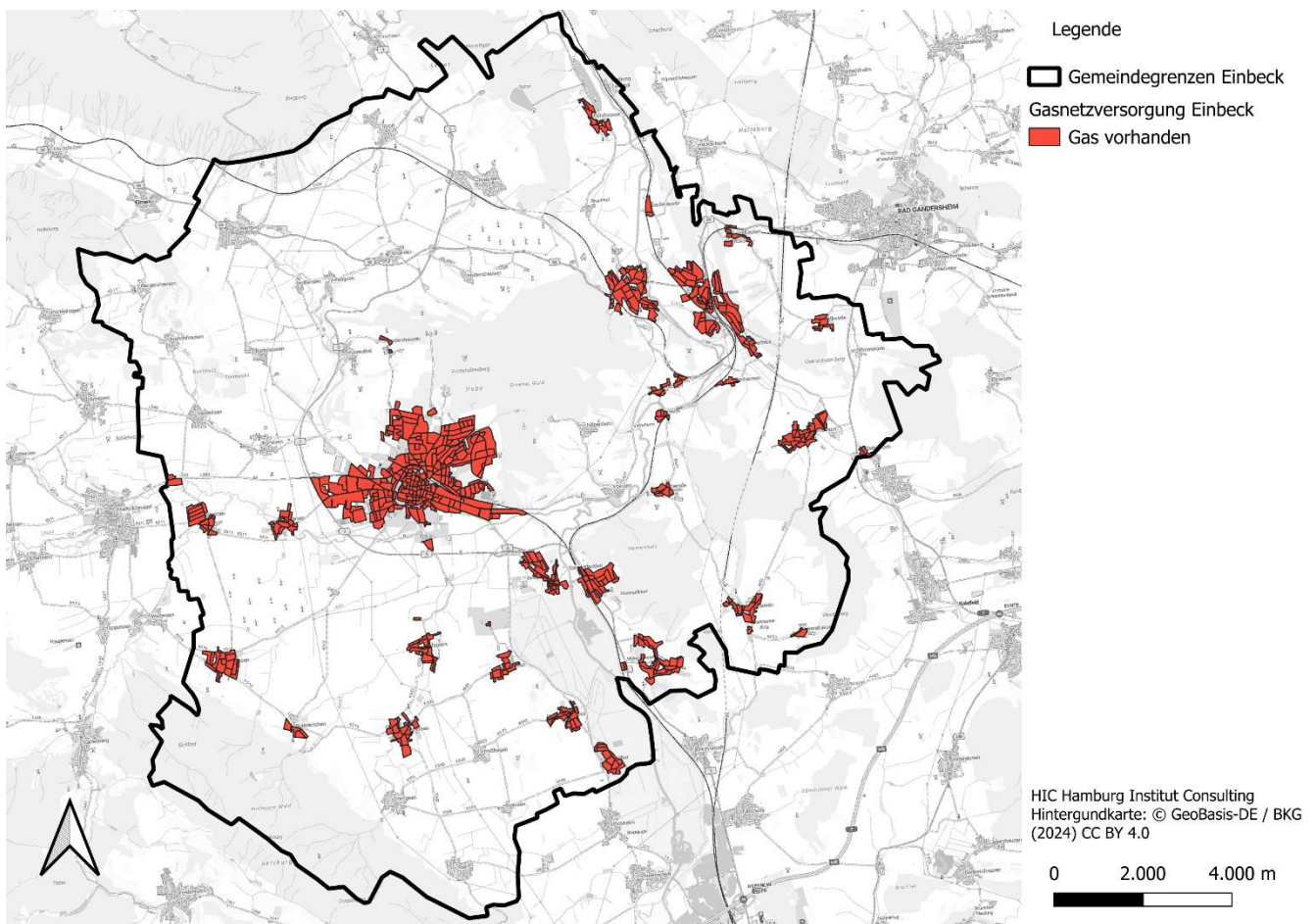


Abbildung 2-14: Versorgungsbereiche der Gasnetze / Lage des Gasnetzes in Einbeck auf Baublockebene

2.4 Prozesswärme

Prozesswärme wird immer dort benötigt, wo die Herstellung, Weiterverarbeitung und Veredelung von Rohstoffen stattfindet. Üblicherweise wird diese Wärme auf einem deutlich höheren Temperaturniveau genutzt als in Haushalten. Bei Hochtemperaturprozessen sind es bis zu 1.500 °C, bei Mitteltemperaturprozessen bis 1.000 °C und bei der Niedertemperatur bis 500 °C.

Auf Basis der Verbrauchsdaten und branchenspezifischer Prozesswärmefaktoren werden für Einbeck ein Prozesswärmebedarf von 19,8 GWh/a errechnet. Wo die Prozesswärme benötigt wird, ist in Abbildung Abbildung 2-16 zu sehen.

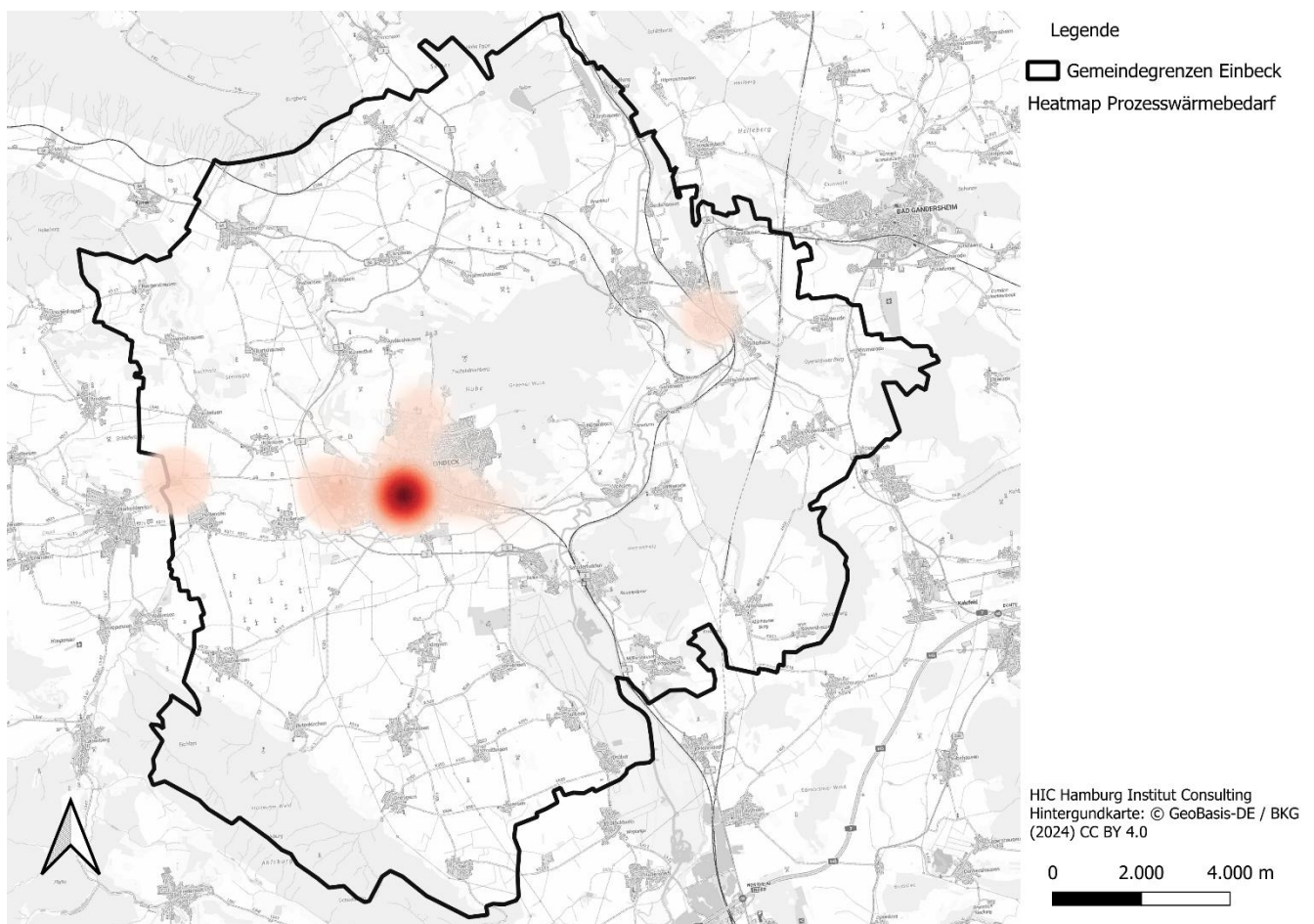


Abbildung 2-16: Heatmap Prozesswärmebedarfe ohne BHKW

3 POTENZIALANALYSE ENERGIEEINSPARUNG UND ERNEUERBARE ENERGIEN

Bei der Potenzialanalyse wird untersucht, wo die Wärme in Einbeck in Zukunft herkommen kann. Es wird die obere Potenzialgrenze untersucht. Die Potenziale können in dezentral und zentral eingeteilt werden. Bei den dezentralen Potenzialen wird die Wärme direkt am Gebäude selbst erzeugt. Hingegen wird bei der zentralen Erzeugung die Wärme an einem zentralen Punkt erzeugt und über Wärmenetze zum Gebäude geleitet. In Tabelle 3-1 sind die in der Wärmeplanung betrachteten Potenziale aufgeführt.

Tabelle 3-1: Betrachtete Potenziale innerhalb der Potenzialanalyse

Dezentral	Zentral
Gebäudeenergieeffizienz	Oberflächengewässer
Solarthermie (Aufdach)	Abwasserreinigungsanlage
Photovoltaik (Aufdach)	Tiefe Geothermie
Oberflächennahe Geothermie	Industrielle Abwärme
Grundwasser	Solarthermie (Freifläche)
Umgebungsluft (dezentral)	Photovoltaik (Freifläche)
	Wasserkraft
	Windkraft
	Thermalsole
	Umgebungsluft (zentral)
	Wasserstoff
	Großwärmespeicher

3.1 Potenziale zur Energieeinsparung (für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme)

Es wird davon ausgegangen, dass Einbeck keine außergewöhnlichen Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs hat (z.B. in Form einer überdurchschnittlich hohen Sanierungsquote). Nach Agora-Energiewende beträgt eine moderate Sanierungsrate in Deutschland rund 1,6 %/a, um das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut, 2021). Die „Sanierungsstudie 2024“ von B+L Marktdaten zeigt hingegen, dass die Sanierungsquote 2023 bei 0,7 %/a liegt und für 2024 wird eine Sanierungsquote von 0,69 %/a prognostiziert (B+L Marktdaten GmbH, 2024). Die realen Sanierungsquoten liegen damit deutlich unterhalb der Sanierungsquoten nach Agora-Energiewende. Für die Wärmeplanung wird eine realistische, aber ambitionierte Sanierungsquote von 1 %/a verwendet. Diese Sanierungsquote setzt voraus, dass Maßnahmen aus der Wärmeplanung (z.B. serielle Sanierung) dazu beitragen, die Sanierungsquote zu erhöhen. Die Sanierungstiefe¹ wird mit 100 kWh/m²*a angenommen und

¹ Maßwert dafür wie hoch die energetische Sanierung ausfällt. Erläuterung: Eine hohe Sanierungstiefe entspricht eine dicken Dämmung während eine geringe Sanierungstiefe einer geringen Dämmung entspricht

wurde gemeinsam mit dem Arbeitskreis der KWP erarbeitet. Für den Bereich der Altstadt wird angenommen, dass keine großen Sanierungspotenziale gehoben werden.

In der folgenden Abbildung wird der Raumwärmebedarf für die betrachteten Stützjahre abgebildet. Unter den getroffenen Annahmen reduziert sich der Bedarf bis zum Jahr 2030 auf 423 GWh/a und bis zum Jahr 2045 auf 400 GWh/a. Dies entspricht einer Gesamtreduzierung aus dem IST-Zustand um bis zu 10 %.

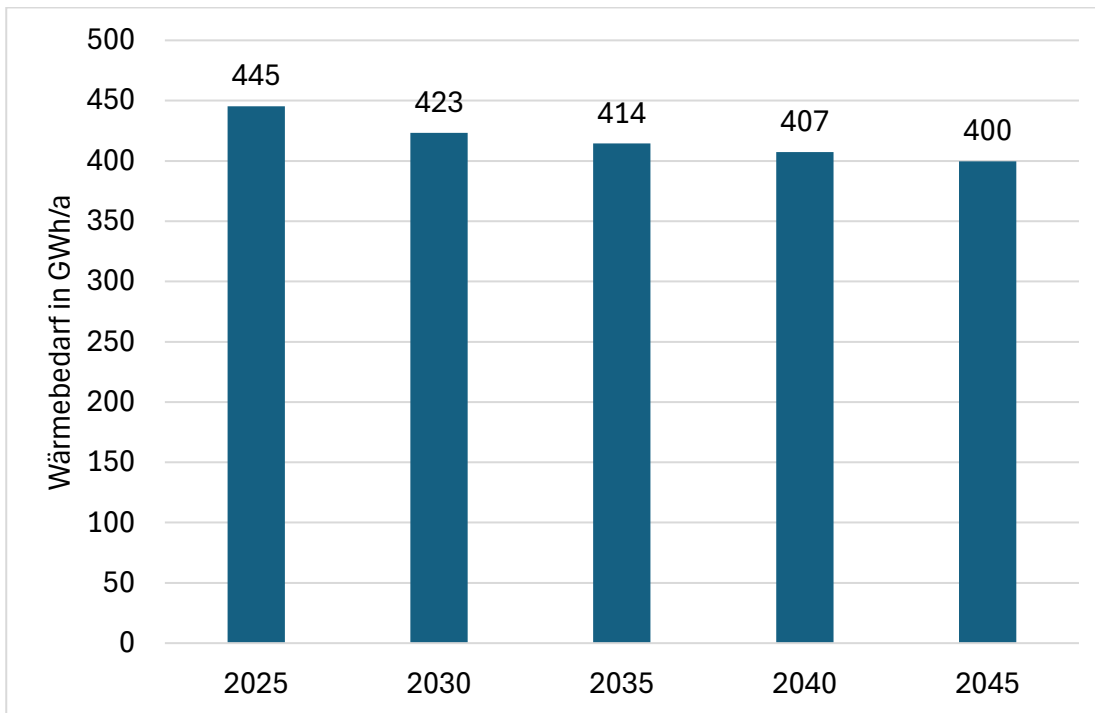


Abbildung 3-1: Raumwärmebedarfe für die betrachteten Stützjahre bis 2045

3.2 Potenziale erneuerbare Energien und Abwärmepotenziale

3.2.1 Solarthermie und Photovoltaik

Freiflächen-Solarthermie

Solarthermische Anlagen sind ein wichtiger Baustein der Wärmewende. Bislang sind in Deutschland nur rund 40 solarthermische Großanlagen mit zusammengekommen 100.000 m² Kollektorfläche installiert, die mit einer Leistung von insgesamt 70 MW jährlich rund 42 GWh Wärme produzieren. Der Anteil von Solarthermie an der Wärmeerzeugung in Deutschland liegt bei unter einem Prozent.

Solarthermietechnologien lassen sich in konzentrierende (CSP, concentrating solar power) und nicht-konzentrierende Kollektoren aufteilen. Nicht konzentrierende Kollektoren nutzen sowohl diffuse als auch direkte solare Strahlung und werden nicht nachgeführt (die Ausrichtung dem täglichen Verlauf der Sonne angepasst), während CSP-Kollektoren nur direkte Strahlung nutzen und nachgeführt werden müssen, um optimale Wirkungsgrade zu erzielen. Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren sind nicht-konzentrierende Kollektorarten. Parabolrinnen gehören zu den konzentrierenden Solarkollektoren. Der Fokus der hier durchgeführten Analyse liegt auf nicht-konzentrierenden Kollektoren. Parabolrinnen können sehr hohe Arbeitstemperaturen von bis zu 550 °C bei Direktverdampfung erreichen. In nördlichen Breitengraden mit relativ geringer Direktstrahlung wie Bremerhaven sind jedoch Temperaturen von bis zu 250 °C realistisch. Erfahrungswerte zeigen, dass Parabolrinnenkollektoren erst ab Temperaturen über 100 °C geeignet sein können.

Flachkollektoren (FK) bestehen aus dem Absorber, dem Kollektorgehäuse, einer Glasabdeckung und einer Wärmedämmung. Das Absorberblech wandelt die Einstrahlung in Wärme um. Eine Beschichtung sorgt dafür, dass möglichst viel Wärme aufgenommen (hohes Absorptionsvermögen) und möglichst wenig Wärme abgestrahlt wird (geringer Emissionsgrad). Die Wärmedämmung auf der Rückseite und den Seitenflächen des Gehäuses verringern die Abstrahlverluste. Vorteile von Flachkollektoren liegen in der einfacheren und wenig stör anfälligen Technik und den im Vergleich zu Vakuumröhrenkollektoren niedrigeren Investitionskosten. Der Nachteil von Flachkollektoren im Vergleich zu Vakuumröhrenkollektoren liegt in den höheren Abstrahlungsverlusten und damit geringeren solaren Erträgen, die sich vor allem bei höheren Temperaturen im Kollektorfeld negativ bemerkbar machen.

Unter dem Sammelbegriff Vakuumröhrenkollektoren (VRK) werden verschiedene Technologien und Aufbauten mit teils erheblich abweichenden Eigenschaften zusammengefasst. Gemeinsames Merkmal ist, dass die Isolierung zwischen Absorber und Außenluft durch ein Vakuum hergestellt wird. Bei direkt durchströmten Vakuumröhrenkollektoren zirkuliert der Wärmeträger direkt in einem Glasröhrchen mit dem Absorber. Eine andere Röhrenkollektorbauweise ist der Heatpipe Kollektor. Hier verdampft ein Zwischenmedium im Rohr und sammelt sich am oberen Ende des Rohrs. Dort wird die Energie auf den eigentlichen Wärmeträger übergeben und über den Solarkreislauf abtransportiert. Der Dampf kühlt ab und sammelt sich wieder unten im Rohr.

Beim CPC-Kollektor (Compound Parabolic Concentrator) sind zwei Glasröhren als "Thermoskanne" zur Dewar-Röhre ausgebildet. Das Vakuum befindet sich nur innerhalb des Glasbehältnisses. Durch diese Bauweise wird eine typische Schwachstelle von einwandigen Vakuum-Röhrenkollektoren, die Dichtheit im Glas- und Metallübergang, eliminiert. Die Röhren liegen im CPC-Kollektor vor einem Parabolspiegel beziehungsweise einer Reflektorschicht, die das einfallende Licht auf die Röhren gebündelt zurückwirft und so die Leistung des Röhrenkollektors erhöht. Der Nachteil von Vakuumröhrenkollektoren liegt in erster Linie in den höheren Investitionskosten. Vorteilhaft sind höhere spezifische Erträge.

Die Solarpotenzialflächen werden mittels Flächenscreening identifiziert und quantifiziert. Dafür wird das Stadtgebiet als Suchraum betrachtet. Mittels Planungsvorgaben werden Kriterien definiert, die für oder gegen

eine Nutzung der Fläche als Solarthermie-Standort sprechen. Auf diese Weise werden geeignete Flächen herausgefiltert, die eine hohe Genehmigungswahrscheinlichkeit aufweisen. Das verwendete Priorisierungsschema ist in Abbildung 3-2 dargestellt. Die Prioritätsstufe 1 entspricht den geringsten Genehmigungshemmnissen, während die Prioritätsstufe 4 hohen Genehmigungshemmnissen entspricht. Bei dem verwendeten Schema ist zu beachten, dass die ermittelten Prio Flächen übereinander liegen von Prio 1 bis 4, sprich Prio 4 („exkl. Harte Tabus“) beinhaltet per Definition auch alles Prio 1-3 Flächen (siehe Kriterien der einzelnen Prios in Abbildung 3-2). Im Rahmen der Berechnungen wurden die Überlagerungen der jeweiligen Prioflächen abgezogen, so dass sich die Flächen der einzelnen Prios aufsummieren lassen zu einem Gesamtpotenzial.

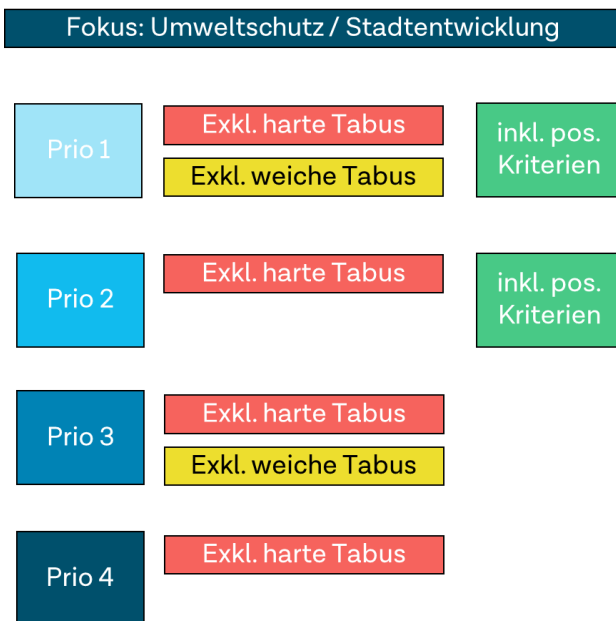


Abbildung 3-2: Priorisierungsschema nach Flächenkategorie

Auf Basis der ausgeführten raumordnerischen Vorgaben wurden folgende Flächen den harten und weichen Tabus zugeordnet:

Harte Tabus

- Waldbereiche & Gehölze
- Biotopsverbundsflächen
- FFH-Gebiete
- LRT-Flächen (FFH-Anhang)
- Nationalparks
- Naturschutzgebiete
- Kompensationsflächen
- Flächen für den Schutz für Vogelarten des Offenlandes
- Vogelschutzgebiete
- Stehende und Fließgewässer
- Seltene Böden
- Überschwemmungsgebiete
- Allgemeine Siedlungsbereiche

Weiche Tabus

- Landschaftsschutzgebiete
- Naturparke

- Gebäudeflächen & Verkehrswege
- Friedhöfe
- Industrie und Gewerbeflächen
- Wohnbauflächen
- gemischte Bauflächen

Folgende Kriterien wurden als positiv für die Standortbewertung eingestuft:

- Flächen in einer Entfernung von 200 m von Bundesstraßen sowie überregionalen Schienenwegen
 - Angelehnt an Kriterien des EEG: Flächen sind bereits durch räumliche Strukturen vorbelastet

Die Ergebnisse des solaren Flächenscreenings zeigen, dass in Einbeck ca. 591 ha Prio 1 & 2 Flächen, ca. 10.184 ha Prio 3 Flächen und ca. 10.403 ha Prio 4 Flächen vorhanden sind.

	Prio 1	Prio 2	Prio 3	Prio 4
Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> • Exkl. Harte Tabus • exkl. weiche Tabus • inkl. positive Kriterien 	<ul style="list-style-type: none"> • Exkl. Harte Tabus • inkl. positive Kriterien 	<ul style="list-style-type: none"> • Exkl. Harte Tabus • exkl. Weiche Tabus 	<ul style="list-style-type: none"> • Exkl. Harte Tabus
Fläche	296 ha	295 ha	10.184 ha	10.403 ha

Für das Verhältnis von Grundfläche zu Kollektorfläche wird auf Basis von Branchenkennwerten ein Faktor von 2,25 angenommen. Das Verhältnis ist abhängig von Kollektormodell, Anstellwinkel und Reihenabstand. Je nach Zieltemperatur, Kollektormodell und Einstrahlung variiert der solare Ertrag etwa zwischen 400 kWh/m² und 450 kWh/m². Das theoretisch verfügbare Solarthermiepotenzial liegt bei den Prio 1 Flächen bei 558 GWh/a und unter Einbezug aller Prio 4 Flächen bei ca. 19,65 TWh/a.

Da im Rahmen des Flächenscreenings nur raumordnerische Vorgaben berücksichtigt werden, können für eine potenzielle Erschließung, weitere Faktoren herangezogen werden, um die Flächen zu priorisieren. So können im nächsten Schritt die Entfernung zum Wärmenetz sowie die Eigentumsituation integriert werden. Ratsam ist zudem der weitere Austausch mit lokalen Behörden (etwa Naturschutz-/Grünamt und Stadtplanung).

Solarthermie auf Dachflächen

Nach aktuellem Stand wird davon ausgegangen, dass die Dachflächen mehrheitlich durch PV belegt werden, um Strom für Wärmepumpen und Elektromobilität zu erzeugen. Der Zubau von solarthermischen Dachanlagen wird vermutlich nur in Einzelfällen zur Unterstützung von Biomassekesseln oder verbleibenden Gasheizungen geschehen. Unter Vernachlässigung der Nutzungskonflikte ist ein Potenzial von 251 GWh in Einbeck vorhanden.

Freiflächen-Photovoltaik

Ziel der Freiflächenanalyse ist die Ermittlung des PV-Potenzials auf Freiflächen unter Abschichtung unterschiedlicher Kriterien. Grundvoraussetzung für die Potenzialausweisung ist in allen Fällen, dass die Flächen

nicht in rechtlichen Ausschlussbereichen liegen und somit zumindest Genehmigungspotenzial aufweisen, welches für jeden Einzelfall im Rahmen der Bauleitplanung bzw. Baugenehmigung individuell geprüft wird.

Über die EEG-Förderung (Erneuerbaren-Energien-Gesetz-Förderung) hinaus besteht für Anlagenbetreiber die Möglichkeit, den produzierten Strom über Direktlieferverträge (Power Purchase Agreements, kurz PPA) mit Energieversorgern oder Unternehmen zu vermarkten. Die mögliche Flächenkulisse beschränkt sich dadurch nicht mehr auf die genannten Kategorien nach EEG. Eignung und Wirtschaftlichkeit dieser Flächen richten sich auch nach den künftigen Bedingungen von EEG und Strommarkt und können deshalb hier nur vorläufig bewertet werden.

Je Hektar können bis zu 1 MWp Photovoltaikleistung installiert werden, wenn der Flächenzuschnitt optimal genutzt werden kann. Inkl. Neben- und Zaunanlagen sowie Zufahrtswegen werden in der Umsetzung vermutlich insgesamt bis zu 1,2 Hektar je MW benötigt, die aber auch außerhalb der genannten Korridore liegen können. Für Einbeck werden 911 Volllaststunden angesetzt.

Auf Basis der Analyse zur solarthermischen Nutzung können folgende Stromerzeugungsmengen erwartet werden:

- Prio 1: (275,1 GWh/a)
- Prio 2: (274,8 GWh/a)
- Prio 3: (9.471,2 GWh/a)
- Prio 4: (9.674,8 GWh/a)

Das PV-Potenzial auf der Freifläche ist nicht additiv mit dem Potenzial zur Solarthermie zu betrachten, da die gleichen Flächen beurteilt werden.

Der Stadt Einbeck liegt zudem eine Studie vor, die im Rahmen der Potenzialanalyse prioritär zu betrachten ist. Diese Studie wurde 2024 erstellt und analysiert die gemäß § 35 Abs. 1 Nr. 8 b BauGB in Betracht kommenden Flächen im Außenbereich der Stadt Einbeck. Es wurde eine potenziell geeignete Fläche von ca. 249,8 ha für Freiflächen PV-Anlagen ermittelt. Unter Ausschluss von Flächen unter 1 ha reduziert sich das Freiflächenpotenzial auf ca. 236,9 ha (Vogel, 2024).

Photovoltaik auf Dachflächen

Für die Aufstellung von PV-Anlagen stehen in Einbeck auch Dachflächen zur Verfügung. Das nutzbare Potenzial der Dachflächen in Einbeck wurde auf Basis einer Auswertung der Größe und Ausrichtung der Dachflächen auf den Gebäuden ermittelt. In einem Modell werden alle Dachflächen dargestellt, die sich für eine solare Nutzung eignen. Das Stromerzeugungspotenzial durch PV auf Dachflächen beträgt 301 GWh/a.

3.2.2 Windkraft

Der Ausbau der Windenergie stellt ein zentrales Element der Energiewende in Deutschland dar. Windenergie ist eine kostengünstige und effiziente erneuerbare Energiequelle und spielt eine entscheidene Rolle beim Ausstieg aus den fossilen Energieträgern, insbesondere im Stromsektor. Darüber hinaus kann sie auch mittelbar zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung beitragen, etwa durch die Nutzung von Windstrom für Wärmepumpen.

Um den Ausbau systemisch voranzutreiben, hat der Bund den Ländern verbindliche Flächenziele für den Ausbau der Windenergie vorgegeben. Im 2. Entwurf des RROP des Landkreises Northeim wurden Windenergiepotenzialflächen ausgewiesen, die eine Fläche von insg. 341 ha haben. Auf diesen Flächen sind bereits 9 Bestandsanlagen in Betrieb und 12 weitere Anlagen geplant. Auf den Flächen ist das Potenzial für zwei weitere Anlagen vorhanden, die ein zusätzliches Energiepotenzial von 28 GWh/a haben.

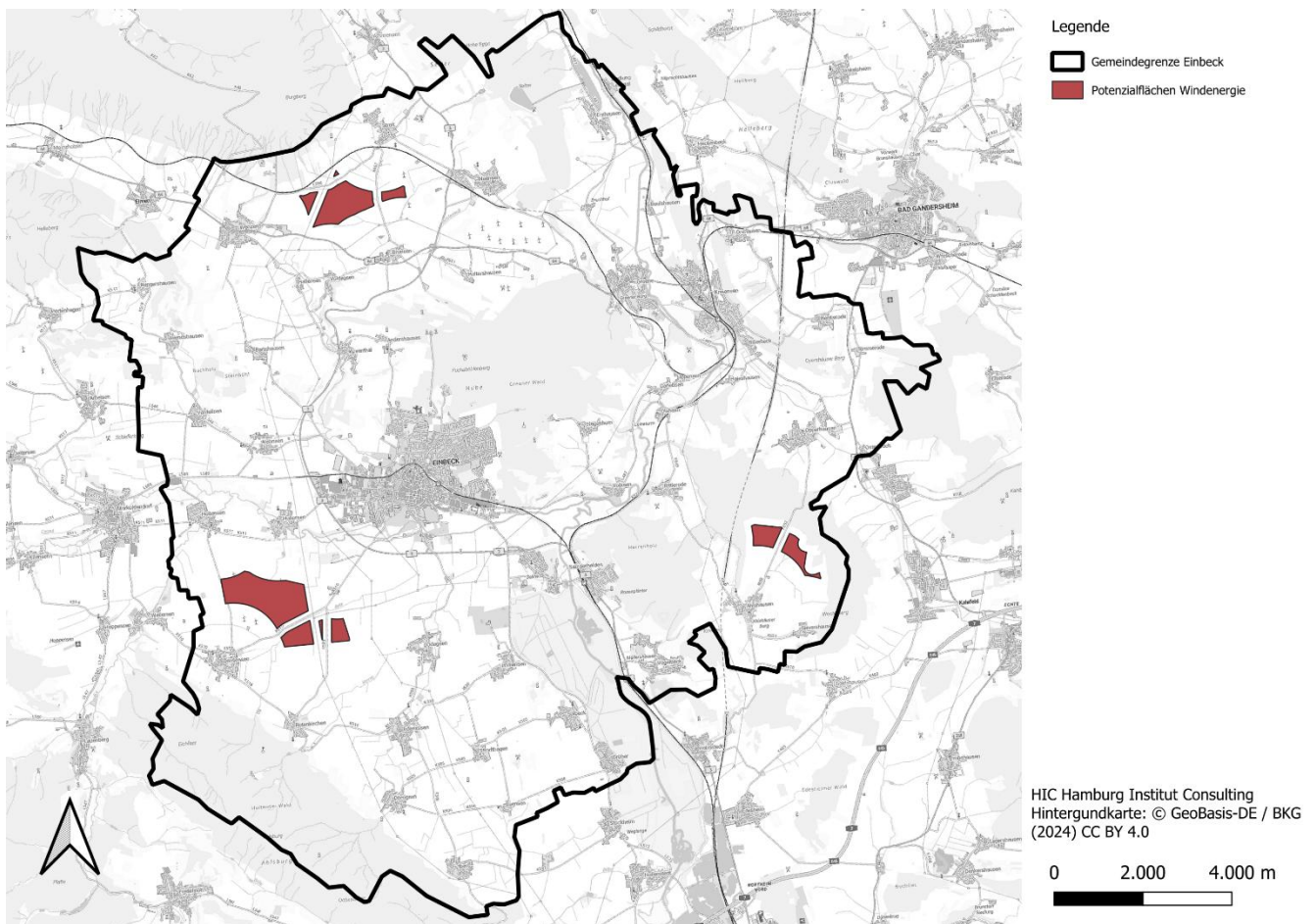


Abbildung 3-3: Windenergiepotenzialflächen in Einbeck

3.2.3 Wasserkraft

Wasserkraft ist eine der ältesten und etabliertesten Formen erneuerbarer Energieerzeugung. Sie nutzt die kinetische und potenzielle Energie von fließendem Wasser, um Turbinen anzutreiben und Strom zu erzeugen. In Deutschland trägt Wasserkraft etwa 4% zur Bruttostromerzeugung bei und stellt damit eine wichtige Säule der erneuerbaren Energien dar. Allerdings ist das Ausbaupotenzial in vielen Regionen bereits weitgehend ausgeschöpft (Umweltbundesamt, 2024).

In Einbeck ist lediglich ein Wasserkraftwerk bekannt: das Pumpspeicherwerk Erzhausen, das an der Leine in der Ortschaft Erzhausen liegt. Das im Jahr 1964 in Betrieb genommene Kraftwerk verfügt über eine installierte Leistung von 220 MW und erzeugt jährlich etwa 199,1 GWh Strom, wobei die jährliche Stromerzeugung aufgrund der Nachfrage schwankt (Statkraft, 2025).

Pumpspeicherkraftwerke stellen eine besondere Form der Wasserkraftnutzung dar. Sie speichern überschüssige Energie, indem bei hoher Stromverfügbarkeit große Wassermengen aus einem tiefer gelegenen Reservoir (Unterbecken) in ein höher gelegenes Oberbecken gepumpt werden. Bei geringer Verfügbarkeit beziehungsweise zu Spitzenlastzeiten wird das Wasser über ein Rohrsystem wieder in das Unterbecken geleitet und dabei zur Stromproduktion genutzt (Vattenfall, 2025).

Gemäß des Marktstammdatenregisters befinden sich im Süden Niedersachsens insgesamt 194 Wasserwerke in Betrieb, 29 davon im Landkreis Northeim. Das Pumpspeicherwerk ist dort nicht aufgeführt, da es sich nicht um ein klassisches Laufwasserwerk handelt.

Das Potenzial für einen weiteren Ausbau der Wasserkraft in Deutschland ist laut einer dena-Leitstudie durch bereits bestehende Anlagen stark begrenzt, sodass in Zukunft keine relevanten zusätzlichen Ausbaumöglichkeiten zu erwarten sind (Deutsche Energie-Agentur, 2018). Auch das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz kommt zu dem Schluss, dass die Wasserkraft aufgrund der geringen Ausbaupotenziale nur einen begrenzten Beitrag zur Klimaneutralität leisten kann (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, 2024). Dem entgegen steht eine Studie der TU Braunschweig, die auf bislang ungenutzte Potenziale der Wasserkraft in Deutschland und Niedersachsen hinweist – insbesondere im Wärmesektor sowie im Bereich der Kleinen Wasserkraft, beispielsweise durch die Nutzung historischer Wassermühlen.

Für Einbeck ist das Potenzial für einen weiteren Ausbau ebenfalls als gering einzuschätzen. Das Relief und die vorhandenen Höhenunterschiede in Gewässernähe könnten zwar grundsätzlich zusätzliche Möglichkeiten eröffnen, jedoch stehen dem die vorhandenen Wald- und Schutzgebiete entgegen, die eine Nutzung häufig ausschließen. Hinzu kommt, dass im Landkreis Northeim bereits nahezu 30 Wasserkraftanlagen betrieben werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zwischen den Anlagen ausreichende Abstände eingehalten werden müssen. Zwar existiert in den meisten Rechtsordnungen kein einheitlicher, allgemein gültiger numerischer Mindestabstand zwischen Wasserkraftwerken, da die Festlegung in der Regel strecken- und fallbezogen im Hinblick auf Durchgängigkeit, ökologische Anforderungen, Betriebsweise, Restwassermengen und hydraulische Kopplung erfolgt. Grundsätzlich gilt jedoch die Voraussetzung, dass natürliche Strömungsverhältnisse möglichst weitgehend wiederhergestellt oder erhalten werden sollten, da diese durch zusätzliche Querbauwerke und seitliche Zuflüsse wesentlich beeinflusst werden können (Fencl, Mather, Costigan, & Daniels, 2015).

3.2.4 Biomasse und Abfall

Ein Großteil der landwirtschaftlichen Daten, wie zum Beispiel die Tierbestände und Ertragsmengen, sind für Einbeck vorhanden. Die für die Biomassepotenzialanalyse verwendete Datengrundlage liegen in der Regel auf Landesebene Niedersachsen vor und werden entsprechend der Einwohner:innen- und Flächenverhältnisse auf Einbeck bezogen².

² Einwohner:innenanteil von Einbeck am Land Niedersachsen ca. 0,39 %. Flächenanteil von Einbeck am Land Niedersachsen ca. 0,49 %

Ergebnis

Das technische Gesamtpotenzial von Biomasse zur thermischen Verwertung in Einbeck ist in Abbildung 3-4 dargestellt. Es ergibt sich ein Gesamtpotenzial von 507 GWh/a.

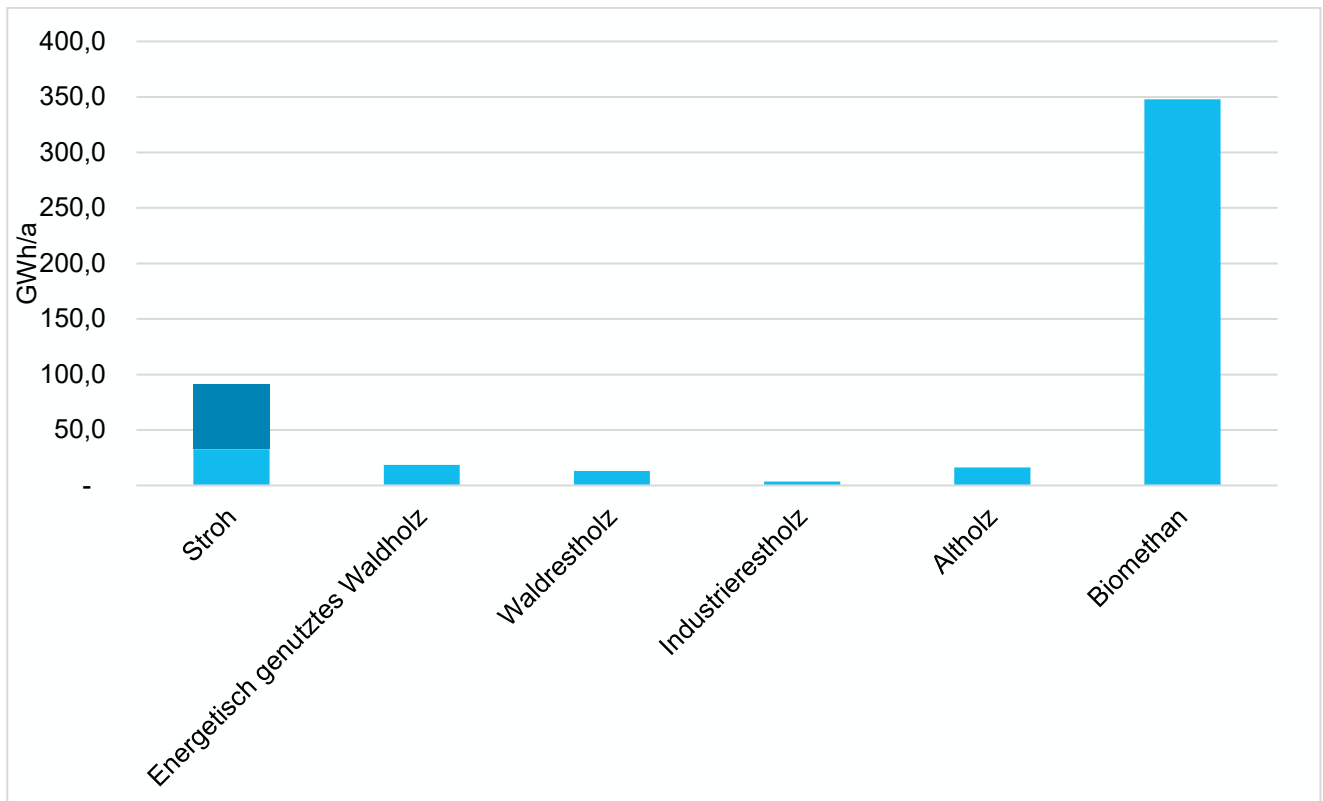


Abbildung 3-4: Bioenergiepotenzial der Stadt Einbeck

3.2.4.1 Altholz

Bei Altholz handelt es sich um Holz, das bereits stofflich genutzt wurde. Die Nutzung im Energiesektor markiert das Ende des Nutzungsweges, nachdem das Holz beispielsweise schon im Bausektor oder als Verpackungsmaterial genutzt wurde. Ein Großteil des Altholzaufkommens wird bereits in Holzkraftwerken und Müllverbrennungsanlagen energetisch genutzt. Ein kleinerer Anteil wird auch stofflich weiter verwertet. Das **technische** Brennstoffpotenzial, ist mit starken Unsicherheiten behaftet, da in der hier zitierten Untersuchung Datenlücken auftraten und die Stoffströme sich nur schwer abschätzen lassen (Agentur für Erneuerbare Energien, 2013). In Einbeck liegt das heruntergerechnete technische Potenzial bei 16,25 GWh/a.

3.2.4.2 Industrierestholz

Industrierestholz fällt bei der Bearbeitung von Waldholz als Nebenprodukt an. Es handelt sich dabei u.a. um Sägespäne / Sägemehl, Holzhackschnitzel und Rinde. Teilweise werden die Nebenprodukte direkt im Betrieb zur Wärme- oder Stromerzeugung genutzt, wie z.B. bei Betrieben in der Zellstoffindustrie, die einen hohen Wärmebedarf aufweisen. Zusätzlich wird mit rund 2/3 des Gesamtaufkommens ein großer Anteil des Industrierestholzes der stofflichen Nutzung zugeführt.

Die Abschätzung erfolgt im Energieatlas auf Basis von Kennzahlen zu den Anteilen der Reststoffe, die je nach Produktionsprozess unterschiedlich ausfallen. Zusätzlich ist zu beachten, dass Industrierestholz viel über die

Grenzen der Bundesländer im- und exportiert wird. Das **technisches** Brennstoffpotenzial ist wie das Altholzpotezial mit großen Unsicherheiten behaftet (Agentur für Erneuerbare Energien, 2013). Das heruntergerechnete technische Potenzial von Industrierestholz in Einbeck umfasst 3,48 GWh/a.

3.2.4.3 Forstwirtschaftliche Biomasse

Unter der forstwirtschaftlichen Biomasse wird das energetisch nutzbare Waldholz gefasst, das den Wäldern nachhaltig entnommen werden kann. Beim Waldrestholz handelt es sich um die Nebenprodukte der Holzernte im Wald. Vor allem Schlagabraum aus dem Ast- und Kronenbereich, der sich auf Grund der Größe nicht zur stofflichen Nutzung eignet, fällt unter diese Kategorie. Zusätzlich zum Waldrestholz kann auch bisher ungenutzter Holzuwachs verwendet werden. Der bisher ungenutzte Anteil ergibt sich aus der Biomasse, die jährlich nachwächst und bisher weder stofflich noch energetisch verwendet wird. Das Brennstoffpotenzial wird durch den Anteil gemildert, der als Totholz im Wald verbleibt, um den Nährstoffhaushalt und die Biodiversität des Ökosystems zu erhalten und einen Aufschlag, um eine nachhaltige Forstwirtschaft sicherzustellen. Holzuwachs auf Flächen in Naturschutzgebieten wird von der Nutzung ausgeklammert. Außerdem muss ein Anteil von 10 Prozent ungenutzt bleiben, um eine nachhaltige Forstwirtschaft beizubehalten. Das **technische** Brennstoffpotenzial des ungenutzten Holzuwachses wird in Einbeck mit 16,6 GWh/a beziffert (Agentur für Erneuerbare Energien, 2013).

3.2.4.4 Stroh

Die Potenziale einer Strohverbrennung werden auf Basis einer bundesweiten Studie des Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) (Zeller, et al., 2011) erfasst. Auf Landkreisebene wird untersucht welches Potenzial nachhaltig zur Verfügung steht und abgeschichtet welches Potenzial nutzbar ist. Das Potenzial ist davon abhängig, wie viel Fläche für welche Fruchtarten genutzt wird und welches Korn-Stroh Verhältnis vorliegt. Außerdem wird einbezogen, dass die Bergung nur zu einem gewissen Grad möglich ist und Teile Strohmenge auch in der Tierhaltung genutzt werden. Bei der Angabe des nachhaltigen Potenzials wird berücksichtigt, dass auch anderweitige stoffliche Nutzungen bestehen und der Boden in einer ausgeglichenen Bodenbilanz bewirtschaftet werden kann. Die Humusbilanz wird jeweils mit einer statischen und einer dynamischen Methodik berechnet, weswegen die Potenziale mit einer unteren und oberen Grenze angegeben werden.

In der Stadt Einbeck ist ein Strohpotenzial je nach Berechnungsmethode von 32,7 – 91 GWh/a vorhanden.

Vor einer Umsetzung ist zu prüfen welcher Anteil des Potenzials wirtschaftlich erschließbar ist und wo eine Verkaufsbereitschaft vorliegt, um das verfügbare Potenzial zu ermitteln.

Technisch ist zu beachten, dass auf Grund des Chloridgehalts Hochtemperaturkorrosion auftreten kann, wenn nicht entsprechend angepasste technische Maßnahmen ergriffen werden. Auf Grund der geringen volumetrischen Energiedichte muss im Detail geprüft werden, ob der nötige Anlieferverkehr umsetzbar ist und Akzeptanz in der Stadtgesellschaft findet.

3.2.4.5 Biomethan

Zur Bestimmung des Gesamtbio gaspotenzials von Einbeck wird der energetische Gehalt des anfallenden Bio- und Grünabfalls, der tierischen Exkremente und der Energiepflanzen bestimmt. Dazu wird zunächst der Biogas ertrag der verschiedenen Einsatzsubstrate bestimmt und dann die lokal verfügbaren Potenziale berechnet. Das Gesamtbio gaspotenzial durch Biomethan liegt in Einbeck bei knapp 348 GWh/a.

Tabelle 3-2: Biomethanpotenzial für unterschiedliche Einsatzsubstrate und insgesamt in Einbeck

Einsatzsubstrat	Biomethanpotenzial [GWh/a]
Bio- und Grünabfälle	5,8
Energiepflanzen	339
Tierische Exkreme	3
Insgesamt	348

Gemäß Angaben des Kommunalen Bauhofs Einbecks sind im Mittel zwischen 2023 und 2024 674,5 t/a Grünschnitt angefallen. Von dem Landkreis Northeim wurden Daten für den Hausmüll und biologisch abbaubarem Müll geliefert. Insgesamt liegen dadurch 5.636 t/a an Bioabfällen für Einbeck vor. Für die Bioabfälle wird ein Ertrag von 92 Nm³ pro Tonne Festmasse verwendet (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, kein Datum). Für die Grünabfälle wird ein Biogasertrag von 2.904 Nm³ Methan pro Hektar angenommen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., kein Datum). Zur Berechnung des daraus resultierenden Energiepotenzials wird für 1m³ Methan ein Energiegehalt von 9,97 kWh verwendet (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., kein Datum). Das energetische Potenzial aus Einbeck Bio- und Grünabfällen liegt nach dieser Berechnung bei ungefähr 5,8 GWh/a.

Der Energiepflanzenmix in Niedersachsen besteht zu großen Mengen aus Mais, Zuckerrüben, Winterweizen und -gerste. Für Einbeck liegen Landwirtschaftliche Daten des Landesamts für Statistik Niedersachsen vor. In Einbeck wurde im Jahr 2024 Winterweizen, -gerste, Mais, Zuckerrüben und Feldgras angebaut. Diese wurden auf 14.730 Hektar angebaut und ein Ertrag von ca. 182.815 Tonnen generiert das ein Energiepotenzial von 339 GWh/a hat.

Zur Bestimmung des Biomethanpotenzials in Einbeck wird zudem der Viehbestand herangezogen. Die Anzahl an Tieren ist in Tabelle 3-3 dargestellt. Durch diese Tiere sind ungefähr 19.904 Tonnen (21.537 Nm³ Methan) tierische Exkreme pro Jahr vorhanden. Da laut Umweltbundesamt nur 30 % des anfallenden Wirtschaftsdüngers in Biogasanlagen verwendet werden, verringert sich die verfügbare Substratmenge zur energetischen Nutzung auf 5.971 t/a (6.461 Nm³ Methan/a) (Umweltbundesamt, 2019). Diese Menge hat ein Energiepotenzial von 3,05 GWh/a.

Tabelle 3-3: Tierbestand und Biogasertrag in Einbeck

	Tieranzahl/Tierplatz (TP)
Pferde	224 TP
Schweine	3.697 TP
Mastrind	3.731 TP
Legehennen	105.615 TP

3.2.4.6 Kurzumtriebsplantagen

Auf Kurzumtriebsplantagen werden schnellwachsende Hölzer angebaut, die nach einigen Jahren geerntet und energetisch verwertet werden. Der Ernterhythmus kann je nach Anbausorte und Zyklusansatz zwischen 2-20 Jahren variieren (Nordregio, 2018). Die Flächeneffizienz ist deutlich geringer als bei der direkten Nutzung der

Sonnenenergie durch Solaranlagen und benötigt daher bei gleicher Energiemenge viel mehr Flächen (Möhring, Maaß, Sandrock, Kromrey, & Vedel, 2022). Wie hoch das technische Potenzial ist, lässt sich im Rahmen dieser Studie nicht valide abschätzen, da für neue großflächige Projekte immer eine Abwägung zu anderen Bodennutzungen und Dialoge mit den Landbesitzenden stattfinden müssen.

Auf Grund der langsamen Umsetzungsgeschwindigkeit, des hohen Flächenbedarfs und der fehlenden Möglichkeit eine Abschätzung zum Potenzial abzugeben, werden die Einsatzmöglichkeiten der Kurzumtriebsplantagen nicht weiter ausgeführt.

3.2.4.7 Einordnung Biomassenutzung im Wärmesektor

Die energetische Nutzung von Biomasse steht in direkter Konkurrenz zum Nahrungsmittelanbau. Verschiedene Organisationen stufen die energetische Nutzung nicht länger als klimaneutral ein. Die Deutsche Umwelthilfe, das Öko-Institut, die NABU sowie die Bundesregierung bevorzugen die stoffliche und mehrheitliche Nutzung von Biomasse gegenüber der energetischen Nutzung (Öko-Institut e.V., kein Datum), (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 2023), (Ober & Werner, 2023), (Deutsche Umwelthilfe e.V., 2021). Diese wird nur empfohlen, wenn eine weitere stoffliche Nutzung nicht mehr möglich ist, oder für Rest-Abfallstoffe. Biomasse kann außerdem zur energetischen Nutzung eingesetzt werden, wenn die Nutzung von Alternativen bisher nicht möglich ist.

Die Deutsche Umwelthilfe formuliert darüber hinaus genauere Positionen bei dem Einsatz verschiedener Stoffe zur Gewinnung von Bioenergie (Deutsche Umwelthilfe e.V., 2021):

- Der Anbau von Energiepflanzen (Mais, Raps etc.) für die Bioenergiegewinnung sollten vermieden werden; Flächen lieber für eine umweltverträgliche Nahrungsmittelerzeugung nutzen oder zur Installation von EE
- Holz sollte stofflich genutzt werden und erst am Ende einer möglichst langen Produktnutzung verbrannt werden
- Moore, naturnahe Wälder und Grünland sollten nicht für Bioenergie genutzt werden
- Stroh sollte nicht verbrannt werden
- Bioabfälle sollen vergoren und dann kompostiert werden
- Wirtschaftsdünger sollte immer vergoren und dann kompostiert werden
- Klärschlamm sollte vergoren werden

Die Deutsche Umwelthilfe lehnt die energetische Nutzung von importiertem Holz (auch wenn es sich um Restholz handelt) ab. Eine stoffliche Nutzung von Industrierestholz ist immer zu bevorzugen. Am Ende des Produktlebenszyklus empfiehlt die DUH die energetische Nutzung (Deutsche Umwelthilfe e.V., 2021). Durch den Klimawandel wird der Holzbestand immer mehr verringert. Seit 2018 nimmt laut dem Statistischen Bundesamt nicht nur der Holzabschlag, sondern auch die Menge des Schadholzeinschlags immer mehr zu. Zusätzlich steigt der Baumverlust immer mehr. Rund 5 % der gesamten Waldflächen in Deutschland sind zwischen Januar 2018 bis einschließlich April 2021 vertrocknet³.

Nach der Einordnung der jeweiligen Stoffe durch die Umweltverbände, sind einige Potenziale zu vernachlässigen. Nur wenige pflanzliche Stoffe werden zur energetischen Nutzung empfohlen, diese sind in folgender Abbildung aufgeführt. Die durch die Umweltverbände empfohlenen Stoffe setzen sich aus den tierischen Exkrementen, Altholz sowie Bio- und Grünabfall zusammen. Das Biogaspotenzial sinkt auf 8,8 GWh/a, da der Anbau von Energiepflanzen von den Umweltverbänden nicht empfohlen wird. Insgesamt bleibt für Einbeck ein Gesamtpotenzial von 28,5 GWh/a bestehen.

³ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2022)

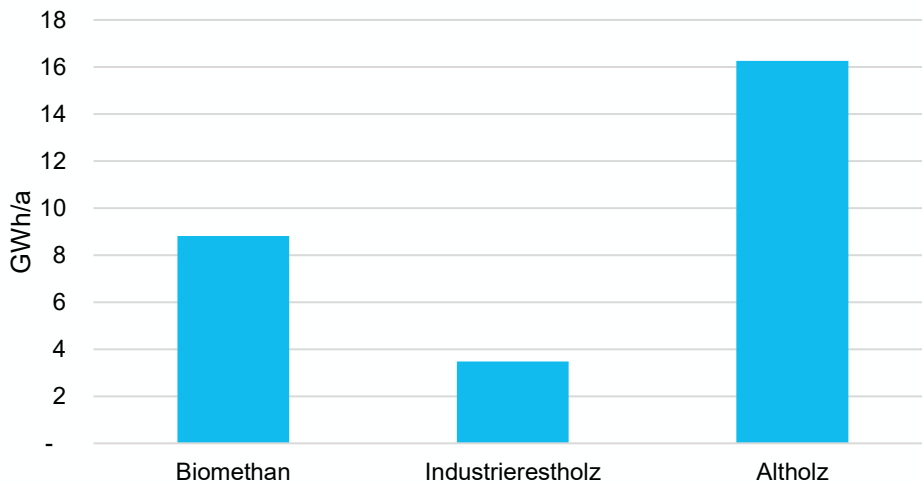


Abbildung 3-5: Bioenergie Potenzial nach Einordnung der Umweltverbände von Einbeck in GWh/a

3.2.5 Oberflächennahe Geothermie

Oberflächengeothermie bezieht sich auf die Nutzung der gespeicherten Wärmeenergie in den obersten Erdschichten, die bis zu einer Tiefe von 150 Metern reichen. Am häufigsten zum Einsatz kommen vor allem Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren: Während Erdwärmesonden tief in den Boden eindringen, um Wärme aufzunehmen, decken Erdwärmekollektoren größere Flächen in geringerer Tiefe ab.

In dieser Analyse wird sich auf das Potenzial von geothermischen Sonden beschränkt. Durch die vergleichsweise geringe Verlegetiefe der Erdkollektoren von 1-1,5 m im Untergrund kann deutlich weniger Fläche im Untergrund genutzt werden als bei Erdsonden. Die Leistung und der Ertrag je Fläche sind dadurch deutlich geringer und der Platzbedarf steigt gegenüber Erdsonden deutlich. Durch das großflächige Einbringen sind Erdkollektoren vor allem im Neubau eine Option, wenn sowieso größere Erd- oder Erschließungsarbeiten anstehen.

Das Potenzial der oberflächennahen Geothermie wurde nach Landesvorgaben ermittelt. Demnach sind je nach Sondenlänge 5 m Abstand zur Grundstücksgrenze sowie 5 m zur nächsten Bohrung, um thermische Beeinflussungen so weit wie möglich zu vermeiden. Zu Gebäuden wird pauschal ein Abstand von 2 m angesetzt. Exemplarisch ist das Vorgehen in folgender Abbildung dargestellt. Zu sehen sind die Ausschlussbereiche um die Gebäude und die notwendigen Abstände zur den Nachbarsgrundstücken. Auf Basis der Ausschlussbereiche und dem notwendigen Abstand der Sonden zueinander sind im gezeigten Beispiel bis zu 2 Sonden realisierbar. Diese Analyse wurde zu jedem Gebäude in Einbeck erstellt, um zu ermitteln wie viele Sonden zur Wärmeversorgung zur Verfügung stehen könnten und ob auf Basis der Entzugsleistungen (auf Basis der Wärmeleitfähigkeit) ausreichend Energie über das Jahr zur Versorgung der Gebäude aus dem Erdreich entzogen werden kann.

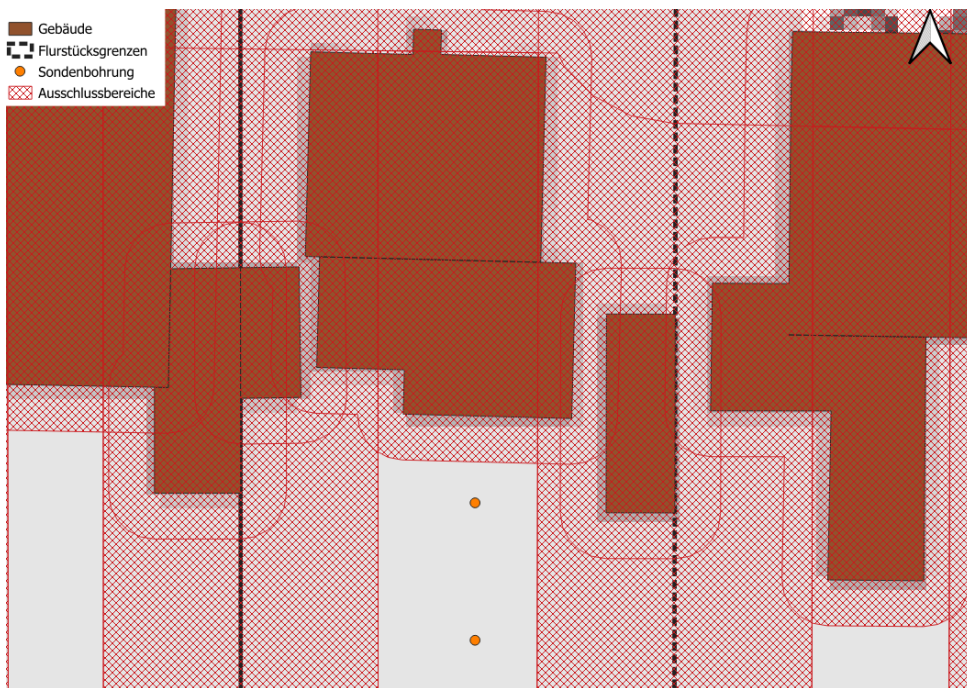


Abbildung 3-6: beispielhafte Darstellung der geothermischen Potenzialanalyse

Die Wärmeleitfähigkeiten sind für eine Tiefe bis zu 100 m in aus dem Landesportal entnommen. Die Wärmeleitfähigkeit ist ein Maß dafür, wie gut die Wärme im Boden geleitet bzw. verteilt wird. Bereiche mit hoher Wärmeleitfähigkeit sind vorteilhaft für die Nutzung von Geothermie, da sich der Wärmeentzug der Sonden auf eine größere Fläche verteilt und dem Boden somit mehr Energie entzogen werden kann bzw. die Sonden mit höherer Leistung betrieben werden können.

Die Potenzialermittlung basiert auf den Rechenvorschriften der VDI 4640. Gemäß der beschriebenen Abstandsflächen werden pro Flurstück die maximal mögliche Anzahl an Sonden angenommen und der Wärmeertrag dieser mit dem Wärmebedarf der Gebäude auf dem Flurstück verschnitten. Wenn durch den Einsatz der Sonden mehr als 50 % des Bedarfs gedeckt werden können, gilt ein Betrachtungsgebiet als bedingt geeignet, es wird eine Detailprüfung empfohlen. Unter 50 % wird keine Eignung ausgewiesen. Übertrifft der Deckungsbeitrag der Sonden nach der Grobanalyse 100 % des Bedarfs, sind die Flurstücke „vermutlich geeignet“ für Erdwärmesonden. Die Ergebnisse bilden nur eine grobe Einordnung der Verfügbarkeit und Größenordnung ab. Mit steigender Anzahl der Sonden werden neben der Abschätzung noch weitere spezifische Untersuchungen für Sondenfelder auf Basis der Sondenabstände und Bohrtiefen empfohlen. Bei größeren Projekten sollten zudem zu Beginn Geothermal Response Tests durchgeführt werden, um die Annahmen aus dem Untergrundmodell zu prüfen und ggf. rechtzeitig die Auslegung anzupassen.

Nahezu das gesamte Stadtgebiet von Einbeck liegt innerhalb eines Nutzungseingeschränkten Bereichs. Der Betrieb entsprechender Anlagen kann dort eingeschränkt werden. In jedem Fall ist eine Einzelfallprüfung durch die zuständige Untere Wasserbehörde erforderlich.

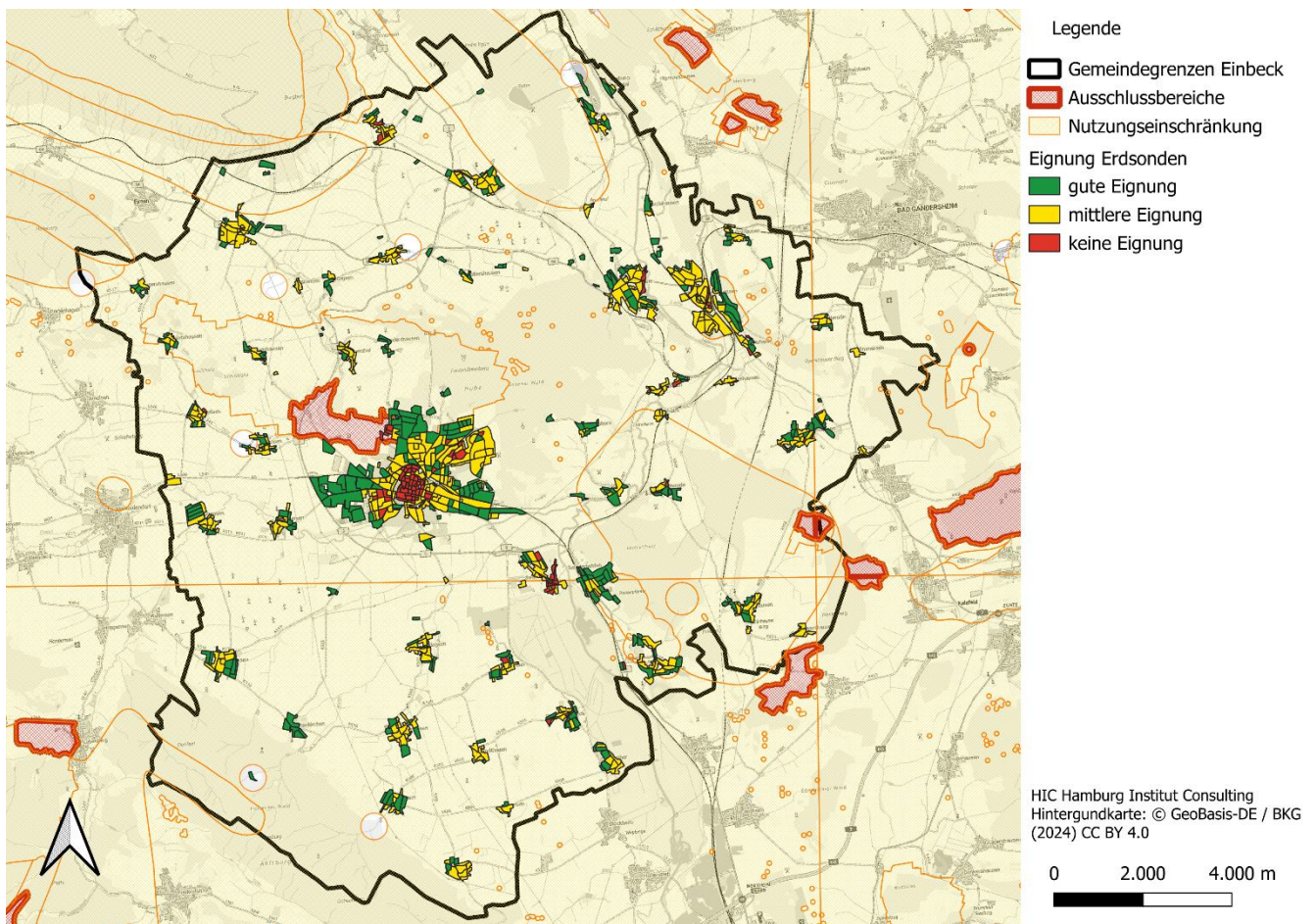


Abbildung 3-7: Durchschnittliche Eignung für oberflächennahe Geothermie auf Baublockebene

3.2.6 Tiefe Geothermie

Es stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, um geothermische Energie zu nutzen. Die Wahl des Verfahrens hängt von den geologischen Gegebenheiten und den Anforderungen des Projekts ab und wird entsprechend der erschlossenen Tiefe unterschiedlich definiert. In Deutschland werden im Allgemeinen Verfahren der tiefen Geothermie (> 400 m Tiefe) von Verfahren der oberflächennahen Geothermie (< 400 m Tiefe) unterschieden. Der Tiefenbereich von 400 m bis etwa 1.000 m wird gelegentlich auch als "Mitteltiefe Geothermie" bezeichnet. Nutzungskonzepte für die Tiefengeothermie umfassen dabei sowohl offene Systeme (hydrothermale und petrothermale Systeme) als auch geschlossene Systeme (tiefe Erdwärmesonden). (Sandrock, Maaß, Weisleder, Westholm, & Schulz, 2020)

Die Eignung eines Verfahrens für die Nutzung der tiefen Geothermie wird durch die Beschaffenheit des Gesteins bestimmt. Insbesondere poröse Sandsteine sowie Karbonatgesteine, die verkarsten können, wie Kalk- und Dolomitsteine, sind hervorragend für die hydrothermale Geothermie geeignet. Bei dieser Methode dient natürlich vorkommendes heißes Wasser als Wärmeträger. Die geeigneten Gesteinsarten für die hydrothermale Geothermie sind idealerweise in Tiefen ab etwa 2 km verfügbar.

Um die potenzielle Wärme des Untergrunds in den Gesteinsschichten nutzen zu können, ist es notwendig, auf heißes Wasser mit einer entsprechenden Temperatur und Fließgeschwindigkeit zu treffen. Um die Wärmeenergie des Reservoirs zu erschließen, bedarf es einer entsprechenden Förderung an die Erdoberfläche

über eine Förderbohrung und einer Rückführung durch eine Injektionsbohrung. (Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, 2024)

In Einbeck liegt laut dem Geothermischen Informationssystem (GeotIS) des Instituts für Angewandte Geophysik ein vermutetes hydrothermales Potenzial vor (Agemar, et al., 2014).

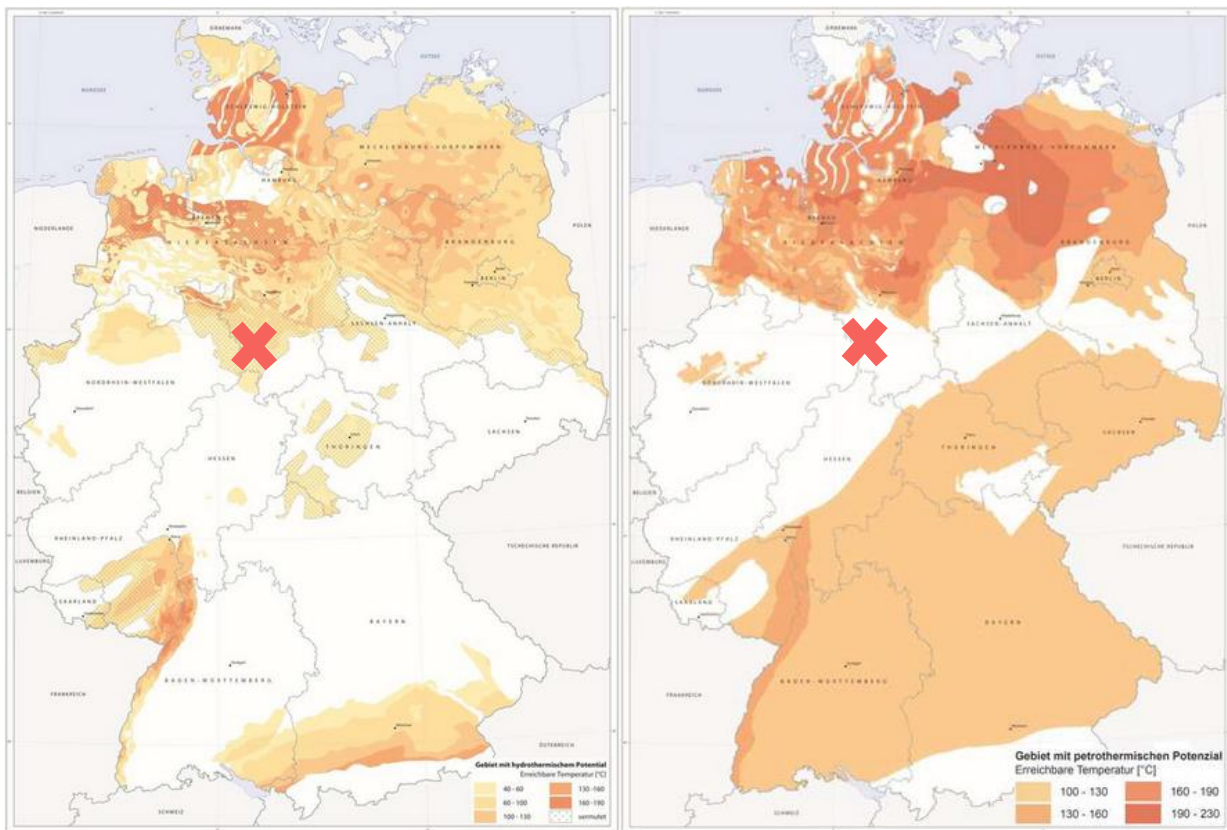


Abbildung 3-8: Eignungskarte für tiefe Geothermie in Deutschland (links: Hydrothermal, rechts: Petrothermal)

Die Potentialabschätzung für die hydrothermalen Nutzung erfolgt nach dem Berechnungsverfahren von Jochum et al. (Jochum, et al., 2017). Dafür werden die in Tabelle aufgeführten pauschalen Annahmen sowie die in Tabelle gezeigten, recherchierten Rahmenparameter verwendet, um eine Potentialabschätzung vorzunehmen.

Tabelle 3-4: Verwendete Annahmen nach Jochum et al. (Jochum, et al., 2017) zur Abschätzung des Wärmemengenpotenzials aus der Nutzung hydrothermalen Tiefengeometrie für die Wärmeversorgung in Einbeck. Die in Klammern aufgeführten Werte werden verwendet, um Sensitivitätsanalysen durchzuführen und einen entsprechenden Lösungsraum an abgeschätzten Potentialen aufzuspannen.

Annahmen	Wert	Einheit
Vollaststunden (VLH)	3000	[-]
Spezifische Wärmekapazität des geförderten Thermalwassers	4000	J/(kg*K)
(Re)Injektionstemperatur des abgekühlten Thermalwassers	50	°C

Pauschalzuschlag der mittels GeotIS ermittelten Untergrenze der Fördertemperatur des Thermalwassers	15	°C
Vereinfacht angenommener Massenstrom für hydrothermale Nutzung im norddeutschen Becken	35	kg/s

Aufgrund mangelnder Datenlage zum hydrothermalen Massenstrom im Gebiet um Einbeck wird von dem, nach Jochum et al. (Jochum, et al., 2017) angenommenem Minimalwert für das Norddeutsche Becken ausgegangen. Die im Endeffekt ermittelten Potenziale könnten daher höher ausfallen. Essenziell dabei ist die Tatsache, dass es sich nur um eine vereinfachte Abschätzung handelt und die tatsächlich zu erwartenden Energiemengen nur durch standortbezogene Probebohrungen verlässlich einzugrenzen sind. Der ermittelte Potentialbereich sollte demnach vor allem als Entscheidungshilfe dienen, die Wärmegewinnung durch tiefe Geothermie grundsätzlich in Betracht zu ziehen, oder vorweg auszuschließen.

[Tabelle Tabelle 3-5](#) listet die durch GeotIS (Agemar, et al., 2014) ermittelten Thermalwassertemperaturen im Untergrund auf. Um einen umfassenderen Eindruck zu vermitteln, sind dabei Werte für die Tiefen, 1000, 1500, 2000, 2500 und 3000 Metern angegeben. Dabei ist jedoch zu beachten, dass nach (Thomsen & Dr. Liebsch-Dörschner, 2014), die Wahrscheinlichkeit geeigneter Permeabilität der Nutzhorizonte im Allgemeinen auf Tiefen bis 2500m beschränkt ist, lokal auch tiefer.

[Tabelle 3-5: Maximalwerte der Thermalwassertemperaturen im tiefen Untergrund in einem Umkreis von 15km um Einbeck: Ermittelt unter der Verwendung von GeotIS \(Agemar, et al., 2014\)](#)

Rahmenparameter	Wert	Einheit
Thermalwassertemperatur in 1000m Tiefe	46 ± 4	°C
Thermalwassertemperatur in 1500m Tiefe	61 ± 5	°C
Thermalwassertemperatur in 2000m Tiefe	68 ± 5	°C
Thermalwassertemperatur in 2500m Tiefe	79 ± 6	°C
Thermalwassertemperatur in 3000m Tiefe	88 ± 6	°C

Unter der Annahme, dass geeignete Standorte zur Verfügung stünden, wird die erwartende Wärmemenge aus der Nutzung hydrothermalen Tiefengeothermie bestimmt. Als Berechnungsgrundlage dient dabei die von Jochum et al. entwickelte Methode. Die Werte aus [Tabelle](#) aufgeführten Thermalwassertemperaturen werden zusammen mit einer (Re)Injektionstemperatur von 50 °C verwendet und 3000 Vollaststunden betrachtet (siehe [Tabelle](#)). Die Bohrtiefe beträgt zwischen 1.500 und 3.000 m. Je nachdem, wie tief die Bohrungen sind, ergibt sich auf Grund der unterschiedlichen Temperaturvoraussetzungen ein Potenzial von 8 bis 20 GWh.

3.2.7 Oberflächengewässer

Prinzipiell lassen sich Oberflächengewässer sehr gut thermisch nutzen, da sie eine gewisse Trägheit im Temperaturverlauf über das Jahr hinweg aufweisen und auch in den Wintermonaten Wärme liefern können. Hierzu ist eine Wärmepumpe erforderlich, welche die Umweltwärme auf das erforderliche Temperaturniveau anhebt.

Bei der Ausführung solcher Systeme werden zwei Varianten der Oberflächenwasser-Wärmepumpe unterschieden. In offenen Systemen wird dem Oberflächengewässer Wasser entnommen, das durch den Wärmetauscher geleitet wird. In geschlossenen Systemen befindet sich der Wärmetauscher direkt im Gewässer.

Das geschlossene System besteht aus einem Kollektor, der direkt im Gewässer eingebracht wird. Die Designmöglichkeiten eines solchen Wärmetauschers direkt im Gewässer sind vielfältig (Schwinghammer, 2012). In dieser Konfiguration wird kein Wasser aus dem Gewässer entnommen. Es liegt dennoch eine Benutzung im Sinne von § 9 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vor, da auch das „Einbringen von Stoffen in Gewässer“ eine Benutzung ist (Berger, 2011). Die Genehmigung eines geschlossenen Systems kann herausfordernd sein, da es in Deutschland keine einheitliche Regelung, weder auf Länder- noch auf Bundesebene, gibt. Ein Nachteil ist, dass mit einer gesteigerten Verschmutzung des Wärmetauschkollektors gerechnet werden muss im Vergleich zu einem offenen System, da eine Filterung des Wassers vor Durchströmung des Wärmetauschers im offenen Gewässer in der Regel nicht umgesetzt wird.

Das offene System ist baulich aufwendiger als das geschlossene System. Das Wasser wird in einer bestimmten Gewässertiefe entnommen, an Land in einen Wärmetauscher geleitet und abgekühlt wieder ins Gewässer eingeleitet. Es wird eine wasserrechtliche Erlaubnis nach § 9 WHG erforderlich. Auch hier besteht derzeit noch keine einheitliche Genehmigungspraxis.

Die Beeinflussung der Temperatur hat Auswirkungen auf die physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse im Gewässer wodurch eine Rückkopplung mit den Lebensbedingungen der Organismen vorliegt. Jeder aquatische Organismus weist einen optimalen Temperaturbereich auf, außerhalb dessen Stress oder Lebensgefahr droht. Jedoch sind die thermischen Grenzen von mehreren Faktoren abhängig u.a.:

- Entwicklungsstadium
- Akklimatisierung
- Jahreszeit
- Verfügbarkeit von Sauerstoff
- Auftreten von Schadstoffen und Parasiten
- Interaktion mit anderen Organismen

Im generellen sind Mikroorganismen resistenter als Makroorganismen, wie zum Beispiel Fische. In diesem Zusammenhang ist eine Erwärmung des Flusses besonders kritisch, da sich viele Organismen sich bereits an ihrer thermischen Grenzen befinden. Durch zusätzliche Erwärmung durch Kühlsysteme im Sommer wird der thermische Grenzbereich nach oben gesprengt, wodurch die Lebenslage der aquatischen Organismen stark bedroht wird. (Gaudard, Schmid, & Wuest, 2017).

Die Auskühlung der Gewässer kann als weniger kritisch angesehen werden vor dem Hintergrund der zunehmenden Erwärmung durch den Klimawandel und den begrenzten Temperaturbereichen einer Wärmepumpe. Um Vereisungen vorzubeugen, wird die Wärmepumpe ohnehin nicht bei Temperaturen unterhalb einer Schwelltemperatur betrieben (meist 3 bis 5 °C). Resultierend ist die Gefahr geringer, dass die anthropogene Temperaturveränderung außerhalb der Grenzbereiche liegt. Nichtsdestotrotz wird der Fluss

durch die Wärmepumpe beeinflusst, wodurch in jedem Fall eine **gründliche Untersuchung und Modellierung** der lokalen Gegebenheiten notwendig sein wird (Gaudard, Schmid, & Wuest, 2017).

Zur maximal erlaubten Auskühlung eines Flusses gibt es keine allgemeine Regelung auf Ebene des Bundes, weshalb Annahmen für die Potenzialanalyse getroffen werden müssen. Als Bezug kann die Oberflächengewässerverordnung genutzt werden, die bislang nur das Einleiten von Wärme in einen Fluss regelt. Als konservative Annahme können deswegen die zulässigen Aufwärmspannen gem. der Oberflächengewässerverordnung als „Abkühlspannen“ interpretiert werden. Die maximal zulässige Aufwärmspanne beträgt 3 °C und in Forellenregionen 1,5 °C. Diese Spannen müssen ganzjährig eingehalten werden, wodurch es dazu kommen kann, dass die Groß-Wärmepumpe in Zeiten geringeren Durchflusses in der Teillast betrieben werden muss (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2024).

In der vorliegenden Potenzialanalyse wird in Einbeck das Potenzial der Ilme und der Leine berücksichtigt. Die Ilme hat eine Länge von 32,6 km und mündet in die Leine. Die Leine durchfließt dann mit einer Länge von 280 km neben Einbeck u.a. auch Göttingen und Hannover und mündet in die Aller.

Der mittlere niedrigste Durchfluss gleichartiger Zeitabschnitte (MNQ) beträgt:

- 2.261 m³/h in der Ilme (Messstation in Oldendorf)
- 11.232 m³/h in der Leine (Messstation Leineturm)

In Tabelle 3-6 sind die zu erwarteten Temperaturveränderung des Gesamtgewässers in K in Abhängigkeit der prozentualen Entnahmemenge und Temperaturspreizung im Wärmepumpen-Kreislauf abgebildet (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FfE), 2024; Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz, 2024).

Tabelle 3-6: Temperaturveränderung der gesamten Ilme in K in Abhängigkeit der prozentualen Entnahmemenge des mittleren niedrigsten Durchflusses gleichartiger Zeitabschnitte (MNQ) und Temperaturspreizung im Wärmepumpen-Kreislauf (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FfE), 2024)

2a) Entnahmestrom entspricht 5 % des MNQ

2b) Entnahmestrom entspricht 10 % des MNQ

2c) Entnahmestrom entspricht 20 % des MNQ

Auskühlung des Entnahmestroms	Auskühlung des Flusses	Auskühlung des Entnahmestroms	Auskühlung des Flusses	Auskühlung des Entnahmestroms	Auskühlung des Flusses
1 K	0,05 K	1 K	0,1 K	1 K	0,2 K
2 K	0,1 K	2 K	0,2 K	2 K	0,4 K
3 K	0,15 K	3 K	0,3 K	3 K	0,6 K
4 K	0,2 K	4 K	0,4 K	4 K	0,8 K
5 K	0,25 K	5 K	0,5 K	5 K	1 K
6 K	0,3 K	6 K	0,6 K	6 K	1,2 K

Da für Leine und Ilme keine Messdaten zur Temperatur vorlagen, wurde vereinfachend angenommen, dass die Temperaturdaten der Fulda näherungsweise auch für diese Gewässer gelten. Mittels Messdaten zum Durchfluss wurde eine Lastganganalyse für die prozentualen Wasserentnahmen von 5 % (113 m³/h), 10 % (226 m³/h) und 20 % (452 m³/h) des MNQ durchgeführt. Gemäß der Tabelle 3-6 sind bei diesen Entnahmemengen keine Auskühlungen größer als 1,5 K zu erwarten, wodurch die definierten Auskühlspannen eingehalten

werden. In Abbildung 3-9 sind die Messdaten zur Wassertemperatur dargestellt. Für die Lastganganalyse wurde der Mittelwert der Jahre 2022 bis 2025 verwendet. (Wasser- und Schifffahrtsamt Weser)

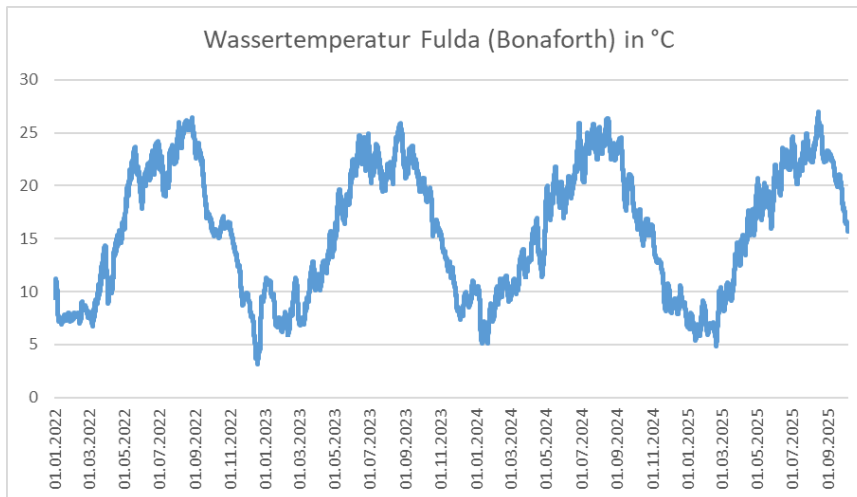


Abbildung 3-9: Monatlich durchschnittliche Wassertemperaturen der Fulda bei der Messstation Bonaforth für die Jahre 2022 bis 2025

Für die Lastganganalyse wurde eine untere Temperaturschwelle des Entnahmestroms von 3 °C angenommen. Die monatlichen mittleren Wassertemperaturen wurden auf Stundenwerte heruntergerechnet. In Abbildung 3-10 sind die jährlich erreichbaren Erzeugungsmengen dargestellt. Der schraffierte Bereich stellt das maximal mögliche Potenzial dar, wenn die Wärme aus dem Entnahmestrom auch im Sommer komplett abgenommen werden kann. Der untere, gefüllte Bereich der Balken zeigt die Wärmemenge an, die im Verschnitt mit dem Bedarf eines synthetischen Lastgangs entnommen werden kann. Dies basiert auf der Annahme, dass der Wärmebedarf proportional zum verfügbaren Wärmepotenzial aus dem Entnahmestrom skaliert. **Die Schraffierung spiegelt das Potenzial des Sommers wider, welches nicht genutzt werden kann, da die Wärme nicht verwertet werden kann.** Welche Auskühlung und welcher Entnahmestrom in Einbeck umgesetzt werden kann sowie welche genehmigungsrechtlichen Anforderungen erfüllt werden müssen, muss in einer Detailplanung (z.B. Machbarkeitsstudie) ermittelt werden. Die hier dargestellten Werte geben eine Indikation an und sind ausschließlich entsprechend der getroffenen Annahmen und Restriktionen bei der Datengrundlage zu interpretieren.

Es zeigt sich, dass beide Gewässer für eine thermische Nutzung des Flusswassers geeignet wären. Die Leine weist aufgrund höherer Durchflüsse aber ein größeres Potenzial auf. Aufgrund ihrer Lage außerhalb der Kernstadt Einbecks bietet sich die Integration der Flusstermie zur Wärmeversorgung eines Teilgebiets nur bedingt an. Die Ilme ist deutlich besser gelegen, bietet allerdings ein geringeres Potenzial.

Da Einbeck nicht die einzige Kommune ist, durch die die Leine fließt, kann es hier zu Wechselwirkungen mit anderen Kommunen kommen, die ebenfalls die Leine thermische nutzen wollen. Aktuell ist noch ungewiss, in welchen Maße diese Wechselwirkungen auftreten könnten. Da jeder Fluss einzigartig ist, ist zur Beurteilung ist in jedem Fall eine hydrodynamische und thermische Simulation notwendig. Zudem sollte eine interkommunale Kommunikation in diesem Bezug stattfinden. Bei der Ilme ist keine Nutzung durch eine andere Kommune zu erwarten. Da sie als Nebenfluss der Leine in diese mündet, kann eine thermische Nutzung der Ilme jedoch zu Wechselwirkungen mit anderen Kommunen entlang der Leine führen.

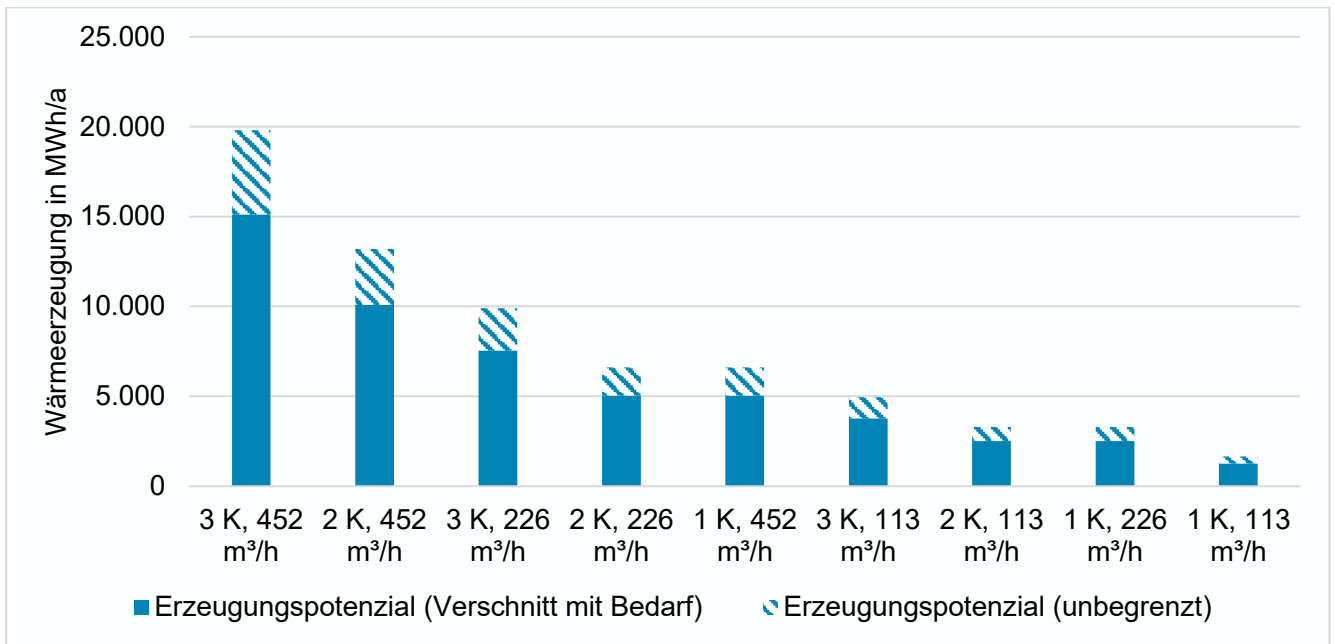


Abbildung 3-10: Thermisches Erzeugungspotenzial der Ilme in Einbeck über Auskühlungen des Entnahmestroms bis zu 6 K und Entnahmemengen bis zu 20 % des MNQ. (Schraffierung: Maximal mögliches Potenzial, wenn die Wärme aus dem Entnahmestrom auch im Sommer komplett abgenommen wird; Unterer Bereich der Balken: Die Wärmemenge, die entnommen werden kann im Verschnitt mit dem Bedarf. Dies basiert auf der Annahme, dass der Wärmebedarf proportional zum verfügbaren Wärmepotenzial aus dem Entnahmestrom skaliert.)

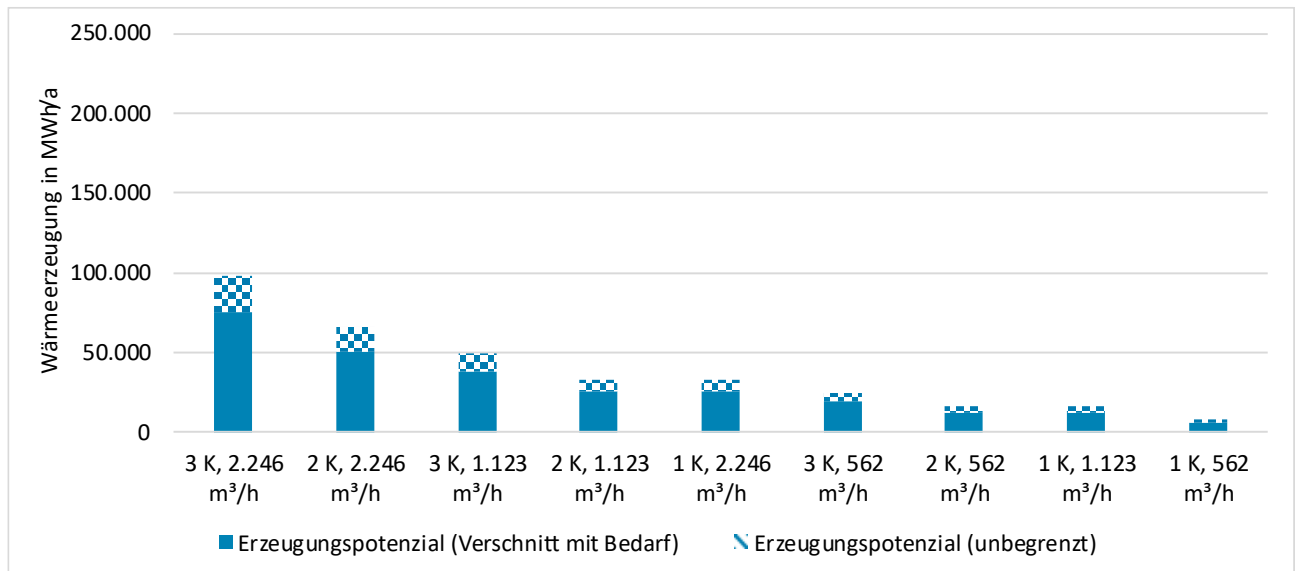


Abbildung 3-11: Thermisches Erzeugungspotenzial der Leine in Einbeck über Auskühlung des Entnahmestroms bis zu 3 K und Entnahmemengen bis zu 20 % des MNQ. (Schraffierung: Maximal mögliches Potenzial, wenn die Wärme aus dem Entnahmestrom auch im Sommer komplett abgenommen wird; Unterer Bereich der Balken: Die Wärmemenge, die entnommen werden kann im Verschnitt mit dem Bedarf. Dies basiert auf der Annahme, dass der Wärmebedarf proportional zum verfügbaren Wärmepotenzial aus dem Entnahmestrom skaliert.)

3.2.8 Umgebungsluft

Zentrale Umgebungsluft

Während **zentrale** Umgebungsluft-Großwärmepumpen etwa in Dänemark bereits eine etablierte Technologie sind, ist diese Technologie in Deutschland noch nicht weit verbreitet. Das Prinzip von Umgebungsluft-Großwärmepumpen unterscheidet sich generell nicht von der dezentralen Variante: Aus der Umgebungsluft wird die Wärme entzogen und durch den thermochemischen Kreisprozess auf das notwendige Temperaturniveau angehoben. Abhängig von der Wahl des Kältemittels können Vorlauftemperaturen von bis zu über 115 °C erreicht werden.

Die Erzeugung mittels Groß-Wärmepumpen und der Wärmequelle Umgebungsluft wurde innerhalb der Analyse nicht quantifiziert, da der Einsatz dieser Variante auch schon bei kleineren Flächen (z.B. ungenutzte Parkplätze) zum Einsatz kommen kann. Resultierend ist eine Bewertung auf der Flughöhe der kommunalen Wärmeplanung nicht zielführend, da theoretisch für jedes Wärmenetz für die Grund- und Mittellast eine Groß-Wärmepumpe mit der Wärmequelle Umgebungsluft zum Einsatz kommen könnte, sofern keine effizienteren Alternativen vorliegen. **Das Potenzial der der Umgebungsluft-Großwärmepumpen ist somit direkt abhängig von dem Wärmebedarf der Wärmenetze.** Es liegt **keine natürliche Restriktion** des Potenzials vor, wie dies zum Beispiel durch den Durchfluss eines Flusses bei der Flussthermie gegeben ist.

Dezentrale Umgebungsluft – Luftwärmepumpen

Luftwärmepumpen entziehen der Umgebungsluft Wärme auf Außenlufttemperaturniveau und heben diese Wärmeenergie auf ein für die Gebäudebeheizung und/oder Trinkwarmwasserbereitstellung nutzbares Temperaturniveau.

Nachteilig an einer Wärmeversorgung mit Luftwärmepumpen sind die niedrigeren Außentemperaturen während der Heizperiode in den Wintermonaten, da bei einem größeren Temperaturunterschied zwischen Ausgangsniveau und gewünschter Heiztemperatur mehr elektrische Energie notwendig ist. Dadurch ist die Effizienz von Luftwärmepumpen an kalten Tagen vermindert (Günther, et al., 2020).

Wärmepumpen bieten sich insbesondere bei niedrigen Ziel- bzw. Heiztemperaturen an, da der Temperaturhub hier besonders gering ausfallen kann. Eine geringe Temperaturspreizung zwischen Quell- und Zieltemperatur wirkt sich positiv auf die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe aus und führt damit zu einem geringeren Stromeinsatz in der Wärmebereitstellung. Durch einen Abgleich der Heizkurve auf den Wärmepumpenbetrieb, also einen Abgleich der Heizungsvorlauftemperatur auf die Außentemperatur bzw. auf die Heizlast, kann die Effizienz der Wärmepumpe erhöht werden.

Der Erfolgsschlüssel beim Rollout von Wärmepumpen im Bestand ist die Abstimmung zwischen Vorlauftemperaturen und individuellen Heizlasten in den Räumen eines jeden Gebäudes. Durch Teilsanierungen bzw. den Austausch einzelner Elemente wie Fenster oder Türen kann die Heizlast und folglich auch die Vorlauftemperatur abgesenkt werden, um einen effizienten Betrieb der Wärmepumpe zu ermöglichen.

Da die Heizkörperflächen in alten Systemen meistens überdimensioniert sind, kann die Wärmepumpe mit geringeren Vorlauftemperaturen betrieben werden als das alte Kesselsystem. In Einzelfällen müssen einige kritische Heizkörper getauscht werden, die die erforderliche Heizlast nicht mehr liefern können. Ein Austausch oder eine Umstellung des gesamten Heizkörpersystems kann in der Regel aber vermieden werden (Günther, et

al., 2020). Wenn aus bestimmten Gründen, wie z.B. Denkmalschutz, keine (Teil-)Sanierung oder Umstellung der Heizkörper möglich ist, kann auf Hochtemperaturwärmepumpen zurückgegriffen werden, die auch Vorlauftemperaturen über 65 °C erreichen und damit wie konventionelle (fossile) Erzeuger im bestehenden Verteilsystem eingesetzt werden können.

Aus den Ergebnissen breit angelegter Feldtests von Wärmepumpen im Bestand lässt sich ableiten, dass es technisch wenig Begrenzungen für den Einsatz von Wärmepumpen im Bestand gibt. Auch in Gebäuden mit einem Heizenergieverbrauch von 140 kWh/m² (Baujahr 1981 unsaniert) konnte für die Luftwärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von 2,7 ermittelt werden (Günther, et al., 2020).

Neben den niedrigen Effizienzen im Winter kann der Einsatz von Wärmepumpen durch den Schallschutz begrenzt sein, da die Wärmepumpe im Betrieb je nach Last wahrnehmbare Schallemissionen aufweisen. Zur Gewährleistung des Immissionsschutzes wird die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm) gemäß Ziffer 6.1 herangezogen. In Bereichen, die als allgemeine Wohngebiete oder Kleinsiedlungen eingestuft sind, gelten bestimmte Lärmgrenzwerte, die tagsüber bei 55 dB(A) und nachts bei 40 dB(A) bezogen auf den Beurteilungspegel liegen. In reinen Wohngebieten sind diese Werte auf 50 dB(A) tagsüber und 35 dB(A) nachts reduziert. Für Kurgebiete sowie Krankenhäuser und Pflegeanstalten sind die niedrigsten Immissionsgrenzwerte vorgesehen, die tagsüber 45 dB(A) und nachts 35 dB(A) betragen (Bundes-Immissionsschutzgesetz, 2017 Neufassung).

Die Höhe der Schallemissionen lässt sich über die Kennzahl „Schalleistungspegel“ beurteilen. Ein niedriger Schalleistungspegel bedeutet, dass die Luftwärmepumpe eine geringere Schallimmission aufweist. Die genaue Beziehung zwischen den Schallemissionen und der erbrachten Leistung kann von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden, einschließlich der Bauweise und Qualität der Luftwärmepumpe, der Installation, der Umgebungsbedingungen und der Art der Nutzung (Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2023).

Die Abschätzung des Potenzials für die dezentrale Wärmeversorgung über Luft-Wärmepumpen erfolgt über einen Vergleich der von einer fiktiven Wärmepumpe verursachten Schallemissionen mit den zulässigen Grenzwerten. Für die Ermittlung wurden fiktive Emissionspunkte rund um jedes Gebäude ermittelt. Für jeden Emissionspunkt wurden Kollisionen in alle Richtungen ermittelt, die auftreten würden, wenn eine Wärmepumpe mit der notwendigen Leistung aufgestellt würde. Die Anzahl der Kollisionen bestimmt den Grad der Machbarkeit der Wärmepumpe an einem einzelnen Emissionspunkt. Für die Bewertung auf Gebäudeebene wurde der Median der Kollisionsbewertung über alle Emissionspunkte des Gebäudes gebildet. Diese Methodik bietet sich an, um in der Gesamtschau eines Gebietes einzelne kritische Teilgebiete zu identifizieren. Auch wenn ein Gebiet als gering geeignet gekennzeichnet ist, bedeutet dies nicht, dass eine Versorgung über eine Luft-Wärmepumpe unmöglich ist. Jedoch sollten ggf. Schallschutzmaßnahmen in Betracht gezogen werden.

In Abbildung 3-12 sind die Ergebnisse der Potenzialabschätzung dargestellt. Je dunkler der Farbton, desto geringer die Eignung von Luft-Wärmepumpen in dem Gebiet. Gebiete, die nicht farblich hervorgehoben sind, weisen grundsätzlich eine positive Eignung auf. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass Luft-Wärmepumpen besonders in den Strukturen der Mehrfamilienhäuser in Massen und der Innenstadt eine geringe Eignung aufweisen. All diese Bereiche sind im Detail gesondert zu prüfen und bei Bedarf durch andere Potenziale bzw. über Wärmenetze zu versorgen. Der Wärmebedarf aller geeigneten Gebäude summiert sich auf 350 GWh/a.

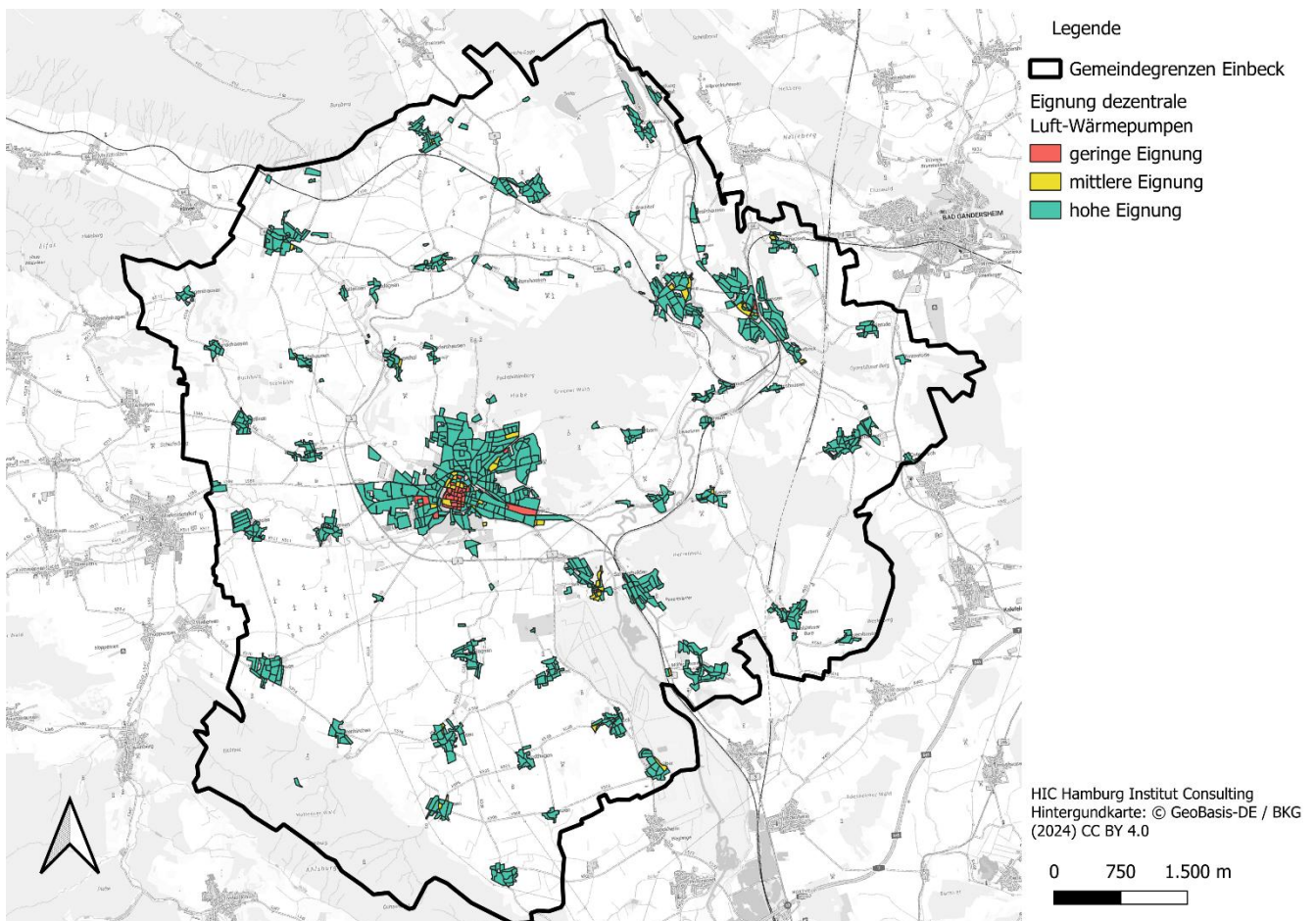


Abbildung 3-12: Kartografische Darstellung der Eignung von dezentralen Luft-Wärmepumpen in Einbeck

3.2.9 Grundwasser

Grundwasser-Wärmepumpen verwenden Brunnen, um das Grundwasser zu fördern. Ein Förderbrunnen pumpt das Wasser an die Oberfläche, wo es durch einen Wärmetauscher geleitet wird. Eine Wärmepumpe wird genutzt, um das Temperaturniveau weiter zu erhöhen. Anschließend wird das abgekühlte Wasser über einen Schluckbrunnen wieder in den Untergrund zurückgeführt. Diese Entnahme- und Rückführungsprozesse gewährleisten, dass das natürliche Gleichgewicht des Grundwassers nicht gestört wird. Generell können Grundwasser-Wärmepumpen dezentral in Haushalten oder für die zentrale Wärmeerzeugung für Wärmenetze eingesetzt werden.

Die Temperatur des Grundwassers liegt im Jahresdurchschnitt bei ca. 7 – 15 °C, wodurch die Wärmepumpe effizient betrieben werden kann und geringe Betriebskosten entstehen. Demgegenüber stehen höhere Investitionskosten und Einschränkungen bzgl. der lokalen geologischen Bedingungen.

Das Stadtgebiet Einbeck liegt im südlichen Niedersachsen und ist geologisch dem Feststeingebiet zuzuordnen. Die hydrogeologischen Verhältnisse sind wechselhaft und weisen einen komplexen Grundwasserstockwerksbau auf, sodass eine flächenhafte Darstellung einzelner Grundwasserkörper nicht möglich ist. Für die thermische Nutzung des Grundwassers eignen sich grundsätzlich Standorte mit einer hohen

Ergiebigkeit (meist Porengrundwasserleiter), einer hohen Grundwassermächtigkeit und niedrigem Grundwasserflurabstand. Dies sind Kriterien, die im Feststeingebiet nur eingeschränkt erfüllt werden.

Neben den hydrogeologischen Standortkriterien muss zudem die Grundwasserbeschaffenheit geeignet sein. In Einbeck zeigt die Analyse der Grundwasserbeschaffenheit ein differenziertes Bild: Die Mangan-, Eisen- und Aluminiumgehalte sind als unproblematisch einzustufen. Jedoch liegt der pH-Wert mit einem Maximum von 5,5 im sauren Bereich, was eine erhöhte Korrosionsgefahr für Anlagenkomponenten mit sich bringt. Folgende Eigenschaften wirken sich darüber hinaus generell problematisch aus:

- anthropogen verunreinigt (bspw. durch Altlasten)
- sauerstoffarm, mit hohen Eisen- und Mangankonzentrationen
- organisch stark belastet
- sehr gering mineralisiert, ohne ausreichende Pufferkapazität
- chloridreich oder hoch mineralisiert
- sehr hart
- CO₂-reich
- metallaggressiv

Aufgrund des niedrigen pH-Wertes wird die Grundwasserbeschaffenheit in Einbeck insgesamt als bedingt geeignet eingestuft. Zudem dürfen durch eine Anlage bestehende Anlagen Dritter weder hydraulisch noch thermisch beeinflusst werden.

Ergänzend wird geprüft, ob Reserve-Trinkwasserbrunnen potenziell für eine Wärmenutzung zur Verfügung stehen könnten. Im Ergebnis der kommunalen Wärmeplanung wird jedoch eingeschätzt, dass die Grundwasserwärme in Einbeck aufgrund der beschriebenen geologischen und hydrochemischen Rahmenbedingungen voraussichtlich keine entscheidende Rolle einnehmen wird.

In jedem Fall sind eine Einzelfallprüfung durch die untere Wasserbehörde sowie eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2019).

3.2.10 Kläranlagen

Die Temperatur von Abwasser schwankt ganzjährig lediglich in einem Bereich zwischen 10 und 20 °C. Dadurch kann es ganzjährig als eine zuverlässige Wärmequelle für eine Wärmepumpe dienen. Die Wärme aus dem Abwasser lässt sich dabei dezentral im öffentlichen Kanalnetz oder zentral an einer Kläranlage gewinnen. Bei der zentralen Variante wird die Wärme aus dem gereinigten Abwasser hinter einer Kläranlage entnommen und bei der dezentralen Variante wird ein großer Wärmeübertrager in die Kanalisation eingebracht, wodurch die Wärme direkt aus dem Abwasser der Kanalisation entzogen wird. Die Erschließungsoptionen sind abhängig von dem Durchmesser und der davon abhängigen Durchflussmenge des Abwassers. Im Folgenden wird das Potenzial beim Ablauf der Abwasserreinigungsanlage betrachtet.

In Einbeck sind mehrere Abwasserreinigungsanlagen vorhanden, die in Abbildung 3-13 dargestellt sind. Ein tatsächliches Wärmepotenzial wird aber nur für die Kläranlage in Einbeck Volksen prognostiziert. Hier findet zudem bereits eine Wärmenutzung statt.

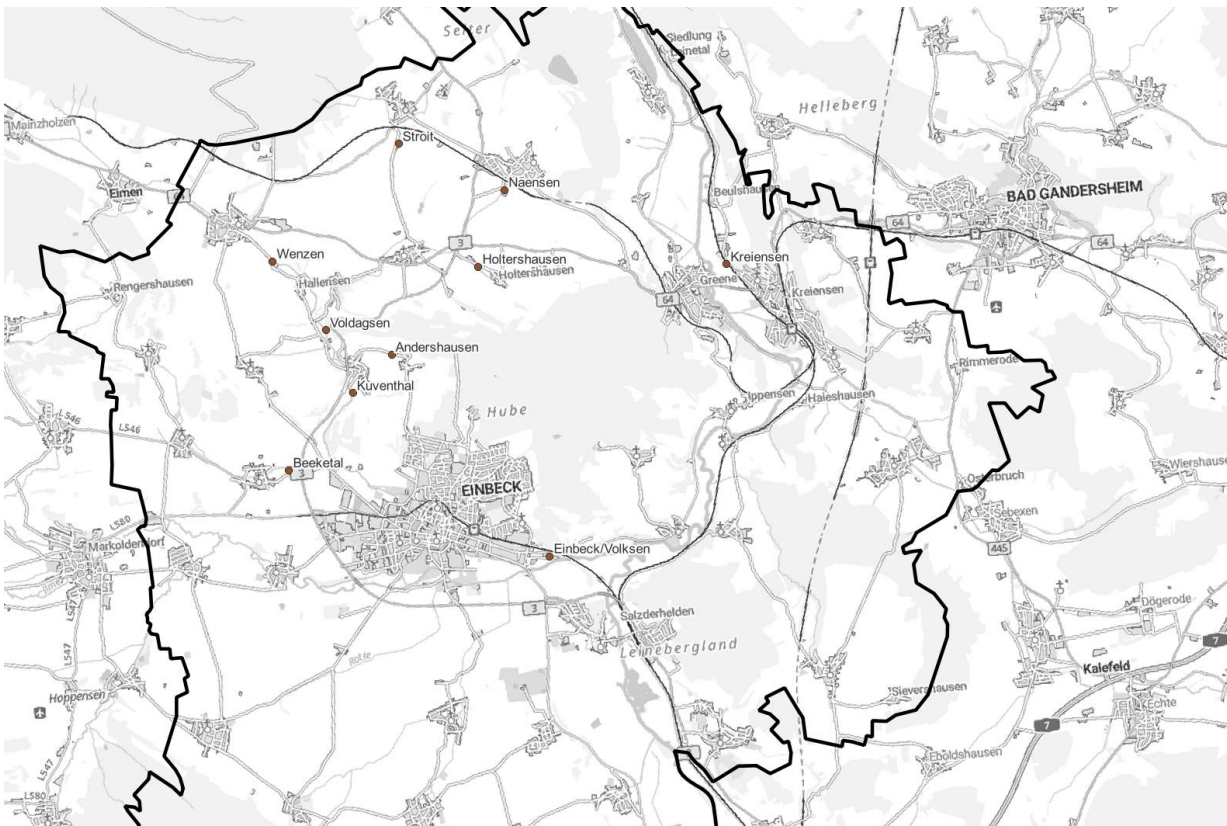
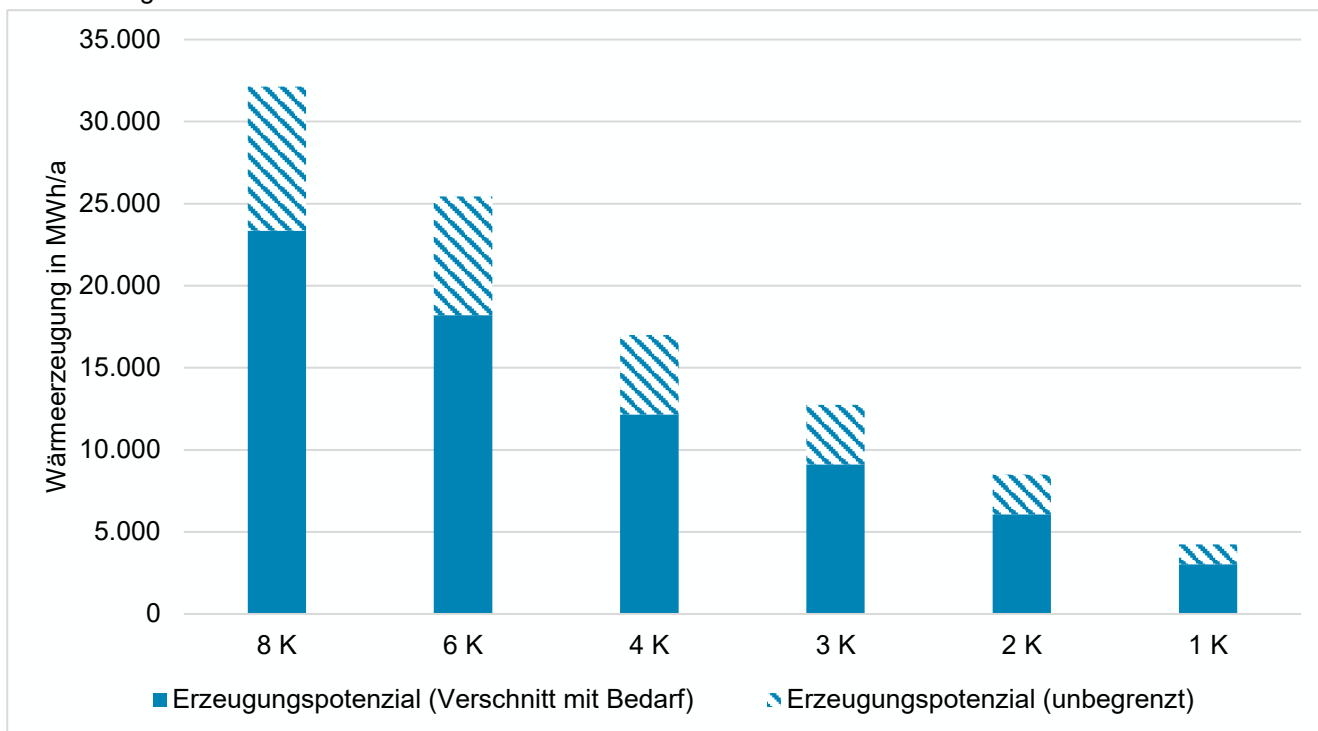


Abbildung 3-13: Standort der Kläranlagen in Einbeck

Die Nutzung erfolgt idealerweise über Wärmetauscher am Ablauf der Kläranlage. Dabei ist zu beachten, dass die Einleittemperatur des Klarwassers in das Gewässer nicht unter $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ sinken darf und die Gewässertemperatur um höchstens $1,5\text{ K}$ abgesenkt werden darf, um negative Auswirkungen auf Flora und Fauna zu vermeiden (gemäß (Buri, Wanner, Siegrist, Koch, & Meier, 2004)). Für den Zulauf gelten ebenfalls strenge Anforderungen. Eine Abkühlung unter $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder eine Temperaturänderung um mehr als $0,5\text{ K}$ erfordert ein gesondertes Prüfverfahren, da sonst die biologischen Prozesse im Klärwerk beeinträchtigt werden können.

In Abbildung 3-14



ist das Erzeugungspotenzial der Kläranlage über die Auskühlungen des Abwasserstroms bis zu 8 K abgebildet. Die Schraffierung der oberen Abschnitte der Balken repräsentiert die Asynchronität zwischen der möglichen Bereitstellung der Wärme und dem Wärmebedarf. Das obere Ende der Schraffierung stellt das maximal mögliche Potenzial dar, wenn die Wärme aus dem Abwasser auch im Sommer komplett abgenommen werden kann. Der untere, gefüllte Bereich der Balken zeigt die Wärmemenge an, die entnommen werden kann im Verschnitt mit dem Bedarf. Dies basiert auf der Annahme, dass der jährliche Abwasserstrom gleichmäßig über das Jahr verteilt ist und dass der Wärmebedarf proportional zum verfügbaren Wärmepotenzial aus dem Abwasser skaliert. Welche Auskühlung bei der Anlage umgesetzt werden kann, muss in einer Detailplanung ermittelt werden. Die hier dargestellten Werte geben eine Indikation an und sind ausschließlich entsprechend der getroffenen Annahmen und Restriktionen bei der Datengrundlage zu interpretieren.

Die erreichbare Wärmemenge hängt maßgeblich von der entziehbaren Temperaturdifferenz (z. B. 1–8 K) und der thermischen Leistung der eingesetzten Wärmepumpe ab. Dabei gilt, je größer die installierte Leistung, desto besser lassen sich kurzzeitige Spitzenabflüsse z. B. durch Starkregen nutzen. Umgekehrt führt dies jedoch zu geringeren Volllaststunden, da hohe Leistungen außerhalb dieser Spitzenereignisse nicht dauerhaft benötigt werden.

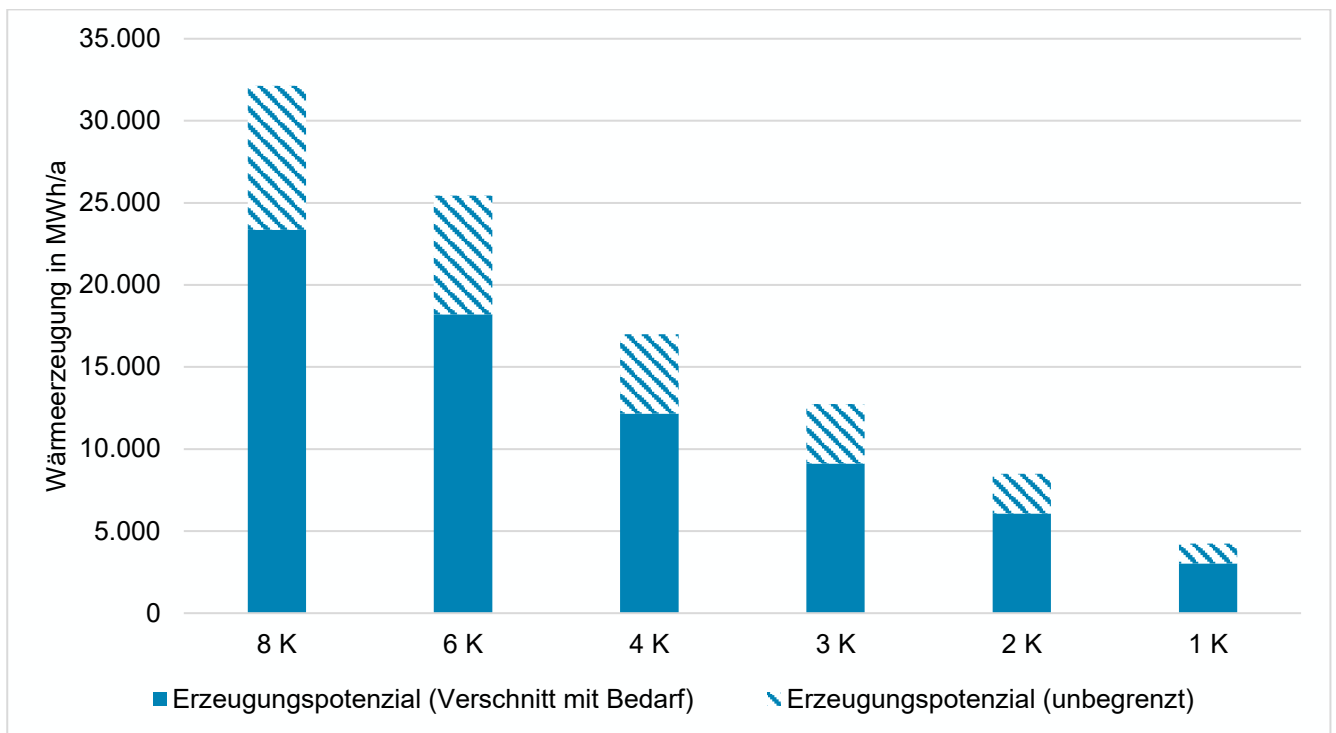


Abbildung 3-14: Thermisches Erzeugungspotenzial aus dem Abwasser der zentralen Kläranlage in Einbeck/Volksen über Auskühlungen bis zu 8 K (Schraffierung: Maximal mögliches Potenzial, wenn die Wärme aus dem Abwasser auch im Sommer komplett abgenommen wird; Unterer, gefüllter Bereich Balken: Wärmemenge, die in der Heizperiode entnommen werden kann. Kein Verschnitt zum Wärmebedarf erfolgt.)

3.2.11 Abwärme

Industrielle und gewerbliche Abwärme stellt eine bedeutende Energiequelle dar, die häufig ungenutzt bleibt. In zahlreichen Produktionsprozessen und gewerblichen Anwendungen entsteht Wärme, die in die Umgebung abgegeben wird und dadurch verloren geht. Diese Abwärme, die in Form von heißem Wasser, Dampf oder Abgasen auftreten kann, bietet jedoch ein erhebliches Potenzial zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung. Demgegenüber steht ein Adressrisiko, welches zum spontanen Ausfall einer Quelle führen kann. Ein Beispiel dafür wäre eine Insolvenz. Generell sollte jedes Unternehmen nach der folgenden Reihenfolge mit einer Abwärme umgehen:

1. Abwärmevermeidung
2. Interne Verwertung
3. Externe Auskopplung

Erst wenn untersucht wurde, ob die Abwärme vermieden werden oder diese innerhalb der internen Prozesse genutzt werden kann, sollte eine externe Auskopplung der Abwärme in ein Wärmenetz Berücksichtigung finden.

Zur übergeordneten Potenzialanalyse für (unvermeidbare) Abwärme wird zunächst ein genereller Ansatz verfolgt. Für die Auswertung der Abwärme wurden die Gasverbräuche der RLM-Gaskunden mit branchenspezifischen Abwärmefaktoren belegt, um das Potenzial abzuschätzen. Die Abwärmefaktoren wurden mittels einer breit angelegten Literaturrecherche zusammengestellt. Die RLM-Verbrauchsdaten wurden auf Basis der Angaben im Marktstammdatenregister um des Stromanteils in BHKWs bereinigt. Das gesamte Abwärmepotenzial beläuft sich auf bis zu 7,1 GWh/a. Da die lokale Abwärme stark abhängig von den

unternehmensspezifischen Prozessen ist, muss für jede Abwärmequelle eine Einzelfallprüfung vorgenommen werden.

In Abbildung 3-15 ist die kartografische Verordnung der Abwärmepotenziale mittels einer Heatmap abgebildet. In der Darstellung werden Bereiche mit hoher Eignung rot eingefärbt. Die Eignung wird anhand von Branchendaten und Energiedaten in folgenden Kategorien bewertet und anschließend gewichtet:

- Saisonalität
- Temperaturniveau
- Abwärmemenge

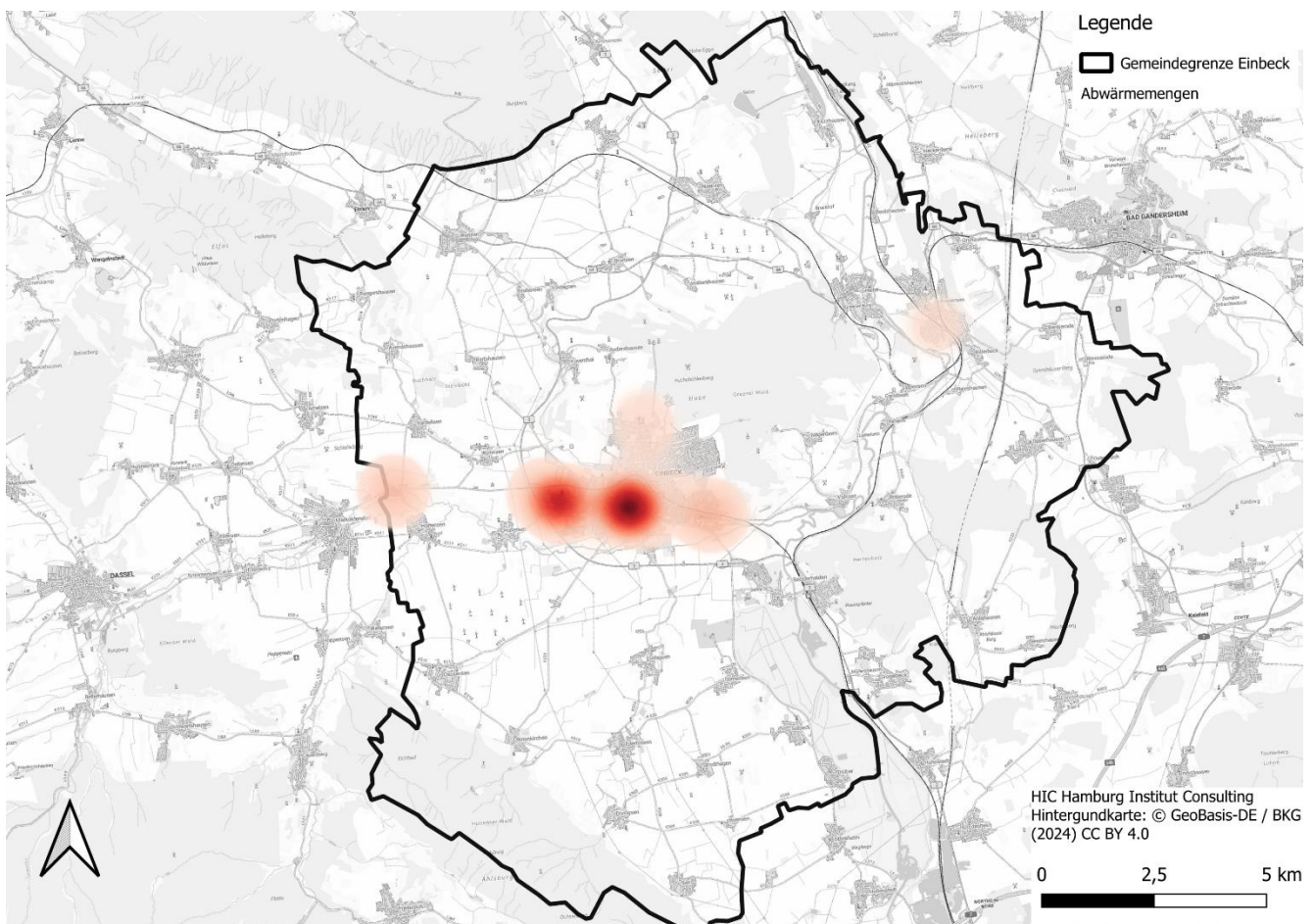


Abbildung 3-15: Qualitative Darstellung des Abwärmepotenzials

3.2.12 Großwärmespeicher

Wärmespeicher können im Energiesystem unterschiedliche Funktionen einnehmen. Zu den naheliegendsten gehören der dynamische Ausgleich von Bedarfs- und Erzeugungsschwankungen sowie die Glättung von Überschuss- oder Bedarfsspitzen (Reduktion nötiger Spitzenlastkapazität). Je nach Größe des Speichers kann allerdings auch (sommerliche) Überschusswärme saisonal in die Heizperiode verlagert werden. Für die

saisonale Speicherung von Wärme bei unter 100 °C bieten sich vorrangig sensible Wärmespeicherformen – Tankspeicher, Erdwärmesondenspeicher, Erdbeckenspeicher und Aquiferspeicher – an.

Technologieüberblick

Tankspeicher (TTES) werden häufig als oberirdische Heißwassertanks aus Stahl mit Isolationsschicht ausgeführt. Aufgrund der hohen Investitionskosten und großen möglichen Be- und Entladeleistungen, werden sie üblicherweise als Kurzzeitspeicher genutzt, um durch höhere Zyklenzahlen eine verbesserte Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Sie können aufgrund des geringen Platzbedarfs sehr flexibel eingesetzt werden, gleichzeitig ist die Speicherkapazität aufgrund der Bauform auf etwa 2 GWh (in Abhängigkeit der Speichertemperaturen) begrenzt. Die Ent- und Beladung kann flexibel über Diffuser im Speicher gesteuert werden, das System reagiert sehr schnell und auch große Leistungen (bis zu 200 MW) können kurzfristig verfügbar gemacht werden.

Aquiferspeicher (ATES) können nur realisiert werden, wenn der hydrogeologische Untergrund des Stadtgebiets den Anforderungen an diese Speicherform genügt. Bei den deutschen Fernwärme-Netztemperaturen hat sich gezeigt, dass mitteltiefe Aquifere in etwa 400 bis 1.500 m Tiefe grundsätzlich für einen Speicherbetrieb in Frage kommen. Da zur Feststellung der Eignung des Untergrundes umfangreiche geologische Informationen benötigt werden, können Aquiferspeicher an dieser Stelle nicht weiter spezifiziert werden. Aquiferspeicher bieten das Potenzial, bei geringem oberirdischen Platzbedarf und entsprechenden effektiven Mächtigkeiten sehr große unterirdische Speicherkapazitäten bereitzustellen, sodass sie auch in Ballungszentren hohen Speicheranforderungen gerecht werden können. Allerdings wird das Speichermedium, das Thermalwasser, über ein oder mehrere Dubletten an die Oberfläche gefördert, wodurch die maximale Be-/Entladeleistung durch die Dimensionierung der Dubletten stark variiert und begrenzt ist.

Erdwärmesondenspeicher (BTES) nutzen die oberen Gesteinsschichten in 30 bis 150 m Tiefe als Speichermedium. Dafür werden U-förmige oder konzentrische Sonden aus synthetischen Materialien in den Boden eingebracht, welche als Wärmeübertrager im Boden fungieren. Unter der Oberfläche kann eine Dämmschicht zur Reduktion der Wärmeverluste eingebracht werden. Die Speichergröße kann nicht klar abgegrenzt werden, insgesamt wird jedoch aufgrund der geringeren spezifischen Wärmekapazität von 15 bis 30 kWh/m³ ein 3 bis 5-faches Volumen eines TTES benötigt. BTES werden aufgrund des hohen Platzbedarfs in der Praxis eher für Nah- und nicht Fernwärmenetze eingesetzt. Vorteile bestehen in der guten Erweiterbarkeit des Systems und des geringen oberirdischen Platzbedarfs. Nachteile liegen im Falle eines Wärmespeichers vorrangig in der langen Einschwingzeit des Systems, bis ein guter thermischer Wirkungsgrad erreicht werden kann, der starken Beeinflussung des Lebensraums Boden und der fehlenden Eignung als Kurzzeitspeicher.

Erdbeckenspeicher (PTES) können sowohl zur kurz- als auch zur langfristigen Wärmespeicherung eingesetzt werden. Der Speicher wird jedoch nicht als Zylinder, sondern als wassergefülltes Becken in den Boden teilweise eingelassen. Die gewählte Form hängt dabei von den geologischen Bedingungen des jeweiligen Standorts ab, zumeist wird jedoch eine pyramidenstumpfähnliche Form gewählt, sodass sich eine geringere Aushubtiefe als beim versenkten Tankspeicher ergibt. Der Speicher wird in Abhängigkeit des Grundwasserstandes bis zu 20 m in den Boden eingelassen und das ausgehobene Erdmaterial wird meist als Wall wiederverwendet, wodurch die Aushubtiefe reduziert werden kann. Üblicherweise sollte der Flurabstand mindestens 10m betragen. Oft wird die Abdeckung des Speichers als schwimmender, isolierender Deckel ausgeführt, der einen großen Kostenbestandteil ausmacht. In den meisten Fällen werden die Wände des Speichers ohne Wärmedämmung gegen das Erdreich und nur mit Abdichtungsschichten aus Polymeren ausgeführt. PTES können mit großen Be- und Entladeleistungen betrieben werden, die Kapazitätsobergrenze liegt bei ausreichender Platzverfügbarkeit bei über 40 GWh.

Flächenanalyse

Die Auswahlkriterien für potenziell geeignete Flächen für saisonale Speicher sind ähnlich zu den der Freiflächen-Solarthermie (siehe Abschnitt 3.2.1 zur Solarthermie). Hierbei wurden Flächen unter 1 ha ausgeschlossen. Die zehn größten Flächen liegen zwischen 13 und 37 ha. Der Flächenmedian beträgt 2,8 ha.

Für die Region Südniedersachsen sind keine Grundwasserflurabstände öffentlich verfügbar, die Einfluss auf das Potenzial der Großwärmespeicher nehmen würden.

3.2.13 Thermalsole

Als Thermalsole wird natürlich vorkommendes, salzreiches Tiefenwasser bezeichnet, das aus unterirdischen Salzgesteinsschichten stammt. Im Gegensatz zu synthetischen Solegemischen, wie sie in konventionellen Erdwärmepumpen als Wärmeträgermedium eingesetzt werden, handelt es sich bei Thermalsole um einen eigenständigen geologischen Rohstoff: Über Jahrtausende löst tief im Untergrund liegendes Grundwasser reines Steinsalz aus dem umgebenden Gestein, bis eine gesättigte, hoch mineralisierte Salzlösung entsteht. Durch den natürlichen hydrostatischen Druck im Untergrund gelangt diese Sole ohne aktive Förderung bis in oberflächennahe Bereiche und kann dort erschlossen werden.

Ein besonderes Merkmal von Thermalsolevorkommen ist ihre ganzjährig stabile Temperatur. So tritt die im südlichen Niedersachsen vorkommende Sülbecker Thermalsole aus einer Tiefe von rund 400 Metern mit konstant 22 °C zutage – unabhängig von Tages- oder Jahreszeiten. Dieses im Vergleich zu Grundwasser oder Oberflächengewässern deutlich erhöhte Temperaturniveau macht Thermalsole zu einer besonders attraktiven Wärmequelle für den Einsatz von Großwärmepumpen.

Bei der Analyse des Potenzials wurden unterschiedliche Auskühlungsgrade zwischen 5 und 15 K, sowie verschiedene Massenströme von 25 bis 75 m³/h untersucht. Dadurch variiert das Wärmeerzeugungspotenzial zwischen 1,5 und 13 GWh/a.

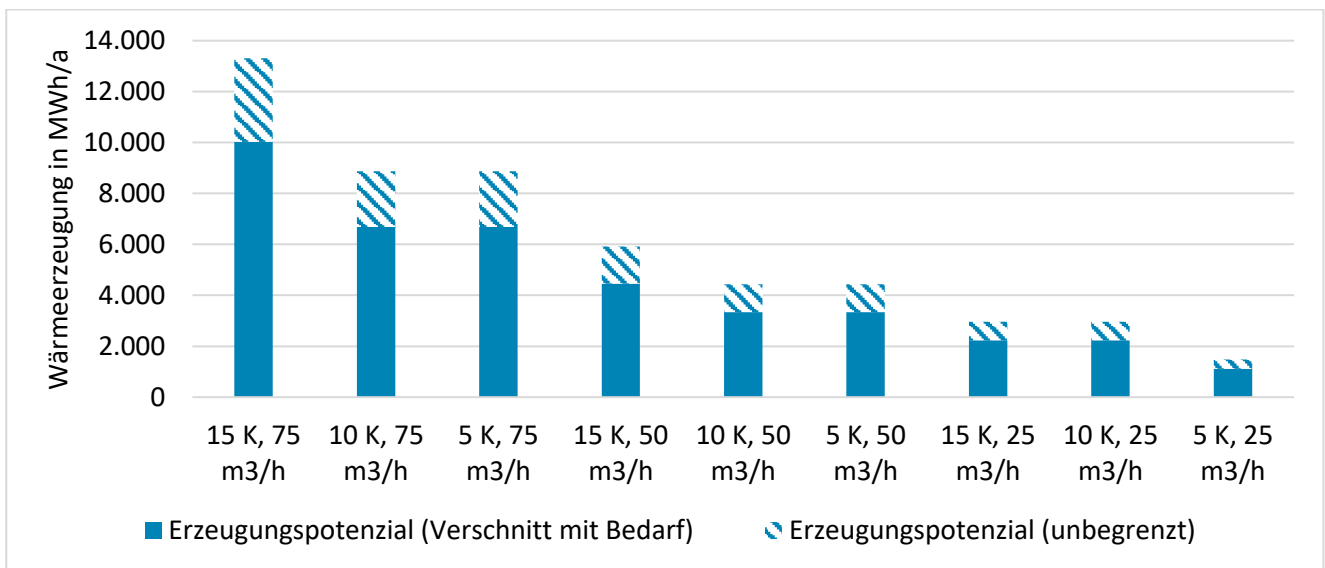


Abbildung 3-16: Thermisches Erzeugungspotenzial der Thermalsole in Einbeck über Auskühlungen des Entnahmestroms bis zu 15 K und Entnahmemengen bis zu 75 m³/h. (Schraffierung: Maximal mögliches Potenzial, wenn die Wärme aus dem Entnahmestrom auch im Sommer komplett abgenommen wird)

3.2.14 Wasserstoff

Der Weg von der chemischen Bindung von Wasserstoff hin zu einem nutzbaren Energieträger ist komplex und wird durch die Art der Produktion entscheidend geprägt. Um diese Unterschiede zu verdeutlichen, hat sich die Praxis etabliert, Wasserstoff nach „Farben“ zu kategorisieren, die seine Herkunft und Umweltbilanz symbolisieren.

Derzeit dominiert „grauer Wasserstoff“ den Markt. Er wird aus fossilen Brennstoffen wie Erdgas durch Dampfreformierung gewonnen und verursacht dabei erhebliche Mengen CO₂-Emissionen. Eine klimafreundlichere Alternative ist „blauer Wasserstoff“, bei dem das freigesetzte CO₂ abgetrennt und gespeichert wird. Besondere Aufmerksamkeit gilt „grünem Wasserstoff“, der durch Elektrolyse unter Einsatz erneuerbarer Energien erzeugt wird. Diese Methode ist nahezu emissionsfrei, erfordert jedoch große Mengen an grünem Strom. Bei der Herstellung von „grünem Wasserstoff“ gehen rund 1/3 des Energiegehalts des erneuerbaren Stroms verloren, sofern diese Verluste nicht als Abwärme weiterverwendet werden (Hornberg, 2021). Daneben gibt es weitere Kategorien wie „türkisen“ Wasserstoff, der durch Methanpyrolyse erzeugt wird, oder „gelben“ Wasserstoff, der spezifisch aus Solarenergie gewonnen wird.

Wasserstoff wird auf absehbare Zeit ein knapper Energieträger sein. Folglich muss Wasserstoff primär dort eingesetzt werden, wo keine Alternativen vorliegen. Industrielle Prozesse treiben dabei die Nachfrage und die Anwendungsgebiete von Wasserstoff an. Durch die hohe Zahlungsbereitschaft der Industrie wird bei knapper Verfügbarkeit von Wasserstoff ein hoher Preis am Markt entstehen. Mit zunehmender Verfügbarkeit von Wasserstoff wird der Marktpreis voraussichtlich sinken. Wie sich die Dynamik zwischen Verfügbarkeit und Nachfrage einpendelt, kann nach heutiger Kenntnis nicht abschließend beurteilt werden. (Wietschel, et al., 2024)

Durch das genehmigte Wasserstoff-Kernnetz könnte Wasserstoff bis Hannover transportiert werden. Wie sich die Planung des Kernnetz in den nächsten Jahren weiterentwickelt ist derzeit nicht sicher. In Einbeck sind jedoch gerade im Gewerbebereich mehrere Großabnehmer vorhanden, die potenziell durch einen Anschluss

ans Wasserstoffnetz profitieren würden. Ob hier der Anschluss jedoch zukünftig vorhanden sein wird und Wasserstoff die wirtschaftlichste Variante darstellt, bleibt abzuwarten. (Bundesnetzagentur, kein Datum).

3.2.15 Zusammenfassung Potenzialanalyse

In Abbildung 3-17 sind die ermittelten Potenziale dem Wärmebedarf gegenübergestellt. Der schraffierte Balken unter „Bedarf – Raumwärme + WW⁴“ stellt das Sanierungspotenzial dar. Im Folgenden sind die thermischen Erzeugungspotenziale zusammengefasst dargestellt:

Gebäudeenergieeffizienz: Durch Sanierungsaktivität können in Einbeck bis zu 45 GWh/a eingespart werden.

Oberflächengewässer: Die Flüsse Ilme und Leine in Einbeck können als thermische Quelle für die zentrale Erzeugung einer Großwärmepumpe dienen. Das thermische Erzeugungspotenzial ist abhängig von der Systemkonfiguration und variiert in einem Bereich zwischen 15 GWh/a bis zu 100 GWh/a (Auskühlung: 3 K; Entnahmestrom: 20% des MNQ). Die 100 GWh/a können jedoch nur erreicht werden, wenn die Wärmeerzeugung auch im Sommer komplett abgenommen werden kann. Dieses Potenzial stellt die obere Potenzialgrenze dar.

Kläranlage: Im östlichen Bereich der Kernstadt Einbeck befindet sich die Kläranlage Einbeck/Volksen. Das Abwasser kann mittels einer Großwärmepumpe thermisch genutzt werden. Das thermische Erzeugungspotenzial beläuft sich von 23 GWh/a auf bis zu 32 GWh/a. Die 32 GWh/a können jedoch nur erreicht werden, wenn die Wärmeerzeugung auch im Sommer komplett abgenommen werden kann. Dieses Potenzial stellt die obere Potenzialgrenze dar. Hier bleibt zu berücksichtigen, dass bereits eine Wärmenutzung stattfindet.

Tiefe Geothermie: In Einbeck wird ein hydrothermisches Potenzial vermutet. Das Potenzial wird hier pro Dublettenbohrung auf 8 bis 20 GWh geschätzt. Ob das hydrothermische Potenzial in Einbeck genutzt werden kann, kann nicht final beurteilt werden, da hierfür umfangreichere Untersuchungen notwendig sind.

Industrielle Abwärme: Das thermische Potenzial wurde auf Basis der Mitarbeiterzahl und der Unternehmensbranche mittels Abwärmefaktoren ermittelt. Das Potenzial beläuft sich auf bis zu 7,1 GWh/a.

Biomasse und Abfall: Die technische Potenzialanalyse für Biomasse und Abfall basiert auf landes- und stadtweiten Daten, die auf die Stadtgröße und Bevölkerungszahl runtergerechnet wurden. Es ergibt sich ein Potenzial von 507 GWh/a wovon ca. 28,5 GWh/a als nachhaltig gelten. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit sollte Biomasse nur in Einzelfällen oder zur Spitzenlastdeckung zum Einsatz kommen.

Grundwasser: Die Bewertung der thermischen Nutzung des Grundwassers ist stark abhängig von den lokalen Gegebenheiten im Untergrund. Die aktuelle Datenlage in Einbeck weist darauf hin, dass eine Nutzung des Grundwassers zur Wärmeerzeugung eher nicht möglich ist. Eine Einzelprüfung ist in jedem Fall notwendig.

Oberflächennahe Geothermie: Auf Basis der Größe der Flurstücke und dem darauf befindlichen Wärmebedarf, wurde untersucht, ob über eine Sondenlösung der Wärmebedarf gedeckt werden kann. Bedingt geeignet (Deckungsanteil der Sonden >50 %) ist ein summierter Wärmebedarf von 219 GWh/a. Gut geeignet (Deckungsanteil >100 %) ist ein Wärmebedarf von 119 GWh/a.

Solarthermie (Freifläche): Auf Basis eines Flächenscreenings wurden Flächen identifiziert, die für solarthermische Anlagen geeignet sein könnten. Das solarthermische Potenzial der Prioritätsstufen 1 liegt bei

⁴ WW: Warmwasser

558 GWh/a. Da die Solarthermie in der Konkurrenz zur Photovoltaik steht, wird das gesamte Potenzial als unsicher betrachtet.

Solarthermie (Dachfläche): Das Potenzial für Solarthermie auf dem Dach wurde mittels des Gebäudemodells auf Basis der Dachfläche und -neigung ermittelt. Das Potenzial beläuft sich auf 251 GWh/a. Da die Solarthermie in der Konkurrenz zur Photovoltaik steht, wird das gesamte Potenzial als unsicher betrachtet.

Dezentrale Umgebungsluft-Wärmepumpe: Bei der Potenzialbewertung wurde jedes Gebäude auf Eignung hinsichtlich der Aufstellorte und Schallemissionen untersucht. Der summierte Wärmebedarf aller geeigneten Gebäude beläuft sich auf 350 GWh/a.

Zentrale Umgebungsluft-Wärmepumpe: Das Potenzial der zentralen Umgebungsluft-Wärmepumpe wurde nicht genauer quantifiziert, da diese Wärmequelle keinen natürlichen Restriktionen (z.B. Durchfluss eines Flusses) unterliegt und somit anwendungsbezogen eingesetzt wird.

Grüner Wasserstoff: Grüner Wasserstoff kann für die zentrale Erzeugung als auch für die dezentrale Versorgung eingesetzt werden. Für grünen Wasserstoff hat sich noch kein Markt gebildet, wodurch ein schwer einzuschätzendes Preisrisiko vorhanden ist. Deswegen kann kein quantitatives Potenzial ermittelt werden.

Thermalsole: Die Thermalsole kann als Wärmequelle für eine Großwärmepumpe genutzt werden. Die Sole bietet den Vorteil ganzjährig konstante Temperaturen und einen konstanten Massenstrom zu haben. Das Potenzial beläuft sich auf 10 bis 193 GWh bei 15 K Auskühlung und 75 m³/h Massenstrom.

Im Gesamtbild zeigt die Potenzialanalyse, dass das größte Potenzial in Einbeck in der dezentralen Versorgung bei der Umgebungsluft liegt, da diese nahezu überall vorhanden ist. Die zentrale Erzeugung für Wärmenetze kann durch eine Kombination der Potenziale aus der Solarthermie, mit der zentralen Kläranlage, Flusswasser und der Sole beispielsweise stattfinden. Ob Wasserstoff einen Beitrag zur Wärmeversorgung leisten kann, wird abhängig von dessen Marktentwicklung sein. Generell zeigen die Potenziale die möglichen Erzeugungsmengen. In der Erschließungsreihenfolge sollte die wirtschaftlichste (meistens die effizienteste) Erzeugungsvariante als erstes erschlossen werden. Genügend erneuerbares Erzeugungspotenzial ist in Einbeck vorhanden.

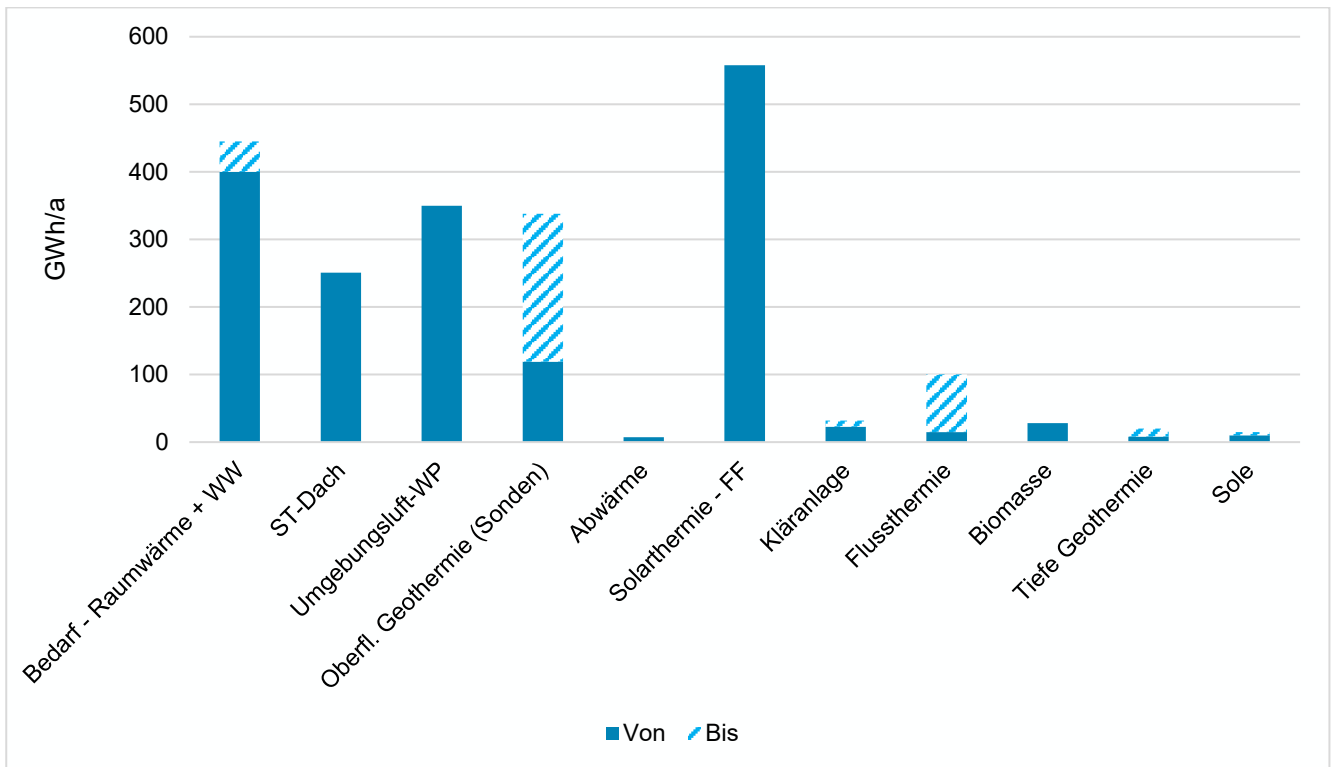


Abbildung 3-17: Gegenüberstellung der Potenziale mit dem Wärmebedarf in Einbeck (WW: Warmwasser)

4 ZIELSZENARIEN UND ENTWICKLUNGSPFADE

Innerhalb des Zielszenarios werden die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse verzahnt, um daraus ein Zielszenario abzuleiten. Zudem wird das Planungsgebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt.

4.1 Versorgungsvarianten

Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) schreibt die Einteilung der Teilgebiete in die Eignung der folgende Versorgungsoptionen vor:

- Wärmenetzgebiet
- Dezentrales Versorgungsgebiet
- Wasserstoffnetzgebiet
- Prüfgebiet

In **Wärmenetzgebieten** sind Wärmenetze die voraussichtlich geeignetste Versorgungsoption. Wärmenetze bestehen aus einem Netz von Rohrleitungen, durch das heißes Wasser oder Dampf von einem zentralen Wärmeerzeuger hinzu den Endverbrauchern transportiert wird. Als zentrale Wärmeerzeuger dienen aktuell in den meisten Fällen zentrale Heizkraftwerke, die mit Erdgas befeuert werden. In erneuerbaren Systemen erfolgt die zentrale Erzeugung über Großwärmepumpen, grüne Gasen oder industrieller Abwärme.

Dezentrale Versorgungsgebiete sind Teilgebiete, in denen eine dezentrale Versorgungsoption über zum Beispiel dezentrale Wärmepumpen bevorzugt wird.

Wasserstoffnetzgebiete sind Teilgebiete, in denen die Versorgung mittels leitungsgebundenem Wasserstoff grundsätzlich bevorzugt würde.

Prüfgebiete sind Gebiete, bei denen nach aktuellem Wissenstand keine finale Entscheidung über die voraussichtliche Wärmeversorgung getroffen werden kann. Die Prüfgebiete müssen in der Fortschreibung der Wärmeplanung erneut evaluiert werden und sind nach aktuellem Stand noch nicht sicher für eine Wärmeversorgung über ein Wärmenetz vorzusehen.

Die Einordnung der Teilgebiete in die voraussichtlichen Wärmeversorgungsvarianten dient als **strategisches Planungsinstrument**. Es handelt sich um eine Prioritätensetzung mit strategischem Blick und langfristiger Perspektive, durch die die Wahrscheinlichkeit des Baus eines Wärmenetzes erheblich erhöht wird. Unabhängig von der Festlegung in der kommunalen Wärmeplanung bleibt der Einbau einer dezentralen Option stets möglich. Für dezentral versorgte Teilgebiete lässt sich hingegen feststellen, dass die Wahrscheinlichkeit für den Bau eines Wärmenetzes gegen null tendiert.

4.2 Methodischer Ansatz

Gemäß §18 WPG soll die Einteilung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete unter Berücksichtigung der folgenden Stichpunkte geschehen:

- Geringe Wärmegestehungskosten
- Geringe Realisierungsrisiken
- Hohes Maß an Versorgungssicherheit
- Geringe kumulierte Treibhausgasemissionen

Die Einteilung der Gebiete erfolgte im engen Austausch mit der Kerngruppe in einem iterativen Prozess. Für die Einteilung wurde eine Matrix-Punkte-Bewertung verwendet. Im Folgenden werden die Einflüsse auf die Bewertungsmethodik erläutert.

4.2.1 Geringe Wärmegestehungskosten

Geringe Wärmegestehungskosten sind der wohl ausschlaggebendste Punkt für Investitionsentscheidungen. Dabei müssen zum einen die Investitionskosten aber auch die laufenden Kosten für den Betrieb der Heizungsanlage berücksichtigt werden. Besonders die Quantifizierung der laufenden Kosten über die Lebensdauer der Heizungsanlage ist herausfordernd und mit Unsicherheit versehen. Deswegen sollte die Einordnung des geplanten Gebiets nie alleine auf Basis der Wärmegestehungskosten geschehen.

4.2.2 Geringe Realisierungsrisiken und hohes Maß an Versorgungssicherheit

Die Evaluierung der Realisierungsrisiken und der Versorgungssicherheit sind schwer voneinander zu trennen und werden zusammen bewertet. Folgende Größen werden zur Bewertung herangezogen:

- Wärmelinienichte
- Potenzialanalyse Umgebungsluft-Wärmepumpe
- Spezifischer Wärmebedarf
- Ankerkunden Wärmenetz
- Wärmegestehungskosten

Wärmelinienichte: Die Wärmelinienichte gibt an, wieviel Wärme pro Meter abgenommen werden kann. Je höher die Wärmelinienichte ist, desto besser können die Kosten für die zentrale Erzeugung verteilt werden. Eine hohe Wärmelinienichte ermöglicht somit den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetzes. Gemäß dem „Leitfaden Wärmeplanung“, kann ein Wärmenetz ab einer Wärmelinienichte von 2 MWh/m*a gebaut werden (Ortner, et al., 2024). Die Wärmelinienichte wird in einem räumlichen Teilgebiet auch in 20 Jahren annähernd identisch bleiben.

Potenzialanalyse Umgebungsluft-Wärmepumpe: Im Rahmen der Potenzialanalyse für Umgebungsluft-Wärmepumpen wurde jedes Gebäude auf die Eignung hinsichtlich der Schallemissionen für Umgebungsluft-Wärmepumpen bewertet. Teilgebiete mit einer durchschnittlich hohen Eignung (Gebiete mit viel Abstand zu den Nachbarn) sind besser geeignet für die Versorgung über dezentrale Umgebungsluft-Wärmepumpen als Gebiete mit einer geringen Eignung (dicht bebaute Gebiete).

Spezifischer Wärmebedarf: Der spezifische Wärmebedarf liefert einen ersten Anhaltspunkt dafür, ob Umgebungsluft-Wärmepumpen in Bezug auf die Vorlauftemperaturen in einem Teilgebiet geeignet sind. Ein hoher spezifischer Wärmebedarf deutet auf einen schlechten Sanierungszustand hin, wodurch die Versorgung mittels einer Umgebungsluft-Wärmepumpe weniger effizient ist. Resultierend daraus wurden Gebiete mit einem durchschnittlich hohen spezifischen Wärmebedarf als ungeeigneter für die dezentrale Versorgung bewertet als Gebiete mit einem durchschnittlich niedrigen spezifischen Wärmebedarf.

Ankerkunden Wärmenetz: Ankerkunden für Wärmenetze sind Großverbraucher, die durch ihre frühzeitige Bekenntnis zu einem Wärmenetzanschluss für Planungssicherheit und wirtschaftliche Stabilität sorgen können. Durch einen Ankerkunden kann ein Wärmenetzbetreiber direkt eine große Menge an Wärme als gesichert abgenommen betrachten, wodurch die Wahrscheinlichkeit der Realisierung eines Wärmenetzes deutlich steigt. Kleinere Verbraucher, die im Umkreis eines Ankerkunden liegen, können sich zusätzlich an das Wärmenetz anschließen. Typische Ankerkunden für Wärmenetze sind die Wohnungswirtschaft, kommunale Liegenschaften oder größere Unternehmen.

Wärmegestehungskosten: Die Wärmegestehungskosten sind ein wichtiger Faktor um die Wirtschaftlichkeit einer Versorgungsoption abzubilden und dadurch auch die Umsetzungswahrscheinlichkeit zu erhöhen. Die

Kosten sind mit mehreren Unsicherheiten behaftet, da Preisentwicklungen für Energieträger bspw. schnell auf Grund veränderter äußerer Einflüsse auftreten können. Deswegen sind die Wärmegestehungskosten nur als erster Indikator zu verstehen und nicht als final zu sehen.

4.2.3 Geringe kumulierte Treibhausgasemissionen

Die kommunale Wärmeplanung zielt auf eine langfristige Treibhausgasneutralität (THG-Neutralität) ab, die für alle Verbraucher:innen möglichst kostengünstig gestaltet wird. Gemäß §29 bis §31 WPG müssen alle bereits bestehenden und neuen Wärmenetze stufenweise bis zum 31.12.2044 anteilig zu 100 % aus erneuerbaren Energien, unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination aus beiden gespeist werden.

Die Ziele zur Transformation des Stromsektors sind im EEG festgelegt. Gemäß des §1 EEG 2023 müssen bis 2030 80 % des Brutto-Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien kommen. Auf Basis der Zielsetzung nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz, wird davon ausgegangen, dass der Stromsektor bis 2045 THG-neutralen Strom liefert. Wasserstoff ist ebenfalls THG-neutral, sofern dieser aus erneuerbaren Energien erzeugt wird. Da alle Versorgungsoptionen in der langfristigen Perspektive THG-neutral agieren und dieses Ziel zum gleichen Zeitpunkt erreichen, wurde das Kriterium der kumulierten THG-Emissionen nicht berücksichtigt.

4.3 Auswertung und Interpretation der Bewertungsmatrix

Die kommunale Wärmeplanung zielt auf eine langfristige Treibhausgasneutralität (THG-Neutralität) ab, die für alle Verbraucher:innen möglichst kostengünstig gestaltet wird. In Tabelle 4-1 ist die Punkte-Matrix-Bewertung für die Versorgungsvariante Wärmenetz dargestellt.

Tabelle 4-1: Gewichtung für die Wärmenetzeignung

Kategorie	Einheit	1 Pkt.	2 Pkt.	3 Pkt.	4 Pkt.	Gewichtung
Wärmeliniendichte (Bestand)	MWh/m*a	1,5	2,5	3,5	4,5	0,4
Wärmeliniendichte (Saniert)	MWh/m*a	1,5	2,5	3,5	4,5	0,15
Anteil der Gebäude mit geringsten Wärmegestehungskosten für Wärmenetz	%	10	20	35	50	0,15
Wärmebedarf pro Gebäude (Bestand)	MWh/Geb.	15	25	40	60	0,15
Wärmebedarf pro Gebäude (Saniert)		15	25	40	60	0,1
Nähe Ankerkunden	m	500	200	100	50	0,05

In Tabelle 4-2 ist die Punkte-Matrix-Bewertung für die dezentrale Versorgungsvariante dargestellt.

Tabelle 4-2: Gewichtung für die Eignung dezentraler Versorgung

Kategorie	Einheit	1 Pkt.	2 Pkt.	3 Pkt.	4 Pkt.	Gewichtung
Spezifischer Wärmebedarf (Bestand)	kWh/m ²	225	175	125	75	0,3
Spezifischer Wärmebedarf (Saniert)	kWh/m ²	225	175	125	75	0,1
Wärmebedarf pro Gebäude (Bestand)	MWh/Geb.	60	40	25	15	0,15
Wärmebedarf pro Gebäude (Saniert)	MWh/Geb.	40	30	20	10	0,05
Eignung Umgebungsluft-Wärmepumpe (Potenzialanalyse)	Niedrig (schlecht) Hoch (gut)	0,5	1,5	2,5	3,5	0,3
Anteil der Gebäude mit geringsten Wärmegestehungskosten für Wärmepumpen	%	10	20	35	50	0,1

Im Rahmen der Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 werden die kartografischen Resultate der Punkte-Matrix-Bewertungen dargestellt, die anschließend in Wahrscheinlichkeiten überführt wurden. Einer Punktzahl zwischen null und eins wurde die Kategorie sehr unwahrscheinlich zugeordnet, zwischen eins und zwei die Kategorie unwahrscheinlich, zwischen zwei und drei die Kategorie wahrscheinlich und zwischen drei und vier die Kategorie sehr wahrscheinlich. Diese Wahrscheinlichkeiten dienen ausschließlich als erste indikative Einschätzung und stellen weder eine verbindliche Zusage- noch ein Ausschlusskriterium dar. Ergänzend wurden qualitative Einflussfaktoren berücksichtigt, die sich im Rahmen der Punkte-Matrix-Bewertung nicht quantifizieren lassen, jedoch für die Gesamteinschätzung von Relevanz sind. Die finale Gebietseinteilung wurde in einem engen Austausch mit der Kerngruppe in einem iterativen Verfahren erarbeitet und ist in Abbildung 4-3 dokumentiert.

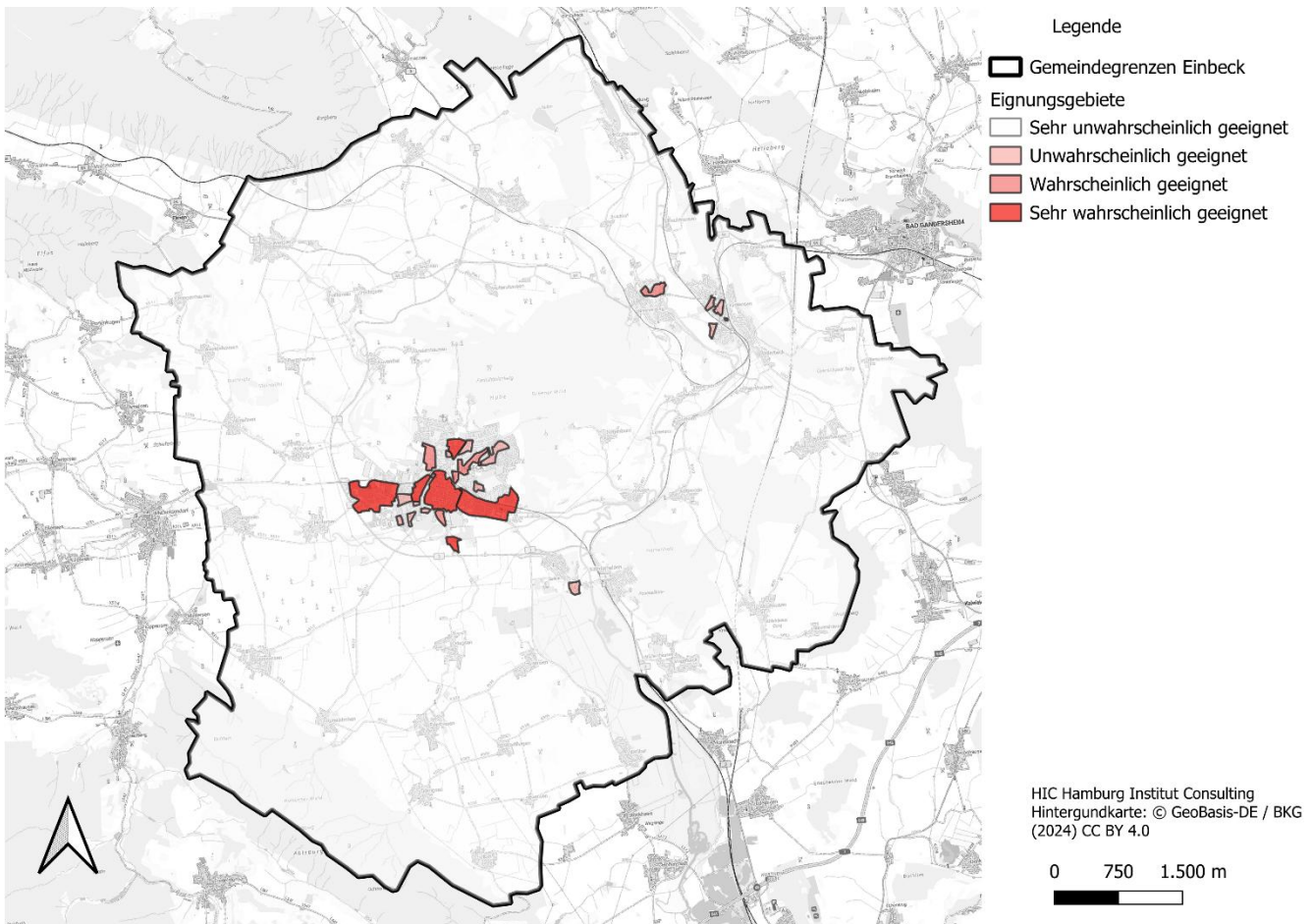


Abbildung 4-1: Wahrscheinlichkeit der Teilgebiete, mittels Wärmenetz versorgt werden zu können

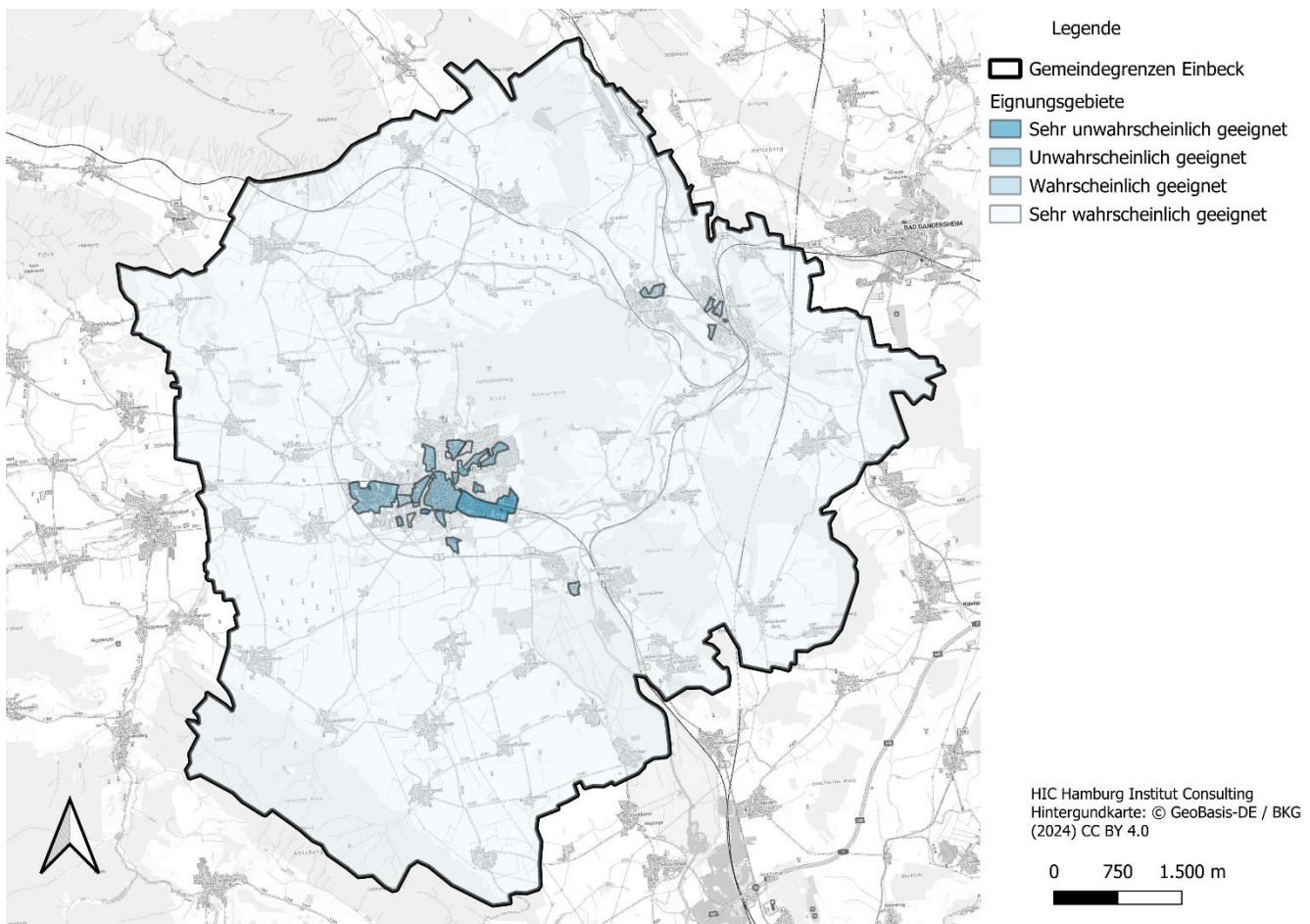


Abbildung 4-2: Wahrscheinlichkeiten der Teilgebiete, mittels dezentraler Versorgung versorgt werden zu können (Dezentrale Versorgung kann nahezu überall eine Option sein. Einzelfallprüfung trotz dargestellter Wahrscheinlichkeiten grundsätzlich notwendig. Auch in Unwahrscheinlich gekennzeichneten Bereichen ist der Betrieb einer Umgebungsluft-Wärmepumpe nicht kategorisch ausgeschlossen. Schallschutzmaßnahmen können jedoch notwendig sein.)

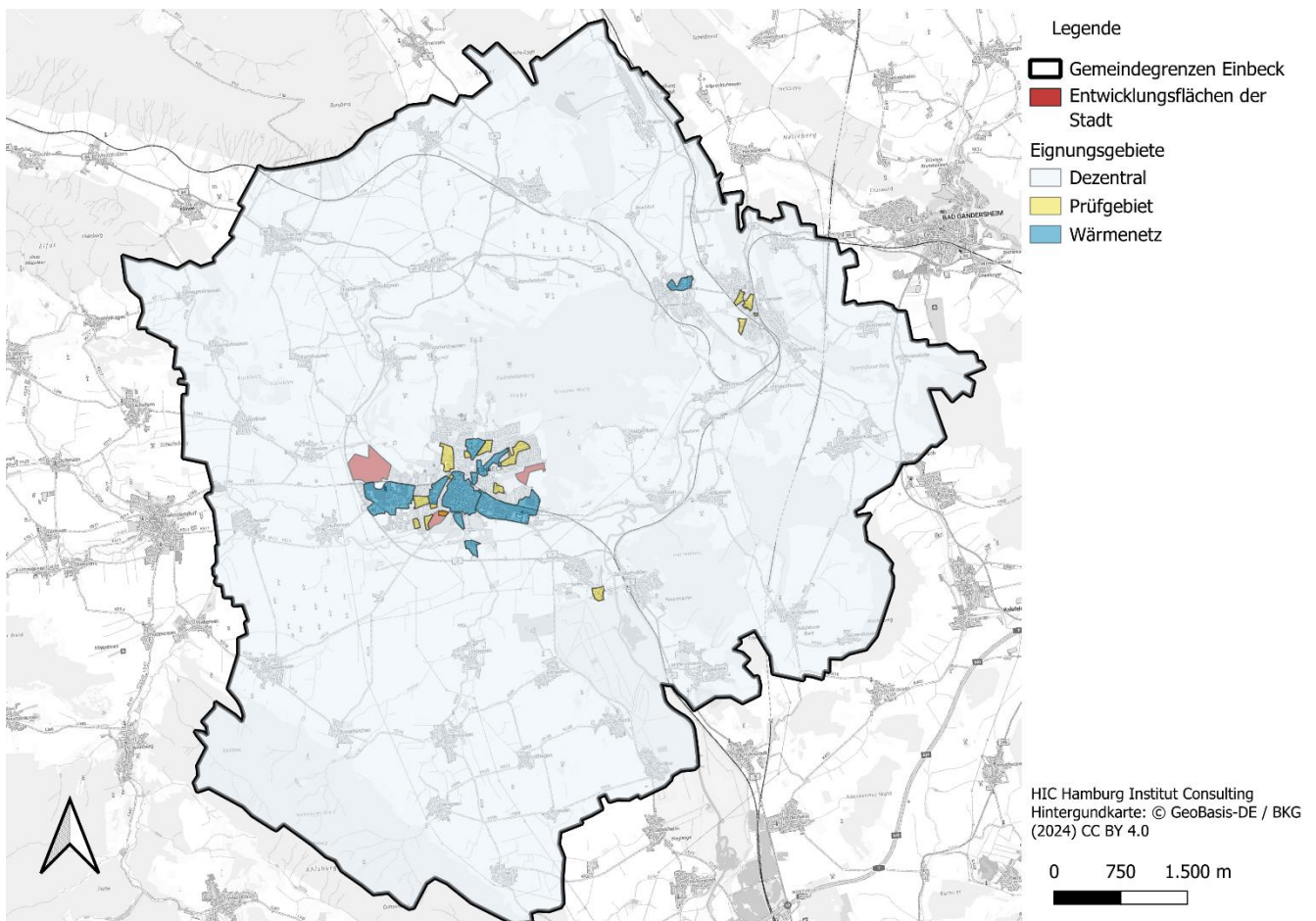


Abbildung 4-3: Einteilung der Teilgebiete in die Eignung einer zukünftigen Versorgungsart

4.4 Endenergie- und Treibhausgasbilanz

In Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5 sind die Endenergiebedarfe für Raumwärme und Prozesswärme bis 2040 nach Energieträger und im Zieljahr 2040 zusätzlich nach Sektor dargestellt. Der Endenergiebedarf entspricht der Menge an Energie, die der Heizanlage zugeführt werden muss, um den Bedarf zu decken – bei einer Gastherme die Menge an Erdgas und bei einer Wärmepumpe die Menge an Strom. Im Zieljahr 2040 könnten Wärmenetze ca. 140 GWh/a des Endenergiebedarfs decken. Während im IST-Zustand der Strombedarf kaum grafisch darstellbar ist, werden 2035 bis zu 51 GWh/a Strom gebraucht, um die Wärmepumpen zu betreiben. Bis 2040 steigt der Strombedarf auf 73 GWh/a. Zu berücksichtigen ist, dass Umweltwärme in dem Diagramm nicht dargestellt ist.

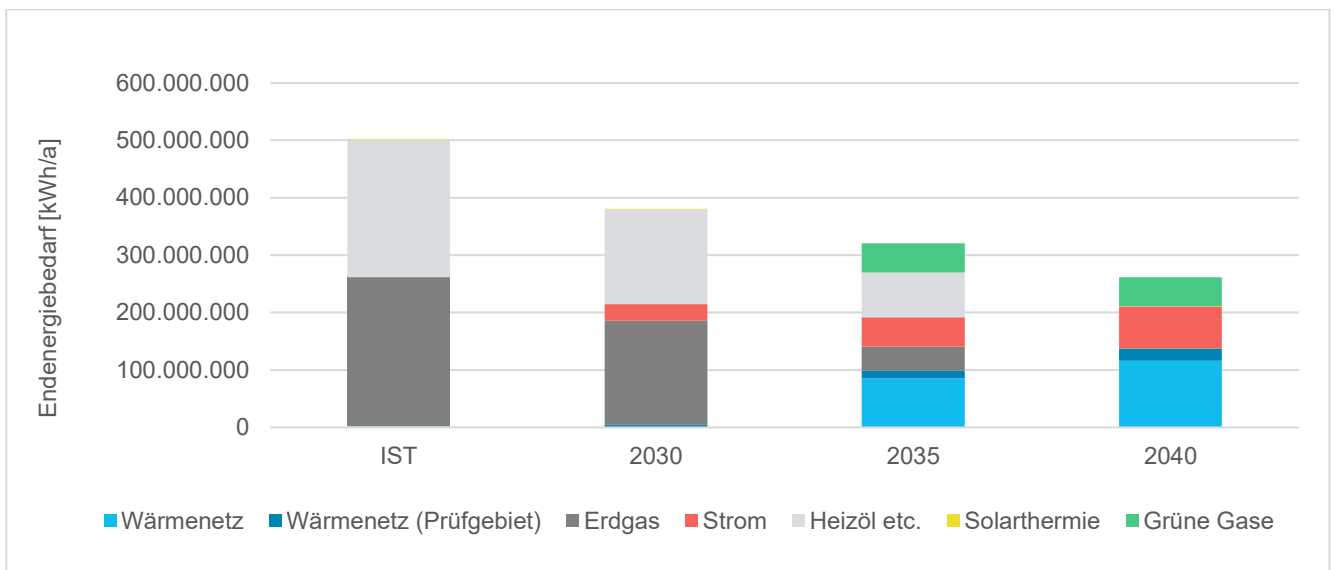


Abbildung 4-4: Endenergiebedarf für Raumwärme und Prozesswärme nach Energieträger in den Stützjahren bis 2040

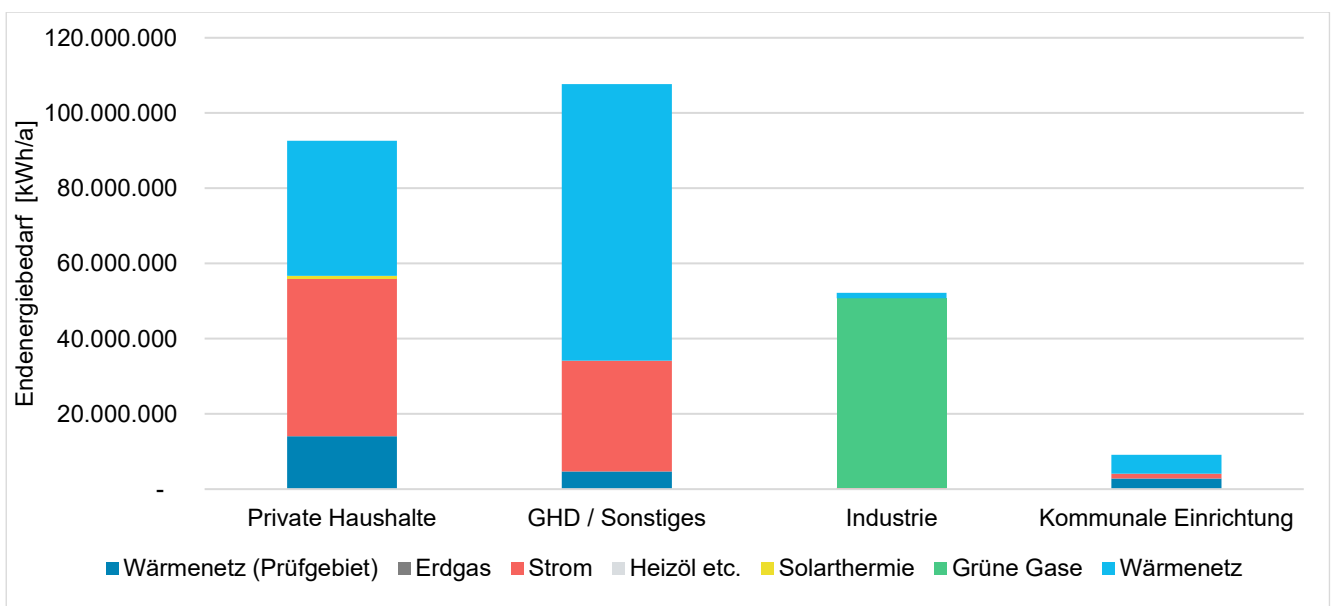


Abbildung 4-5: Endenergiebedarfe für Raumwärme und Prozesswärme nach Sektoren und Endenergieträger im Zieljahr 2040

In Abbildung 4-6 sind die Treibhausgasemissionen nach Endenergieträger und in [Abbildung 4-7](#) die Treibhausgasemissionen nach Sektoren im Jahr 2040 abgebildet. Die Emissionen sinken bis 2040 auf einen Sockelbetrag von 2.700 t/a, was vor allem durch die Substitution von Erdgaskesseln mit Wärmenetzanschlüssen oder dezentralen Wärmepumpen erreicht wird. Durch die Erreichung der THG-Neutralität sowohl im Stromnetz als auch in den bestehenden Wärmenetzen können die verbleibenden Emissionen auf einen Sockelbetrag (u.a. auf Grund der Vorkettenemissionen) reduziert werden.

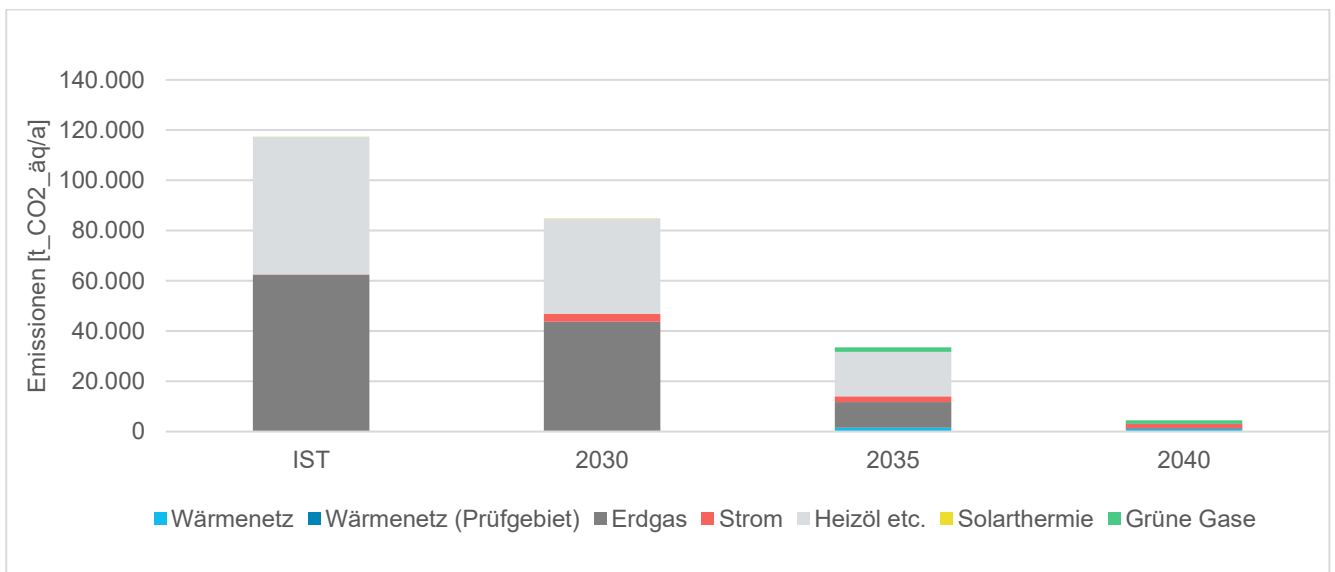


Abbildung 4-6: Treibhausgasemissionen der Energieträger in tCO₂äq/a bis 2040

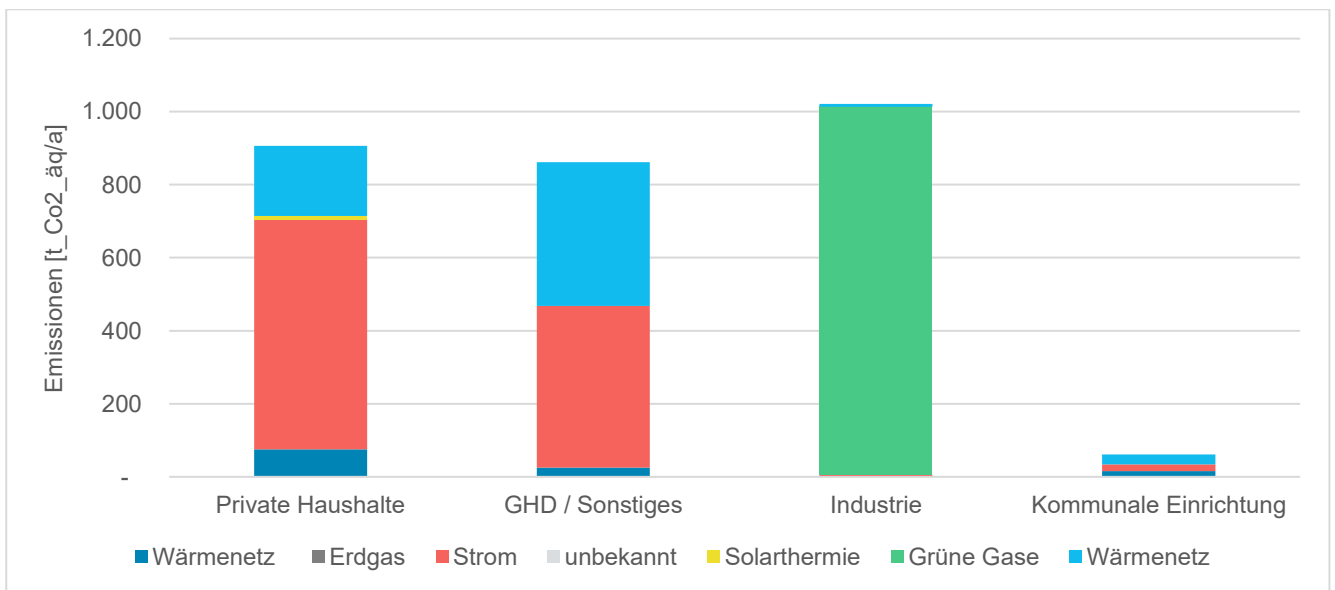


Abbildung 4-7: Treibhausgasemissionen der Sektoren und Energieträger in tCO₂äq/a in 2040

4.5 Gebietssteckbriefe für die voraussichtliche Wärmeversorgung

Ab hier folgen Gebietssteckbriefe mit Hilfe derer deutlich wird, was die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung für einzelne Teilgebiete bedeuten. In den Gebietssteckbriefen sind die Teilgebiete aus Abbildung 4-3 detailliert dargestellt. Die Darstellung umfasst generelle Aspekte, wie die Anzahl der Gebäude, Angaben zur voraussichtlichen Wärmeversorgung sowie Maßnahmen, die für ein Teilgebiet angedacht sind.

Alle Karten dienen nur der Darstellung und entsprechen keiner Ausweisung von Gebieten nach Wärmeplanungsgesetz. Die Darstellung eines Gebiets bedingt keinen Anspruch auf den Anschluss an ein Wärmenetz, sondern macht deutlich, in welchen Bereichen Wärmenetzbetreiber in den kommenden Jahren detaillierte Untersuchungen zur Machbarkeit eines Wärmenetzes anstoßen können. Die Entscheidung, ob und wann ein Wärmenetz in den dargestellten Bereichen gebaut wird, steht noch aus. Ein Anspruch auf Realisierung lässt sich daraus nicht ableiten.

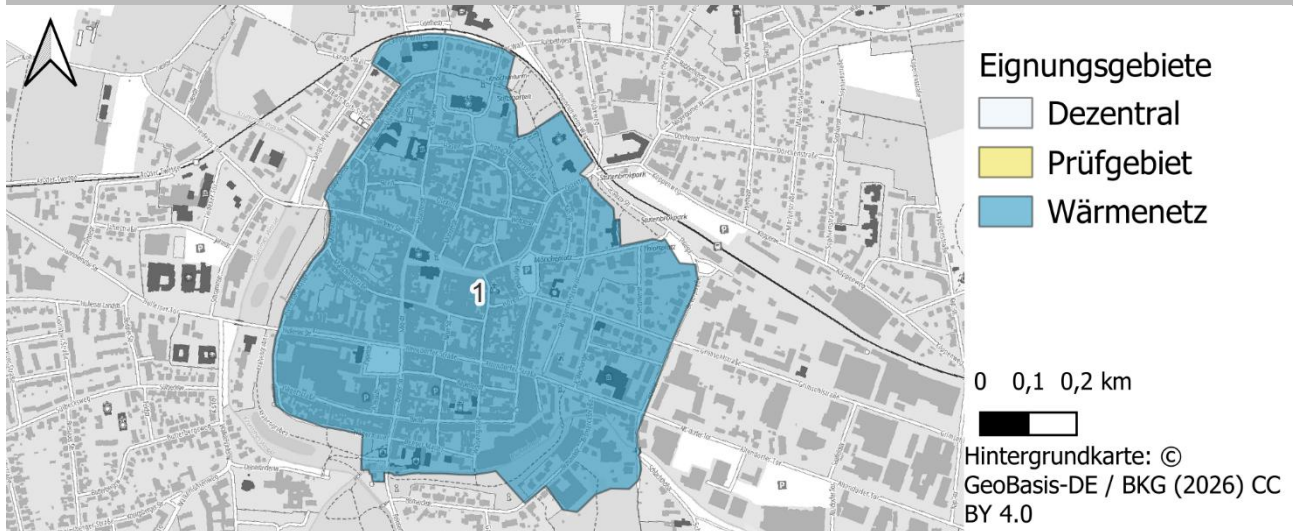
Es sind alle Teilgebiete mit der Zuordnung „Wärmenetz“ oder „Prüfgebiete“ dargestellt. Hier ist zu beachten, dass es sich bei den Gebieten die als Wärmenetzsignungsgebiet definiert sind um Gebiete handelt, die **priorisiert auf ihre Eignung für ein Wärmenetz geprüft werden**. Alle Gebiete in Einbeck, die nicht in den Gebietssteckbriefen inkludiert sind, gelten als „Dezentrale Versorgung“.

Nummer	Beschreibung	Seite
1	Einbeck Innenstadt	63
2	BBS Einbeck	64
3	Gartenstraße	65
4	Gewerbegebiet Grimsehlstraße	66
5	Teichenweg	67
6	Wilhelm-Bendow-Theater, IGS	68
7	Gewerbegebiet Hullerser Straße	69
8	Ilmeweg	70
9	Greene	71
10	Langer Wall	72
11	Sülbecksweg	73
12	Seniorenzentrum Alloheim	74
13	Heilpädagogisches Förderzentrum	75
14	Paul-Hindemith-Straße	76
15	Schillerstraße	77
16	Mühlenbergstraße	78
17	Sportplatz	79
18	Görlitzer Straße	80
19	Walkenmühlenweg	81

20	Geschwister-Scholl-Schule	82
21	Kastanienallee	83
22	Kreiensen	84
23	Bismarckweg	85
24	Salzderhelden	86
25	Stadt Einbeck	87

Einbeck Innenstadt

Gebiet-Nr. 1



Beschreibung: Das Teilgebiet umfasst das Zentrum von Einbeck und ist durch eine historische Altbaustruktur mit Denkmalschutzaufgaben und Kopfsteinpflaster geprägt, was besondere Anforderungen an eine mögliche leitungsgebundene Wärmeversorgung stellt. Die Wärmedichte im Gebiet ist hoch, was grundsätzlich günstige Voraussetzungen für ein Wärmenetz schafft. Hervorzuheben ist die lokal ansässige Brauerei, die als potenzielle Abwärmequelle in die Versorgungsplanung einbezogen werden kann. Darüber hinaus sind zwei kleinere BHKWs vorhanden. Das Gebiet verfügt über eine Vielzahl potenzieller Ankerkunden, darunter das alte Rathaus, das Stadtmuseum, drei Kindertagesstätte und eine Schule. Zudem liegt eine hohe Wärmelinien-dichte in dem Gebiet vor.

Wärmelinien-dichte:	3,5 MWh/m
Anzahl Gebäude:	1.213
Gesamter Wärmebedarf:	41.463 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	34 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	90 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	14.562 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: Die Kombination aus hoher Wärmelinien-dichte und einer geeigneten Ankerkundenstruktur deutet auf eine grundsätzliche Eignung des Untersuchungsraums für die Entwicklung eines Wärmenetzes hin. Für eine vertiefte Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze empfohlen, wie in Maßnahme 3 vorgesehen.

BBS Einbeck

Gebiet-Nr. 2



Beschreibung: Das Teilgebiet zeichnet sich durch eine Vielzahl bedeutender Ankerkunden aus, darunter die Berufsbildende Schule (BBS), das Museum PS.Speicher, eine Sporthalle, das Deutsche Rote Kreuz (DRK), Gebäude der Einbecker Wohnungsbaugesellschaft (EWG) sowie das Technische Hilfswerk. Neben dieser Ankerkundenstruktur sind im Gebiet auch einige private Haushalte vorhanden. Darüber hinaus sind zwei Blockheizkraftwerke sowie eine hohe Wärmeliniendichte vorhanden.

Wärmeliniendichte:	3,3 MWh/m
Anzahl Gebäude:	93
Gesamter Wärmebedarf:	6.114 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	66 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	94 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	2.143 kW
Th. Leistung (Median):	9 kW
Sanierungspotenzial:	6 %

Fazit: Die Kombination aus hoher Wärmeliniendichte und einer geeigneten Ankerkundenstruktur deutet auf eine grundsätzliche Eignung des Untersuchungsraums für die Entwicklung eines Wärmenetzes hin. Für eine vertiefte Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze empfohlen, wie in Maßnahme 3 vorgesehen. Parallel dazu bleiben dezentrale Heizlösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen eine mögliche Option, sofern die Prüfungen ergeben, dass ein Wärmenetz wirtschaftlich nicht umsetzbar ist.

Gartenstraße

Gebiet-Nr. 3



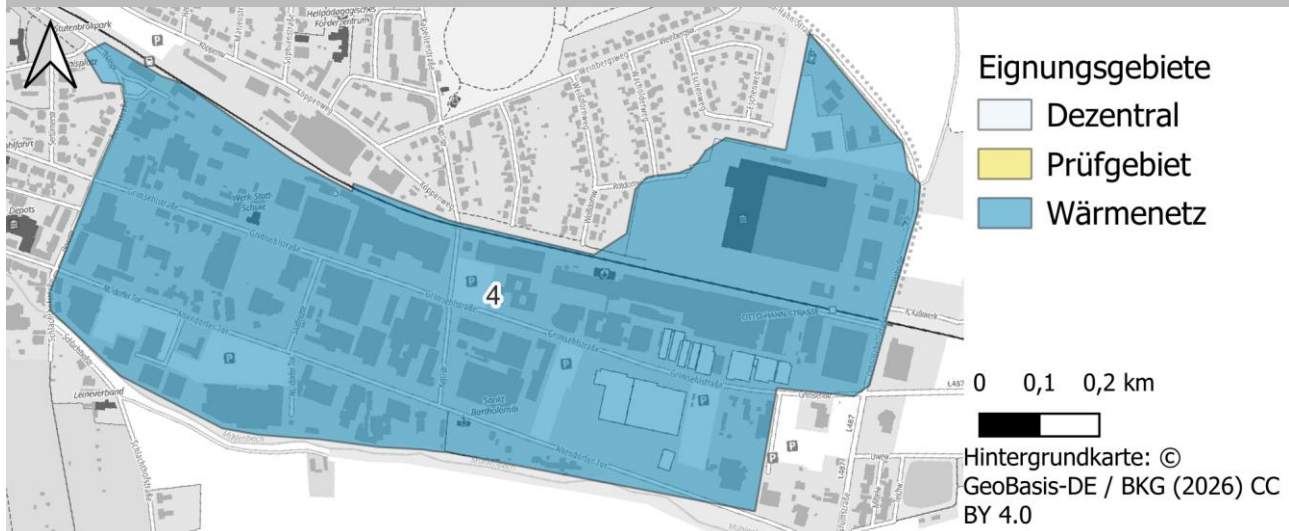
Beschreibung: Das Teilgebiet liegt südlich der Kernstadt Einbeck und wird überwiegend durch private Haushalte sowie Wohngebäude der EWG geprägt. Die räumliche Nähe zur Ilme eröffnet die Möglichkeit, den Fluss als potenzielle regenerative Wärmequelle, beispielsweise mittels Flusswasserwärmepumpe, in die Versorgungsplanung einzubeziehen.

Wärmeliniedichte:	1,9 MWh/m
Anzahl Gebäude:	43
Gesamter Wärmebedarf:	1.816 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	42 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	95 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	634 kW
Th. Leistung (Median):	8 kW
Sanierungspotenzial:	20 %

Fazit: Die Gebäudestruktur deutet auf eine grundsätzliche Eignung des Untersuchungsraums für die Entwicklung eines Wärmenetzes hin. Für eine vertiefte Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze empfohlen, wie in Maßnahme 3 vorgesehen. Hierbei sollte insbesondere das Potenzial einer Wärmeversorgung über die Ilme berücksichtigt werden. Parallel dazu bleiben dezentrale Heizlösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen eine mögliche Option, sofern die Prüfungen ergeben, dass ein Wärmenetz wirtschaftlich nicht umsetzbar ist.

Gewerbegebiet Grimsehlstraße

Gebiet-Nr. 4



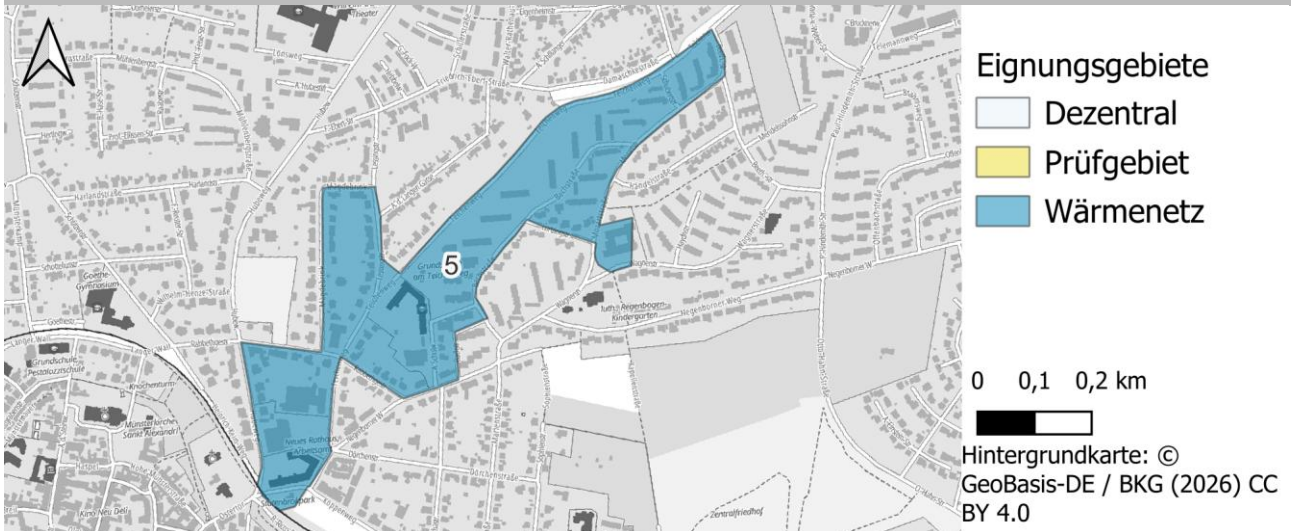
Beschreibung: Das Teilgebiet ist überwiegend durch gewerbliche Nutzungen geprägt und weist ein relevantes Abwärmepotenzial auf, das für eine Wärmeversorgung genutzt werden könnte. Mehrere bereits vorhandene Blockheizkraftwerke (BHKWs) bilden eine bestehende technische Infrastruktur. Die Werkstatt Schule fungiert als kleinerer Ankerkunde und stellt einen Wärmeabnehmer mit kontinuierlichem Bedarf dar. Durch den hohen Anteil an Gewerbekunden mit vergleichsweise hohen Wärmebedarfen liegt im Gebiet eine hohe Wärmeliniendichte vor.

Wärmeliniendichte:	3,2 MWh/m
Anzahl Gebäude:	185
Gesamter Wärmebedarf:	65.549 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	354 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	137 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	23.002 kW
Th. Leistung (Median):	12 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: Die Kombination aus hoher Wärmeliniendichte und einer geeigneten Ankerkundenstruktur deutet auf eine grundsätzliche Eignung des Untersuchungsraums für die Entwicklung eines Wärmenetzes hin. Für eine vertiefte Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze empfohlen, wie in Maßnahme 3 vorgesehen. Parallel dazu bleiben dezentrale Heizlösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen eine mögliche Option, sofern die Prüfungen ergeben, dass ein Wärmenetz wirtschaftlich nicht umsetzbar ist.

Teichenweg

Gebiet-Nr. 5



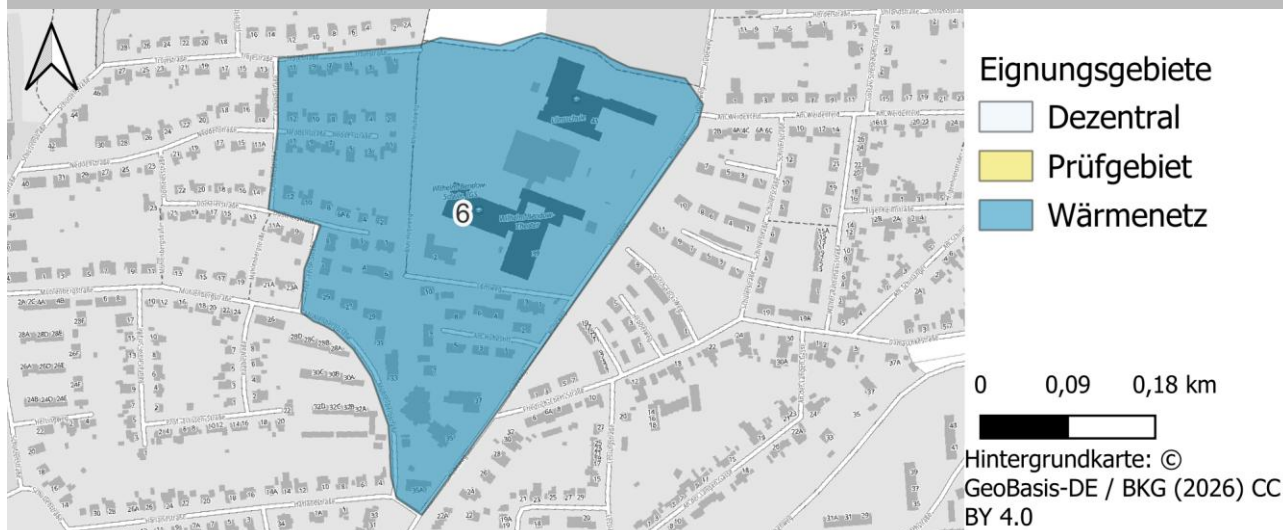
Beschreibung: Das Teilgebiet weist mehrere bedeutende Ankerkunden auf, darunter das Neue Rathaus, das Arbeitsamt sowie eine Grundschule mit Turnhalle und Gebäude der EWG. Ein bestehendes BHKW ist im Gebiet bereits vorhanden. Das Gebiet ist überwiegend durch private Haushalte geprägt.

Wärmeliniendichte:	2,4 MWh/m
Anzahl Gebäude:	154
Gesamter Wärmebedarf:	5.885 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	38 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	102 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	2.066 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	17 %

Fazit: Die Kombination aus hoher Wärmeliniendichte und einer geeigneten Ankerkundenstruktur deutet auf eine grundsätzliche Eignung des Untersuchungsraums für die Entwicklung eines Wärmenetzes hin. Für eine vertiefte Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze empfohlen, wie in Maßnahme 3 vorgesehen. Parallel dazu bleiben dezentrale Heizlösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen eine mögliche Option, sofern die Prüfungen ergeben, dass ein Wärmenetz wirtschaftlich nicht umsetzbar ist.

Wilhelm-Bendow-Theater, IGS

Gebiet-Nr. 6



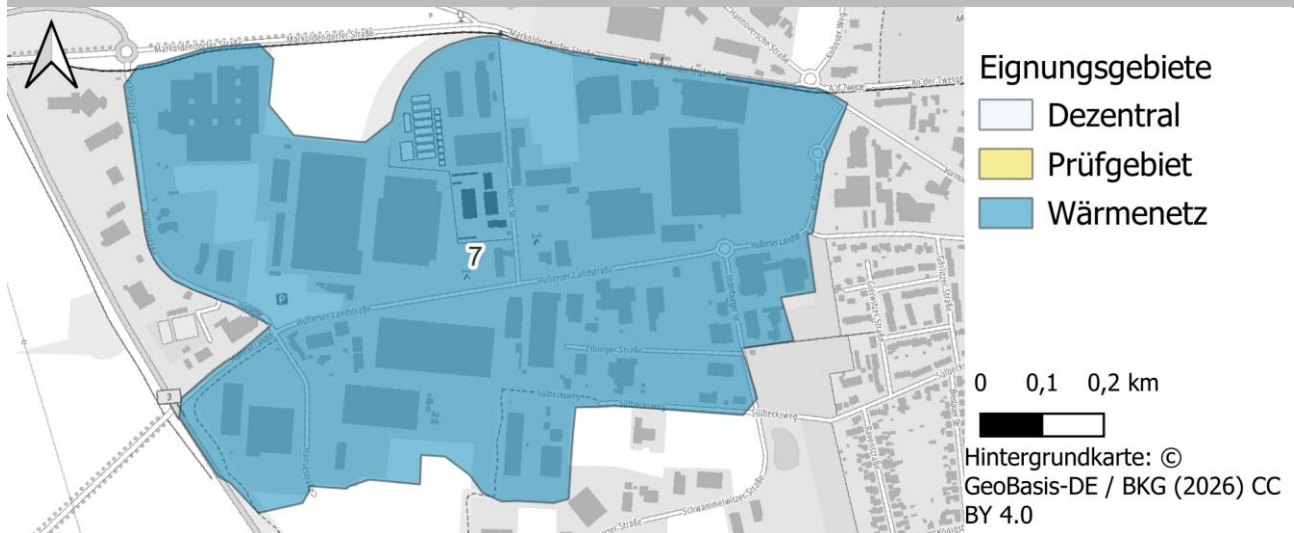
Beschreibung: Das Teilgebiet verfügt über mehrere öffentliche Einrichtungen als Ankerkunden, darunter Schulen und ein Theater, die aufgrund ihrer Nutzungsintensität einen relevanten und kontinuierlichen Wärmebedarf aufweisen. Der Gebäudebestand der EWG ist im Gebiet ebenfalls stark vertreten. In dem Gebiet liegt eine hohe Wärmeliniendichte von 3,5 MWh/m vor.

Wärmeliniendichte:	3,5 MWh/m
Anzahl Gebäude:	64
Gesamter Wärmebedarf:	3.866 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	60 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	255 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	1.360 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	11 %

Fazit: Die Kombination aus hoher Wärmeliniendichte und einer geeigneten Ankerkundenstruktur deutet auf eine grundsätzliche Eignung des Untersuchungsraums für die Entwicklung eines Wärmenetzes hin. Für eine vertiefte Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze empfohlen, wie in Maßnahme 3 vorgesehen. Parallel dazu bleiben dezentrale Heizlösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen eine mögliche Option, sofern die Prüfungen ergeben, dass ein Wärmenetz wirtschaftlich nicht umsetzbar ist.

Gewerbegebiet Hullerser Straße

Gebiet-Nr. 7



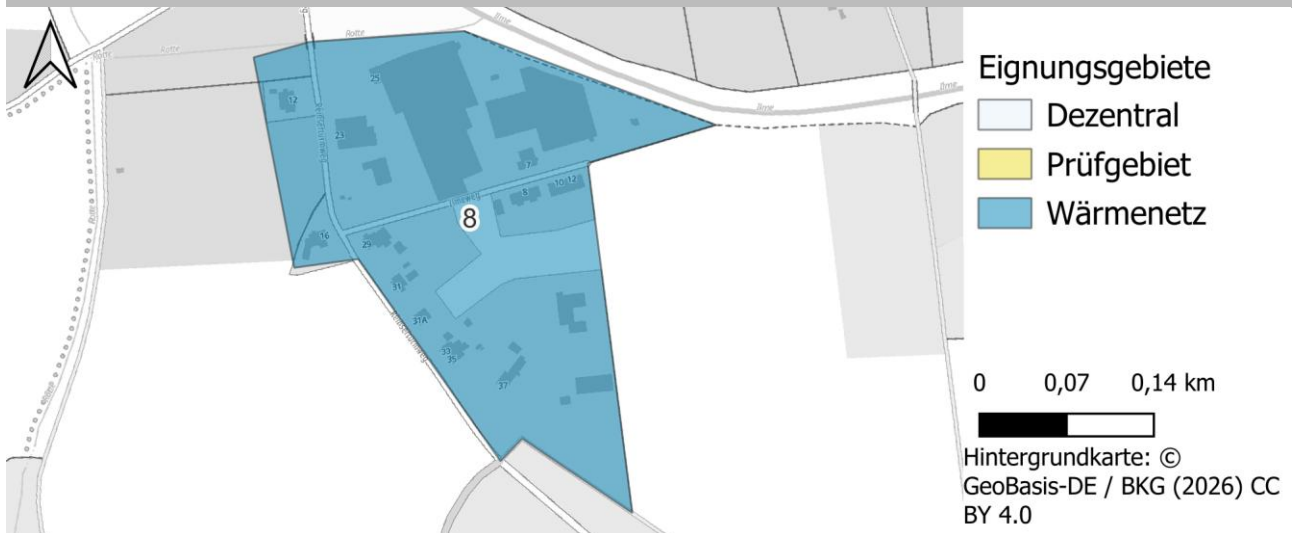
Beschreibung: Das Teilgebiet stellt ein großes Gewerbegebiet dar, das mehrere potenzielle Abwärmequellen aus gewerblichen Betrieben sowie zwei vorhandene Blockheizkraftwerke hat. Als öffentliche Ankerkunden befindet sich der Baubetriebshof im Gebiet, die einen planbaren Grundwärmebedarf abbilden.

Wärmeliniendichte:	4,2 MWh/m
Anzahl Gebäude:	115
Gesamter Wärmebedarf:	15.290 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	133 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	84 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	5.362 kW
Th. Leistung (Median):	7 kW
Sanierungspotenzial:	9 %

Fazit: Die Kombination aus hoher Wärmeliniendichte und einer geeigneten Ankerkundenstruktur deutet auf eine grundsätzliche Eignung des Untersuchungsraums für die Entwicklung eines Wärmenetzes hin. Für eine vertiefte Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze empfohlen, wie in Maßnahme 3 vorgesehen. Parallel dazu bleiben dezentrale Heizlösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen eine mögliche Option, sofern die Prüfungen ergeben, dass ein Wärmenetz wirtschaftlich nicht umsetzbar ist.

Ilmeweg

Gebiet-Nr. 8



Beschreibung: Das Teilgebiet liegt etwas außerhalb des Einbecker Stadtzentrums und ist durch eine gemischte Nutzungsstruktur aus Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie privaten Haushalten geprägt. Mit den Gerlach Werken (Stahl- und Metallbau) ist ein gewerblicher Betrieb ansässig, der potenziell als Wärmeabnehmer oder Abwärmequelle relevant sein könnte. Die Lage an der Ilme bietet zudem die Möglichkeit, den Fluss als erneuerbare Wärmequelle in die Versorgungsplanung einzubeziehen.

Wärmeliniendichte:	5,5 MWh/m
Anzahl Gebäude:	28
Gesamter Wärmebedarf:	1.814 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	65 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	71 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	635 kW
Th. Leistung (Median):	5 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: Die Kombination aus hoher Wärmeliniendichte und einer geeigneten Ankerkundenstruktur deutet auf eine grundsätzliche Eignung des Untersuchungsraums für die Entwicklung eines Wärmenetzes hin. Für eine vertiefte Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze empfohlen, wie in Maßnahme 3 vorgesehen. Parallel dazu bleiben dezentrale Heizlösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen eine mögliche Option, sofern die Prüfungen ergeben, dass ein Wärmenetz wirtschaftlich nicht umsetzbar ist.

Greene

Gebiet-Nr. 9



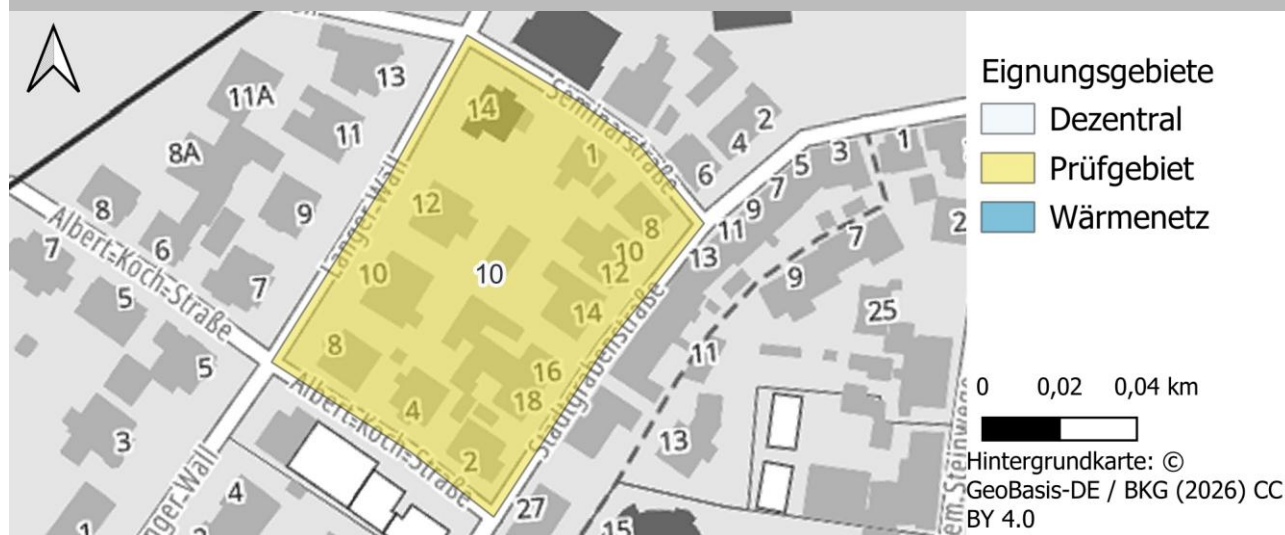
Beschreibung: Das Teilgebiet befindet sich in der Ortschaft Greene und verfügt über mehrere öffentliche Ankerkunden, darunter eine Kindertagesstätte, eine Schule sowie das Heimatmuseum. Diese Einrichtungen bieten als gebündelte Wärmeabnehmer eine geeignete Grundlage für die Prüfung einer lokalen Wärmeversorgungslösung innerhalb des Ortes. Die Lage an der Leine bietet zudem die Möglichkeit, den Fluss als erneuerbare Wärmequelle in die Versorgungsplanung miteinzubeziehen.

Wärmeliniendichte:	3,3 MWh/m
Anzahl Gebäude:	132
Gesamter Wärmebedarf:	5.855 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	44 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	73 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	2.057 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	5 %

Fazit: Die Kombination aus hoher Wärmeliniendichte und einer geeigneten Ankerkundenstruktur deutet auf eine grundsätzliche Eignung des Untersuchungsraums für die Entwicklung eines Wärmenetzes hin. Für eine vertiefte Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze empfohlen, wie in Maßnahme 3 vorgesehen. Parallel dazu bleiben dezentrale Heizlösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen eine mögliche Option, sofern die Prüfungen ergeben, dass ein Wärmenetz wirtschaftlich nicht umsetzbar ist.

Langer Wall

Gebiet-Nr. 10



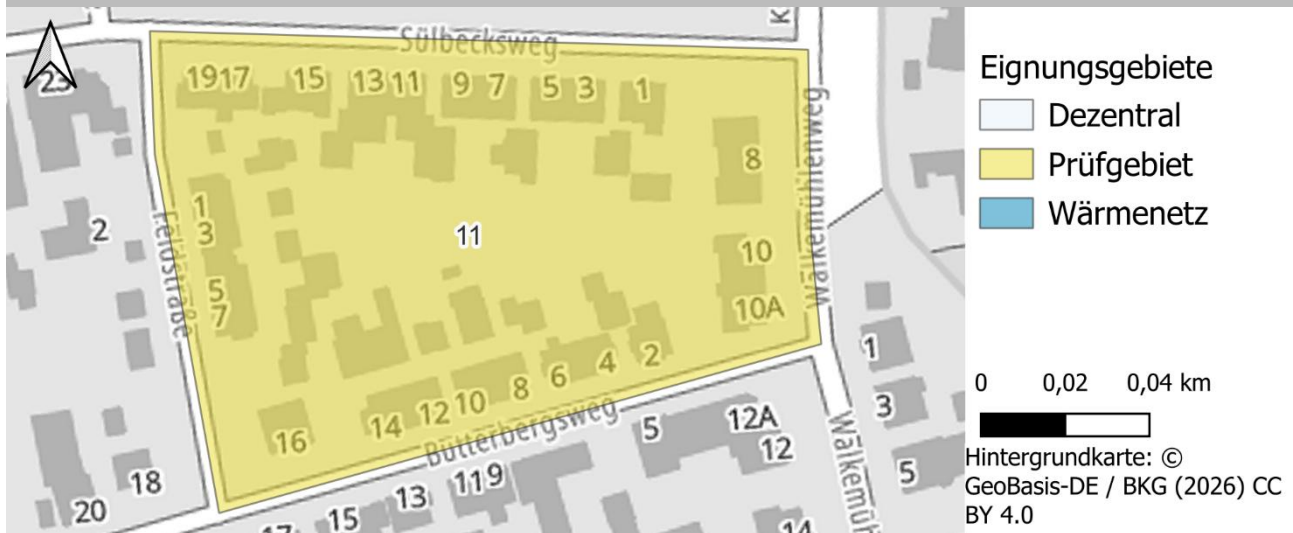
Beschreibung: Das Teilgebiet wird überwiegend durch private Haushalte geprägt. Die Struktur ist vorwiegend wohnbaulich geprägt, ohne wesentliche gewerbliche oder öffentliche Ankerkunden. Der Wärmebedarf ergibt sich entsprechend aus der Versorgung der Wohngebäude. Bei der weiteren Prüfung sollte die Einbeziehung eines nördlich angrenzenden Schulgebäudes und einer südlich gelegenen Gärtnerei (Gewächshäuser) einbezogen werden.

Wärmeliniendichte:	2,2 MWh/m
Anzahl Gebäude:	16
Gesamter Wärmebedarf:	416 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	26 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	90 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	145 kW
Th. Leistung (Median):	8 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: Das Gebiet verfügt über keine Ankerkundenstruktur, weist jedoch eine vergleichsweise hohe Wärmeliniendichte auf. Es ist konkret zu prüfen, ob das Gebiet für eine dezentrale Versorgung geeignet ist oder ob sich ein Nahwärmenetz als wirtschaftlichere Lösung anbietet.

Sülbeckschweg

Gebiet-Nr. 11



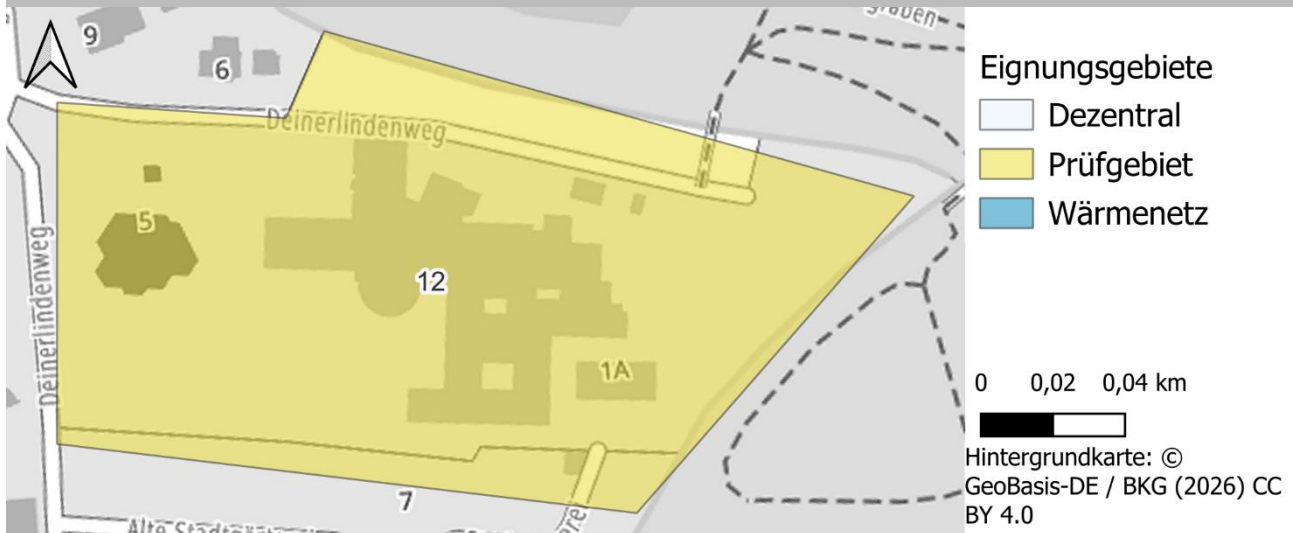
Beschreibung: Das Teilgebiet wird überwiegend durch private Haushalte geprägt. Die Struktur ist vorwiegend wohnbaulich geprägt, ohne wesentliche gewerbliche oder öffentliche Ankerkunden. Der Wärmebedarf ergibt sich entsprechend aus der Versorgung der Wohngebäude.

Wärmeliniendichte:	2,4 MWh/m
Anzahl Gebäude:	30
Gesamter Wärmebedarf:	540 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	18 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	90 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	191 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	11 %

Fazit: Im Gebiet sind keine Ankerkunden vorhanden und bei den Gebäuden handelt es sich ausschließlich um Objekte im privaten Eigentum. Die Wärmeliniendichte weist eine grundsätzliche Eignung auf; ob ein Nahwärmenetz oder eine dezentrale Versorgung die geeignetere Lösung darstellt, ist jedoch noch zu prüfen.

Seniorenzentrum Alloheim

Gebiet-Nr. 12



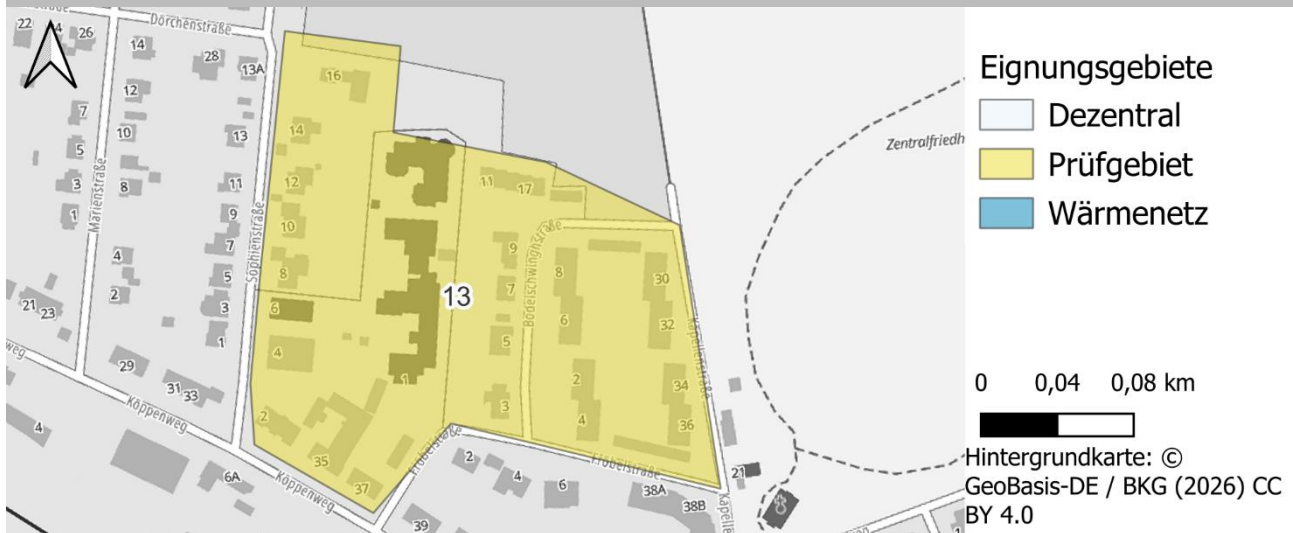
Beschreibung: Das Teilgebiet umfasst das Seniorenzentrum Alloheim sowie eine Kindertagesstätte als öffentliche Einrichtungen mit relevantem Wärmebedarf. Das Gebiet grenzt unmittelbar an das benachbarte Teilgebiet mit dem Altenheim Deinerlinde, das bereits über ein Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Wärmeversorgung verfügt. Diese räumliche Nähe eröffnet perspektivisch Synergiepotenziale für eine gemeinsame oder verbundene Wärmeversorgungslösung.

Wärmeliniedichte:	4,1 MWh/m
Anzahl Gebäude:	6
Gesamter Wärmebedarf:	906 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	151 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	108 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	317 kW
Th. Leistung (Median):	4 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: Durch das Seniorenzentrum liegt im Gebiet ein hoher Wärmebedarf vor, der sich in einer entsprechend hohen Wärmeliniedichte widerspiegelt. Da das Seniorenzentrum bereits durch ein BHKW versorgt wird, liegt eine Erweiterung des versorgten Gebiets nahe. Es ist jedoch zu prüfen, ob dies wirtschaftlich und technisch umsetzbar ist und mit welchen erneuerbaren Energien das BHKW bzw. das Gebiet künftig versorgt werden kann.

Heilpädagogisches Förderzentrum

Gebiet-Nr. 13



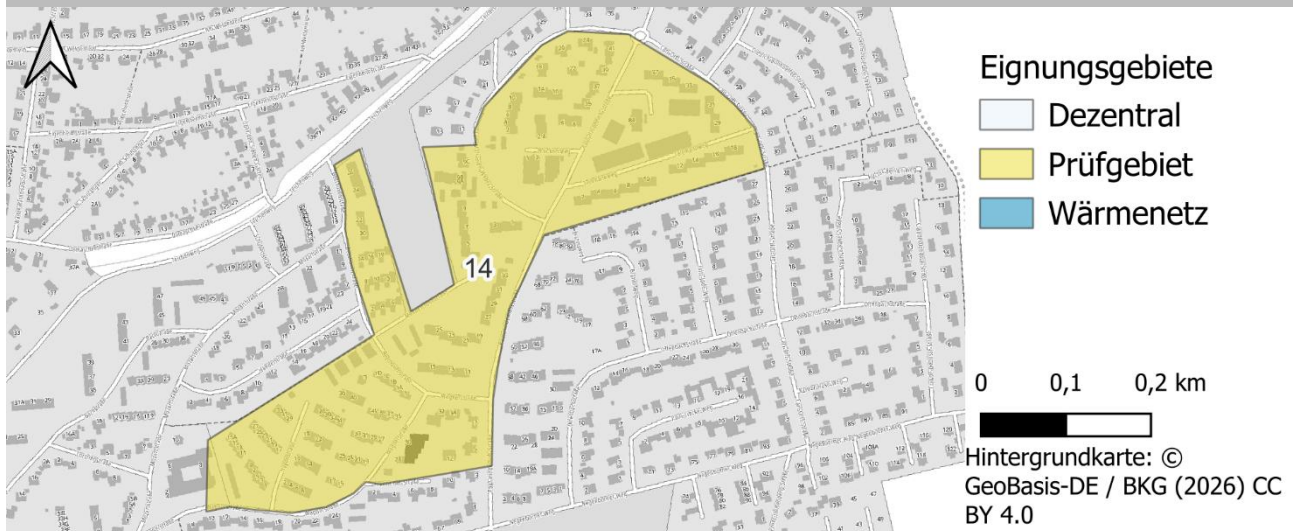
Beschreibung: Das Teilgebiet wird durch das Heilpädagogische Förderzentrum als dominierenden Ankerkunden geprägt, das aufgrund seiner Betriebsstruktur einen kontinuierlichen und vergleichsweise hohen Wärmebedarf aufweist. Ferner gibt es im Gebiet eine Einrichtung der Erwachsenenbildung (DAA) und größeren Wohnungsbestand der EWG. Im Gebiet ist bereits ein Blockheizkraftwerk vorhanden. Ergänzend sind private Haushalte im Gebiet ansässig.

Wärmelinienichte:	2,0 MWh/m
Anzahl Gebäude:	35
Gesamter Wärmebedarf:	1.666 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	48 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	91 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	584 kW
Th. Leistung (Median):	7 kW
Sanierungspotenzial:	20 %

Fazit: Das Gebiet deutet auf eine grundsätzliche Eignung für ein Nahwärmenetz hin. Im Rahmen einer vertieften Analyse im Kontext der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze gemäß Maßnahme 3 ist zu prüfen, ob das bestehende Netz fortgeführt und erweitert werden kann oder ob ergänzend ein neues Netz erforderlich wäre. Sofern die vertieften Prüfungen ergeben, dass ein wirtschaftlicher Betrieb eines Wärmenetzes nicht möglich ist, bleiben dezentrale Lösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen weiterhin eine realistische Option.

Paul-Hindemith-Straße

Gebiet-Nr. 14



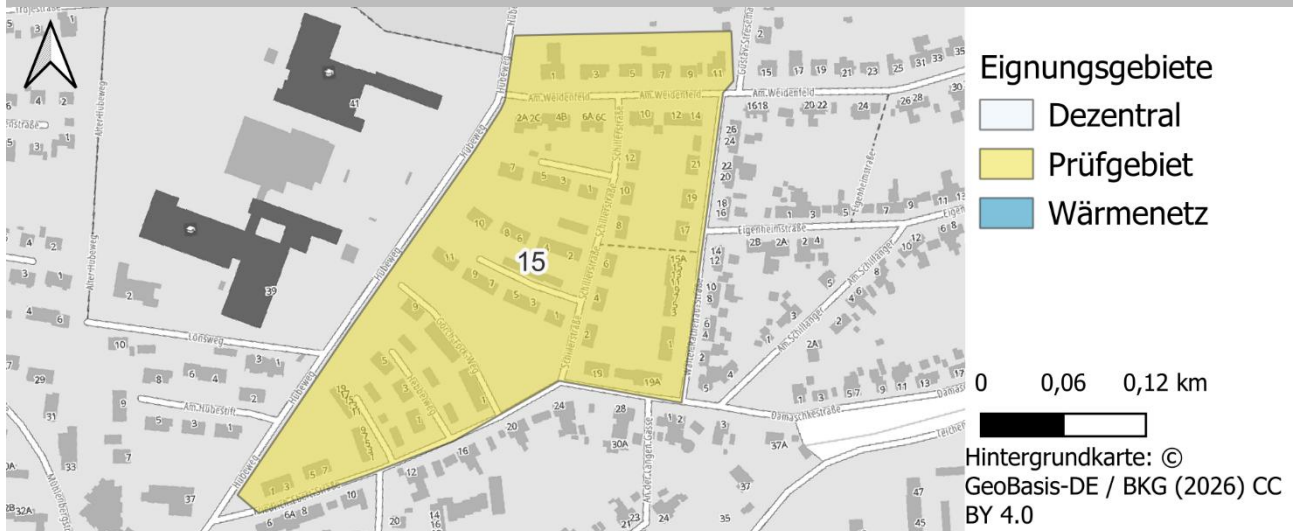
Beschreibung: Das Teilgebiet wird vorwiegend durch private Haushalte geprägt. Ein bestehendes Blockheizkraftwerk (BHKW) ist im Gebiet vorhanden. Darüber hinaus sind Gebäude der EWG sowie ein Kindergarten als öffentliche Einrichtung im Gebiet ansässig. Das Gebiet ist durch dichtbebaute Reihenhausquartiere geprägt.

Wärmeliniendichte:	2,2 MWh/m
Anzahl Gebäude:	133
Gesamter Wärmebedarf:	4.534 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	34 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	106 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	1.592 kW
Th. Leistung (Median):	5 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: Das Gebiet weist aufgrund der vorhandenen Ankerkunden und der hohen Wärmeliniendichte eine grundlegende Eignung für ein Nahwärmenetz auf. Im Rahmen einer vertieften Analyse im Kontext der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze gemäß Maßnahme 3 ist zu prüfen, ob das bestehende Netz fortgeführt und erweitert werden kann oder ob ergänzend ein neues Netz erforderlich wäre. Sofern die vertieften Prüfungen ergeben, dass ein wirtschaftlicher Betrieb eines Wärmenetzes nicht möglich ist, bleiben dezentrale Lösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen weiterhin eine realistische Option.

Schillerstraße

Gebiet-Nr. 15



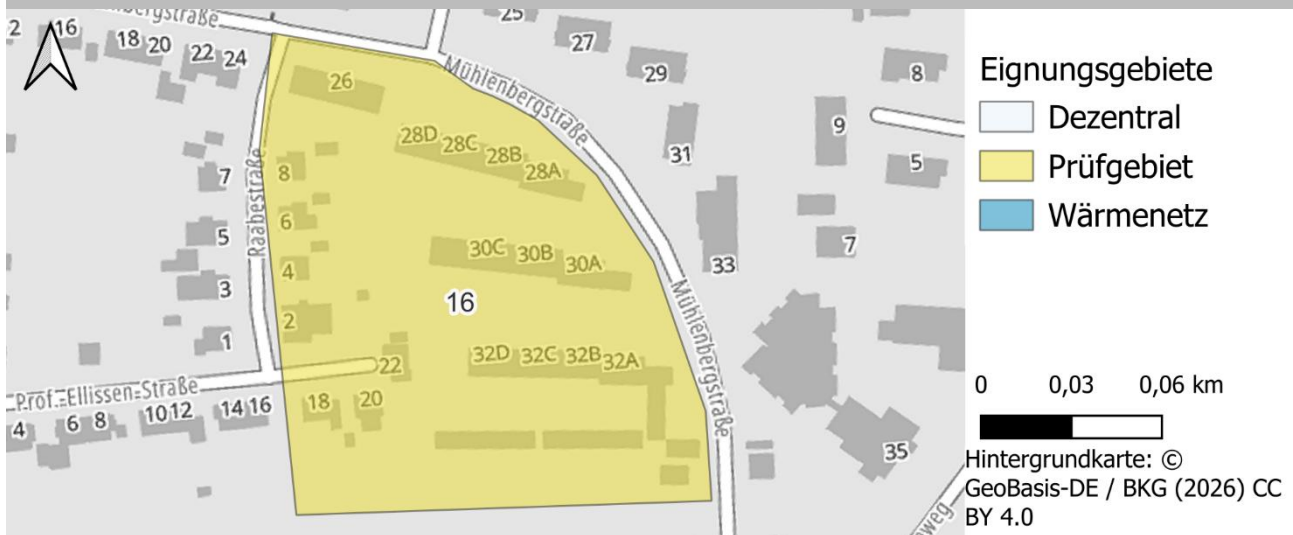
Beschreibung: Das Teilgebiet zeichnet sich durch einen hohen Gebäudebestand der EWG aus, der zusammen mit den privaten Haushalten die Nutzungsstruktur des Gebietes bestimmt. Aufgrund des konzentrierten Wohnungsbestandes besteht ein gebündelter Wärmebedarf, der für eine leitungsgebundene Versorgungslösung grundsätzlich geeignete Rahmenbedingungen schafft.

Wärmeliniedichte:	1,5 MWh/m
Anzahl Gebäude:	75
Gesamter Wärmebedarf:	1.259 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	17 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	75 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	445 kW
Th. Leistung (Median):	5 kW
Sanierungspotenzial:	7 %

Fazit: Das Gebiet weist einen hohen Gebäudebestand der EWG auf, weshalb ein Nahwärmenetz als Versorgungslösung in Betracht kommt. Aufgrund der geringen Wärmeliniedichte ist die Gebietseignung jedoch nicht eindeutig; es sind daher weitere Untersuchungen erforderlich, die die wirtschaftliche und technische Umsetzbarkeit eines Wärmenetzes bewerten.

Mühlenbergstraße

Gebiet-Nr. 16



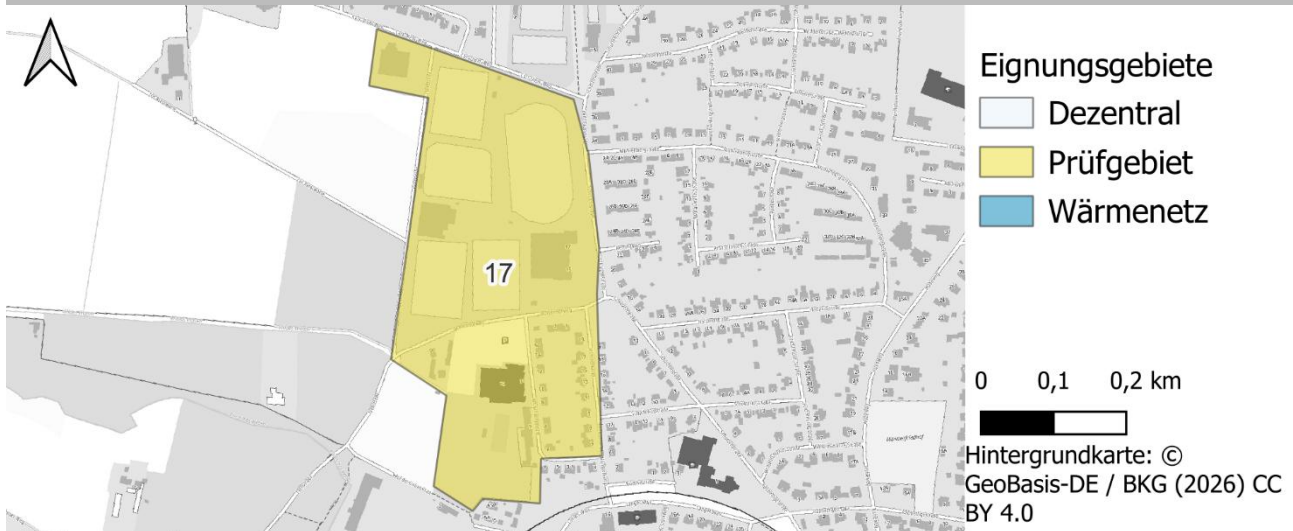
Beschreibung: Das Teilgebiet wird durch eine wohnbauliche Struktur geprägt, in der private Haushalte den überwiegenden Anteil stellen. Ergänzend ist ein nennenswerter Gebäudebestand der EWG vorhanden, der zur Verdichtung des Wärmebedarfs im Gebiet beiträgt.

Wärmeliniendichte:	1,3 MWh/m
Anzahl Gebäude:	18
Gesamter Wärmebedarf:	307 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	17 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	54 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	106 kW
Th. Leistung (Median):	4 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: Das Gebiet weist einen nennenswerten Gebäudebestand der EWG auf, weshalb ein Nahwärmenetz als Versorgungslösung in Betracht kommt. Aufgrund der geringen Wärmeliniendichte ist die Gebietseignung jedoch nicht eindeutig; es sind daher weitere Untersuchungen erforderlich, die die wirtschaftliche und technische Umsetzbarkeit eines Wärmenetzes bewerten.

Sportplatz

Gebiet-Nr. 17



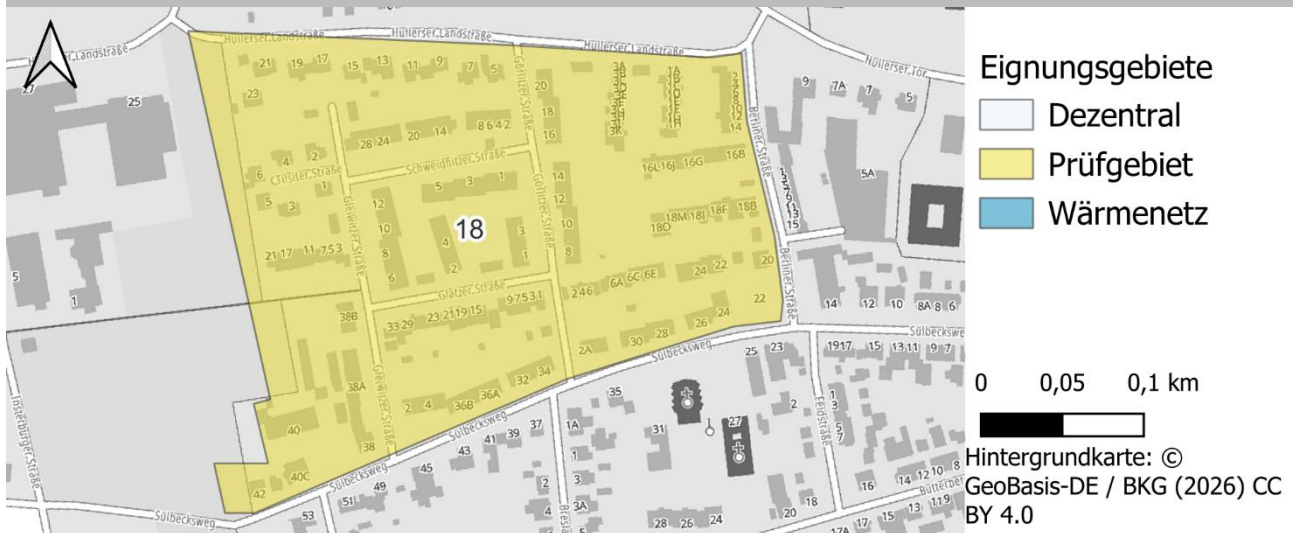
Beschreibung: Das Teilgebiet wird durch das Hallenbad als potenzielle Abwärmequelle geprägt, das im Rahmen der Wärmeplanung als lokale Wärmequelle geprüft werden kann. Das Hallenbad wird zudem durch ein BHKW betrieben. Ergänzt wird die Struktur durch ein Stadion sowie vereinzelte Gebäude der EWG, die als potenzielle Wärmeabnehmer in Frage kommen.

Wärmeliniendichte:	1,7 MWh/m
Anzahl Gebäude:	32
Gesamter Wärmebedarf:	2.324 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	73 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	82 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	819 kW
Th. Leistung (Median):	11 kW
Sanierungspotenzial:	12 %

Fazit: Das Gebiet weist aufgrund der bestehenden Wärmeinfrastruktur ein Potenzial für ein Nahwärmenetz auf. Aufgrund der geringen Wärmeliniendichte ist die Gebietseignung jedoch nicht eindeutig, sodass weitere Untersuchungen erforderlich sind, die die wirtschaftliche und technische Umsetzbarkeit eines Wärmenetzes bewerten.

Görlitzer Straße

Gebiet-Nr. 18



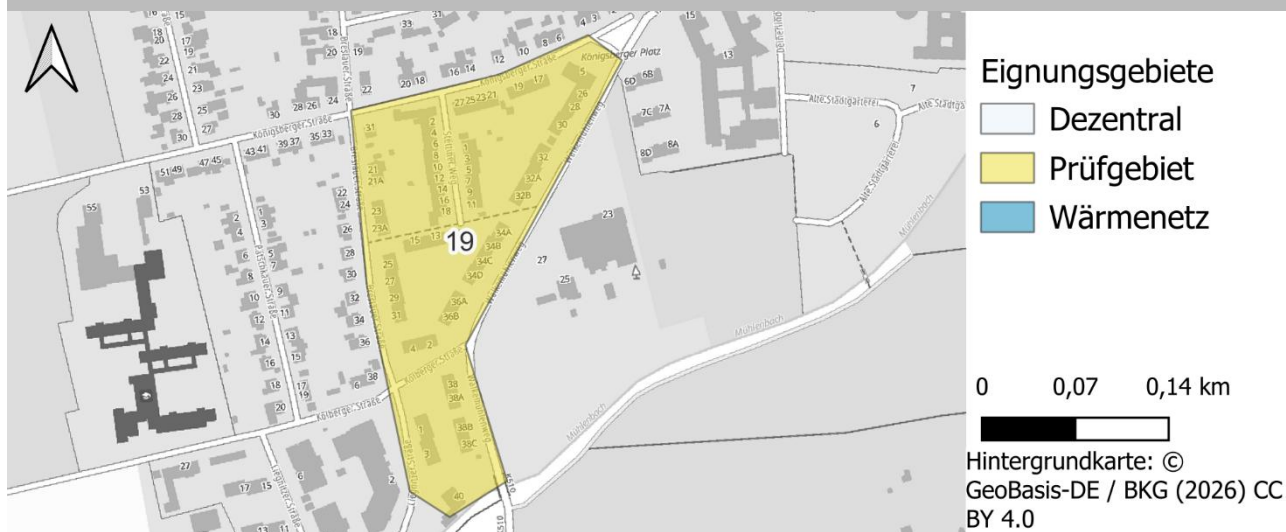
Beschreibung: Das Gebiet weist aufgrund der bestehenden Wärmeinfrastruktur ein Potenzial für ein Nahwärmenetz auf. Aufgrund der geringen Wärmeliniendichte ist die Gebietseignung jedoch nicht eindeutig, sodass weitere Untersuchungen erforderlich sind, die die wirtschaftliche und technische Umsetzbarkeit eines Wärmenetzes bewerten.

Wärmeliniendichte:	1,8 MWh/m
Anzahl Gebäude:	163
Gesamter Wärmebedarf:	2.181 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	13 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	92 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	767 kW
Th. Leistung (Median):	4 kW
Sanierungspotenzial:	13 %

Fazit: Das Gebiet weist aufgrund der dicht bebauten Reihenhausquartiere ein Potenzial für eine Nahwärmenutzung auf. Aufgrund der geringen Wärmeliniendichte ist die Gebietseignung jedoch nicht eindeutig, sodass weitere Untersuchungen erforderlich sind, die die wirtschaftliche und technische Umsetzbarkeit eines Wärmenetzes bewerten.

Walkenmühlenweg

Gebiet-Nr. 19



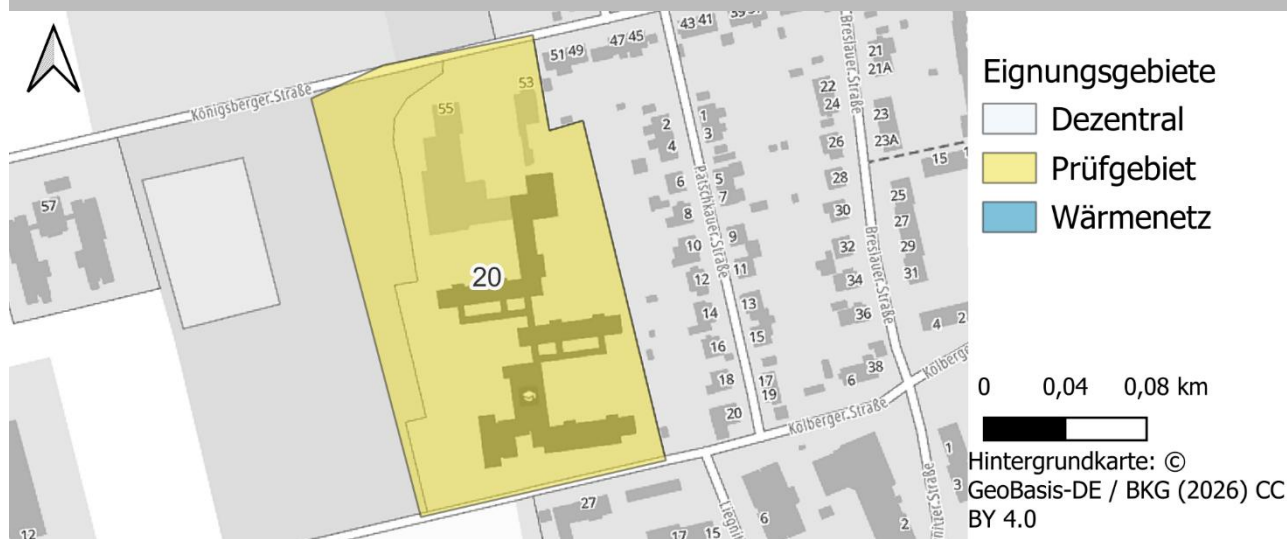
Beschreibung: Das Teilgebiet wird maßgeblich durch Wohnungsbauten der EWG geprägt und weist damit eine verdichtete Wohnstruktur auf. Neben den Gebäuden der EWG sind weitere private Haushalte vorhanden, sodass das Gebiet insgesamt einen homogenen Wohncharakter aufweist.

Wärmeliniendichte:	2,1 MWh/m
Anzahl Gebäude:	43
Gesamter Wärmebedarf:	874 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	20 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	73 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	306 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: Das Gebiet weist aufgrund der vorhandenen Gebäudestruktur ein Potenzial für eine Nahwärmenutzung auf. Aufgrund der geringen Wärmeliniendichte ist die Gebietseignung jedoch nicht eindeutig, sodass weitere Untersuchungen erforderlich sind, die die wirtschaftliche und technische Umsetzbarkeit eines Wärmenetzes bewerten.

Geschwister-Scholl-Schule

Gebiet-Nr. 20



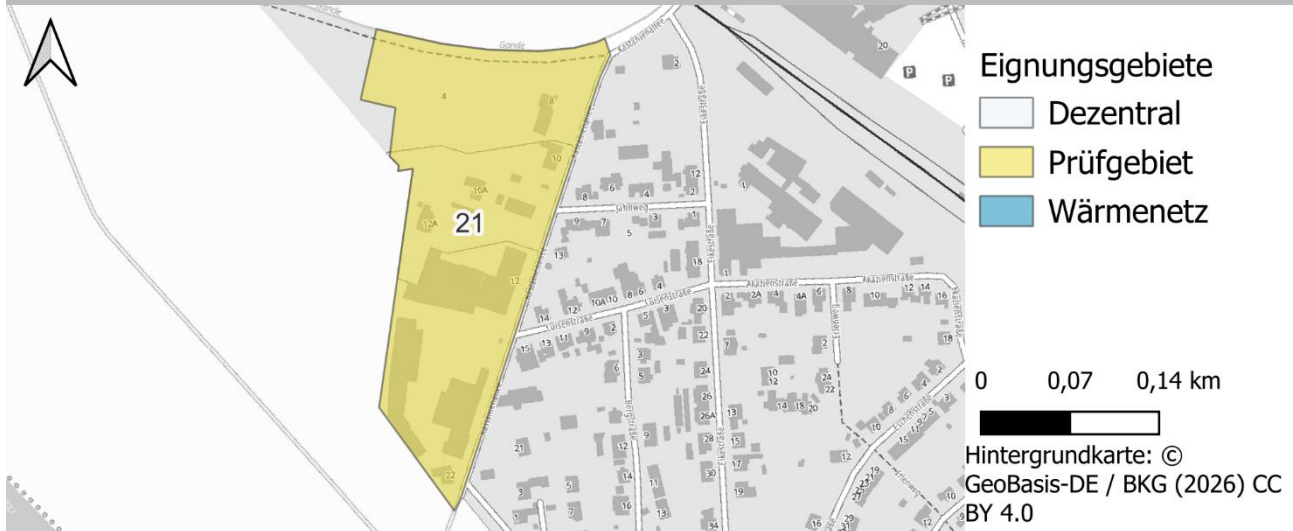
Beschreibung: Das Teilgebiet befindet sich im äußeren südwestlichen Bereich der Kernstadt Einbeck und wird maßgeblich durch die Geschwister-Scholl-Schule geprägt. Die Schule weist einen hohen Wärmebedarf auf und stellt damit einen zentralen Ankerkunden für eine mögliche leitungsgebundene Wärmeversorgung dar. Die Randlage innerhalb der Kernstadt ist bei der Bewertung von Versorgungsoptionen und Netzanbindungen zu berücksichtigen.

Wärmeliniendichte:	2,4 MWh/m
Anzahl Gebäude:	9
Gesamter Wärmebedarf:	1.911 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	212 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	709 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	671 kW
Th. Leistung (Median):	33 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: Die Geschwister-Scholl-Schule stellt einen wichtigen Ankerkunden dar, dessen Wärmebedarf es zu decken gilt. Ob das Gebiet eine tatsächliche Eignung für eine Nahwärmenutzung aufweist, ist im Rahmen weiterer technischer und wirtschaftlicher Untersuchungen zu klären.

Kastanienallee

Gebiet-Nr. 21



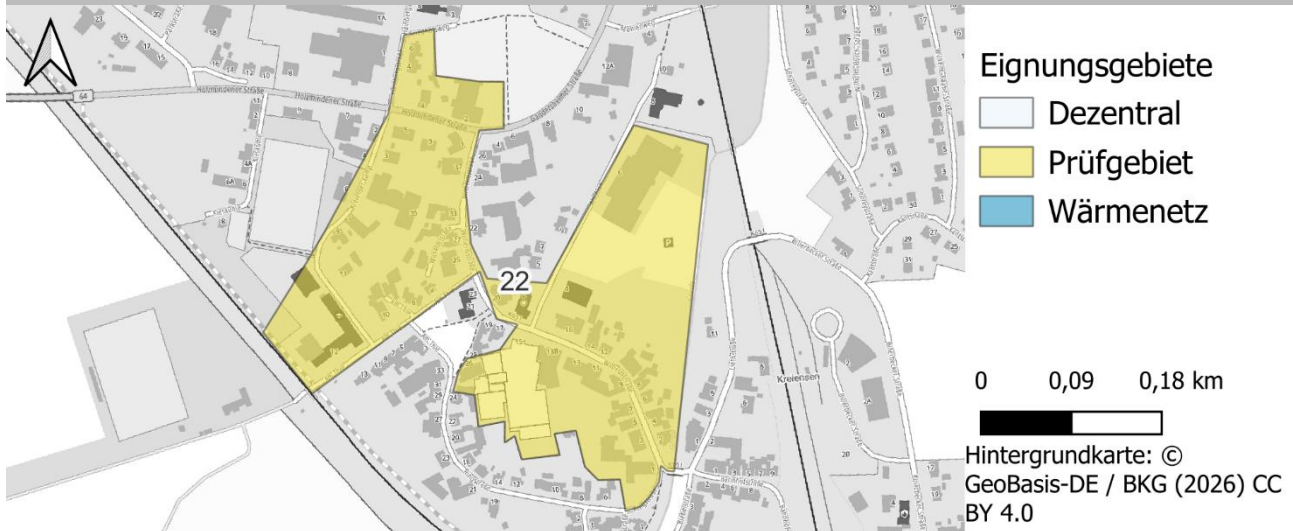
Beschreibung: Das Teilgebiet befindet sich in Kreiensen und ist maßgeblich durch gewerbliche und industrielle Nutzungen geprägt. Ansässige Betriebe wie B&H Metalltechnik, Langheim Holzbau und Dörries GaLaBau bestimmen das Erscheinungsbild und den Energiebedarf des Gebietes. Neben diesen gewerblichen Nutzungen sind auch private Haushalte im Gebiet vorhanden, die einen weiteren Wärmebedarf begründen.

Wärmelinienichte:	2,6 MWh/m
Anzahl Gebäude:	18
Gesamter Wärmebedarf:	618 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	34 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	67 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	216 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: Anhand der vorhandenen Ankerkundenstruktur liegt ein Potenzial für ein Nahwärmenetz nahe. Es bleibt jedoch zu prüfen, ob eine Eignung für ein Wärmenetz tatsächlich gegeben ist. Hierfür sind weiterführende Untersuchungen hinsichtlich der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit erforderlich.

Kreiensen

Gebiet-Nr. 22



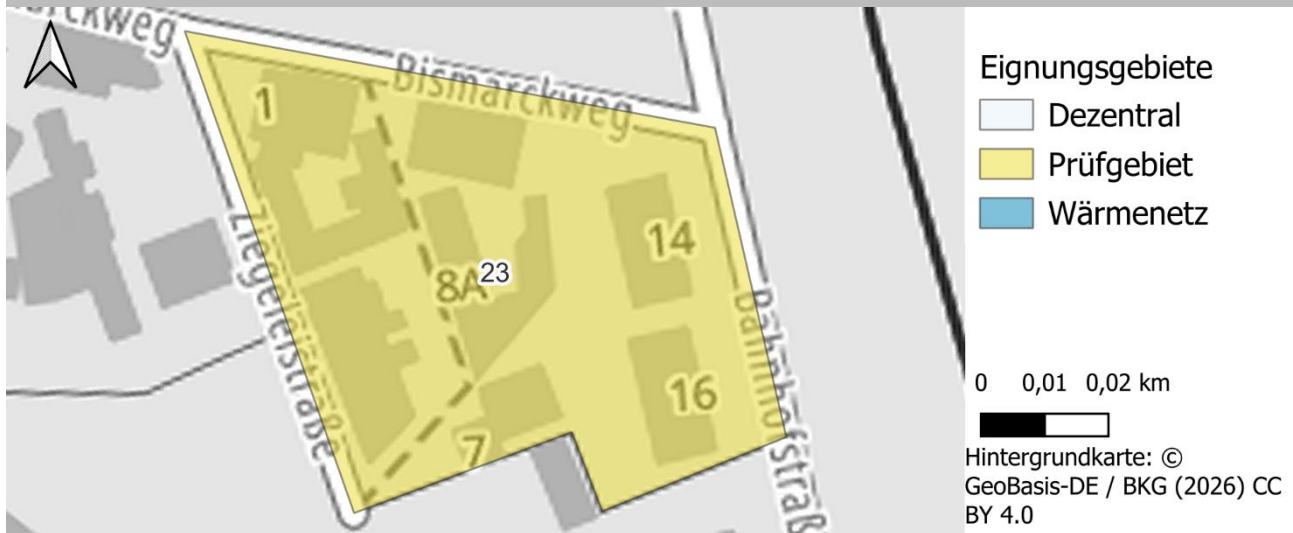
Beschreibung: Das Teilgebiet liegt in Kreiensen und zeichnet sich durch eine Kombination aus öffentlichen Einrichtungen und Wohnbebauung aus. Mit dem Bürgerhaus, der Grundschule, einer Senioreneinrichtung, einem Einkaufszentrum und einer Gärtnerei mit Gewächshäusern sind mehrere potenzielle Ankerkunden vorhanden. Den flächenmäßig größten Anteil nehmen jedoch private Haushalte ein, die das Gebietsbild prägen.

Wärmeliniedichte:	2,4 MWh/m
Anzahl Gebäude:	78
Gesamter Wärmebedarf:	2.616 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	34 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	65 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	916 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	7 %

Fazit: Die Kombination aus hoher Wärmeliniedichte und einer geeigneten Ankerkundenstruktur deutet auf eine grundsätzliche Eignung des Untersuchungsraums für die Entwicklung eines Wärmenetzes hin. Für eine vertiefte Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze empfohlen, wie in Maßnahme 3 vorgesehen. Parallel dazu bleiben dezentrale Heizlösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen eine mögliche Option, sofern die Prüfungen ergeben, dass ein Wärmenetz wirtschaftlich nicht umsetzbar ist.

Bismarckweg

Gebiet-Nr. 23



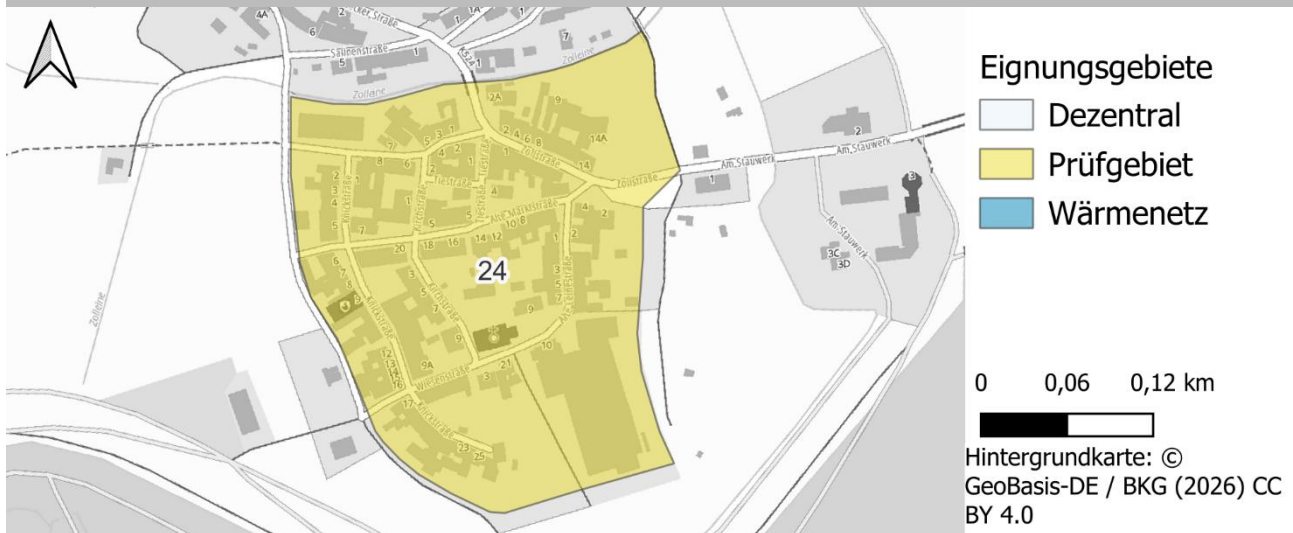
Beschreibung: Das Teilgebiet in Kreiensen ist vorwiegend durch private Haushalte geprägt. Gewerbliche oder öffentliche Nutzungen treten in diesem Gebiet nicht auf. Die Wärmeversorgung dient entsprechend ausschließlich der Deckung der Wärmebedarfe der ansässigen Wohngebäude.

Wärmeliniendichte:	2,6 MWh/m
Anzahl Gebäude:	12
Gesamter Wärmebedarf:	206 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	17 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	57 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	72 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: In dem Gebiet sind keine Ankerkunden vorhanden und bei den Gebäuden handelt es sich ausschließlich um Gebäude im privaten Eigentum. Die Wärmeliniendichte weist eine grundsätzliche Eignung auf; ob ein Nahwärmenetz oder eine dezentrale Versorgung die geeignetere Lösung darstellt, ist jedoch noch zu prüfen.

Salzderhelden

Gebiet-Nr. 24



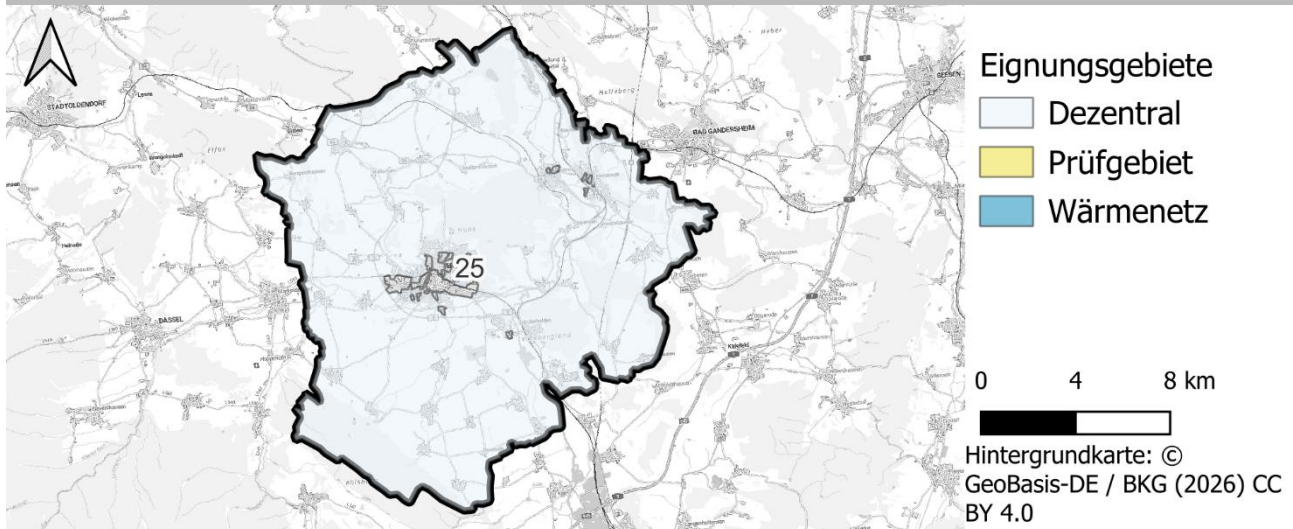
Beschreibung: Das Teilgebiet umfasst den Altstadtbereich von Salzderhelden und weist eine gemischte Nutzungsstruktur auf. Neben privaten Haushalten sind Betriebe aus dem Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) ansässig, sowie ein Feuerwehrgerätehaus. Die kurze Entfernung zur Leine bietet außerdem das Potenzial diese als Wärmequelle für eine Flusswasserwärmepumpe zu nutzen und das Gebiet mit der Wärme zu versorgen.

Wärmeliniendichte:	2,2 MWh/m
Anzahl Gebäude:	138
Gesamter Wärmebedarf:	2.604 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	19 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	61 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	915 kW
Th. Leistung (Median):	5 kW
Sanierungspotenzial:	Im Detail zu prüfen

Fazit: Die Kombination aus hoher Wärmeliniendichte und einer geeigneten Ankerkundenstruktur deutet auf eine grundsätzliche Eignung des Untersuchungsraums für die Entwicklung eines Wärmenetzes hin. Für eine vertiefte Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze empfohlen, wie in Maßnahme 3 vorgesehen. Parallel dazu bleiben dezentrale Heizlösungen wie Umgebungsluft-Wärmepumpen eine mögliche Option, sofern die Prüfungen ergeben, dass ein Wärmenetz wirtschaftlich nicht umsetzbar ist.

Stadt Einbeck

Gebiet-Nr. 25



Beschreibung: Das Teilgebiet ist durch eine aufgelockerte, dorfähnliche Siedlungsstruktur mit einem hohen Anteil an Einfamilienhäusern geprägt. Die spezifische Wärmedichte ist vergleichsweise gering, was den wirtschaftlichen Betrieb eines leitungsgebundenen Wärmenetzes erschwert. Aktuell werden in den Ortschaften etliche Gebäude zu großen Teilen mit Kaminöfen, Holzhackschnitzeln oder Pelletöfen beheizt. Aufgrund der losen Bebauungsstruktur bieten sich dezentrale Versorgungsoptionen an – insbesondere Luft-Wärmepumpen stellen eine technisch und wirtschaftlich geeignete Alternative für die individuelle Wärmeversorgung dar.

Wärmeliniendichte:	1,4 MWh/m
Anzahl Gebäude:	12.841
Gesamter Wärmebedarf:	266.173 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	21 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	71 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	93.394 kW
Th. Leistung (Median):	5 kW
Sanierungspotenzial:	6 %

Fazit: Nach eingehender Analyse ergeben sich in den betrachteten Bereichen keine geeigneten Voraussetzungen für den Aufbau eines größeren Wärmenetzes. Stattdessen sollten dezentrale Lösungen eingesetzt werden, vorzugsweise Umgebungsluft-Wärmepumpen. Alternativ können auch Wärmepumpen mit Erdsonden in Betracht gezogen werden. Grundsätzlich sind zudem alle weiteren im Gebäudeenergiegesetz vorgesehenen Erfüllungsoptionen anwendbar. Eine fachkundige und neutrale Beratung ist in jedem Fall erforderlich, um eine passende Lösung für den jeweiligen Gebäudekontext zu identifizieren. In Einzelfällen können ergänzende Sanierungs- oder Schallschutzmaßnahmen notwendig werden, die durch Bundesprogramme gefördert werden können. Für eine erste Orientierung bietet die Verbraucherzentrale Niedersachsen entsprechende Beratungsleistungen an.

4.6 Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial

Gemäß § 18 WPG Abs. 5 sollen Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial kenntlich gemacht werden. Die Entscheidung für ein Gebiet mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial wurde auf Basis des spezifischen Wärmebedarfs gefällt. In diesen Bereichen weisen die Gebäude mehrheitlich ein hohes Sanierungspotenzial auf, das durch entsprechende Maßnahmen priorisiert gehoben werden sollte.

Um die Herausforderungen gezielt anzugehen, sollten energetische Quartierskonzepte erarbeitet werden. Zwar weisen alle Gebiete einen hohen spezifischen Wärmebedarf auf, jedoch sind die Gebiete dennoch unterschiedlich zu bewerten. Im besten Fall lassen sich die Erkenntnisse auf andere Gebiete übertragen. Eine Übersicht der Gebiete findet sich auf [Abbildung 4-8](#).

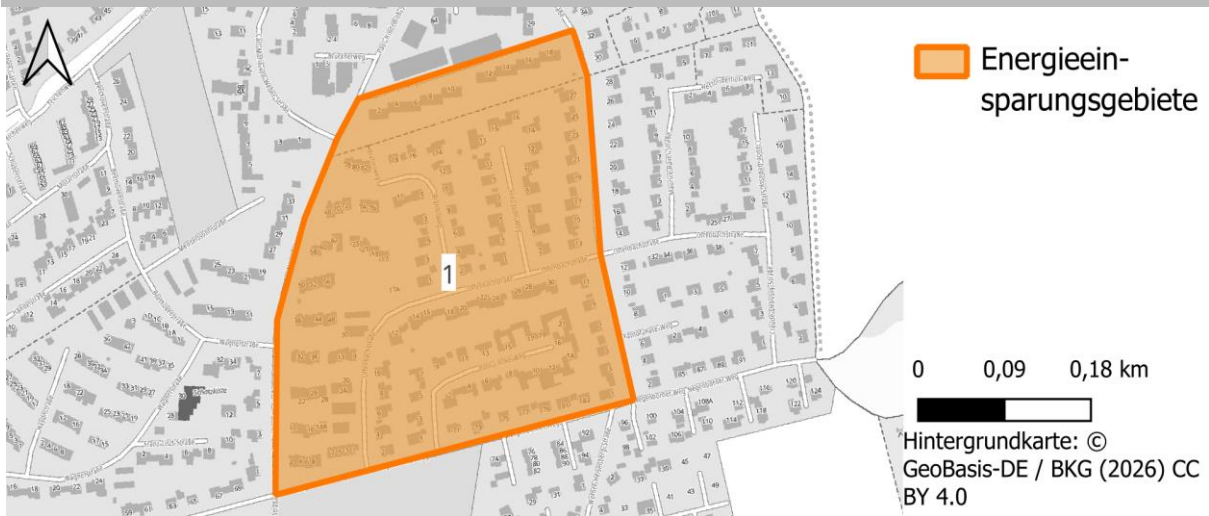


Abbildung 4-8: Übersichtskarte der Bereiche mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial in der Kernstadt Einbeck

Gebietsnummer	Bezeichnung	Seite
1	Offenbachstraße	89
2	Beethovenstraße	90
3	Berliner Straße	91
4	Patschkauer Straße	92

Offenbachstraße

Gebiet-Nr. 1



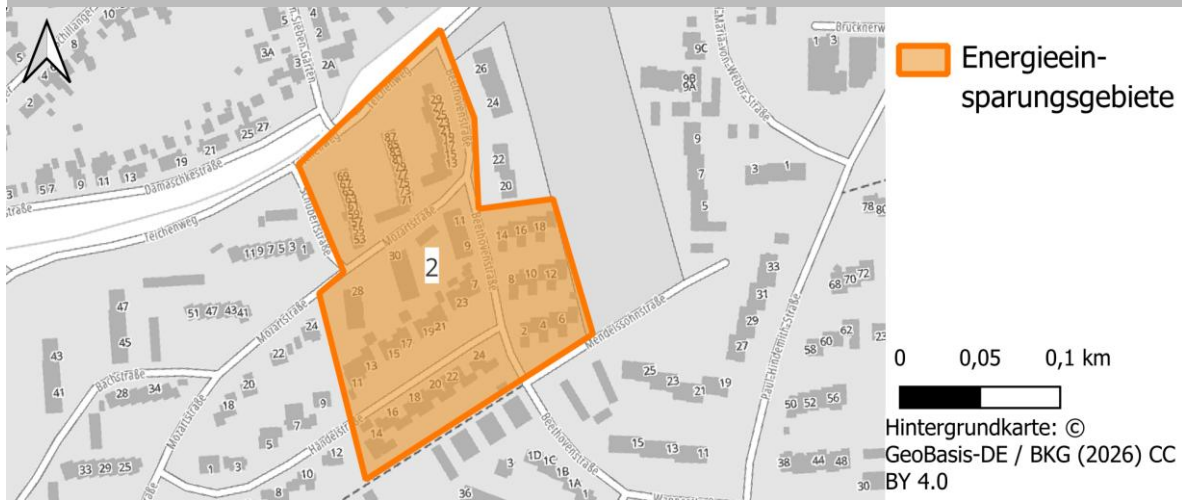
Beschreibung: Das Gebiet befindet sich östlich der Kernstadt Einbeck. Ein Großteil der Gebäude wurde vor 1968 errichtet und weist einen geringen Sanierungsstand auf, was sich in einem durchschnittlichen spezifischen Wärmebedarf von 117 kWh/m² widerspiegelt.

Wärmeliniendichte:	1,7 MWh/m
Anzahl Gebäude:	148
Gesamter Wärmebedarf:	3.348 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	23 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	117 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	1.171 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	21 %

Fazit: Das vorhandene Potenzial kann durch die Erstellung integrierter Quartierskonzepte gemäß KfW 432 (s. Maßnahme 4) sowie durch ein anschließendes Sanierungsmanagement aktiviert werden. Für Mieter:innen ergeben sich daraus insbesondere Chancen zur Senkung der Heizkosten, während private Eigentümer:innen von reduzierten Sanierungskosten profitieren können.

Beethovenstraße

Gebiet-Nr. 2



Beschreibung: Das Gebiet befindet sich nordöstlich der Kernstadt Einbeck und umfasst hauptsächlich Gebäude, die vor 1968 errichtet wurden. Für das Gebiet wurde ein spezifischer Wärmebedarf von 120 kWh/m² ermittelt, was auf einen niedrigen Sanierungsstand hindeutet.

Wärmeliniedichte:	1,7 MWh/m
Anzahl Gebäude:	53
Gesamter Wärmebedarf:	861 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	16 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	120 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	300 kW
Th. Leistung (Median):	4 kW
Sanierungspotenzial:	19 %

Fazit: Das vorhandene Potenzial kann durch die Erstellung integrierter Quartierskonzepte gemäß KfW 432 (s. Maßnahme 4) sowie durch ein anschließendes Sanierungsmanagement aktiviert werden. Für Mieter:innen ergeben sich daraus insbesondere Chancen zur Senkung der Heizkosten, während private Eigentümer:innen von reduzierten Sanierungskosten profitieren können.

Berliner Straße

Gebiet-Nr. 3



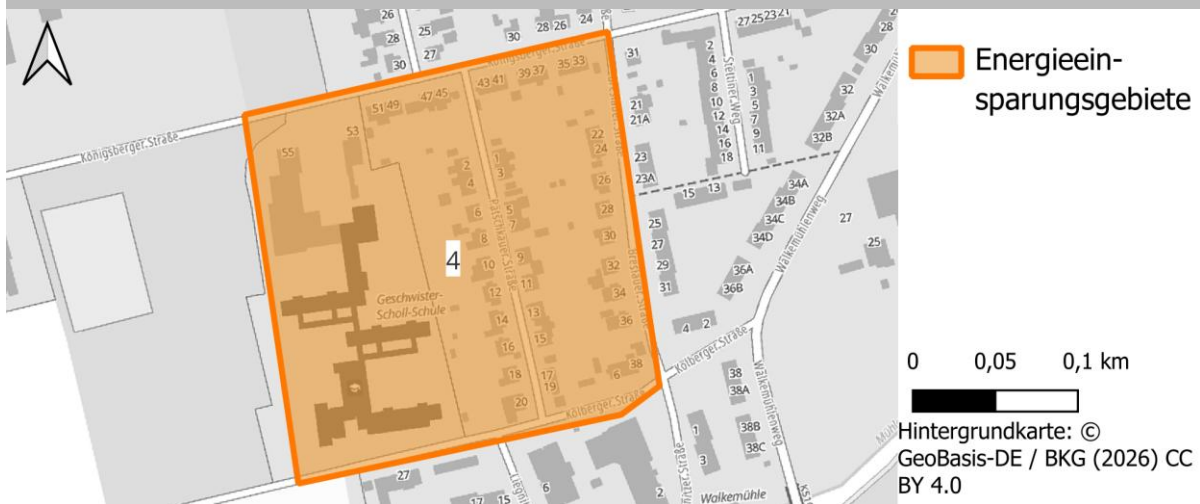
Beschreibung: Das Gebiet liegt östlich der Kernstadt Einbeck und besteht aus einer Mischung aus Ein- und Mehrfamilienhäusern. Die Gebäude wurden zum Großteil vor 1968 errichtet und weisen daher ein erhöhtes Sanierungspotenzial auf. Der Großteil der Gebäude befindet sich in privatem Eigentum.

Wärmeliniedichte:	1,9 MWh/m
Anzahl Gebäude:	175
Gesamter Wärmebedarf:	2.589 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	15 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	96 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	907 kW
Th. Leistung (Median):	4 kW
Sanierungspotenzial:	13 %

Fazit: Das vorhandene Potenzial kann durch die Erstellung integrierter Quartierskonzepte gemäß KfW 432 (s. Maßnahme 4) sowie durch ein anschließendes Sanierungsmanagement aktiviert werden. Für Mieter:innen ergeben sich daraus insbesondere Chancen zur Senkung der Heizkosten, während private Eigentümer:innen von reduzierten Sanierungskosten profitieren können. Aufgrund der derzeitigen Rahmenbedingungen ist das Gebiet im Gesamtvergleich jedoch niedriger zu priorisieren.

Patschkauer Straße

Gebiet-Nr. 4



Beschreibung: Das Gebiet liegt im östlichen Bereich der Kernstadt Einbeck und umfasst ein Schulgebäude aus dem Jahr 1964 sowie mehrere Einfamilienhäuser in privatem Eigentum. Mit einem spezifischen Wärmebedarf von 207 kWh/m² weist das Gebiet ein erhöhtes Energieeinsparpotenzial auf. Die Gebäude stammen zum Großteil aus der Zeit vor 1968. In der Geschwister-Scholl-Schule ist ein Schwimmbad vorhanden, das vermutlich den spezifischen Wärmebedarf erhöht.

Wärmeliniendichte:	1,7 MWh/m
Anzahl Gebäude:	49
Gesamter Wärmebedarf:	2.591 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	53 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	207 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	907 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	20 %

Fazit: Das vorhandene Potenzial kann durch die Erstellung integrierter Quartierskonzepte gemäß KfW 432 (s. Maßnahme 4) sowie durch ein anschließendes Sanierungsmanagement aktiviert werden. Für Mieter:innen ergeben sich daraus insbesondere Chancen zur Senkung der Heizkosten, während private Eigentümer:innen von reduzierten Sanierungskosten profitieren können.

5 UMSETZUNGSSTRATEGIE MIT MAßNAHMENKATALOG

Im Folgenden werden die Maßnahmen, die erforderlich sind, um die Ziele der Szenarienrechnung zu erreichen, in Form von Steckbriefen dargestellt. In den Maßnahmenblättern werden die Maßnahmen beschrieben und über Kennzahlen quantitativ eingeordnet. Maßnahmen mit sehr hoher Priorität sollten unverzüglich umgesetzt werden, da diese in der Regel das Fundament für die Umsetzung weiterer Maßnahmen und Projekte bilden.

Es handelt sich dabei um gutachterliche Empfehlungen der HIC Consulting GmbH, die den notwendigen Handlungsbedarf aufzeigen. Die Maßnahmen wurden vor einem wissenschaftlichen Hintergrund kategorisiert und priorisiert. Bei den ausgewiesenen Personalbedarfen und Kosten handelt es sich um indikative Schätzungen, die als Grundlage für Abwägungen und Beschlüsse dienen. Vor der verbindlichen Umsetzung einzelner Maßnahmen sind jeweils vertiefte Prüfungen, zusätzliche Recherchen sowie die Einholung von fachgutachten und aktuellen Fördermittelinformationen erforderlich. Zudem ist die Umsetzung der Maßnahmen unter Vorbehalt verfügbarer finanzieller und personeller Ressourcen zu betrachten. Das weitere personelle Ressourcen aber für die Umsetzungsstrategie benötigt werden, ist der Verwaltung bekannt. Die kommunale Wärmeplanung ist zudem im Kontext bestehender Studien der Stadt Einbeck zu betrachten, wie bspw. das Klimaschutzkonzept. Die Maßnahmen, die in der kommunalen Wärmeplanung definiert werden, sind ergänzend zu betrachten.

Einige der Maßnahmen befinden sich bereits in Umsetzung oder Vorbereitung und werden durch die kommunale Wärmeplanung fachlich bestätigt und gestärkt. Der Maßnahmenkatalog ist als dynamisches Instrument zu verstehen und sollte fortlaufend weiterentwickelt werden. Anpassungen können notwendig werden, wenn sich Rahmenbedingungen auf technischer oder gesetzlicher Ebene verändern und neue Potenziale zur Emissionsminderung entstehen. Für die Umsetzung der Maßnahmen greift die Verwaltung auf die Beauftragung externer Dienstleister zurück (z.B. Stadtwerke Einbeck).

Der Maßnahmenkatalog ersetzt keine individuelle Energieberatung für einzelne Haushalte oder Gebäudeeigentümer:innen. Für eine persönliche Beratung stehen die Verbraucherzentrale Niedersachsen sowie die Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen (KEAN) zur Verfügung. Informationen zu Förderprogrammen des Bundes erteilt die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).

Da sich das bundesweite Fördermittelumfeld dynamisch entwickelt, wird empfohlen, die jeweils aktuellen Förderbedingungen vor der Antragstellung zu prüfen. Die Stadt Einbeck wird dazu auf ihrer Website informieren.

Nr.	Bezeichnung	Priorität
1	Verstetigung des Kommunikationskonzepts zur kommunalen Wärmeplanung	Sehr hoch
2	Steuerungsgruppe Energie- und Infrastrukturprojekte	Sehr hoch
3	Aufsetzen von Machbarkeitsstudien nach Bundesförderung für effiziente Wärmenetze	Sehr hoch
4	Integriertes Quartierskonzept inkl. Sanierungsmanagement nach KfW 432	Mittel
5	Planung von Wärmenetzen	Mittel
6	Prüfung eines zeitlich begrenzten Verzichts auf die Erhebung von Sondernutzungsgebühren für neue Wärmenetzleitungen	Niedrig

7	Klimaneutrale Wärmeversorgung öffentlicher Liegenschaften und strategische Flächensteuerung	Mittel
8	Contracting Angebote und Interimslösungen (sog. Pop-Up-Heizungen)	Hoch
9	Weiterführung des Angebots von dynamischem bzw. Wärmepumpen-Stromtarif	Niedrig
10	Beratung, Vernetzung und Förderung für die Wärmewende, von der Einzelmaßnahme bis zur Gemeinschaftslösung	Niedrig
11	Aufbau Zukunfts-Netzwerk für Unternehmen	Niedrig
12	Fördermittelberatung für Unternehmen	Niedrig
13	Stromnetzausbau fortschreiben und Netzausbauplan realisieren (u.a. berücksichtigt KWP-Ergebnisse)	Hoch
14	Erstellung und Fortführung einer Stilllegungsstrategie für das Gasnetz (sukzessive Stilllegung)	Mittel
15	Aufbau einer Veranstaltungsreihe und Intensivierung des Dialogs zwischen Energieversorgern und Bürger:innen	Niedrig
16	Wärmewende in Schulen präsent machen	Niedrig
17	Finanzielle Beteiligungsmöglichkeiten für Bürger:innen	Niedrig
18	Zurverfügungstellung ausreichender Kapazitäten für Planung, Genehmigung und Bau von Wärm- und Stromleitungen sowie -anlagen	Mittel

Maßnahmennummer: 1	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Sehr hoch	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Verstetigung des Kommunikationskonzepts zur kommunalen Wärmeplanung				
<p>Beschreibung: Schlüsselmaßnahme, um Bürger:innen zu Maßnahmen und Angeboten zu informieren, ggf. durch lokale Energieversorger in bestehenden Informationskanälen zu integrieren: Zur Verstetigung des Kommunikationskonzepts der kommunalen Wärmeplanung bietet sich die Option an, die Website zur Wärmeplanung in Einbeck zur Informationsbereitstellung für die Öffentlichkeit kontinuierlich aktuell zu halten und die Ergebnisse der Wärmeplanung dort abrufbar zu machen. Die Website dient dazu, den Prozess der Wärmeplanung und der Umsetzung der Wärmewende verständlich und transparent zu machen. Folgende Inhalte sind dabei denkbar: Motivation der kommunalen Wärmeplanung; Verantwortliche Personen bzw. Ansprechpersonen; Ergebnisse der Wärmeplanung (Darstellung der Bestandsanalyse, Potenzialanalyse und Eignungsgebiete) und der geplanten Erschließungszeitpunkte der Gebiete mit Fernwärme; Anleitungen, wie Gebäudeeigentümer:innen/Mieter:innen bei einem bevorstehenden Heizungswechsel im jeweiligen Stadtgebiet/Quartier vorgehen sollen; Zusammenstellung aller relevanten Studien und politischen Beschlüsse; Überblick über Beratungs- und Förderangebote; Kontaktformular für Anfragen; Übersicht von kommenden Veranstaltungen. Als Inspirationsquelle kann die Seite der Stadtwerke Konstanz dienen: https://www.stadtwerke-konstanz.de/blog/faq-strategische-waermeplanung/ Anregung kleiner Maßnahmen in Eigenleistung; Einbettung von Optionen und DIY-Anleitungen</p> <p>https://www.niedersachsen.de/energie/spartipps/energiesparen-227983.html#01topTen</p> <p>https://www.lea-hessen.de/buergerinnen-und-buerger/hessen-spart-energie/do-it-yourself-energiesparmassnahmen/</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: Stadtentwicklung und Bauen				
Akteure:				
Maßnahmentyp/Instrument: Information und Beratung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Konzepterarbeitung für Website				
Wirkungsindikator: regelmäßige Veröffentlichungen rund um das Thema Wärme; regelmäßige öffentliche Informationen zur Umsetzung der Wärmeplanung				
Personalaufwand: keine zusätzlichen				
Sachkosten: keine zusätzlichen				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				

Maßnahmennummer: 2	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Sehr hoch	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Steuerungsgruppe Energie- und Infrastrukturprojekte				
Beschreibung: Die Steuerungsgruppe Energie- und Wärmewende wird als zentrale und zeitlich befristete Struktur für Schnittstellenthemen unter der Regie der Stadt etabliert, um die Zusammenarbeit zwischen der Stadtverwaltung, lokale Energieversorger und lokale Netzbetreiber, EWG und weiteren relevanten Akteuren zu intensivieren. Ziel der Steuerungsgruppe ist es, die Voraussetzungen zu schaffen, um die komplexen zusätzlichen Anforderungen aus der kommunalen Energie- und Wärmewende im städtischen Umfeld effizient und koordiniert umzusetzen. Ein wesentlicher Schwerpunkt liegt darin, aus der Kenntnis heutiger Abläufe die sich wiederholenden Prozesse zu beschleunigen. Dies umfasst insbesondere die Koordination beim Verlegen von Leitungen, der Wiederherstellung von Oberflächen und, dem Zubau von notwendigen Punktobjekten. Die Steuerungsgruppe unterstützt eine abgestimmte Entwicklung der kommunalen Infrastruktur und liefert Lösungen oder Entscheidungsgrundlagen in Konfliktfällen. Außerdem fällt in das Aufgabenfeld der Steuerungsgruppe ein regelmäßiges Monitoring, die Zwischenevaluierung und Fortschreibung der Wärmeplanung, mindestens nach Vorgaben des WPG und Vorgaben auf Landesebene.				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: Stadtentwicklung und Bauen, Stadtwerke Einbeck				
Akteure: Stadtwerke Einbeck, Stadt Einbeck				
Maßnahmentyp/Instrument: Kooperation				
Handlungsschritte und Zeitplan: Errichtung der Steuerungsgruppe; Erarbeitung Monitoringkonzept für Wärmeplanung; Regelmäßige Abstimmung zwischen Mitgliedern der Steuerungsgruppe				
Wirkungsindikator: Anzahl durchgeführte Austauschtermine innerhalb der Steuerungsgruppe,				
Personalaufwand: keine zusätzlichen				
Sachkosten: -				
Finanzierungsansatz: -				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Mittel				

Maßnahmennummer: 3	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: 1-2 Jahre	Priorität: Sehr hoch	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Aufsetzen von Machbarkeitsstudien nach Bundesförderung für effiziente Wärmenetze				
Beschreibung: Durch die Ausschreibung und Erstellung von Machbarkeitsstudien, z. B. nach Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), werden Bau und Nutzung von Quartierslösungen mit Erschließung von erneuerbaren Wärmequellen in bestehenden und neuen Quartieren ermöglicht. Die Machbarkeitsstudien können z.B. von den Stadtwerken durchgeführt werden. Kleinere Nachbarschaftslösungen werden bei der Koordinierung unterstützt, um möglichst die Kriterien der BEW-Förderung (mehr als 16 Gebäude) zu erreichen. Die Machbarkeitsstudien werden vorrangig in den Gebieten durchgeführt, die im Wärmeplan als Prüfgebiete für eine Wärmenetztauglichkeit oder Prüfgebiete gekennzeichnet sind oder für die sich eine relevante Nachfrage nach Wärmenetzanschlüssen zeigt. Perspektivisch können auch Bürgerenergiegenossenschaften als potenzieller Wärmenetzbetreiber relevant werden - bei Konkretisierung eines Vorhabens prüft die Stadtverwaltung eine Unterstützung des planungsrechtlichen Vorgehens sowie der Finanzierung.				
Räumliches Handlungsfeld: Quartierslösung, Fokusgebiete				
Initiatoren: Stadtentwicklung und Bauen				
Akteure: Stadtwerke Einbeck, EWG, Energieversorgungsunternehmen				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Identifizierung von geeigneten Gebieten, Konzepterarbeitung zur Koordinierung von Nachbarschaftslösungen				
Wirkungsindikator: Anzahl ausgeschriebener und durchgeführter Machbarkeitsstudien				
Personalaufwand: 1 VZÄ (Stadtverwaltung Einbeck (relevante Fachämter))				
Sachkosten: Einholung von Angeboten: je nach Detailgrad schätzungsweise 40.000 - 100.000 EUR je Gebiet				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Mittel				

Maßnahmennummer: 4	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Mittel	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Integriertes Quartierskonzept inkl. Sanierungsmanagement nach KfW432				
<p>Beschreibung: Zur Beschleunigung der energetischen Gebäudesanierung sowie detaillierten Untersuchungen in Prüfgebieten in Einbeck wird ein integrierter Quartiersansatz etabliert: Erhebung des Gebäudebestands (Typologien, Baualtersklassen, Sanierungsstand), Prüfung der Voraussetzungen für serielle Sanierungen und gezielte Ansprache von Eigentümer:innen in Straßenzügen/Quartieren mit ähnlicher Bauweise.</p> <p>Ein Sanierungs-/Quartiersmanagement koordiniert Beratung, Fördermittelinformationen, Antragshilfe und bündelt gemeinsame Umsetzung (z.B. gebündelte PV- und Wärmepumpenbeschaffung). Ergänzend wird eine aufsuchende Energieberatung („Energiekarawane“) verantwortet, die Hürden senkt und rechtskonform (Datenschutz) direkt vor Ort informiert.</p> <p>Das Quartierskonzept kann eine Machbarkeitsstudie nach Kriterien der BEW für Wärmenetze enthalten, sofern diese sinnvoll im Quartier integriert ist.</p> <p>Die Maßnahme nutzt ausdrücklich das Förderinstrument KfW-432 „Energetische Stadtsanierung – Quartierskonzepte & -management“ zur Finanzierung von Konzepten und Management.</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: Stadtentwicklung und Bauen				
Akteure: Stadtwerke Einbeck, EWG, Energieversorgungsunternehmen, Verbraucherschutz, Bürger:innen, Klimaagentur				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
<p>Handlungsschritte und Zeitplan: Veröffentlichung des Angebots auf den Kanälen der Stadt, Identifikation geeigneter Quartiere (auf Basis der KWP), gezielte Ansprache der Bewohner:innen, Konzepterarbeitung für die Koordinierung mit der Energieeffizienzberatung; Prüfung möglicher Fördermittel vor Einholung von Angeboten, Ausschreibung der Leistungen zur Erstellung der energetischen Quartierskonzepte mit Fokus auf Sanierungspotenzial, Erstellung der Studie und Verstetigung über Sanierungsmanagement, Abstimmung mit Nachbarschaftsorganisationen, Identifizierung von ersten geeigneten Gebieten und Best-Practice-Beispielen</p> <p>Wirkungsindikator: Errichtung Anlaufstelle Sanierungsmanagement; Veröffentlichung des Angebots auf den Kanälen der Stadt; Durchführung erster Energieeffizienzberatung; Durchführung einer Energiekarawane; Anzahl durchgeführter EE-Rundgänge; Anzahl dabei erreichter Personen</p>				
Personalaufwand: 1 VZÄ				
Sachkosten: Einholung von Angeboten: je nach Detailgrad schätzungsweise Konzepterstellung 40.000 - 100.000 EUR je Gebiet				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				

Maßnahmennummer: 5	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Mittel	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Planung von Wärmenetzen				
Beschreibung: Planung von Wärmenetzen, hierfür prioritär Betrachtung von Prüfgebieten für eine Wärmenetzeignung, dabei Differenzierung zwischen Ausweisung von Wärmenetzgebieten (nach GEG/WPG) und Prüfgebieten für eine Wärmenetzeignung / Quartiersnetz. Regelmäßige Absprachen mit der Stadtverwaltung, um Genehmigungsfragen und Flächenbedarfe frühzeitig zu klären.				
Räumliches Handlungsfeld: Wärmenetz (inkl. Prüfgebiete)				
Initiatoren: Stadtwerke Einbeck, Energieversorgungsunternehmen, Stadtentwicklung und Bauen				
Akteure: Steuerungsgruppe, EWG				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Identifizierung von geeigneten Gebieten, Erstellung einer Projektskizze, Einreichen des Fördermittelantrags, Ausarbeitung der Machbarkeitsstudie/Transformationsplan, Regelmäßige Abstimmung in Steuerungsgruppe				
Wirkungsindikator: Umsetzung des Ausbaus von Wärmenetzen; Anzahl Hausanschlüsse und Trassenbau (m)				
Personalaufwand: -				
Sachkosten: durch lokale Energieversorger und lokale Netzbetreiber zu prüfen, Geschwindigkeit der Umsetzung entscheidend				
Finanzierungsansatz: Eigenmittel lokale Energieversorger und lokale Netzbetreiber, BEW-Förderung, ggf. Unterstützung über lokalen Bürger:innenfonds				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Sehr hoch				

Maßnahmennummer: 6	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Niedrig	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Prüfung eines zeitlich begrenzten Verzichts auf die Erhebung von Sondernutzungsgebühren für neue Wärmenetzleitungen				
Beschreibung: Für die Gestattung der Nutzung der öffentlichen Straßen und Wege zur Verlegung von Wärmenetzen werden von Kommunen Sondernutzungsgebühren (Konzessionsabgaben) erhoben, die entsprechenden Vereinbarungen unterliegen der Vertragsfreiheit. Es wird empfohlen, dass die Stadt künftig auf die Erhebung von Sondernutzungsgebühren für neue Wärmenetzleitungen, die mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme betrieben werden, für einen begrenzten Zeitraum verzichtet. Grundsätzlich sollten die Sondernutzungsgebühren (oder Konzessionsabgaben) an der spezifischen CO ₂ -Fracht der transportierten Wärme bemessen werden. Bestehende Gestattungsverträge können dementsprechend angepasst werden. Der Verzicht auf Sondernutzungsgebühren (oder Konzessionsabgaben) ermöglicht eine aus Verbraucher:innen-Perspektive attraktivere Preisgestaltung für Wärmenetzleitungen.				
Räumliches Handlungsfeld: Wärmenetz (inkl. Prüfgebiete)				
Initiatoren: I.4 Finanzen				
Akteure: Energieversorgungsunternehmen				
Maßnahmentyp/Instrument: Ordnungsrecht				
Handlungsschritte und Zeitplan: Prüfung und Anpassung der Verträge				
Wirkungsindikator: angepasste Konzessionsabgaben				
Personalaufwand: -				
Sachkosten: Mindereinnahmen durch Verzicht auf Konzessionsabgaben				
Finanzierungsansatz: -				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Gering				

Maßnahmennummer: 7	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Mittel	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Klimaneutrale Wärmeversorgung öffentlicher Liegenschaften und strategische Flächensteuerung				
<p>Beschreibung: Öffentliche Liegenschaften wie Verwaltungsgebäude, Krankenhäuser, Schulen und Schwimmbäder übernehmen eine Schlüsselrolle in der kommunalen Wärmewende: Als Ankerkunden für neue Wärmenetze stärken sie deren Wirtschaftlichkeit und erfüllen gleichzeitig eine Vorbildfunktion. Auf Basis einer systematischen Prüfung geeigneter Liegenschaften sollte ein politischer Beschluss als verbindliche Umsetzungsrichtlinie angestrebt werden. Ergänzend dazu sollte die EWG eine freiwillige Selbstverpflichtung zum Anschluss an Wärmenetze eingehen.</p> <p>Öffentliche Einrichtungen erarbeiten Transformationskonzepte und schließen Wärmewendevereinbarungen ab, um THG-Ziele verbindlich festzulegen. Der Fahrplan zur klimaneutralen Wärmeversorgung ist konsequent umzusetzen, wobei auch graue Energie und nachhaltige Baumaterialien zu berücksichtigen sind. Verfügbare Förderprogramme , wie etwa KfW 264, KfW 464 und BAFA sind dabei vollumfänglich auszuschöpfen.</p> <p>Kommunale Energiepotenzialanalysen bilden die Grundlage für die räumliche Steuerung: Potenzialflächen für erneuerbare Energien werden ausgewiesen und die Wärmeplanung in Flächennutzungspläne, Bebauungspläne sowie städtebauliche Verträge integriert.</p> <p>Flankierend kann durch ein aktives Wohnraummanagement, wie etwa eine kommunale Tauschplattform und Umzugsmanagement, der Wohnflächenbedarf und damit der Wärmeenergieverbrauch gezielt gesenkt werden.</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: Stadtentwicklung und Bauen, Gebäudemanagement				
Akteure: Unternehmen, Stadtverwaltung, EWG				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Umsetzung der Strategie				
Wirkungsindikator: Anzahl sanierter Gebäude				
Personalaufwand: 1 VZÄ				
Sachkosten:				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Mittel				

Maßnahmennummer: 8	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Hoch	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Contracting Angebote und Interimslösungen (sog. Pop-Up-Heizungen)				
Beschreibung: Contracting-Angebote können helfen, Investitionshemmnisse zu lösen und unterstützen, wenn Kosten oder Kredite für die Umstellung der Versorgung durch Privatpersonen nicht getragen werden können oder sich langfristige Investitionen nicht lohnen, weil u.a. der Wärmenetzanschluss eines Gebiets in Zukunft geplant ist und eine Interimslösung gesucht ist. Das lokale Handwerk kann Einbau und Wartung übernehmen. Finanzierung und Vertragswesen sollten durch einen anderen Akteur übernommen werden. Die Verwaltung sucht das Gespräch mit lokalen Finanzierungseinrichtungen, um Wärmepumpen und Interimslösungen für Einbeck anbieten zu können.				
Räumliches Handlungsfeld: Wärmenetz (inkl. Prüfgebiete)				
Initiatoren: Stadtwerke Einbeck				
Akteure: Stadtwerke Einbeck, lokales Handwerk, Bürger:innen				
Maßnahmentyp/Instrument: Marktwirtschaftliche Instrumente				
Handlungsschritte und Zeitplan: Ausarbeitung eines entsprechenden Produkts				
Wirkungsindikator: Anzahl der abgeschlossenen Verträge für Contracting-Lösungen für dezentrale Heizungen				
Personalaufwand: -				
Sachkosten: Ankauf, Lagerhaltung von gebrauchten Heizungen				
Finanzierungsansatz: Investitionen durch lokale Energieversorger, Refinanzierung durch Endkunden				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				

Maßnahmennummer: 9	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Niedrig	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Weiterführung des Angebots von dynamischem bzw. Wärmepumpen-Stromtarif				
Beschreibung: Zur Unterstützung des Ausbaus von Wärmepumpen sollte der Wärmepumpen-Stromtarif mEIN strom.Wärmepumpe weitergeführt werden. Es sollte geprüft werden ob der Tarif als zertifizierter 100%-Ökostromtarif angeboten werden kann. Die Wettbewerbsrechtlichen Rahmenbedingungen sind bei der Ausgestaltung des Tarifs zu beachten.				
Räumliches Handlungsfeld: Dezentrale Lösung				
Initiatoren: Stadtwerke Einbeck				
Akteure: Bürger:innen				
Maßnahmentyp/Instrument: Marktwirtschaftliche Instrumente				
Handlungsschritte und Zeitplan: interne Abstimmung der lokale Energieversorger im Vertrieb zum Angebot des Tarifkonzepts				
Wirkungsindikator: Verfügbarkeit von (dynamischen) WP-Stromtarifen; Anzahl Vertragskunden mit "mEIN strom.Wärmepumpe"-Tarif				
Personalaufwand: -				
Sachkosten: -				
Finanzierungsansatz: -				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Mittel				

Maßnahmennummer: 10	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Niedrig	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Beratung, Vernetzung und Förderung für die Wärmewende, von der Einzelmaßnahme bis zur Gemeinschaftslösung				
<p>Beschreibung: Die Prüfung einer Anlaufstelle für Energie- und Fördermittelberatung, die die Fördermittelberatungen durch die Verbraucherzentrale und der KEAN ergänzt und Bürger:innen, Vereine und lokale Institutionen niedrigschwellig bei der Umsetzung von Wärmewende-Maßnahmen unterstützt. Städtische Förderprogramme sollten gezielt um gemeinschaftliche Maßnahmen erweitert werden, etwa um Musterverträge für serielle Sanierungen, Energieberatung und den Aufbau kleiner Wärmenetze mit Blick auf eine möglicherweise veränderte Bundesförderlandschaft.</p> <p>Auf Quartiersebene könnten Hauseigentümer:innen zu Themen wie Wärmepumpen, Sanierung, Wärmenetze und PV vernetzt werden, etwa durch Energie-Rundgänge mit Best-Practice-Beispielen. Wo ein Quartiersmanagement vorhanden ist, kann auch eine gemeinschaftliche Beschaffung oder die Initiierung quartierseigener Wärmenetze angestoßen werden.</p> <p>Darüber hinaus soll die Gründung von Bürgerenergiegenossenschaften aktiv gefördert werden, insbesondere in Bereichen ohne geplanten Fernwärmeausbau. Ein Leitfaden zu rechtlichen, finanziellen und technischen Aspekten sowie die Identifikation geeigneter Fördermittel könnte potenzielle Gründungsgruppen unterstützen. Kooperationen mit den Stadtwerken sind dabei ausdrücklich erwünscht</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Quartierslösung				
Initiatoren: Energieagentur, Verbraucherzentrale, Stadtverwaltung				
Akteure: Bürger:innen, Stadtwerke Einbeck, Stadtverwaltung				
Maßnahmentyp/Instrument: Förderung, Information und Beratung				
<p>Handlungsschritte und Zeitplan: Prüfung und Festlegung der finanziellen Ressourcen, Konzepterarbeitung für die Fördermittelvergabe</p> <p>Wirkungsindikator: Aufsetzen eines Unterstützungsfonds; Anzahl in Anspruch genommener Förderungen; Anzahl ausgerichteter und geförderter Events</p>				
Personalaufwand: 1,3 VZÄ				
Sachkosten:				
Finanzierungsansatz: Eigenmittel				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Gering				

Maßnahmennummer: 11	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Niedrig	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Aufbau Zukunfts-Netzwerk für Unternehmen				
<p>Beschreibung: Aufbau eines Netzwerks für Unternehmen (Gewerbe und Industrie) zu den Themen Energieeffizienz, Ressourcenschonung, unabhängiger Energieversorgung und Klimaschutz. Durch den Erfahrungsaustausch über das Netzwerk werden die Grundlagen für Investitionen in einen effizienteren, klimaschonenden und nachhaltigen Energieeinsatz gebildet. Hierfür sollte das Netzwerk mit einem ersten Kreis an Interessenten etabliert und beworben werden, um weitere Mitglieder zu gewinnen. Ziel ist die Entwicklung praxisnaher Lösungen, die Unternehmen direkt umsetzen können.</p> <p>Das Netzwerk soll als Plattform für den Austausch von Informationen, Erfahrungen und Lösungen dienen. Es sollen konkrete Umsetzungsbeispiele aus der Region geteilt werden, um Erfahrungen, Kosten und Qualitäten übertragbar und planbar zu machen.</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: Wirtschaftsförderung				
Akteure: Unternehmen / Handwerk				
Maßnahmentyp/Instrument: Kooperation				
Handlungsschritte und Zeitplan: Prüfung, ob Aufbau auf lokales Unternehmensnetzwerk möglich und sinnvoll ist, ansonsten Kontakt zu ausgewählten Unternehmen suchen und erstes Treffen vereinbaren				
Wirkungsindikator: Regelmäßiger Austausch im Netzwerk				
Personalaufwand: gering (<0,1 VZÄ)				
Sachkosten: gering (Kosten für Werbematerial o.ä.)				
Finanzierungsansatz: Eigenmittel				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Mittel				

Maßnahmennummer: 12	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Niedrig	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Fördermittelberatung für Unternehmen				
Beschreibung: Ziel der Maßnahme ist die Unterstützung und Beratung von Unternehmen, damit diese Fördermittel (z.B. EEW-Förderung) gezielt in Anspruch nehmen und ihre Prozesse dekarbonisieren können.				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: Wirtschaftsförderung				
Akteure: Unternehmen / Handwerk				
Maßnahmentyp/Instrument: Information und Beratung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Einrichtung einer zentralen Anlaufstelle, Entwicklung eines Kommunikationskonzepts				
Wirkungsindikator: Vorhandene Fördermittelberatungsstelle für Unternehmen				
Personalaufwand: 0,2 VZÄ				
Sachkosten: interne Personalkosten				
Finanzierungsansatz: Eigenmittel				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Gering				

Maßnahmennummer: 13	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Hoch	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Stromnetzausbau fortschreiben und Netzausbauplan realisieren (u.a. berücksichtigt KWP-Ergebnisse)				
<p>Beschreibung: Die Stadtwerke Einbeck als Stromnetzbetreiber haben in den vergangenen Jahren kontinuierlich das Stromnetz ausgebaut und ihre Netzentwicklungsplanung fortlaufend vorangetrieben. Auf Basis der kommunalen Wärmeplanung sollten diese bestehenden Ausbau- und Planungstätigkeiten nun erneut überprüft, aktualisiert und gemäß §14d EnWG in die zukünftige Netzentwicklung integriert werden.</p> <p>Zusätzlich sind die Strombedarfe der Industrie zur Dekarbonisierung ihrer Prozesse in den kommenden Jahren zu erheben und einzuplanen. Für die Umsetzung des Netzausbauplans ist eine enge und regelmäßige Kooperation mit der Stadt einzurichten, um die erforderlichen Flächen und Genehmigungen für Leitungen und Anlagenstandorte (Transformatoren, Umspannstationen etc.) zu koordinieren und schnellstmöglich sowie effizient zu realisieren.</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: Stadtwerke Einbeck				
Akteure: Steuerungsgruppe				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Netzausbauplan fortschreiben				
Wirkungsindikator: Strombedarfe Industrie ermittelt; angepasster, auf Wärmeplanung abgestimmter Netzausbauplan liegt vor; Umsetzung des Netzausbauplans (Fortschritt Ausbau der Leitungen und Anlagen)				
Personalaufwand: -				
Sachkosten: Kosten für Stromnetzsimulation ~50.000				
Finanzierungsansatz: Eigenmittel				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				

Maßnahmennummer: 14	Einführung der Maßnahme: Mittelfristig (4-7 Jahre),	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Mittel	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Erstellung einer Stilllegungsstrategie für das Gasnetz (sukzessive Stilllegung)				
Beschreibung: Im Zuge des Ausbaus von EE werden Gasnetze in großen Teilen nicht mehr für die Versorgung mit Raumwärme nötig sein. Redundante Strukturen & Fehlinvestitionen (u.a. durch Sanierung) sollen verhindert werden. Dialog und öffentliche Begleitung, wie eine Stilllegung in bestimmten Bereichen umgesetzt werden kann in Absprache mit den Menschen im Quartier. Abgleich zu EnWG bzgl. allgemeiner Anschlusspflicht suchen und prüfen, ab wann eine wirtschaftliche Zumutbarkeit nicht mehr gegeben sein kann. Die Entwicklung von Strategien zur möglichen Stilllegung einzelner Gasnetzabschnitten sollte grundsätzlich im Zusammenhang mit der Zukunftsplanung der gesamten Energieinfrastruktur, insbesondere einschließlich der Strom-, Wärme- und potenzieller Wasserstoffnetze gedachte werden				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: Stadtwerke Einbeck				
Akteure: Steuerungsgruppe				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Analyse des Bestandsnetzes				
Wirkungsindikator: Veröffentlichung einer abgestimmten Rückzugsstrategie				
Personalaufwand: -				
Sachkosten: -				
Finanzierungsansatz: -				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				

Maßnahmennummer: 15	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Niedrig	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Aufbau einer Veranstaltungsreihe und Intensivierung des Dialogs zwischen Energieversorgern und Bürger:innen				
Beschreibung: Eine Veranstaltungsreihe zum Dialog der Bürger:innen mit den Energieversorgern sollte aufgebaut werden, insbesondere in den kommenden zwei Jahren. Es bietet sich an, gezielte Informationsveranstaltungen durchzuführen, die sich an den Bedarfen der verschiedenen Eignungsgebiete orientieren. In Gebieten mit dezentralen Wärmeversorgungslösungen können "Wärmepumpengipfel" durchgeführt werden, bei denen Gebäudeeigentümer:innen in den Kontakt mit Fachleuten (z.B. aus dem Handwerk) kommen. In Wärmenetzgebieten (inkl. Prüfgebiete) können "Fernwärmegipfel" die Bürger:innen über die geplanten Erschließungszeitpunkte sowie über das Angebot von Interimslösungen durch die Energieversorger (siehe Maßnahme "Interimslösungen Wärmenetze") informieren. Zudem können durch "Nahwärmegipfel" lokale Akteure bei der Umsetzung dezentraler Nahwärmenetze in Bereichen unterstützt werden, die von den Energieversorgern nicht priorisiert werden.				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: Stadtentwicklung und Bauen				
Akteure: Stadtwerke Einbeck, Energieversorgungsunternehmen, lokales Handwerk				
Maßnahmentyp/Instrument: Information und Beratung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Identifizierung der geeigneten Gebiete, Konzepterarbeitung für die Durchführung der jeweiligen Veranstaltungen				
Wirkungsindikator: Durchführung von Dialogveranstaltungen				
Personalaufwand: gering (<0,1 VZÄ)				
Sachkosten: interne Personalkosten				
Finanzierungsansatz: Eigenmittel				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				

Maßnahmennummer: 16	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Niedrig	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Wärmewende in Schulen präsent machen				
Beschreibung: Austausch mit bestehenden Projekten zur Vermittlung der Energiewende in Schulen, um Möglichkeit eines verstärkten Fokus auf die Wärmewende zu prüfen: 3/4plus, MNU-Tagung (Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts), "Schulen auf den Weg zur Klimaneutralität"				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: Schulamt, Klimaschutzmanagement				
Akteure: Bildungseinrichtungen				
Maßnahmentyp/Instrument: Bildung/Schulung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Austausch zwischen Stadtverwaltung Einbeck und unterschiedlichen Projektinitiatoren zu Möglichkeiten				
Wirkungsindikator: Erste Umsetzung in einer Schule hat stattgefunden				
Personalaufwand: gering (<0,1 VZÄ)				
Sachkosten: -				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Gering				

Maßnahmennummer: 17	Einführung der Maßnahme: Mittelfristig (4-7 Jahre),	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Niedrig	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Finanzielle Beteiligungsmöglichkeit für Bürger:innen				
Beschreibung: Einführung finanzieller Beteiligungsmöglichkeiten durch Energieversorgungsunternehmen, mit denen Bürger:innen direkt in den Ausbau von erneuerbaren Energien, Wärmenetzen oder Sanierungsmaßnahmen investieren können. Infrage kommt etwa ein Fonds nach dem Vorbild "Heidelberg KLIMA-INVEST". Dadurch können Bürger:innen einen Beitrag zum Klimaschutz leisten und gleichzeitig finanziell davon profitieren. Ebenfalls wird die Akzeptanz der Wärmewende durch die Möglichkeit der Teilhabe gefördert. Darüber hinaus bieten neue Finanzierungsmodelle sowie Beteiligungs- und Investitionsmöglichkeiten für Bürger:innen eine wichtige Option, um den erheblichen Kapitalbedarf der Transformation des Energiesystems zu decken. Solche Modelle können dazu beitragen, Investitionen breiter aufzustellen, regionale Wertschöpfung zu fördern und die Umsetzungsgeschwindigkeit zentraler Infrastrukturprojekte zu erhöhen.				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: I.4 Finanzen				
Akteure: Stadtwerke Einbeck				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Recherche zu weiteren Beispielprojekten, Erarbeitung einer möglichen Ausgestaltung				
Wirkungsindikator: Entscheidung für oder gegen Fond ist möglich				
Personalaufwand: keine zusätzlichen				
Sachkosten: keine zusätzlichen				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Gering				

Maßnahmennummer: 18	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Mittel	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Zurverfügungstellung ausreichender Kapazitäten für Planung, Genehmigung und Bau von Wärme- und Stromleitungen sowie -anlagen				
<p>Beschreibung: Der jährliche Aus- und Neubau von Wärme- und Stromleitungen wird in den kommenden Jahren deutlich zunehmen müssen, um die Ziele bis 2040 erreichen zu können.</p> <p>Zusätzlich fallen aufgrund der begrenzten Betriebsnutzungsdauer der Anlagen jährlich notwendige Sanierungsmaßnahmen an. Der jährliche Aus- und Umbau erfordert zukünftig signifikant höhere Kapazitäten als heute. Um diesen Kapazitätsanstieg zu ermöglichen, müssen bei Netzbetreibern und Genehmigungsbehörden ausreichende personelle und organisatorische Ressourcen für Planung, Genehmigung und Bau von Wärme- und Strominfrastrukturen bereitgestellt werden. Zur Erreichung der geplanten Ausbauraten ist es außerdem notwendig, die planerischen Abstimmungen zu Infrastrukturprojekten aller Art systematisch zu koordinieren, um Synergien zwischen z.B. Wärme-, Strom-, Verkehrs- oder Wasser-/Abwasserprojekten zu nutzen und Doppelarbeiten zu vermeiden. Nur so können die erforderlichen Ausbauraten erzielt und die energie- und klimapolitischen Zielsetzungen bis 2040 erreicht werden.</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Stadtweit				
Initiatoren: Stadtverwaltung, Netzbetreiber/ Stadtwerke Einbeck				
Akteure: Stadtverwaltung				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Prüfung vergangener Verfahren, Evaluierung des zukünftigen Personalaufwands				
Wirkungsindikator: Dauer der Genehmigungsverfahren				
Personalaufwand: bis zu 2 VZÄ				
Sachkosten: -				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				

6 VERSTETIGUNGSKONZEPT

Das Verstetigungskonzept ist grundsätzlich als integraler Teil des Maßnahmenkatalogs zu verstehen. Verschiedene Maßnahmen beinhalten die Verstetigung der Umsetzung und kontinuierliche Anpassung an die Rahmenbedingungen der Wärmewende. In den folgenden generellen Erläuterungen zum Verstetigungskonzept wird entsprechend auf diese Maßnahmen verwiesen.

Die kommunale Wärmeplanung entfaltet ihre volle Wirkung, wenn sie nicht als einmaliges Projekt verstanden wird, sondern als dauerhafte Verwaltungsaufgabe mit klaren Strukturen und Prozessen. Um eine zielführende Umsetzung der gesetzlich vorgeschriebenen Fortschreibung nach spätestens fünf Jahren sicherzustellen, ist eine klare Zuordnung der Verantwortung innerhalb der Stadtverwaltung vorzunehmen. Eine zentrale Stelle sollte dauerhaft die Zuständigkeit für das Monitoring und die laufende Weiterentwicklung der Wärmeplanung übernehmen.

Ein zentraler Erfolgsfaktor liegt in der dauerhaften Einbindung relevanter Akteure. Statt einer punktuellen Beteiligung im Rahmen der Fortschreibung sollten Formate etabliert werden, in denen bspw. Netzbetreiber, Wohnungswirtschaft, Industrie, Handwerk und Immobilienbesitzende regelmäßig zusammenkommen (vgl. Maßnahme 15). So kann die Wärmeplanung fortlaufend mit Praxiserfahrungen und neuen Anforderungen abgeglichen werden.

Ein weiterer Eckpfeiler der Verstetigung ist der Aufbau eines standardisierten Datenmanagementsystems. Künftige Fortschreibungen hängen stark von der Verfügbarkeit und Qualität der Daten ab. Daher empfiehlt sich die systematische Erfassung und Aktualisierung von z. B. Gebäudestrukturen, Energieverbräuchen, Netzinfrastrukturen und erneuerbaren Potenzialen in einer zentralen Datenbank. Wiederkehrende Datenlieferungen sollten etwa mit Netzbetreibern, Energieversorgungsunternehmen, Kataster- und Statistikämtern, der Stadtplanung etc. vereinbart werden. Die Verstetigung umfasst darüber hinaus ein regelmäßiges Monitoring zur Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung. Ein interner Monitoringbericht mit den wichtigsten Kennzahlen ermöglicht eine kontinuierliche Erfolgskontrolle (siehe Kapitel 7).

Weiterhin wichtig ist zu diesem Zweck die Verknüpfung mit weiteren Planungen für Einbeck wie dem Stromnetzausbauplan, Wärmenetzausbau- und -dekarbonisierungsfahrplänen oder der energetischen Bedarfsplanung kommunaler Gebäude. Dadurch lassen sich Synergien in der Datenerhebung nutzen und die Datenbasis wird verbessert zwischen den verschiedenen Konzepten abgestimmt.

Schließlich bedarf es einer langfristigen Sicherung von personellen und finanziellen Ressourcen der Stadtverwaltung, wie in den einzelnen Maßnahmen aufgeführt. Die Fortschreibung und Umsetzung der Wärmeplanung sollte dazu als Querschnittsaufgabe in die städtischen Investitions- und Haushaltsprozesse integriert werden.

Auf diese Weise wird die Wärmeplanung aus ihrem Projektcharakter herausgelöst und als dynamisches Steuerungsinstrument verstetigt. Damit steht fortlaufend eine aktuelle und belastbare Entscheidungsgrundlage zur Verfügung, und die gesetzlich geforderte Fortschreibung wird nicht als isoliertes Einzelereignis, sondern als kontinuierlicher Prozess verstanden.

7 MONITORINGKONZEPT

7.1 Einführung Monitoring

Das Monitoring ist Teil des Controlling-Prozesses und umfasst eine Vielzahl von eigenen Prozessen zur Sammlung und Überprüfung von quantitativen und qualitativen Daten. Ziel ist hierbei das permanente Überprüfen des Maßnahmenfortschritts. Beim Monitoring wird zwischen zwei verschiedenen Grundprinzipien unterschieden: **Top-down und Bottom-up**. Das Top-down-Monitoring erfolgt über erhobene Statistiken, durch welche Rückschlüsse auf einzelne Maßnahmen bzw. Maßnahmenpakete gezogen werden. Es werden z.B. Energieverbräuche oder Verkaufszahlen von Geräten betrachtet. Ein Blick auf den Erfolg der Wärmepumpenplanung in seiner Gesamtheit bietet das Top-down Monitoring über einen THG-Bericht, welcher die Emissionen erfasst und den Fortschritt der Emissionsminderungen innerhalb des Wärmesektors im Zeitverlauf darstellt. Das Bottom-up-Monitoring erfolgt auf der Ebene der Maßnahme, indem die durch sie eingetretene Emissionsminderung möglichst quantifiziert bzw. indirekt durch Indikatoren qualitativ dargestellt wird. Beispielsweise erfolgt bei einer Maßnahme, welche die Umsetzung einer Wärmenetzlösung beinhaltet, eine qualitative und/oder quantitative Erfassung, der hieraus entstehenden THG-Emissionsminderungen und beschreibt somit die Wirkung der Maßnahme.

7.2 Zentrale Aspekte des Monitoringkonzeptes

Das Monitoringkonzept in der Wärmeplanung setzt sich aus der Umsetzungs- und Wirkungskontrolle der Maßnahmen zusammen auf der Ebene des Bottom-up-Monitorings.

Die Umsetzungskontrolle betrachtet den Umsetzungsstand der jeweiligen Maßnahme, z.B. anhand von Meilensteinen oder definierten Aufgaben. Sie gibt einen Hinweis darauf, ob es zu Verzögerungen bei der Zielerreichung kommen kann.

Die Wirkungskontrolle betrachtet explizit die Wirkung der Maßnahme in Bezug auf THG-Emissionen bzw. -Einsparungen. Sie dient der Erfassung und Analyse der Effektivität einer Maßnahme hinsichtlich der beabsichtigten Wirkung, hier der THG-Emissionsminderung. Der Blick ist hier explizit darauf gerichtet, was die Maßnahme initiiert, und nicht was der Maßnahme nachträglich thematisch zuzuordnen ist. Zu beachten ist, dass eine Wirkungskontrolle erst ab einem bestimmten Zeitpunkt der Umsetzung möglich ist.

Nicht alle Klimaschutz-Maßnahmen haben eine direkte Emissionsminderung zur Folge. Vor allem bei vorbereitenden Maßnahmen, welche die notwendigen Rahmenbedingungen für eine signifikante Emissionsminderung schaffen, manifestiert sich eine Emissionsminderung oft erst im späteren Verlauf mittels der Maßnahmen, die die vorbereitende Maßnahme erst ermöglicht (betrifft häufig Maßnahmen, die z.B. die Instrumente Strategie, Ordnungsrecht oder Qualifikation nutzen). Des Weiteren können Sondereffekte (wie z.B. die Auswirkungen der Corona-Pandemie) die kurzfristige Aussagekraft der Emissionsdaten über Klimaschutz-Fortschritte begrenzen oder verfälschen. Als Grundlage für eine bessere Erfolgskontrolle und eine effektivere Steuerung der Emissionsminderungsziele wird empfohlen, Frühindikatoren einzusetzen. Frühindikatoren sind Indikatoren für Wirkung der Maßnahmen(pakete) und liefern damit Hinweise auf den Fortschritt/Nachsteuerungsbedarf der Maßnahmen. Sie sorgen für Transparenz und reduzieren Unsicherheiten, indem sie den Zeitverzug zwischen Erkenntnis und Gegensteuern entscheidend reduzieren. Gleichzeitig ermöglichen Frühindikatoren, die Erkenntnisse aus Top-down und Bottom-up-Monitoring gezielter zu verbinden. Sie werden aus Indikatoren der Maßnahmen-Wirkungskontrolle abgeleitet, erfolgen jedoch statistisch (z.B. Zahl der neu angemeldeten Wärmepumpen). Somit helfen Frühindikatoren bei der Auswertung der Energie- und THG-Bilanz in Bezug auf die Analyse möglicher Planabweichungen und bei der Lösungssuche.

Die Empfehlung vom HIC Consulting ist eine Kombination des Top-down-Monitorings über die Energie- und THG-Bilanz und eines Bottom-up-Monitorings über die Umsetzungskontrolle sämtlicher und die Wirkungskontrolle ausgewählter Maßnahmenaspekte (siehe Abbildung 7-1). Die Einordnung der Ergebnisse des Top-down-Monitorings ergibt sich über festgelegte Zwischenziele (Zielerreichungsgrad auf dem Weg der Klimaneutralität). Dies beinhaltet konkret die THG-Emissionsminderung des gesamten Wärmesektors und Erdgas im Speziellen sowie die wachsenden Anteile von Wärmenetzen und Stromnutzung. Ein Bindeglied zwischen Top-down und Bottom-up-Ansätzen bilden die Frühindikatoren. Abseits davon gilt es, die Neubewertung sämtlicher Potenziale vorzunehmen, indem kontinuierlich die vorhandenen Potenziale beobachtet und geprüft werden. Entsprechend folgt daraus die Anpassung von Maßnahmen sowie von Zielwerten und Erfolgskennzahlen für das Monitoring.



Abbildung 7-1: Darstellung des Monitoringkonzeptes (© HIC Consulting GmbH)

7.3 Ausgestaltung des Monitoringkonzeptes

THG-Bilanz

Aus der Energie- und THG-Bilanz (siehe Kapitel 2.2) werden sämtliche Informationen den Wärmesektor betreffend entnommen. Hierzu zählen die Emissionen des gesamten Wärmesektors sowie deren Aufteilung der Emissionen auf die einzelnen Energieträger. Daten die generell ebenfalls von Interesse sind, sind der Gesamtanteil von Wärmenetzen und Stromnutzung an der Wärmeversorgung.

Anhand der festgelegten Zwischenziele lässt sich in einem ersten Schritt durch das Top-down Monitoring einordnen, ob der sichtbare Trend sich mit den angestrebten Zielwerten deckt, und somit die Maßnahmen in ihrer Gesamtheit effektiv sind. Festgehalten werden kann der zeitliche Verlauf in Abgleich mit den festgelegten Zwischenzielen beispielsweise in einer Excel-Tabelle.

Umsetzungskontrolle

Auf Basis der benannten „Handlungsschritte und Zeitplan“ im Maßnahmenplan kann die Umsetzungskontrolle durchgeführt werden.

Die Umsetzungskontrolle setzt sich aus einer qualitativen und einer Form der quantitativen Beschreibung zusammen. Sofern zutreffend, sollte die qualitative Beschreibung folgende Aspekte thematisieren:

- Welche Umsetzungsschritte wurden bis jetzt vollzogen? Welche Meilensteine sind erreicht?
- Ist die Maßnahme im geplanten Zeitrahmen?
 - Bei Verzug: Warum (personelle/finanzielle Engpässe etc.)? Welche Maßnahmen wurden dagegen ergriffen?
 - Bei frühzeitigerer Umsetzung von Meilensteinen: Gibt es hieraus Learnings für andere Maßnahmen?

Die sich hieraus ergebenden Erkenntnisse sollten an die relevanten Akteur:innen kommuniziert werden.

Neben der qualitativen Beschreibung des Umsetzungsstandes wird eine Kategorisierung vorgenommen, die eine schnelle Übersicht über alle Maßnahmen ermöglicht. Hierfür werden folgende Kategorien empfohlen:

- 0 = Neu/nicht begonnen
- 1 = Zuordnung der Zuständigkeit (innerhalb der Verwaltung)
- 2 = In Planung
- 3 = Bereit zur Umsetzung
- 4 = In Umsetzung
- 5 = Abgeschlossen

Die Umsetzungskontrolle sollte häufiger als die Wirkungskontrolle erfolgen, um ein schnelleres Nachsteuern bei Verzug zu ermöglichen. Die HIC Consulting empfiehlt für zeitkritische und priorisierte Maßnahmen ein kurzes Kontrollintervall zu definieren (z.B. vierteljährlich), und ansonsten jährlich die Umsetzungskontrolle durchzuführen. Die Ergebnisse der Umsetzungskontrolle können als Bericht und/oder als Excel-Tabelle (z.B. integriert in den Maßnahmenplan) aufbereitet werden.

Wirkungskontrolle

Die Aufbereitung der Ergebnisse der Wirkungskontrolle kann in unterschiedlichen Formen erfolgen: In tabellarischer Form, oder in Berichtsform. Auch die Anschaffung oder Entwicklung eines Tools, in dem die Wirkungskontrolle dokumentiert, dargestellt und weiterverarbeitet werden kann, stellt eine Option dar. Das Zeitintervall der Wirkungskontrolle orientiert sich an den definierten Zwischenzielen zur THG-Minderung.

Für die Wirkungskontrolle der Maßnahmen wurde im Maßnahmenkatalog eine Spalte ergänzt, in der Vorschläge für Wirkungsindikatoren für die jeweilige Maßnahme gelistet werden bzw. ein Hinweis, wenn die Wirkungskontrolle nachgelagert erfolgt und somit, abhängig von der weiteren Ausgestaltung der Maßnahme oder des Maßnahmenergebnis, zu einem späteren Zeitpunkt Wirkungsindikatoren festgelegt werden müssen. Dies betrifft insbesondere vorbereitende Maßnahmen. Es ist zu beachten, dass, abhängig vom Aufbau der Gesamtmaßnahme, aufgeführte Wirkungsindikatoren ggf. nur Teilaspekte erfassen.

Für bestimmte Maßnahmen kann das Monitoring recht zeit- und kostenintensiv sein und dennoch wenig Aussagekraft haben, weshalb das Bottom-up-Monitoring nicht für jeden Maßnahmenbaustein geeignet ist. Es gilt ggf. abzuwägen, für welche Maßnahmen eine Wirkungskontrolle nur mit unverhältnismäßigem Aufwand zielführend durchzuführen bzw. wenig aussagekräftig ist. Bei den Indikatoren zur Wirkungskontrolle ist es wichtig, die konkrete Zielgruppe und den Zielgruppenumfang von Anfang an zu dokumentieren, um entsprechende Ziele festzusetzen und die Ergebnisse des Monitorings einzuordnen.

Neubewertung von Potenzialen

Die regelmäßige Überprüfung von Minderungspotenzialen der THG-Emissionen ist wichtig, um Zielverfehlungen oder Verzug bei Maßnahmen auszugleichen. Eine Neubewertung beinhaltet den Blick auf Veränderungen politischer, rechtlicher und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen sowie technologischen Fortschritt. Diese Neubewertung betrifft sämtliche Themen, die bereits in der Potenzialanalyse betrachtet wurden. Beispiele

hierfür sind die Anpassung von Förderprogrammen, technologische Potenziale und Innovation, Änderungen des regulatorischen Rahmens auf EU-, Bundes- und Landesebene, Änderung in der Flächennutzung und Änderungen in den Kostenstrukturen von Technologie und/oder Energieträgern.

Empfehlung der Frühindikatoren

Folgende Frühindikatoren eignen sich zum Top-down-Monitoring der Wärmeplanung:

Frühindikator	Datenquelle	Ziel 2030	Ziel 2035	Ziel 2040
Erdgasverbrauch	Daten Stadtwerke	118,1 GWh	42 GWh	86 MWh
Wärmeversorgung über Wärmenetz	Daten Netzbetreiber	4,6 GWh	99 GWh	137 GWh
Anzahl der gemeldeten Wärmepumpen	Daten Stromnetzbetreiber	4882	8777	12.764
Endenergiebedarf Wärme	THG Bilanz	381 GWh/a (exkl. Umweltwärme)	320 GWh (exkl. Umweltwärme)	262 GWh (exkl. Umweltwärme)

Nächste Schritte

Es empfiehlt sich, zunächst die Umsetzungskontrolle in die Maßnahmentabelle zu integrieren und dadurch den Fortschritt der Maßnahmen gut sichtbar zu halten. Konkret bedeutet dies, dass jede der Maßnahmen in eine der vorgeschlagenen Kategorien des Umsetzungsstandes eingeordnet und bei Bedarf eine qualitative Beschreibung hinzugefügt wird (Ergänzung um 2 Tabellenspalten).

Des Weiteren muss spätestens zum Start der Wirkungskontrolle abgewogen werden, ob diese für jegliche Maßnahmen durchgeführt wird, abhängig von dem Verhältnis von Aufwand zu Nutzen.

Um ein fortschreitendes Monitoring zu gewährleisten, empfiehlt es sich, zeitnah einen Zeitplan anhand der genannten Empfehlungen und der individuellen Gegebenheiten festzulegen. Das schriftliche und/oder grafische Dokumentieren des Zeitplans bietet eine umfassende Übersicht und fundierte Grundlage für das Organisieren von weiteren Schritten. Wichtig ist das gemeinsame Verständnis, welche Konsequenzen sich aus dem Monitoring (Umsetzungs-, Wirkungskontrolle und Frühindikatoren) ergeben und zu welchem Zeitpunkt Maßnahmen überarbeitet oder stärker priorisiert werden müssen. Die Umsetzungskontrolle und die Frühindikatoren zeigen, wenn vorhanden, den Nachsteuerungsbedarf beim Controlling an. Die Wirkungskontrolle und die Frühindikatoren geben Hinweise darauf, ob eine Maßnahme insgesamt Überarbeitungsbedarf hat bzw. effektiv ist und in der Form weitergeführt werden sollte.

8 AUSBLICK

Die kommunale Wärmeplanung stellt den Auftakt der Wärmewende in Einbeck dar. Es wurde ein digitaler Zwilling erarbeitet und Basis einer Bestands- und Potenzialanalyse ein Zielszenario mit voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten identifiziert. Abschließend wurde ein Monitoringkonzept sowie Maßnahmen entwickelt, damit die Umsetzung der Wärmeplanung startet.

Unabhängig von der Art der voraussichtlichen Wärmeversorgung, werden **Investitionen** für die Transformation notwendig sein. Die Investitionen werden vom Bund (über Förderung) sowie den Bürger:innen getätigt und sollten stets den Kosten des fossilen Referenzsystems gegenübergestellt werden. Wie der Vollkostenvergleich des Heizspiegels zeigt, sind bereits im Jahr 2024 die Kosten mit der Erdgasversorgung in vielen Fällen am höchsten⁵. Zudem sorgen Investitionen in die Wärmewende für eine zunehmende lokale Wertschöpfung, neue Formen von Beteiligungsformaten (z.B. Bürgerenergiegenossenschaften) sowie einer Resilienz gegenüber Preisschwankungen durch Diversifikation.

Wärmenetze können zukünftig eine zentralere Rolle in der Wärmeversorgung Einbecks einnehmen. Der Ausbau der Wärmenetze ist zwar mit hohen Investitionskosten verbunden, diese werden jedoch über einen Zeitraum von rund 40 Jahren auf alle Anschlussnehmer verteilt, wodurch planbare und langfristig sinkende Kostenstrukturen entstehen. Ergänzend unterstützt der Bund bei den Investitionen, sodass die finanziellen Lasten über mehrere Schultern verteilt werden.

Wärmenetze als auch dezentrale Systeme werden in Zukunft vermehrt auf Wärmepumpen setzen. Um den Betrieb der Wärmepumpen sicherzustellen, muss das **Stromnetz** gestärkt werden. Dieser Entwicklungsprozess geschieht nicht innerhalb der Wärmeplanung, sondern wird aufbauend auf der Wärmeplanung innerhalb der Netzausbauplanung durchgeführt. Die Ergebnisse der Wärmeplanung fließen entsprechend in den Netzplanungsprozess ein, wodurch sichergestellt wird, dass die notwendigen Netzkapazitäten vorhanden sein werden.

Es benötigt klare politische Leitplanken, um die technische Entwicklung zu ermöglichen. In Einbeck gilt, wie in ganz Niedersachsen, das Ziel der Klimaneutralität bis 2040. Ob die Wärmewende in Einbeck im Jahr 2040 bereits abgeschlossen sein wird, lässt sich heute nicht mit Sicherheit sagen. Dafür müsste die Rate der Heizungsträgerwechsel deutlich gesteigert werden. Dennoch legt der vorliegende Wärmeplan die Grundlage, um den Zielpfad einzuschlagen, auch wenn das Ziel selbst bis 2040 möglicherweise nicht vollständig erreicht wird. Entscheidend wird letztendlich sein, ob und wie konsequent die erarbeiteten Maßnahmen umgesetzt werden.

Da es sich bei der Wärmeplanung um ein **strategisches Instrument** handelt, entfaltet sie keine unmittelbare rechtliche Bindung. Für die Bürger gelten ab dem 01. Juli 2028 die Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes, es sei denn, ein Teilgebiet wird gemäß §§ 26, 27 des Wärmeplanungsgesetzes ausgewiesen. In diesem Fall treten die GEG-Vorschriften bereits ab dem Zeitpunkt der Ausweisung in Kraft. Eine solche Ausweisung erfolgt als eigenständige Entscheidung der Kommune, entweder durch Satzung, Verordnung oder Verwaltungsakt, und stellt ein klares politisches Signal dar. Sie garantiert jedoch nicht den tatsächlichen Bau eines Wärmenetzes, da gemäß § 71j GEG zusätzlich ein Akteur bereitstehen muss, der innerhalb von zehn Jahren den Netzaufbau zusagt. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Wärmeplans zeichnen sich Änderungen am GEG ab. Die von der Bundesregierung veröffentlichten Eckpunkte zum geplanten Gebäudemodernisierungsgesetz (geplante Umbenennung vom GEG) deuten darauf hin, dass Änderungen bevorstehen.

⁵ [Heizkosten pro m²: Fernwärme / Zentralheizung \(Rechner\) | Heizspiegel](#)

Die Wärmeplanung ist damit als **kontinuierlicher Prozess** zu verstehen, der gemäß § 25 WPG des Wärmeplanungsgesetzes mindestens alle fünf Jahre fortgeschrieben wird. Neue Erkenntnisse sowie veränderte politische oder wirtschaftliche Rahmenbedingungen können zu notwendigen Anpassungen führen. Auf Grundlage der aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse bildet die vorliegende Wärmeplanung jedoch eine tragfähige und fundierte Basis für die weitere Transformation der Wärmeversorgung in Einbeck.

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1: Verwaltungsgebiet Einbeck	3
Abbildung 2-2: Darstellung der Baualtersklassen in Einbeck.....	4
Abbildung 2-3: Darstellung der überwiegenden Gebäudetypen baublockbezogen in Einbeck	5
Abbildung 2-4: Anteil der Wohnflächen im Baublock in Einbeck.....	6
Abbildung 2-5: Endenergiebedarfe der verschiedenen Sektoren nach Energieträgern.....	7
Abbildung 2-6: Jährliche Emissionen in CO ₂ -Äquivalenten inkl. Vorketten nach Sektoren und Energieträgern	8
Abbildung 2-7: Anteil der Energieträger an den nicht leitungsgebundenen Energieträgern nach Energieanteil	9
Abbildung 2-8: Anteile der Energieträger an den nicht leitungsgebundenen Energieträgern nach Anteil an den Emissionen	9
Abbildung 2-9: Wärmebedarfsdichten in Einbeck in MWh/ha	10
Abbildung 2-10: Kartografische Darstellung der Wärmelinien-dichte in Einbeck	11
Abbildung 2-11: Spezifischer Wärmebedarf in Einbeck in kWh/m ²	12
Abbildung 2-12: Kartografische Darstellung der Hauptenergieträger baublockbezogen in Einbeck	13
Abbildung 2-13: Darstellung der Energieträgeranteile je Flur in Einbeck.....	14
Abbildung 2-14: Versorgungsbereiche der Gasnetze / Lage des Gasnetzes in Einbeck auf Baublockebene	15
Abbildung 2-15: BHKW Standorte in Einbeck dargestellt mit der Nettonennleistung in kW und eingeteilt nach dem Energieträger	16
Abbildung 2-16: Heatmap Prozesswärmebedarfe ohne BHKW.....	17
Abbildung 3-1: Raumwärmebedarfe für die betrachteten Stützjahre bis 2045.....	19
Abbildung 3-2: Priorisierungsschema nach Flächenkategorie	21
Abbildung 3-3: Windenergiepotenzialflächen in Einbeck	24
Abbildung 3-4: Bioenergiepotenzial der Stadt Einbeck	26
Abbildung 3-5: Bioenergie Potenzial nach Einordnung der Umweltverbände von Einbeck in GWh/a	30
Abbildung 3-6: beispielhafte Darstellung der geothermischen Potenzialanalyse.....	31
Abbildung 3-7: Durchschnittliche Eignung für oberflächennahe Geothermie auf Baublockebene	32
Abbildung 3-8: Eignungskarte für tiefe Geothermie in Deutschland (links: Hydrothermal, rechts: Petrothermal) 33	
Abbildung 3-9: Monatlich durchschnittliche Wassertemperaturen der Fulda bei der Messstation Bonaforth für die Jahre 2022 bis 2025	37
Abbildung 3-10: Thermisches Erzeugungspotenzial der Ilme in Einbeck über Auskühlungen des Entnahmestroms bis zu 6 K und Entnahmemengen bis zu 20 % des MNQ.	38
Abbildung 3-11: Thermisches Erzeugungspotenzial der Leine in Einbeck über Auskühlung des Entnahmestroms bis zu 3 K und Entnahmemengen bis zu 20 % des MNQ. (Schraffierung: Maximal mögliches Potenzial, wenn die Wärme aus dem Entnahmestrom auch im Sommer komplett abgenommen wird; Unterer Bereich der Balken:	

Die Wärmemenge, die entnommen werden kann im Verschnitt mit dem Bedarf. Dies basiert auf der Annahme, dass der Wärmebedarf proportional zum verfügbaren Wärmepotenzial aus dem Entnahmestrom skaliert.)	38
Abbildung 3-12: Kartografische Darstellung der Eignung von dezentralen Luft-Wärmepumpen in Einbeck	41
Abbildung 3-13: Standort der Kläranlagen in Einbeck.....	43
Abbildung 3-14: Thermisches Erzeugungspotenzial aus dem Abwasser der zentralen Kläranlage in Einbeck/Volksen über Auskühlungen bis zu 8 K (Schraffierung: Maximal mögliches Potenzial, wenn die Wärme aus dem Abwasser auch im Sommer komplett abgenommen wird; Unterer, gefüllter Bereich Balken: Wärmemenge, die in der Heizperiode entnommen werden kann. Kein Verschnitt zum Wärmebedarf erfolgt.)...44	
Abbildung 3-15: Qualitative Darstellung des Abwärmepotenzials.....	45
Abbildung 3-16: Thermisches Erzeugungspotenzial der Thermalsole in Einbeck über Auskühlungen des Entnahmestroms bis zu 15 K und Entnahmemengen bis zu 75 m ³ /h. (Schraffierung: Maximal mögliches Potenzial, wenn die Wärme aus dem Entnahmestrom auch im Sommer komplett abgenommen wird)	48
Abbildung 3-17: Gegenüberstellung der Potenziale mit dem Wärmebedarf in Einbeck	51
Abbildung 4-1: Wahrscheinlichkeit der Teilgebiete, mittels Wärmenetz versorgt werden zu können.....	56
Abbildung 4-2: Wahrscheinlichkeiten der Teilgebiete, mittels dezentraler Versorgung versorgt werden zu können (Dezentrale Versorgung kann nahezu überall eine Option sein. Einzelfallprüfung trotz dargestellter Wahrscheinlichkeiten grundsätzlich notwendig. Auch in Unwahrscheinlich gekennzeichneten Bereichen ist der Betrieb einer Umgebungsluft-Wärmepumpe nicht kategorisch ausgeschlossen. Schallschutzmaßnahmen können jedoch notwendig sein.)	57
Abbildung 4-3: Einteilung der Teilgebiete in die Eignung einer zukünftigen Versorgungsart	58
Abbildung 4-4: Endenergiebedarf für Raumwärme und Prozesswärme nach Energieträger in den Stützjahren bis 2040	59
Abbildung 4-5: Endenergiebedarfe für Raumwärme und Prozesswärme nach Sektoren und Endenergieträger im Zieljahr 2040	59
Abbildung 4-6: Treibhausgasemissionen der Energieträger in tCO ₂ äq/a bis 2040.....	60
Abbildung 4-7: Treibhausgasemissionen der Sektoren und Energieträger in tCO ₂ äq/a in 2040	60
Abbildung 4-8: Übersichtskarte der Bereiche mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial in der Kernstadt Einbeck	88
Abbildung 7-1: Darstellung des Monitoringkonzeptes (© HIC Consulting GmbH)	115

10 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 3-1: Betrachtete Potenziale innerhalb der Potenzialanalyse	18
Tabelle 3-2: Biomethanpotenzial für unterschiedliche Einsatzsubstrate und insgesamt in Einbeck	28
Tabelle 3-3: Tierbestand und Biogasertrag in Einbeck	28
Tabelle 3-4: Verwendete Annahmen nach Jochum et al. (Jochum, et al., 2017) zur Abschätzung des Wärmemengenpotenzials aus der Nutzung hydrothormaler Tiefengeometrie für die Wärmeversorgung in Einbeck. Die in Klammern aufgeführten Werte werden verwendet, um Sensitivitätsanalysen durchzuführen und einen entsprechenden Lösungsraum an abgeschätzten Potentialen aufzuspannen.....	33
Tabelle 3-5: Maximalwerte der Thermalwassertemperaturen im tiefen Untergrund in einem Umkreis von 15km um Einbeck: Ermittelt unter der Verwendung von GeotIS (Agemar, et al., 2014).....	34
Tabelle 3-6: Temperaturveränderung der gesamten Ilme in K in Abhängigkeit der prozentualen Entnahmemenge des mittleren niedrigsten Durchflusses gleichartiger Zeitabschnitte (MNQ) und Temperaturspreizung im Wärmepumpen-Kreislauf.....	36
Tabelle 4-1: Gewichtung für die Wärmenetzeignung	54
Tabelle 4-2: Gewichtung für die Eignung dezentraler Versorgung	55

11 LITERATURVERZEICHNIS

- (2024). Von <https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/pressemitteilungen/wasserkraft-thesen-232634.html>. abgerufen
- Agemar, T., Alten, J., Ganz, B., Kuder, J., Kühne, K., Schumacher, S., & Schulz, R. (2014). *The Geothermal Information System for Germany - GeotIS*. ZDGG Band 165 Heft 2, 129–144.
- Agentur für Erneuerbare Energien. (2013). *Potenzialatlas, Bioenergie in den Bundesländern*. Von https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/ae_potenzialatlas_090114_2013_fnr.pdf abgerufen
- Agora Energiewende. (2023). Ein neuer Ordnungsrahmen für Erdgasverteilnetze. Analysen und Handlungsoptionen für eine bezahlbare und klimazielkompatible Transformation. Berlin.
- B+L Marktdaten GmbH. (2024). *Sanierung 2024 Deutschland*.
- Bahret, C., & Eltrop, L. (2020). *Online Wärmekostenrechner*. Stuttgart: Universität Stuttgart Institut für rationelle Energieanwendung.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. (kein Datum). *Biogasausbeuten verschiedener Substrate*. Abgerufen am 19. Dezember 2024 von https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/?sel_list=49%2Cb&anker0=substratanker#substratanker
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. (o.D.). *Naturschutzverpflichtung und Kompensation - Ökokonto und Ökoflächenkataster*. Von lfl.bayern.de: <https://www.lfl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/225081/index.php> abgerufen
- Bayerischer Gemeindetag. (April 2000). *Handlungsempfehlungen für ein Ökokonto - Ein Vorsorgeinstrument für die Eingriffsregelung in der Bauleitplanung*. Von lfu.bayern.de: https://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/ausgleichsflaechen_oekokonto/doc/handlungsempfehlungen_oekokonto.pdf abgerufen
- Bayerischer Gemeindetag. (April 2000). *Handlungsempfehlungen für ein Ökokonto - Ein Vorsorgeinstrument für die Eingriffsregelung in der Bauleitplanung*. Von lfu.bayern.de: https://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/ausgleichsflaechen_oekokonto/doc/handlungsempfehlungen_oekokonto.pdf abgerufen
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). (2021). *Handlungsleitfaden Qualitätsmanagement Kompensation - Bausteine und Beispiele zur erfolgreichen Umsetzung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Naturschutz*. Von [https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000002?SID=599539867&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:34,AARTxNR:lfu_nat_00396,AARTxNODENR:365012,USERxBO DYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x\)=X](https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000002?SID=599539867&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:34,AARTxNR:lfu_nat_00396,AARTxNODENR:365012,USERxBO DYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x)=X) abgerufen
- BDEW. (02. 03 2024). Von <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-gaspreisanalyse/> abgerufen
- Berger. (2011). *Wärmetauscher in oberirdischen Gewässern*. Degendorf: Wasserwirtschaftsamt Degendorf.
- Bethge, P. (Dezember 2004). *Ablasshandel mit Natur*. Von spiegel.de: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/ablasshandel-mit-natur-a-dbc84668-0002-0001-0000-000038627612?context=issue> abgerufen

- Bettgenhäuser, K., Boermans, T., Offermann, M., Krechting, A., & Becker, D. (2011). *Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs für Gebäudekühlung*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Bezirksregierung Köln; Abteilung 7 Geobasis NRW. (2024). *Energieatlas NRW*. Von Wärmekataster: <https://www.energieatlas.nrw.de/maps/Energieatlas/Waermekataster.aspx#div1> abgerufen
- Bracke, R., Huenges, E., Acksel, D., Amann, F., Bremer, J., Bruhn, D., . . . Will, H. (2022). *Roadmap Tiefe Geothermie für Deutschland | Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft für eine erfolgreiche Wärmewende*. Bochum.
- Brielmann, H., Lueders, T., Schre, K., Ferraro, F., Avramov, M., Hammerl, V., . . . Griebler, C. (2011). *Oberflächennahe Geothermie und ihre potenziellen Auswirkungen auf Grundwasserökosysteme* (Bde. Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie). Springer-Verlag. doi:DOI 10.1007/s00767-011-0166-9
- BUND Regionalverbund Südlicher Oberrhein. (kein Datum). *Eingriffsregelung - Kritik: Ausgleichsmaßnahmen, Ökokonto, Ökopunkte, Bebauungspläne & Flächenverbrauch "Legaler Betrug"*. Von bund-rvso.de: <http://www.bund-rvso.de/eingriffsregelung-ausgleichsmassnahmen-oekokonto.html> abgerufen
- Bundes-Immissionsschutzgesetz. (2017 Neufassung). *Abschnitt 6.1 -Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm-TA Lärm*.
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung . (25.. Juli 2023). *BMZ*. Abgerufen am 14.. August 2023 von <https://www.bmz.de/de/themen/energie/erneuerbare-energien/biomasse>
- Bundesnetzagentur. (kein Datum). *Wasserstoff-Kernnetz*. Abgerufen am 14. 01 2025 von <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.htm>
|
- Bundesverband Wärmepumpe e.V. (2023). *Schallrechner*. Abgerufen am 06 2023 von <https://www.waermepumpe.de/schallrechner/>
- Buri, R., Wanner, O., Siegrist, H., Koch, M., & Meier, W. (2004). *Wärmenutzung aus Abwasser*.
- Dahms, T., Oehmke, C., Kowatsch, A., Abel, S., Wichmann, S., Wichtmann, W., & Schröder, C. (2017). *Halmgutartige Festbrennstoffe: aus nassen Mooren*. Universität Greifswald.
- dena. (2018). *dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse Für Die Gestaltung Des Energiesystems Bis 2050*.
- Deutsche Energie-Agentur. (2018). *dena-Leitstudie. Integrierte Energiewende*. Berlin.
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). (2016). *Energieeffizienz bei Büroimmobilien*. Berlin/Köln.
- Deutsche Umwelthilfe e.V. (2021). *Energetische Biomassenutzung, Positionen der Deutschen Umwelthilfe*. Abgerufen am 13.. Juni 2023 von https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Energiewende/Positionspapier_Biomasse_220202_final.pdf
- ETH-Rat. (2021). *Wohnungen heizen mit der Wärme von Tiefgaragen*. Zürich. Abgerufen am 25. 11 2024 von <https://www.sciena.ch/de/tech-transfer/using-heat-from-underground-parking-lots-to-warm-apartments.html>
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (kein Datum). *Faustzahlen*. Abgerufen am 10. Mai 2024 von <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>

- Fencl, J. &. (2015). How Big of an Effect Do Small Dams Have? Using Geomorphological Footprints to Quantify Spatial Impact of Low-Head Dams and Identify Patterns of Across-Dam Variation. . *PLoS ONE*.
- Fencl, J., Mather, M., Costigan, K., & Daniels, M. (2015). How Big of an Effect Do Small Dams Have? Using Geomorphological Footprints to Quantify Spatial Impact of Low-Head Dams and Identify Patterns of Across-Dam Variation. . *PLoS ONE*.
- Fiedler, S., Peiseler, F., Maier, M., Meemken, S., Zahn, P., Cludius, J., . . . Healy, S. (2024). *CO2-Preis in Deutschland - Umsetzung des ETS II und des Klima-Sozialfonds in Deutschland*.
- Flussgebietsgemeinschaft Elbe. (2024). *Datenportal der FGG Elbe*. Von <https://www.elbe-datenportal.de/FisFggElbe/content/start/ZurStartseite.action> abgerufen
- Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FfE). (2024). *Wärmepumpen an Fließgewässern - Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern*.
- Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE). (2024). *Wärmepumpen an Fließgewässern - Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern*.
- Fraunhofer IWS. (2017). *Wärmewende 2030. Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor. Studie im Auftrag von Agora Energiewende*.
- Frontier Economics, IAEW, FourManagement und EMCEL. (2017). Der Wert der Gasinfrastruktur für die Energiewende in Deutschland. Eine modellbasierte Analyse.
- Gaudard, A., Schmid, M., & Wuest, A. (2017). *Thermische Nutzung von Oberflächengewässern - mögliche physikalische und ökologische Auswirkungen der Wärme- und Kältenutzung*.
- Geologischer Dienst NRW. (2011). *Geothermie in Nordrhein Westfalen*. Krefeld. Von https://www.gd.nrw.de/zip/broschuer_geothermie.pdf abgerufen
- Geologischer Dienst NRW. (2019). *Geothermale Charakterisierung von NRW*. Abgerufen am 13. 05 2024 von https://www.gd.nrw.de/ew_geothermale-charakterisierung-nrw.htm
- Greenberg, M., Kapfer, J., & Werner, R. (2024). Das unterschätzte Klimaschutzpotential von Pflanzenkohle (Biochar). 32.
- Günther, D., Wapler, J., Lagner, R., Helmig, S., Miara, M. D.-I., Fischer, D. D.-I., . . . Wille-Hausmann, B. D.-I. (2020). *WPsmart im Bestand: Wärmepumpenfeldtest - Fokus Bestandsgebäude und smarterer Betrieb*.
- Heumann, A., & Ernst Huenges. (2017). *Technologiebericht 1.2 Tiefengeothermie innerhalb des Forschungsprojekts TF_Energiewende*. Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum.
- Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen. (o.D.). *FAQ-Ökokonto: Wichtige Fragen und Antworten zum Ökokonto am Beispiel des Privatwaldes*. Von [hfwu.de: https://www.hfwu.de/forschung-und-transfer/institute-und-einrichtungen/institut-fuer-landschaft-und-umwelt-ilu/faq-oekokonto/](https://www.hfwu.de/forschung-und-transfer/institute-und-einrichtungen/institut-fuer-landschaft-und-umwelt-ilu/faq-oekokonto/) abgerufen
- Hornberg, C. K. (2021). *Wasserstoff im Klimaschutz: Klasse statt Masse*. Berlin: Geschäftsstelle des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU).
- Hotmaps project. (2020). *Hotmaps Toolbox*. Von <https://www.hotmaps.eu/map> abgerufen
- ISE, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme. (2020). *Wärmepumpen in Bestandsgebäuden - Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt "WPsmart im Bestand"*. Freiburg.

- Janczik, S. (2014). *Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2014 gemäß § 65 EEG im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Vorhaben IIb: Stromerzeugung aus Geothermie - Wissenschaftlicher Bericht*. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft.
- Jochum, P., Lawrenz, J., Stelter, D., Krenz, T., Mellwig, P., Pehnt, M., . . . Hertle, H. (2017). *Anlagenpotenzial: Ableitung eines Korridors für den Ausbau der erneuerbaren Wärme im Gebäudebereich*. Berlin, Heidelberg: Beuth Hochschule für Technik Berlin und ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg.
- Kreis Warendorf UNB. (2021). *Warendorfer Modell*. Von kreis-warendorf.de: https://www.kreis-warendorf.de/fileadmin/publikationen/serviceportal/61/warendorfer-modell/Warendorfer_Modell_2021.pdf abgerufen
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz - Nordrhein Westfalen. (1. 04 2023). *Energieatlas NRW*. Abgerufen am 17. 07 2024 von <https://www.energieatlas.nrw.de/site/planungskarten/wind>
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein Westfalen. (2017). *Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW- Teil 5 Wasserkraft*. Recklinghausen: LANUV. Von https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/Fachbericht_40_Teil_5-Wasserkraft.pdf abgerufen
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). (2023). *Flächenanalyse Windenergie NRW*. Recklinghausen: LANUV-Fachbericht 142.
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). (10. 04 2024). *Klimaatlas NRW*. Von <https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-nrw-pluskarte> abgerufen
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. (2019). *Wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Nutzung von oberflächennaher Erdwärme- LANUV 39*. Recklinghausen: LANUV. Von https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/4_arbeitsblaetter/LANUV_Arbeitsblatt_39.pdf abgerufen
- Landkreis Osnabrück. (1997). *Das Kompensationsmodell*. Landkreis Osnabrück: Fachdienst Umwelt.
- Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. (o.D.). *Bewertung eines Ökokontos - Kalkulationsbeispiel für den Ausgleich eines Eingriffs*. Von lksh.de: <https://www.lksh.de/landwirtschaft/umwelt-und-gewaesserschutz/oekokonto/bewertung-eines-oekokontos/> abgerufen
- Lovejoy, T., Bierregaard, R., Rylands, A., Malcolm, J., Quintela, C., Harper, L., . . . Hays, M. (1986). Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In M. Soulé, *Conservation biology: the science of scarcity and diversity* (S. 257-285). Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Luhmann, J. (24. 02 2024). Kommunen in der Zwickmühle der Wärmewende. *klimareporter*°. Klimawissen e.V.
- Marleen Greenberg, J. K. (2024). Das unterschätzte Klimaschutzpotential von Pflanzenkohle (Biochar). 32.
- Mendelevitch, R., Reppening, J., Matthes, F., & Deurer, J. (2024). *Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland - Rahmendaten*. Dessau-Roßlau: UBA.
- Meyer, R., Fuchs, N., Thomsen, J., Herkel, S., & Kost, C. (2024). *Heizkosten und Treibhausgasemissionen in Bestandsgebäuden – Aktualisierung auf Basis der GEG-Novelle 2024*. Potsdam: Kopernikus-Projekt Ariadne.

- Ministerium des Innern des Landes Nordrhein- Westfalen. (06. 29 2024). *Auslegung und Umsetzung von Festlegungen des Landesentwicklungsplans Nordrhein-Westfalen im Rahmen eines beschleunigten Ausbaus der erneuerbaren Energien (Wind- und Solarenergie) (LEP-Erlass Erneuerbare Energien)*. Abgerufen am 02. 07 2024 von https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=1&bes_id=50909&aufgehoben=N
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (2019). *Freiflächensolaranlagen Handlungsleitfaden*.
- Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. (2024). *Masterplan Geothermie*. Düsseldorf: MWIKE. Von https://www.wirtschaft.nrw/system/files/media/document/file/masterplan_geothermie_langfassung.pdf abgerufen
- Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. (2022). *Landesentwicklungsplan Nordrhein-Westfalen (LEP NRW)*. Düsseldorf: Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Möhring, P., Maaß, C., Sandrock, M., Kromrey, V., & Vedel, D. (2022). *Naturverträgliche Wärmewende*. Bundesamt für Naturschutz. doi:10.19217/skr642
- Müller, A. H. (2019). Open Source Data for Gross Floor Area and Heat Demand Density on the Hectare Level for EU 28. *Energies* 12, 4789. doi:<https://doi.org/10.3390/en12244789>
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, E. u. (2024). *PI 054/2024. Meyer: „Kleine Wasserkraft angesichts ökologischer Schäden oft nicht sinnvoll“*. Von <https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/pressemitteilungen/wasserkraft-thesen-232634.html> abgerufen
- Nordregio*. (2018). Von https://nordregio.org/sustainable_cities/stockholm-biochar-project/ abgerufen
- Ober, D. S., & Werner, D. C. (Februar 2023). *NABU*. Abgerufen am 14.. August 2023 von <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/biomasse/230302-biomasse-nabiskernforderungen-nabu.pdf>
- Oberle, S. M. (2023). *Die Rolle der Gasverteilnetze im Energiesystem der Zukunft in Deutschland*. Karlsruhe.
- Öko-Institut e.V. (kein Datum). *Öko-Institut*. Abgerufen am 14.. August 2023 von <https://www.oeko.de/forschung-beratung/themen/energie-und-klimaschutz/biomasse-fuer-eine-nachhaltige-nutzung-endlicher-ressourcen/>
- Ortner, S., Paar, A., Johannsen, L., Wachter, P., Hering, D., Pehnt, M., . . . Bartsch, A. (2024). *Leitfaden Wärmeplanung*.
- Panteleit, B., Ortmann, S., & Langer, S. (2022). *Leitfaden oberflächennahe Geothermie im Land Bremen*. Bremen: Geologischer Dienst für Bremen.
- Peters, M., & Steidle, T. (2022). *Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg*. KEA BW.
- Peters, M., Steidle, T., Hebisch, H., Skok, J., Berg, A., Graef, D., & Anders, F. (2022). *Technikkatalog kommunale Wärmeplanung*. Karlsruhe: KEA-BW.
- Pezzutto, S., Zambotti, S., Croce, S., Zambelli, P., Garegnani, G., Scaramuzzino, C., . . . Popovski, E. (2019). *D2.3 WP2 Report – Open Data Set for the EU28*. Hotmaps Project.

- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut. (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045 (Zusammenfassung)*. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende. Abgerufen am 2024. Januar 11 von <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/klimaneutrales-deutschland-2045-zusammenfassung>
- Rabenschlag, J., Schoof, N., Schumacher, J., & Reif, A. (2019). Evaluation der Umsetzung baurechtlicher Ausgleichsmaßnahmen: Am Fallbeispiel Schönberg bei Freiburg. *Nat. Landsch*, 51, 434-442.
- Roth, M., Hildebrandt, S., Roser, F., Schwarz-von Raumer, H.-G., Borsdorff, M., Peters, W., . . . Bruns, E. (2021). *Entwicklung eines Bewertungsmodells zum Landschaftsbild beim Stromnetzausbau (BfN-Skripten 597)*. Bundesamt für Naturschutz.
- Safarian, S. (2023). Performance analysis of sustainable technologies for biochar. 20.
- Sanddrock, M., Maaß, C., Weisleder, S., Westholm, H., & Schulz, W. (2020). *Kommunaler Klimaschutz durch Verbesserung der Effizienz in der Fernwärmeversorgung mittels Nutzung von Niedertemperaturwärmequellen am Beispiel tiefgeothermischer Ressourcen: Abschlussbericht*. Umwelt Bundesamt.
- Schwinghammer. (2012). *Thermische Nutzung von Oberflächengewässern*. Freiburg.
- Seibt, P., Kabus, F., & Hoth, P. (24-29 April 2005). *The Neustadt-Glewe Geothermal Power Plant – Practical Experience in the Reinjection of Cooled Thermal Waters into Sandstone Aquifers*. Antalya, Turkey: Proceedings World Geothermal Congress 2005.
- Senders, J. (2022). *Wärmeplanung und Gaskonzessionen*. Würzburg: Stiftung Umweltenergierecht.
- Statkraft. (2025). *Statkraft*. Von <https://www.statkraft.de/ueber-statkraft/standorte/Wasserkraftwerk-erzhausen/> abgerufen
- Statkraft. (2025). *Wasserkraftwerk Erzhausen* . Von <https://www.statkraft.de/ueber-statkraft/standorte/Wasserkraftwerk-erzhausen/> abgerufen
- Swain, D., Singh, D., Touma, D., & Diffenbaugh, N. (2020). Attributing extreme events to climate change: a new frontier in a warming world. *One Earth*, 2(6), 522-527.
- TABULA WebTool. (2012). *TABULA WebTool, Institut für Wohnen und Umwelt*. Abgerufen am 09. 08 2022 von <https://webtool.building-typology.eu/#bm>
- Thomsen, C., & Dr. Liebsch-Dörschner, T. (2014). *Geologische Potenzialanalyse des tiefen Untergrundes Schleswig-Holstein*. Flintbek: Geologischer Dienst - Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Thomsen, J., Fuchs, N., Meyer, R., Wanapinit, N., & Uffers, J. (2022). *Bottom-Up Studie zu Pfadoptionen einer effizienten und sozialverträglichen Dekarbonisierung des Wärmesektors*. Freiburg / Kassel: Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEE.
- Thüringer Landesamt für Statistik. (kein Datum). *Anbau auf dem Ackerland von ausgewählten landwirtschaftlichen Fruchtarten* . Abgerufen am 27. Januar 2025 von <https://statistik.thueringen.de/datenbank/portrait.asp?auswahl=krf&nr=53&TabelleID=kr000515>
- Thüringer Landesamt für Statistik. (kein Datum). *Viehbestände*. Abgerufen am 27. Januar 2025 von <https://statistik.thueringen.de/datenbank/portrait.asp?auswahl=krf&nr=53&TabelleID=kr000511>

- Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz. (2024). *Hochwassernachrichtenzentrale Thüringen*. Von https://hnz.thueringen.de/hw-portal/pegel/570280_hauptzahlen.html abgerufen
- Umweltbundesamt. (22. Mai 2019). *Biogasproduktion aus Gülle und Bioabfall ausbauen*. Abgerufen am 01. August 2023 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/biogasproduktion-aus-guelle-bioabfall-ausbauen>
- Umweltbundesamt. (08. 03 2024). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Abgerufen am 17. 07 2024 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>
- Vattenfall. (2025). *Pumpspeicherkraftwerk*. Von <https://www.vattenfall.de/glossar/pumpspeicherkraftwerk> abgerufen
- Vattenfall. (2025). *Pumpspeicherkraftwerke*. Von <https://www.vattenfall.de/glossar/pumpspeicherkraftwerk> abgerufen
- Vogel, S. (2024). *Analyse der für die Errichtung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen gem. § 35 Abs. 1 Nr. 8 b) BauGB in Betracht kommenden Flächen im Außenbereich der Stadt Einbeck*.
- Walz, U., Schumacher, U., & Krüger, T. (2022). *Zusatzmaterial zu: Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland - Ergebnisse aus einem Monitoring im Kontext von Schutzgebieten und Hemerobie*. Von [bfm.bsz-bw.de: https://bfm.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/1114/file/NuL2022-02-04a.pdf](https://www.bfn.de/urn:nbn:de:bsz:bsz-bw-frontdoor-deliver-index-docid-1114-file-NuL2022-02-04a.pdf) abgerufen
- Wietschel, M., Riemer, M., Thomann, J., Breitschopf, B., Fragoso, J., Wachsmuth, J., . . . Voglstätter, C. (2024). *HYPAT Abschlussbericht*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Yasser Elhenawy, K. F.-Q. (2024). Yield and energy outputs analysis of sawdust biomass pyrolysis. 12.
- Zeller, V., Weiser, C., Hennenberg, K., Reinicke, F., Schaubach, K., Thrän, D., . . . Wagner, B. (2011). *Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe zur Bioenergiebereitstellung*. Leipzig: DBFZ.
- Zensus,. (2011). Gebäude und Wohnungen sowie Wohnverhältnisse der Haushalte.
- Zimmermann, T. (2021). *Beitrag des Wärmesektors zur Reduzierung der CO2-Emissionen in Energiesystemen mit Sektorenkopplung*. Hamburg: Technische Universität Hamburg.
- Zipse, A. (13. Januar 2022). *Ökogas-Barometer: Infos zur Lage auf dem Ökogasmarkt 2022*. Abgerufen am 2024 von Polarstern: <https://www.polarstern-energie.de/presse/mitteilung/oekogas-markt-barometer-2021-2022/>

KONTAKT

Maja Overberg

HIC Consulting GmbH
Paul-Neumann-Platz 5
22765 Hamburg

Tel.: +49 (0)40-39106989-81

overberg@hamburg-institut.com

www.hamburg-institut.com