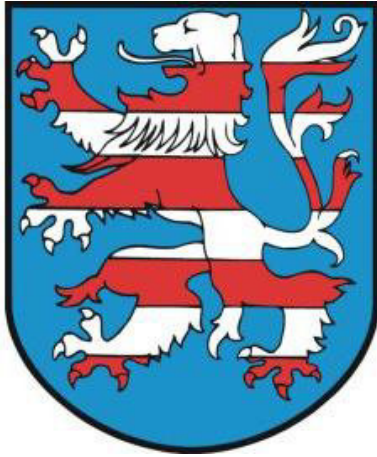




Kommunale Wärmeplanung

Verwaltungsgemeinschaft

Kindelbrück

Endbericht

Kindelbrück, Lampertheim/Erfurt, 6. Februar 2026



Impressum

Auftraggeberin:



Verwaltungsgemeinschaft
Kindelbrück
Puschkinplatz 1
99638 Kindelbrück
Telefon: +49 36375 510-0
E-Mail: poststelle@vg-kindelbrueck.de
Web: <https://www.vg-kindelbrueck.de/>

Ansprechpartner:
Andreas Garthoff
Kämmerer der VG Kindelbrück

Auftragnehmerin:



TEAG Thüringer Energie AG
Schwerborner Straße 30
99087 Erfurt
Telefon: 0361 652-2920
E-Mail: jan.pilz@teag.de
www.thueringerenergie.de

Projektleitung:
Jan Pilz, M.Sc.
Projektteam:
Tobias Wurm, Dipl.-Ing.
Marcus Witter, Dipl.-Ing.
Simón Juárez Wichmann, M. Sc.



EnergyEffizienz GmbH
Gaußstraße 29a
68623 Lampertheim
Telefon: 06206 30312718
E-Mail: ajuettner@e-eff.de
Web: www.e-eff.de

Projektteam:
Anne Jüttner, Dipl.-Ing.
Silvia Drohner, B.Sc.
Semen Pavlenko, M.A.
Romina Hafner, M.Sc.
Daniel Leißner, M.Sc.
Lasse Ohlsen, M.Sc.
Jonas John, M.Sc.
Sophia Fuchs, M.Sc.
Dr. Hans Henniger
Dr. Carlo Licciulli
Nelly-Marie Weingart, B. Eng.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Zusammenfassung.....	6
1.1. Hintergrund	6
1.2. Aufbau des Endberichts.....	7
1.3. Zentrale Ergebnisse	7
2. Grundlagen	8
2.1. Methodik und Aufbau des Wärmeplans.....	8
2.2. Datenerfassung / Methodik	9
2.2.1. Bestandsanalyse.....	9
2.2.2. Potenzialanalyse	10
2.3. Datenschutz	12
3. Bestandsanalyse	13
3.1. Verwaltungsgemeinschaftsstruktur	13
3.2. Gebäudenutzung	15
3.3. Baualtersklassen	17
3.4. Versorgungs- und Beheizungsstruktur.....	19
3.5. Wärmemengen und Wärmeliniendichten	21
4. Potenzialanalyse	23
4.1. Senkung des Wärmebedarfs	24
4.1.1. Hinweise und Einschränkungen.....	24
4.1.2. Potenzial.....	25
4.2. Zentrale Potenziale (Wärme)	25
4.2.1. Biomasse	26
4.2.2. Solarthermie auf Freiflächen	29
4.2.3. Agrothermie	32
4.2.4. Oberflächennahe Gewässer.....	35
4.2.5. Tiefengeothermie	38
4.2.6. Unvermeidbare Abwärme aus Industrie und Gewerbe	40
4.2.7. Abwärme aus Abwasser	41

4.2.8. Grüner Wasserstoff	43
4.3. Dezentrale Potenziale (Wärme)	44
4.3.1. Luft/Wasser-Wärmepumpen	44
4.3.2. Oberflächennahe Geothermie.....	44
4.3.3. Biomasse	51
4.3.4. Solarthermie auf Dachflächen	51
4.4. Stromerzeugungspotenziale	52
4.4.1. Photovoltaik auf Dachflächen	52
4.4.2. Photovoltaik auf Freiflächen	53
4.4.3. Agri-PV	56
4.4.4. Windkraft	58
5. Literaturverzeichnis.....	60
Tabellenverzeichnis.....	61
Abbildungsverzeichnis.....	62
Abkürzungsverzeichnis.....	64
Anhang.....	67

1. Einleitung und Zusammenfassung

1.1. Hintergrund

Eine umfassende Wärmewende in Deutschland ist von großer Bedeutung und Dringlichkeit, da der Wärmesektor hierzulande einen Großteil des Endenergieverbrauchs ausmacht, dieser bislang aber nur in unzureichendem Maße klimaverträglich durch erneuerbare Energien gedeckt wird. Damit im Wärmesektor die nationalen Klimaschutzziele erfüllt werden, sind weitreichende Maßnahmen erforderlich.

Als eine dieser Maßnahmen für die Wärmewende wurden mit dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) die Bundesländer dazu verpflichtet, kommunale Wärmepläne zu erstellen. Diese Verpflichtung wird durch Landesgesetze zur Umsetzung des Wärmeplanungsgesetzes auf die einzelnen Gemeinden und Städte übertragen. So soll das Bundesziel einer Treibhausgasneutralität bis 2045 entscheidend unterstützt werden.

Vor diesem Hintergrund ist die Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück Anfang des Jahres 2025 in den Prozess der kommunalen Wärmeplanung eingestiegen. Die VG-Verwaltung erhält die finanziellen Mittel zur Erarbeitung der Wärmeplanung gemäß des Thüringer Ausführungsgesetzes zum Wärmeplanungsgesetz (ThürWPGAG). Der Thüringer Energie AG (TEAG) ist der Zuschlag für die Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück erteilt worden. Sie wird von der EnergyEffizienz GmbH aus Lampertheim im südhessischen Landkreis Bergstraße bei der Erarbeitung unterstützt.

Die Wärmeplanung bildet die strategische Grundlage für die Gestaltung einer zukunftsfähigen Wärmeversorgung in der Verwaltungsgemeinschaft. Zugleich erfüllt die Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück mit der vorliegenden Wärmeplanung die Verpflichtung gemäß Wärmeplanungsgesetz.

1.2. Aufbau des Endberichts

Der vorliegende Wärmeplan ist im Anschluss an dieses einleitende Kapitel wie folgt aufgebaut:

- Kapitel 2 stellt die Grundlagen der Planerarbeitung dar. Dies sind insbesondere die Projektphasen und der organisatorische Rahmen, Grundbegriffe und Definitionen sowie die angewendete Methodik.
- Kapitel 3 widmet sich dem Ist-Zustand der Wärmeversorgung in der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück (Bestandsanalyse).
- Kapitel 4 legt dar, welche Potenziale zur Energieeinsparung sowie zur Nutzung von erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme in der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück bestehen (Potenzialanalyse).

Der Aufbau folgt damit den Vorgaben des Leitfadens des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und des Bundesministeriums für Wohnen, Gemeindeentwicklung und Bauwesen (BMWSB) zur kommunalen Wärmeplanung.

1.3. Zentrale Ergebnisse

Die **Bestandsanalyse** in der der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück basiert auf der Analyse und Aufbereitung zahlreicher Datenquellen wie Kheirbücher, Statistiken, Fragebögen und Verbrauchsdaten. Ergänzt wird die Bestandsanalyse durch eigene Energiebedarfsrechnungen. Sie verdeutlicht, dass die Wärmewende eine herausfordernde Aufgabe mit dringendem Handlungsbedarf ist. Aktuell basiert die Wärmeversorgung zu etwa 60 % auf fossilen Energieträgern, wobei der Wohnsektor den größten Anteil an Emissionen in der Wärmeversorgung ausmacht. 2024 lag der bundesweite Durchschnitt des Anteils fossiler Energien im Wärmesektor bei 82 %.¹

Im Rahmen der **Potenzialanalyse** wurde ein größeres Potenzial für Agrothermie und Freiflächen-Solarthermie identifiziert. Insgesamt ergibt sich ein technisches Wärmeerzeugungspotenzial aller betrachteten zentralen Technologien von 9.135,3 GWh/a. Auch der Ausbau von Photovoltaikanlagen auf Dächern und Freiflächen kann einen wichtigen Beitrag zur regionalen Energiewende leisten. In weiteren Umsetzungsschritten sollten die wirtschaftliche Umsetzbarkeit sowie reale Einschränkungen – etwa durch Flächenverfügbarkeit, Akzeptanz oder Eigentumsverhältnisse – vertiefend geprüft werden.

¹ Umweltbundesamt, 2025

2. Grundlagen

2.1. Methodik und Aufbau des Wärmeplans

Im Wesentlichen gliedert sich die Planerstellung gemäß Leitfaden der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA-BW) in **vier Hauptphasen**:

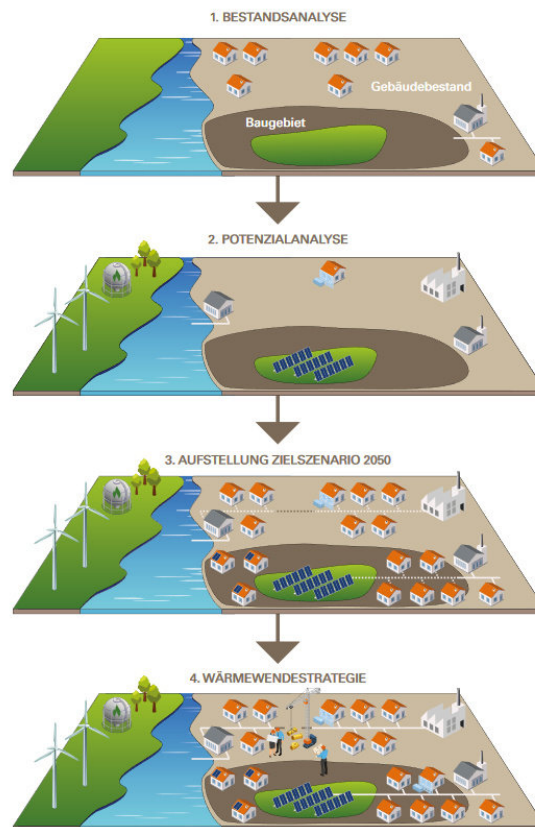


Abbildung 1: Ablauf der Kommunalen Wärmeplanung (KEA Baden-Württemberg, 2020, S. 22)

1. Bestandsanalyse

Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und -verbrauchs und den daraus resultierenden Treibhausgasemissionen einschließlich Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und Baualtersklassen, der Versorgungsstruktur aus Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und Speichern sowie Ermittlung der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude. Erstellung einer Energie- und Treibhausgasbilanz nach Energieträgern und Sektoren.

2. Potenzialanalyse

Ermittlung der Potenziale zur Energieeinsparung für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen, Industrie und öffentlichen Liegenschaften sowie Erhebung der lokal verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energien und der unvermeidbaren Abwärmepotenziale.

3. Zielszenario

Entwicklung eines Szenarios für eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung. Dazu wird die Nutzung der ermittelten Potenziale für Energieeinsparung und erneuerbare Energien in einer Energie- und Treibhausgasbilanz nach Sektoren und Energieträgern für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 dargestellt. Außerdem erfolgt eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2045. Insbesondere soll eine Einteilung in Eignungsgebiete für Wärme- und Wasserstoffnetze sowie in Eignungsgebiete zur Einzelversorgung, darunter auch Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial, erfolgen.

4. Wärmewendestrategie

Formulierung eines Transformationspfads zum Aufbau einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung und Beschreibung der dafür erforderlichen Maßnahmen. Die Maßnahmen sollen spezifisch auf unterschiedliche Eignungsgebiete und Quartiere eingehen. Insbesondere sollen der Ausbaupfad und der Endzustand der Infrastruktur für Wärme- und Gasnetze festgelegt werden. Prioritäre Maßnahmen zur Umsetzung in den nächsten fünf bis sieben Jahren sollen dabei möglichst detailliert beschrieben werden. Für mittel- und langfristige Maßnahmen sind ausführliche Skizzen ausreichend. Die Summe der beschriebenen Maßnahmen soll zu den erforderlichen Treibhausgasminderungen für eine nachhaltige Wärmeversorgung führen. Die Öffentlichkeit (Bürgerschaft, Interessengruppen sowie Vertreter*innen der Wirtschaft) soll am Entwurf des Wärmeplans beteiligt werden.

2.2. Datenerfassung / Methodik

2.2.1. Bestandsanalyse

Die Methodik zur Abbildung des Gebäudebestands beruht auf dem Bottom-Up-Prinzip. Dazu wurden zu dem Bestand verschiedene Basisdaten ermittelt. Mit eingeflossen sind dabei Geoinformationssystem (GIS)-Basisdaten der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück, Daten aus dem Solarrechner der Landesenergieagentur ThEGA, Kkehrbuchdaten (straßenzugsweise geclustert), Verbrauchsangaben der Netzbetreiber (geclustert nach Wärmeplanungsgesetz), Openstreetmap, sowie die Daten des Zensus 2022 (Baualtersklassen in Clustern von 100x100 Metern). Zusätzlich wurden lizenzierte Daten der infas 360 GmbH zur Gebäudenutzung, zur Gebäudegrundfläche sowie zum Gebäudealter verwendet.

- Gebäudekubatur
 - Gebäudegrundfläche
 - Gebäudehöhe/ Geschossigkeit
- Gebäudenutzung
 - Anzahl der Bewohner
 - Nutzertyp

- Sektor
- Baualtersklasse
- Heizung
 - Typ
 - Nennleistung
- Verbrauch/Bedarf
 - Wärme, Strom für Wärmeerzeugung

Daraus ableitbar sind unter anderem

- Beheizte Wohn- und Gewerbefläche
- Spezifische Wärmemenge (Kilowattstunde pro Quadratmeter (kWh/m²))
- Aktuelle Versorgungsstruktur

Für jede Adresse wurden die Daten aus verschiedenen Quellen verknüpft, sodass die Gebäude alle genannten Merkmale umfassen. Mithilfe dieser Merkmale kann die Wärmemenge jedes Gebäudes pro Jahr abgeleitet werden. Bekannte Gasverbräuche, Verbräuche aus Wärmenetzen und Stromverbräuche für Stromheizungen oder Wärmepumpen, sofern sie bei Mehrfamilienhäusern gebäudescharf vorliegen, können nach einer Witterungsbereinigung und Plausibilisierung den errechneten Bedarf ersetzen. Die Wärmemengen werden nach dem Leitfaden der Wärmeplanung in Prozesswärme, Raumwärme und Warmwasser aufgeteilt und dargestellt. Die Verbrauchsdaten leitungsgebundener Energieträger liegen straßenzugsweise vor und ermöglichen dadurch eine hohe Genauigkeit auf dieser Ebene. Um die Verbräuche auf einzelne Gebäude aufzuteilen, erfolgt eine Zuordnung anhand des errechneten Endenergiebedarfs. Dabei werden sowohl der Nutzertyp als auch die Baualtersklasse berücksichtigt.

Aufgrund dieser Methodik kann es zu Abweichungen bei gebäudescharfen Berechnungen und Abschätzungen kommen, während die Gesamtbilanz mit den vorliegenden Verbrauchsdaten straßenzugsweise stimmig ist.

2.2.2. Potenzialanalyse

Das Potenzial im Gebäudebereich wird mit Hilfe eines Transformationspfades beschrieben. Dazu werden ausgehend von der Wärmemenge im Status quo Sanierungsraten für die Jahre bis 2045 zugrunde gelegt. Diese beschreiben den prozentualen Anteil der zu sanierenden Gebäude und wurden dem Technikkatalog für die Kommunale Wärmeplanung entnommen, der im Auftrag des BMWK und des BMWSB erarbeitet wurde (Anhang A). Generell wird der Fokus dabei auf Gebäude gelegt, die vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet wurden. Für die Zwischenjahre und das Zieljahr werden darauf aufbauend prognostizierte Wärmebedarfe unter der Annahme der Sanierungsraten berechnet. Dies verdeutlicht die bestehenden Potenziale der Bedarfsreduktion im Gebäudesektor.

Die Analyse der weiteren Potenziale unterscheidet sich je nach Energiequelle erheblich. In Kapitel 4.2 wird die jeweilige Methodik daher im Einzelnen für die verschiedenen Energiequellen dargestellt.

Bei Planungen, die in Natur und Landschaft eingreifen, müssen die gesetzlichen Vorgaben nach dem Bundesnaturschutzgesetz und weiteren gesetzlichen Regelungen beachtet werden. Hierbei sind insbesondere die Belange des Gebiets- und Artenschutzes, sowie natur- und wasserschutzrechtliche Belange zu berücksichtigen. Die Abbildung 2 zeigt die für die Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück zu berücksichtigende Natur- und Artenschutzgebiete. Für den Hochwasserschutz bestehen auf der Gemarkung festgesetzte Überschwemmungsgebiete (Abbildung 3). Auch die Topografie kann für Flächenpotenziale eine Restriktion darstellen.

Potenzialflächen für erneuerbare Energien (Solar, Wind, Geothermie, Biomasse) können dort identifiziert werden, wo keine Ausschlusskriterien der Flächennutzung entgegenstehen. Bei der Standortbeurteilung wird zwischen Ausschlusskriterien und restriktiven Faktoren unterschieden. Wobei Ausschlusskriterien eine Nutzung der Fläche mit ausschließen und restriktive Faktoren einer Beurteilung im Einzelfall bedürfen und bei denen mit Einschränkungen und/oder Auflagen zu rechnen ist. Die Standortbeurteilung ist je nach Betrachtungsgegenstand durch unterschiedliche Kriterien vorzunehmen. Die Kriterien werden in den jeweiligen Kapiteln beschrieben.

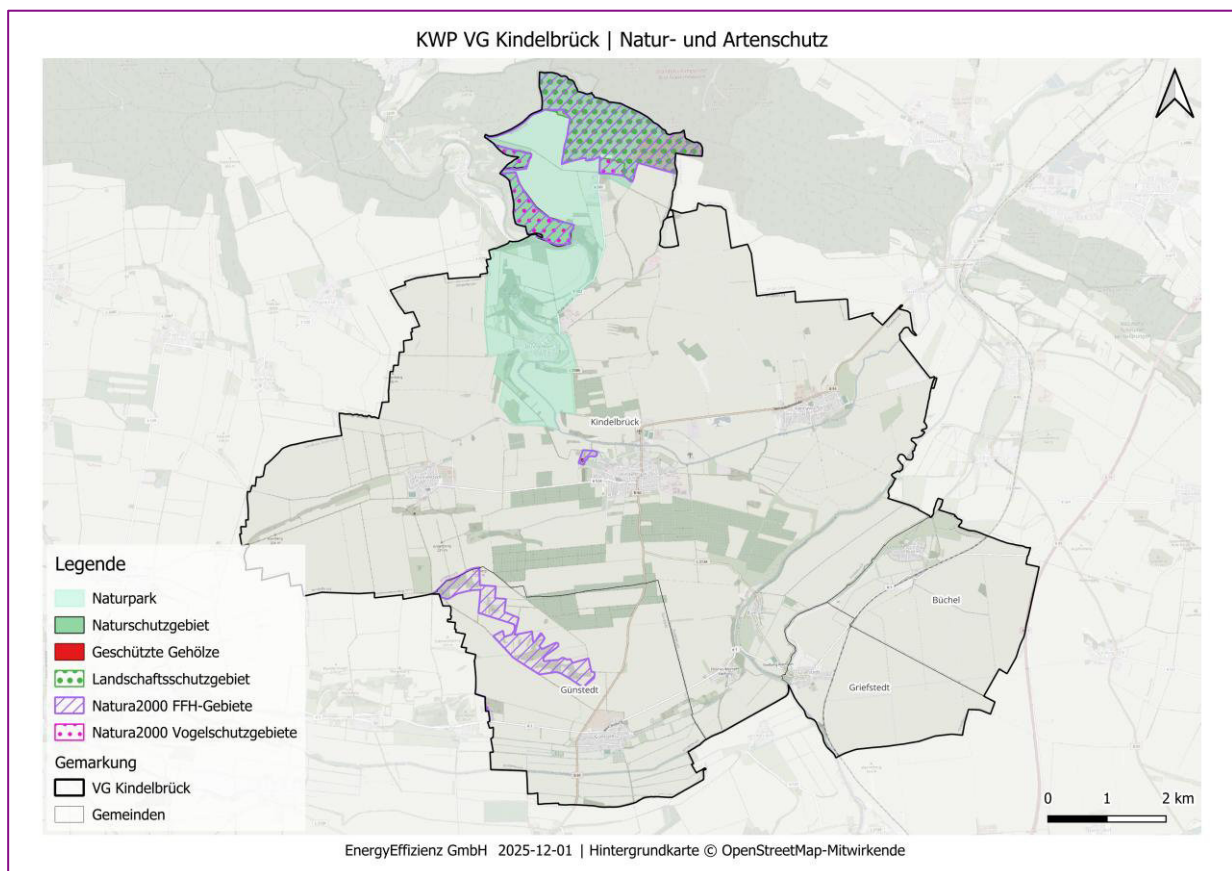


Abbildung 2: Natur- und Artenschutz als restriktives Element

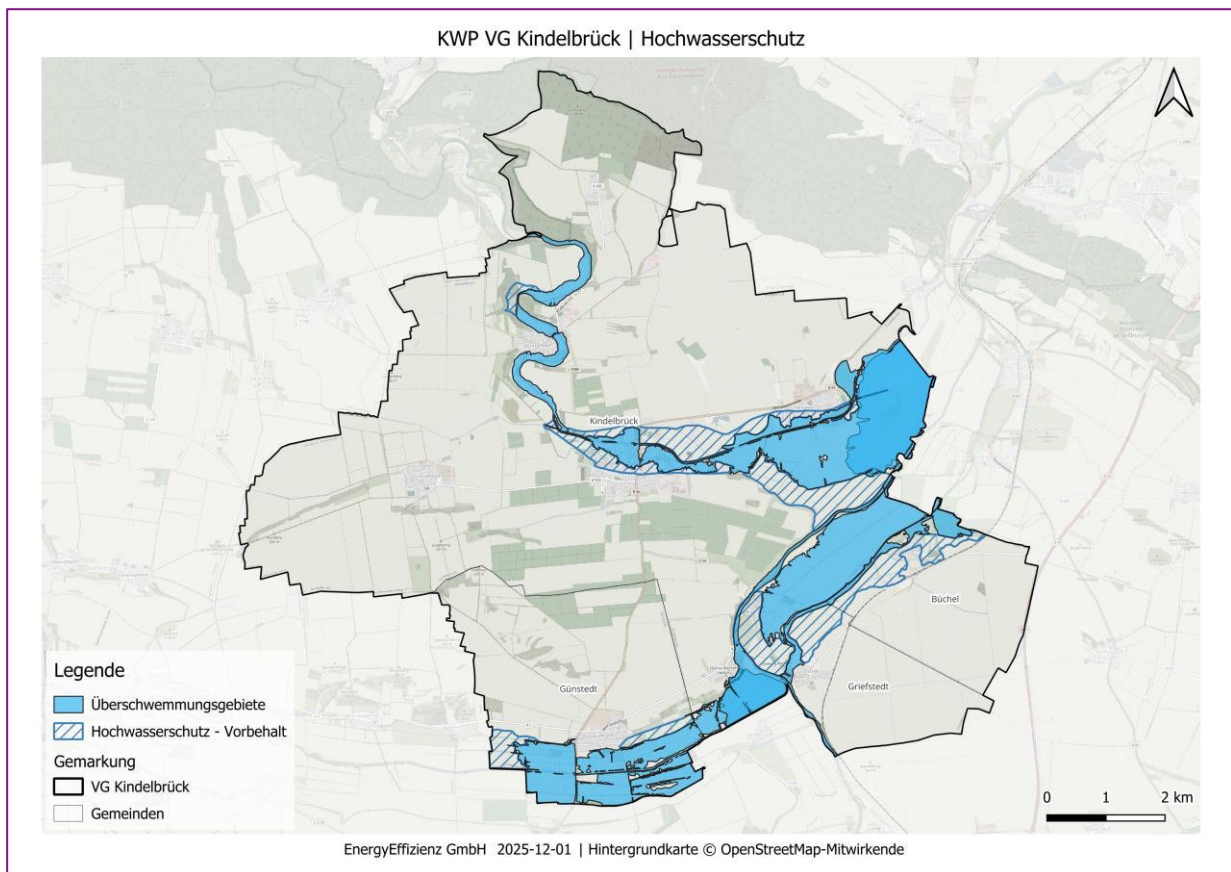


Abbildung 3: Hochwasserschutz und Überschwemmungsgebiete in der Gemarkung

2.3. Datenschutz

Bei der Erhebung und Verarbeitung der zu sammelnden Daten sind die Vorgaben an den Datenschutz eingehalten worden (Wärmeplanungsgesetz WPG). Veröffentlichtes Material lässt zudem keine Rückschlüsse auf personenbezogene Daten zu.

3. Bestandsanalyse

Die Analyse beschränkt sich auf die Aspekte, die sowohl für die energetische Beschreibung des Ist-Zustandes als auch für die künftigen energetischen Entwicklungen notwendig sind. Für die Abbildung des Ist-Zustandes wird das Bilanzierungsjahr 2023 verwendet. Das Plangebiet wird in sinnvolle Untersuchungsteilräume zergliedert, die künftig unterschiedliche Entwicklungen aufgrund des Ist-Zustands durchlaufen könnten. Für die Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück bietet sich die Verwaltungsgemeinschaftsstruktur mit ihren Gemeinden als Betrachtungseinheit an. Die Gebäudenutzungstypen, die Baualtersklassen sowie die Versorgungs- und Beheizungsstruktur spielen eine zentrale Rolle bei der energetischen Auswertung. Als Ergebnisse der Bestandsanalyse werden die Wärmelinienichten in Karten dargestellt. Die Bilanzen und Bilanzkennwerte zum Status quo werden zusammengefasst mit denen der Zwischenjahre und des Zieljahres im Zielszenario dargestellt.

3.1. Verwaltungsgemeinschaftsstruktur

Die Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung entsprechend ihren Gemeinden analysiert. Dabei bilden diese Gemeinden bereits sinnvolle Teilgebiete und ermöglichen eine effiziente Bearbeitung wie in Abbildung 4 vorgestellt. Die Landgemeinde Kindelbrück als größte Gemeinde innerhalb der Verwaltungsgemeinschaft wird darüber hinaus detailliert in ihre Ortsteile Frömmstedt, Bilzingsleben, Kannawurf, Riethgen sowie das Kerngebiet Kindelbrück untergliedert, um eine präzisere Bewertung der örtlichen Wärmebedarfsstrukturen zu ermöglichen. Nach der Analyse werden die Teilgebiete zusätzlich zusammengefasst.

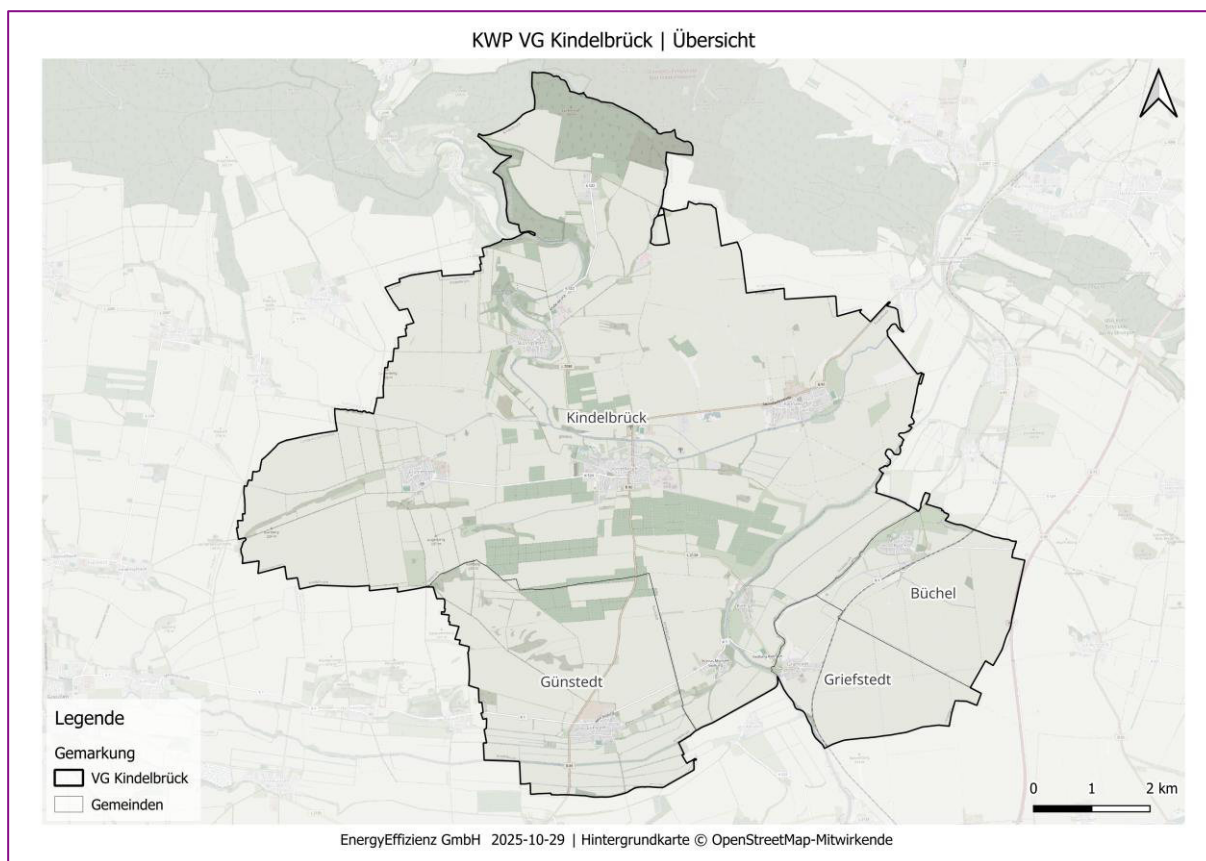


Abbildung 4: Übersicht Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück

Die Gemeinden unterscheiden sich zum Teil in ihrer Charakteristik und werden im Folgenden genauer untersucht. Eine Übersicht mit den zentralen Kennzahlen ist in Tabelle 1 dargestellt. Die Gebäudenutzung innerhalb der Verwaltungsgemeinschaft ist insgesamt vorwiegend wohnorientiert, mit lokal begrenzten gewerblich geprägten Strukturen.

Tabelle 1: Kurzstatistik über Gemeinden und gesamtes Plangebiet (Stand 31.12.2023)

Gemeinde	Fläche in ha	Einwohnerzahl
Büchel	658	226
Griefstedt	510	235
Günstedt	1.263	689
Kindelbrück mit Ortsteilen: - Frömmstedt - Bilzingsleben - Kannawurf - Riethgen - Kindelbrück Kerngebiet	6.465	3.823
Gesamtes Plangebiet	8.896	4.973

3.2. Gebäudenutzung

Im gesamten Plangebiet werden 88 % der Gebäude zu Wohnzwecken genutzt. Gebäude im Gewerbe, Handel, Dienstleistungssektor haben einen Anteil von 9 %, die der örtlichen Industrie 1%. Kommunale Gebäude spielen mit insgesamt 2 % eine geringere Rolle, können aber in ihrer Vorbildfunktion von größerer Bedeutung sein. Bezogen auf die beheizte Fläche zeigt sich eine Erhöhung des Anteils von Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) sowie die Industrie. Diese nehmen in der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück zusammen 18% der beheizten Fläche ein. Die Einteilung der Nutzertypen erfolgte auf Grundlage der infas 360 Daten. Die Verteilung wird in Abbildung 5 und Abbildung 6 dargestellt.

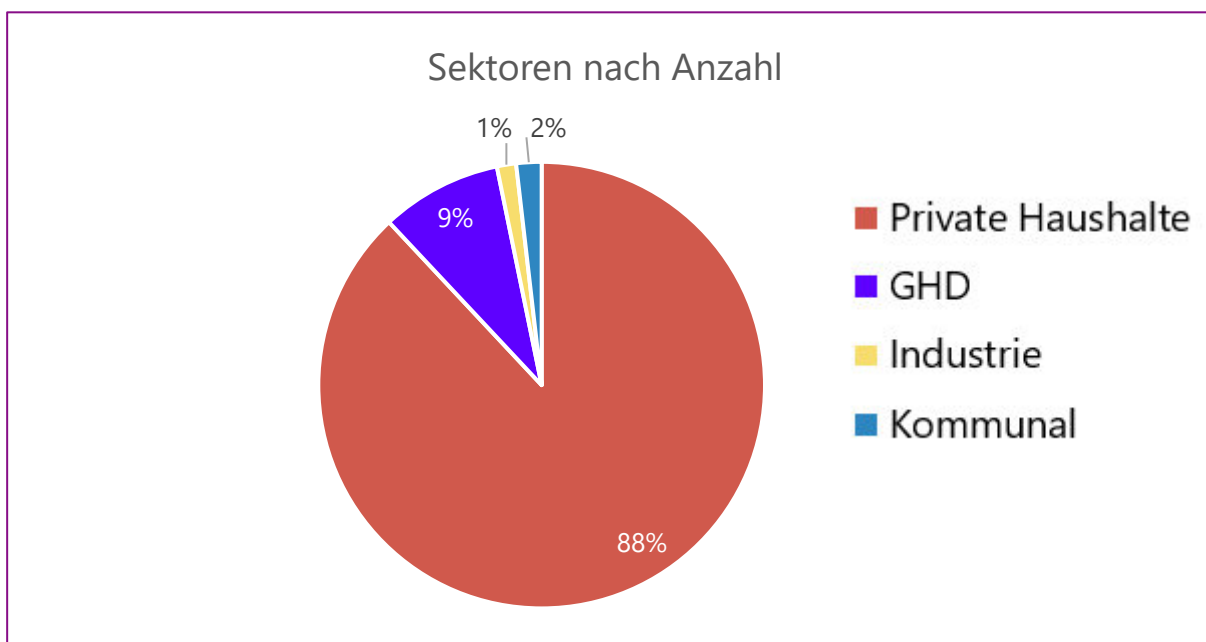


Abbildung 5: Gesamtes Plangebiet: Verteilung Nutzungstypen (Anzahl)

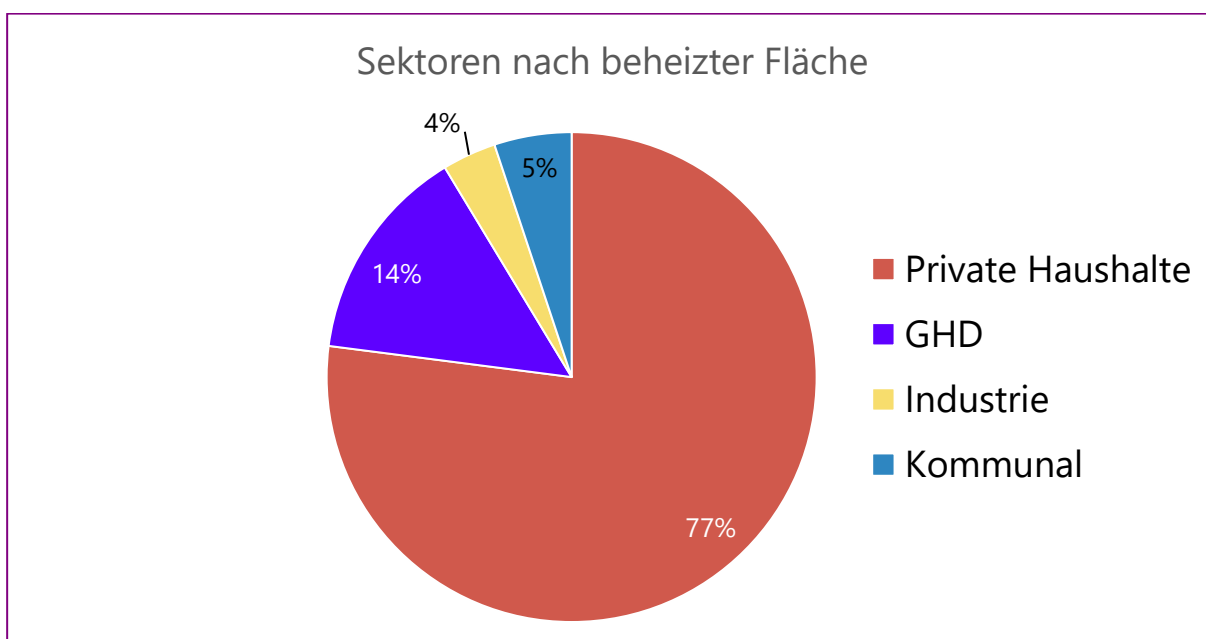


Abbildung 6: Gesamtes Plangebiet: Flächenverteilung Nutzungstypen (beheizte Fläche) Quelle: infas 360 GmbH

Zusätzlich zur Gesamtbilanz für die Verwaltungsgemeinschaft erfolgt eine kartografische Darstellung der dominierenden Nutzungstypen der Gebäude auf Baublockebene (vgl. Abbildung 7). Die Konzentration verschiedener Nutzungstypen ist dabei von hoher Bedeutung bei der Beurteilung, ob Abwärme zur Verfügung steht, erneuerbare Potenziale nutzbar gemacht werden können oder sich Wärmenetze eignen. Gewerbliche oder öffentliche Gebäude können Ankerakteure beim Ausrollen von Wärmenetzen sein. Die Karten für die weiteren Teilgebiete sind im Anhang B bis E zu finden.

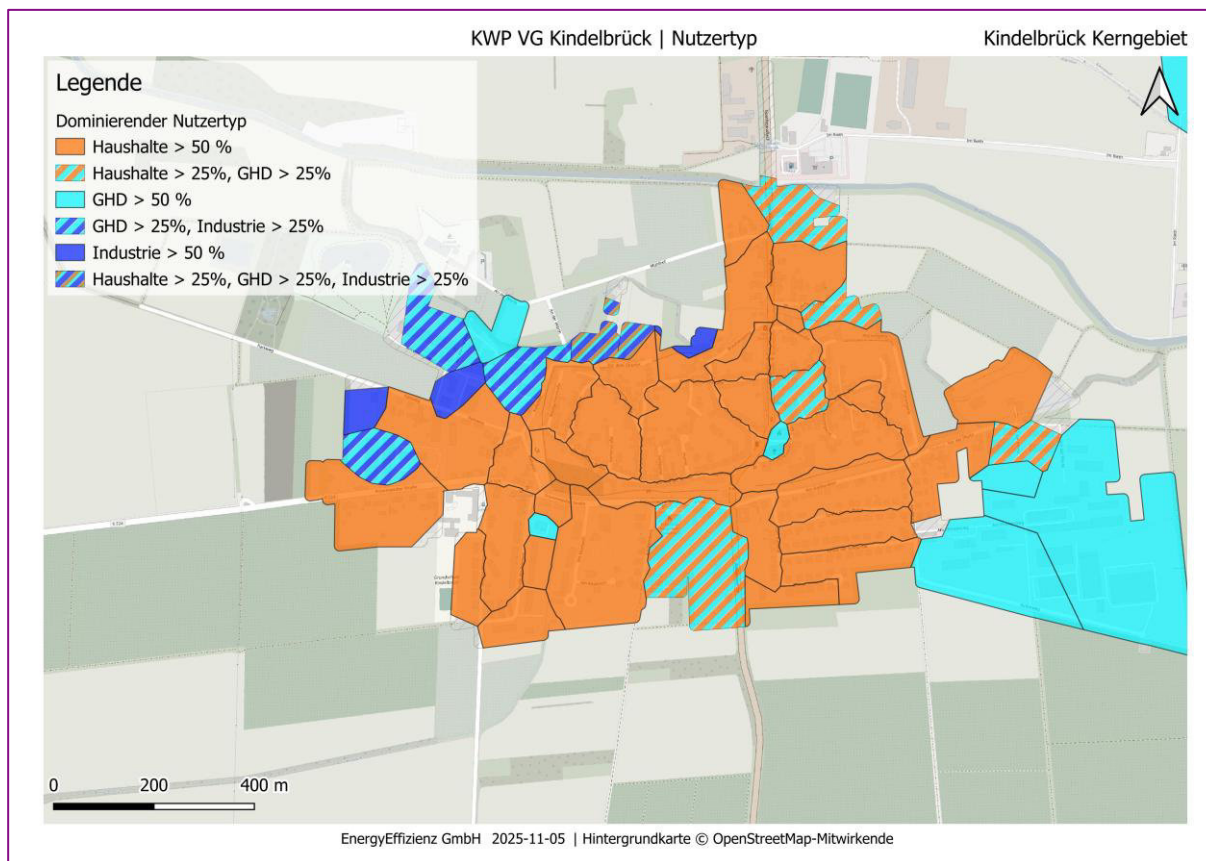


Abbildung 7: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kindelbrück: Dominierender Sektor

3.3. Baualtersklassen

Im gesamten Plangebiet dominieren Altbauten. Rund 56 % der Gebäude wurden vor 1949 errichtet und insgesamt 76 % stammen aus der Zeit vor der ersten Wärmeschutzverordnung von 1977. Diese Gebäude weisen in der Regel ein hohes energetisches Einsparpotenzial auf, insbesondere durch Sanierungen der Gebäudehülle. Gleichzeitig ist bei vielen dieser Altbauten der Denkmalschutz zu berücksichtigen. Ab dem Jahr 2000 wurden nur noch wenige Gebäude errichtet. Die in Abbildung 8 dargestellte Verteilung der Baualtersklassen basiert auf den Daten des Zensus 2022 sowie den lizenzierten Daten der infas 360 GmbH.

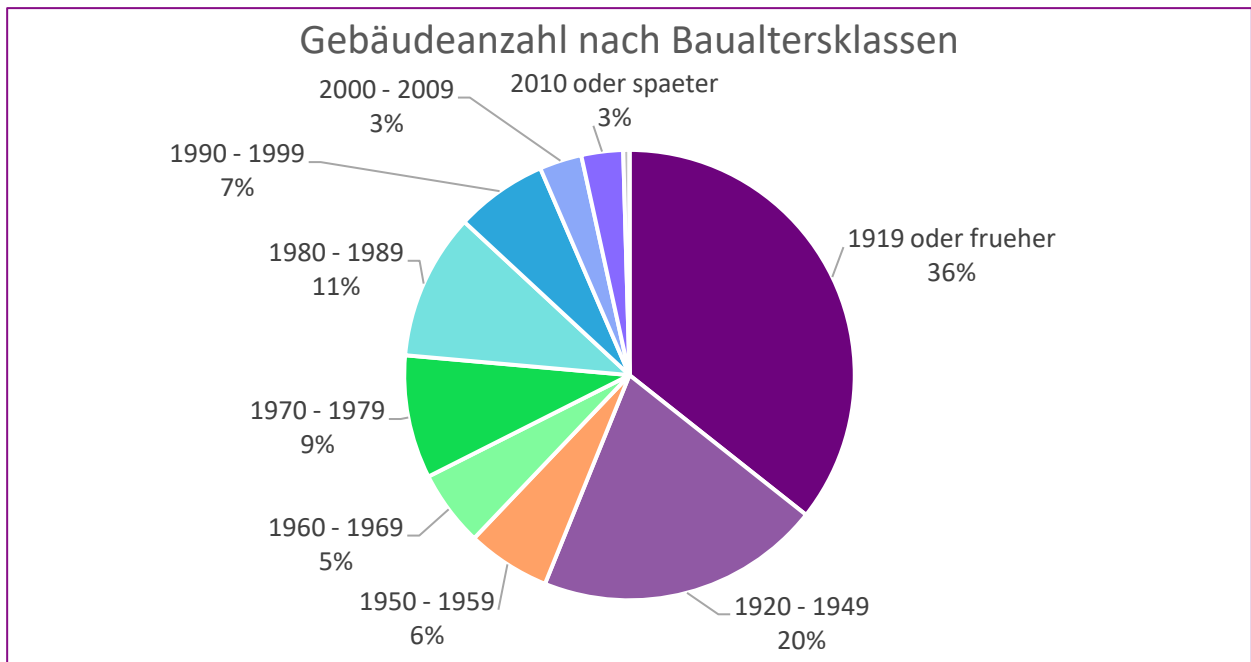


Abbildung 8: Gesamtes Plangebiet: Baualtersklassen. Quelle: Zensus 2022; infas 360 GmbH

Die dominierenden Baualtersklassen der Gebäude auf Baublockebene werden in Abbildung 9 für die Gemeinde Kindelbrück veranschaulicht. In den meisten Gemeinden dominieren Gebäude, die vor 1949 erbaut wurden. Das weitere Wachstum erfolgte gleichmäßig über die weiteren Jahrzehnte hinweg. Nur vereinzelte Gebiete in der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück erlebten auch ab dem Jahr 2000 eine weitere Phase des Zubaus. Die Karten für die weiteren Teilgebiete sind im Anhang B bis E zu finden.

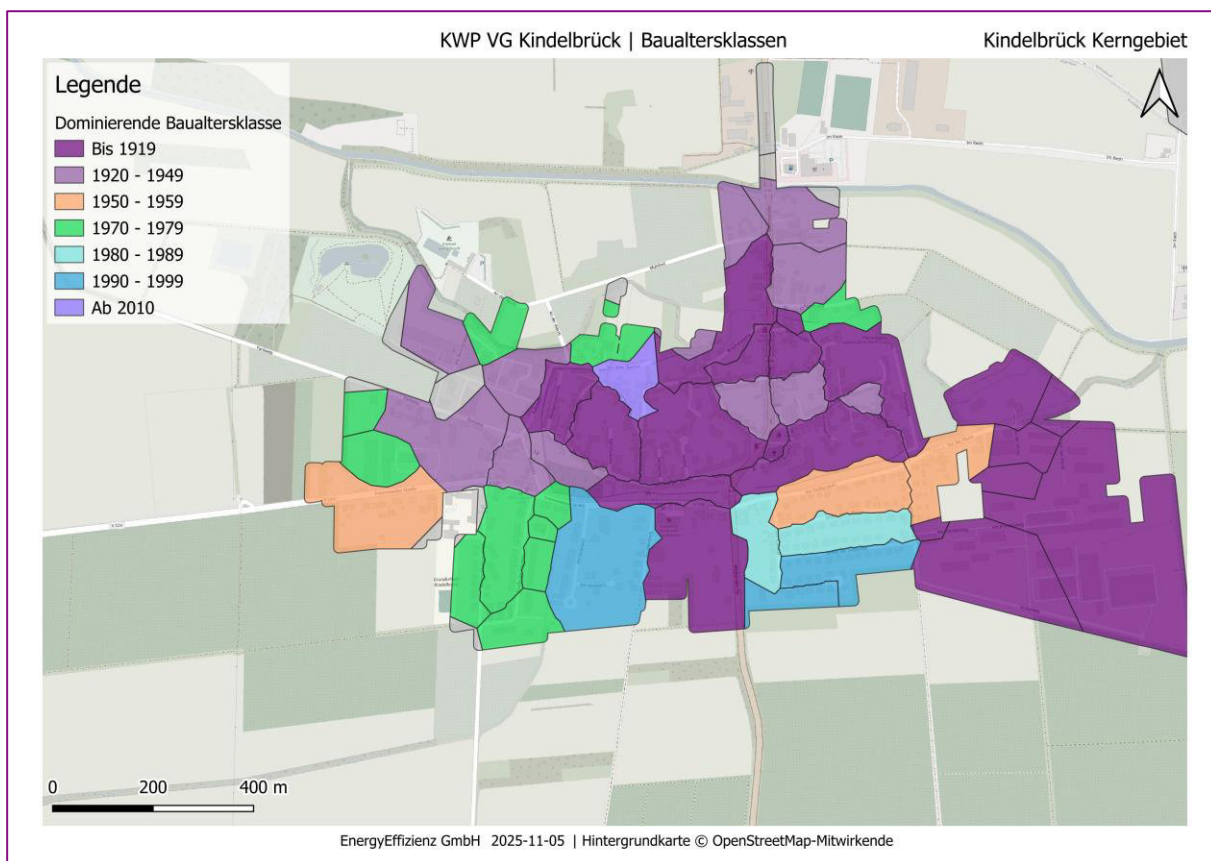


Abbildung 9: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kerngebiet: Baualtersklassen

3.4. Versorgungs- und Beheizungsstruktur

Innerhalb des Plangebiets ist ausschließlich die Landgemeinde Kindelbrück an das Erdgasnetz angeschlossen. Die Wärmeversorgung der übrigen Gebäude erfolgt überwiegend auf Basis von Heizöl oder Biomasse. Im Ortsteil Kindelbrück wurde ein Wärmenetz im Wohngebiet Str. des Friedens/Thomas-Müntzer-Straße betrieben. Ein Weiterbetrieb des Wärmenetzes ist aktuell nicht vorgesehen. Weitere bestehende Wärmenetzstrukturen sind im Plangebiet nicht vorhanden.

In Abbildung 10 ist die Verteilung der Energieträger der Hauptheizungen in der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück dargestellt. In den Gemeinden wird überwiegend Heizöl genutzt, das mit einem Anteil von 42 % den dominierenden Energieträger darstellt. Der leitungsgebundene Energieträger Erdgas folgt mit 11 %, wobei dieser ausschließlich in der Landgemeinde Kindelbrück verfügbar ist. Weitere Anteile entfallen auf Holz (8 %), Stromdirektheizungen (6 %) und Braunkohle (4 %). Flüssiggas sowie Pellets werden jeweils von rund 3 % der Gebäude genutzt. Etwa 22 % der Heizsysteme sind unter „Sonstige“ zusammengefasst. Hierzu zählen vor allem Etagen- und Einzelraumheizungen, die aufgrund der räumlichen Clusterung mehrerer Gebäude nicht gebündelt zugeordnet werden konnten. Demnach wird das Untersuchungsgebiet im Status quo zu mindestens 62 % durch fossile Energieträger versorgt.

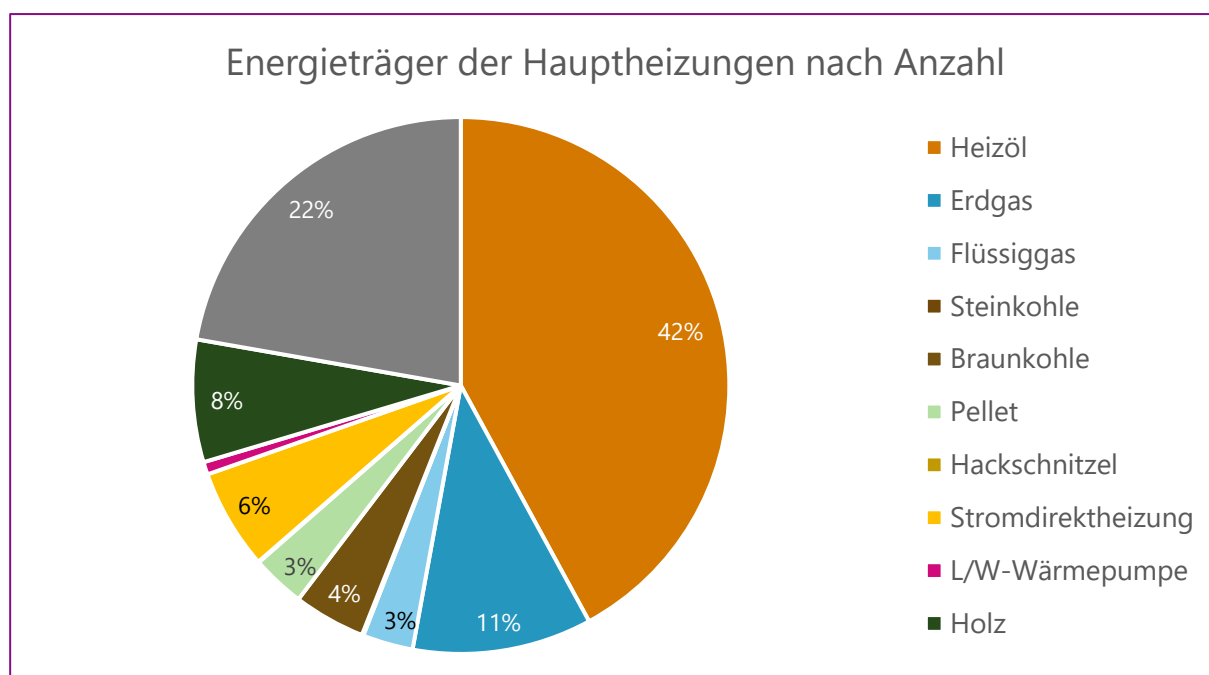


Abbildung 10: Gesamtes Plangebiet: Verteilung der Hauptheizungen Quelle: Zensus 2022; Kkehrbuchdaten, 2022, Energieversorgerdaten, Industriefragebögen

Die Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Energieträger auf Baublockebene am Beispiel vom Kindelbrücker Kerngebiet. Sobald ein Heizungstyp mehr als 25 % Anteil am Energiemix im Baublock hat, wird er abgebildet. Das Kartenmaterial ist hilfreich, um den Entwicklungsstand der Gemeinden räumlich einzuschätzen und um den räumlichen Handlungsdruck in Planungen mit einzubeziehen. Flüssiggas ist in der Kartendarstellung Gas zugeordnet. Während Erdgas im Kindelbrücker Kerngebiet eine zentrale Rolle spielt, ist Heizöl in den übrigen Gemeinden der dominante Energieträger. In einzelnen Blöcken haben Biomasseheizungen ebenfalls einen hohen Anteil. Hauptsächlich in Gebieten mit einer neueren Bausubstanz ist der Anteil von Wärmepumpen bzw. Stromheizung erhöht. Die Karten für die weiteren Teilgebiete sind im Anhang B bis E zu finden.

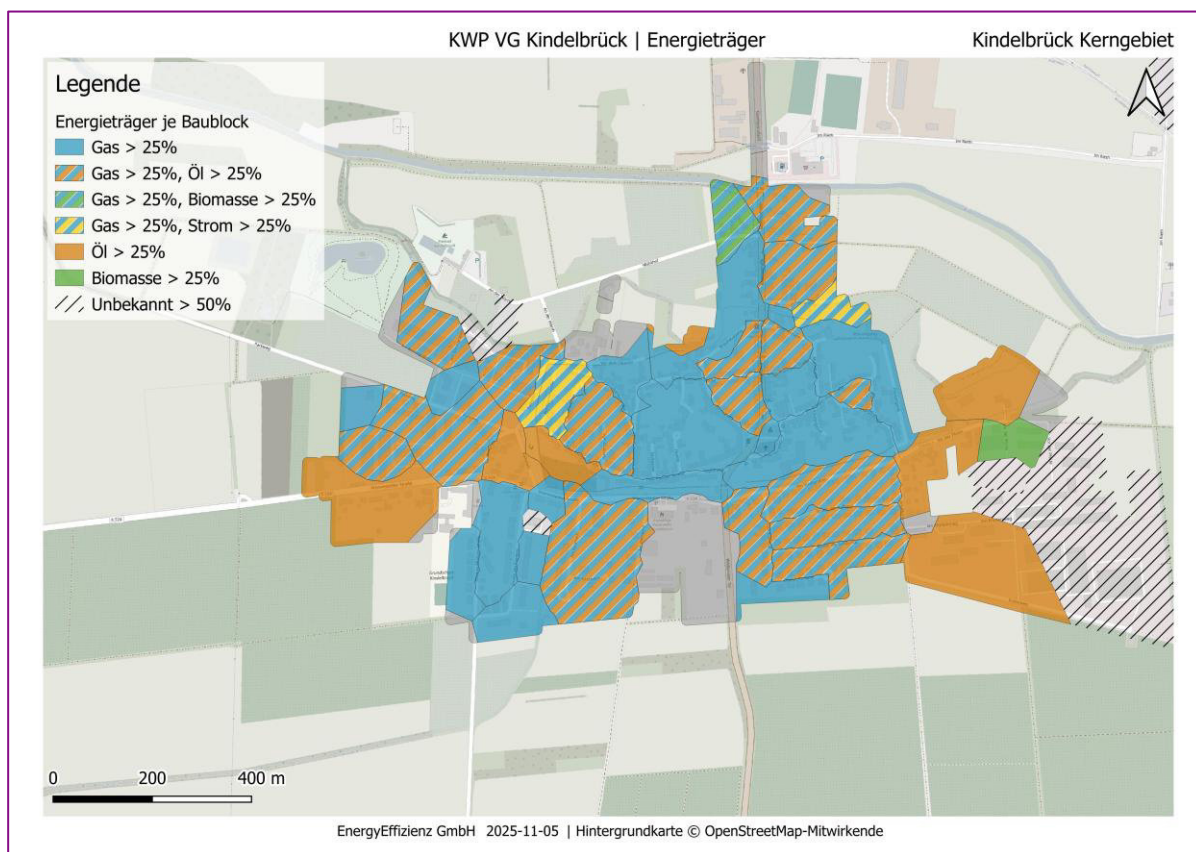


Abbildung 11: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kerngebiet: Energieträger je Baublock

3.5. Wärmemengen und Wärmeliniendichten

Aus den in Kapitel 2.2.1 dargestellten Merkmalen wurde für jedes Gebäude der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück der Wärmebedarf eines Jahres im Bestand ermittelt bzw. aus den Verbrauchsdaten übernommen. Zusammengefasst ergibt sich für Kindelbrück daraus eine **jährliche Wärmemenge von 63,5 Gigawattstunden (GWh/a)**.

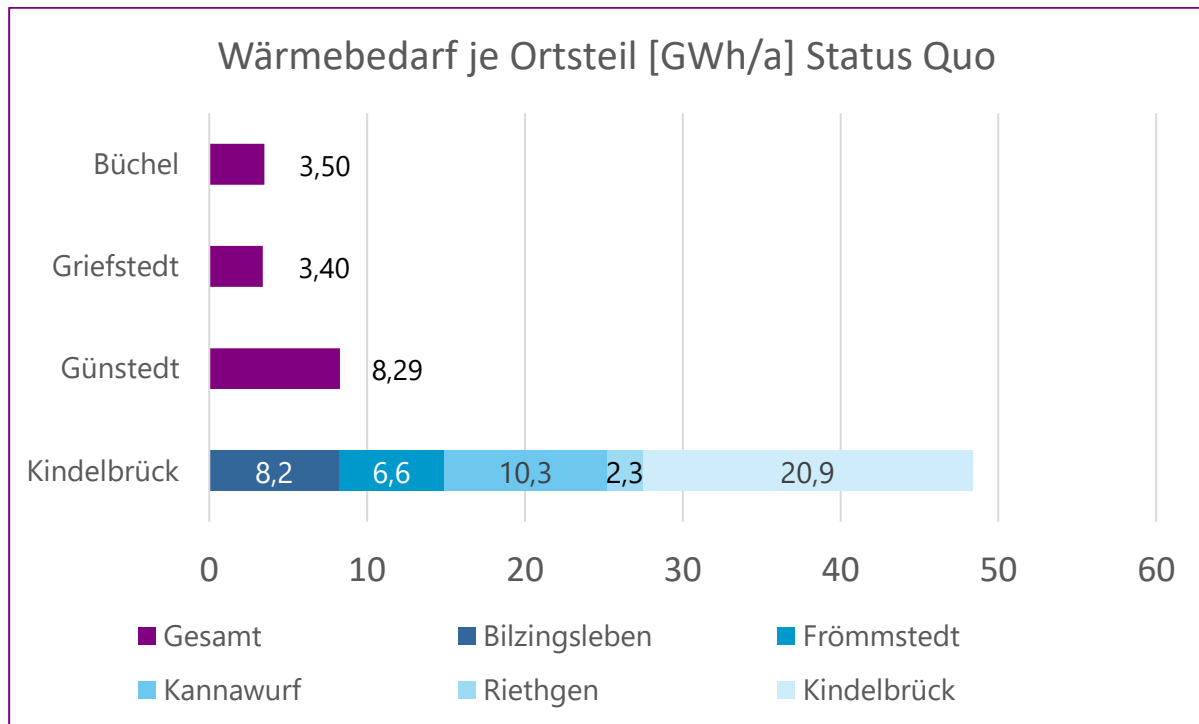


Abbildung 12: Wärmemenge im Status-Quo nach Gemeinden sowie Ortsteile der Landgemeinde Kindelbrück [GWh/a] (2023)

Zur weiteren Analyse und Abschätzung von Entwicklungen sind Wärmeliniendichtekarten notwendig. Die Wärmeliniendichte gibt die Wärmemenge entlang einer Straße in Megawattstunden pro Meter an. Ein Richtwert von über 1,5 MWh/(m*a) bietet überschlägig laut Leitfaden der Wärmeplanung genügend Wärmeabnahme für ein konventionelles Wärmenetz (Tabelle 2).

Die angegebenen Richtwerte zeigen allerdings ausschließlich eine Eignung für konventionelle Wärmenetze. Für die Prüfung einer Eignung für Kalte Nahwärmenetze kann die Wärmeliniendichte nur bedingt herangezogen werden. Demnach kann nicht ausschließlich über die Wärmeliniendichte auf noch festzulegende Wärmenetz-Eignungsgebiete im Zielszenario geschlossen werden.

Tabelle 2: Einteilung der Wärmelinienendichte in Eignungskategorien (Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al., 2024))

Wärmelinienendichte [MWh/(m*a)]	Eignung für Wärmenetze
0 – 0,7	Kein technisches Potenzial
0,7 – 1,5	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
1,5 – 2,0	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
> 2,0	Wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z. B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)

Die untenstehende Abbildung 13 stellt die Wärmelinienendichte beispielhaft für den Ortsteil Kindelbrück dar. Die Wärmelinienendichten für die weiteren Ortsteile sind im Anhang A-E zu finden.

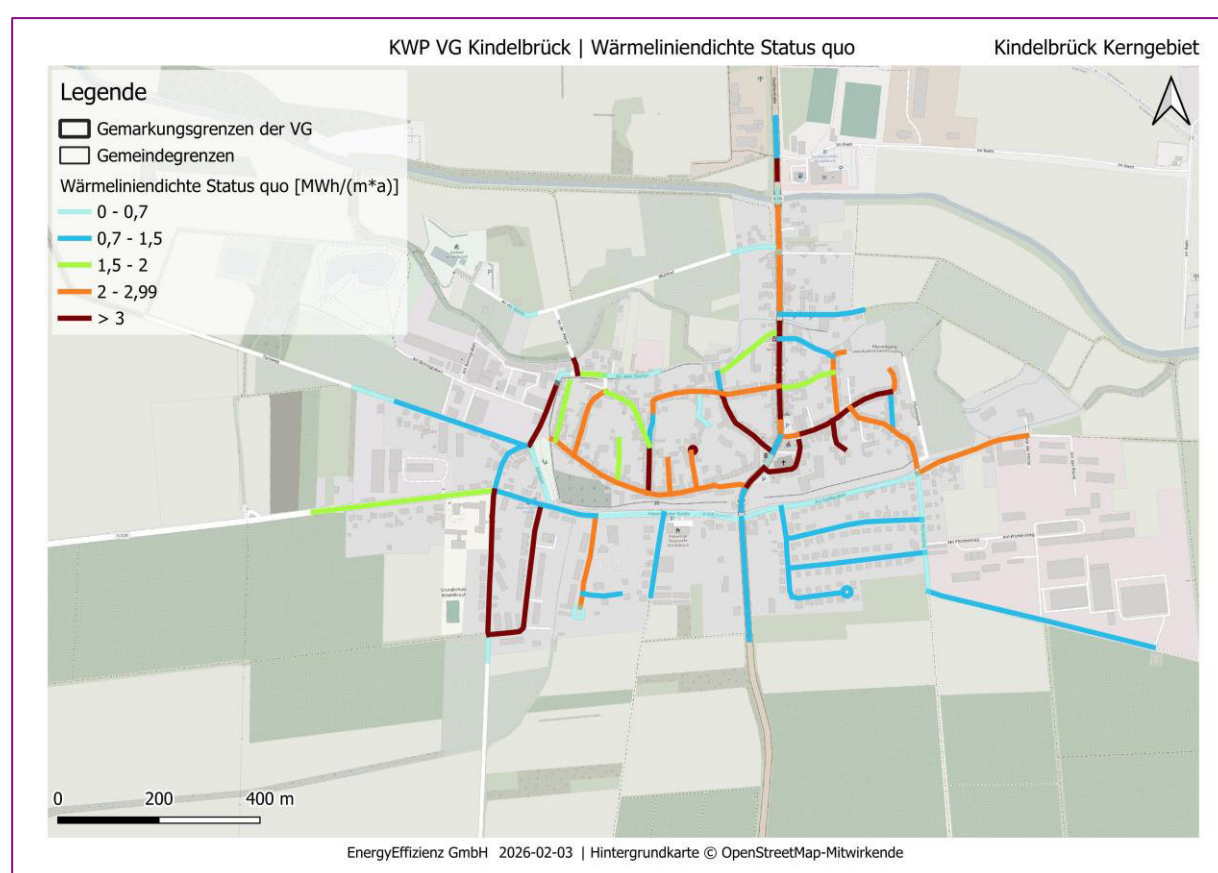


Abbildung 13: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kerngebiet: Wärmelinienendichte Status quo

4. Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse untersucht das Plangebiet auf Möglichkeiten, erneuerbare Energien zu nutzen und in die energetische Versorgung einzubinden. Dies kann die Nutzung von Sonnenenergie, Biomasse, Abwärme oder Umweltwärme aus Umgebungsluft und Oberflächengewässern oder Geothermie sein oder auch die Nutzung von Windkraft. Der künftig steigende Strombedarf, bedingt u.a. durch die deutlich stärkere Nutzung von Wärmepumpen, erfordert es, die lokale Stromproduktion zu erhöhen. Eine alternative Beheizung mittels Wärmenetzen kann diesen erzeugten Strom ebenfalls einbringen oder die Wärme durch lokale Potenziale zumindest in Teilen decken.

Die Potenzialanalyse fokussiert sich auf die technischen Möglichkeiten zur Erschließung erneuerbarer Wärmequellen im Untersuchungsgebiet. Des Weiteren betrachtet sie das Reduktionspotenzial des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungen (vgl. Kapitel 4.1). Sie basiert auf umfassenden Datensätzen aus öffentlichen Quellen und führt zu einer räumlichen Visualisierung der identifizierten Potenziale. Neben der Bewertung erneuerbarer Wärmequellen wurde ebenfalls das Potenzial für die Erzeugung erneuerbaren Stroms evaluiert. Im Einzelnen wurden folgende Energiepotenziale erfasst:

- Biomasse: Erschließbare Energie aus organischen Materialien
- Solarthermie (Freifläche & Aufdach): Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung
- Oberflächennahe Geothermie: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten (inkl. Argothermie)
- Tiefengeothermie: Nutzung des Wärmepotenzials aus tieferen Erdschichten
- Luftwärmepumpe: Energetische Nutzung der Umgebungsluft
- Fluss- und Seewasserwärmepumpen: Nutzung der Gewässerwärme
- Abwärme aus Klärwerken: Nutzbare Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen
- Industrielle Abwärme: Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen
- Grüner Wasserstoff: Aufbau einer Produktion oder Nutzung überregionaler Strukturen
- Windkraft: Stromerzeugungspotenzial aus Windenergie
- Photovoltaik (Freifläche, Agri-Photovoltaik & Aufdach): Stromerzeugung durch Sonneneinstrahlung
- Wasserkraft: z.B. Stromerzeugung durch Staustufen

Diese detaillierte Erfassung bildet eine Basis für die strategische Planung und Priorisierung zukünftiger Maßnahmen zur Energiegewinnung und -versorgung.

Nachfolgend werden in den jeweiligen Kapiteln zunächst Restriktionen beschrieben, welche die Verfügbarkeit von Potenzialen einschränken. Anschließend werden in den jeweiligen Kapiteln die Ergebnisse und deren Berechnung für die einzelnen erneuerbaren Energien sowie die Abwärme aus Industrieprozessen behandelt.

4.1. Senkung des Wärmebedarfs

Neben der Erschließung erneuerbarer Energien für eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung sollte auch die benötigte Wärmemenge selbst reduziert werden. Dazu ist es erforderlich, insbesondere bei Gebäuden mit einer älteren Bausubstanz, energetische Sanierungen durchzuführen. Durch eine Wärmedämmung des Daches bzw. der Geschossdecke, der Wand oder der Kellerdecke ergeben sich erhebliche Energieeinsparungen. Da Fenster eine begrenzte Lebensdauer haben, kann beim Tausch auf besonders hohe energetische Güte Wert gelegt werden, um diese Sowieso-Maßnahme wirksamer zu gestalten. Durch die Senkung des Wärmebedarfs werden weniger Ressourcen benötigt und es entstehen geringere Betriebskosten für die Gebäudeeigentümer*innen.

4.1.1. Hinweise und Einschränkungen

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurde die mittlere jährliche Reduktion des Wärmebedarfs aus dem Technikatalog Kommunale Wärmeplanung verwendet, der im Auftrag des BMWK und BMWStB erstellt wurde (Anhang A). Dabei wurde die niedrigere jährliche Reduktion gewählt, da diese ein realistischeres Zielszenario für 2045 zeichnet und die angegebene Sanierungsquote bis zum Zieljahr in der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück erreichbar scheint. Diese basiert auf dem RedEff-Szenario der Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland, welches einen geringeren Fortschritt bei der Energieeffizienz annimmt (Fraunhofer ISI et. al., 2022). Es ist zu betonen, dass diese Sanierungsquote nicht nur technisch machbar, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll ist, um bis zum Jahr 2045 langfristig den Energieverbrauch zu senken und Betriebskosten einzusparen. Die jährliche Wärmebedarfsreduktion variiert je nach Nutzertyp und Baualtersklasse, da Gebäude mit bestimmter Nutzung oder eines bestimmten Baualters ein höheres oder niedrigeres Sanierungspotenzial aufweisen können als andere. Die Baualtersklassen mit dem höchsten Sanierungspotenzial sind demnach auch diejenigen, die die höchste jährliche Wärmebedarfsreduktion aufweisen. Die mittlere jährliche Reduktion des Wärmebedarfs stellt sicher, dass zum Zieljahr die angestrebte Senkung des Wärmebedarfs erreicht wird. Diese ist auch als absolute Zahl bezogen auf die beheizte Fläche im Technikatalog Kommunale Wärmeplanung angegeben. In den Berechnungen wird der Wärmebedarf in der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück gleichmäßig bis zum Zieljahr 2045 reduziert. Diese Methodik wird angewendet, um bezogen auf Straßenzüge ein realistisches Ausbauszenario zu erhalten, auf dessen Basis Wärmenetze geplant und berechnet werden können. Demnach werden keine einzelnen Gebäude in ihrem Wärmebedarf so stark reduziert, wie es bei einer Vollsanierung möglich wäre, sondern die gesamten Gebäude werden leicht in ihrem Bedarf gemindert. In der Praxis kann der zu erzielende Wärmebedarf auf Einzelgebäudeebene abweichen, auf den gesamten Gebäudebestand gesehen, ist die Abschätzung allerdings als realistisch zu bewerten.

4.1.2. Potenzial

Das Einsparpotenzial im Bereich des Wärmebedarfs wurde für die Zwischenjahre 2030, 2035, 2040 sowie für das Zieljahr 2045 ermittelt. Unter der Annahme der beschriebenen jährlichen Sanierungsraten (vgl. Anhang A) kann bis 2045 eine Reduktion des Wärmebedarfs um 29 % erreicht werden. Damit sinkt die Wärmemenge der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück von derzeit 63,5 GWh/a auf 45,3 GWh/a.

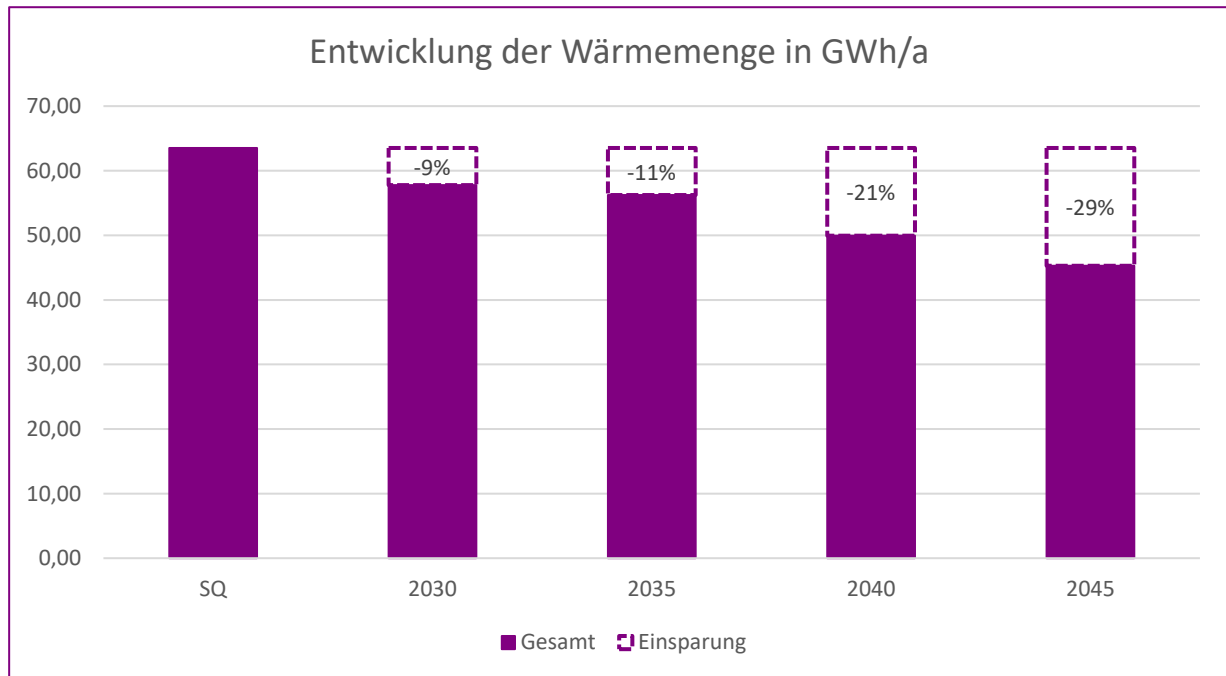


Abbildung 14: Senkung der Wärmemenge in GWh/a bis 2045

Die Auswirkung der Sanierungen auf den Wärmebedarf und die Wärmelinienichte werden im Zielszenario kartografisch dargestellt. Davon ausgehend sind Planungen möglich, die auch zukünftige Sanierungen bereits aus wirtschaftlicher und energetischer Sicht berücksichtigen.

4.2. Zentrale Potenziale (Wärme)

Im folgenden Kapitel werden die Technologien in der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück untersucht, die sich für den Aufbau einer zentralen Wärmeversorgung über Wärmenetze eignen. Die Potenziale werden zunächst für das gesamte Verwaltungsgemeinschaftsgebiet ermittelt, unabhängig davon, ob sich im weiteren Prozess der Wärmeplanung eine Wärmenetz-Eignung für ein bestimmtes Gebiet ergibt. Demzufolge kann es dazu kommen, dass ein Teil der nachfolgend errechneten Potenziale ungenutzt bleibt, sollte in der Nähe keine zentrale Wärmeversorgung aufgebaut werden können.

4.2.1. Biomasse

Als erneuerbarer Energieträger wird im Folgenden das Biomasse-Potenzial untersucht. Unter Biomasse wird in der vorliegenden Untersuchung das Waldgrün gefasst. Dieses kann zu Hackschnitzeln und Pellets verarbeitet werden. Zusätzlich ist auch die Produktion von Biomasse auf landwirtschaftlichen Flächen (Ackerfläche und Grünland) möglich. Insbesondere aus Naturschutz-Perspektive wird der Einsatz von Biomasse kritisch diskutiert, da Wälder als Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Senken und Habitate gelten. Es gilt daher die Biomasse verträglich mit den Bedarfen des Klimaschutzes, der Klimaanpassung und dem Naturschutz zu nutzen. Es soll abgeschätzt werden, wie hoch das gesamte Potenzial der einzelnen Ortsteile ist, ohne die lokalen Ressourcen zu überlasten.

4.2.1.1. Hinweise und Einschränkungen

Im Rahmen der Analyse wurden diverse Restriktionen und Rahmenbedingungen einbezogen, sodass Naturausswirkungen minimiert werden. Wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, führen Ausschlusskriterien zum unmittelbaren Ausschluss der Fläche, da eine Nutzung des Potenzials unter keinen Umständen möglich ist. Restriktive Faktoren hingegen weisen nur auf eine bedingte Eignung einer Fläche hin und umfassen in der Regel Restriktionen, die vor einer Nutzung gegenüber einem möglichen Ertrag einer Fläche abgewogen werden sollten oder geben einen Hinweis darauf, dass bei einer Nutzung bestimmte Vorgaben eingehalten werden müssen. Im Folgenden werden Restriktionen aufgezählt, welche für Biomasse aus forst- und landwirtschaftlichen Reststoffen gelten:

Biomasse aus forstwirtschaftlichen Reststoffen

Ausschlusskriterien

- Nationalparks und Naturdenkmäler
- Biotope
- Kernzonen von Biosphärenreservaten
- Naturwaldparzellen
- UNESCO-Weltkulturerbe „Alte Buchenwälder Deutschlands“

Restriktive Faktoren

- Flora-Fauna-Habitat- (FFH)- oder Vogelschutzgebiet: FFH- und Vogelschutzgebiete sind gemäß EU-Richtlinien ausgewiesene Schutzgebiete zur Erhaltung der biologischen Vielfalt. Bei der Nutzung von Biomasse in diesen Gebieten müssen strenge Auflagen eingehalten werden, um negative Auswirkungen auf Flora und Fauna zu vermeiden. Umweltverträglichkeitsprüfungen sind notwendig, um mögliche Umweltauswirkungen zu diskutieren und somit die ökologischen Werte dieser Gebiete zu schützen.
- Pflege- und Entwicklungszonen von Biosphärenreservaten

- Weitere nach BNatSchG definierte Schutzzonen

Biomasse aus landwirtschaftlichen Reststoffen

Ausschlusskriterien

- Nationalparks und Naturdenkmäler
- Kernzonen von Biosphärenreservaten
- Wasserschutzgebiete Zone I und II

Restriktive Faktoren

- FFH- oder Vogelschutzgebiet: FFH- und Vogelschutzgebiete sind gemäß EU-Richtlinien ausgewiesene Schutzgebiete zur Erhaltung der biologischen Vielfalt. Bei der Nutzung von Biomasse in diesen Gebieten müssen strenge Auflagen eingehalten werden, um negative Auswirkungen auf Flora und Fauna zu vermeiden. Umweltverträglichkeitsprüfungen sind notwendig, um die ökologischen Werte dieser Gebiete zu schützen.
- Weitere nach BNatSchG definierte Schutzzonen
- Wasserschutzgebiet Zone III
- UNESCO-Weltkulturerbe „Alte Buchenwälder Deutschlands“

Weiterhin sind die geltenden Gesetze und Verordnungen, welche den Biomassenanbau regulieren, zu berücksichtigen. Dazu zählen insbesondere die Düngeverordnung, die EU-GAP-Verordnung, die Chemikalien- und Pflanzenschutzverordnung sowie das Tierschutzgesetz.

4.2.1.2. Potenzial

Biomasse aus Waldgrün

Für die Berechnung des Biomasse-Potenzials eines Waldgebietes wird zunächst dessen Fläche ermittelt sowie eine Verteilung der Baumarten im Gebiet zugrunde gelegt. Auf dieser Basis werden für jede Baumart die jährlichen Zuwachsraten errechnet. Gemeinsam mit der Dichte und dem Heizwert wird daraus die maximal jährlich verfügbare Energiemenge errechnet. Die Berechnung des Potenzials kann nach zwei verschiedenen Methoden verlaufen, um die untere und obere Grenze der bestehenden Potenziale bestimmen zu können. Bei der herkömmlichen Aushaltungsvariante werden beim Einschlag nur 14 % des Baumes als Energieholz genutzt. Energieholz dient der Wärme- oder Stromerzeugung und umfasst ausschließlich Holz, das sich weder als Industrieholz für die Papier- oder Spanplattenproduktion noch als Stammholz für die Bau- und Möbelindustrie eignet (Abbildung 15). Die Stammholz-PLUS-Variante nutzt auch das Industrieholz. Bei der Berechnung des Potenzials für die KWP wird die herkömmliche Aushaltungsvariante als Potenzial ausgewiesen, um den Bedarf an Industrieholz nicht zu verschieben und damit den gesamten Holzbedarf zu erhöhen. Die herkömmliche Aushaltungsvariante stellt eine nachhaltige Nutzungsform dar, bei der kein Wald verloren geht.

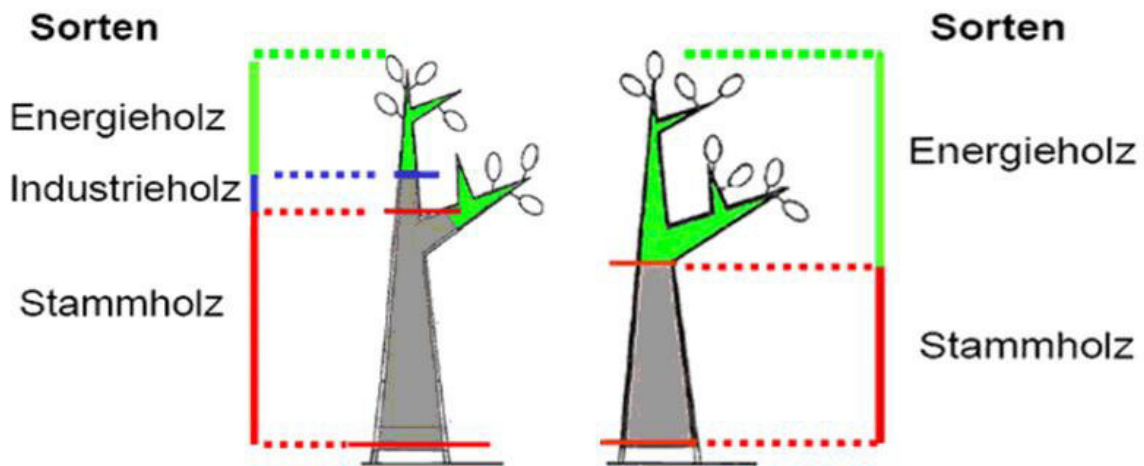


Abb. 1: Herkömmliche Aushaltungsvariante.

Abb. 2: "Stammholz-PLUS" Variante.

Abbildung 15: Darstellung der Aushaltungsvarianten zur Biomasse-Produktion²

Demnach wird lediglich der nachwachsende Baumanteil als Grundlage für die Potenzialberechnungen herangezogen, sodass eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wald- und Forstwirtschaftsflächen gewährleistet bleibt. Naturschutzflächen wie FFH-Gebiete werden in den Potenzialen als restriktive Faktoren berücksichtigt, da dort eine nachhaltige Forstwirtschaft möglich ist.

Unter der Annahme, dass die Heizwerte der Laubbaumarten zwischen 3,7 und 3,9 kWh/kg und der Nadelhölzer zwischen 4,1 und 4,2 kWh/kg liegen, ergibt sich für alle geeigneten Waldflächen im Untersuchungsgebiet ein Potenzial von 1,53 GWh/a. Dieses Potenzial ist kartografisch dargestellt in Abbildung 16.

Tabelle 3: Biomassepotenzial aus Holzresten in den Gemeinden

Gemeinden	Biomasse-Potenzial Wald, geeignet [GWh/a]	Biomasse-Potenzial Wald, bedingt geeignet [GWh/a]
Büchel	0,01	-
Griefstedt	0,005	-
Günstedt	0,009	0,01
Kindelbrück	0,09	1,40
Gesamtes Plangebiet	0,12	1,41

² Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg- FVA, 2024

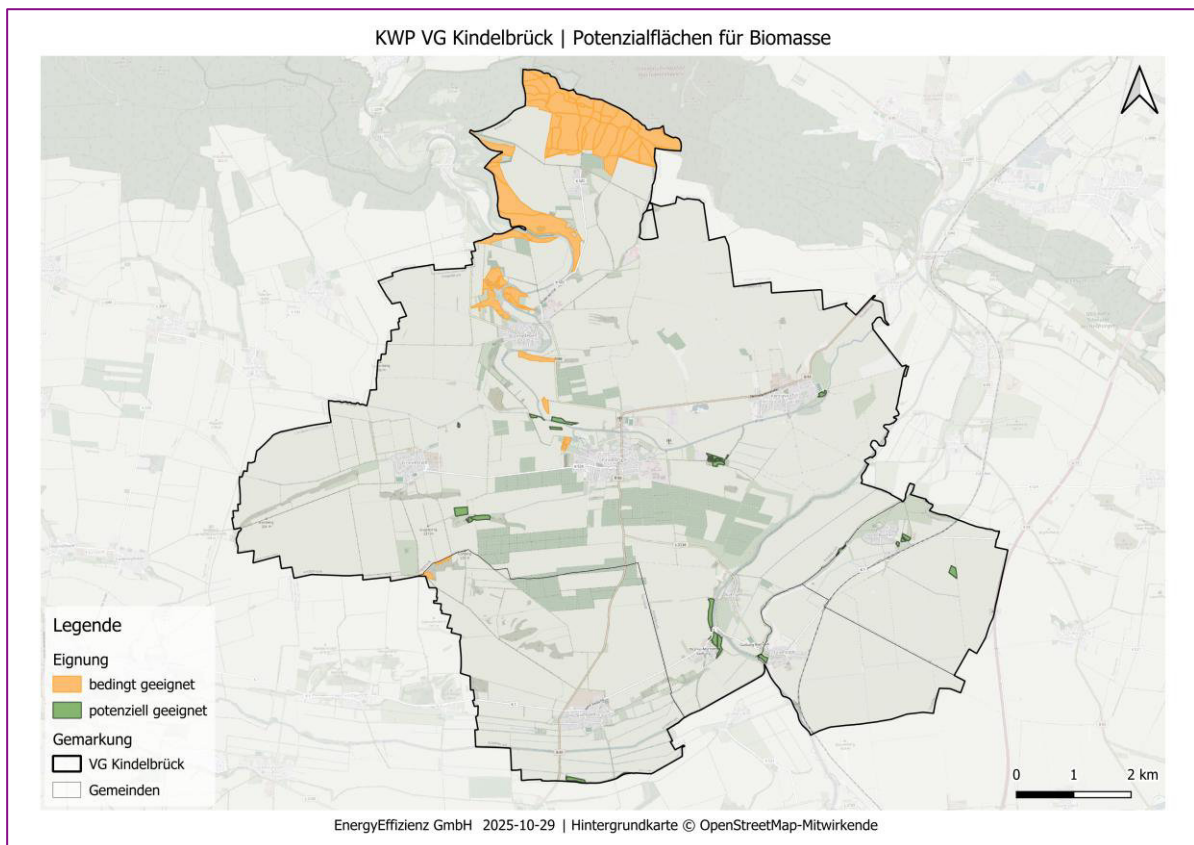


Abbildung 16: Biomassepotenzial

Biomasse aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen

Biomassepotenziale aus Ackerflächen und Grünschnitt konnten in der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück aufgrund fehlender Datengrundlagen nicht ermittelt werden. Ein zukünftiges Potenzial aus dem Anbau von Energiepflanzen wurde aufgrund der starken Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion nicht berücksichtigt. Aufgrund der anhaltenden Flächenkonkurrenz ist davon auszugehen, dass sich das Potenzial in Zukunft nur minimal ändern würde. Dieses Potenzial wird bei der Fortschreibung des Wärmeplans berücksichtigt.

4.2.2. Solarthermie auf Freiflächen

Das Potenzial der Solarthermie zur Wärmeerzeugung wird sowohl auf Freiflächen als auch auf Dachflächen betrachtet. Während Freiflächen durch ihre Nähe zu Siedlungsgebieten sowie vorhandenen Restriktionen bewertet werden, wurde bei Dachflächen das technische Potenzial ohne Einbezug des Denkmalschutzes ausgewiesen. Insgesamt ermöglicht die Nutzung beider Flächentypen eine effiziente Anwendung der Solarthermie zur Deckung des Wärmebedarfs.

In diesem Kapitel wird das Potenzial von Solarthermie-Freiflächen untersucht. Im Gegensatz zu den Dachflächenpotenzialen, die Einzelgebäudelösungen unterstützen, ist bei Freiflächenanlagen die Nähe zu potenziellen Wärmenetzen erforderlich, um die Sonnenenergie effizient nutzbar zu machen. Im

Rahmen der Potenzialanalyse werden alle verfügbaren Flächen dargestellt, die im Zielszenario auf eine Einbindung in ein Wärmenetz geprüft werden müssen.

4.2.2.1. Hinweise und Einschränkungen

Im Folgenden wird das Potenzial für Solarthermie auf Freiflächen bestimmt. Bei der Berechnung des Solarthermiekpotenzials sind Restriktionen zu beachten, die sich in Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren unterteilen.

Ausschlusskriterien:

- Siedlungsflächen
- Straßen- und Schienenflächen
- Gewässer
- Wald- und Forstflächen
- Naturschutzgebiete
- Nationalparks und Naturdenkmäler
- Kernzonen (Schutzzone I) von Naturparken
- Natura 2000-Gebiete / FFH und Vogelschutz
- Biotope
- Kern- und Pflegezonen von Biosphärenreservaten
- Überflutungsflächen HQ100
- Wasserschutzgebiete, Zone I
- Eine Hangneigung größer gleich 20° (wird als hoher technischer Aufwand und nicht ökonomisch gesehen) (LABO, 2023)
- Eine Entfernung von über 1000 m zur Siedlungsfläche (wird als hoher technischer Aufwand und nicht ökonomisch gesehen) (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BW, 2019)

Restriktive Faktoren:

- Landschaftsschutzgebiete (LSG)
- Entwicklungszonen von Biosphärenreservaten
- Pflegezonen (Schutzzone II) und Entwicklungszonen von Naturparken
- Wasserschutzgebiete, Zone II
- Hochspannungsfreileitungen
- Vorranggebiete für den Hochwasserschutz

Demnach wird unterschieden in gut geeignetes Potenzial (exkl. weicher Restriktionen und in einer maximalen Entfernung von 200 m zur Siedlungsfläche gelegen), geeignetes Potenzial (exkl. restriktiver Faktoren) und das bedingt geeignete Potenzial (inkl. restriktiver Faktoren). Zusätzlich zu den Restriktionen ist für die Wirtschaftlichkeit eines Projektes der Flächenzuschnitt, die Sonneneinstrahlung und die Nähe zur Wärmenetz-Heizzentrale entscheidend. Bei der Potenzialanalyse wurden diese Aspekte so gut wie möglich berücksichtigt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass sich aufgrund von methodischen Einschränkungen Ungenauigkeiten ergeben können und dass es in jedem Fall einer weiteren Fachplanung zur Flächenausweisung bedarf.

4.2.2.2. Potenzial

Die betrachteten Flächen eignen sich grundsätzlich sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermie-Anlagen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei Solarthermie-Freiflächenanlagen eine räumliche Nähe zu einer Wärmenetz-Heizzentrale gegeben sein sollte, damit Wärmeverluste durch lange Rohrleitungen vermieden werden. Die Nutzung für Photovoltaik (PV) oder Solarthermie ist daher im Einzelfall und unter Berücksichtigung weiterer Planungen zu entscheiden. Für die Berechnung des möglichen Ertrags werden pro ha Fläche 2.000 MWh/a Ertrag angenommen.

Insgesamt ergibt sich für die Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück ein technisches Potenzial von 6.096,5 GWh/a für die Wärmeherzeugung durch Solarthermie-Freiflächenanlagen (Tabelle 4). Es ist wichtig klarzustellen, dass die dargestellten Flächen als Flächenpool zu verstehen sind (Abbildung 17). Die untersuchten Gebiete unterliegen nur zu geringen Teilen Ausschlusskriterien und restriktiven Faktoren. Die Integration dieses Potenzials beim Wärmenetzausbau ist im Detail zu prüfen.

Tabelle 4: Gesamtpotenzial Freiflächenolarthermie nach Gemeinden in GWh/a

Gemeinde	Technisches Potenzial gut geeignet [GWh/a]	Technisches Potenzial geeignet [GWh/a]	Technisches Potenzial bedingt geeignet [GWh/a]
Büchel	5,8	246,7	135,3
Griefstedt	51,7	299,7	117,2
Günstedt	71,6	438,4	73,7
Kindelbrück	347,0	2.587,6	1.721,8
Gesamtes Plangebiet	476,1	3.572,4	2.048,0

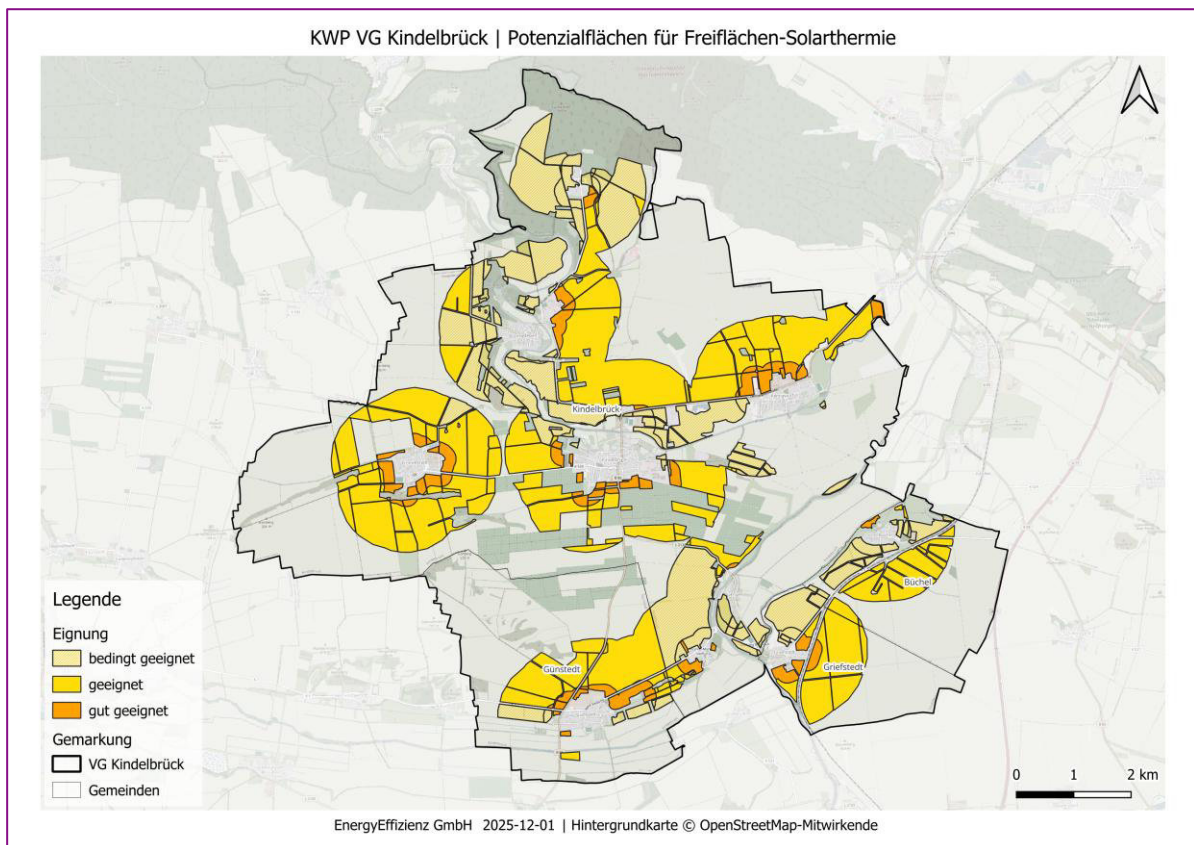


Abbildung 17: Solarthermie auf Freiflächen

4.2.3. Agrothermie

Agrothermie bezeichnet die Nutzung von Erdwärme unter Ackerflächen. In einer Tiefe von zwei bis drei Metern werden großflächig Erdwärmekollektoren eingebracht. Das Verlegen des Kollektors in dieser Tiefe gewährleistet die zeitgleiche landwirtschaftliche Nutzung der Ackerflächen. Erdwärmekollektoren sind Wärmetauscher, die inzwischen auch verlegt werden können, ohne den fruchtbaren Boden abtragen und wieder aufschütten zu müssen. Ähnlich wie bei genutzten Erdwärmekollektoren für die Einzelgebäudeversorgung handelt es sich um Oberflächennahe Geothermie. Die Erdwärme wird über ein Rohrsystem mit Wärmeträgerflüssigkeit zu einem Wärmenetz geleitet. Dieses Wärmenetz kann in verschiedenen Formen ausgeführt werden, z.B. mit dezentralen Wärmepumpen in jedem angeschlossenen Gebäude oder einer zentralen Großwärmepumpe. Die konkreten Einbindungsmöglichkeiten werden im Zielszenario genauer beschrieben.

Da die Temperatur des Erdreichs in 2-3 Metern unter der Erdoberfläche im deutschen Mittel im Jahresverlauf zwischen 0 °C und 18 °C liegt, muss das Temperaturniveau mithilfe einer Wärmepumpe auf die erforderliche Vorlauftemperatur der Heizung angehoben werden. Der Temperaturunterschied, den die Wärmepumpe ausgleichen muss, ist dennoch geringer als bei der Umgebungsluft in den Wintermonaten. Aus diesem Grund ist der Betrieb einer Sole/Wasser-Wärmepumpe in der Regel effizienter als eine Luft/Wasser-Wärmepumpe.

4.2.3.1. Hinweise und Einschränkungen

In den Bereichen der Wasserschutzzonen I – IIIA sind Erdwärmekollektoren nicht genehmigungsfähig, sodass auch keine Agrothermie möglich ist. Unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen kann Agrothermie in den Wasserschutzgebietszonen IIIB genehmigt werden. Gemäß dem Informationssystem für oberflächennahe Geothermie (ISONG) des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg zählen zu diesen Voraussetzungen, dass kein Kontakt zu dem Grundwasser bestehen darf, eine natürliche flächenhafte Dichtschicht besteht oder eine Dichtschicht aus einem natürlichen mineralischen Material eingebracht werden muss. Insofern die Grundwasserüberdeckung zwischen dem Erdwärmekollektor und dem höchsten Grundwasserstand mindestens einen Meter beträgt und der Kollektor nur mit Wasser betrieben wird, ist die Dichtschicht ggf. nicht notwendig.

Bei der Berechnung des Agrothermiekpotenzials sind Restriktionen zu beachten, die sich in Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren unterteilen.

Ausschlusskriterien:

- Eine Entfernung von über 2.000 m zur Siedlungsfläche wird als hoher technischer Aufwand und nicht ökonomisch gesehen
- Flachgründige Standorte
- Wasserschutzgebiete Zone I - IIIA
- Vorranggebiete Hochwasserschutz

Restriktive Faktoren:

- Wasserschutzgebiete Zone IIIB
- Vorbehaltsgebiete Hochwasserschutz

Ausschlusskriterien führen zum unmittelbaren Ausschluss der Fläche. Flächen werden als Einzelfallbetrachtung ausgewiesen, wenn diese in einem Wasserschutzgebiet Zone IIIB liegt. Dauergrünland wird als besonders geeignet für Agrothermie angesehen, weshalb diese Flächen als „gut geeignet“ markiert werden. Grünland wird als Abstufung dazu lediglich als „geeignet“ bezeichnet. Zusätzlich zu den Restriktionen ist für die Wirtschaftlichkeit eines Projektes der Flächenzuschnitt, die Entzugsleistung des Bodens und die Nähe zum Siedlungsgebiet entscheidend. Bei der Potenzialanalyse wurden diese Aspekte so gut wie möglich berücksichtigt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass sich aufgrund von methodischen Einschränkungen Ungenauigkeiten ergeben können, und dass es in jedem Fall einer weitere Fachplanung zur Flächenausweisung bedarf.

4.2.3.2. Potenzial

Es besteht die Möglichkeit, dass sich die betrachteten Flächen auch für andere Energieträger, zum Beispiel Agri-PV eignen. Zum Teil kann eine Mehrfachnutzung der Fläche möglich sein. Dies ist allerdings im Einzelfall zu prüfen. Die räumliche Nähe des Erdwärmekollektors zur Heizzentrale ist, wie im Fall der Freiflächen-Solarthermie, für eine effiziente Nutzung der Wärme von Bedeutung. Die Einbindung in ein Wärmenetz ist daher im Einzelfall und im Rahmen der Wärmeplanung erst nach festgelegtem Zielszenario zu bewerten und unter Berücksichtigung weiterer Planungen zu entscheiden.

Für die Berechnung des möglichen Ertrags werden pro ha Fläche 400 MWh/a Ertrag angenommen (Professur für Agrarsystemtechnik der TU Dresden, Doppelacker GmbH, 2023). Die Jahresarbeitszahl (JAZ) beschreibt als Kennwert einer Wärmepumpe das Verhältnis der erzeugten Wärme zur benötigten Antriebsenergie bzw. dem benötigten Strom und wird mit 4 angenommen.

Insgesamt ergibt sich für Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück ein technisches Potenzial von 2.840,3 GWh/a für die Wärmeherzeugung durch Agrothermie. Auf den untersuchten Gebieten liegen Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren vor.

Tabelle 5: Potenzial Agrothermie (Erzeugernutzwärme nach Wärmepumpe) nach Gemeinden

Gemeinde	Technisches Potenzial geeignet [GWh/a]	Technisches Potenzial bedingt geeignet [GWh/a]	Technisches Potenzial Einzelfallbetrachtung [GWh/a]
Büchel	213,3	39,0	2,0
Griefstedt	176,1	31,3	0,4
Günstedt	310,2	36,0	0,1
Kindelbrück	1.445,1	581,3	5,5
Gesamtes Plangebiet	2.144,7	687,6	8,0

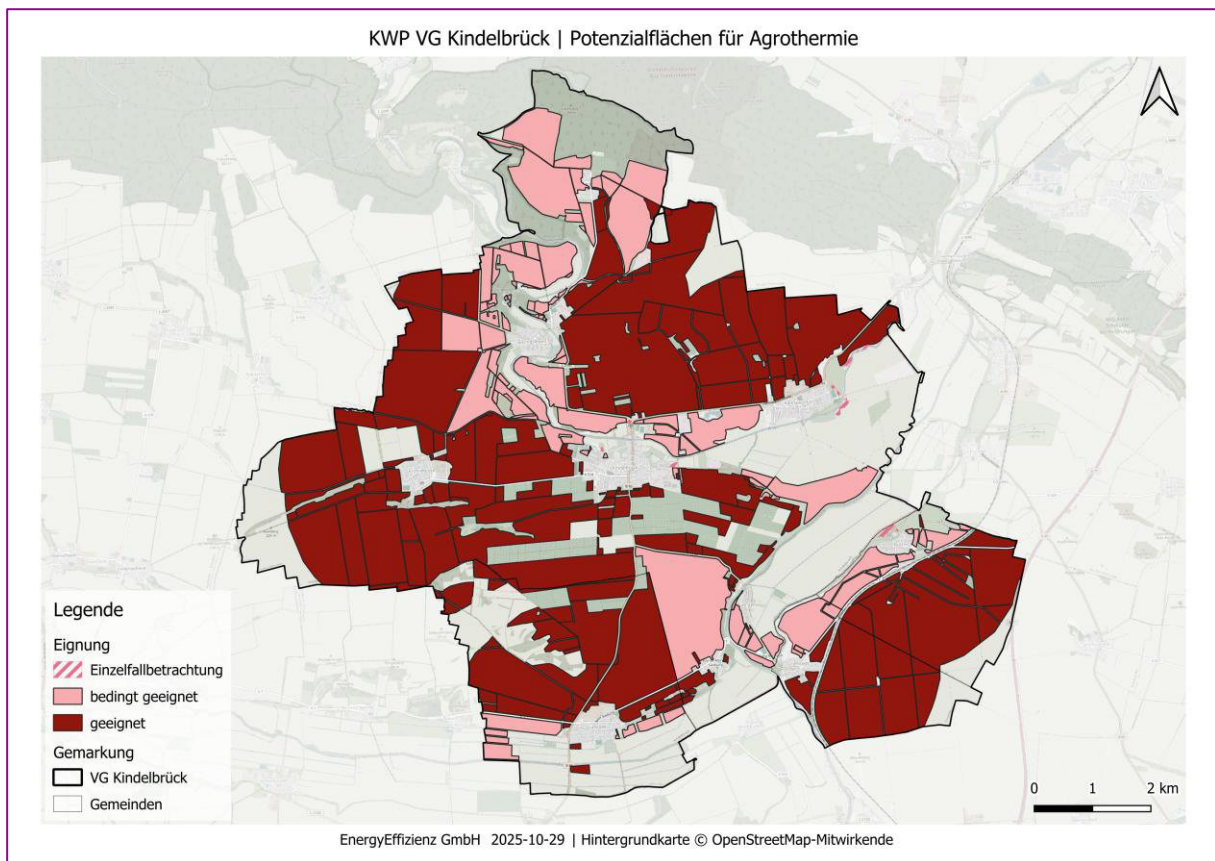


Abbildung 18: Potenzialflächen Agrothermie

4.2.4. Oberflächennahe Gewässer

Oberflächennahe Gewässer bieten ein großes Potenzial für die erneuerbare Wärmeerzeugung. Durch die Nutzung von Flusswärme und Seethermie kann Wärmeenergie effizient mithilfe von Wärmepumpen gewonnen werden. Dabei müssen jedoch zahlreiche ökologische und technische Faktoren berücksichtigt werden, um die natürlichen Gewässer nicht zu beeinträchtigen und die Ökosysteme zu schützen.

4.2.4.1. Hinweise und Einschränkungen

Bei der Nutzung von oberflächennahen Gewässern zur Wärmeerzeugung müssen verschiedene ökologische und technische Aspekte berücksichtigt werden. Die Gewässerstrukturgüte, die unter anderem Abflusssynamik, Tiefenvariabilität und die Vielfalt des Sohlensubstrats umfasst, darf keinesfalls beeinträchtigt werden. Zudem muss der Abfluss des Gewässers uneingeschränkt bleiben, sodass keine Folgewirkungen den natürlichen Wasserfluss behindern. Ebenso dürfen bestehende Nutzungen wie die Schifffahrt und Maßnahmen des Gewässerschutzes, etwa der Hochwasserschutz, durch die Größe der Anlage nicht beeinträchtigt werden.

Auch die Gewässerökologie und -beschaffenheit müssen unverändert bleiben, um das ökologische Gleichgewicht zu erhalten. Temperaturveränderungen im Gewässer sind besonders kritisch, da sie das Artenspektrum, die Physiologie und die Reproduktion von Fischen und Makrozoobenthos beeinflussen

können. Daher ist es notwendig, Maximaltemperaturen und Aufwärmspannen gewässerökologisch zu beurteilen, wobei die Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) als Orientierungshilfe dienen kann.

Zum Schutz vor Leckagen sind angemessene Sicherheitsvorkehrungen und -einrichtungen zu treffen, wobei mögliche Folgen sorgfältig abzuschätzen sind. Vor der Umsetzung eines Projekts muss geprüft werden, ob alternative Wärmequellen besser geeignet sind, um die ökologischen Auswirkungen auf das Gewässer zu minimieren. So wird sichergestellt, dass die natürliche Beschaffenheit und Nutzung der Gewässer nicht beeinträchtigt werden.

4.2.4.2. Potenzial

Flusswärme

Zur Berechnung des Umweltwärmepotenzials aus Oberflächengewässern wurden die Unstrut in Griefstedt, die Helbe in Günstedt sowie die Wipper und das Gründelsloch in Kindelbrück berücksichtigt. Die hierfür erforderlichen Pegel- und Durchflussdaten wurden vom Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz Thüringen bereitgestellt. Für das Gründelsloch wurde auf Informationen der Gemeinde zurückgegriffen. Für weitere kleine Bäche waren keine Durchflussdaten vorhanden. Durch die Größe und dem damit einhergehenden niedrigen Wasserstand kann das Potenzial für Flusswärme bei weiteren Bächen ausgeschlossen werden. Für die Gemeinden Griefstedt (Unstrut), Günstedt (Helbe) und Kindelbrück (Wipper, Gründelsloch) wurden insgesamt ein Flusswärmepotenzial von 191,9 GWh/a berechnet.

Unter der Beachtung der Grenzwerte, dass die Temperaturdifferenz des Flusses und nach Wiedereinleitung des abgekühlten Wassers maximal 1 K beträgt und nicht unter 2°C fällt, lässt sich bei den 3 betrachteten Flüssen eine potenzielle Entzugsenergie von 122,9 GWh/a berechnen. Der verfügbare Wärmeertrag ergibt sich aus der Multiplikation des mittleren Niederwasserabflusses mit der möglichen Abkühlung des Wassers und seiner Wärmespeicherkapazität. Unter Berücksichtigung der Volllaststunden sowie der zulässigen Wasserentnahmemenge lässt sich daraus der nutzbare Wärmeertrag bestimmen. Nach Anhebung des Temperaturniveaus mittels Wärmepumpe ergibt sich ein nutzbares Wärmepotenzial von 158,6 GWh/a an der Unstrut (Griefstedt), 5,0 GWh/a an der Helbe (Günstedt) und 20,8 GWh/a an der Wipper (Kindelbrück). Dabei werden den Flüsse 10 % des Massenstroms kurzfristig entnommen und über einen Wärmetauscher um 3 K abgekühlt. Die Mischtemperatur sinkt nach Wiedereinleitung maximal um 0,8 K. Bei der Veränderung der Mischtemperatur wird dabei nicht nur die entnommene Wassermenge und die maximale Temperaturveränderung zugrunde gelegt. Insbesondere die Strömung, die Beschaffenheit des Flussbetts sowie die Verwirbelungen im Gewässer bewirken eine Schwankung im Jahresverlauf und werden über einen Realitätsfaktor abgebildet. Zu erwähnen ist, dass die Wärmeenergie in den

Wintermonaten am höchsten ist, was vor allem durch den höheren Massenstrom zustande kommt. Für die Karstquelle in Kindelbrück (Gründelsloch), ergibt sich bei einer Abkühlung von 2 K eine potenzielle Entzugsenergie von 7,5 GWh/a.

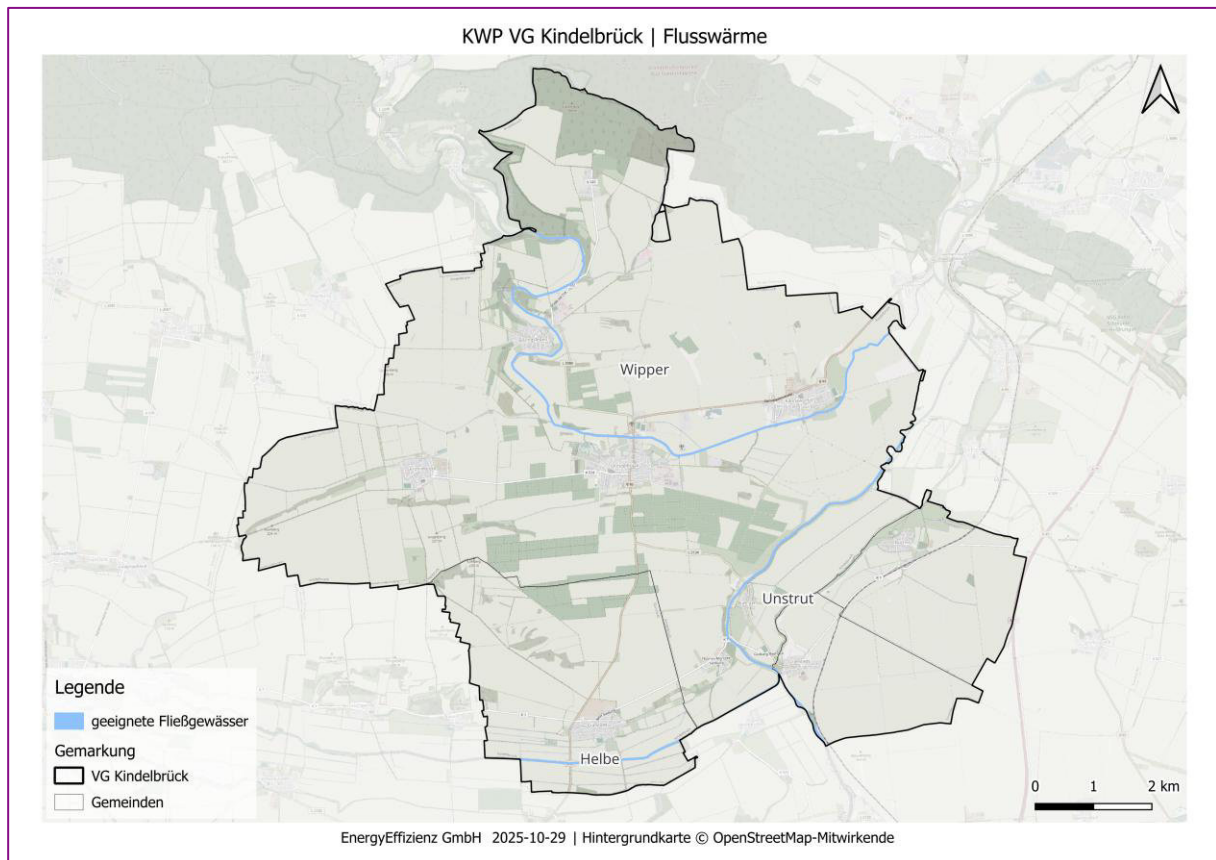


Abbildung 19: Potenzial Flusswärme und Abwasserwärme

Seethermie

In der betrachteten Region eignen sich drei Seen potenziell als Wärmequelle, wobei einer davon aufgrund seiner Lage im Naturpark nur als bedingt geeignet einzustufen ist (Abbildung 20). Alle drei Seen liegen im Gebiet der Gemeinde Kindelbrück. Bei Seethermie wird in zwei verschiedene Technologien unterschieden. Mithilfe einer Wasser/Wasser- Wärmepumpe kann Seen mit ausreichender Tiefe und großem Volumen genügend Wärme entzogen werden, um diese nach Anhebung des Temperaturniveaus in ein Wärmenetz einzuspeisen. Folglich benötigen Seen eine entsprechende Tiefe, um als Wärmequelle in Betracht zu kommen. Baggerseen sind von der Potenzialermittlung ausgenommen, da sie nicht für Seethermie geeignet sind. Zudem ist eine stabile Temperaturschichtung erforderlich, um eine effiziente Wärmenutzung zu gewährleisten. Da die Seen nur wenige Meter tief sind, kann diese Form der Seethermie nicht genutzt werden. Allerdings besteht die Möglichkeit, am Grund der Seen Kollektoren, ähnlich den Erdwärmekollektoren, zu verlegen, die ebenfalls Wärme entziehen. Diese profitieren davon, dass zumeist direkt am Grund des Sees das Wasser nicht gefriert. Auf diese Weise steht die Technologie auch bei tiefen Temperaturen im Winter zur Verfügung und kann als

Quelltemperatur mindestens 1 °C nutzen. Für die Seen ergibt sich unter Annahme von 2.000 Volllaststunden und einer spezifischen Entzugsenergie von 40 kWh/(m²*a) eine Wärmeentzugsenergie von 1,1 GWh/a. Nach einer Anhebung des Temperaturniveaus durch eine Wärmepumpe mit einem COP von 3 steht eine Erzeugernutzwärme von 1,72 GWh/a zur Verfügung.

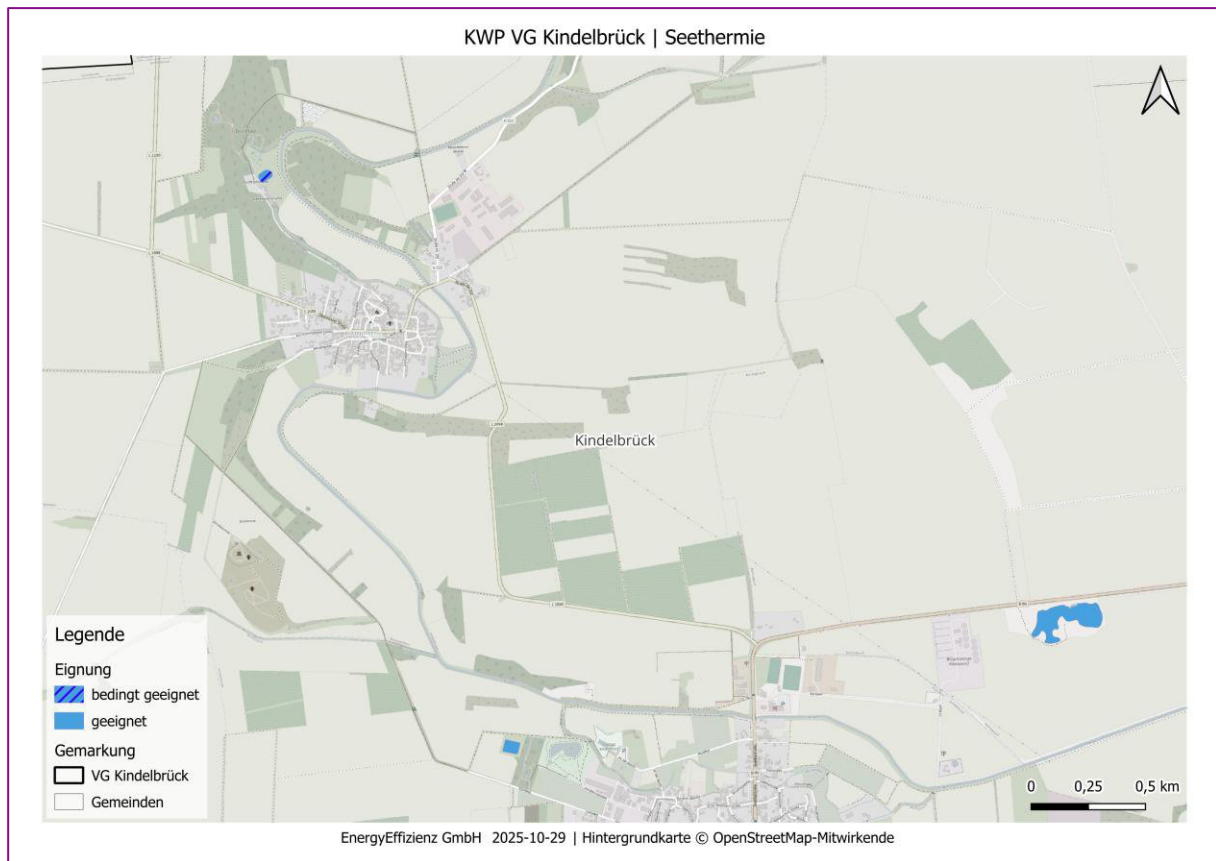


Abbildung 20: Potenzial Seethermie

4.2.5. Tiefengeothermie

Tiefengeothermie wird in Deutschland für die Wärmewende zukünftig an Bedeutung gewinnen, so der politische und wissenschaftliche Konsens. Das Bundeswirtschaftsministerium startete 2022 einen Konsultationsprozess mit Bundesländern, Unternehmen und Verbänden zur verbesserten Nutzung von Erdwärme. Angestrebt wird eine zu 50 % treibhausgasneutrale Erzeugung von Wärme bis 2030. Hinsichtlich der Umsetzung dieses Ziels enthält die „Eröffnungsbilanz Klimaschutz“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) vom Januar 2022 konkrete Ziele in Bezug auf den Ausbau der Nutzung des geothermischen Potenzials. 10 TWh/a aus der tiefen und mitteltiefen Geothermie sollen bis 2030 weitestmöglich erschlossen werden. Das entspricht einer Verzehnfachung der aktuellen Einspeisung in Wärmenetze aus geothermischer Energie. Das BMWK sieht daher vor, bis 2030 mindestens 100 weitere geothermische Projekte zu initiieren. Dies inkludiert deren Anschluss an Wärmenetze und die Bereitstellung von geothermischer Energie für industrielle Prozesse, Quartiere und Wohngebäude (BMWK, 2022).

Die Maßnahmen zur Umsetzung des Ziels lauten wie folgt (BMWK, 2022):

- Austausch mit Akteuren – Dialogprozess zu notwendigen Maßnahmen
- Datenkampagne – Systematische Bereitstellung vorhandener Daten, um die Grundlage für erfolgreiche Projekte zu ermöglichen
- Explorationskampagne – vom Bund teilfinanzierte Exploration in Gebieten, die eine hohe Erfolgswahrscheinlichkeit für konkrete Projekte bieten
- Planungsbeschleunigung – Optimierungspotenziale in Genehmigungsverfahren identifizieren und heben
- Förderprogramme – Impulse für die Marktbereitung und Wettbewerbsfähigkeit geben
- Risikoabfederung – Prüfung von Risikoabsicherungsinstrumenten
- Fachkräftesicherung – Entwicklung von Strategien zur Nachwuchsgewinnung
- Akzeptanz – Informationsveranstaltungen und Akzeptanzprogramme als integraler Bestandteil eines jeden Projekts

Als erneuerbare Energiequelle nimmt Tiefengeothermie folglich eine bedeutende Stellung für die Wärmewende ein. Für Kommunen, die sich in Teilen Deutschlands mit einem hohen theoretischen Potenzial für Tiefengeothermie befinden, kann die mögliche Gewinnung von thermischer Energie durch Tiefengeothermieranlagen einen großen Schritt in Richtung klimaneutrale Wärmeversorgung bedeuten.

4.2.5.1. Hinweise und Einschränkungen

Im Vergleich zu oberflächennahen Erdwärmesonden, werden tiefengeothermische Bohrungen in der Regel nicht in Wasserschutzzonen IIIB genehmigt. Eine umfassende Analyse der Realisierbarkeit einer Tiefengeothermieranlage und damit verbundenen Bohrungen, kann erst nach einer 3D-seismologischen Untersuchung erfolgen. Aufgrund fehlender Vergleichsprojekte in der Umgebung kann die Umsetzbarkeit im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück nicht eingeschätzt werden.

4.2.5.2. Potenzial

Aufgrund fehlender detaillierter Untersuchungen und Daten kann im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung für die Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück kein Potenzial für Tiefengeothermie ermittelt werden, da Einzelfallprüfungen den Detailgrad einer Kommunalen Wärmeplanung überschreiten.

4.2.6. Unvermeidbare Abwärme aus Industrie und Gewerbe

Abwärme aus Industrie und Abwasser stellt ein erhebliches, oft ungenutztes Energiepotenzial dar. In industriellen Prozessen und Abwasserbehandlungsanlagen entstehen große Mengen an Wärme, die häufig ungenutzt in die Umgebung abgegeben werden. Die Rückgewinnung und Nutzung dieser Abwärme kann zur Energieeffizienzsteigerung und Reduktion von Treibhausgasemissionen beitragen. Technologische Fortschritte ermöglichen mittlerweile eine effektive Integration dieser Wärmequellen in bestehende Energiesysteme, was sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile bietet.

Industriebetriebe verfügen teils über große Abwärmequellen, die, je nach Temperaturniveau der Quelle, für die Einspeisung in warme oder kalte Wärmenetze erschlossen werden können. Bei Temperaturen unter 65 °C ist zwingend eine Wärmepumpe zur Anhebung des Temperaturniveaus erforderlich, wenn eine Einspeisung in ein warmes Wärmenetz erfolgen soll.

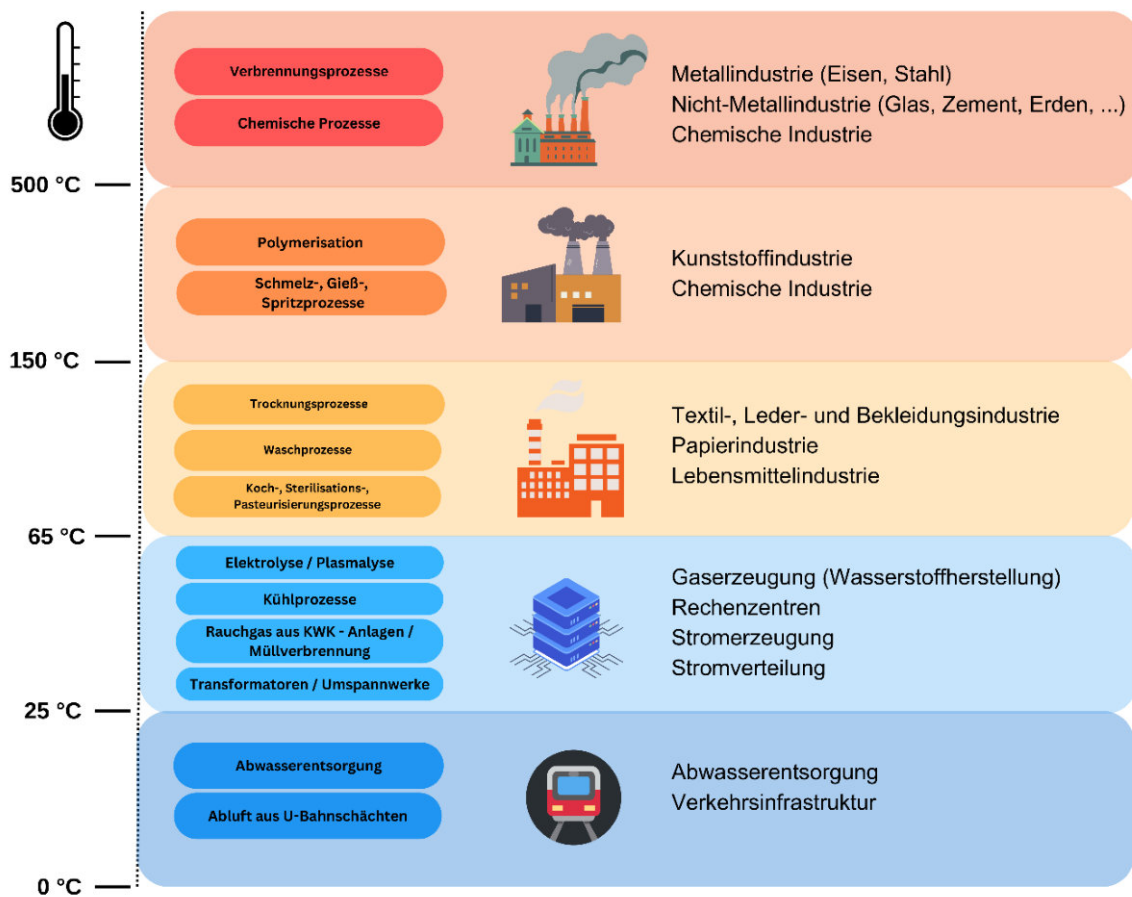


Abbildung 21: Temperaturniveau der Abwärme nach Industriezweigen (Dunkelberg, 2023)

4.2.6.1. Hinweise und Einschränkungen

Die Nutzung gewerblich anfallender Abwärme bietet sich an, wenn z.B. im Rahmen von Industrieprozessen entstehende Wärme nicht im Betrieb selbst direkt genutzt werden kann. In solchen Fällen sollte geprüft werden, ob die anfallende Abwärme über Einbindung in ein Wärmenetz technisch und wirtschaftlich sinnvoll durch andere Wärmeverbraucher in der Umgebung genutzt werden kann. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist, dass eine gesicherte Abwärmemenge auch zukünftig zur Verfügung stehen wird.

Zur Erhebung der gewerblichen Abwärmepotenziale in der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück wurde im Zuge der Erarbeitung der Wärmeplanung eine schriftliche Befragung durchgeführt. Hierbei wurde ein Fragebogen eingesetzt, der Fragen sowohl zu Energieverbräuchen als auch zu Abwärmepotenzialen umfasst. Angeschrieben beispielsweise Unternehmen, die der verarbeitenden Industrie angehören, aber auch Rechenzentren, Krankenhäuser, Biogasanlagen und Müllverbrennungsanlagen. Die anzuschreibenden Unternehmen wurden zuvor gemeinsam mit der Verwaltungsgemeinschaftsverwaltung festgelegt.

4.2.6.2. Potenzial

Es liegt für die Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück liegt ein geringes quantifizierbares Potenzial industrieller Abwärme im Ortsteil Frömmstedt vor. Bei der Bäckerei Bergmann und Sohn GmbH besteht die Bereitschaft 0,12 GWh/a an Wärme abzugeben. Die Abwärmeplattform des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle weist kein Unternehmen mit registriertem Abwärmepotenzial aus.

4.2.7. Abwärme aus Abwasser

Abwärme aus Abwasser kann eine wertvolle Energiequelle darstellen. Neben großen Kanälen bieten sich insbesondere Kläranlagen durch ihren konstanten Zu- bzw. Abfluss an. Abwasser weist ganzjährig relativ hohe Temperaturen auf, sodass mit Wärmetauschern Energie zurückgewonnen und über Wärmepumpen nutzbar gemacht werden kann. Die Verfügbarkeit und Effizienz dieser Energiequelle hängen von verschiedenen Faktoren ab, darunter der Temperatur des Abwassers, der Durchflussmenge und der Infrastruktur der Kläranlage oder des Kanalquerschnitts.

4.2.7.1. Hinweise und Einschränkungen

Im Winter bleibt die Temperatur des Abwassers bei etwa 10 bis 12 °C, während es sich im Sommer auf 17 bis 20 °C erwärmt. Um es effizient zu nutzen, muss ein Minstdurchmesser der Kanäle von einem nominellen Rohrdurchmesser (DN) 800 vorliegen, was einem Durchfluss von 8-10 l/s und einem Einzugsgebiet von 7.000 Einwohner*innen entspricht. Die Entzugsleistung beträgt bei einer Länge von 1 m und einer Fläche von 1 m² etwa 2,5 Kilowattstunden (kWh) (für DN 800-1000). Diese berechnet sich durch die Multiplikation von der spezifische Wärmespeicherkapazität von Wasser, der Temperaturdifferenz und der Abwassermenge. Hinzu kommt die Leistung einer Wärmepumpe mit einer JAZ von 4, was einer Heizleistung von 3,3 kW entspricht. Es ist wichtig zu beachten, dass jede Situation individuell geprüft werden muss, da sich Gefälle und Geometrie auf die Effizienz auswirken.

4.2.7.2. Potenzial

Die Analyse der Hauptsammler zeigt, dass aufgrund der geringen Bevölkerungszahlen kein nutzbares Kanalwärmepotenzial besteht. Für die Kläranlage Kindelbrück (Abbildung 22) konnte hingegen, unter Annahme einer Temperaturdifferenz von 4 K, eine potenzielle Entzugsenergie von 2,13 GWh/a berechnet werden. Deren Gewinnung kann mittels einzubringendem Wärmetauscher im Kläranlagenablauf erfolgen. Unter der Annahme einer Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von 4,1 ergibt sich eine Wärmeenergie von 2,8 GWh/a (3,1 Teile Wärme entsprechen 2,13 GWh/a und 1 Teil Strom entspricht 0,7 GWh/a).

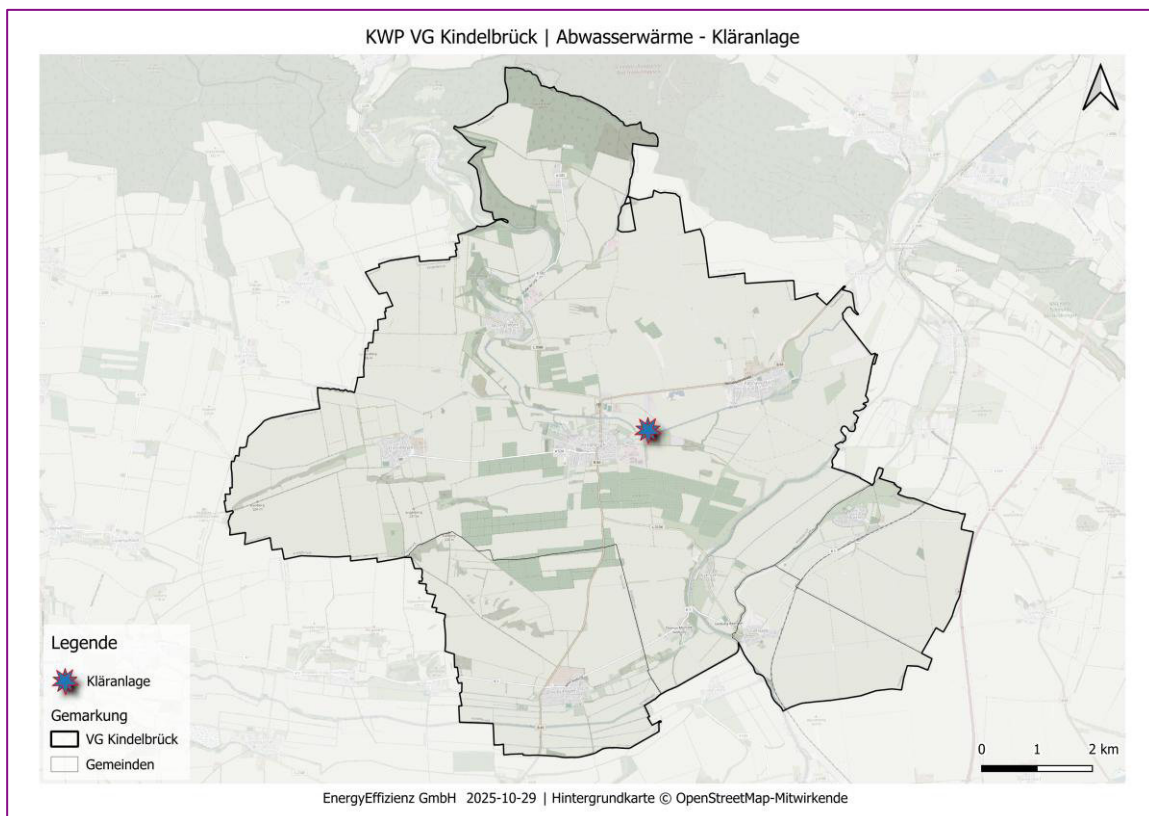


Abbildung 22: Abwasserwärmepotenzial - Kläranlage in der Verbandsgemeinde

4.2.8. Grüner Wasserstoff

Zur Nutzung von Wasserstoff gibt es bundesweit vielfältige Pilotprojekte. Zudem wurde die Thematik mit der Wasserstoffstrategie auch auf die politische Agenda gesetzt.

Gemeinsam mit den Fernleitungsnetzbetreibern Ferngas Netzgesellschaft mbH und GASCADE Gastransport GmbH will die Thüringer Energienetze GmbH & Co. KG (TEN) die Umstellung des Thüringer Erdgasnetzes auf Wasserstoff gemeinschaftlich vorantreiben. So soll eine thüringenweite Energieversorgung auf H₂-Basis mit überregionaler Anbindung entstehen³, die zunächst den Fokus auf Industriecluster und KWK-Anlagen legt (Abbildung 23).

Die Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück befindet sich im Versorgungsgebiet der TEN. Derzeit ist für Kindelbrück keine vollständige oder partielle Umstellung des bestehenden Erdgasnetzes auf Wasserstoff geplant, da bislang keine entsprechenden Bedarfe gemeldet wurden. Dezentrale Projektkonzepte, die eine Vor-Ort-Versorgung mit Wasserstoff beinhalten, sind nicht bekannt.

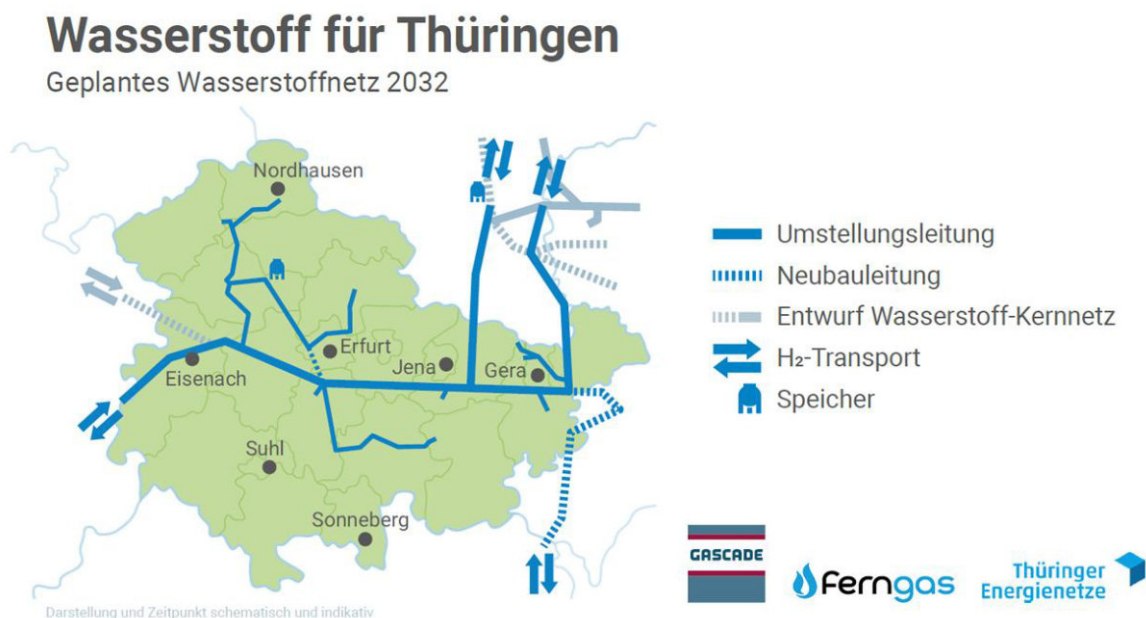


Abbildung 23: Geplantes Wasserstoffnetz in Thüringen 2032

³ Weitere Informationen unter: https://www.thueringer-energienetze.com/Ueber_uns/Wasserstoffinfrastruktur

4.3. Dezentrale Potenziale (Wärme)

Im Folgenden werden Potenziale für eine dezentrale Wärmeversorgung untersucht. Die nachfolgenden Technologien sind für den Einsatz in einem einzelnen Gebäude geeignet und sollen die Möglichkeiten für Gebiete verdeutlichen, die nicht durch ein Wärmenetz versorgt werden können. In weiteren Planungen kann daraus abgeleitet das wirtschaftliche Potenzial berechnet werden.

4.3.1. Luft/Wasser-Wärmepumpen

Die Installation von Luft/Wasser-Wärmepumpen hat das Potenzial, den Endenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, da die Wärme der Umgebungsluft als Energiequelle genutzt wird. Die Ermittlung der Potenziale für die Anwendung von Luft/Wasser-Wärmepumpen in Gebäuden hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Diese umfassen neben den örtlichen Gegebenheiten auch technische Parameter der Wärmepumpen und lärmschutzrechtliche Aspekte.

4.3.1.1. Potenzial

Die Nutzung der Umgebungsluft ist grundsätzlich aufgrund der unbegrenzt vorkommenden Ressource nicht limitiert. Die Einsatzmöglichkeiten können allerdings durch Abstandsregelungen zu Gebäuden eingeschränkt sein. Im Vergleich erreichen Luft/Wasser-Wärmepumpen in der Regel geringere Wirkungsgrade; noch niedrigere Werte können bei Luft/Luft-Wärmepumpen auftreten. Das wirtschaftliche Potenzial kann dem Ausbauzustand im Zieljahr 2045 gleichgesetzt werden und wird im Zielszenario dargestellt.

4.3.2. Oberflächennahe Geothermie

Geothermie bezeichnet die Wärmeenergie unter der Erdoberfläche, die durch verschiedene Verfahren erschlossen und genutzt werden kann. Unterschieden wird nach VDI 4640 zwischen der Oberflächennahen Geothermie (< 400 m) und der Tiefengeothermie (> 400 m). In der Wissenschaft wird weitestgehend erst ab einer Tiefe von 1000 m von Tiefengeothermie gesprochen. Im mitteleuropäischen Durchschnitt beträgt die vertikale Temperaturzunahme, der geothermische Gradient, ca. 3 °C pro 100 m Tiefe (Bundesverband Geothermie). In Abhängigkeit der Nutzungsintention, d.h. Gewinnung thermischer Energie und / oder Stromerzeugung, der geologischen Gegebenheiten und der Größe der Endabnehmer muss dementsprechend tief gebohrt werden.

Oberflächennahe Geothermie kann mit Hilfe unterschiedlicher Technologien für die dezentrale sowie zentrale Wärmeversorgung eingesetzt werden. Für die Kommunale Wärmeplanung Kindelbrück stellen sich Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden als geeignete Technologien heraus. Erdwärmekollektoren sind Wärmetauscher, die horizontal in einer Tiefe von ungefähr 1,50 m unter der Oberfläche eingebracht werden. Sie nutzen die konstante Bodentemperatur und leiten diese Wärme

über ein Rohrsystem mit Wärmeträgerflüssigkeit zu einer Wärmepumpe. Diese hebt das Temperaturniveau auf die erforderliche Vorlauftemperatur für die Beheizung von Gebäuden oder Warmwasserbereitung an. Erdwärmesonden werden vertikal in Tiefen kleiner 100 m bis zu mehreren Hundert Metern eingebracht. Werden mehrere Erdsonden gekoppelt wird von einem Erdsondenfeld gesprochen, das in der Lage sein kann, große Gebäude oder Wärmenetze mit Wärme zu versorgen oder mindestens einen Beitrag am Wärmemix zu leisten.

Da die Temperatur des Erdreichs bis 100 Meter unter der Erdoberfläche im deutschen Mittel bei 11 °C liegt, muss das Temperaturniveau mithilfe einer Wärmepumpe auf die erforderliche Vorlauftemperatur der Heizung angehoben werden. Insbesondere bei der Nutzung einer Erdwärmesonde ist der Temperaturunterschied, den die Wärmepumpe ausgleichen muss, wesentlich geringer als bei der Umgebungsluft in den Wintermonaten. Aus diesem Grund ist der Betrieb einer Sole/Wasser-Wärmepumpe in der Regel effizienter als der einer Luft/Wasser-Wärmepumpe.

4.3.2.1. Hinweise und Einschränkungen

Erdwärmekollektoren

In den Bereichen der Wasserschutzgebietszonen I – IIIA sind Erdwärmekollektoren nicht genehmigungsfähig. Unter Einhalten bestimmter Voraussetzungen können Erdwärmekollektoren in den Wasserschutzzonen IIIB festgesetzter und geplanter Wasserschutzgebiete sowie Heilquellschutzzonen III / IIIA nach Einzelfallbetrachtung eingebracht werden. Zu diesen Voraussetzungen zählen, dass kein Kontakt zu dem Grundwasser bestehen darf, eine natürliche flächenhafte Dichtschicht besteht oder eine Dichtschicht aus einem natürlichen mineralischen Material eingebracht werden muss. Insofern die Grundwasserüberdeckung zwischen dem Erdwärmekollektor und dem höchsten Grundwasserstand mindestens einen Meter beträgt und der Kollektor nur mit Wasser betrieben wird, ist die Dichtschicht ggf. nicht notwendig. In Bereichen festgesetzter oder vorläufig gesicherter Überschwemmungsgebiete wird der Einsatz von Erdwärmekollektoren ausgeschlossen.

Die Berechnung der Entzugsleistungen sowie die Bewertung der Erdwärmekollektoren erfolgte unter der Annahme, dass die unbebauten Grundstücksflächen vollständig unversiegelt sind. Die Potenzialberechnungen können nicht dazu dienen, eine konkrete Dimensionierung von Erdwärmekollektoren für ein Grundstück vorzunehmen. Dazu müsste zunächst die Bodenart konkret untersucht werden, da sich diese in Siedlungsgebieten stark vom lokal anstehenden Boden unterscheiden kann. Außerdem wurden die versiegelten Flächen der Grundstücke bei den Berechnungen nicht berücksichtigt, sodass die zu realisierende Kollektorfläche abweichen kann.

Insgesamt gilt es zu beachten, dass die Ausweisung des technischen Gesamtpotenzials nur Grundstücke einschließt, bei denen der Bau von Erdwärmesonden nicht möglich ist. Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren sind konkurrierende Technologien, welche die gleiche Energiequelle nutzen.

Erdwärmesonden sind in diesem Fall zu bevorzugen, da diese aufgrund der ganzjährig stabilen Untergrundtemperaturen die effizientere Lösung darstellen.

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden sind in den Wasserschutz- sowie Heilquellschutzzonen I – IIIA nicht zulässig. In festgesetzten sowie geplanten Wasserschutz- sowie Heilquellschutzzonen IIIB sind sie im Einzelfall bzw. unter Einhaltung von Vorgaben genehmigungsfähig. In Bereichen festgesetzter oder vorläufig gesicherter Überschwemmungsgebiete wird der Einsatz von Erdwärmesonden ausgeschlossen. Die Berechnung der Entzugsleistungen sowie die Bewertung der Erdwärmesonden erfolgte unter der Annahme, dass die unbebauten Grundstücksflächen zum Bau von Erdwärmesonden vollständig entsiegelt werden können. Die Potenzialberechnungen können nicht dazu dienen, eine konkrete Dimensionierung von Erdwärmesonden für ein Grundstück vorzunehmen. Da die Bodenbeschaffenheit und die Entzugsleistung eines konkreten Bohrfeldes nur mithilfe einer Probebohrung und eines Thermal-Response Tests (TRT) ermittelt werden kann, ist darauf hinzuweisen, dass die angegebene Entzugsenergie teilweise stark von den tatsächlich zu erreichenden Werten abweichen kann. Insgesamt gilt es zu beachten, dass die Ausweisung des technischen Gesamtpotenzials keine Flächenkonkurrenz aufweist, da beim Potenzial der Erdwärmekollektoren nur Grundstücke berücksichtigt wurden, bei denen der Bau von Erdwärmesonden nicht möglich ist. Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren sind konkurrierende Technologien, welche die gleiche Energiequelle nutzen. Die Erdwärmesonden sind in diesem Fall zu bevorzugen, da diese aufgrund der ganzjährig stabilen Untergrundtemperaturen die effizientere Lösung darstellen.

4.3.2.2. Potenzial

Erdwärmekollektoren

Das technische Potenzial wurde unter der Berücksichtigung der vorliegenden Restriktionen ermittelt und schließt einen Betrieb der Erdwärmekollektoren ein, der den Erdboden nicht durch einen erhöhten Wärmeentzug nachhaltig schädigt. Die nachfolgend beschriebenen Einflüsse und Parameter haben Eingang in die Berechnungen gefunden.

Potenzielle Entzugsleistungen: Die Entzugsleistung des Erdbodens wird in erster Linie durch die Bodenart bestimmt. Sowohl die Wärmeleitfähigkeit und -speicherkapazität als auch die Feldkapazität können anhand der Bodenart abgeschätzt werden. Diese Parameter beeinflussen maßgeblich den Wärmetransport im Erdboden hin zu den Erdwärmekollektoren. Außerdem ermöglichen sie auch eine Aussage über die Regenerationsfähigkeit des Erdbodens nach einer Entzugsperiode. Die Bodenarten im Verwaltungsgemeinschaftsgebiet von Kindelbrück wurden mithilfe der Karte zu Bodenarten in Oberböden Deutschlands (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 2007) ermittelt.

Die Temperatur des Erdreichs im Jahresverlauf nimmt ebenfalls einen Einfluss auf die Entzugsleistung, da insbesondere bis 10 m unterhalb der Erdoberfläche die Temperatur entsprechend dem Verlauf der Umgebungstemperatur schwankt. Für die Potenzialberechnungen wurde der Referenzdatensatz des Standortes Erfurt genommen, da sich die Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück nach DIN 4710 in der Klimazone 9 befindet.

Neben den standortspezifischen Faktoren kann allerdings auch der Zuschnitt der Erdwärmekollektorfläche einen maßgeblichen Einfluss auf die Entzugsleistung nehmen. Da die Regeneration des Erdbodens in den Randbereichen schneller erfolgt, kann in den Abschnitten mehr Wärme entzogen werden. Aus diesem Grund wurde das Verhältnis der Fläche zum Umfang (A/U-Verhältnis) der Kollektorfläche als weiterer Einflussfaktor in die Potenzialberechnungen integriert.

Erdwärmesonden

Das technische Potenzial für Erdwärmesonden wurde unter Beachtung der wasserschutzrechtlichen Restriktionen sowie der nachfolgend beschriebenen Einflüsse und Parameter ermittelt. Die Entzugsleistung wurde in Abhängigkeit der lokal vorherrschenden Wärmeleitfähigkeit sowie der Anzahl von benachbarten Sonden ermittelt. Anhand der unbebauten Grundstücksfläche konnte die maximale Sondenanzahl ermittelt werden. Es wurde von einer maximalen Bohrtiefe von 150 m ausgegangen. Anhand dieser Kennwerte und unter Berücksichtigung der wasserschutzrechtlichen Restriktionen konnte die Entzugsenergie berechnet werden. Die Maximalzahl der einzubringenden Erdwärmesonden sowie deren jeweiliges Potenzial vor und nach dem Einsatz einer Wärmepumpe ist im Anhang je Gemeinde dargestellt.

4.3.2.3. Bewertung des Potenzials

Erdwärmekollektoren

Für die Bewertung des Potenzials wurde die spezifische Entzugsleistung auf den realisierbaren Kollektorfläche eines Grundstücks bezogen und dem in der Bestandsanalyse berechneten Wärmebedarf des zu versorgenden Gebäudes gegenübergestellt. Auf diese Weise konnte ein Deckungsfaktor ermittelt werden, der abbildet, wie gut der Wärmebedarf mithilfe der maximalen Erdwärmekollektorfläche gedeckt werden könnte. Zur Ermittlung der konkreten Eignung eines Gebäudes und des dazugehörigen Grundstücks, wurden die oben aufgeführten geltenden wasserschutzrechtlichen Restriktionen herangezogen.

Die abschließende Bewertung erfolgte gebäude- bzw. grundstücksscharf. Entsprechend der in Abbildung 24 und Abbildung 25 dargestellten Legende wurden die Potenziale der Grundstücke mit guter Eignung, durchschnittlicher Eignung und Einzelfallbetrachtungen zu einem Potenzial von 10,6 GWh/a (nach Wärmepumpe) zusammengefasst. Dabei wurden Flächen, die sich für Erdwärmesonden eignen, nicht als Potenziale für Erdwärmekollektoren betrachtet. Die weiteren Karten sind in Anhang B bis E dargestellt.

Tabelle 6: Erzeugernutzwärme (Erdwärmekollektoren nach Wärmepumpe nach Gemeinden)

Gemeinde	Erzeugungsnutzwärme nach Wärmepumpe gut geeignet [GWh/a]	Erzeugungsnutzwärme nach Wärmepumpe geeignet [GWh/a]	Erzeugungsnutzwärme nach Wärmepumpe Einzelfallbetrachtung [GWh/a]
Büchel	0,1	0,05	0,3
Griefstedt	0,1	0,1	0,2
Günstedt	0,4	0,1	0,8
Kindelbrück	1,6	1,0	5,8
Gesamtes Plangebiet	2,2	1,25	7,1

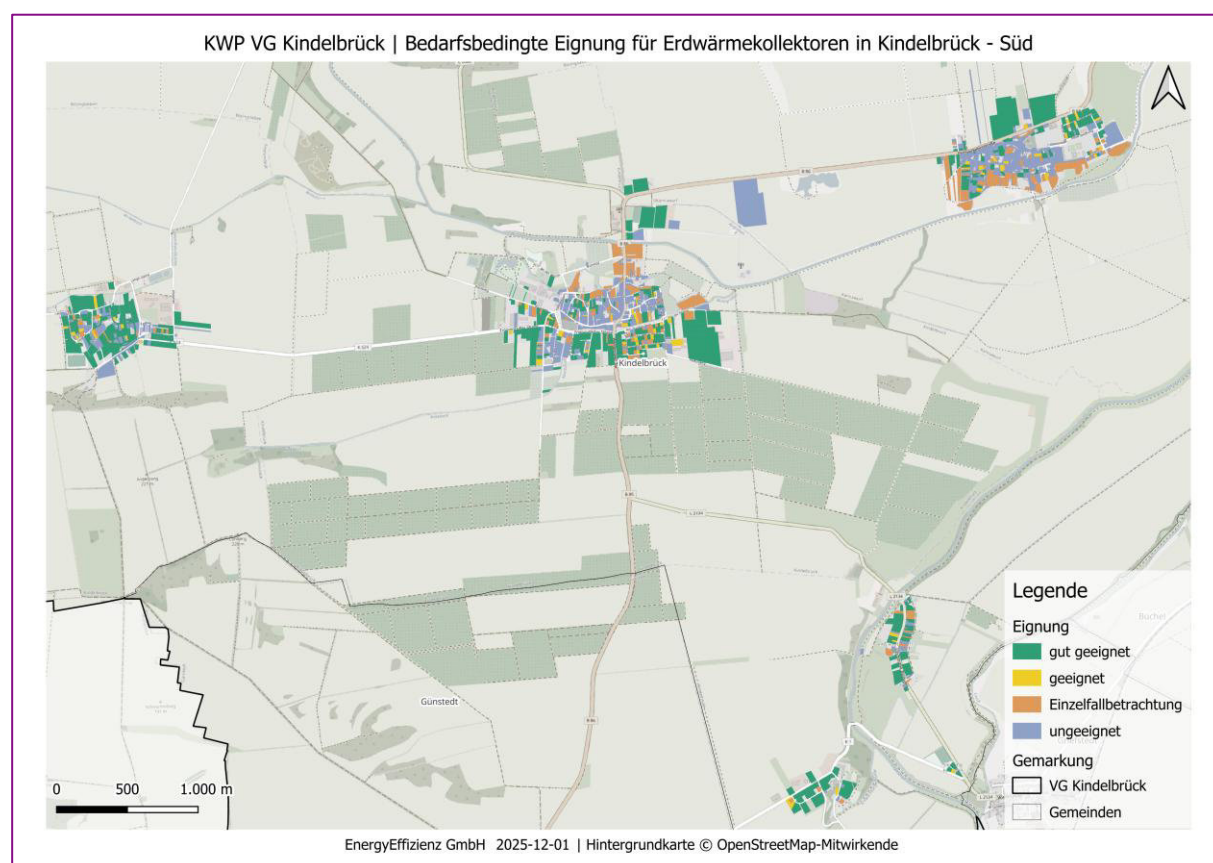


Abbildung 24: Gemeinde Kindelbrück - Süd: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren

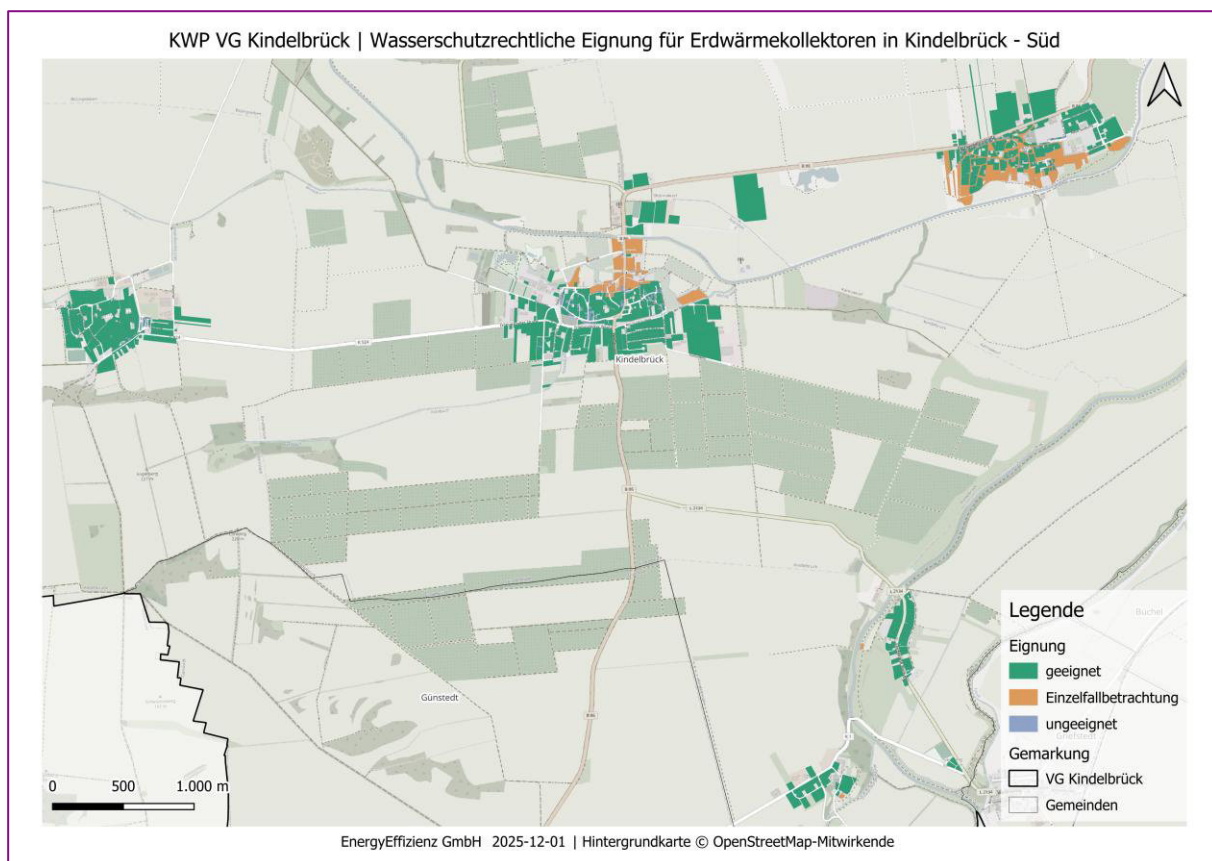


Abbildung 25: Gemeinde Kindelbrück - Süd: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren

Erdwärmesonden

Für die Bewertung des Potenzials wurde die spezifische Entzugsleistung auf die realisierbare Sondenanzahl eines Grundstücks bezogen und dem in der Bestandsanalyse berechneten Wärmebedarf des zu versorgenden Gebäudes gegenübergestellt. Auf diese Weise konnte ein Deckungsfaktor ermittelt werden, der abbildet, wie gut der Wärmebedarf mithilfe der maximalen Sondenanzahl gedeckt werden könnte. Um die konkrete Eignung eines Gebäudes und des dazugehörigen Grundstücks bewerten zu können wurden die aufgeführten wasserschutzrechtlichen Restriktionen betrachtet. Die abschließende Bewertung erfolgte gebäude- bzw. grundstücksscharf. Entsprechend der in Abbildung 26 und Abbildung 27 dargestellten Legende, wurden die Potenziale der Grundstücke mit guter Eignung, durchschnittlicher Eignung und Einzelfallbetrachtungen zu einem Potenzial von 17,1 GWh/a zusammengefasst. Die weiteren Karten sind in Anhang B bis E dargestellt.

Tabelle 7: Erzeugernutzwärme (Erdwärmesonden nach Wärmepumpe nach Gemeinden)

Gemeinde	Anzahl Erdwärmesonden	Erzeugungsnutzwärme nach Wärmepumpe gut geeignet [GWh/a]	Erzeugungsnutzwärme nach Wärmepumpe geeignet [GWh/a]	Erzeugungsnutzwärme nach Wärmepumpe Einzelfallbetrachtung [GWh/a]
Büchel	684	0,5	0,03	0,2
Griefstedt	916	0,5	0,1	0,2
Günstedt	1.592	1,8	0,4	0,5
Kindelbrück	14.015	6,9	0,9	5,0
Gesamtes Plangebiet	17.207	9,8	1,4	5,9

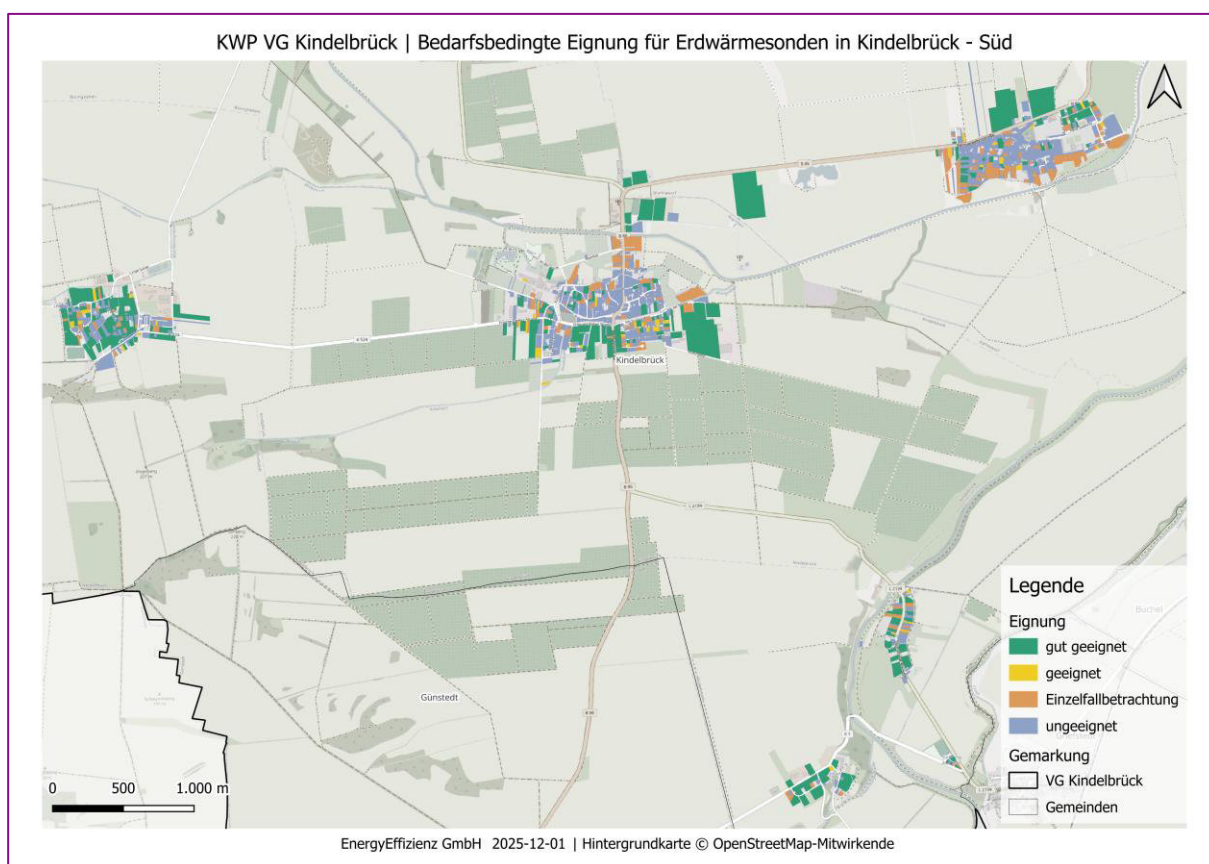


Abbildung 26: Gemeinde Kindelbrück – Süd: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden

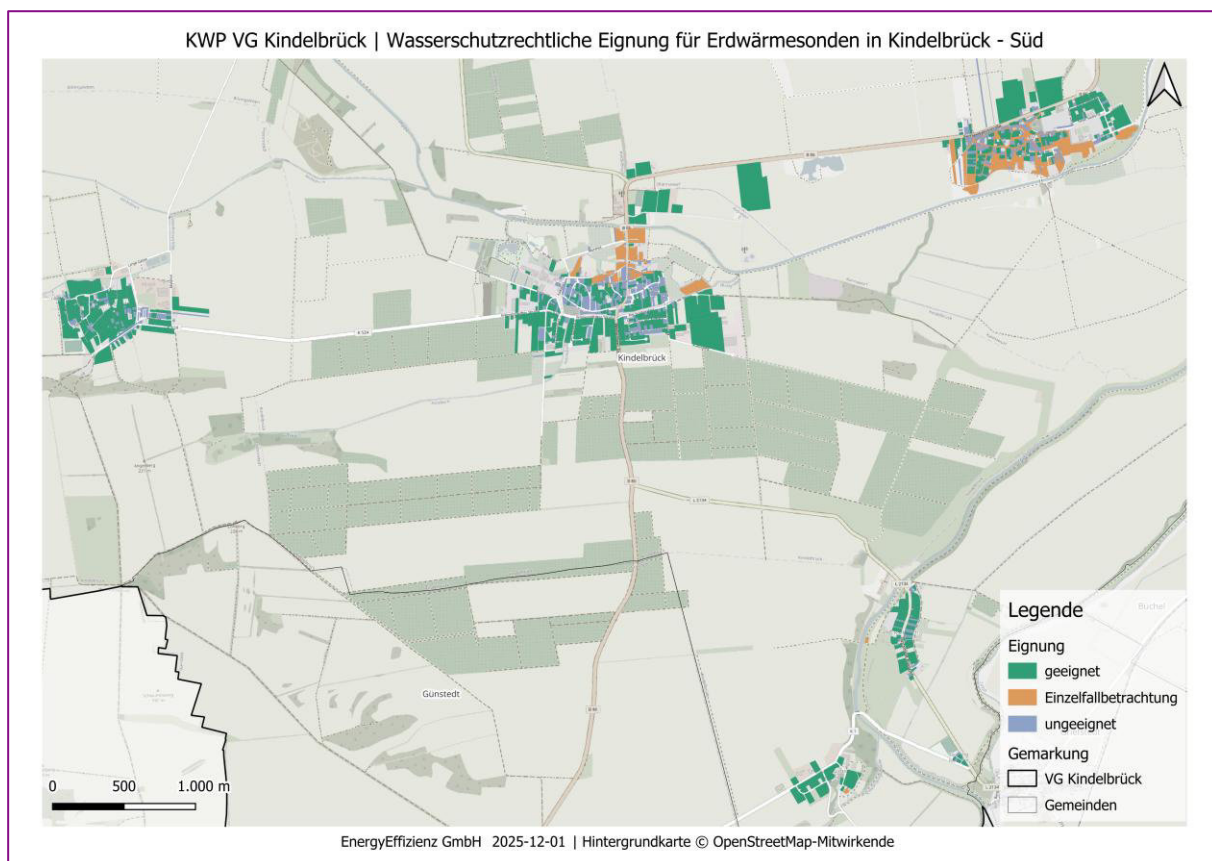


Abbildung 27: Gemeinde Kindelbrück – Süd: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden

4.3.3. Biomasse

Als erneuerbarer Energieträger kann das Biomassepotenzial sowohl für die zentrale als auch die dezentrale Wärmeversorgung von Gebäuden genutzt werden. Das Biomassepotenzial wurde bereits in Kapitel 4.2.1 untersucht. Welcher Anteil des Potenzials für die zentrale und für die dezentrale Versorgung genutzt werden kann, wird im Zielszenario definiert.

4.3.4. Solarthermie auf Dachflächen

Neben dem Freiflächenpotenzial wird das solare Potenzial durch die Installation von Solarthermieanlagen auf Dächern betrachtet.

4.3.4.1. Hinweise und Einschränkungen

Als geographische Eingrenzung dienen hierbei sämtliche Gebäude, wobei das technische Potenzial berücksichtigt wird und gebäudebezogene Einschränkungen aufgrund des Denkmalschutzes unberücksichtigt bleiben. Das Potenzial wird im Solarrechner der ThEGA nicht erfasst und kann demnach für Kindelbrück nicht flächendeckend ermittelt werden.

4.4. Stromerzeugungspotenziale

Neben den Potenzialen zur zentralen und dezentralen Wärmeversorgung werden im Folgenden die Potenziale zur Stromerzeugung untersucht. Insbesondere im Hinblick auf eine zukünftig stärkere Sektorenkopplung ist die Analyse der Strompotenziale wichtig, um eine strombasierte Wärmeversorgung z.B. durch dezentrale Wärmepumpen sicherzustellen. Die konkrete Einbindung der Potenziale zum Beispiel für den Betrieb einer Großwärmepumpe für ein Wärmenetz wird im Zielszenario dargestellt.

4.4.1. Photovoltaik auf Dachflächen

Photovoltaik spielt eine entscheidende Rolle in der kommunalen Wärmeplanung, da der erzeugte Strom für verschiedene Technologien zur Wärmeerzeugung genutzt werden kann. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von mittels Photovoltaik erzeugtem Strom zur Versorgung von Wärmepumpen. Photovoltaik ist eine flexible Lösung, da die Module sowohl auf Dächern als auch auf Freiflächen installiert werden können und so unterschiedlichen räumlichen Gegebenheiten gerecht werden. Damit trägt Photovoltaik nicht nur zur nachhaltigen Stromerzeugung bei, sondern unterstützt auch maßgeblich die Erzeugung erneuerbarer Wärme.

Neben dem Freiflächenpotenzial wird das solare Potenzial durch die Installation von PV-Anlagen auf Dächern betrachtet. Als geographische Eingrenzung dienen hierbei sämtliche Gebäude, wobei das technische Potenzial berücksichtigt wird und gebäudebezogene Einschränkungen z.B. aufgrund des Denkmalschutzes unberücksichtigt bleiben.

4.4.1.1. Hinweise und Einschränkungen

Die Leistung von PV-Anlagen auf Dachflächen wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dazu zählen die Ausrichtung und Neigung des Dachs. Eine Ausrichtung nach Süden in der Nordhalbkugel und ein Neigungswinkel zwischen 30 ° und 45 ° sind optimal. Schatten von Gebäuden, Bäumen oder anderen Objekten können die Leistung erheblich beeinträchtigen, selbst kleine Schatten können den Gesamtertrag deutlich reduzieren. Unterschiedliche Dachmaterialien und Oberflächenstrukturen können die Reflexion und Absorption von Sonnenlicht beeinflussen, was sich wiederum auf die Leistung der PV-Module auswirkt. Zusätzlich variieren klimatische Bedingungen wie Sonneneinstrahlung und Temperatur je nach geografischer Lage und Jahreszeit und beeinflussen damit die Leistung der PV-Anlage. Da hohe Umgebungstemperaturen die Leistung einer PV-Anlage reduzieren, ist mindestens eine Hinterlüftung sinnvoll.

4.4.1.2. Potenzial

Potenziale für einzelne Gebäude können in der Webanwendung des Solarrechners der Landesenergieagentur ThEGA abgerufen werden. Die Zusammenfassung zur Photovoltaik zeigt, dass ein Stromertrag von 58,7 GWh/a auf der Gemarkung der Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück erzeugt werden könnte. Derzeit sind auf 347 von insgesamt 2.239 Gebäuden PV-Anlagen installiert, was einem Anteil von rund 15 % entspricht.

4.4.2. Photovoltaik auf Freiflächen

Freiflächen-Photovoltaik meint die Aufständerung von Solarmodulen auf großen Flächen – im Gegensatz zu der beispielsweise weit verbreiteten Montage auf Dächern. Photovoltaik-Freiflächenanlagen können bei Nachführung erhöhte Erträge einbringen.

Die Freiflächen-Photovoltaik ist eine äußerst effiziente Methode zur Gewinnung von erneuerbarem Strom. Bei dieser Technologie werden Solaranlagen auf freien Flächen am Boden installiert, wie beispielsweise auf landwirtschaftlich ungenutzten oder brachliegenden Äckern. Diese eignen sich besonders gut für die Errichtung von Photovoltaikanlagen, da sie genügend Raum bieten, um hohe Erträge an Solarstrom zu erzielen.

4.4.2.1. Hinweise und Einschränkungen

Im Folgenden wird das Potenzial für Photovoltaik auf Freiflächen bestimmt. Bei der Berechnung des Freiflächen-Photovoltaikpotenzials sind Restriktionen zu beachten, die sich in Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren unterteilen.

Ausschlusskriterien:

- Siedlungsflächen
- Straßen- und Schienenflächen
- Gewässer
- Wald- und Forstflächen
- Naturschutzgebiete
- Nationalparks und Naturdenkmäler
- Kernzonen (Schutzzone I) von Naturparken
- Natura 2000-Gebiete / FFH und Vogelschutz
- Biotope
- Kern- und Pflegezonen von Biosphärenreservaten
- Überflutungsflächen HQ100
- Wasserschutzgebiete, Zone I

- Eine Hangneigung größer gleich 20° (wird als hoher technischer Aufwand und nicht ökonomisch gesehen) (LABO, 2023)

Restriktive Faktoren:

- Landschaftsschutzgebiete (LSG)
- Entwicklungszonen von Biosphärenreservaten
- Pflegezonen (Schutzzone II) und Entwicklungszonen von Naturparken
- Wasserschutzgebiete, Zone II
- Hochspannungsfreileitungen
- Vorranggebiete für den Hochwasserschutz

Demnach wird unterschieden in geeignetes Potenzial (exkl. restriktiver Faktoren) und bedingt geeignetes Potenzial (inkl. restriktiver Faktoren). Zusätzlich zu den Restriktionen ist für die Wirtschaftlichkeit eines Projektes der Flächenzuschnitt und die Sonneneinstrahlung entscheidend. Bei der Potenzialanalyse wurden diese Aspekte so gut wie möglich berücksichtigt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass sich aufgrund von methodischen Einschränkungen Ungenauigkeiten ergeben können und dass es in jedem Fall einer weitere Fachplanung zur Flächenausweisung bedarf.

4.4.2.2. Potenzial

Die betrachteten Flächen eignen sich grundsätzlich sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermie. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei Solarthermie-Freiflächenanlagen die räumliche Nähe zu einer Wärmenetz-Heizzentrale gegeben sein sollte, damit die erzeugte Wärme effizient genutzt werden kann. Die Nutzung für PV oder Solarthermie ist daher im Einzelfall und unter Berücksichtigung weiterer Planungen zu entscheiden.

Für die Berechnung des möglichen Ertrags werden pro ha Fläche $950 \text{ MWh}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ Ertrag für Photovoltaik angenommen. Es folgt eine getrennte Betrachtung von geeigneten und bedingt geeigneten Flächen, wobei sich das Gesamtpotenzial von $5413,3 \text{ GWh/a}$ aus deren Summe ergibt. Es ist wichtig klarzustellen, dass die dargestellten Flächen als Flächenpool zu verstehen sind (Abbildung 28).

Tabelle 8 : Technisches Potenzial Freiflächen-PV nach Gemeinden

Gemeinde	Technisches Potenzial geeignet [GWh/a]	Technisches Potenzial bedingt geeignet [GWh/a]
Büchel	430,9	69,8
Griefstedt	352,6	55,7
Günstedt	612,1	62,9
Kindelbrück	2.777,2	1.052,1
Gesamtes Plangebiet	4.172,8	1.240,5

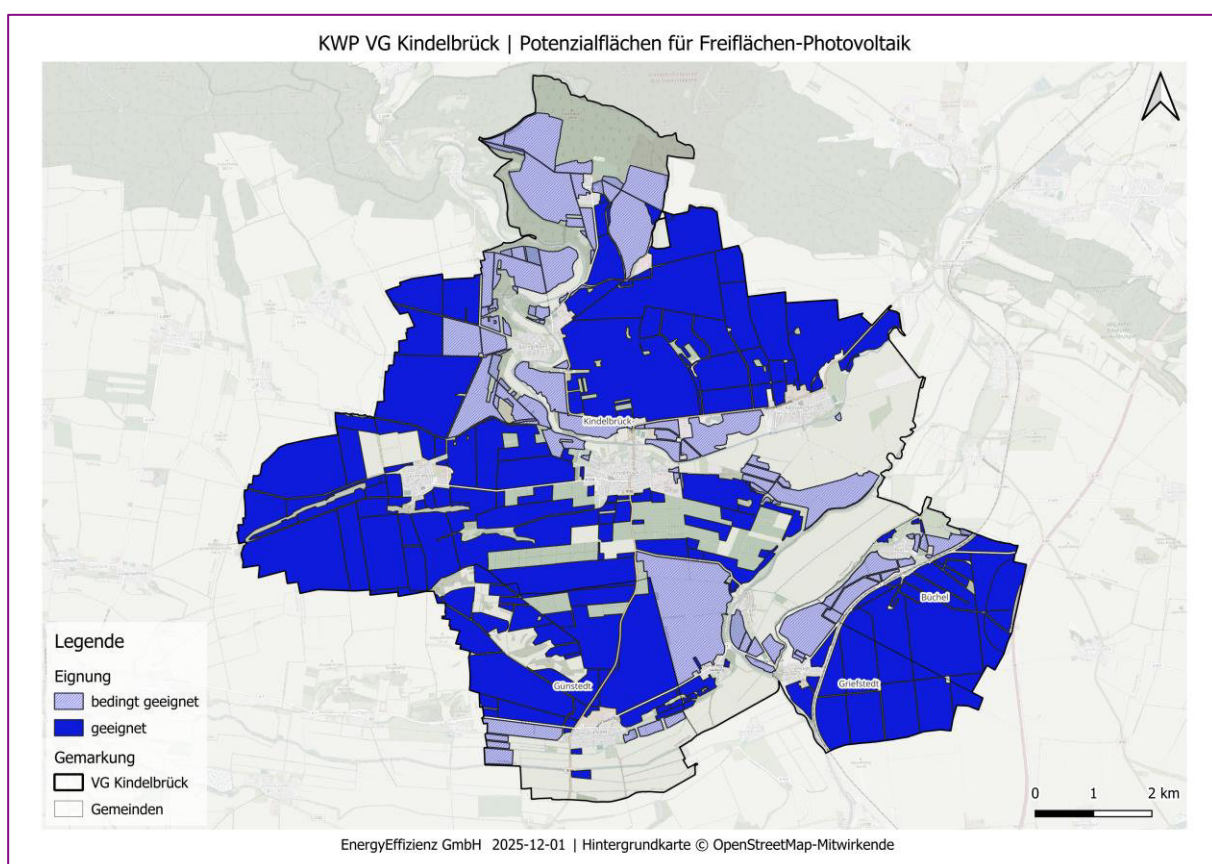


Abbildung 28: Potenzialflächen Freiflächen-PV

4.4.3. Agri-PV

Eine besondere Form der Nutzung von Sonnenenergie ist die sogenannte Agri-Photovoltaik (Agri-PV). Dabei werden im Unterschied zu den Freiflächenanlagen die Kollektoren entsprechend der landwirtschaftlichen Nutzung aufgeständert, sodass unter den Kollektoren weiterhin das Feld bestellt werden kann. Alternativ können die Module vertikal aufgestellt werden, um Platz für landwirtschaftliche Maschinen freizuhalten, oder sie werden als Überdachung von Obst- und Weinkulturen eingesetzt, wo sie zusätzlich Schutz vor Witterungseinflüssen bieten.

4.4.3.1. Hinweise und Einschränkungen

Agri-Photovoltaik-Anlagen sind nach EEG 2023 bevorzugt auf:

- Anlagen auf Ackerflächen mit gleichzeitigem Nutzpflanzenanbau
- Anlagen auf Ackerflächen mit gleichzeitigem Anbau von Dauerkulturen oder mehrjährigen Kulturen
- Anlagen auf Grünland bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung als Dauergrünland

Nicht alle landwirtschaftlichen Flächen sind für eine entsprechende Anlage geeignet. Streuobstwiesen werden ausgeschlossen. Ackerflächen, Rebflächen, Grünland, Gartenland und Obststrauchplantagen werden bei der Untersuchung berücksichtigt. Als zusätzliche Ausschlusskriterien werden Wasserschutzgebiete und Hochwasserschutzgebiete ausgeschlossen. Schutzbedürftige Naturflächen, wie Biotop stehen grundlegend nicht im Widerspruch zu Agri-PV, werden aber aufgrund des erhöhten Planungsaufwands und aus Rücksicht auf die Natur ausgeschlossen. Da das Landschaftsbild durch aufgeständerte Anlagen unter Umständen mehr beeinflusst wird als bei Freiflächenanlagen, die am Boden errichtet werden, werden die Landschaftsschutzgebiete (LSG) gesondert berücksichtigt. Es wird von bedingt geeigneten Flächen gesprochen, wenn die LSG inkludiert sind und von geeigneten Flächen, wenn die LSG ausgeschlossen wurden. Zu berücksichtigen ist auch, dass eine Flächenkonkurrenz zwischen Agri-PV-Anlagen und Freiflächenanlagen bestehen kann, da sich die Flächenkulisse in Teilen überschneidet.

4.4.3.2. Potenzial

Für die Berechnung des möglichen Ertrags werden pro ha Fläche 570 MWh/a Ertrag für Agri-PV angenommen (Trommsdorff, Dr. M. et al., 2024). Für die Verwaltungsgemeinschaft ergibt sich ein technisches Potenzial von 3.410,0 GWh/a für die Stromerzeugung durch Agri-PV.

Tabelle 9: Technisches Potenzial Agri-PV nach Gemeinden

Gemeinde	Technisches Potenzial geeignet [GWh/a]	Technisches Potenzial bedingt geeignet [GWh/a]
Büchel	258,5	41,9
Griefstedt	211,6	33,4
Günstedt	390,0	37,8
Kindelbrück	1.844,7	633,1
Gesamtes Plangebiet	2.704,8	746,2

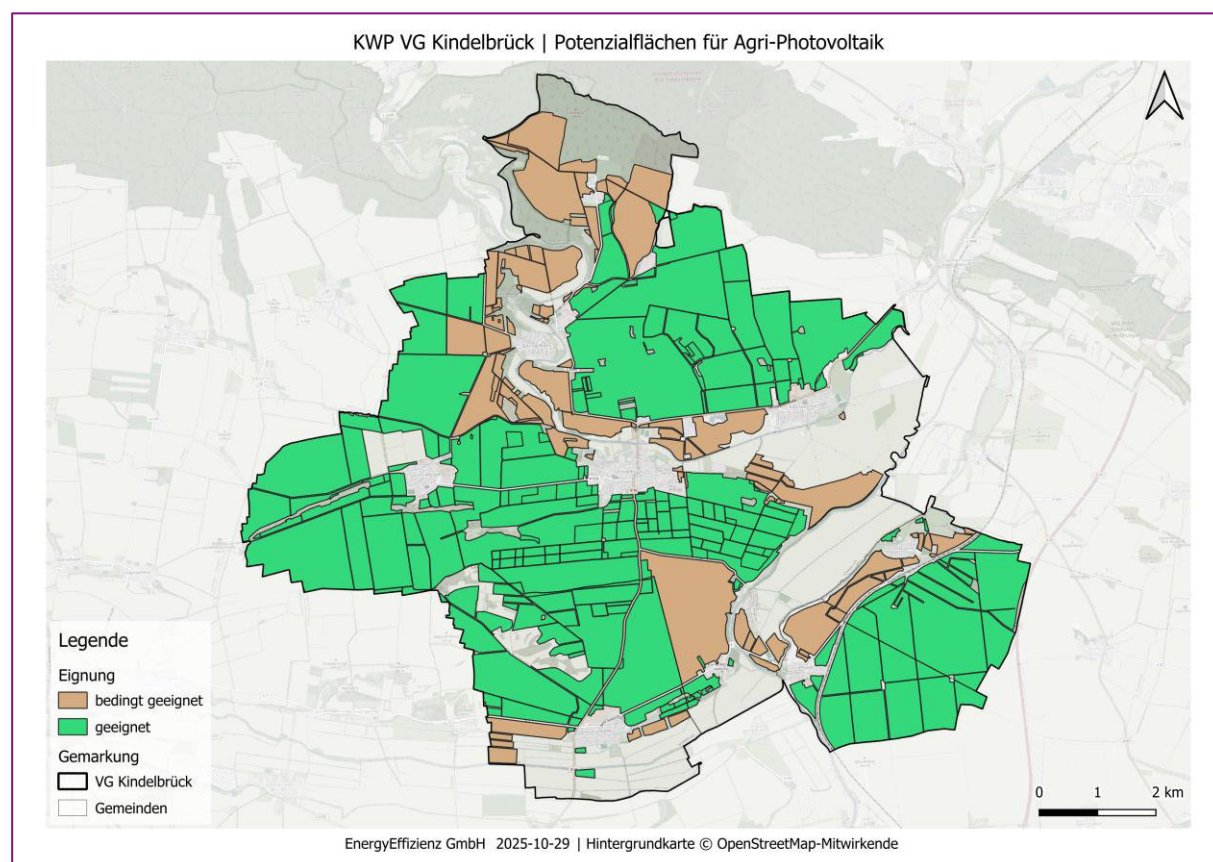


Abbildung 29: Potenzialflächen Agri-PV

4.4.4. Windkraft

Windkraftanlagen sind heute mit Abstand die wichtigste Form der erneuerbaren Energietechnologien. Die mit großem Abstand dominierende Bauform ist der dreiblättrige Auftriebsläufer mit horizontaler Achse. Für diese Bauart wurden die flächenspezifischen Potenziale ermittelt.

4.4.4.1. Hinweise und Einschränkungen

Auf Bundesebene soll der Ausbau der Windenergie nun kurzfristig beschleunigt werden. Aktuell werden nur rund 0,6 % der Landesfläche von Windenergieanlagen beansprucht. Der Gesetzgeber hat unter anderem das Zwischenziel von 1,8 % bis zum Jahr 2027 festgeschrieben, was einen großen Handlungsbedarf in den kommenden Jahren bedeutet.⁴ Solange die im Gesetz geforderten 1,8 % der Landesfläche nicht für Windenergie ausgewiesen sind, gilt die Privilegierung im Außenbereich, womit eine planerische Steuerung in Form eines Teilflächennutzungsplanes derzeit nicht möglich ist.

4.4.4.2. Potenzial

Für die Nutzung der Windenergie ist es besonders wichtig, windhöfliche Gebiete zu erschließen, da sie das höchste Ertragspotenzial bieten. Es wird von einem Zubau von 29 Windkraftanlagen ausgegangen (Abbildung 30). Die genannten Windenergieanlagen befinden sich bereits in der Planung, sodass es sich nicht um rein theoretische Potenzialflächen, sondern um konkret zu erwartende Zubauten handelt. Unter der Annahme, dass pro Anlage 4 MWp Leistung installiert und 1.752 Volllaststunden pro Jahr ausgenutzt werden können, kann ein Stromertrag von 203,2 GWh/a erreicht werden. Das Potenzial für Windenergie stellt sich für die einzelnen Gemeinden wie folgt dar:

Tabelle 10: Technisches Windpotenzial nach Gemeinden

Gemeinde	Anzahl WEA	Verfügbare Energiemenge geeignet [GWh/a]
Büchel	-	-
Griefstedt	-	-
Günstedt	11	77,1
Kindelbrück	18	126,1
Gesamtes Plangebiet	29	203,2

⁴ Wind BG 2023, § 3 Abs. 1

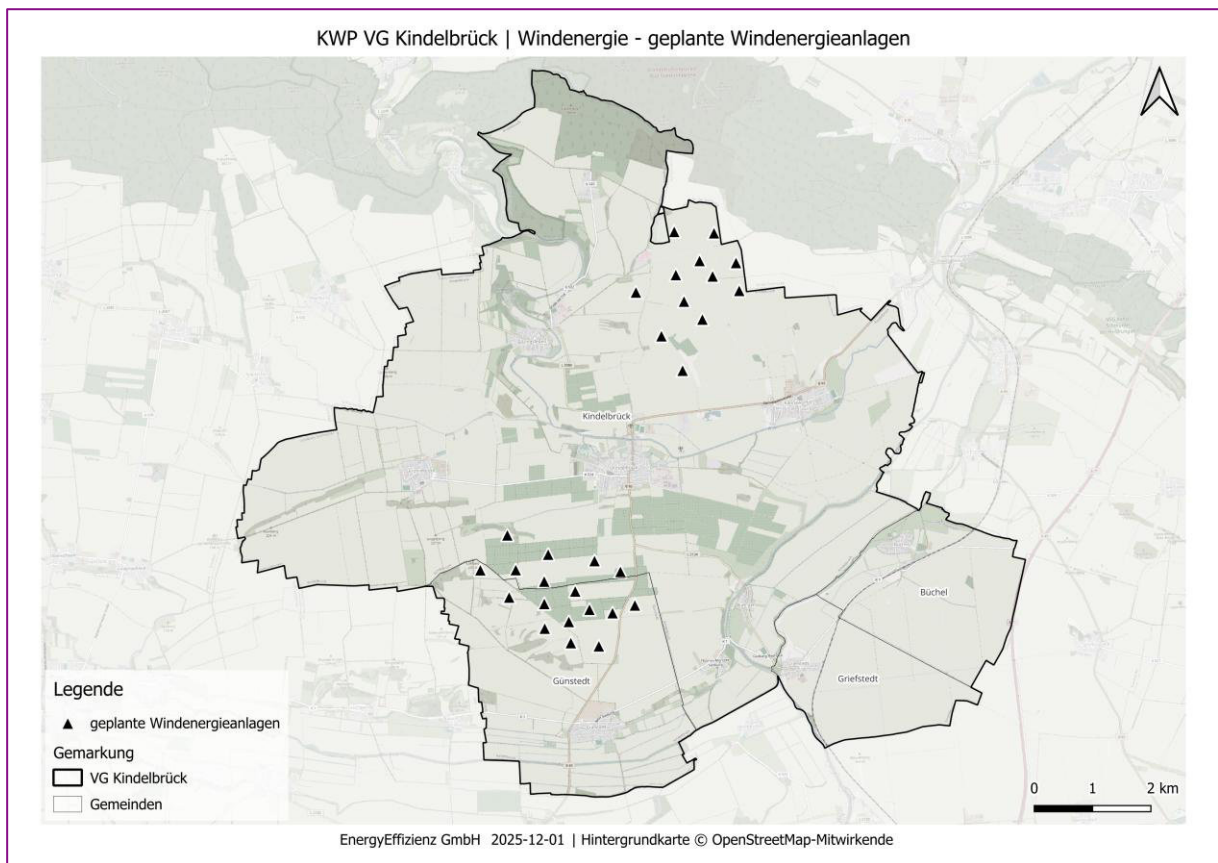


Abbildung 30: Geplante Windenergieanlagen im Plangebiet

5. Literaturverzeichnis

- BMWK. (2022). *Geothermie für die Wärmewende-Bundeswirtschaftsministerium startet Konsultationsprozess*. Von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/11/20221111-geothermie-fuer-die-waermewende.html> abgerufen
- Bracke, R., & Huenges, E. (Februar 2022). *www.geothermie.de*. Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie & Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ). Von https://www.geothermie.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Roadmap_Tiefe_Geothermie_in_Deutschland_FhG_HGF_02022022.pdf abgerufen
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). (2007). *Bodenarten in Oberböden Deutschlands*.
- Bundesverband Geothermie. (kein Datum). Abgerufen am 20. 09 2023 von <https://www.geothermie.de/geothermie/einstieg-in-die-geothermie.html>
- Dunkelberg, E. A. (2023). *Bestimmung des Potenzials von Abwärme in Berlin*. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW). Beauftragt durch das Land Berlin, vertreten durch die Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klima- und Umweltschutz.
- LABO. (2023). Von https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-Arbeitshilfe_FFA_Photovoltaik_und_Solarthermie.pdf abgerufen
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB). (kein Datum). *ISONG: Erdwärmekollektoren: Grabbarkeit in 1-2 m Tiefe*. (R. u. Landesamt für Geologie, Hrsg.) Abgerufen am 13. 06 2023 von <https://isong.lgrb-bw.de/>
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB). (kein Datum). *ISONG: Erdwärmekollektoren: Wasser- und Heilquellenschutzgebiete*. Abgerufen am 13. 06 2023 von <https://isong.lgrb-bw.de/>
- Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al. (2024)). *Ortner, Sara; Paar, Angelika; Johannsen, Lea; Wachter, Philipp; Hering, Dominik; Pehnt, Martin et al. (2024): Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*. Hg. v. ifeu - Institut für. Von <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung> abgerufen
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BW. (2019). *Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen*.
- Peters, M., Miocic, J., & Koenigsdorff, R. (2022). *Erdwärmesonden-Potenzial für die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg*. (K. K.-u.-W. GmbH, Hrsg.) Von https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Wissensportal/Erdwaermesonden/230918_Dokumentation_Potenzial_EWS-BW.pdf abgerufen
- Technikkatalog (Langreder et al. (2024)). *Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; Wünsch, Aurel; Lengning, Saskia et al. (2024): Technikkatalog Wärmeplanung*. Hg. v. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelph. Von <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung> abgerufen

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kurzstatistik über Gemeinden und gesamtes Plangebiet (Stand 31.12.2023)	14
Tabelle 2: Einteilung der Wärmeliniendichte in Eignungskategorien (Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al., 2024))	22
Tabelle 3: Biomassepotenzial aus Holzresten in den Gemeinden	28
Tabelle 4: Gesamtpotenzial Freiflächensolarthermie nach Gemeinden in GWh/a.....	31
Tabelle 5: Potenzial Agrothermie (Erzeugernutzwärme nach Wärmepumpe) nach Gemeinden	34
Tabelle 6: Erzeugernutzwärme (Erdwärmekollektoren nach Wärmepumpe nach Gemeinden)	48
Tabelle 7: Erzeugernutzwärme (Erdwärmesonden nach Wärmepumpe nach Gemeinden)	50
Tabelle 8 : Technisches Potenzial Freiflächen-PV nach Gemeinden	55
Tabelle 9: Technisches Potenzial Agri-PV nach Gemeinden.....	57
Tabelle 10: Technisches Windpotenzial nach Gemeinden.....	58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf der Kommunalen Wärmeplanung (KEA Baden-Württemberg, 2020, S. 22)	8
Abbildung 2: Natur- und Artenschutz als restriktives Element.....	11
Abbildung 3: Hochwasserschutz und Überschwemmungsgebiete in der Gemarkung	12
Abbildung 4: Übersicht Verwaltungsgemeinschaft Kindelbrück.....	14
Abbildung 5: Gesamtes Plangebiet: Verteilung Nutzungstypen (Anzahl).....	15
Abbildung 6: Gesamtes Plangebiet: Flächenverteilung Nutzungstypen (beheizte Fläche) Quelle: infas 360 GmbH.....	15
Abbildung 7: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kindelbrück: Dominierender Sektor	16
Abbildung 8: Gesamtes Plangebiet: Baualtersklassen. Quelle: Zensus 2022; infas 360 GmbH.....	17
Abbildung 9: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kerngebiet: Baualtersklassen.....	18
Abbildung 10: Gesamtes Plangebiet: Verteilung der Hauptheizungen Quelle: Zensus 2022; Kehr Buchdaten, 2022, Energieversorgerdaten, Industriefragebögen	19
Abbildung 11: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kerngebiet: Energieträger je Baublock	20
Abbildung 12: <i>Wärmemenge im Status-Quo nach Gemeinden sowie Ortsteile der Landgemeinde Kindelbrück [GWh/a] (2023)</i>	21
Abbildung 13: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kerngebiet: Wärmelinien dichte Status quo	22
Abbildung 14: Senkung der Wärmemenge in GWh/a bis 2045	25
Abbildung 15: Darstellung der Aushaltungsvarianten zur Biomasse-Produktion.....	28
Abbildung 16: Biomassepotenzial.....	29
Abbildung 17: Solarthermie auf Freiflächen.....	32
Abbildung 18: Potenzialflächen Agrothermie	35
Abbildung 19: Potenzial Flusswärme und Abwasserwärme.....	37
Abbildung 20: Potenzial Seethermie	38
Abbildung 21: Temperaturniveau der Abwärme nach Industriezweigen (Dunkelberg, 2023)	40
Abbildung 22: Abwasserwärmepotenzial - Kläranlage in der Verbandsgemeinde	42
Abbildung 23: Geplantes Wasserstoffnetz in Thüringen 2032	43
Abbildung 24: Gemeinde Kindelbrück - Süd: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren	48
Abbildung 25: Gemeinde Kindelbrück - Süd: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren	49
Abbildung 26: Gemeinde Kindelbrück – Süd: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden	50
Abbildung 27: Gemeinde Kindelbrück – Süd: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden..	51
Abbildung 28: Potenzialflächen Freiflächen-PV.....	55
Abbildung 29: Potenzialflächen Agri-PV	57
Abbildung 30: Geplante Windenergieanlagen im Plangebiet	59

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr (anno)
Abb.	Abbildung
AT	Arbeitstage
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BauGB	Baugesetzbuch
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
B-Plan	Bebauungsplan
bzgl.	Bezüglich
°C	Grad Celsius
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DN	Nomineller Rohrdurchmesser
EE	erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EUR	Euro
etc.	et cetera
et al	und andere
e.V.	eingetragener Verein
FFH-Gebiet	Flora-Fauna-Habitat-Gebiet
GEG	Gebäudeenergiegesetz (Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden)
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geoinformationssystem
GWh	Gigawattstunde(n)
Hg.	Herausgeber

HQ100	100-jährliches Hochwasser
ha	Hektar
ID	Identifikation
inkl.	Inklusive
K	Kelvin
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde(n)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kWp	Kilowatt peak
LB	Laubbäume
LED	Light Emitting Diode
m	Meter
m ²	Quadratmeter
MFH	Mehrfamilienhaus
Mio.	Millionen
MWh	Megawattstunde(n)
MW	Megawatt
MWp	Megawatt peak
neg.	Negativ
NSG	Naturschutzgebiet
PV	Photovoltaik
ST	Solarthermie
St.	Stück
t	Tonne
u.a.	und andere(s) / unter anderem
vgl.	vergleiche
vs.	gegen (versus)
WE	Wohneinheit
WEA	Windenergieanlage(n)
Whg.	Wohnungen

WP	Wärmepumpe
WÜS	Wärmeübergabestation
z.B.	zum Beispiel
ZFH	Zweifamilienhaus
zzgl.	zuzüglich

Anhangsverzeichnis

Anhang A: Büchel.....	5
Anhang B: Griefstedt.....	9
Anhang C: Günstedt.....	13
Anhang D: Kindelbrück Bilzingsleben.....	17
Anhang E: Kindelbrück Düppel.....	21
Anhang F: Kindelbrück Frömmstedt.....	25
Anhang G: Kindelbrück Kannawurf.....	29
Anhang H: Kindelbrück.....	33
Anhang I: Kindelbrück Riethgen.....	37

Anhang A: Büchel

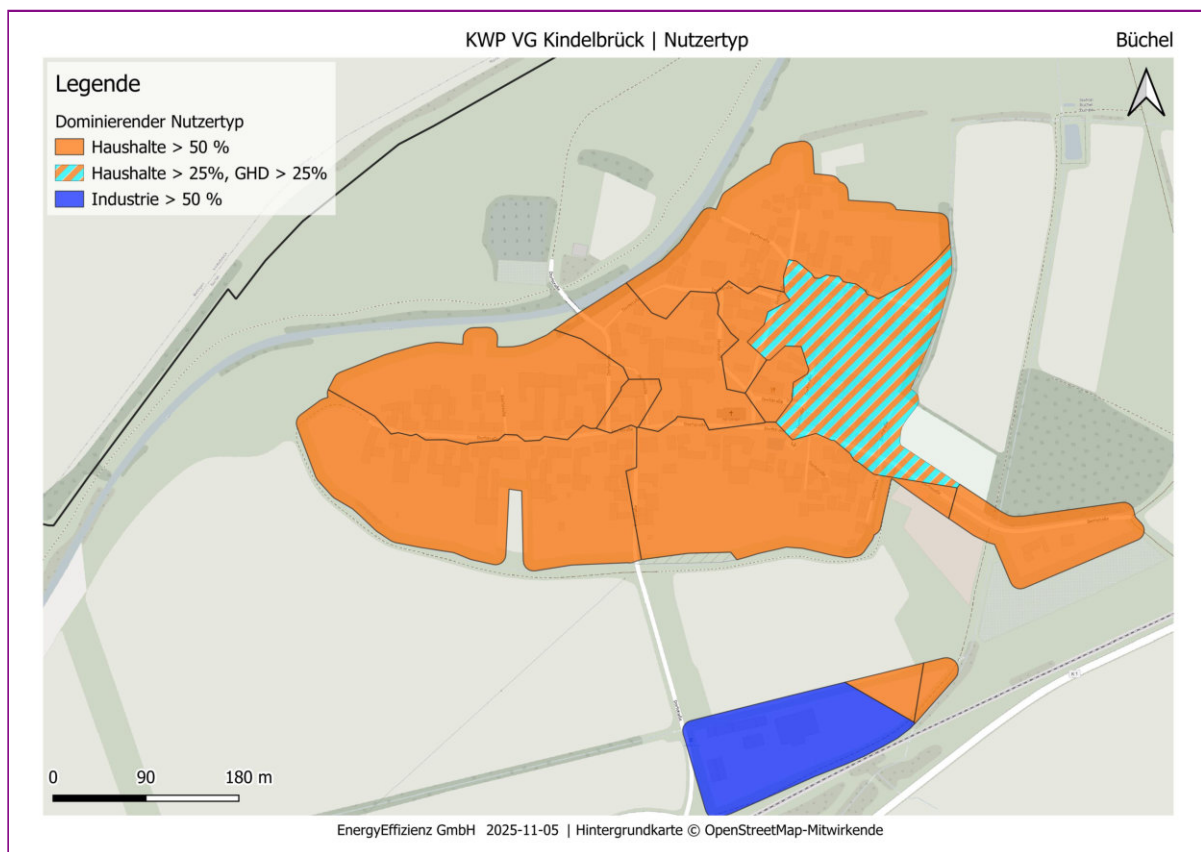


Abbildung 1: Gemeinde Büchel: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

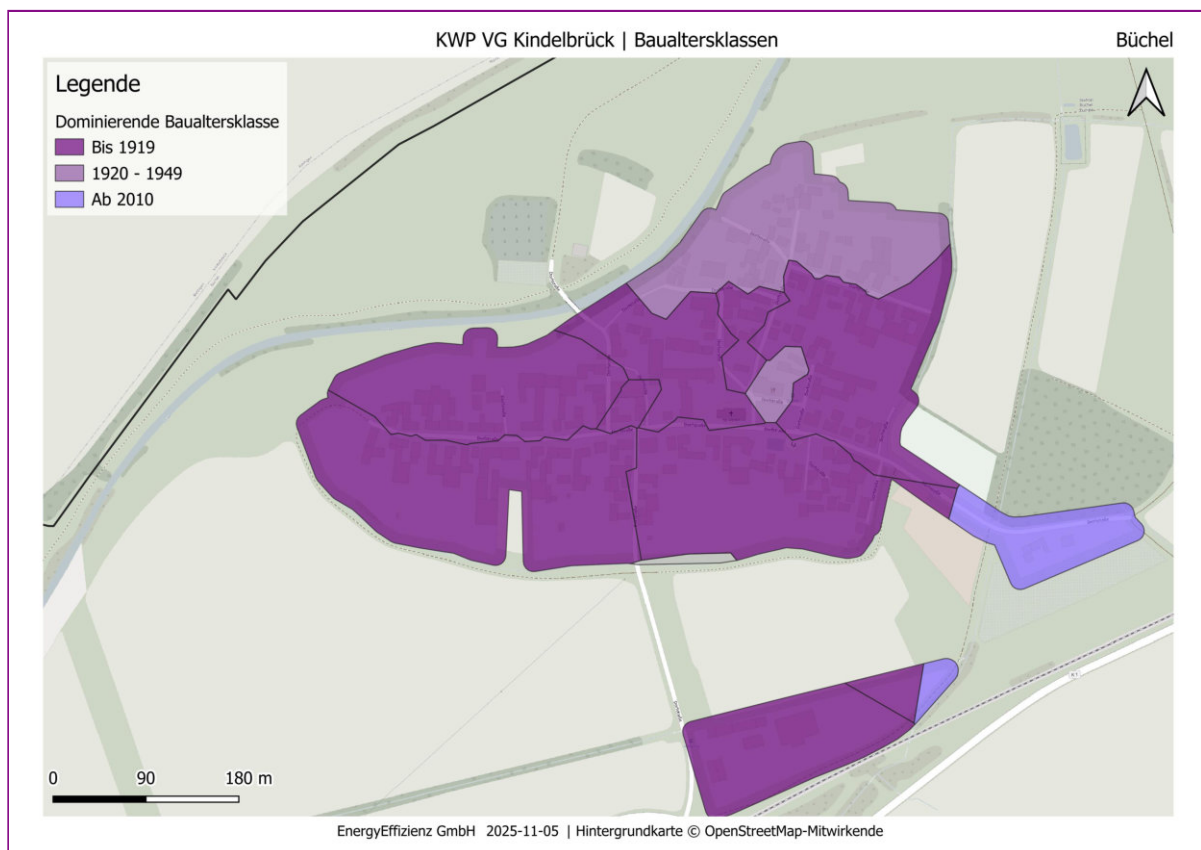


Abbildung 2: Gemeinde Büchel: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

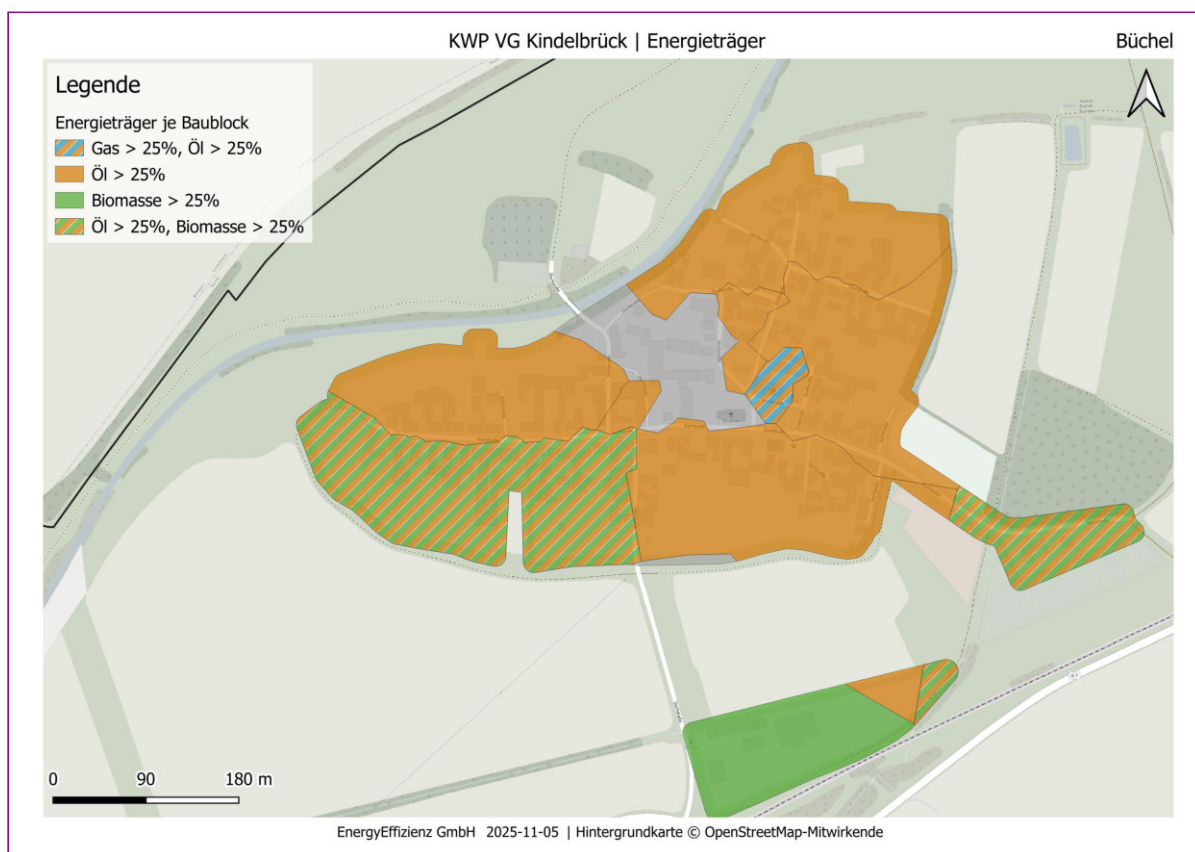


Abbildung 3: Gemeinde Büchel: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

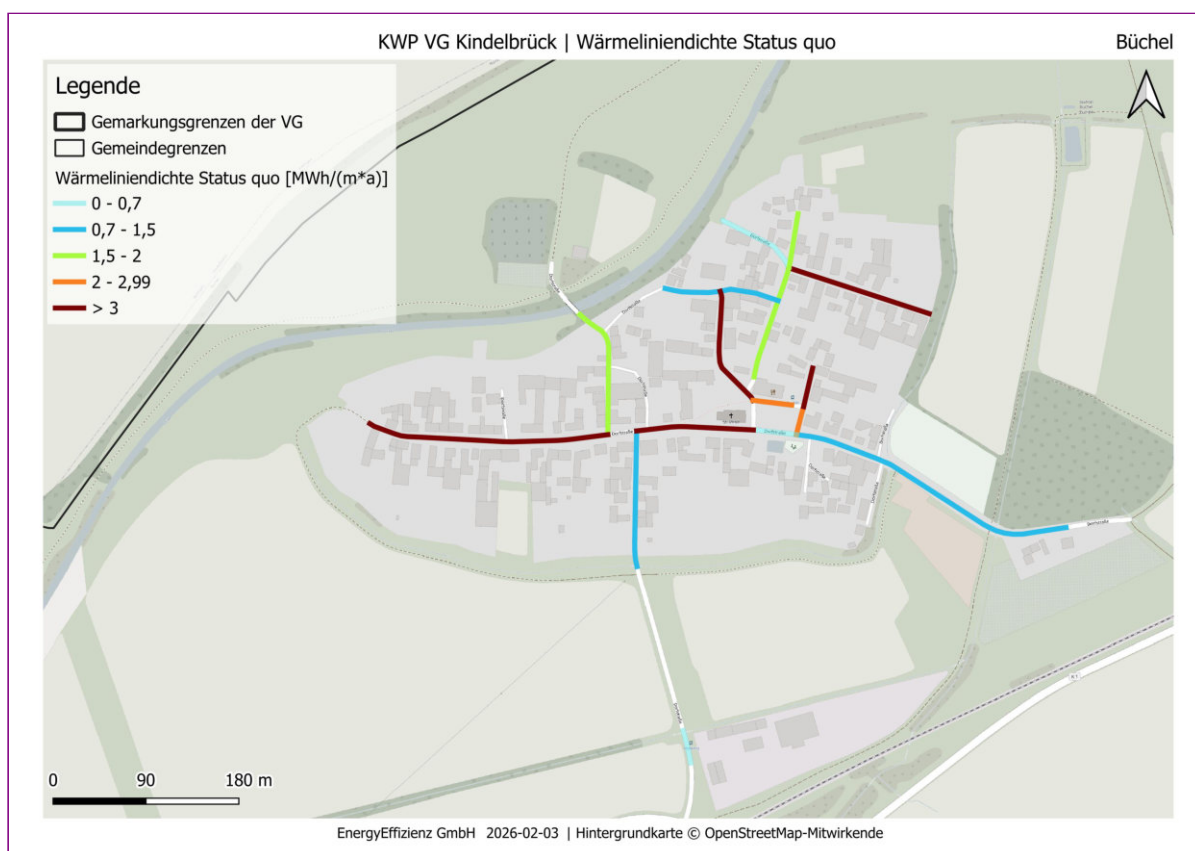


Abbildung 4: Gemeinde Büchel: Wärmelinienichte im Status quo

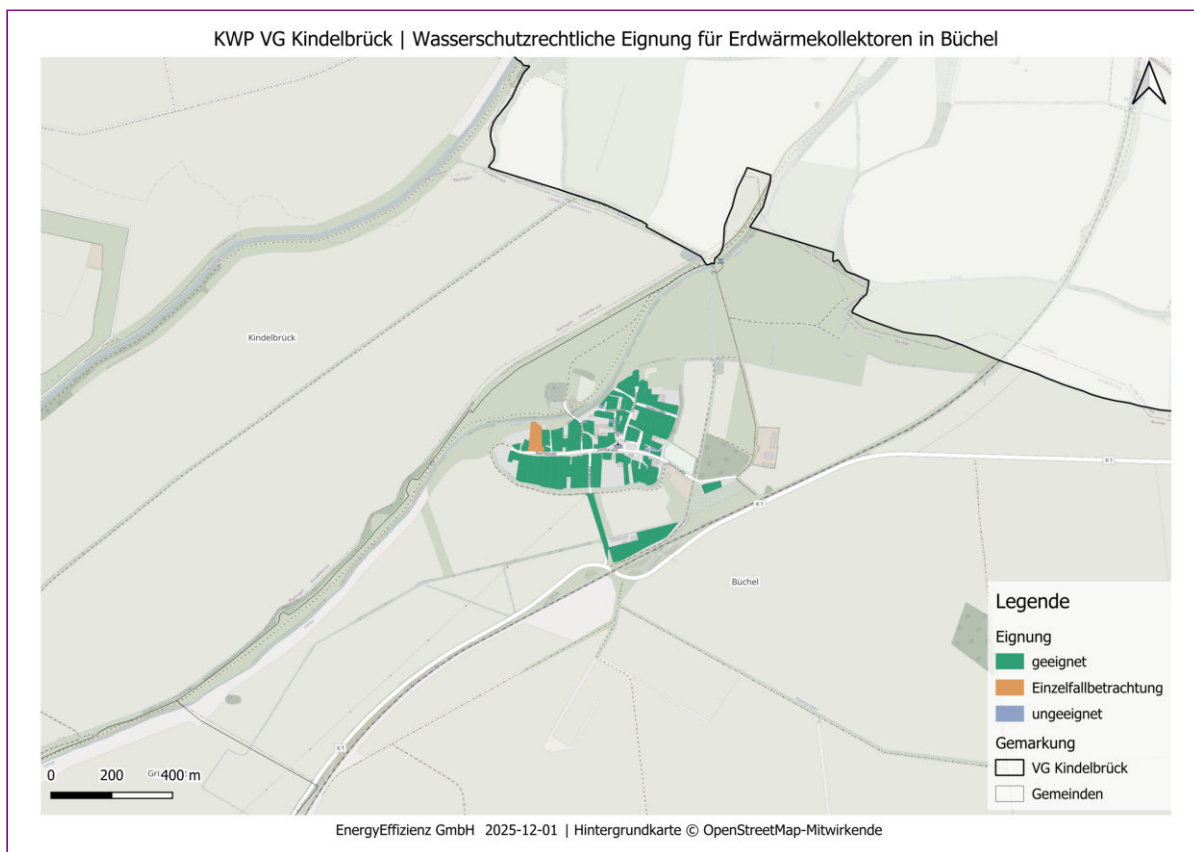


Abbildung 5: Gemeinde Büchel: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

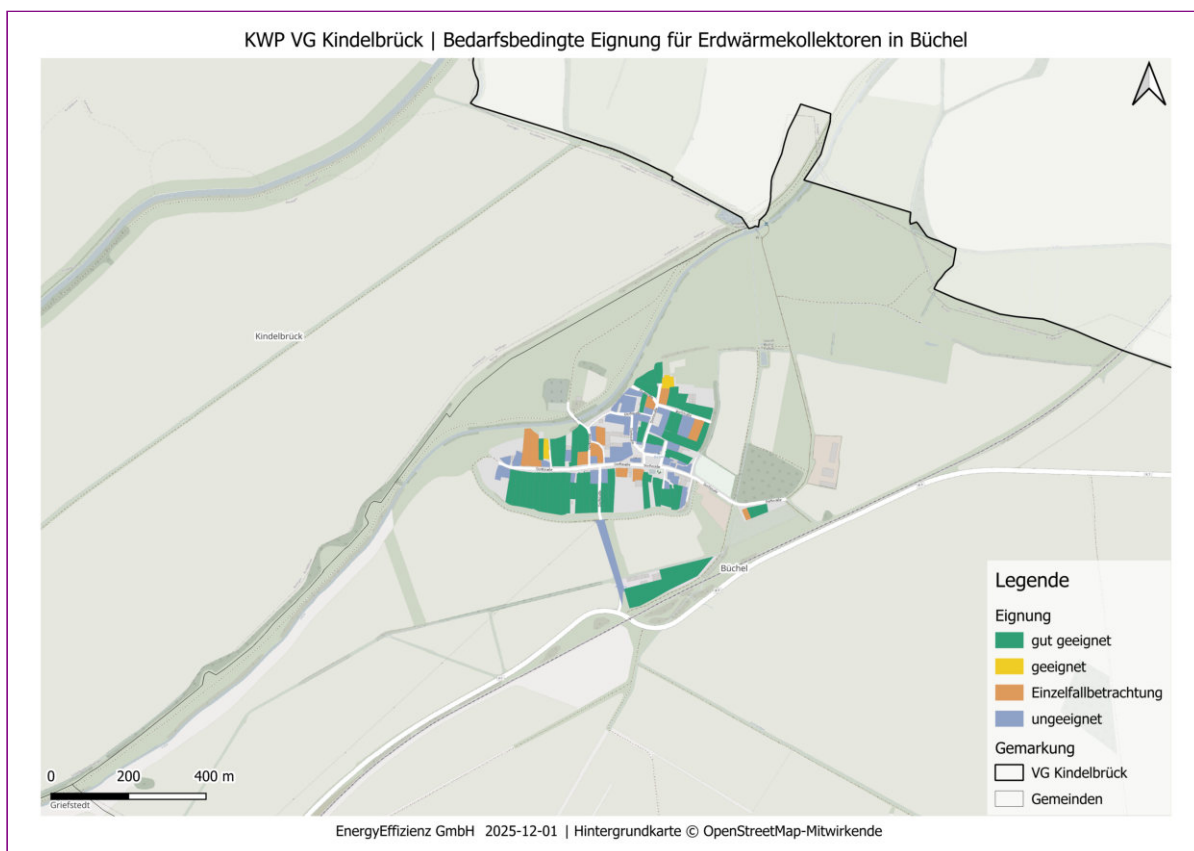


Abbildung 6: Gemeinde Büchel: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

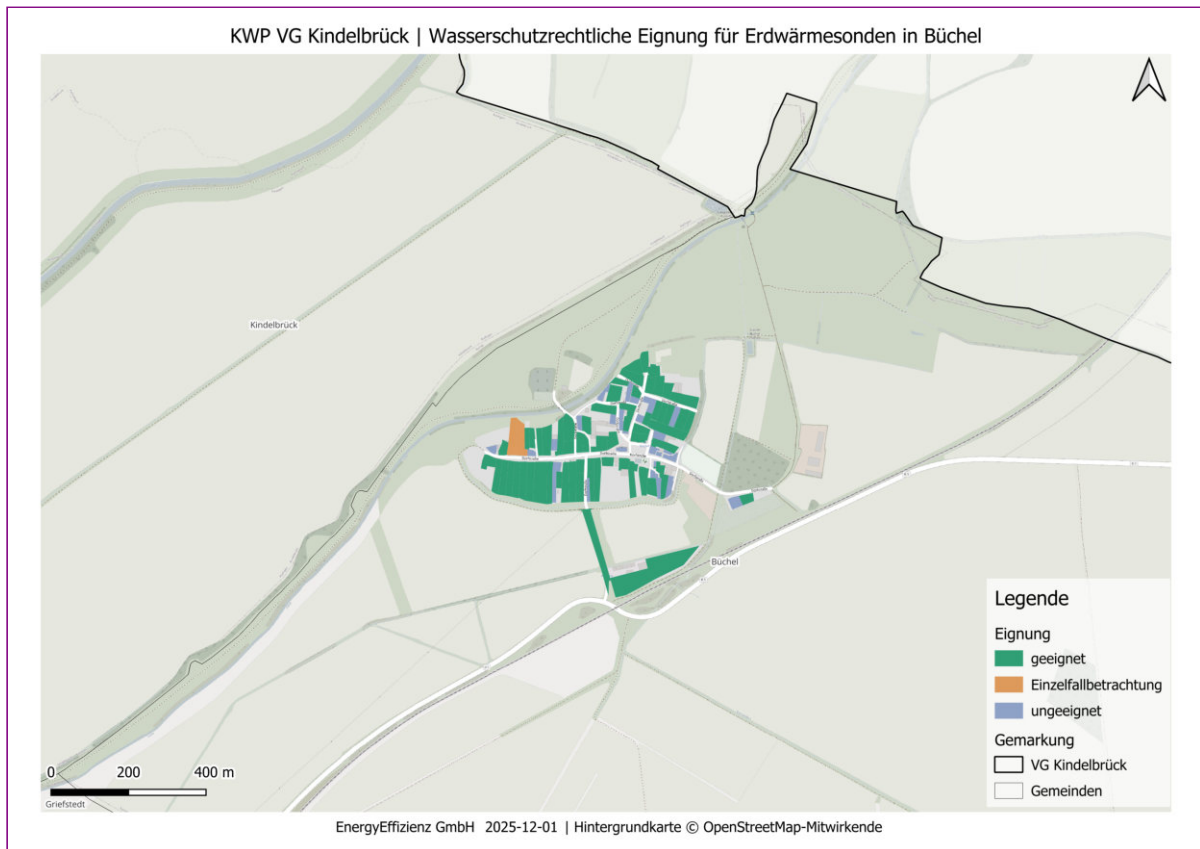


Abbildung 7: Gemeinde Büchel: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

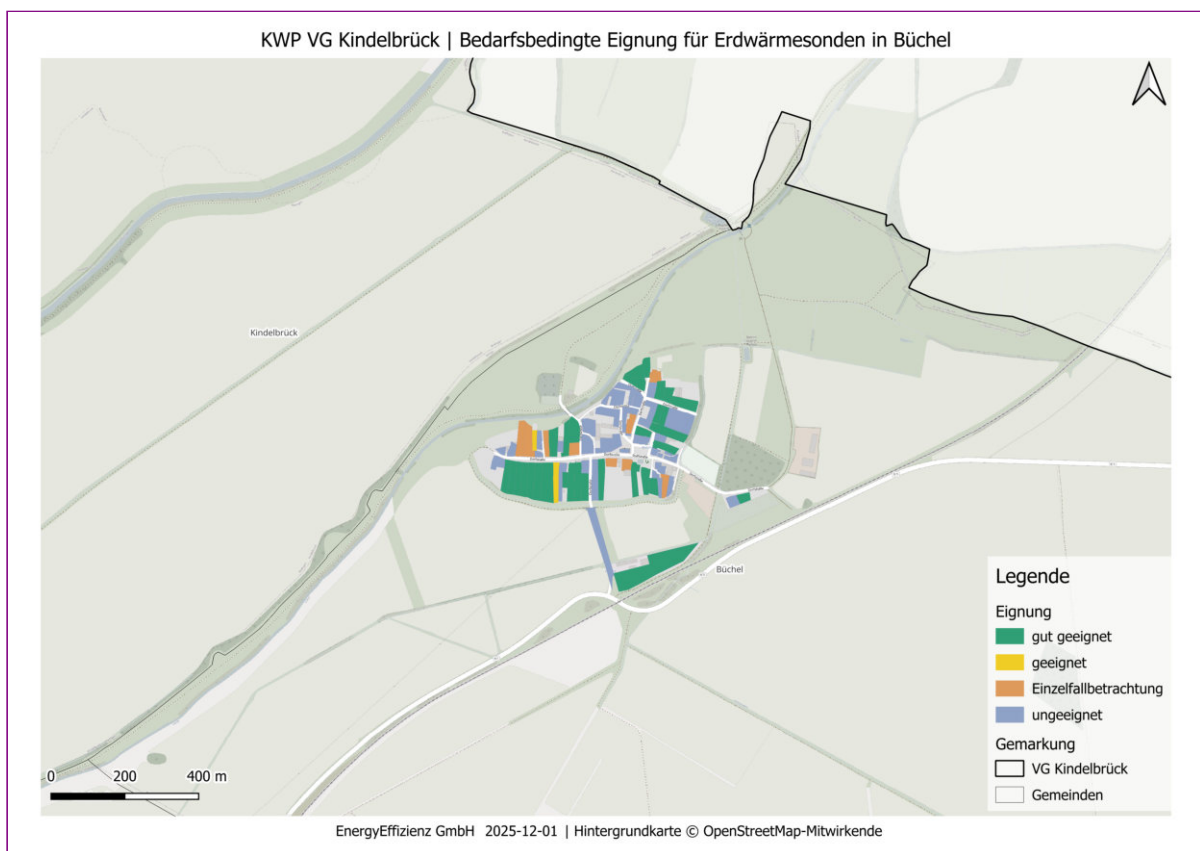


Abbildung 8: Gemeinde Büchel: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang B: Griefstedt

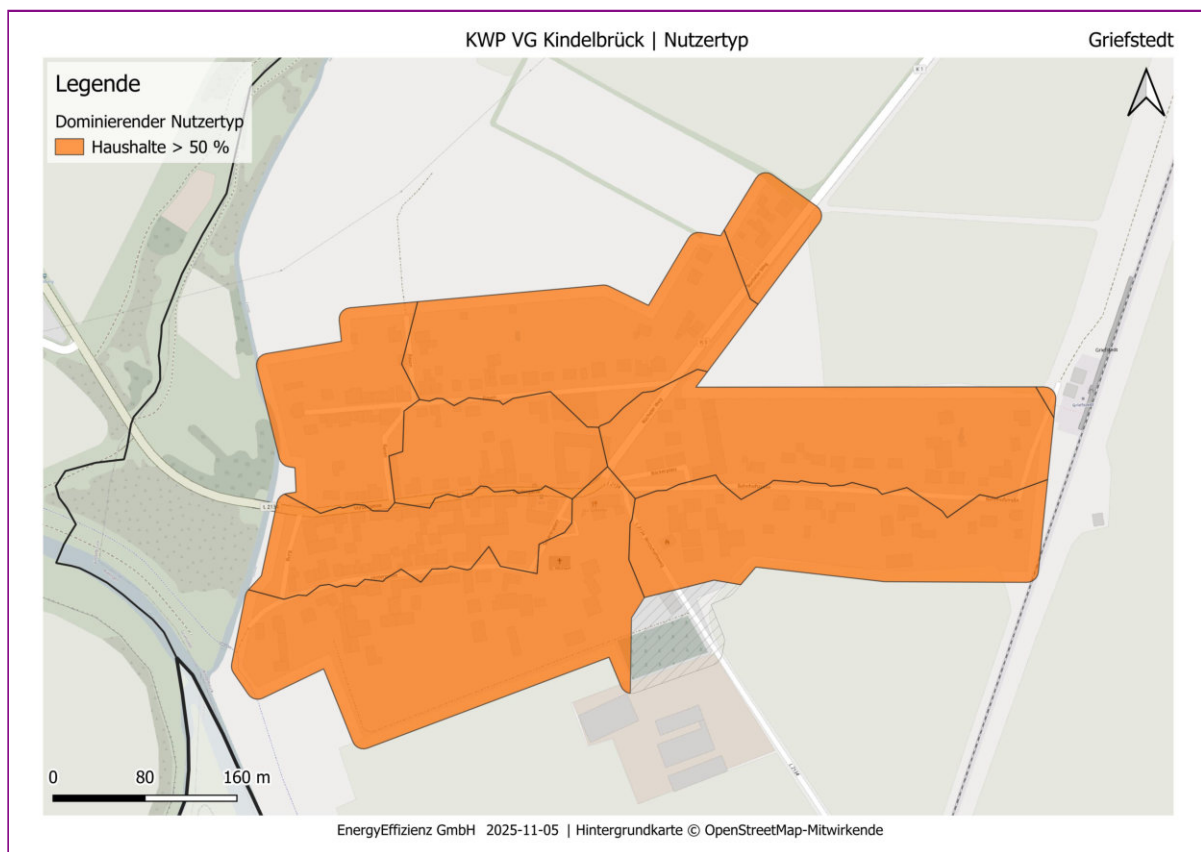


Abbildung 9: Gemeinde Griefstedt: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

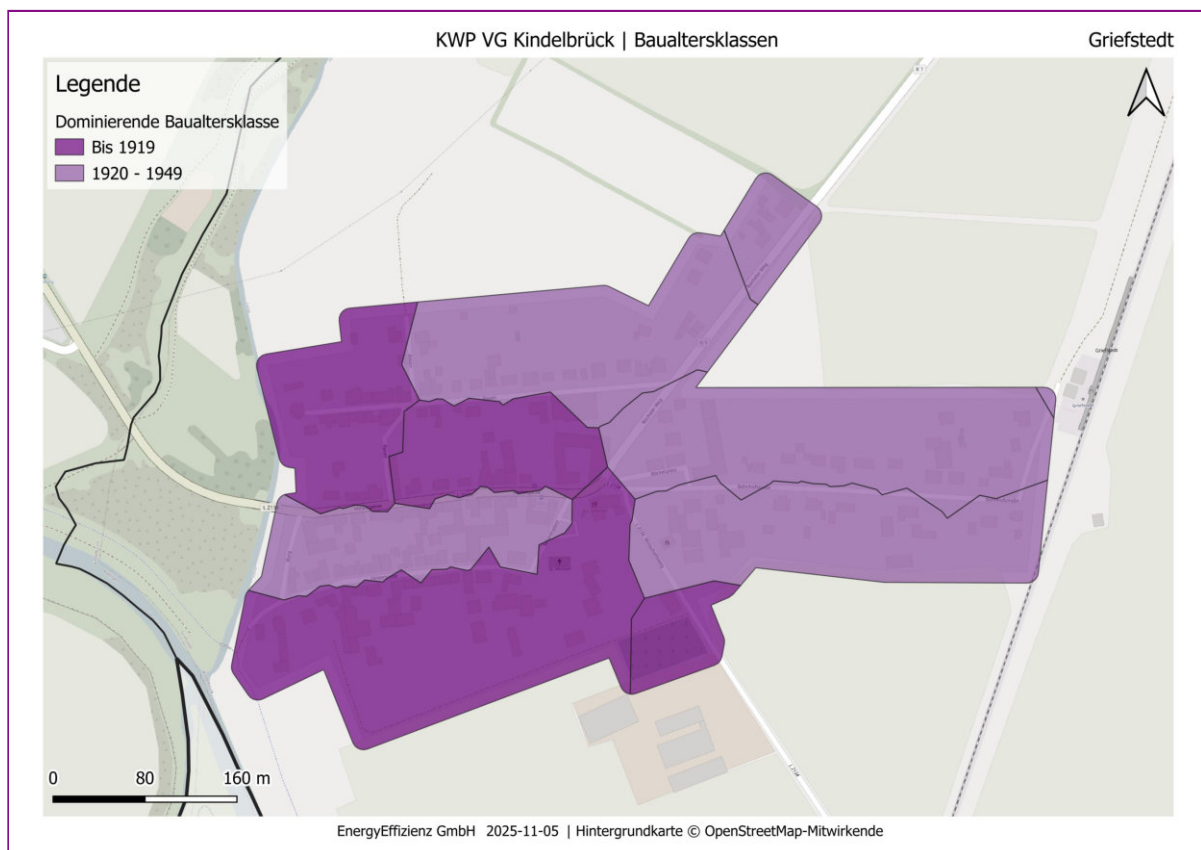


Abbildung 10: Gemeinde Griefstedt: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

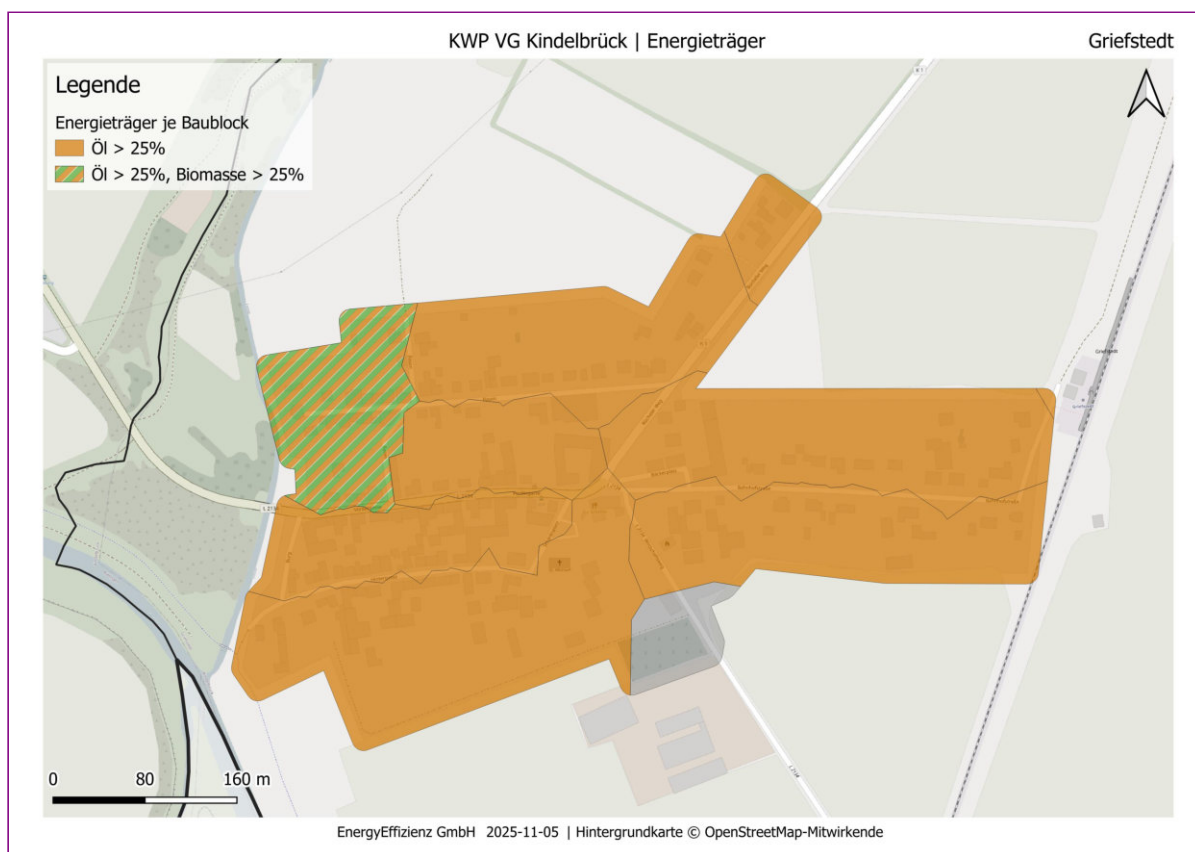


Abbildung 11: Gemeinde Griefstedt: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

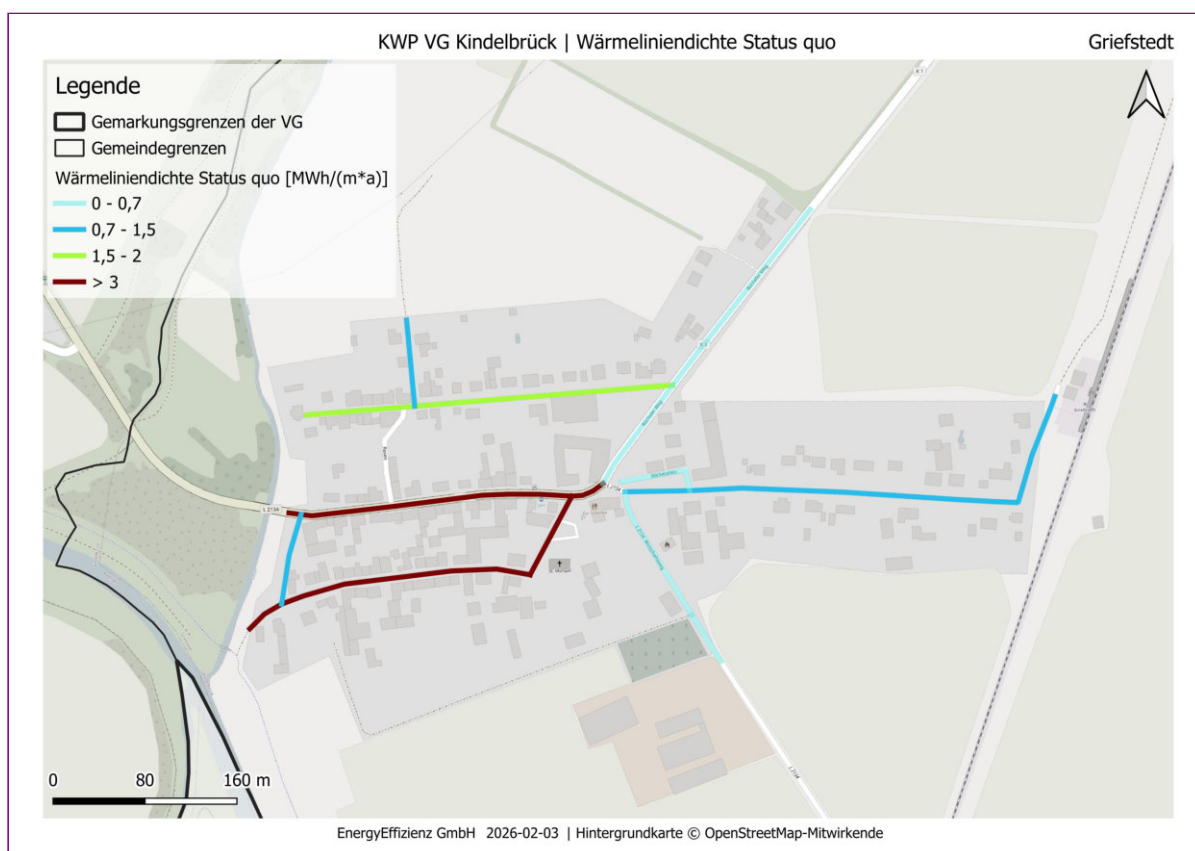


Abbildung 12: Gemeinde Griefstedt: Wärmelinienendichte im Status quo

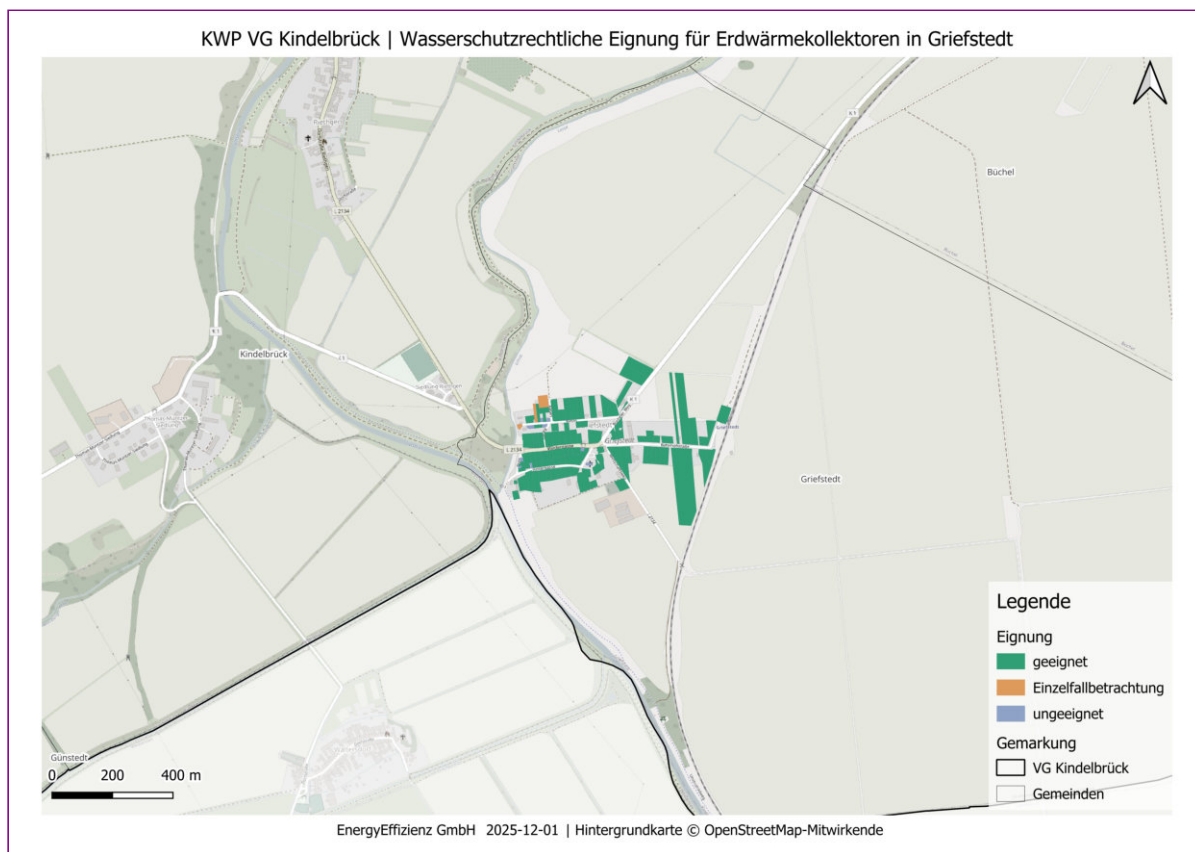


Abbildung 13: Gemeinde Griefstedt: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

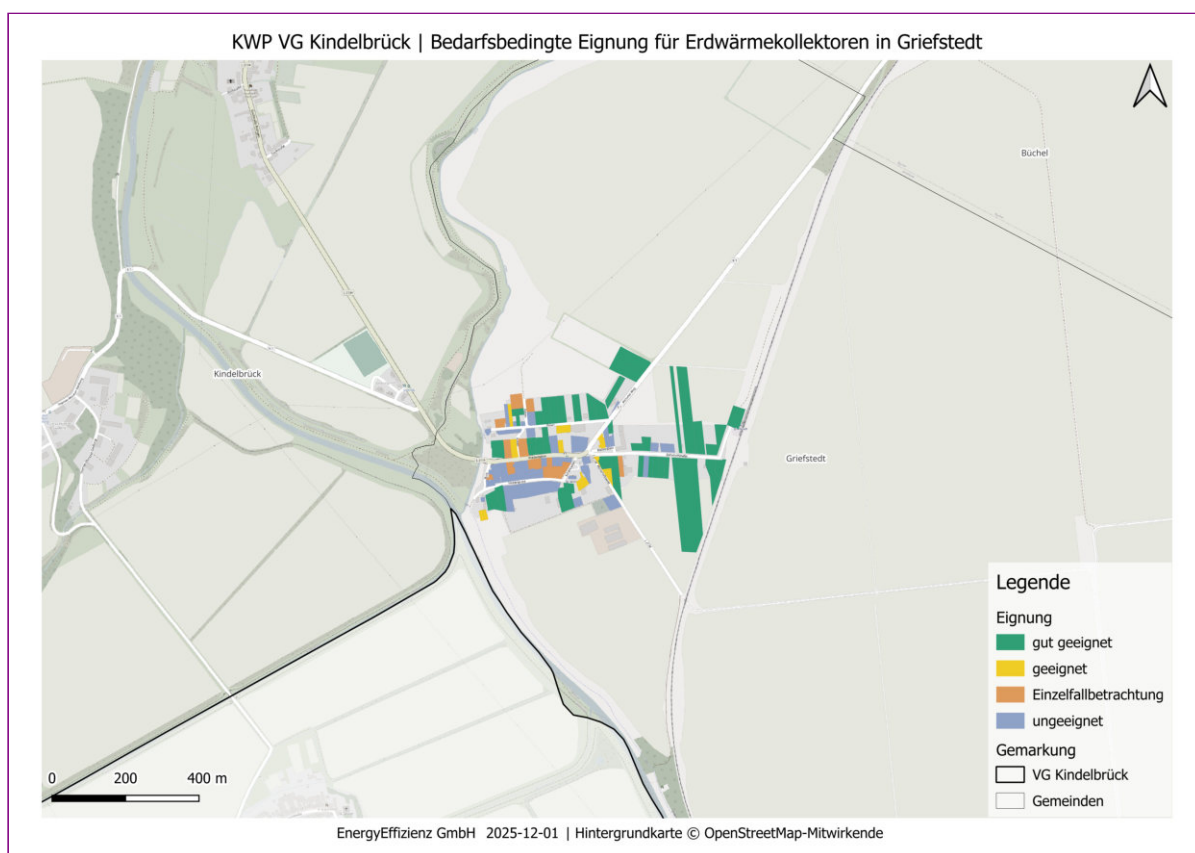


Abbildung 14: Gemeinde Griefstedt: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

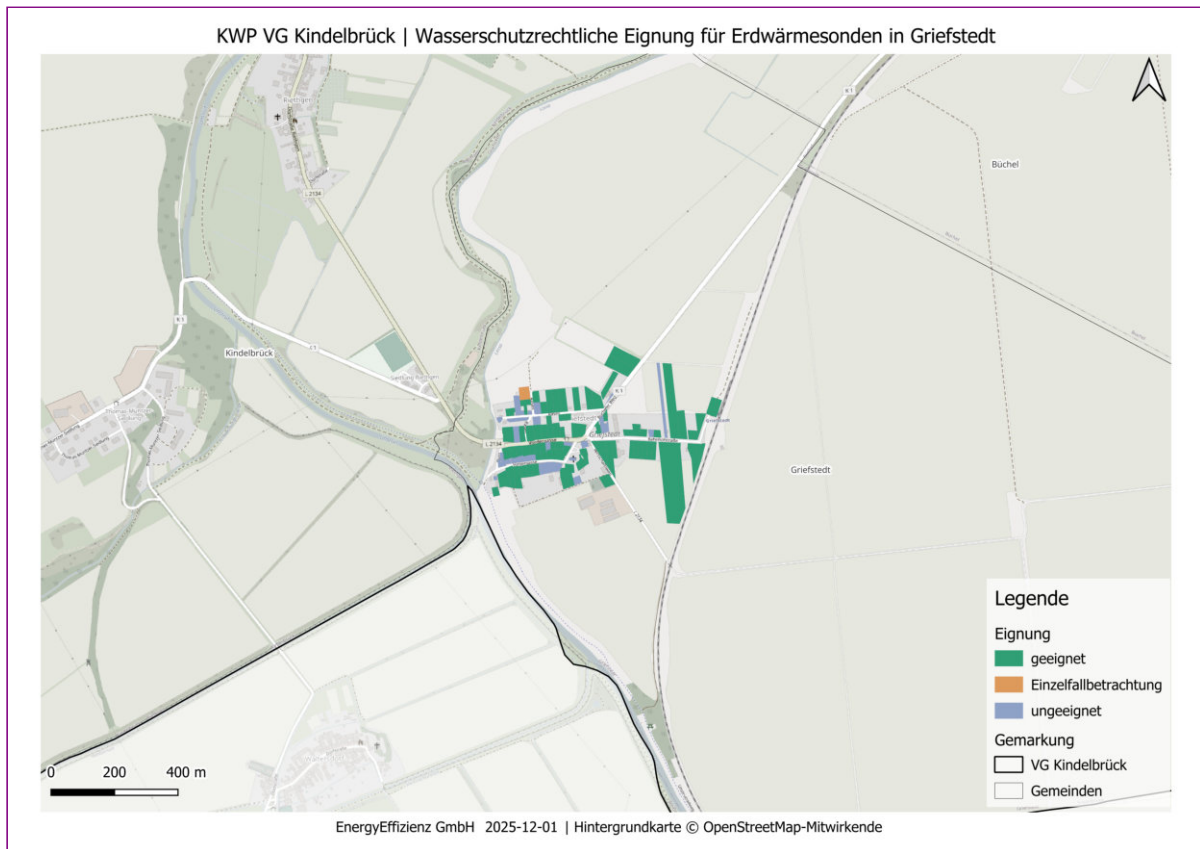


Abbildung 15: Gemeinde Griefstedt: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

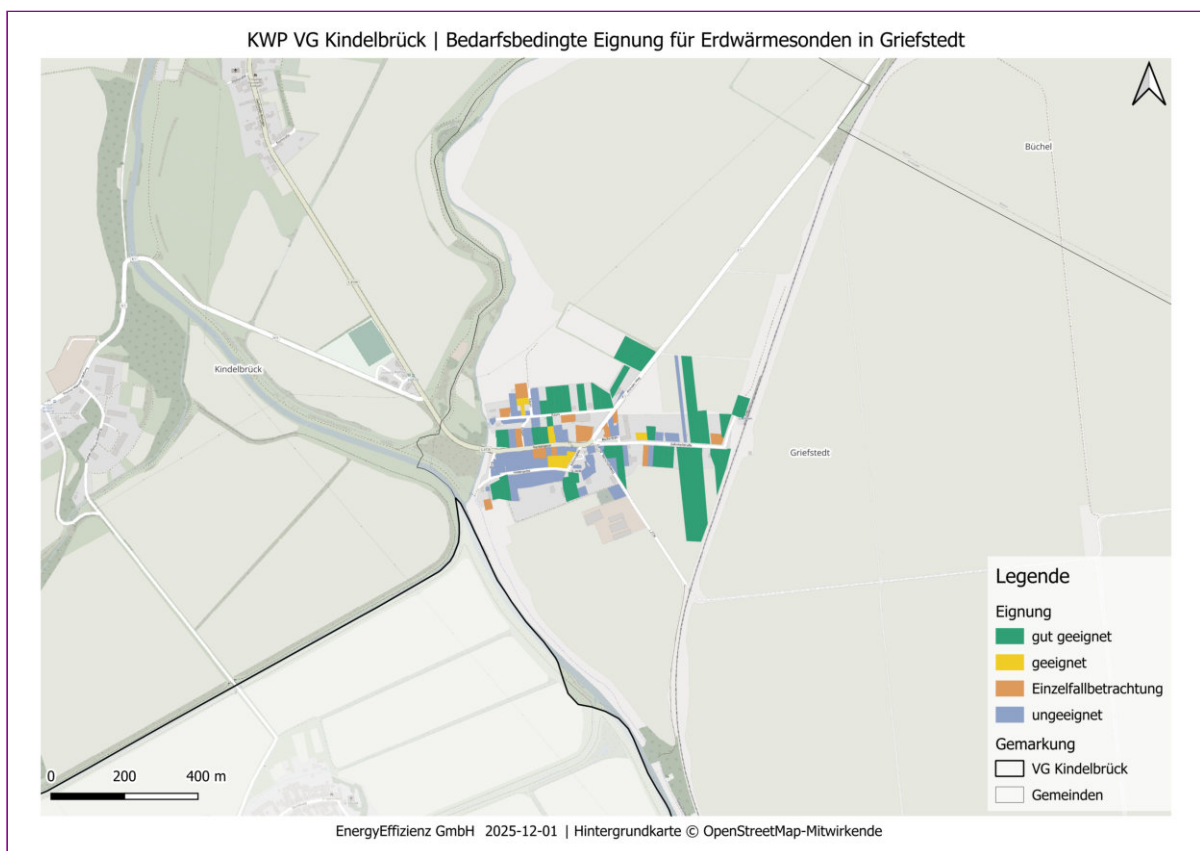


Abbildung 16: Gemeinde Griefstedt: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang C: Günstedt

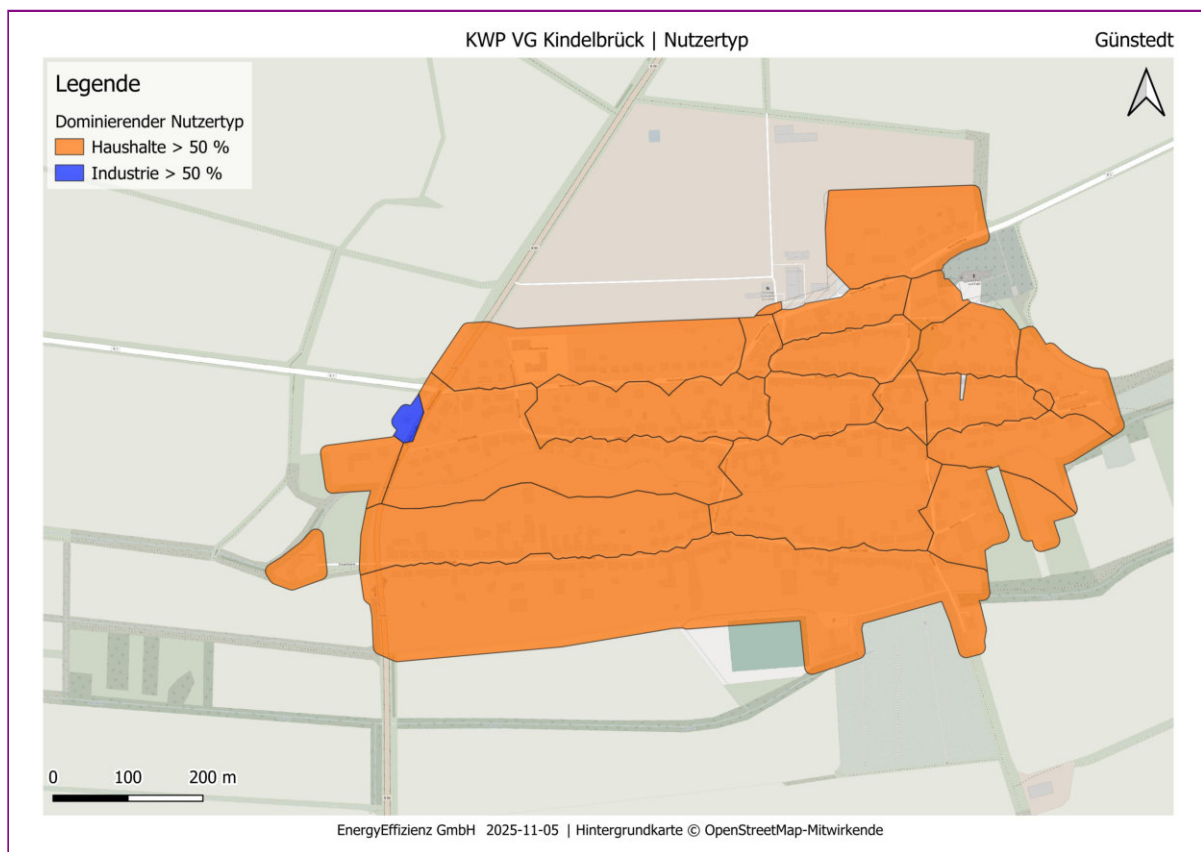


Abbildung 17: Gemeinde Günstedt: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

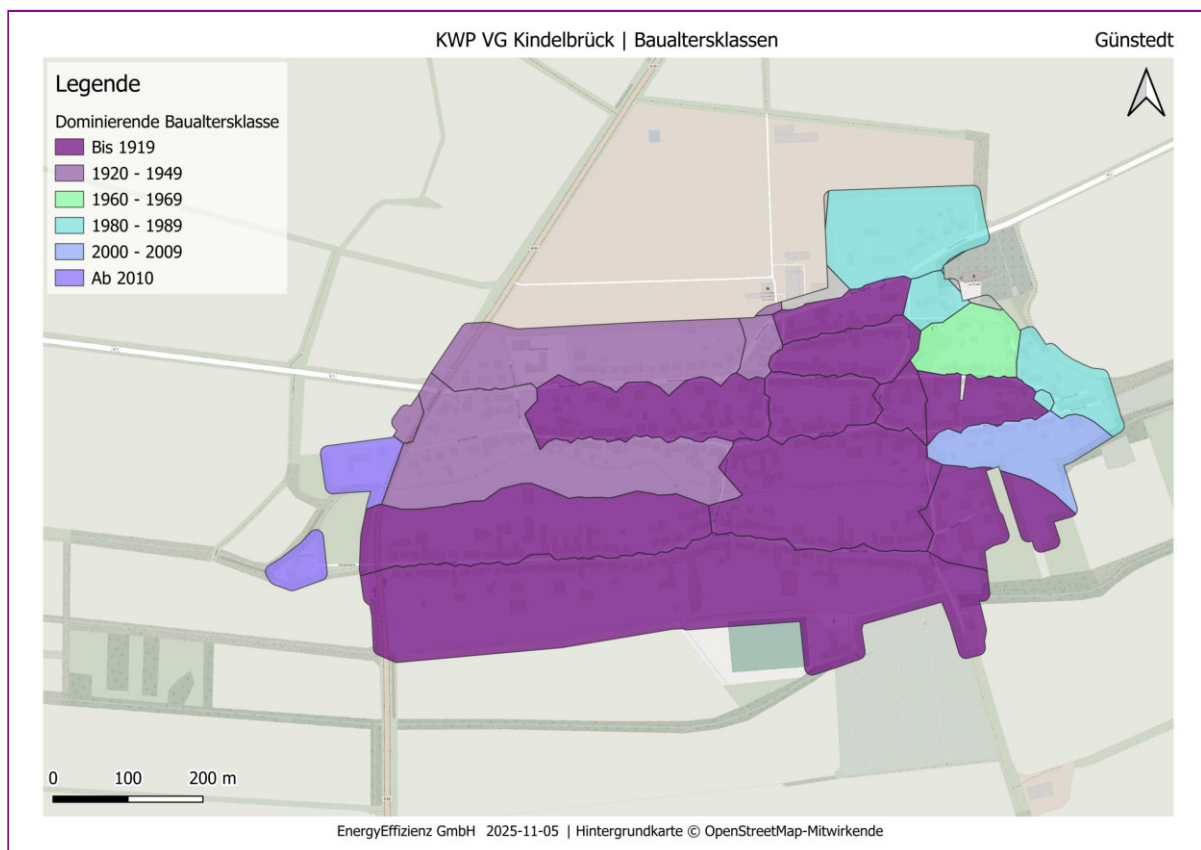


Abbildung 18: Gemeinde Günstedt: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

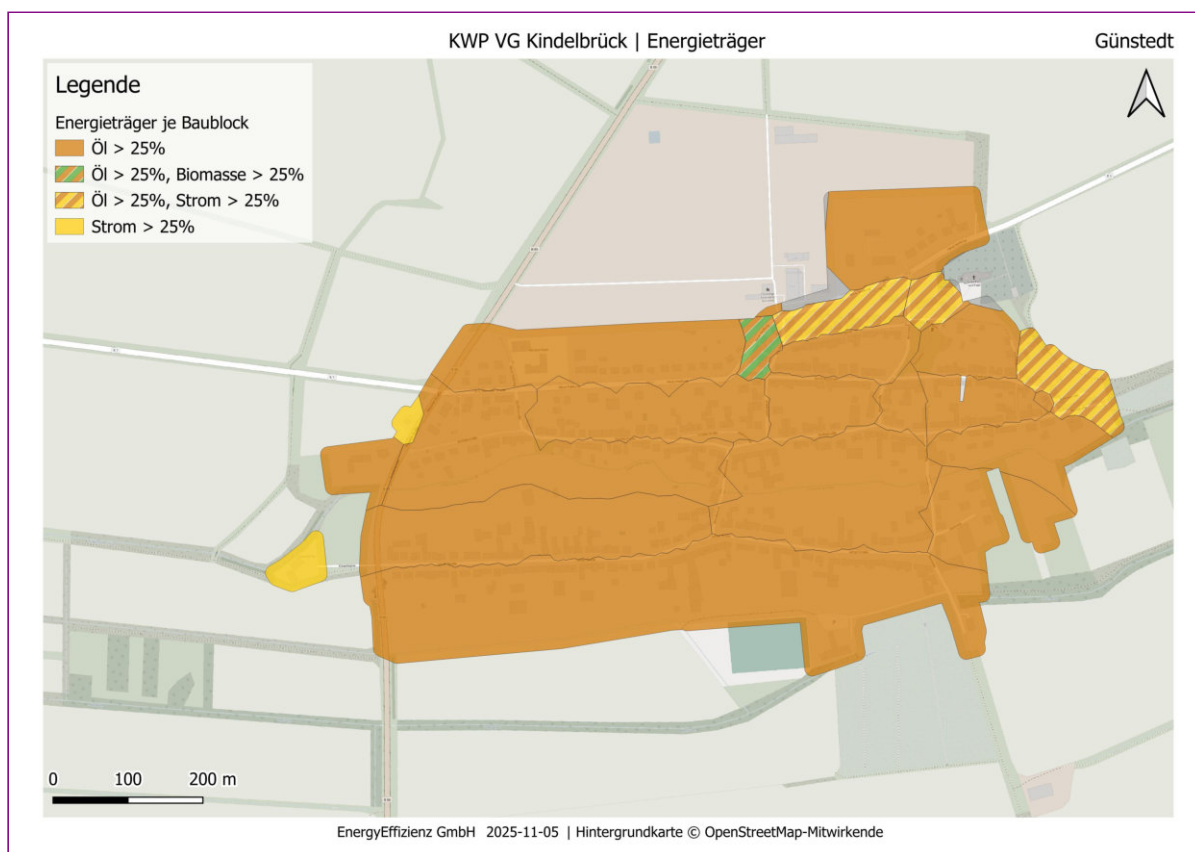


Abbildung 19: Gemeinde Günstedt: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

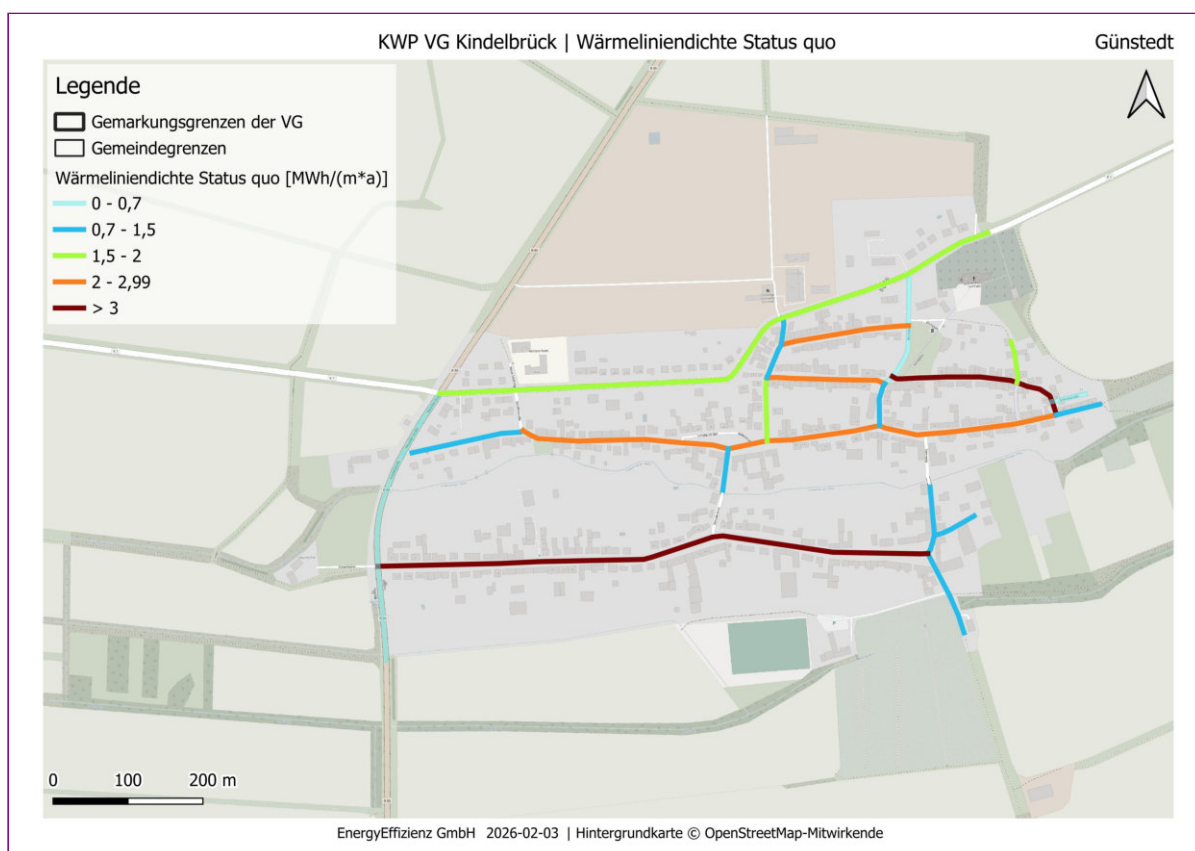


Abbildung 20: Gemeinde Günstedt: Wärmelinienichte im Status quo

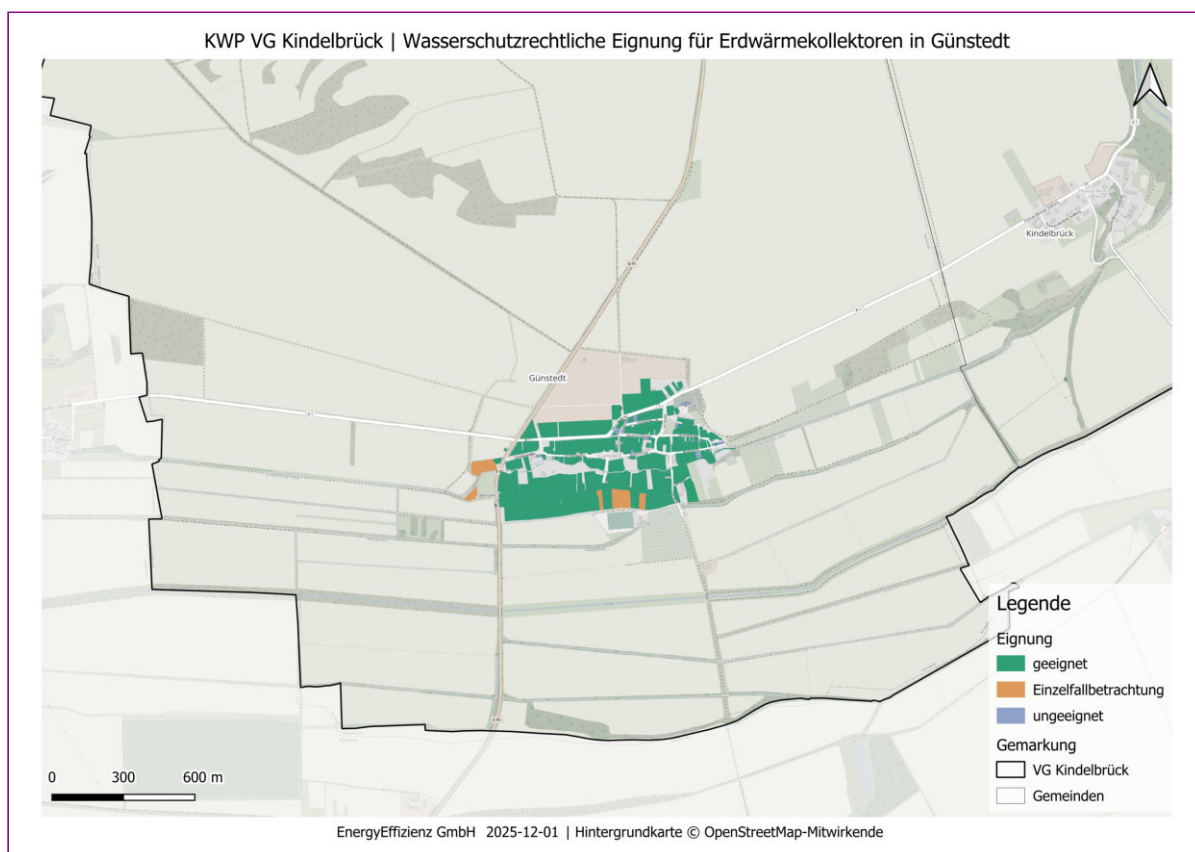


Abbildung 21: Gemeinde Günstedt: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

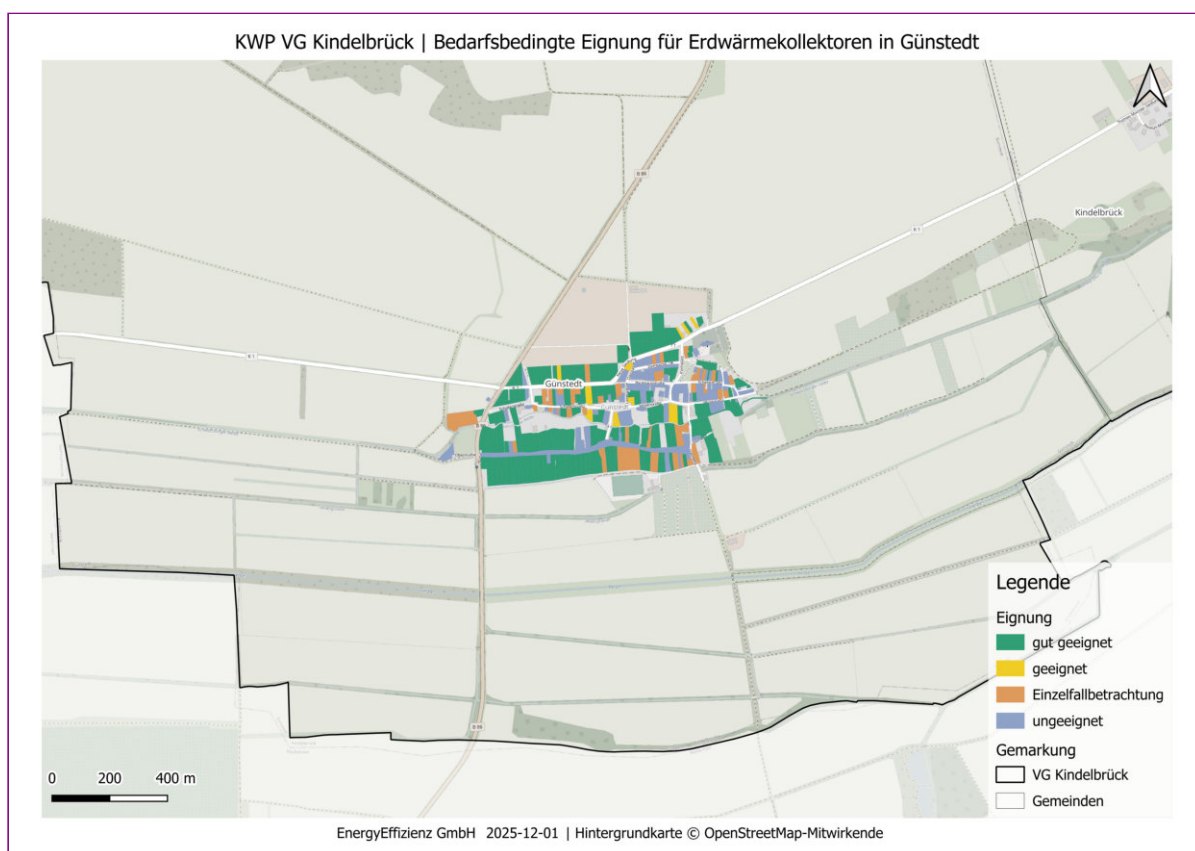


Abbildung 22: Gemeinde Günstedt: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

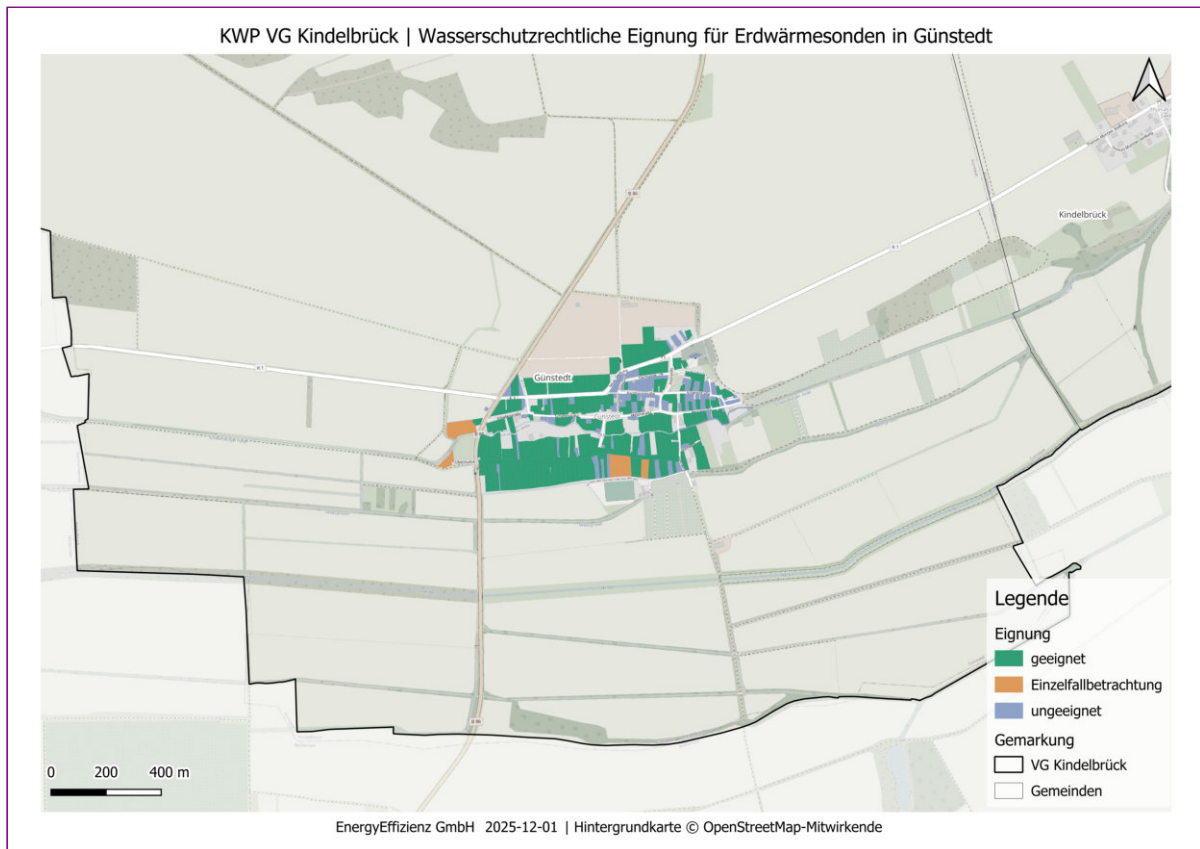


Abbildung 23: Gemeinde Günstede: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

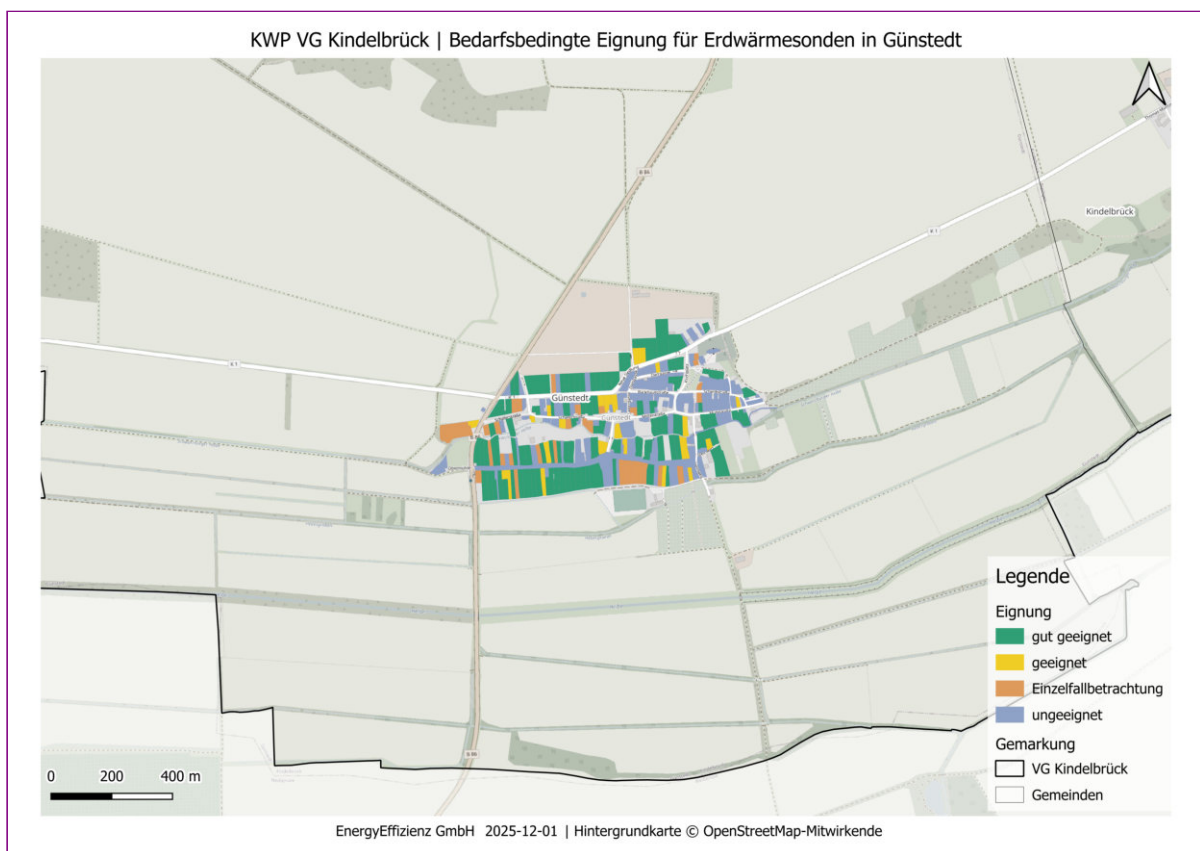


Abbildung 24: Gemeinde Günstede: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang D: Kindelbrück Bilzingsleben

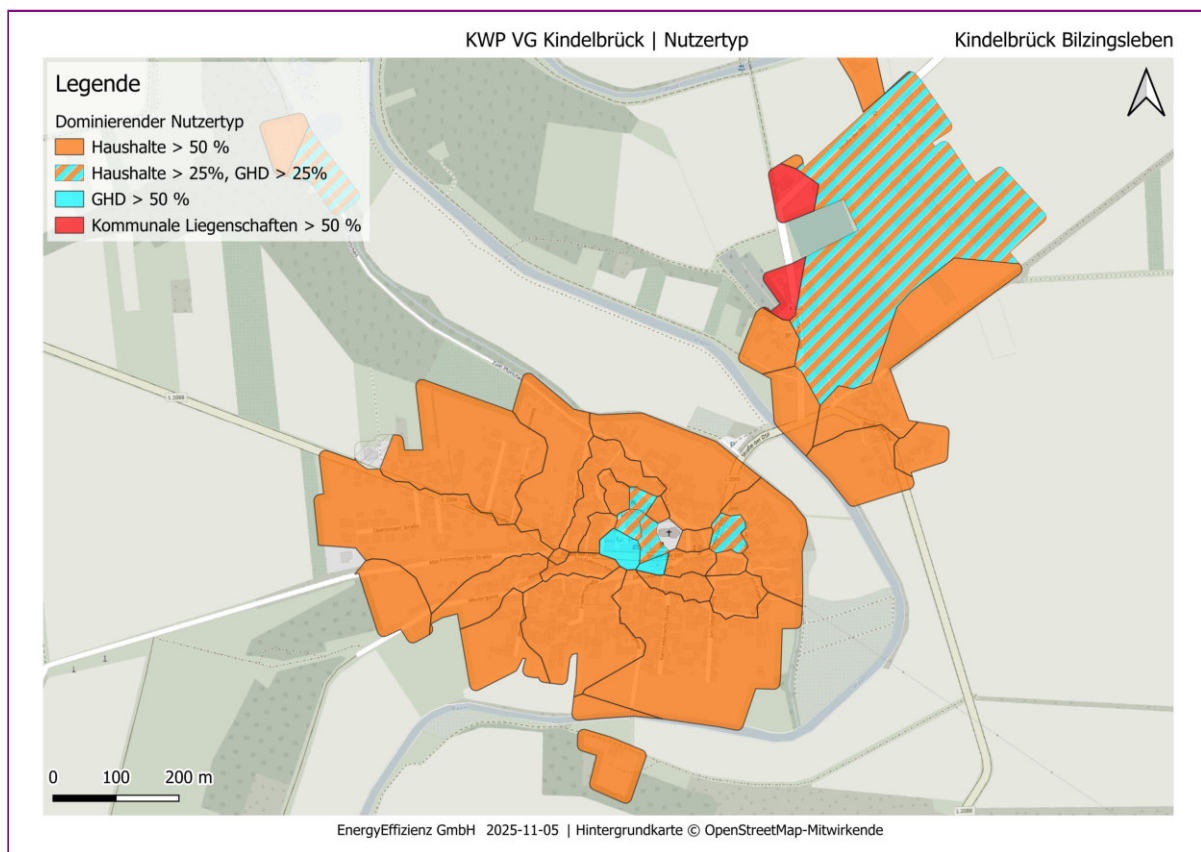


Abbildung 25: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Bilzingsleben: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

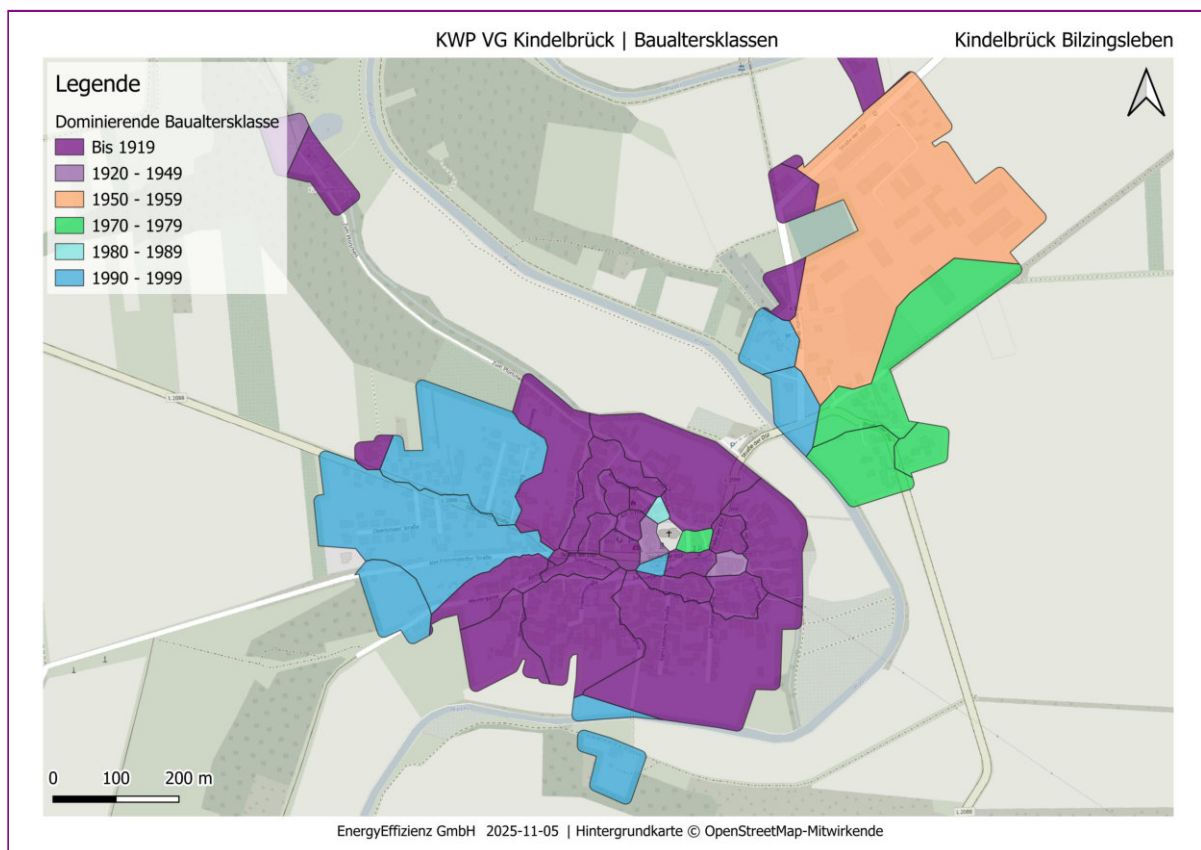


Abbildung 26: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Bilzingsleben: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

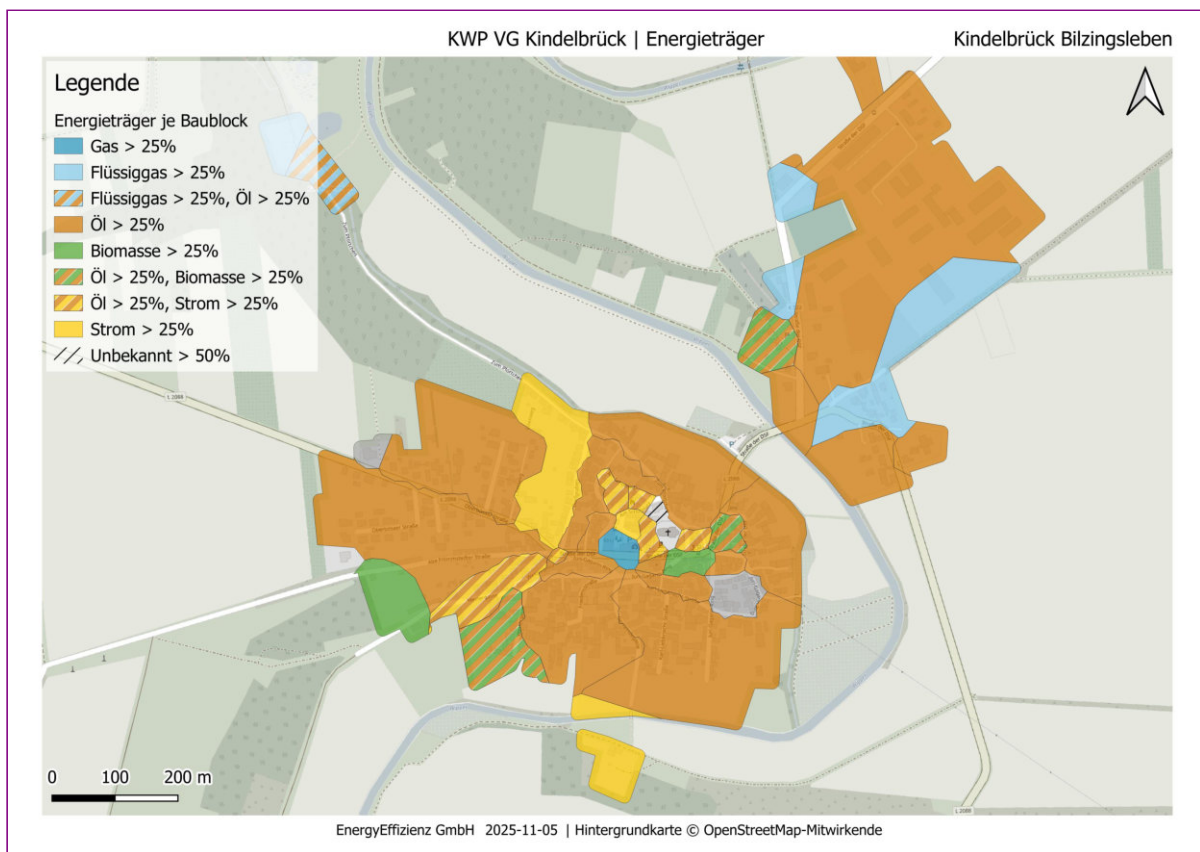


Abbildung 27: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Bilzingsleben: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

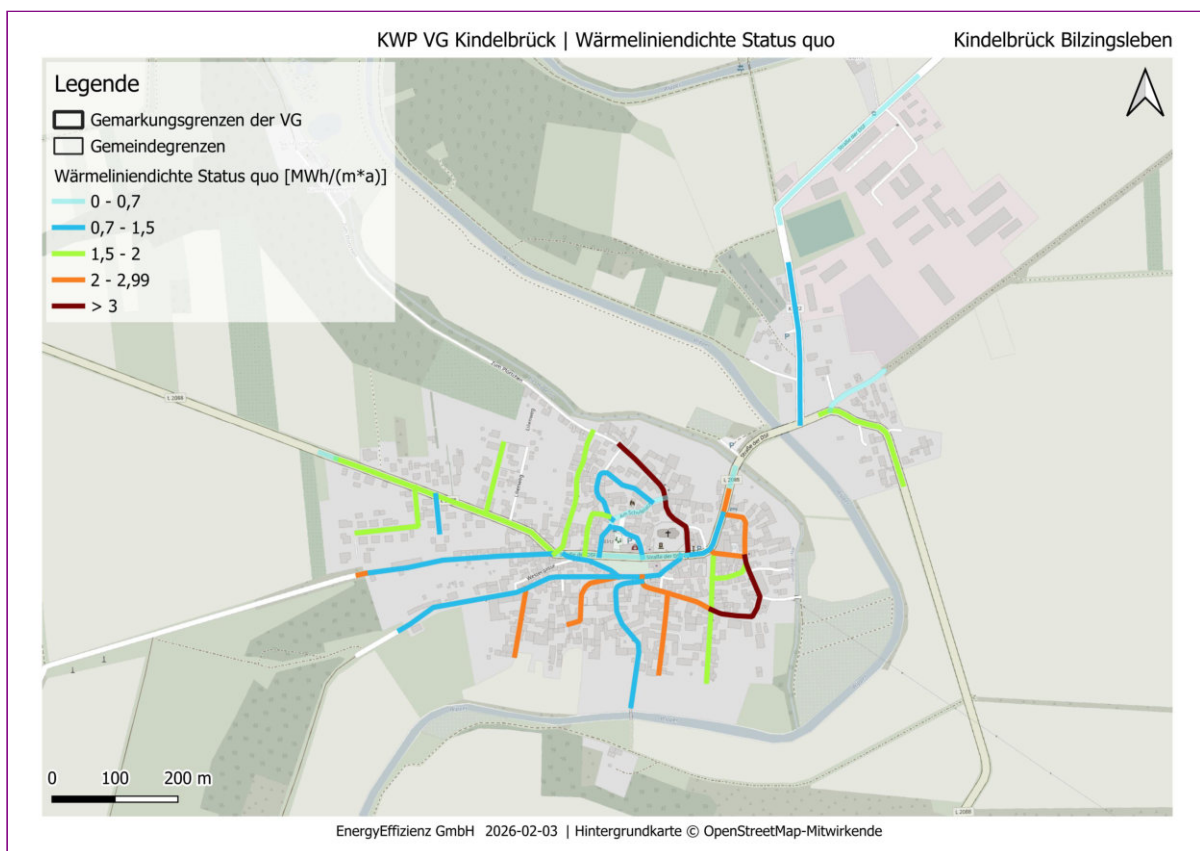


Abbildung 28: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Bilzingsleben: Wärmeliniendichte im Status quo

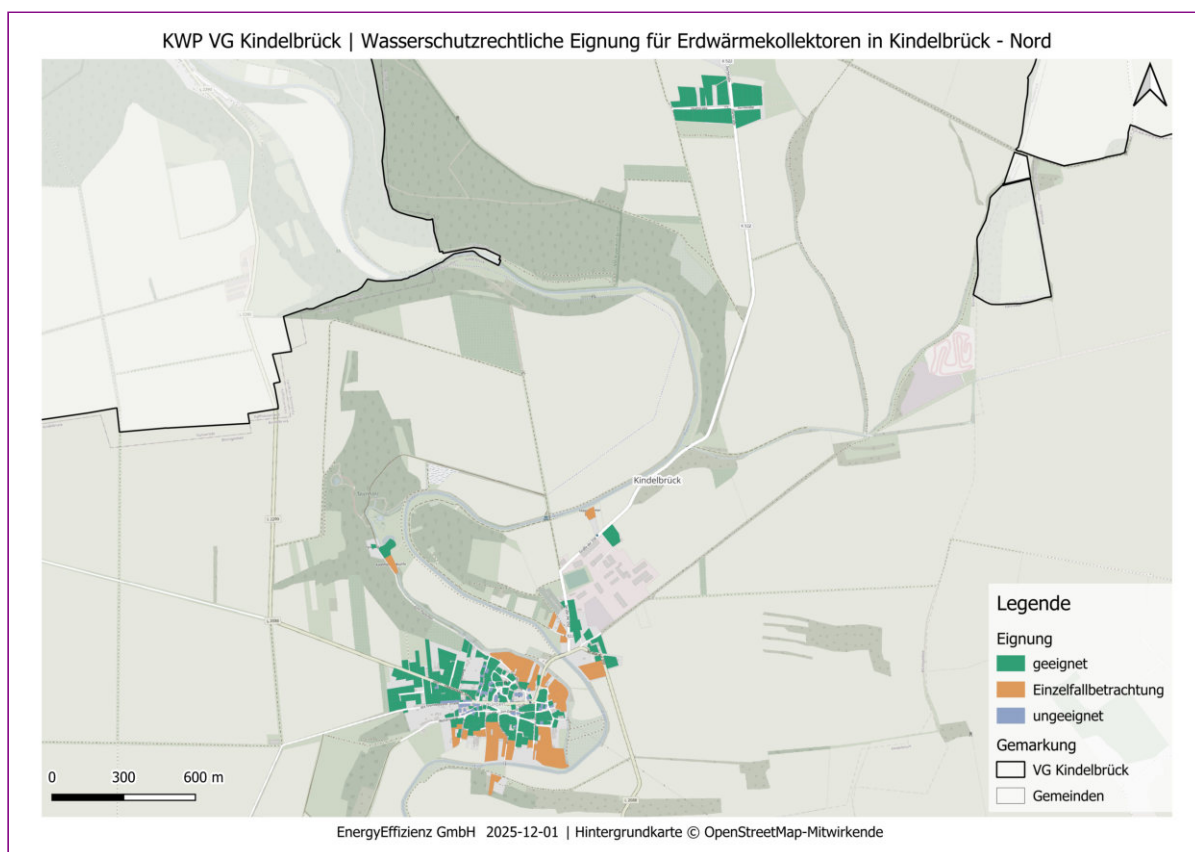


Abbildung 29: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Bilzingsleben: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

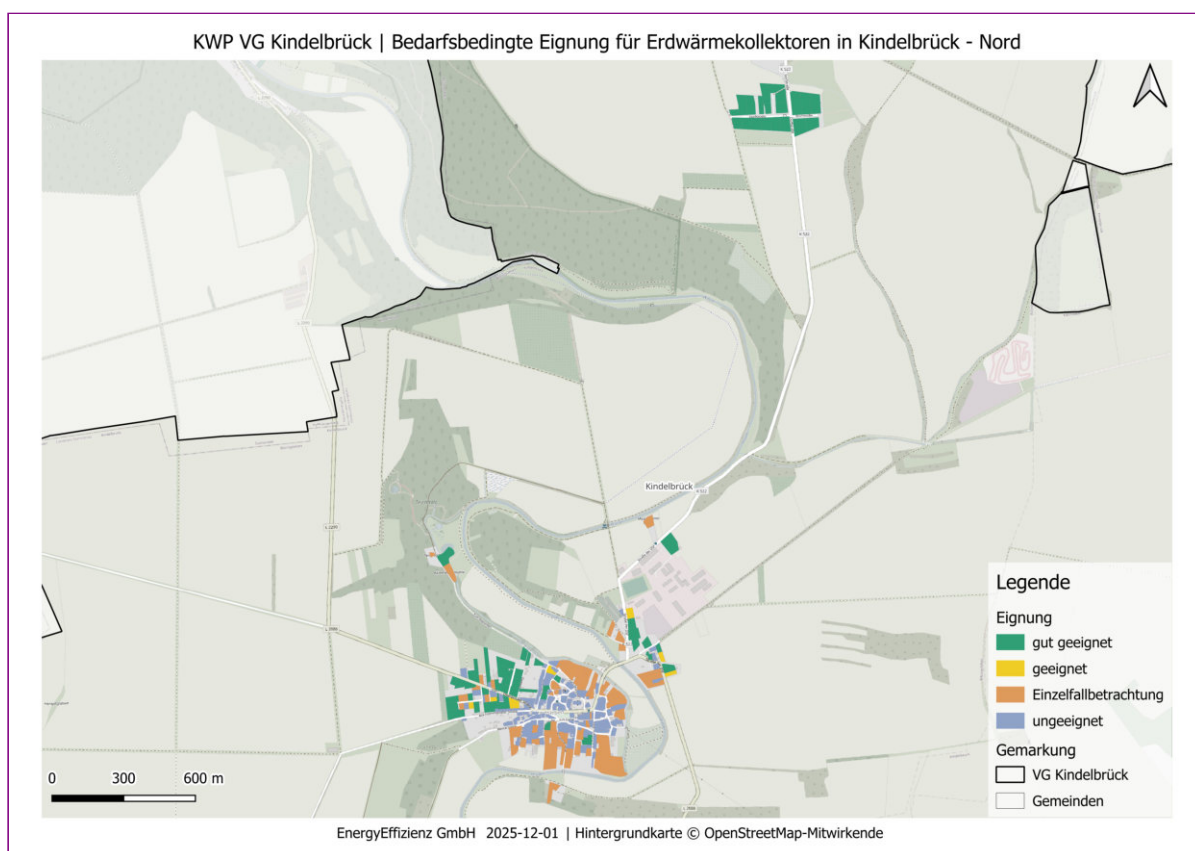


Abbildung 30: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Bilzingsleben: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

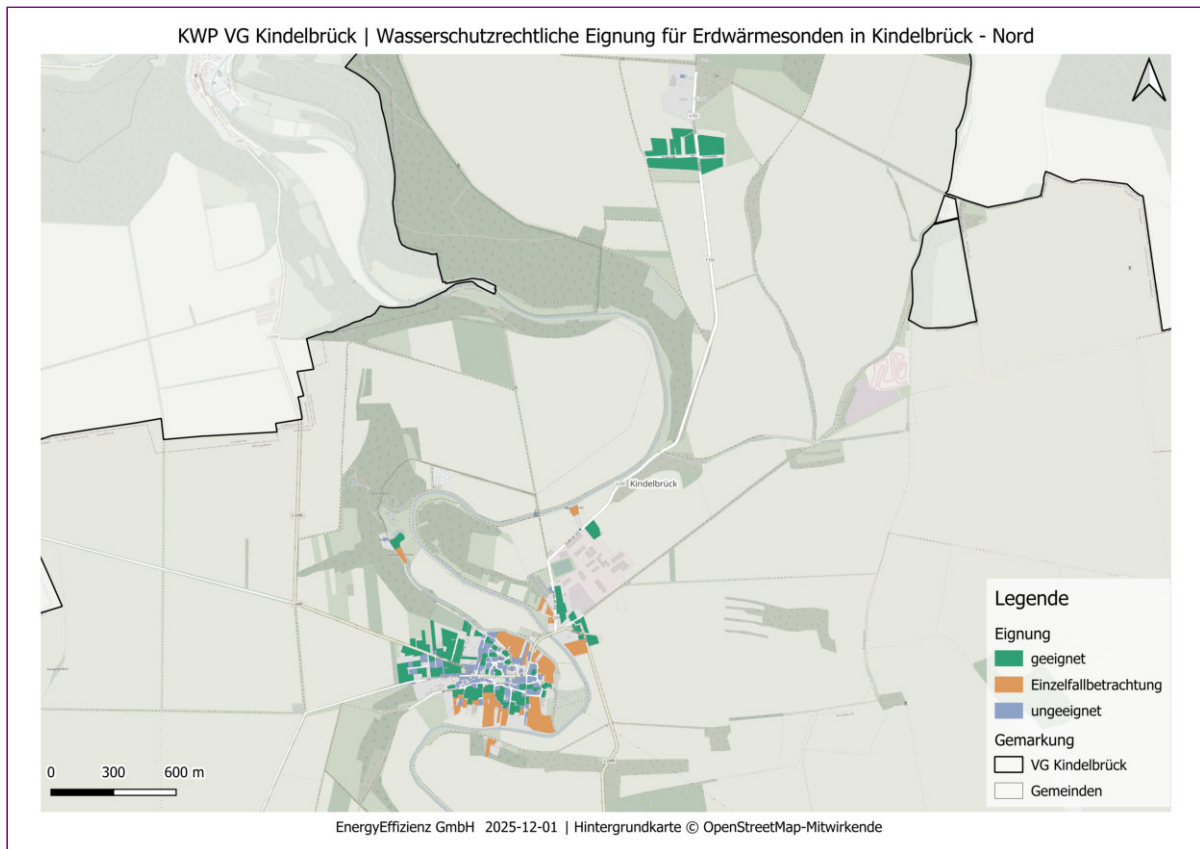


Abbildung 31: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Bilzingsleben: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

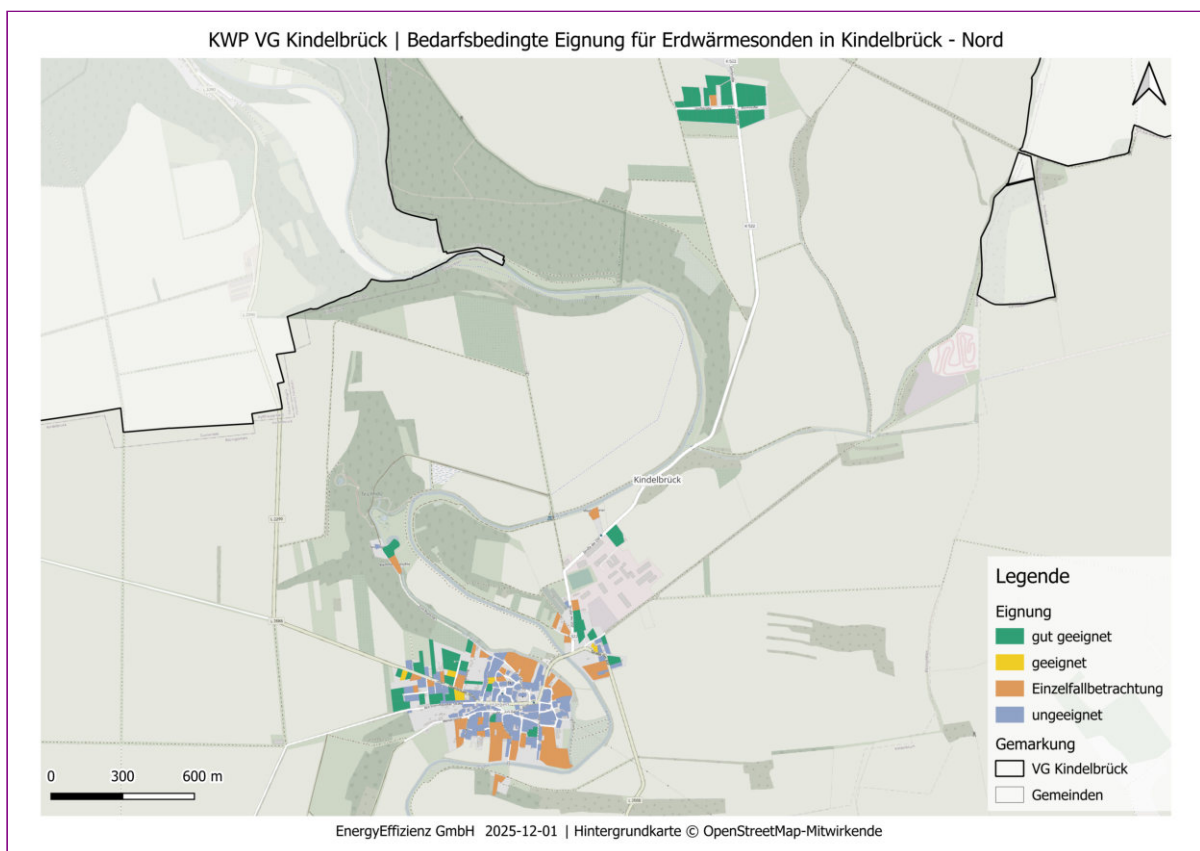


Abbildung 32: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Bilzingsleben: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang E: Kindelbrück Düppel

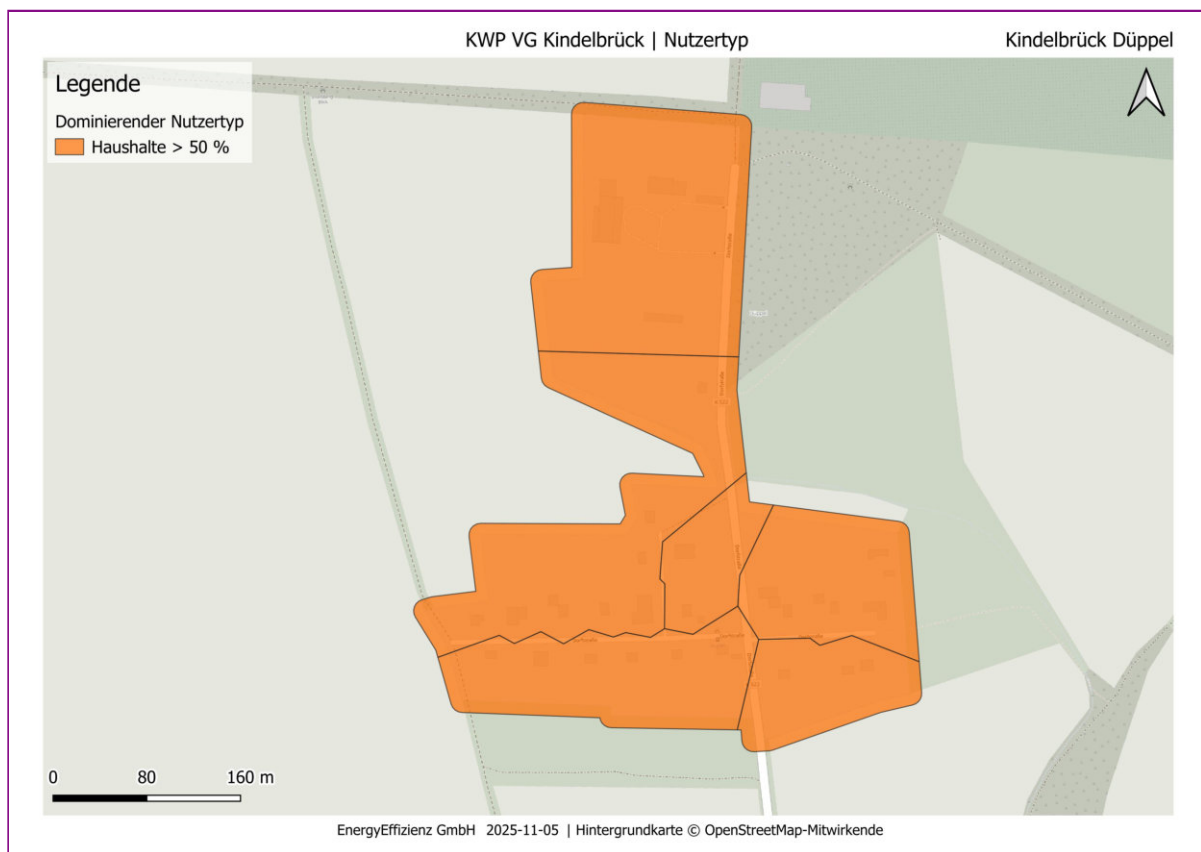


Abbildung 33: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Düppel: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

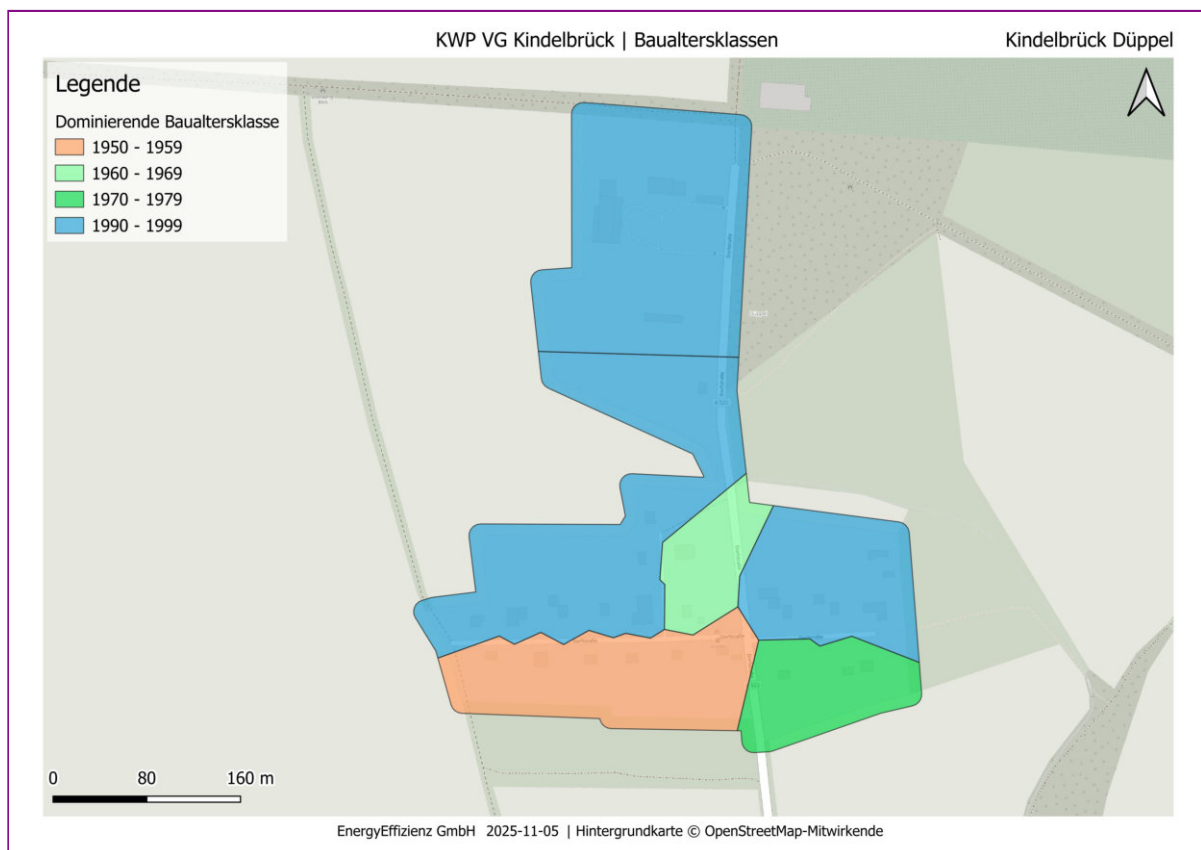


Abbildung 34: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Düppel: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

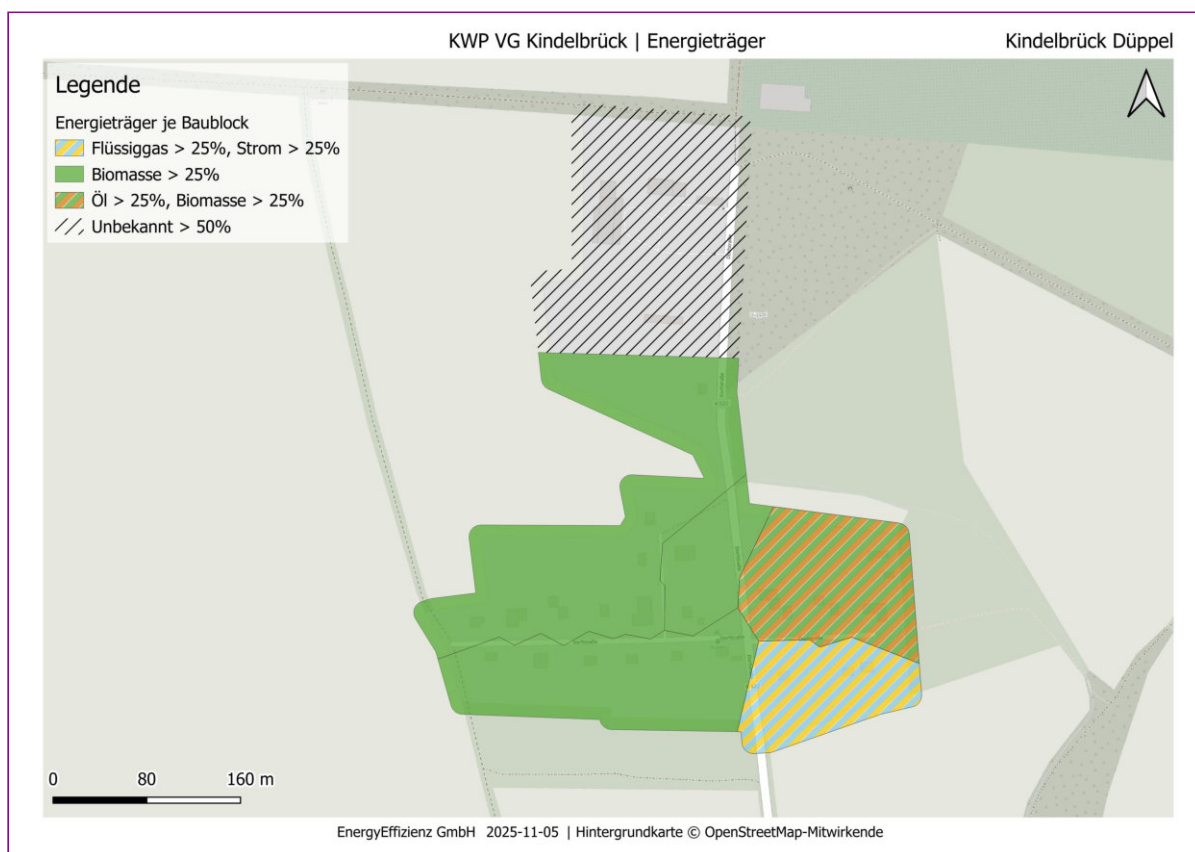


Abbildung 35: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Düppel: Energieträger im Status quo auf Baublockebene



Abbildung 36: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Düppel: Wärmeliniendichte im Status quo

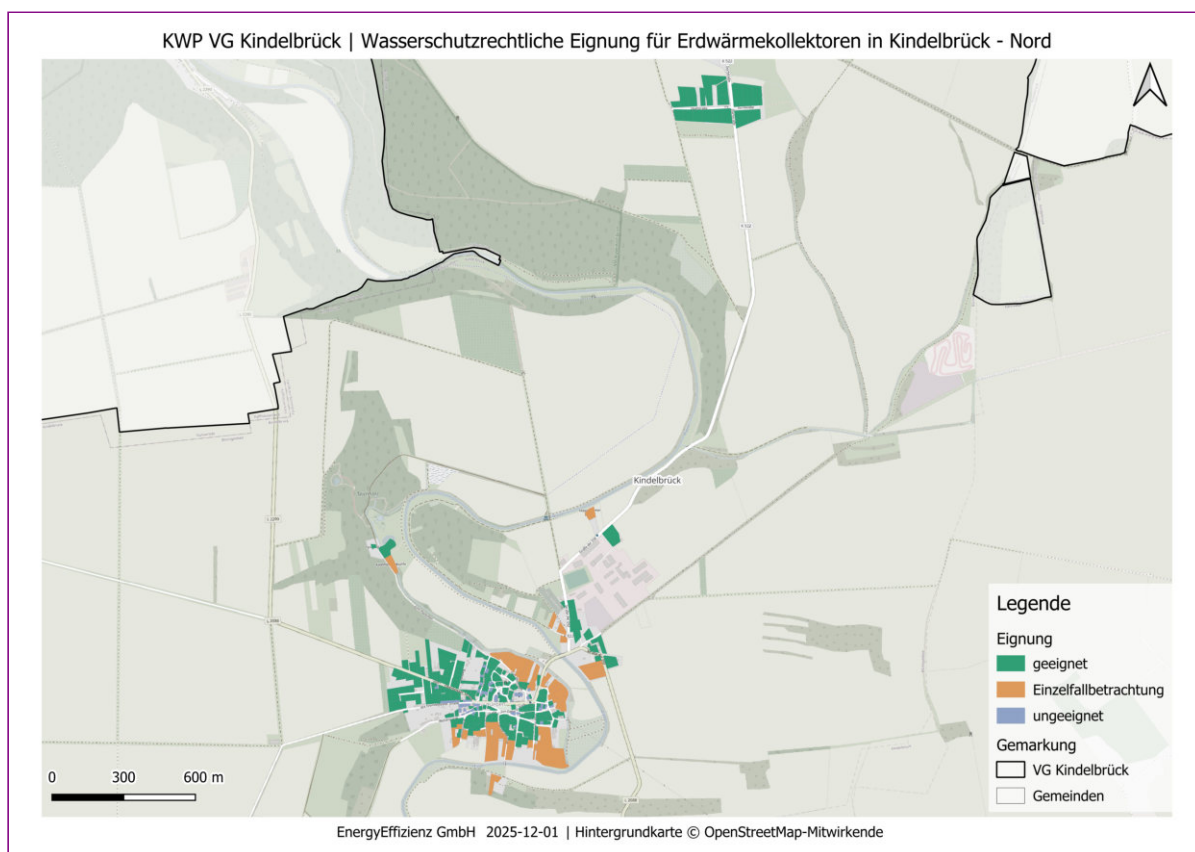


Abbildung 37: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Düppel: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

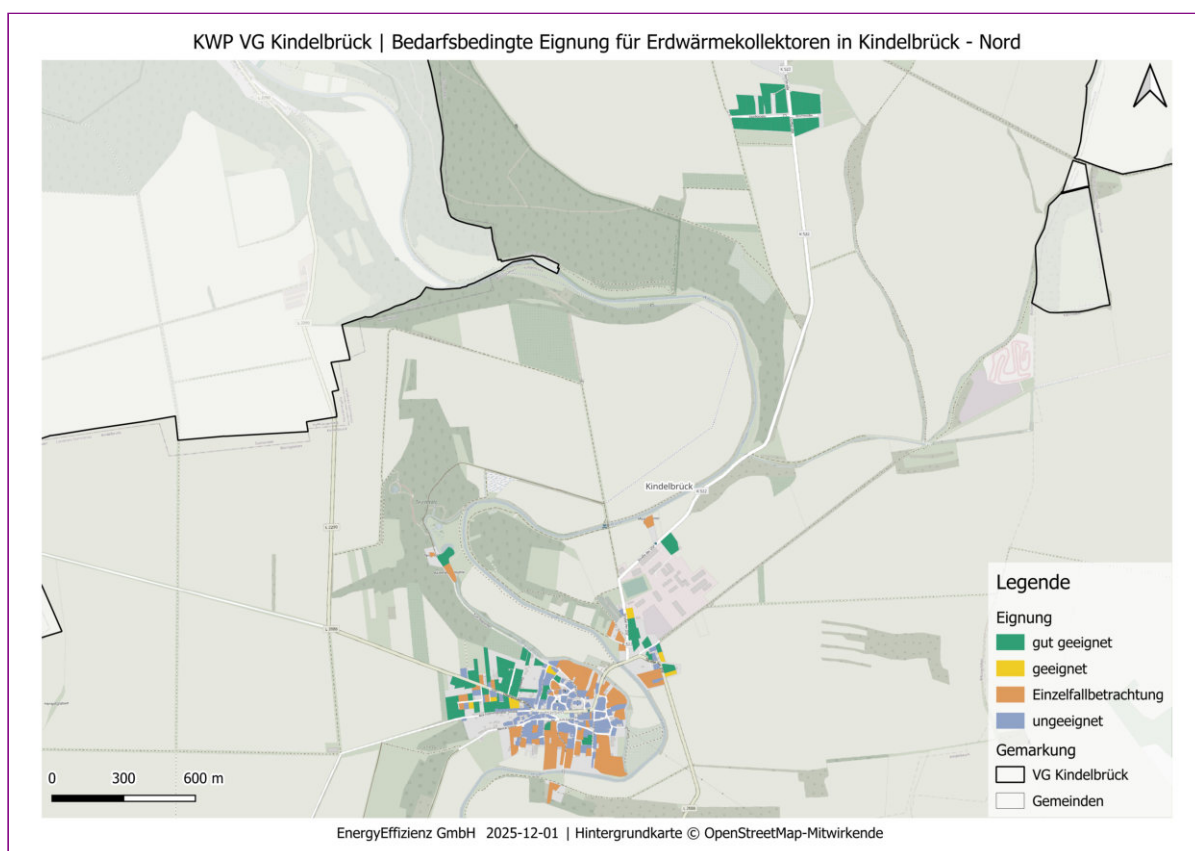


Abbildung 38: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Düppel: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

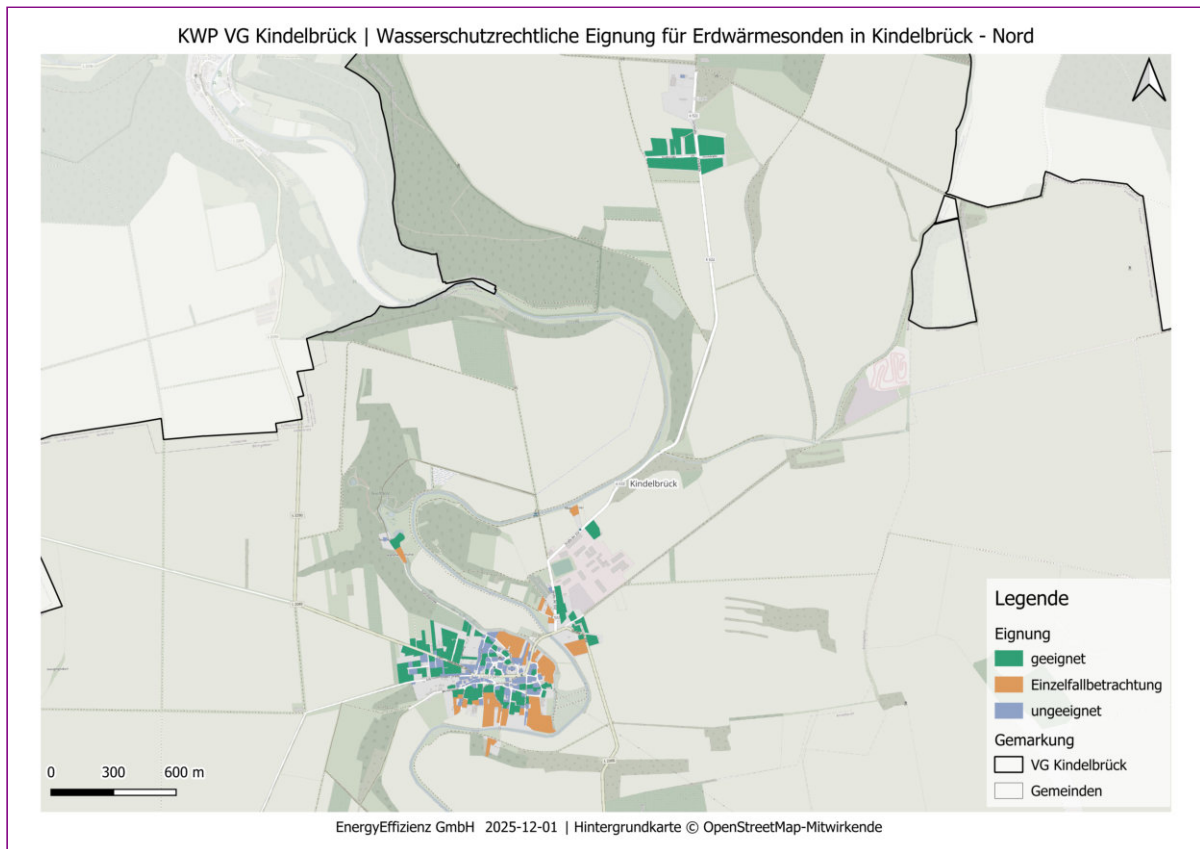


Abbildung 39: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Düppel: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

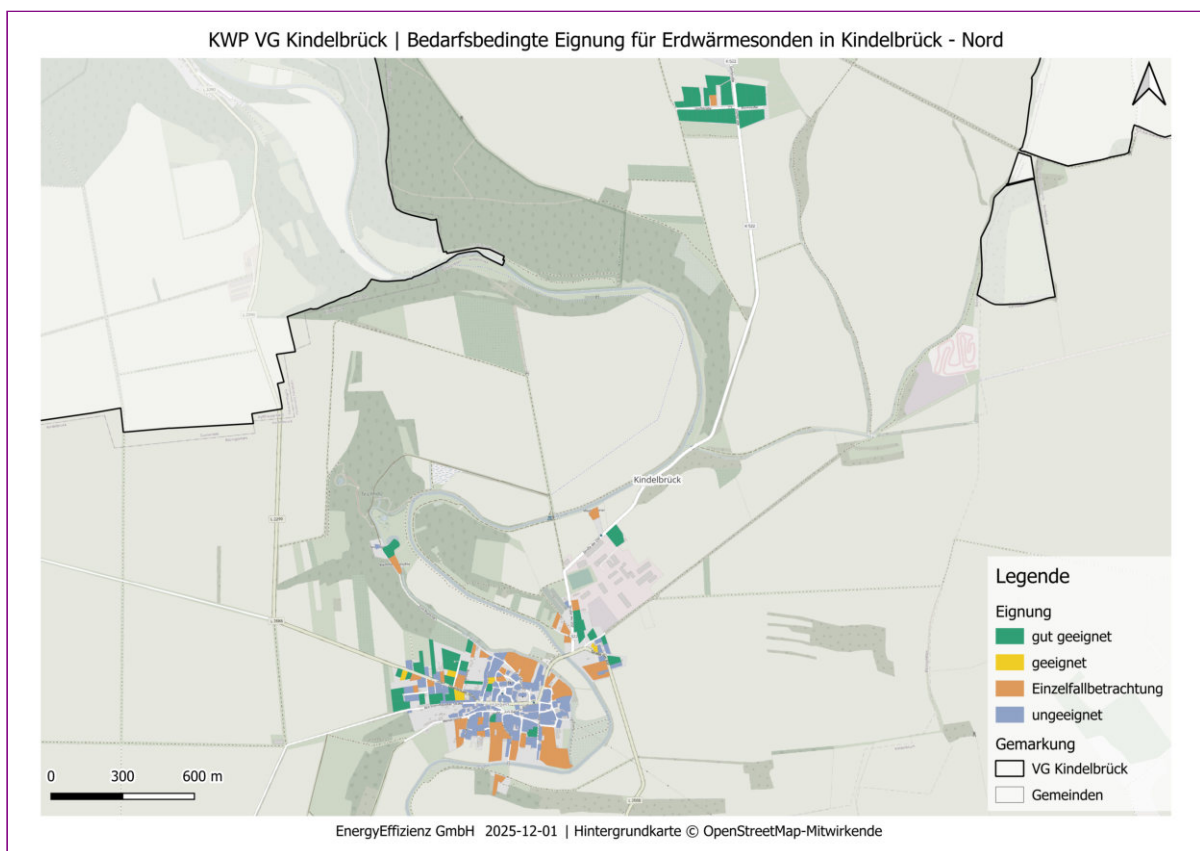


Abbildung 40: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Düppel: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang F: Kindelbrück Frömmstedt

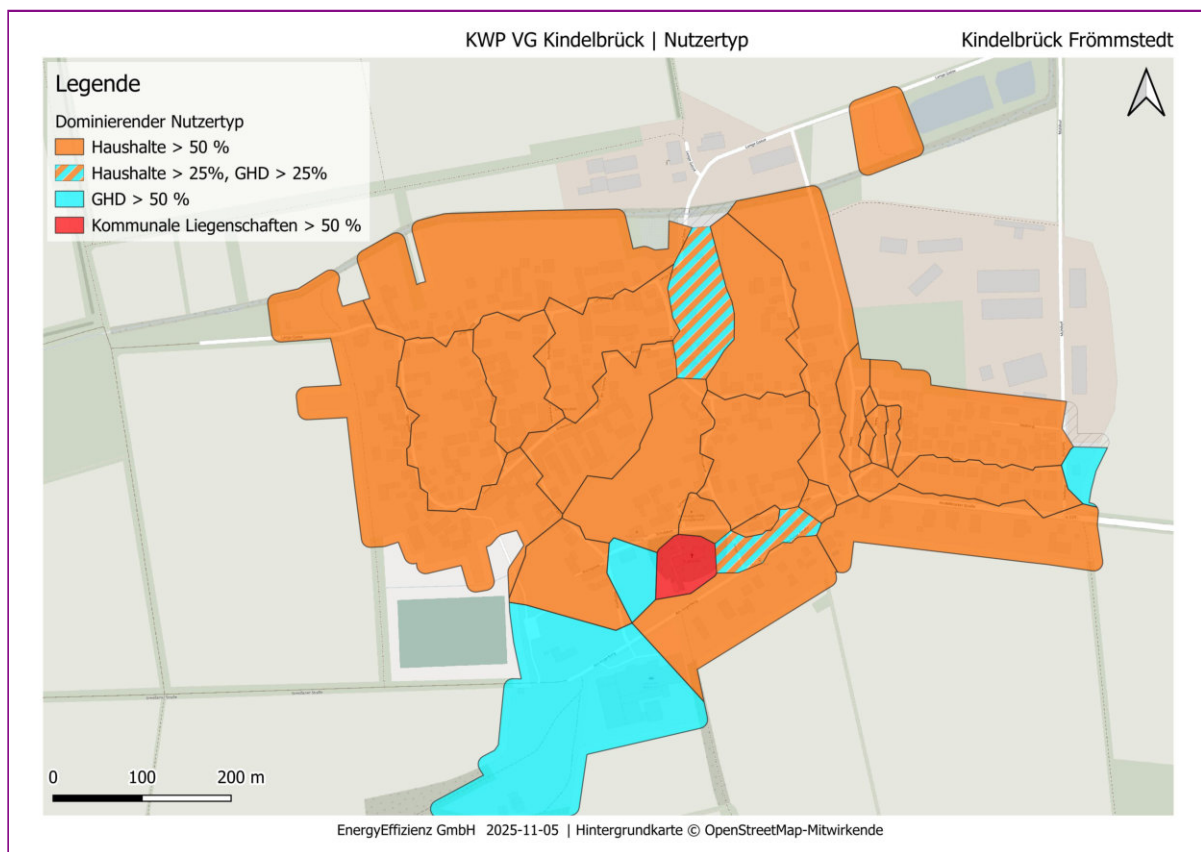


Abbildung 41: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Frömmstedt: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

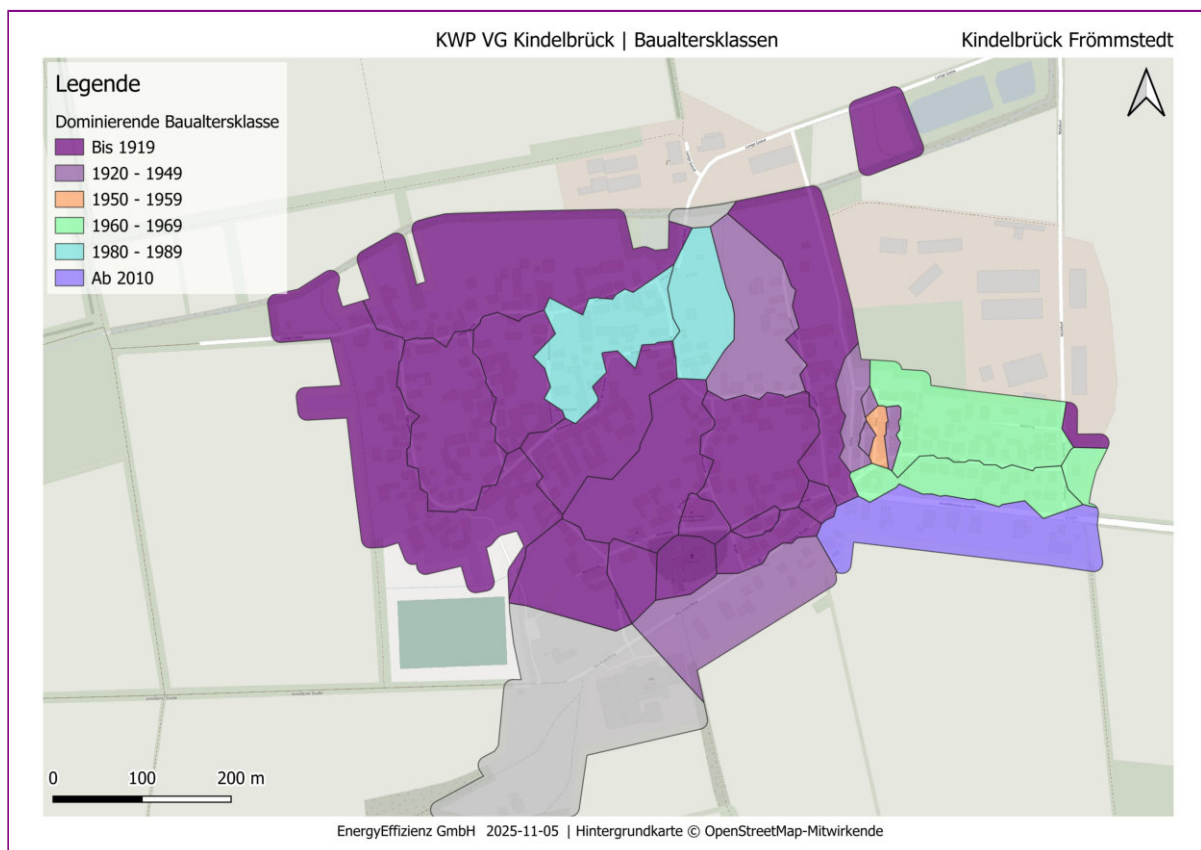


Abbildung 42: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Frömmstedt: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

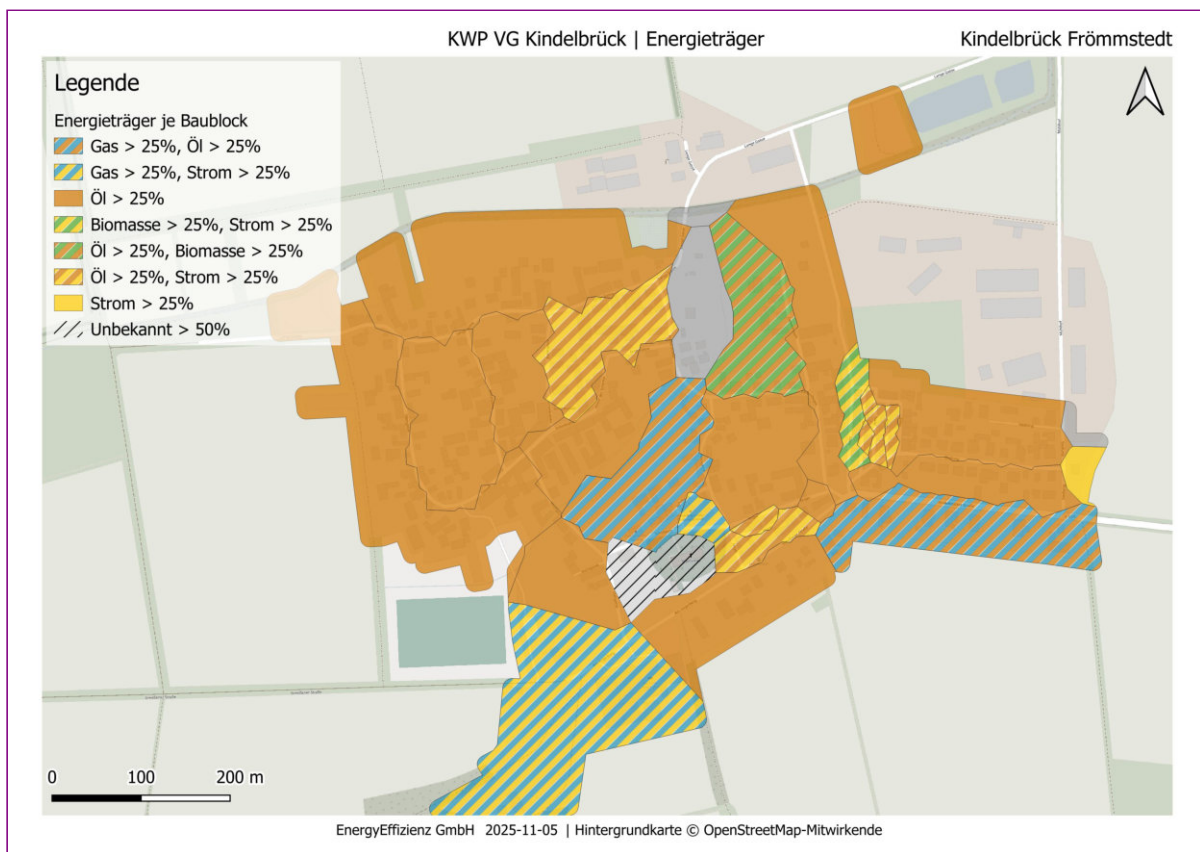


Abbildung 43: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Frömmstedt: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

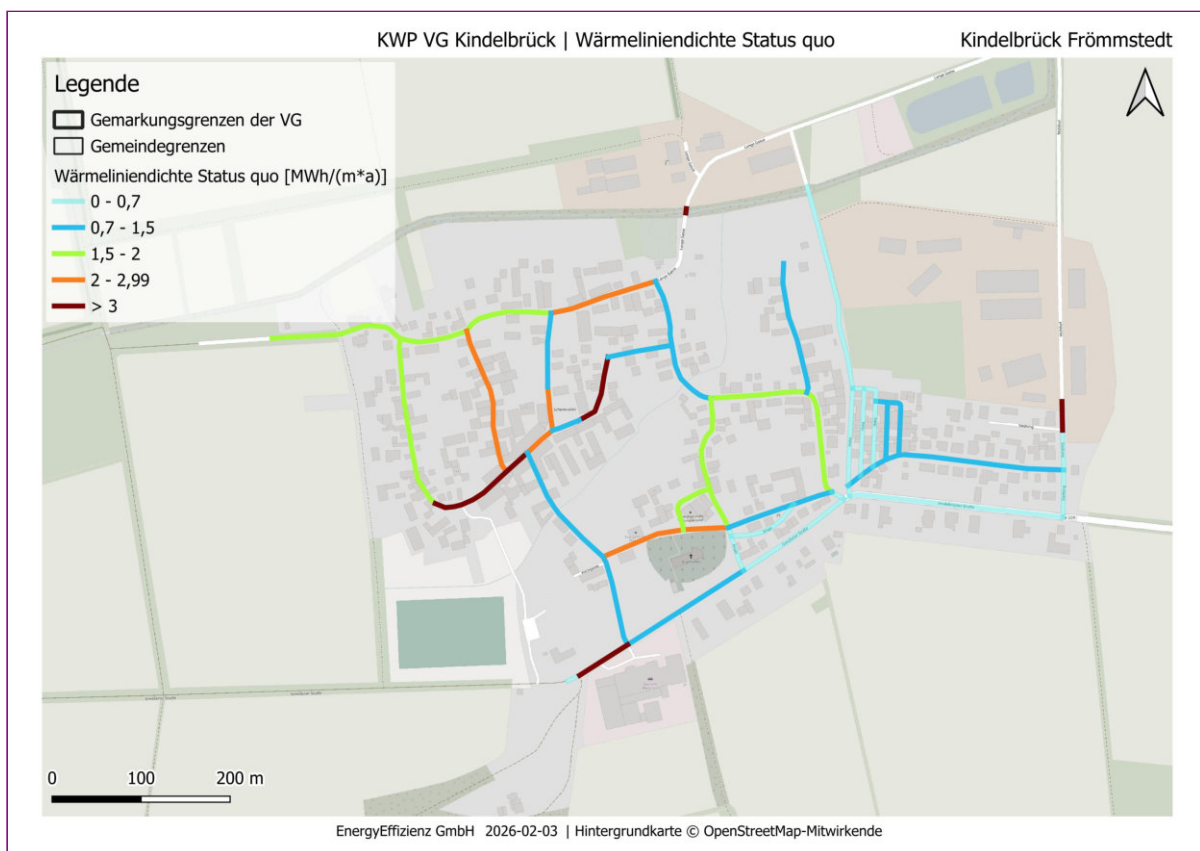


Abbildung 44: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Frömmstedt: Wärmeliniendichte im Status quo

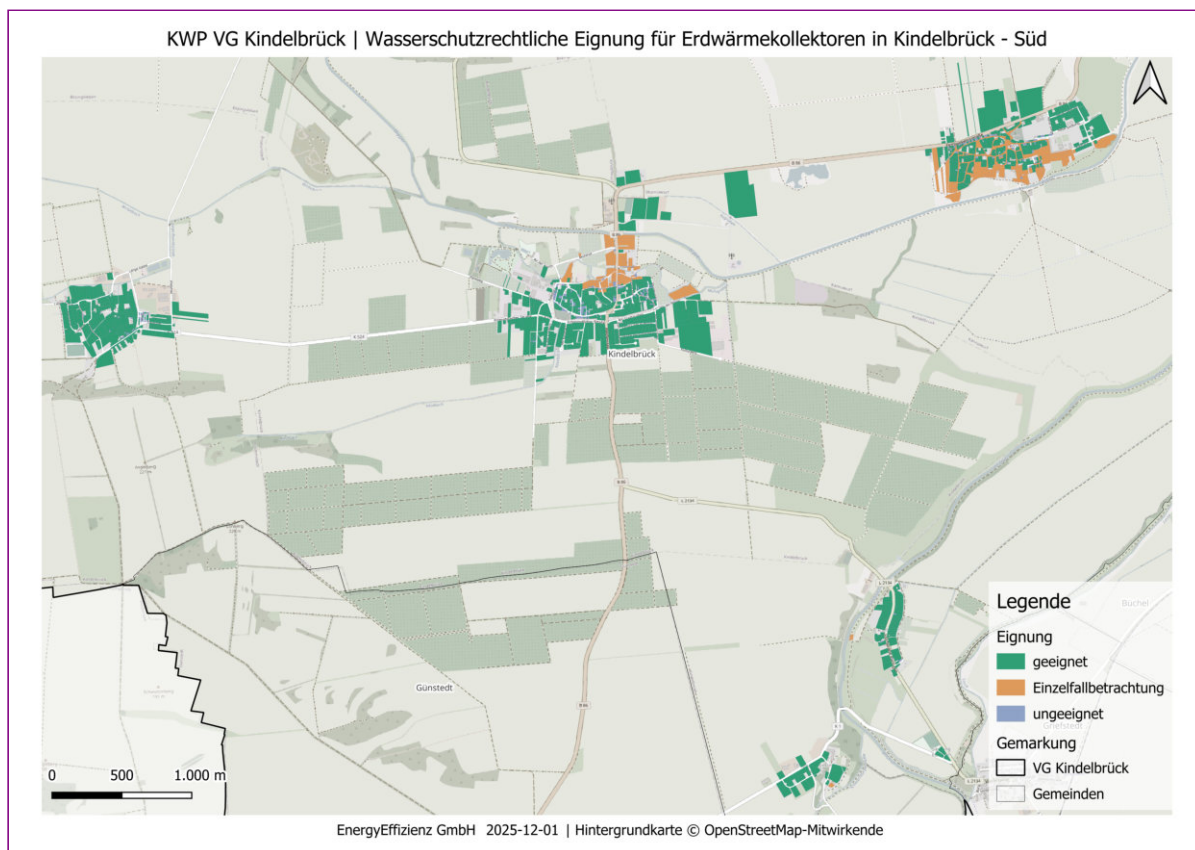


Abbildung 45: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Frömmstedt: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

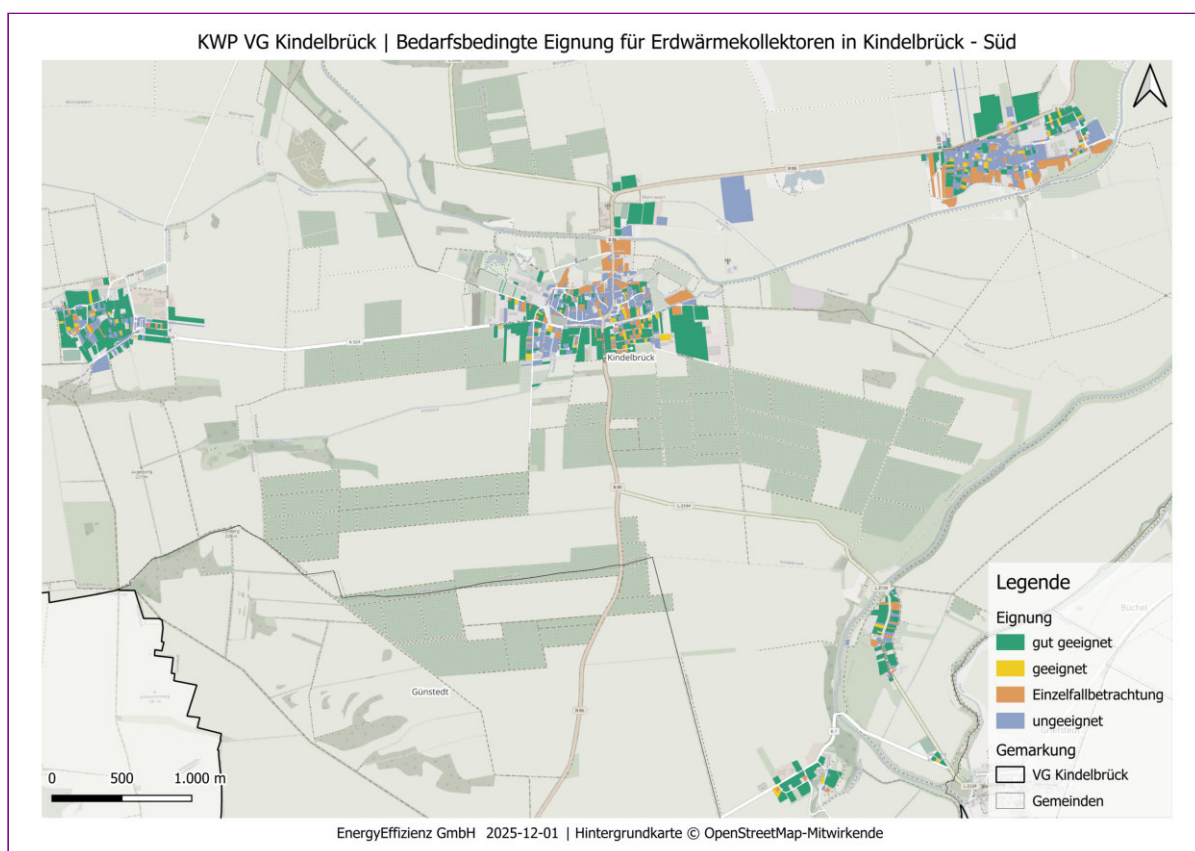


Abbildung 46: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Frömmstedt: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

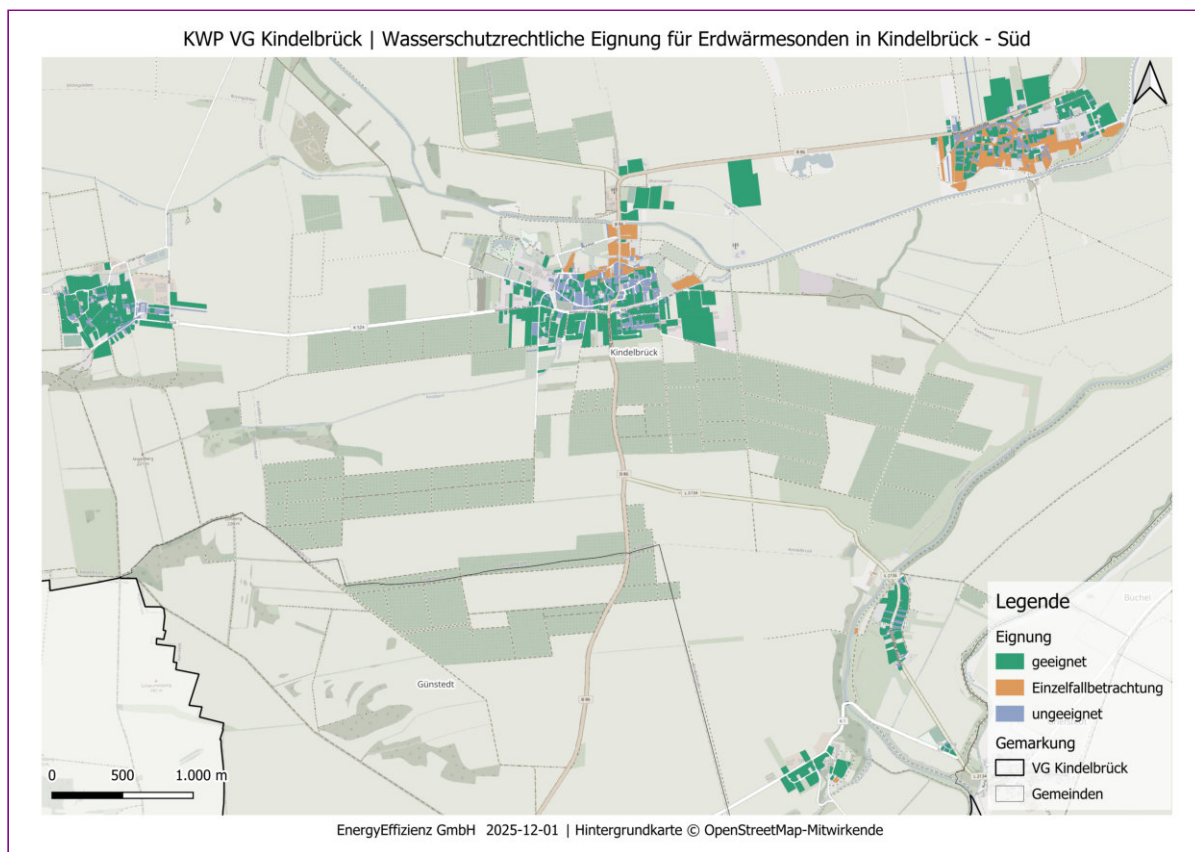


Abbildung 47: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Frömmstedt: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

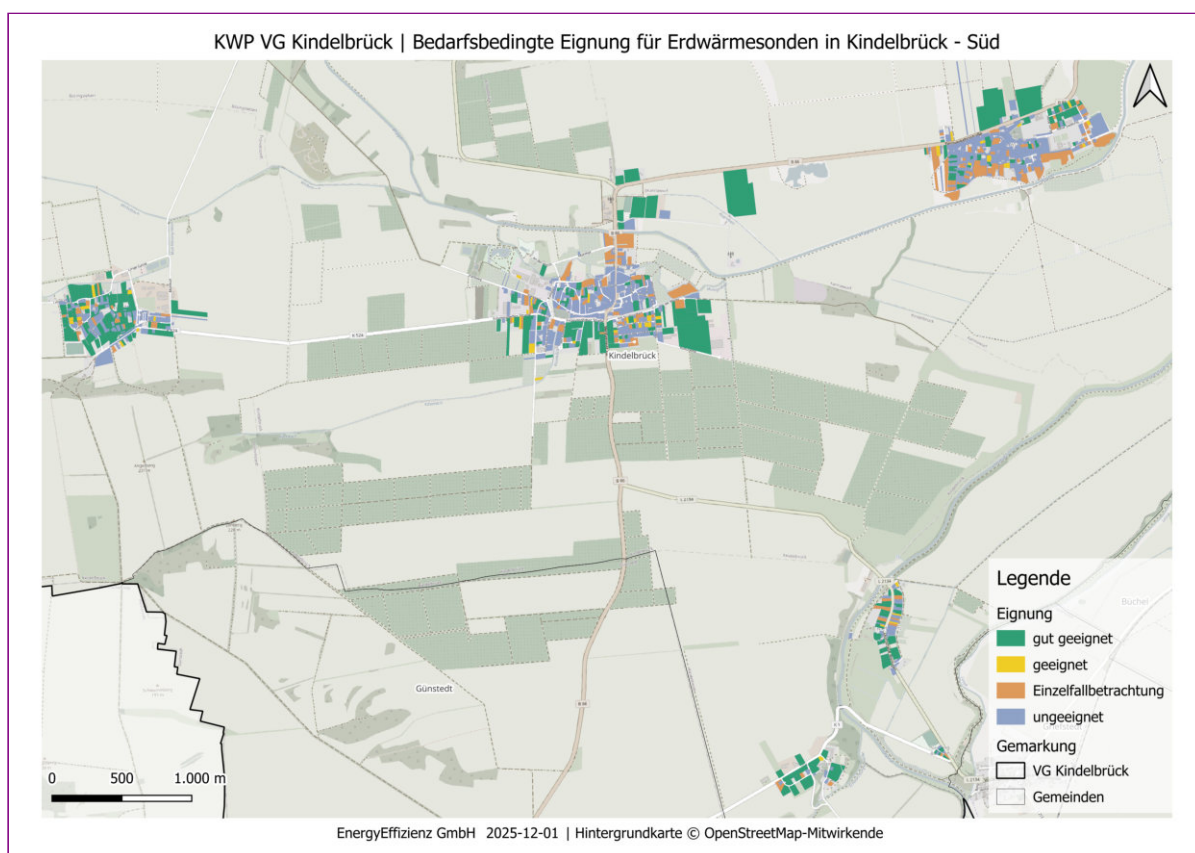


Abbildung 48: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Frömmstedt: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang G: Kindelbrück Kannawurf

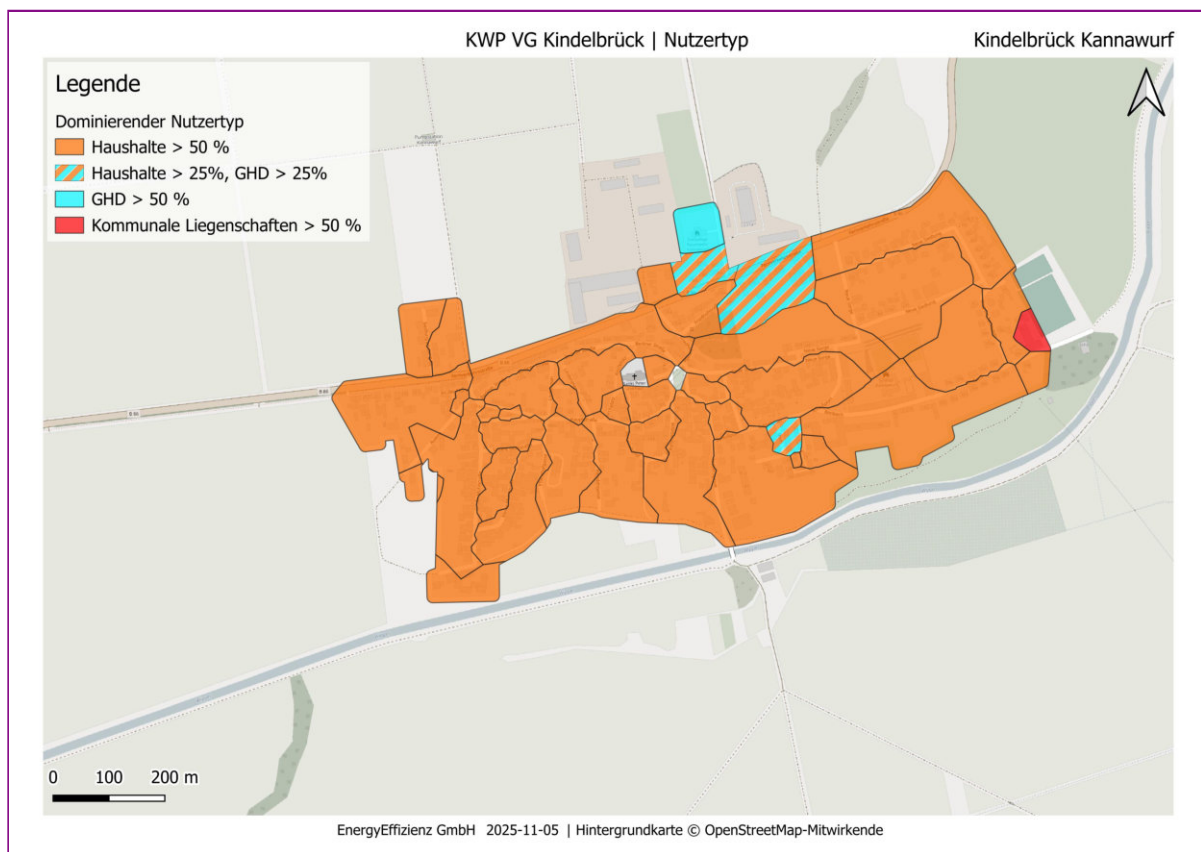


Abbildung 49: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kannawurf: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

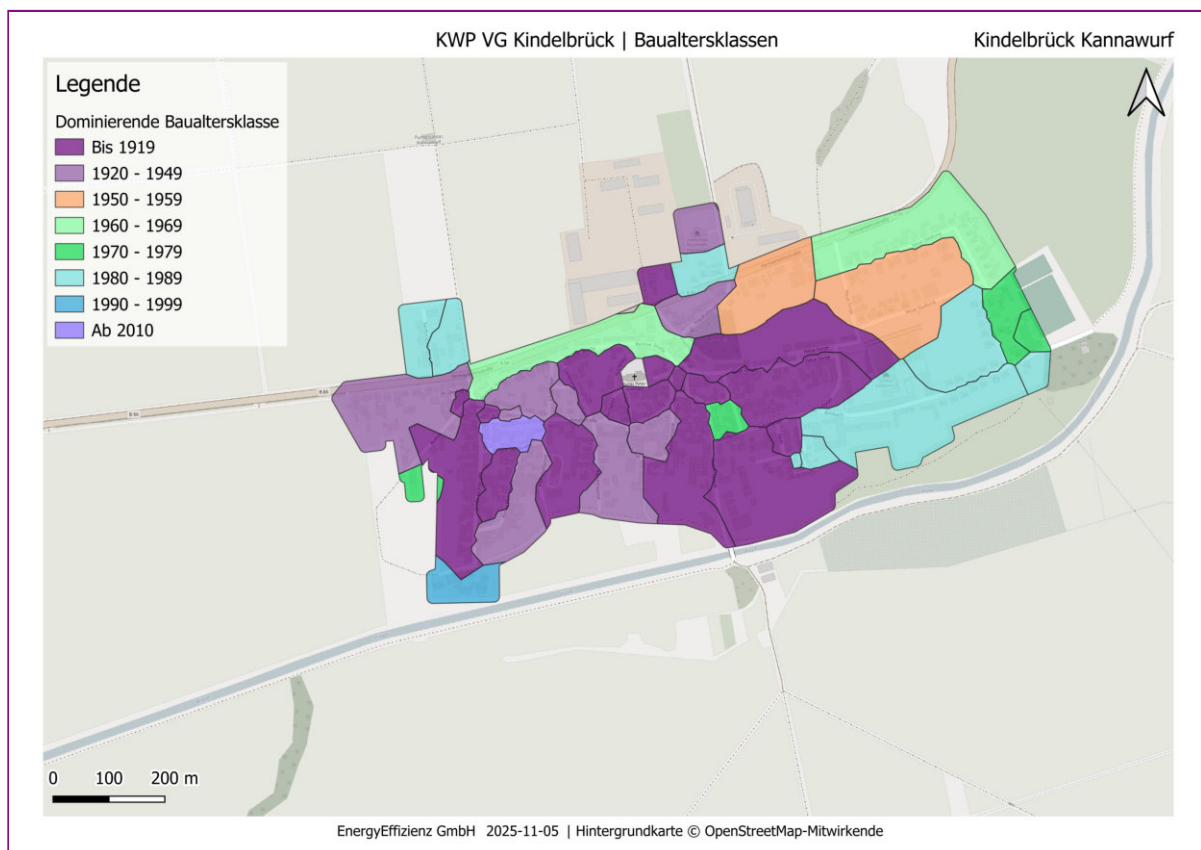


Abbildung 50: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kannawurf: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

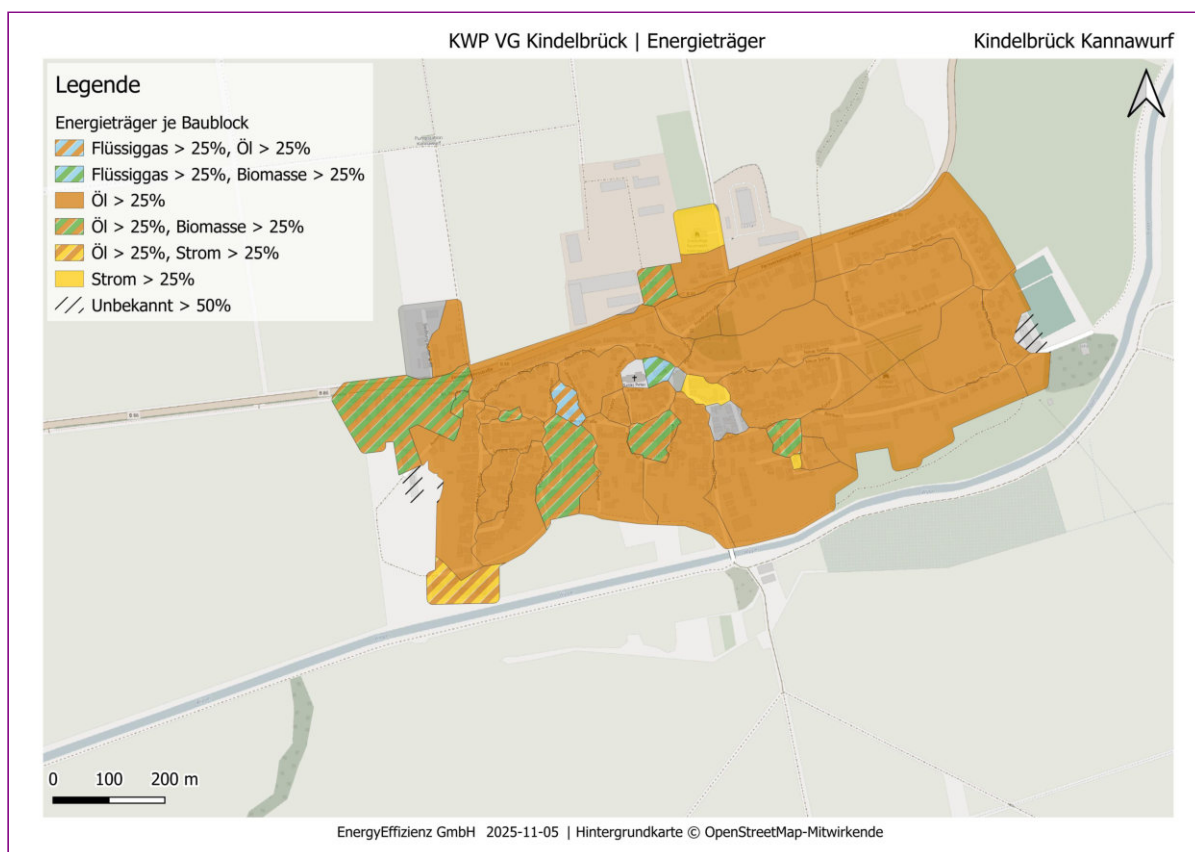


Abbildung 51: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kannawurf: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

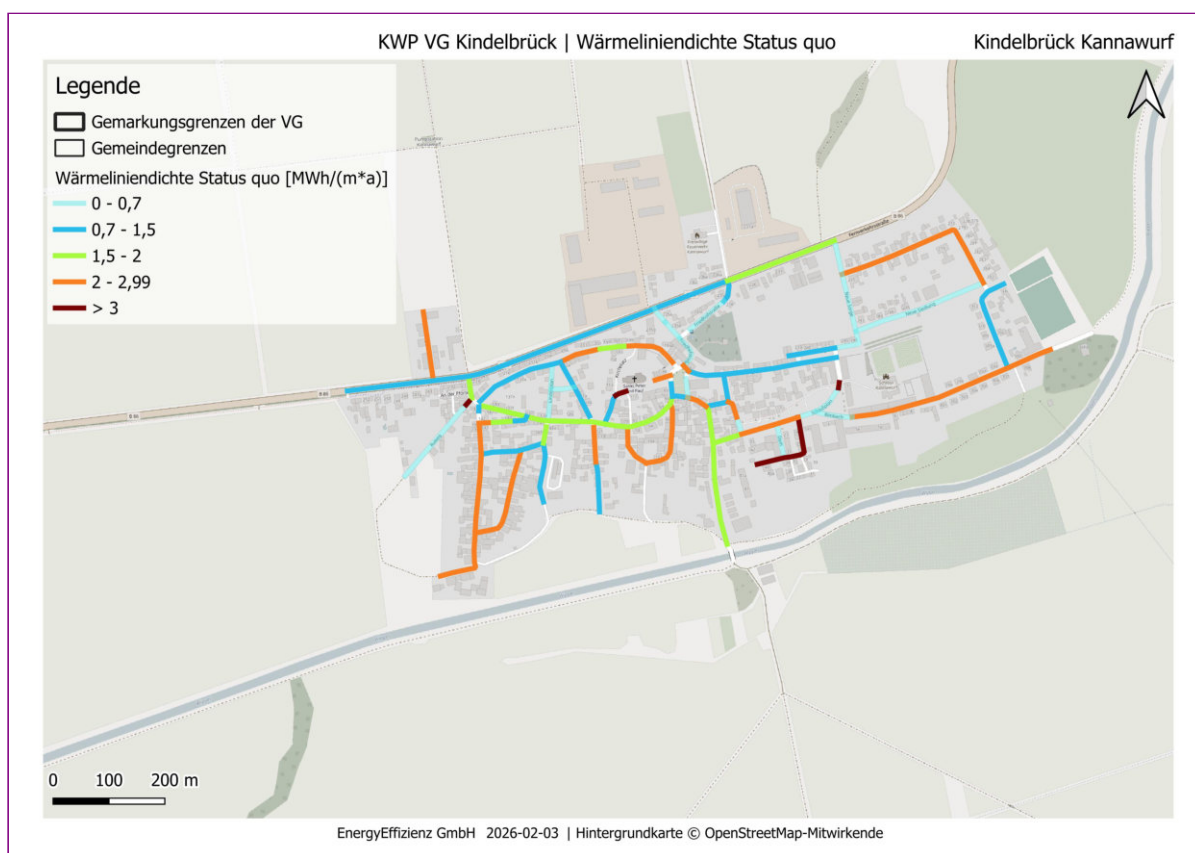


Abbildung 52: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kannawurf: Wärmelinienichte im Status quo

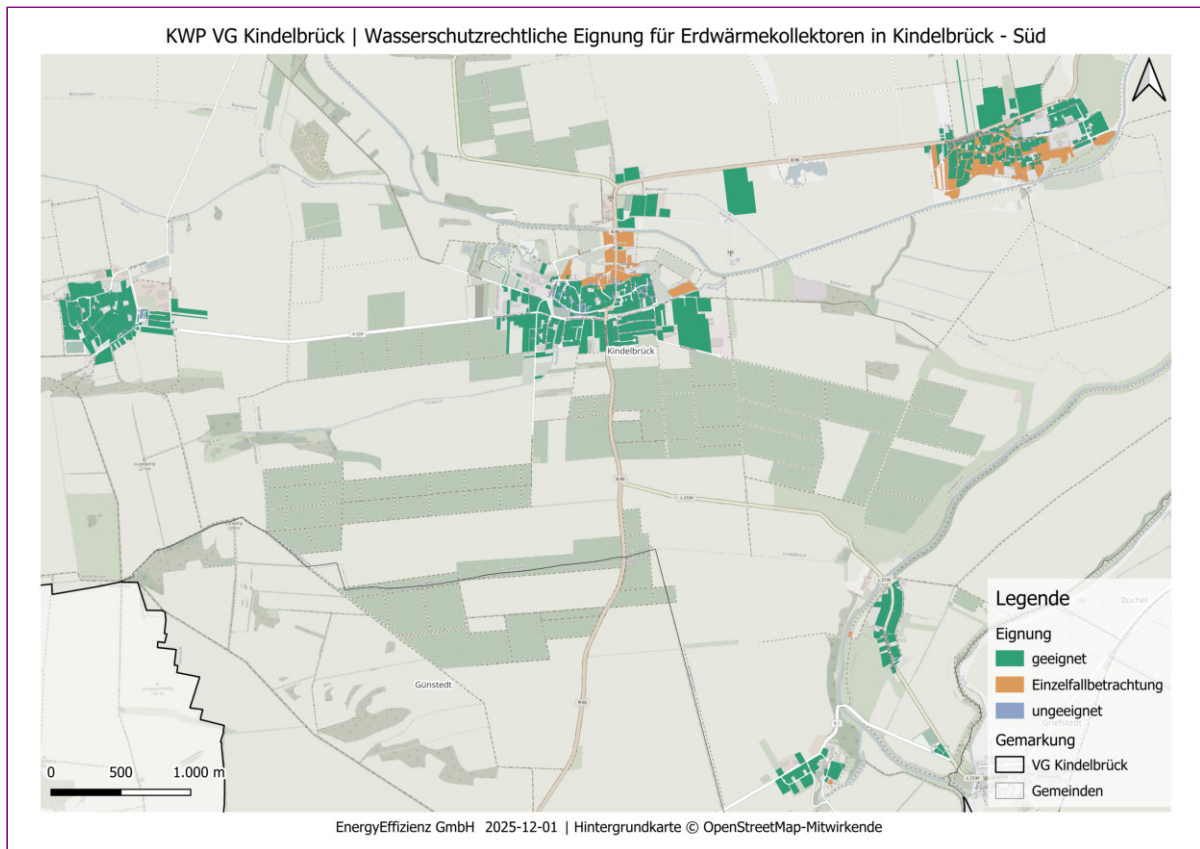


Abbildung 53: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kannawurf: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

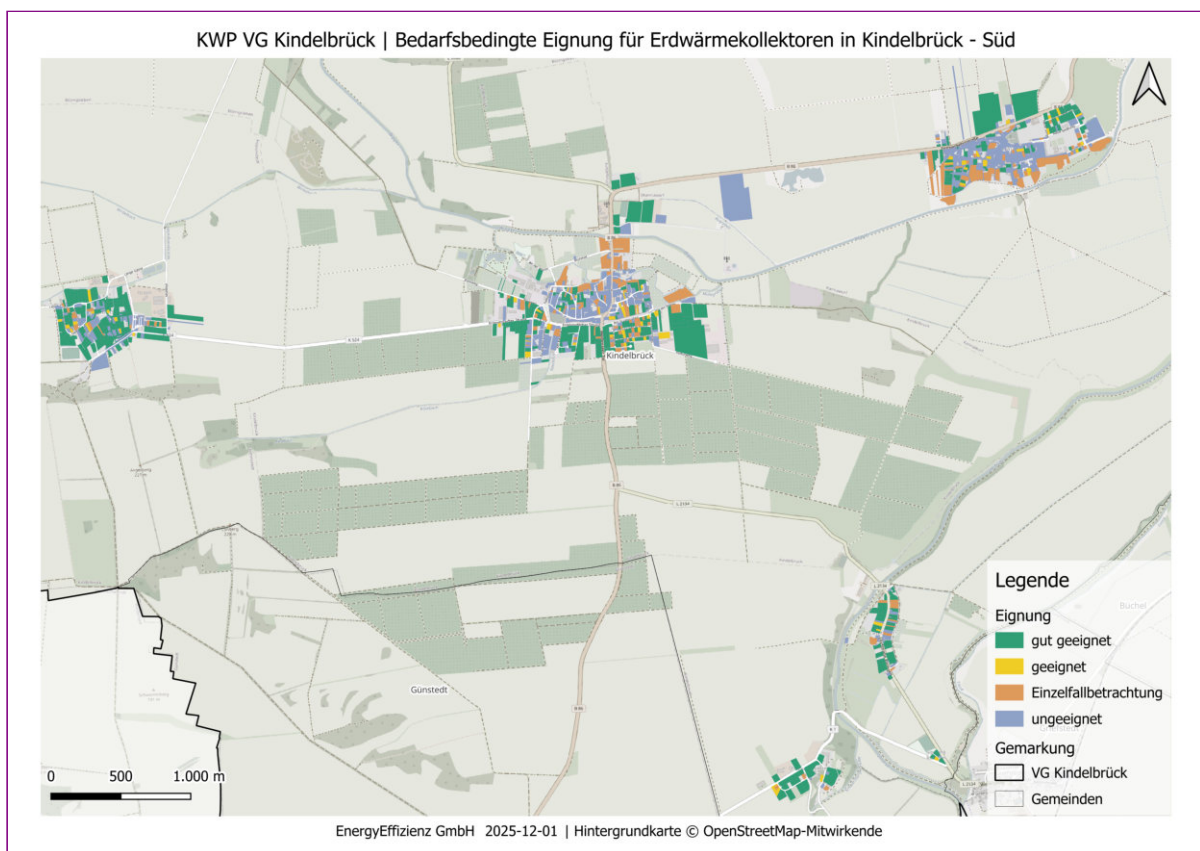


Abbildung 54: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kannawurf: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

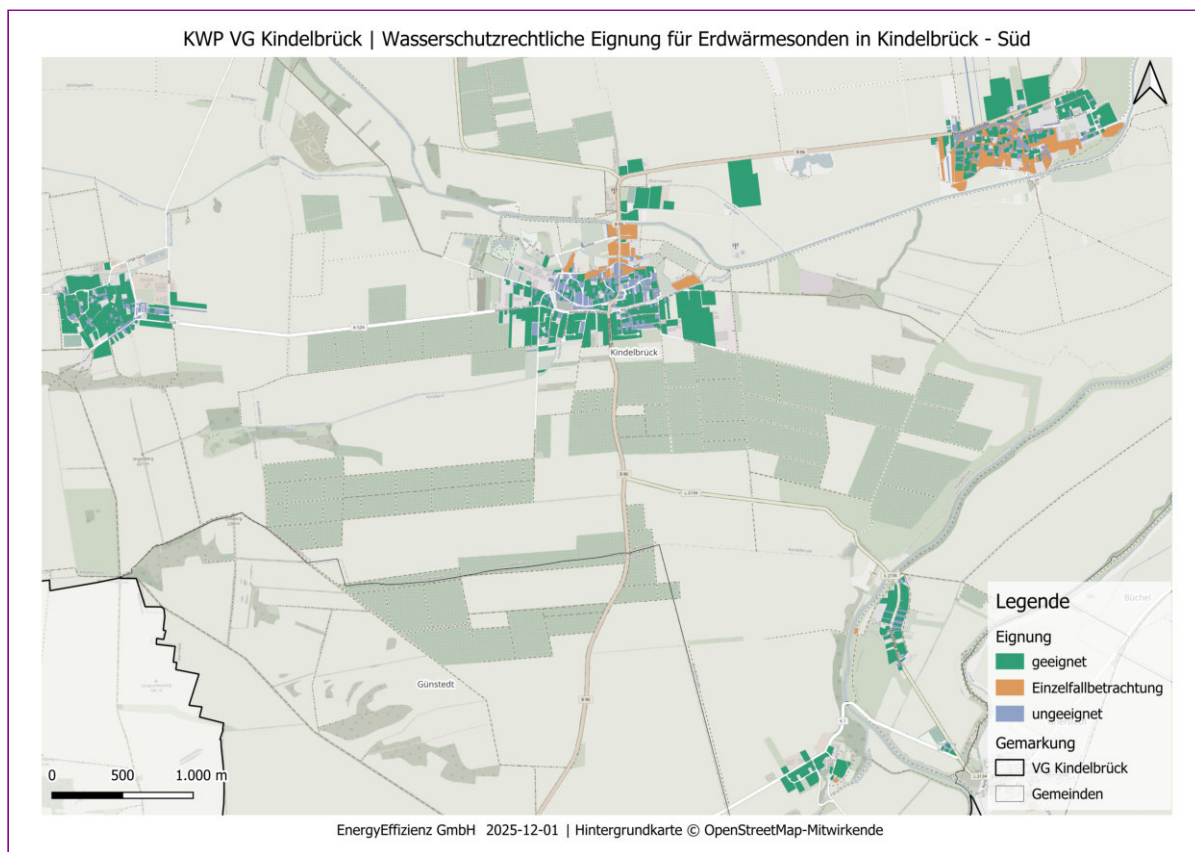


Abbildung 55: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kannawurf: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

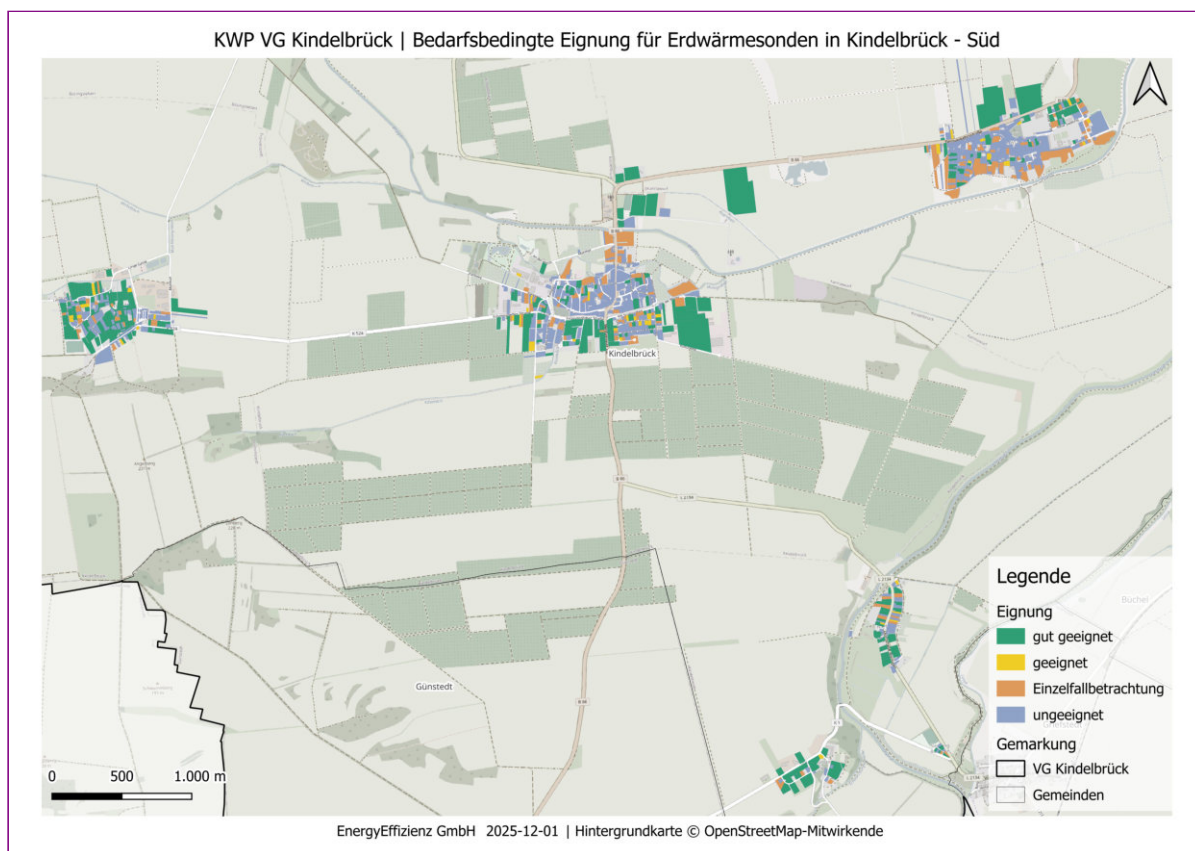


Abbildung 56: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Kannawurf: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang H: Kindelbrück

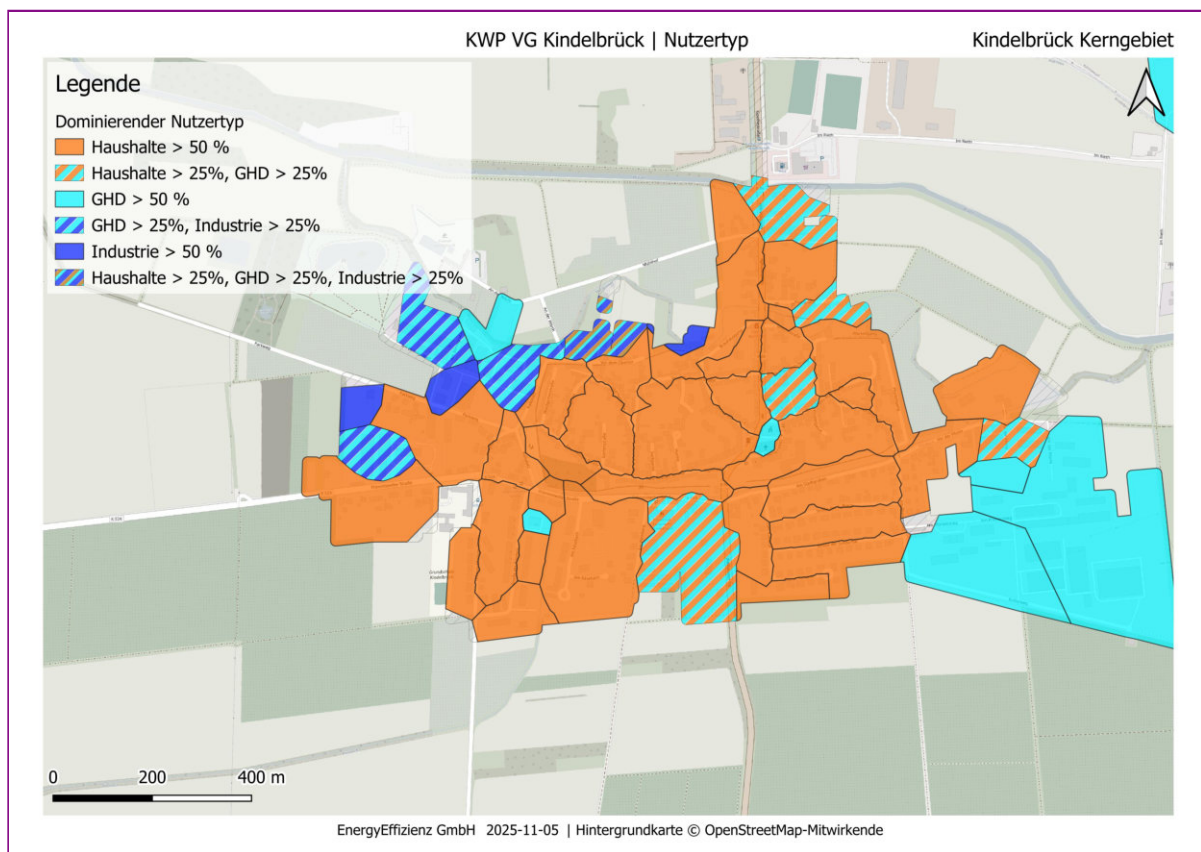


Abbildung 57: Gemeinde Kindelbrück: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

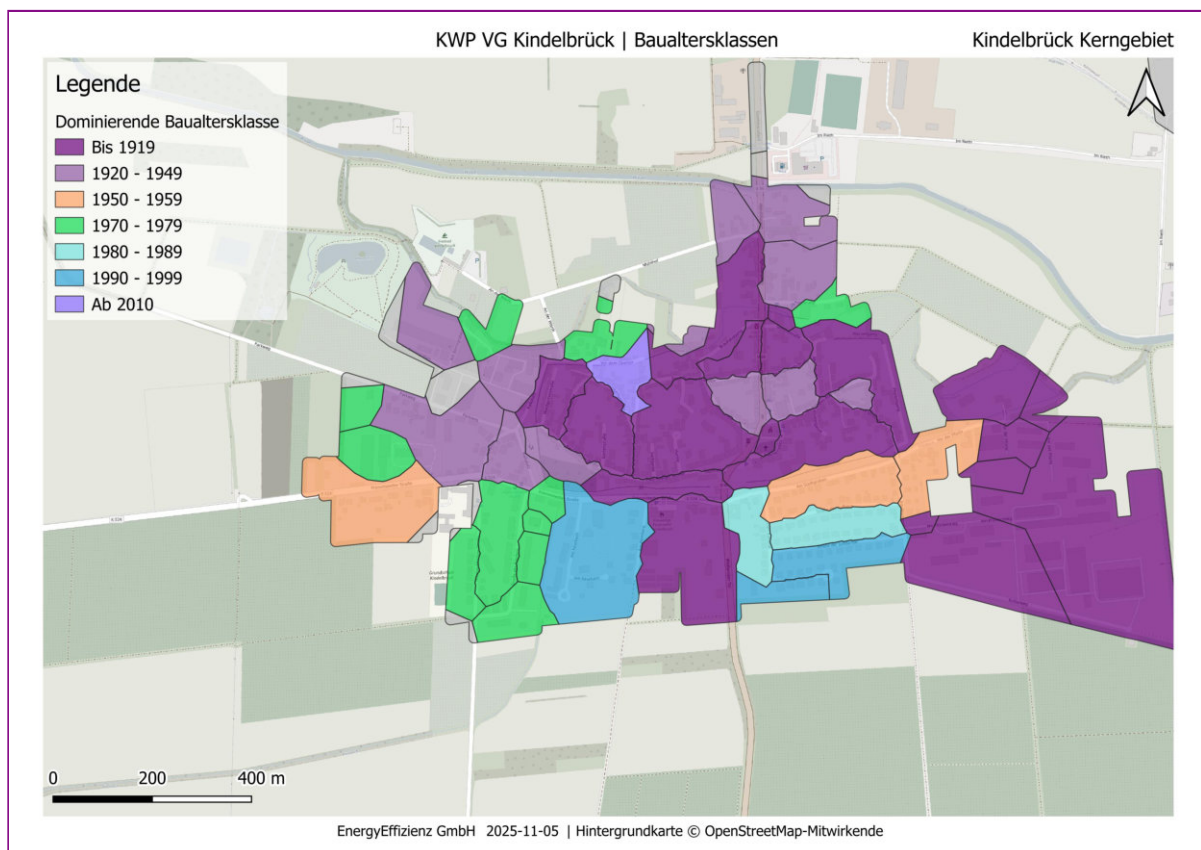


Abbildung 58: Gemeinde Kindelbrück: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

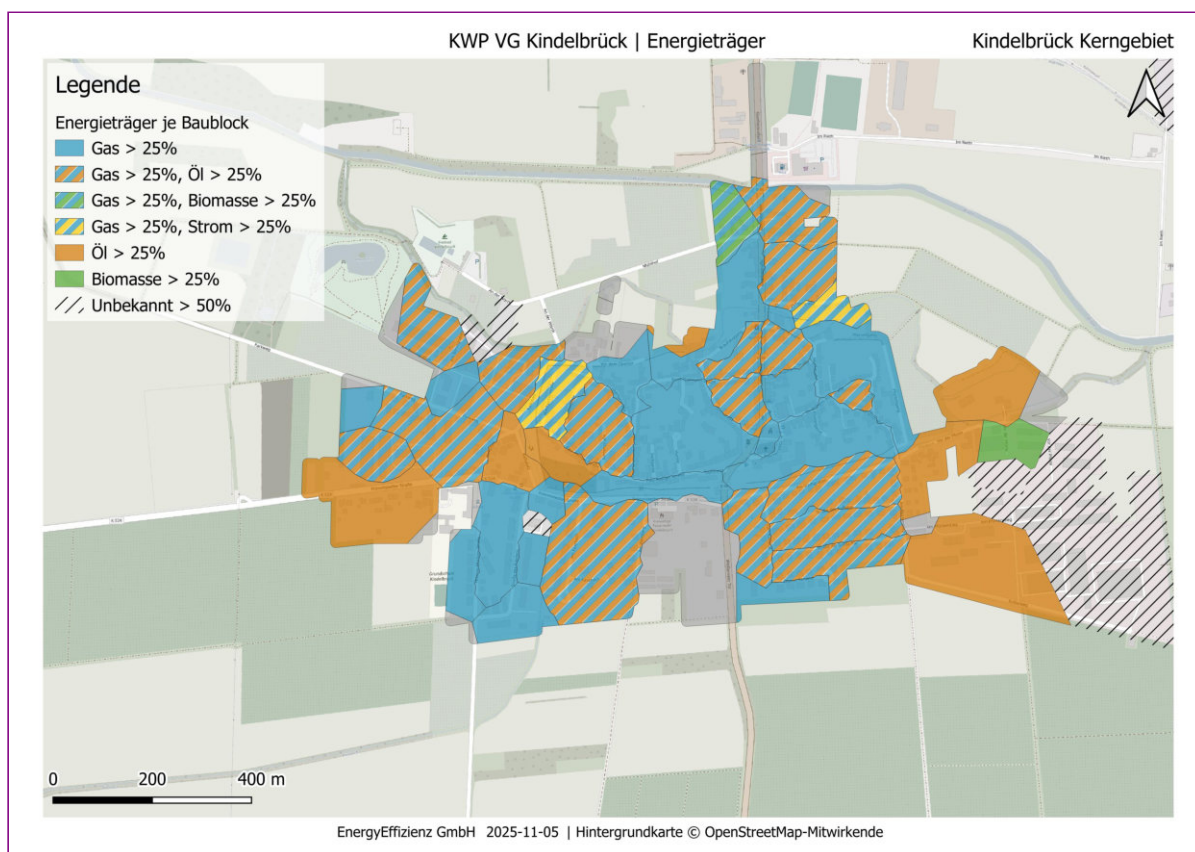


Abbildung 59: Gemeinde Kindelbrück: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

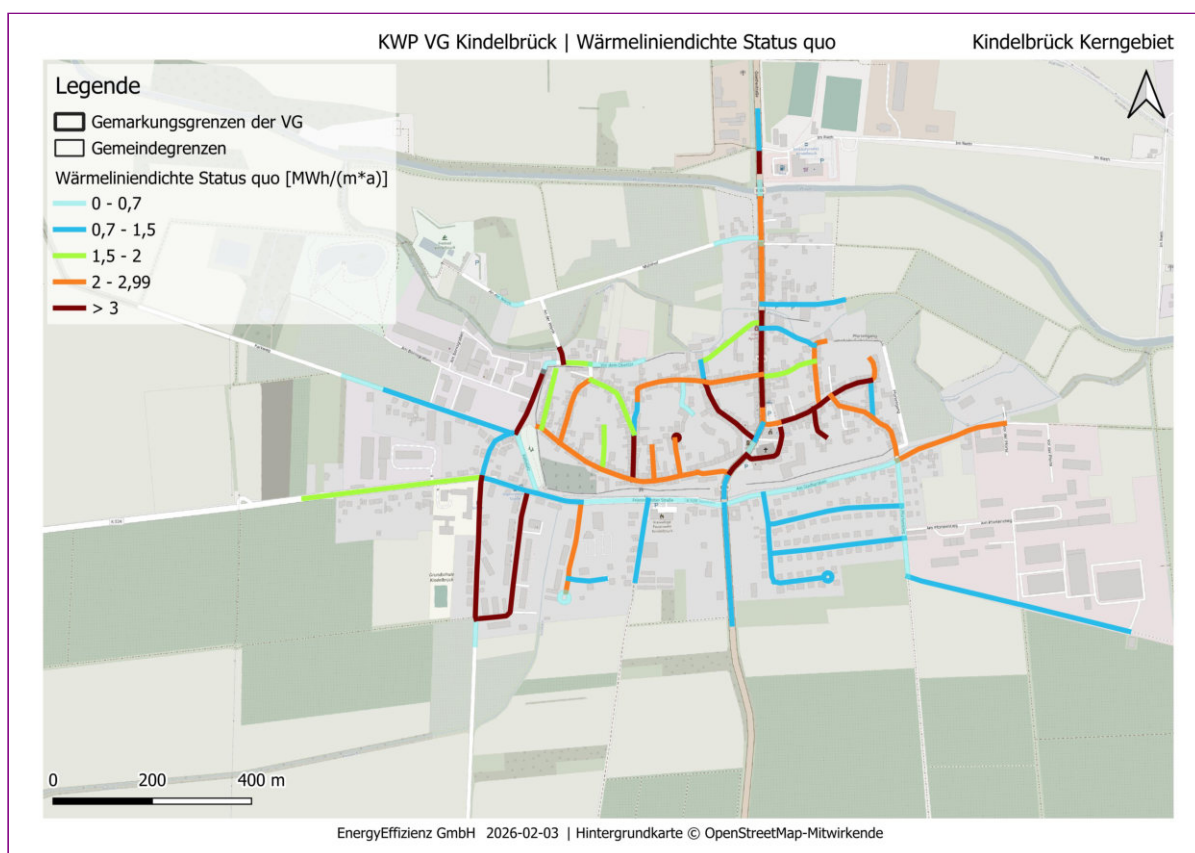


Abbildung 60: Gemeinde Kindelbrück: Wärmelinienichte im Status quo

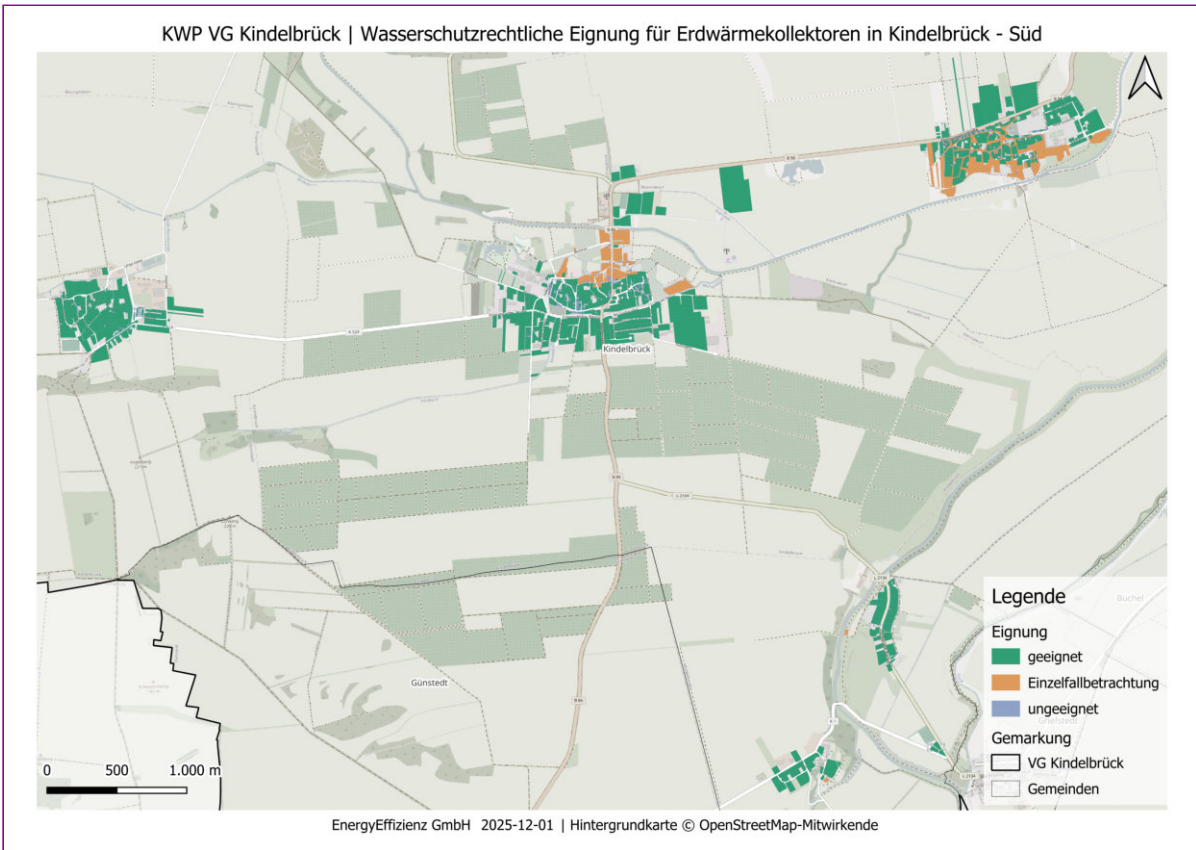


Abbildung 61: Gemeinde Kindelbrück: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

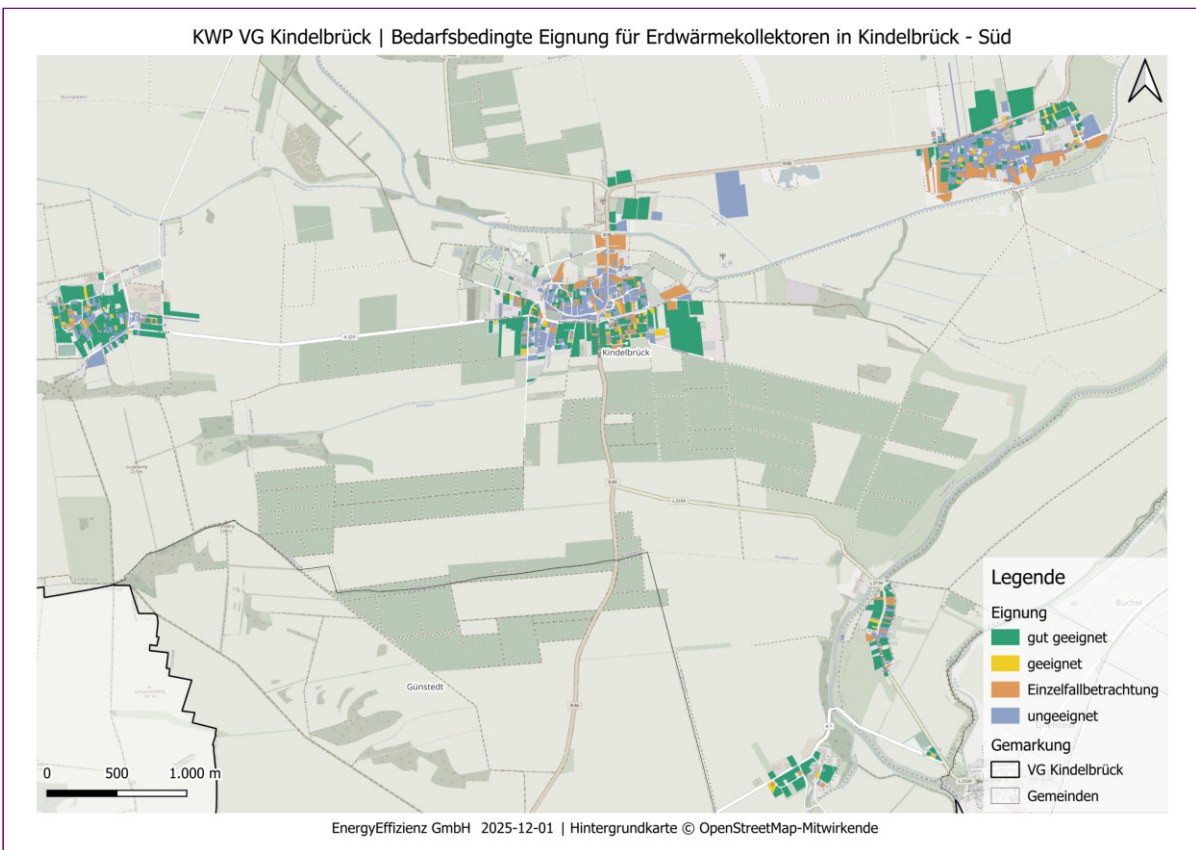


Abbildung 62: Gemeinde Kindelbrück: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

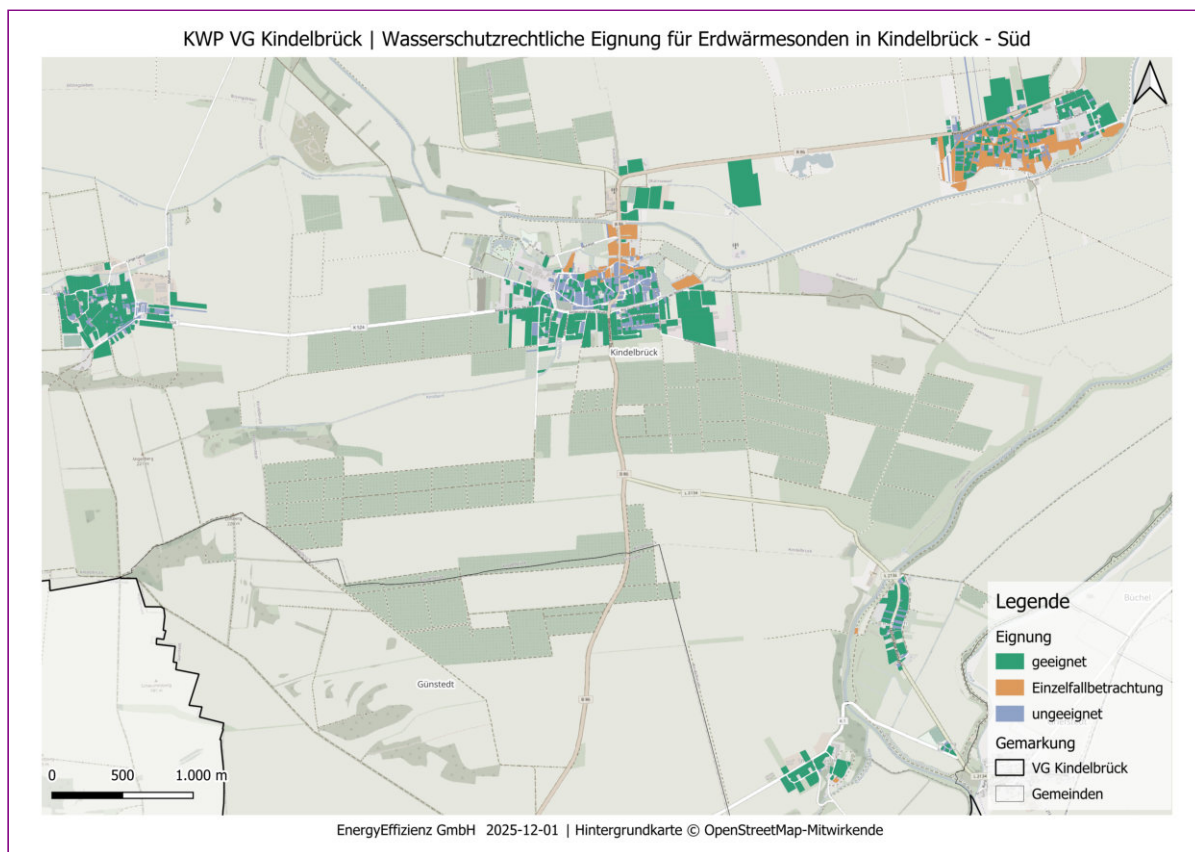


Abbildung 63: Gemeinde Kindelbrück: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

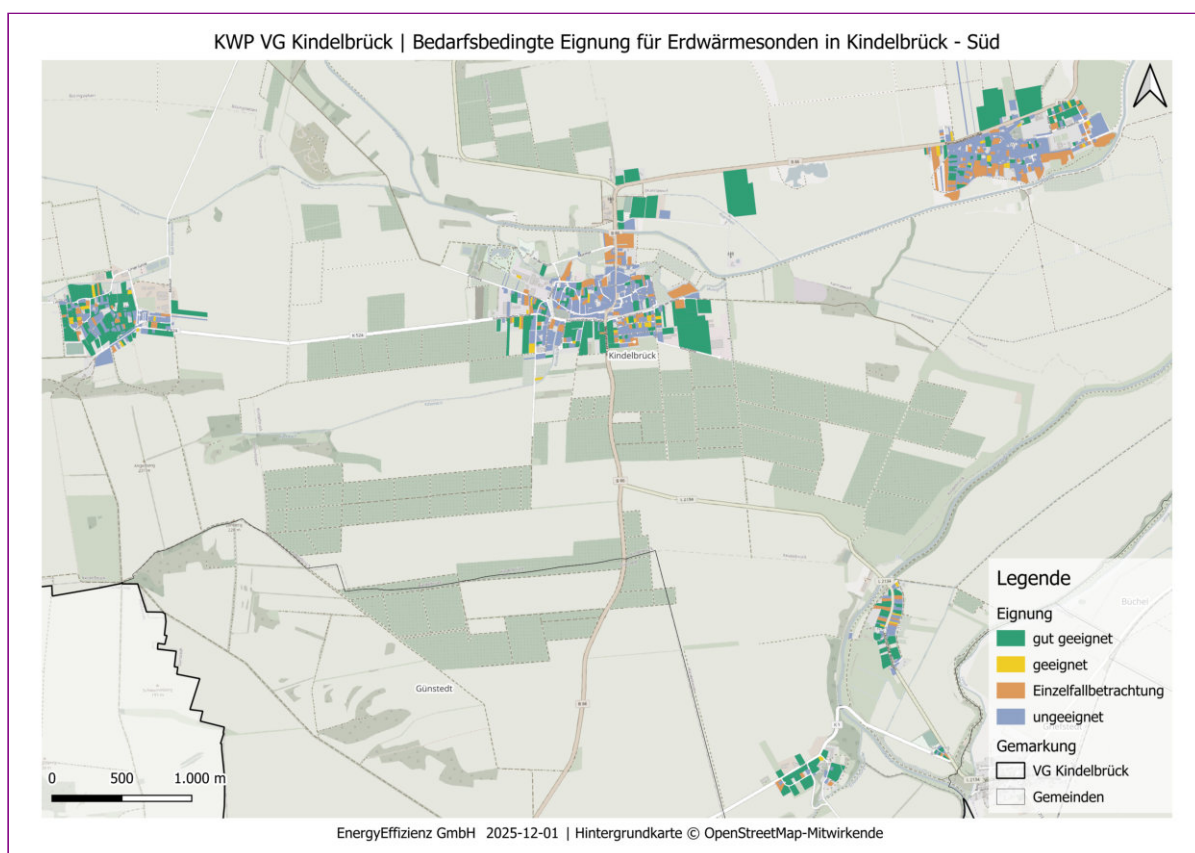


Abbildung 64: Gemeinde Kindelbrück: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang I: Kindelbrück Riethgen

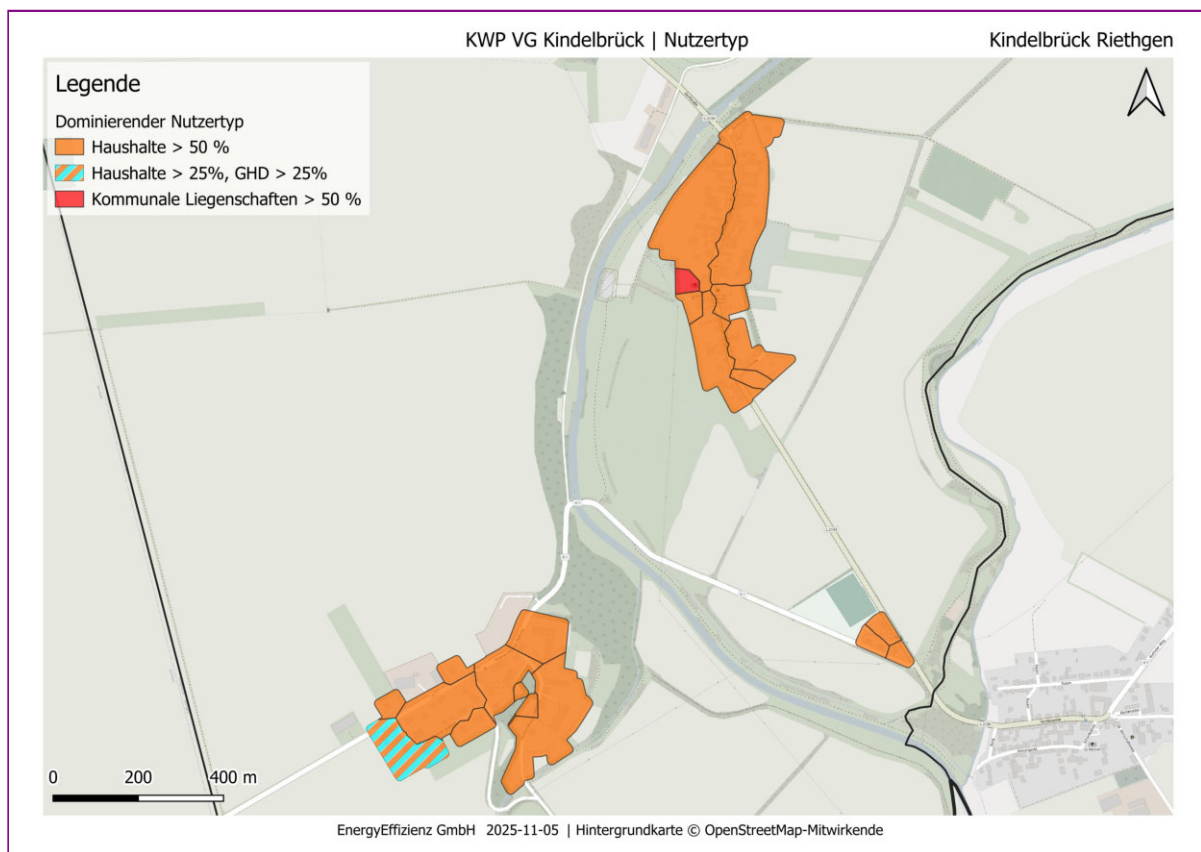


Abbildung 65: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Riethgen: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

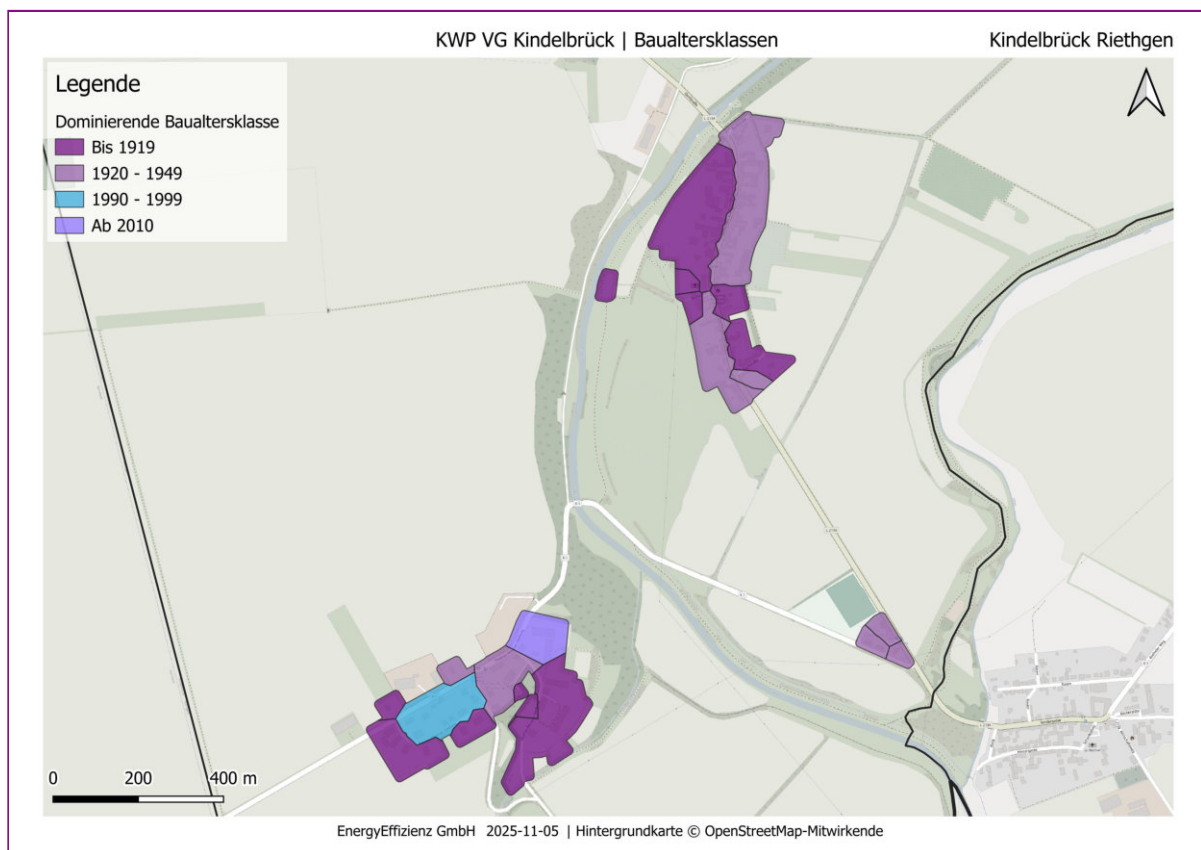


Abbildung 66: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Riethgen: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

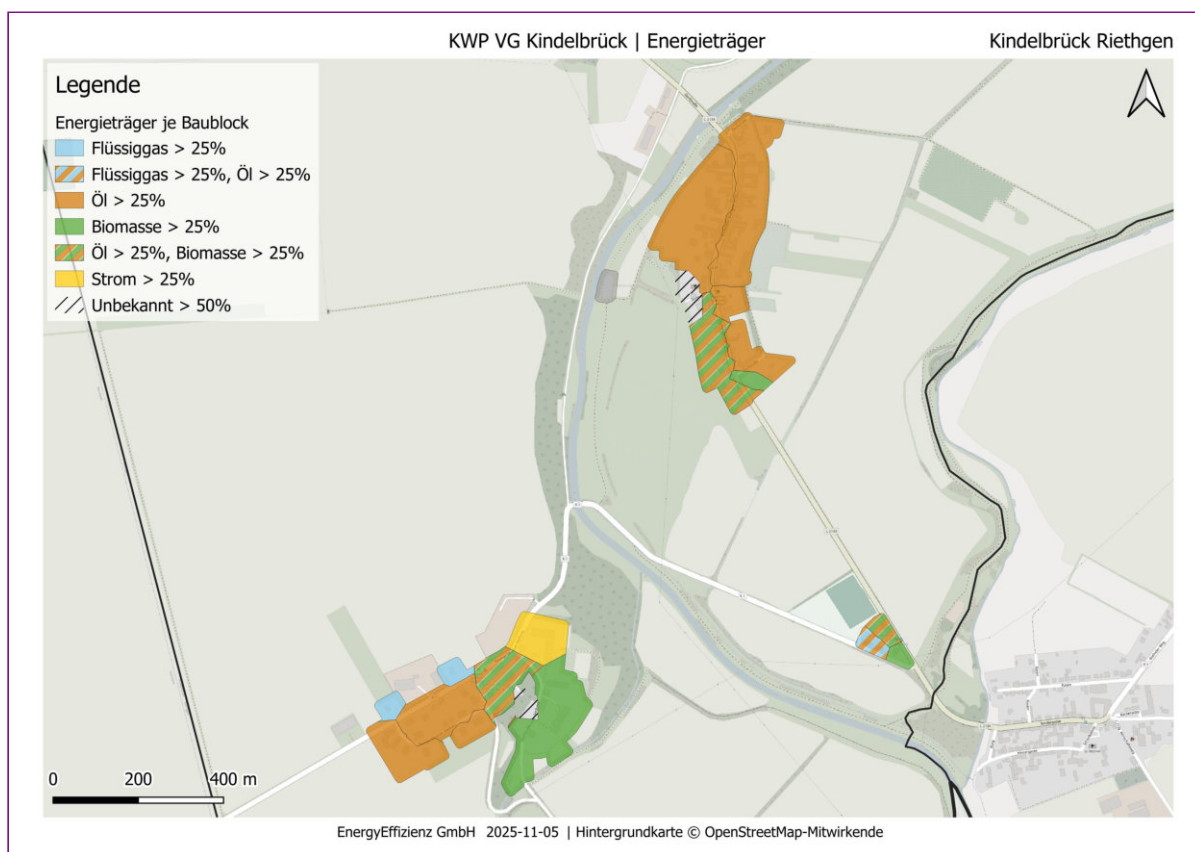


Abbildung 67: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Riethgen: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

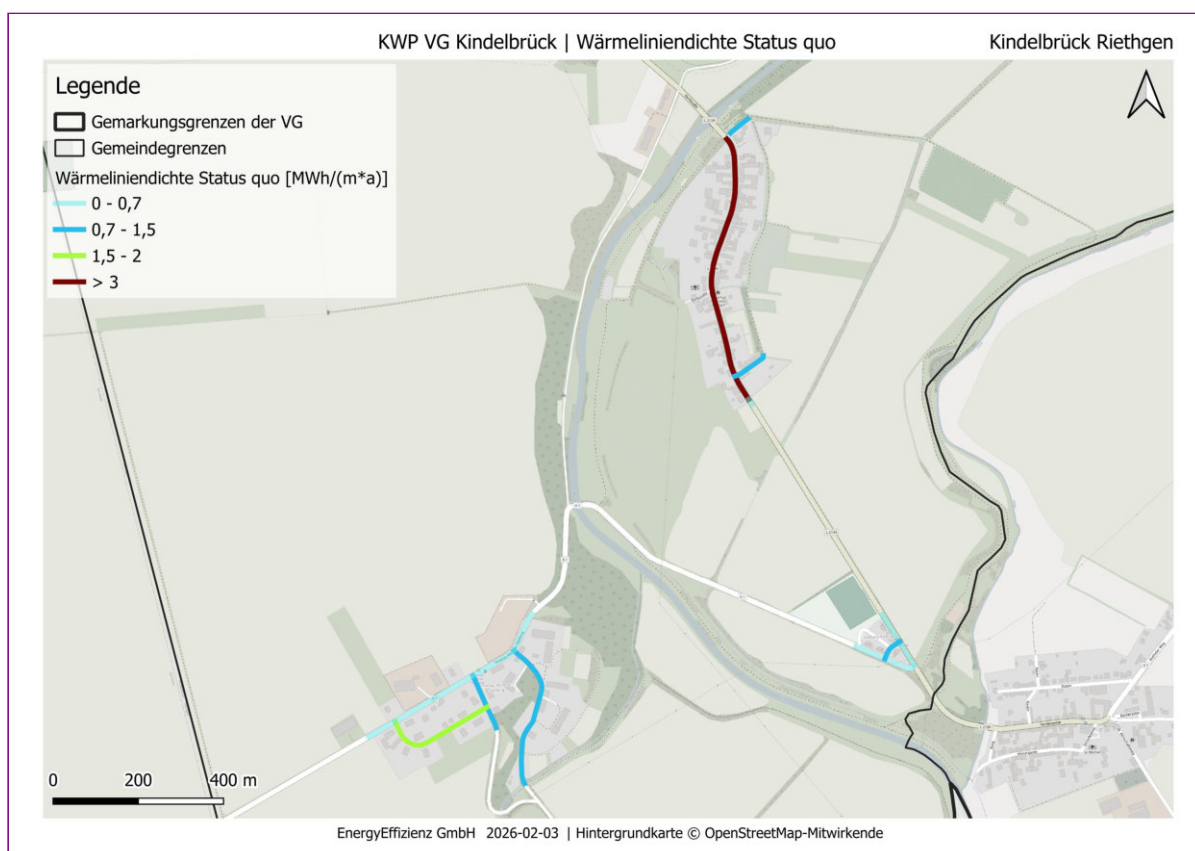


Abbildung 68: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Riethgen: Wärmelinienichte im Status quo

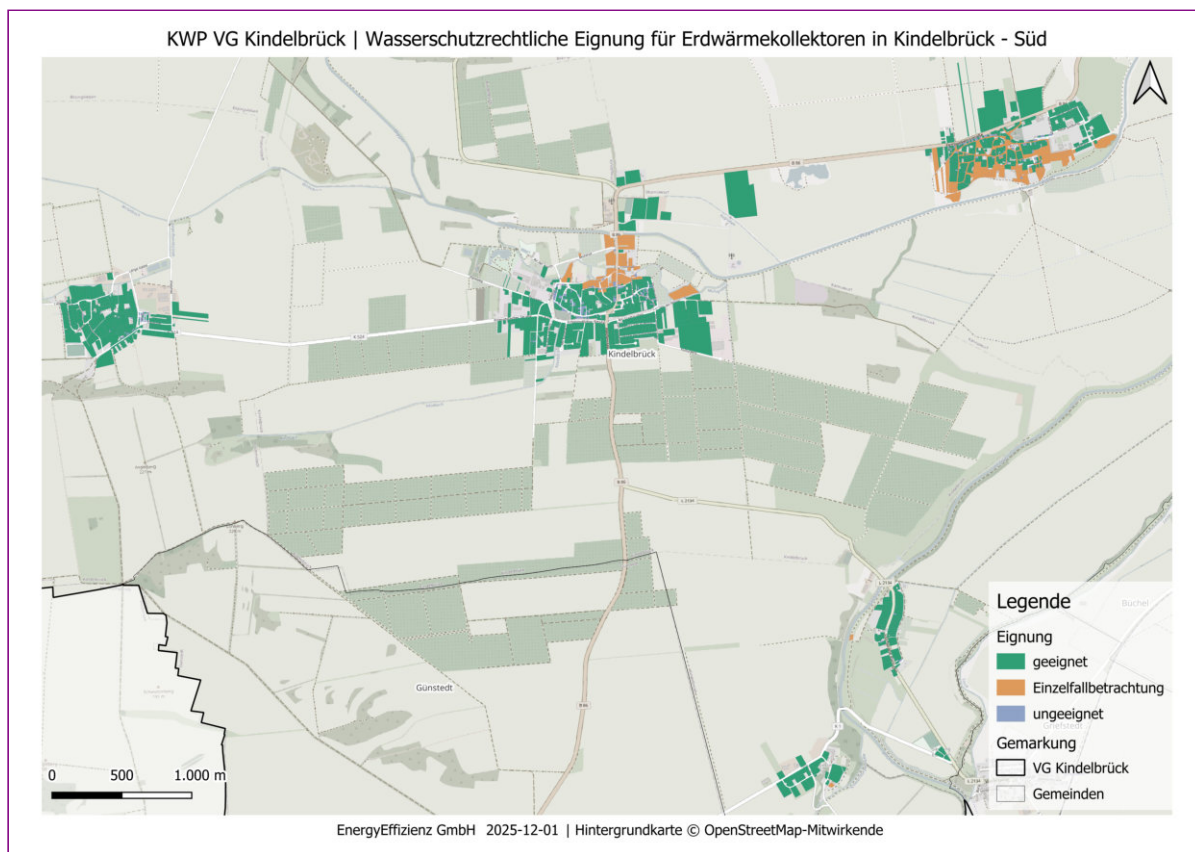


Abbildung 69: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Riethgen: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

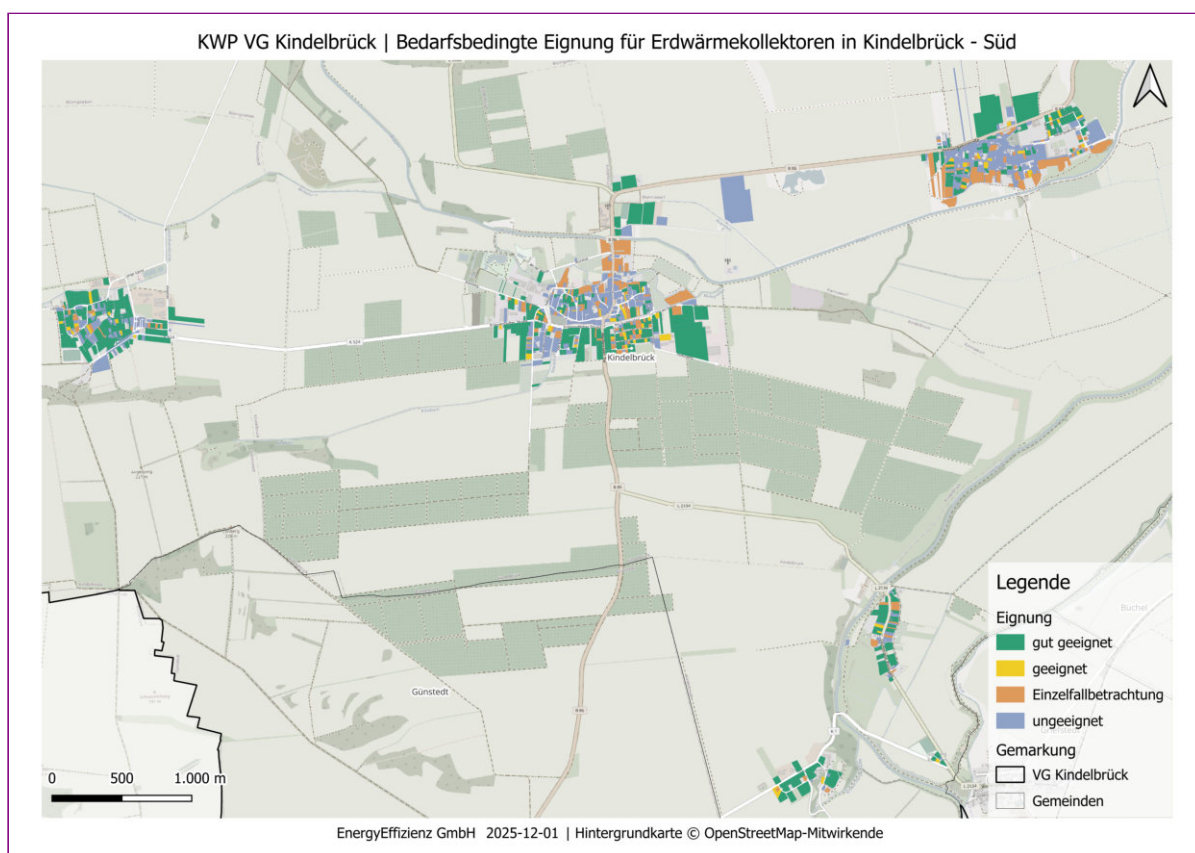


Abbildung 70: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Riethgen: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

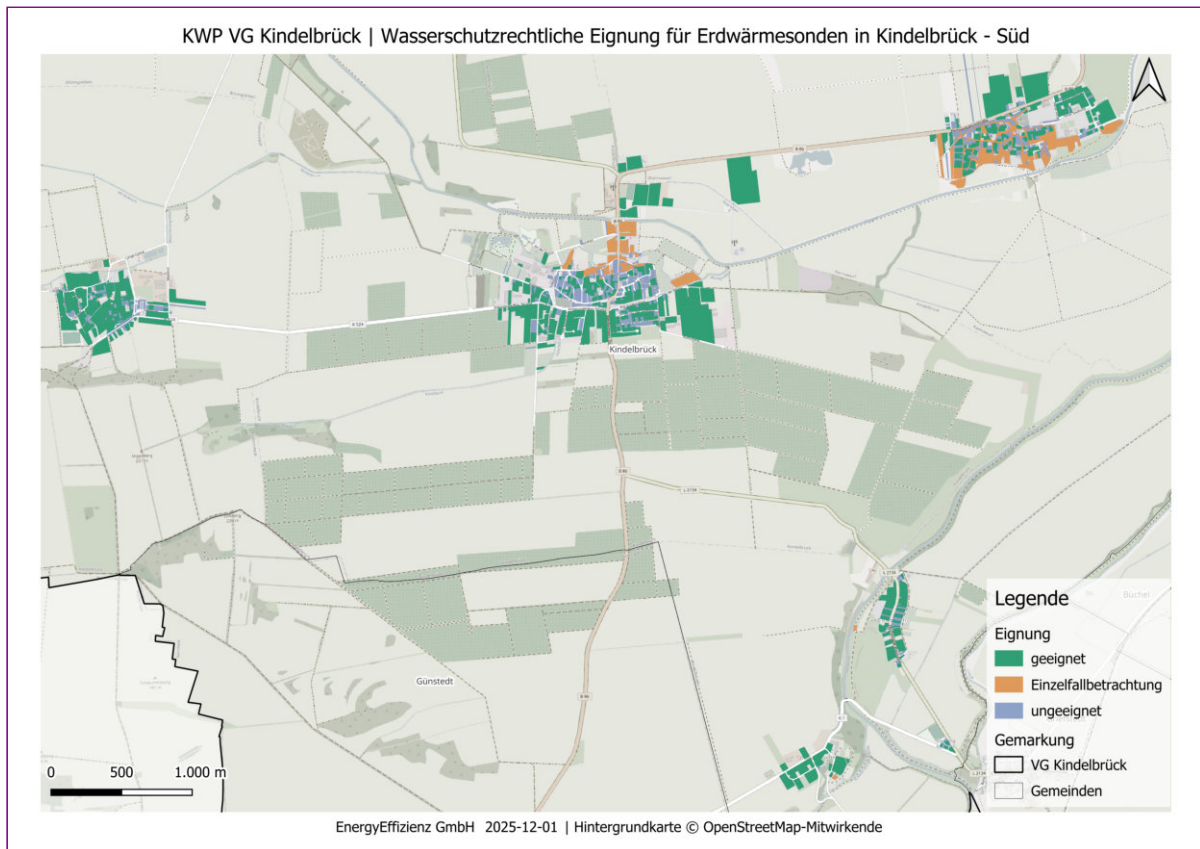


Abbildung 71: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Riethgen: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

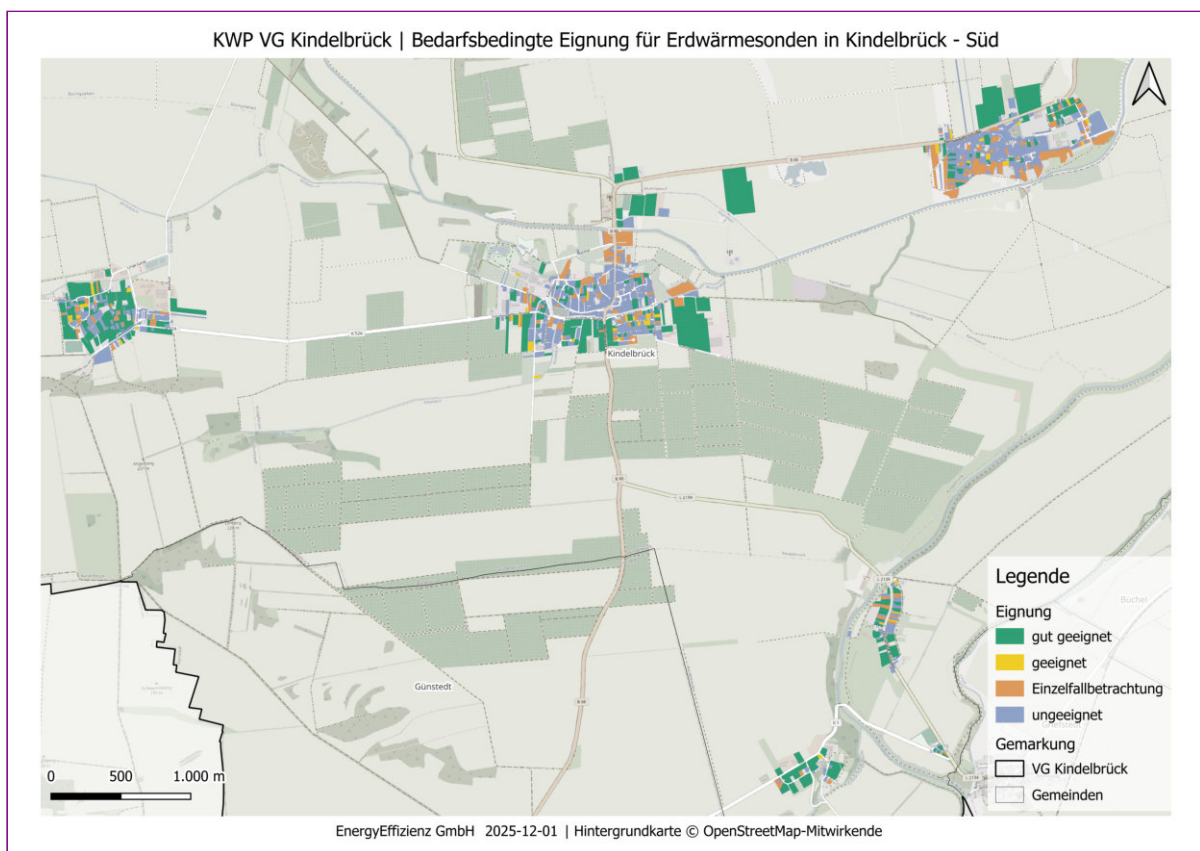


Abbildung 72: Gemeinde Kindelbrück: Ortsteil Riethgen: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene