



Kommunale Wärmeplanung

Verbandsgemeinde

Zweibrücken-Land

Zwischenbericht

Zweibrücken / Lampertheim, 6. November 2025

Impressum

Auftraggeberin:



Verbandsgemeinde
Zweibrücken-Land
Landauer Straße 18-20
66482 Zweibrücken
Telefon: +49 6332 8062-0
E-Mail: l.habelitz@vgzwland.de
Web: <https://www.vgzwland.de/>

Ansprechpartner:
Frau Lisa Habelitz
Stv. Abteilungsleiterin
Bauverwaltung und öffentliche
Einrichtungen

Auftragnehmerin:



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

Projektleitung:
Anne Jüttner, Dipl.-Ing.
Projektteam:
Silvia Drohner, B.Sc.
Anne Jüttner, Dipl.-Ing.
Semen Pavlenko, M.A.
Romina Hafner, M.Sc.
Sophie Weisenbach, B.Eng.
Jonas John, M.Sc.
Lasse Ohlsen M.Sc.
Dr. Hans Henniger
Sophia Fuchs, M.Sc.
Daniel Leißner, M.Sc.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Zusammenfassung	5
1.1. Hintergrund	5
1.2. Aufbau des Endberichts	6
1.3. Zentrale Ergebnisse	6
2. Grundlagen.....	7
2.1. Methodik und Aufbau des Wärmeplans	7
2.2. Datenerfassung / Methodik	8
2.2.1. Bestandsanalyse	8
2.2.2. Potenzialanalyse	9
2.3. Datenschutz	11
3. Bestandsanalyse.....	12
3.1. Verbandsgemeindestruktur	12
3.2. Gebäudenutzung.....	14
3.3. Baualtersklassen	16
3.4. Versorgungs- und Beheizungsstruktur	18
3.5. Wärmemengen und Wärmeliniendichten	21
4. Potenzialanalyse	24
4.1. Senkung des Wärmebedarfs	25
4.1.1. Hinweise und Einschränkungen.....	25
4.1.2. Potenzial	26
4.2. Zentrale Potenziale (Wärme)	26
4.2.1. Biomasse	26
4.2.2. Solarthermie auf Freiflächen	31
4.2.3. Agrothermie	34
4.2.4. Oberflächennahe Gewässer	37
4.2.5. Tiefengeothermie	39
4.2.6. Unvermeidbare Abwärme aus Industrie und Gewerbe.....	40
4.2.7. Abwärme aus Abwasser	42
4.2.8. Grüner Wasserstoff	42
4.3. Dezentrale Potenziale (Wärme).....	43
4.3.1. Luft/Wasser-Wärmepumpen	43

4.3.2.	Oberflächennahe Geothermie	43
4.3.3.	Biomasse	50
4.3.4.	Solarthermie auf Dachflächen	50
4.4.	Stromerzeugungspotenziale	51
4.4.1.	Photovoltaik auf Dachflächen	51
4.4.2.	Photovoltaik auf Freiflächen	52
4.4.3.	Agri-PV	54
4.4.4.	Windkraft	57
	Literaturverzeichnis	60
	Tabellenverzeichnis	61
	Abbildungsverzeichnis	62
	Abkürzungsverzeichnis	69
	Anhangsverzeichnis	71

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 Inkrafttreten des Bundesgesetzes konnte über die Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) eine Förderung zur Erstellung der kommunalen Wärmeplanung beantragt werden, bei der 90 % der Kosten förderfähig sind.

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert die Bundesregierung seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen und Bildungseinrichtungen.

Vor diesem Hintergrund ist die Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land zum frühestmöglichen Zeitpunkt in den Prozess der kommunalen Wärmeplanung eingestiegen. Im Jahr 2023 hat die Verbandsgemeindeverwaltung einen Förderantrag zur Erarbeitung der Wärmeplanung über die Kommunalrichtlinie beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gestellt. Auf Basis einer öffentlichen Ausschreibung ist der EnergyEffizienz GmbH aus Lampertheim im südhessischen Landkreis Bergstraße der Zuschlag für die Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung für die Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land erteilt worden.

Die Wärmeplanung bildet die strategische Grundlage für die Gestaltung einer zukunftsfähigen Wärmeversorgung in der Verbandsgemeinde. Zugleich erfüllt die Verbandsgemeinde mit der abschließend vorliegenden Wärmeplanung die Verpflichtung gemäß Wärmeplanungsgesetz und alle Förderbedingungen gemäß NKI.

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 Zweibrücken-Land (Bestandsanalyse).
- Kapitel 4 legt dar, welche Potenziale zur Energieeinsparung sowie zur Nutzung von erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme in der Verbandsgemeinde 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 sowie den Vorgaben der NKL.

1.3. Zentrale Ergebnisse

Die **Bestandsanalyse** in der Verbandsgemeinde basiert auf der Analyse und Aufbereitung zahlreicher Datenquellen wie Kehrbücher, 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 mindestens 79 % 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 Gleichzeitig bietet sich durch den Tauschzyklus bei Heizungen eine wertvolle Gelegenheit, um in nachhaltige und effiziente Wärmeversorgungslösungen zu investieren.

Im Rahmen der **Potenzialanalyse** wurde ein größeres Potenzial für Agrothermie und Freiflächensolarthermie sowie ein kleineres Potenzial für Flusswärme identifiziert. Insgesamt ergibt sich ein technisches Wärmeerzeugungspotenzial aller betrachteten zentralen Technologien von 11,2 TWh/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**:

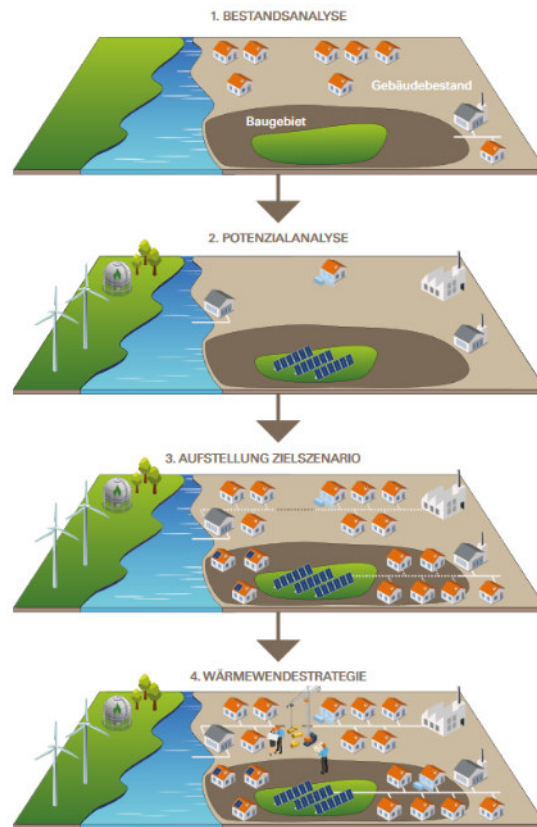


Abbildung 1: Ablauf der Kommunalen Wärmeplanung (KEA Baden-Württemberg, 2020, S. 22)

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 Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land, Kkehrbuchdaten (straßenzugsweise geclustert), Verbrauchsangaben der Netzbetreiber (geclustert nach Wärmeplanungsgesetz), Openstreetmap, sowie die Daten des Zensus2022 (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
 - Baujahr
- Verbrauch/Bedarf
 - Wärme

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 Technikatalog für die Kommunale Wärmeplanung entnommen, der im Auftrag des BMWK und des BMWSB erarbeitet wurde (Tabelle 12). 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 Potenzialen 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. Eine Übersicht zu den naturschutz- und artenschutzrelevanten Flächen sowie den Wasserschutzgebieten in der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land ist in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt. 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 hoher Wahrscheinlichkeit 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.

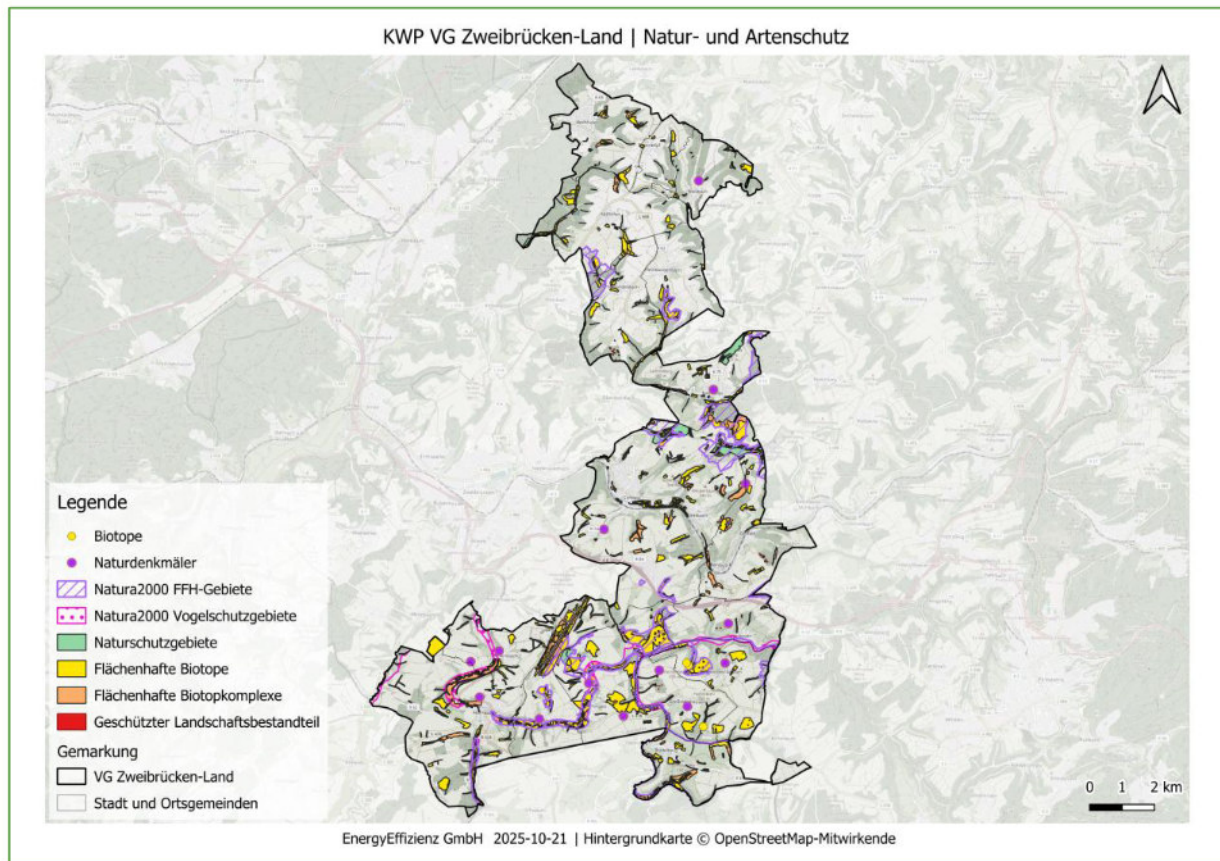


Abbildung 2: Natur- und Artenschutz als restriktives Element

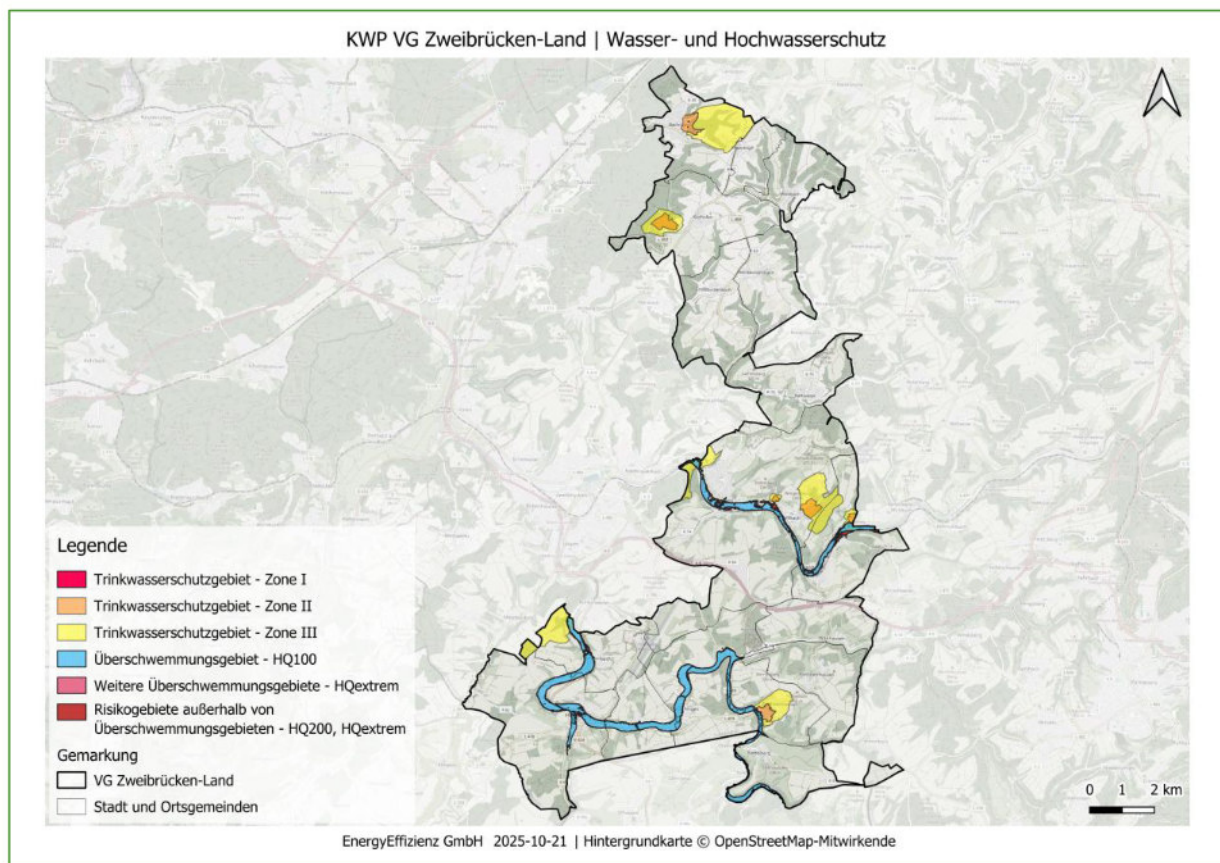


Abbildung 3: Trinkwasserschutz- und Überschwemmungsgebiete in der Gemarkung

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 VG Zweibrücken-Land bietet sich die Verbandsgemeindestruktur mit ihren Ortsgemeinden und Stadt 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 Wärmedichten und Wärmelinienindichten in Karten dargestellt. Die Bilanzen und Bilanzkennwerte zum Status quo werden zusammengefasst mit denen der Zwischenjahre und des Zieljahres im Zielszenario berechnet.

3.1. Verbandsgemeindestruktur

Die Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung entsprechend ihren Ortsgemeinden und Stadt analysiert. Diese administrative Gliederung bildet bereits sinnvolle Teilräume und ermöglicht eine effiziente Bearbeitung, wie in Abbildung 4 dargestellt. Die Teilgebiete werden nach der Analyse zusätzlich zusammengefasst.

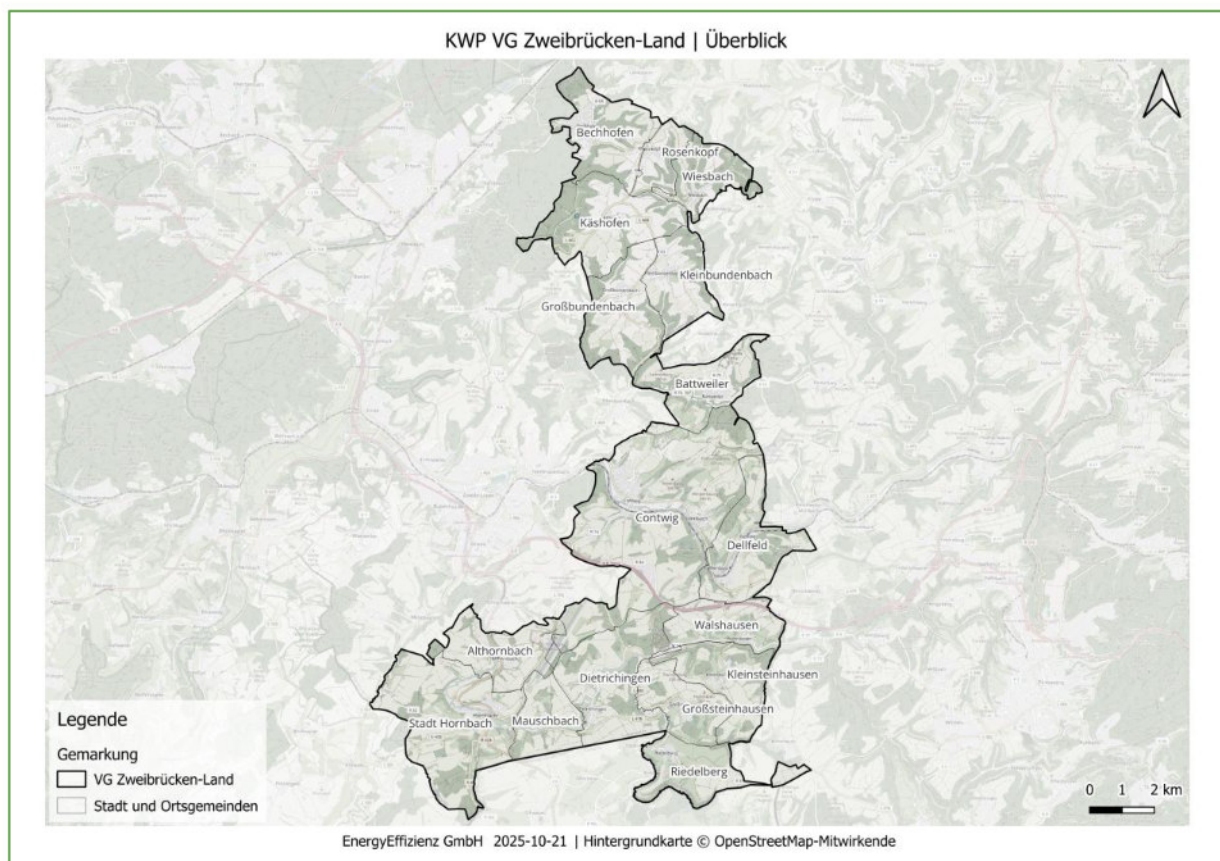


Abbildung 4: Das Plangebiet der kommunalen Wärmeplanung der VG Zweibrücken-Land

Die Ortsgemeinden und Stadt 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 Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land ist vorwiegend wohnorientiert, mit lokal begrenzten gewerblich geprägten Strukturen in der Stadt Hornbach sowie in Teilen von Contwig.

Tabelle 1: Kurzstatistik über Ortsgemeinden und Stadt im gesamten Plangebiet (Stand 31.12.2024)

Ortsgemeinde und Stadt	Fläche in ha	Einwohnerzahl
Althornbach	559	649
Battweiler	567	631
Bechhofen	659	2.048
Contwig	2474	4.348
Dellfeld	724	1.369
Dietrichingen	939	351
Großbundenbach	690	320
Großsteinhausen	484	577
Hornbach, Stadt	1332	1.387
Käshofen	882	610
Kleinbundenbach	500	416
Kleinsteinhausen	573	742
Mauschbach	445	290
Riedelberg	523	438
Rosenkopf	247	358
Walshausen	463	315
Wiesbach	407	476
Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land	12.469	15.325

3.2. Gebäudenutzung

Im gesamten Plangebiet werden 89 % der Gebäude zu Wohnzwecken genutzt. Gebäude im Gewerbe, Handel, Dienstleistungssektor haben einen Anteil von 9 %. Kommunale Gebäude und die Industrie spielen mit jeweils 1 % eine geringere Rolle. Bezogen auf die beheizte Fläche zeigt sich eine Abweichung zur Verteilung nach Anzahl, da Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in der VG Zweibrücken-Land flächenmäßig stärker vertreten sind. Sie nehmen 12 % 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.

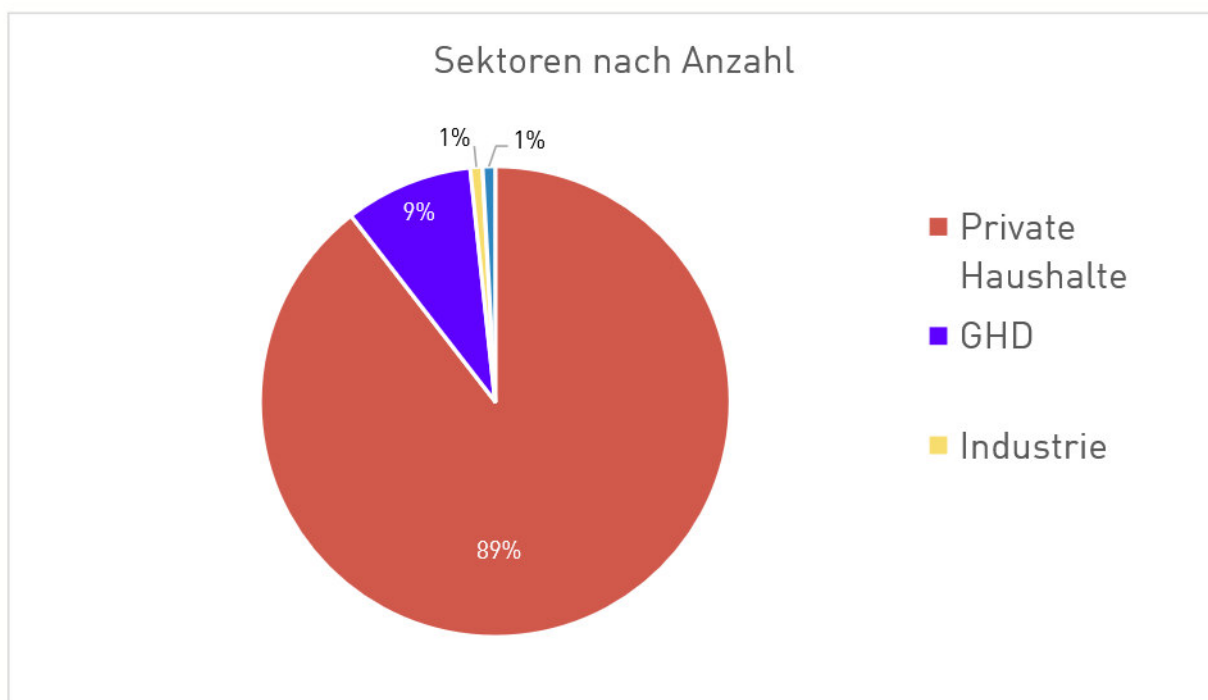


Abbildung 5: Gesamtes Plangebiet: Verteilung Nutzungstypen (Sektoren nach Anzahl)

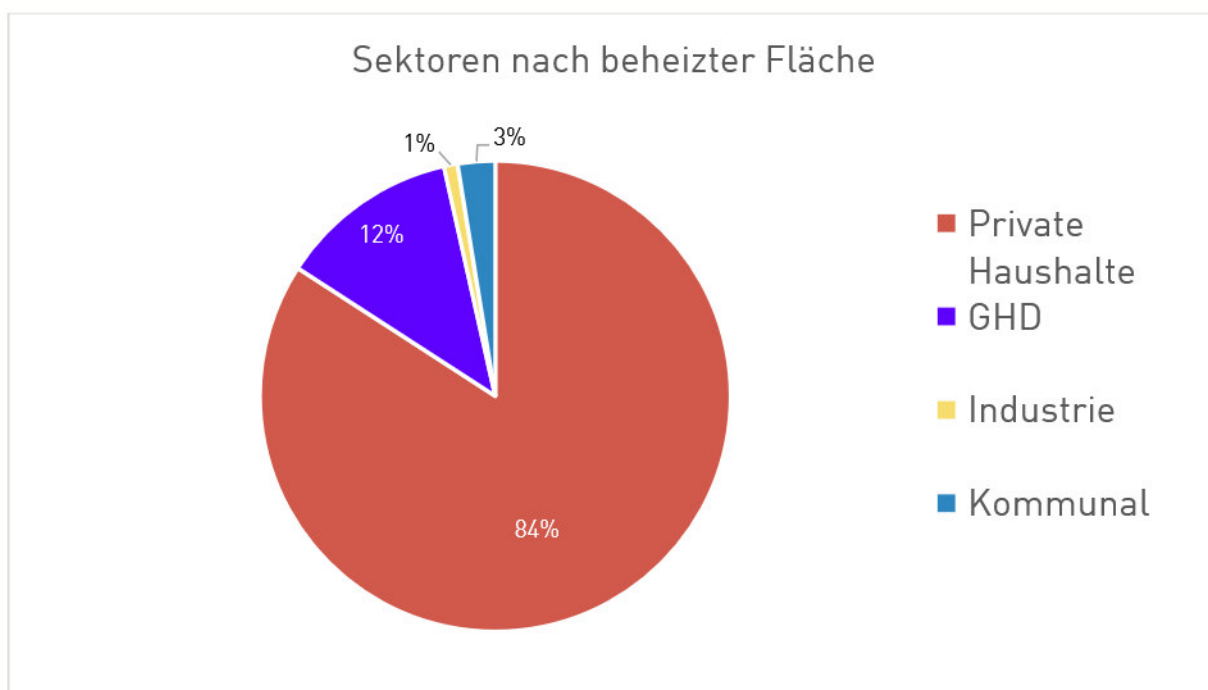


Abbildung 6: Gesamtes Plangebiet: Flächenverteilung Nutzungstypen (Sektoren nach beheizter Fläche)

Zusätzlich zur Gesamtbilanz für die Verbandsgemeinde 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 aller Ortsgemeinden und Stadt sind im Anhang A bis Q zu finden.

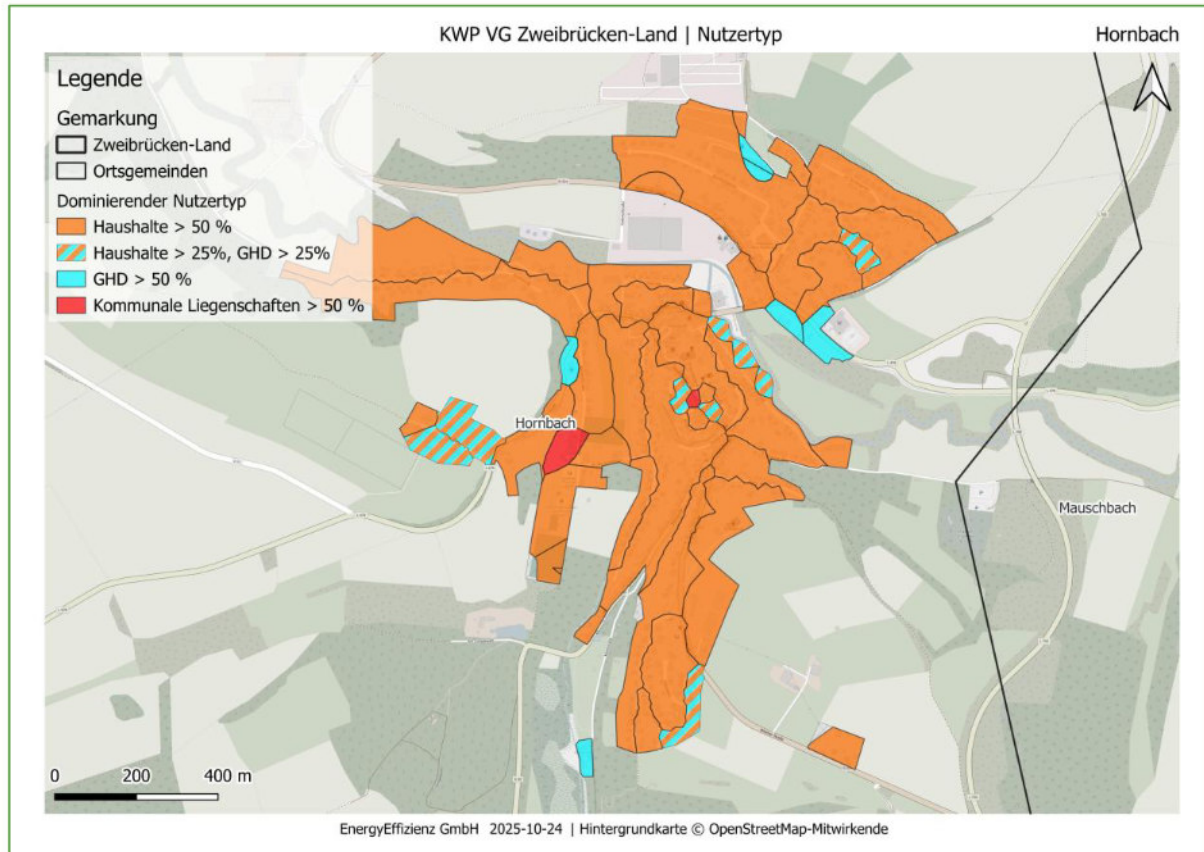


Abbildung 7: Stadt Hornbach: Dominierender Sektor

3.3. Baualtersklassen

Im gesamten Plangebiet dominieren Gebäude, die vor der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 errichtet worden sind. Diese Gebäude verfügen in der Regel über ein hohes Einsparpotenzial durch Hüllsanierungen. So ist 40% des Gebäudebestands auf die Baualtersklassen 1949 bis 1979 zurückzuführen. Die in Abbildung 8 dargestellte Verteilung der Baualtersklassen basiert auf den Daten des Zensus 2022 sowie den lizenzierten Daten der infas 360 GmbH.

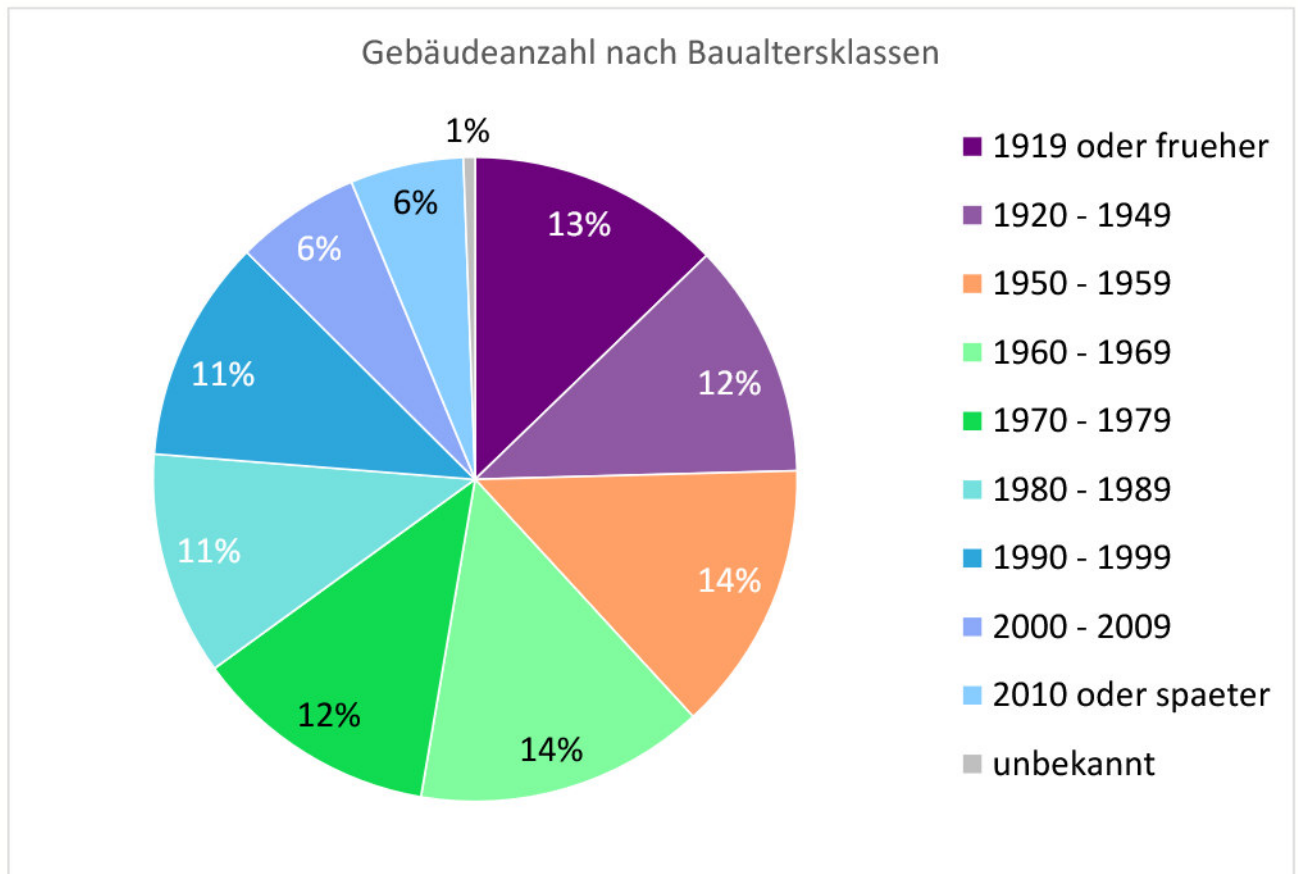


Abbildung 8: Gesamtes Plangebiet: Baualtersklassen. Quelle: Zensus 2022; infas 360 GmbH

Die Abbildung 9 unterstreicht am Beispiel von der Stadt Hornbach die dominierende Baualtersklassen der Gebäude auf Baublockebene in der VG. In den meisten Ortsgemeinden sowie in der Stadt Hornbach prägen Altbauten den historischen Ortskern. Das weitere Wachstum erfolgte hauptsächlich von den 50er bis in die 90er Jahre. Nur vereinzelte Gebiete in der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land erlebten auch ab dem Jahr 2000 eine weitere Phase des Zubaus. Die Verteilungen der dominierenden Baualtersklassen je Baublock in den einzelnen Ortsgemeinden und Stadt sind den Anhängen A bis Q zu entnehmen.

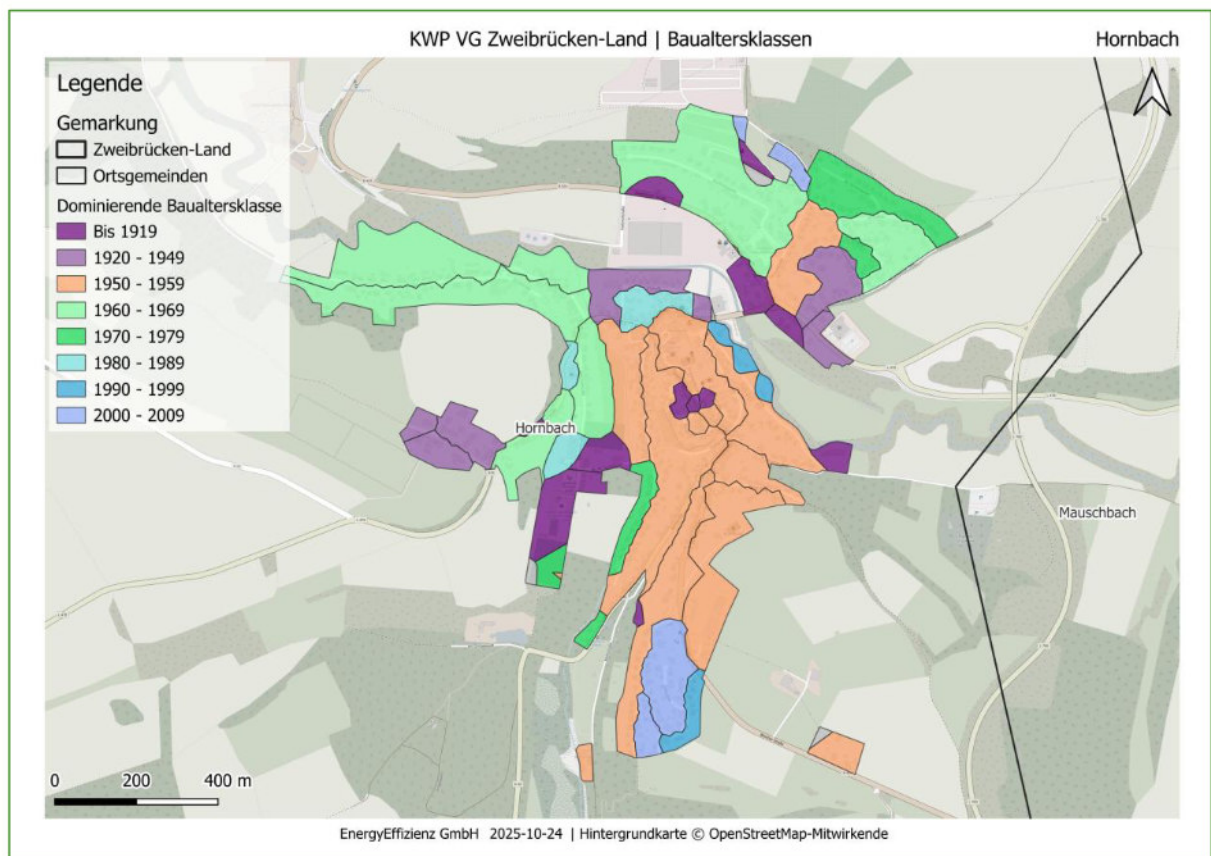


Abbildung 9: Stadt Hornbach: Baualtersklassen

3.4. Versorgungs- und Beheizungsstruktur

Die Gemarkung der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land wird nur teilweise durch ein Gasnetz erschlossen. Folgende Ortsgemeinden und Stadt sind an das Gasnetz angeschlossen:

- Contwig
- Dellfeld
- Stadt Hornbach
- Althornbach

In Abbildung 10 ist die Verteilung der Energieträger der Hauptheizungen in der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land dargestellt. Heizöl dominiert in der Verbandsgemeinde mit 42,9 %. Der Anteil des leitungsgebundenen Energieträgers Erdgas beträgt 31 %, während weitere 5,2 % der Heizungen mit Flüssiggas betrieben werden. Erneuerbare Energieträger wie Pellets (5 %), Hackschnitzel (0,23 %) und Luft-/Wasser-Wärmepumpen (0,07 %) spielen bislang eine untergeordnete Rolle. Der große Anteil an sonstigen Energieträgern (15,5 %) liegt in Datenlücken der Kkehrbuch- und Verbrauchsdaten begründet. Da Etagen- und Einzelraumheizungen durch die Clusterung von mehreren Gebäuden nicht gebündelt zugewiesen werden können. Demnach wird das Untersuchungsgebiet im Status quo zu mindestens 79,1 % durch fossile Energieträger versorgt.

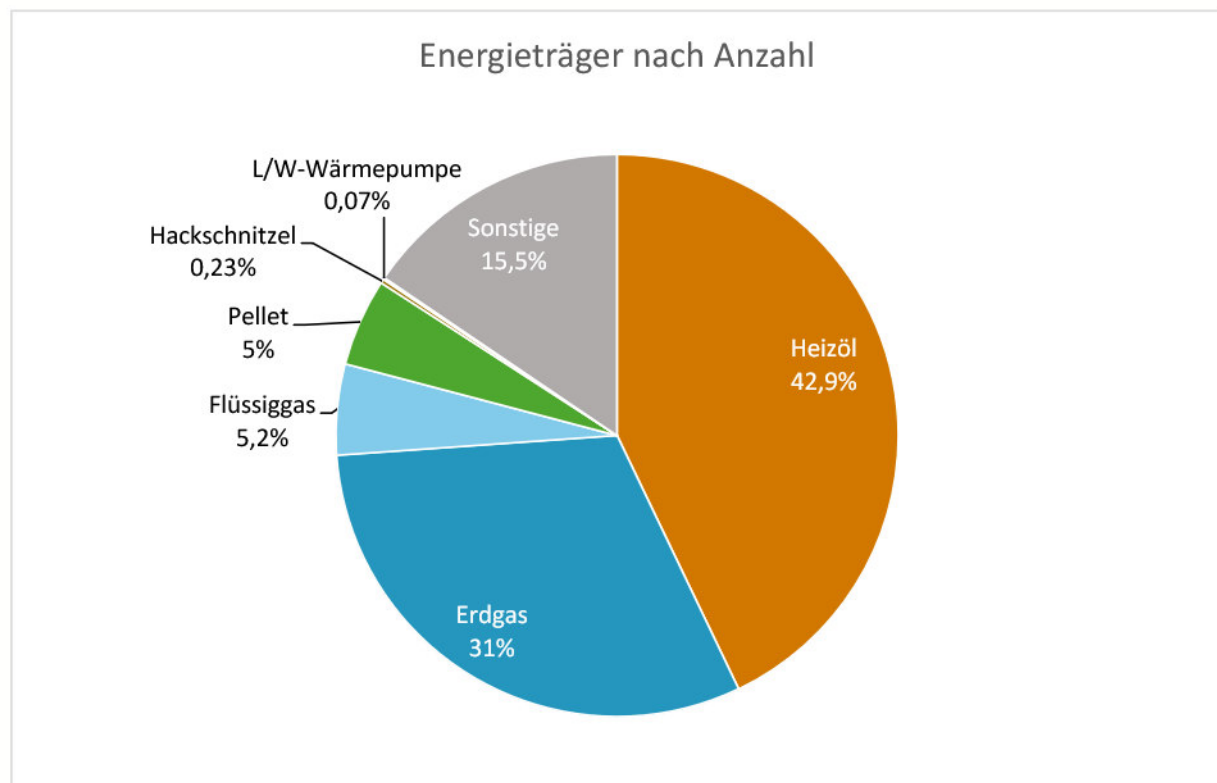


Abbildung 10: Gesamtes Plangebiet: Verteilung der Hauptheizungen. Quelle: Zensus 2022; Kkehrbuchdaten, 2022

Die Abbildung 11 zeigt beispielhaft an der Stadt Hornbach die Verteilung der Energieträger auf Baublockebene in der VG. In Anhang A bis Anhang Q sind die Energieträger der Hauptheizungen der weiteren Ortsgemeinden und Stadt abgebildet. Sobald ein Heizungstyp mehr als 25 % Anteil am Energiemix im Baublock hat, wird er abgebildet. Das Kartenmaterial ist hilfreich, um den Entwicklungsstand der Ortsgemeinden und Stadt räumlich einzuschätzen und um den räumlichen

Handlungsdruck in Planungen mit einzubeziehen. Flüssiggas ist in der Kartendarstellung Gas zugeordnet. In einigen Ortsgemeinden bzw. Stadt dominiert der Energieträger Gas, in den anderen Heizöl. Eine fossile Struktur der Wärmeversorgung ist in jeder einzelnen Stadt bzw. Ortsgemeinde prädominant.

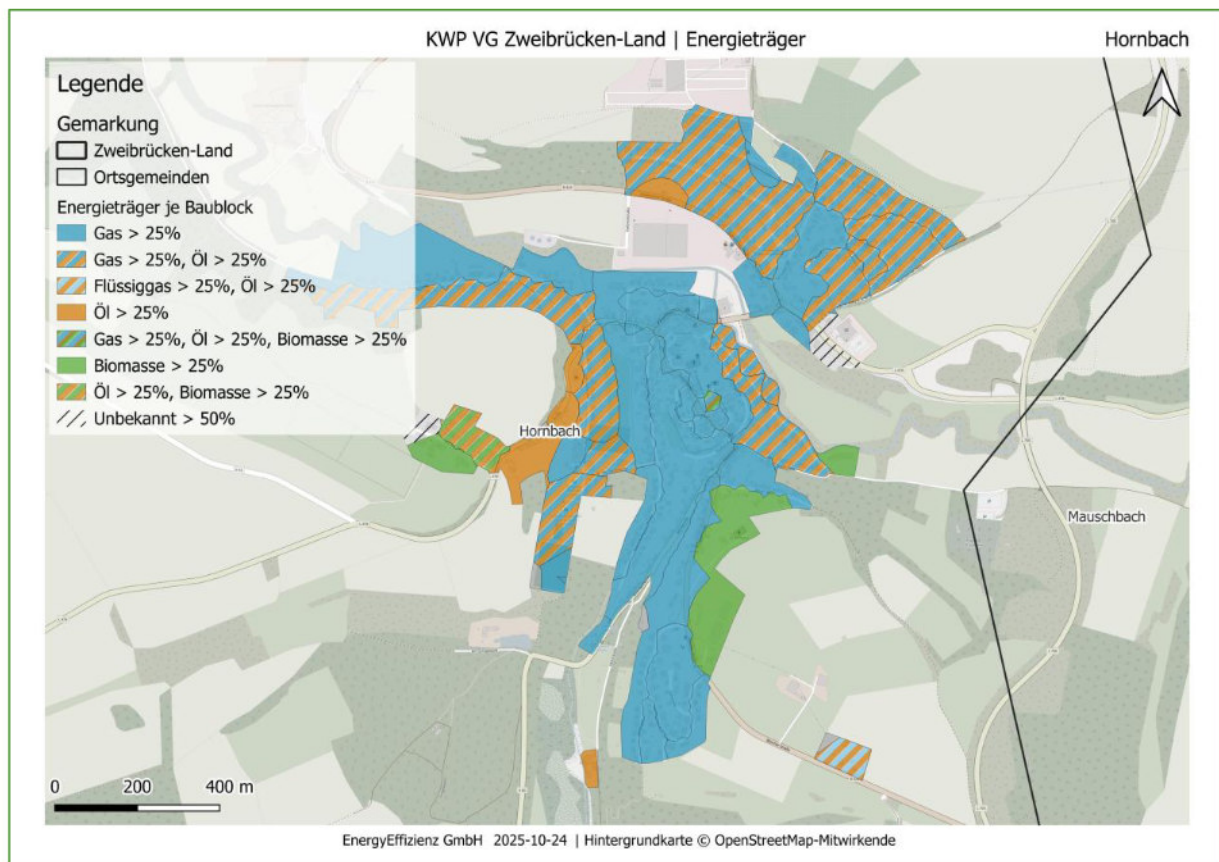


Abbildung 11: Stadt Hornbach: Energieträger je Baublock

Das Heizungsalter der Hauptheizungen ist in Abbildung 12 für die Verbandsgemeinde dargestellt und zeigt deutlich, dass bereits 44 % der Heizungen austauschreif sind, während sogar 16 % verpflichtend getauscht werden müssen, da sie ein Heizungsalter von über 30 Jahren erreicht haben. Ausgenommen von dieser Austauschpflicht sind Niedertemperatur- und Brennwertkessel sowie Heizungen mit einer Nennleistung größer 400 kW. Sofern diese Heizungen als Hybridheizungen in Kombination mit einem erneuerbaren Energieträger (z.B. Solarthermie) betrieben werden, besteht ebenfalls keine Austauschpflicht.²

² GEG 2024, § 72 Abs. 1 bis 3

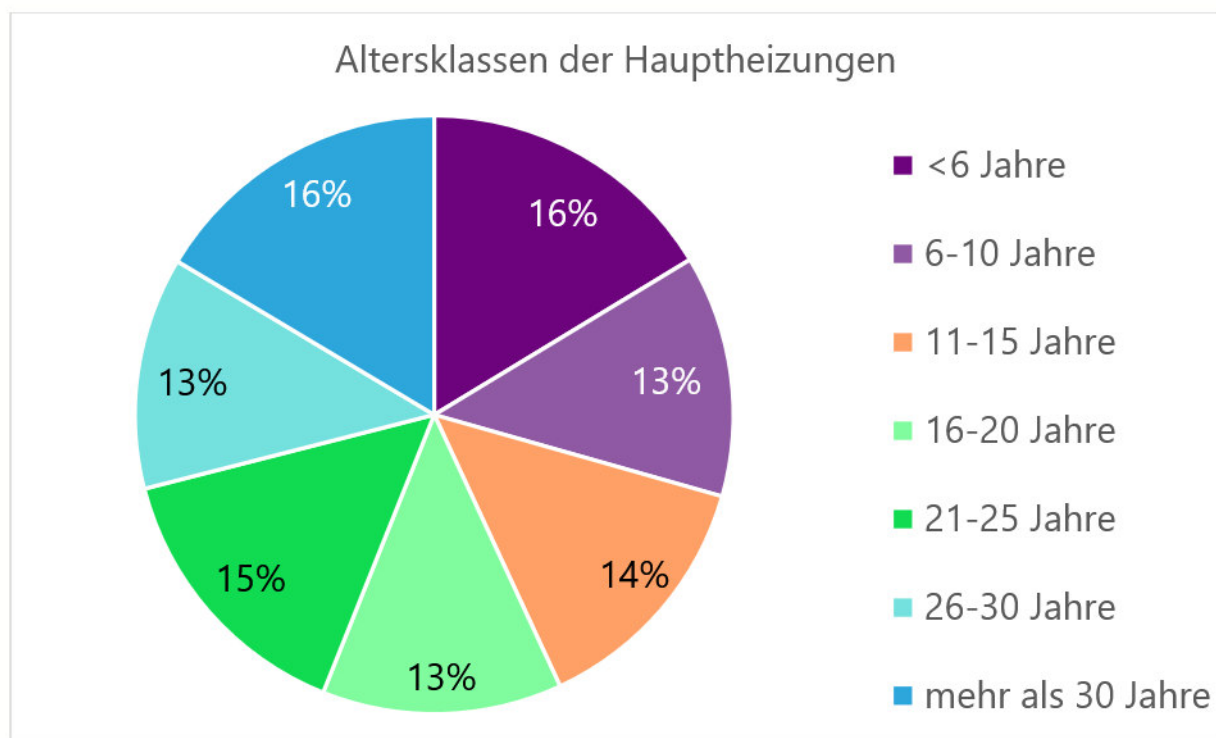


Abbildung 12: Gesamtes Plangebiet: Baualter der Hauptheizungen

3.5. Wärmemengen und Wärmeliniendichten

Aus den in Kapitel 2.2.1 dargestellten Merkmalen wurde für jedes Gebäude der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land der Wärmebedarf eines Jahres im Bestand ermittelt bzw. aus den Verbrauchsdaten übernommen. Zusammengefasst ergibt sich für die VG Zweibrücken-Land daraus eine **jährliche Wärmemenge von 218,5 Gigawattstunden (GWh)**. In Abbildung 13 sind die benötigten Wärmemengen pro Jahr der einzelnen Ortsgemeinden und Stadt im Vergleich dargestellt. Dabei wird deutlich, dass neben der Gemeinde Contwig, auch die Stadt Hornbach und der Ortsteil Bechhofen einen höheren Bedarf aufweist.

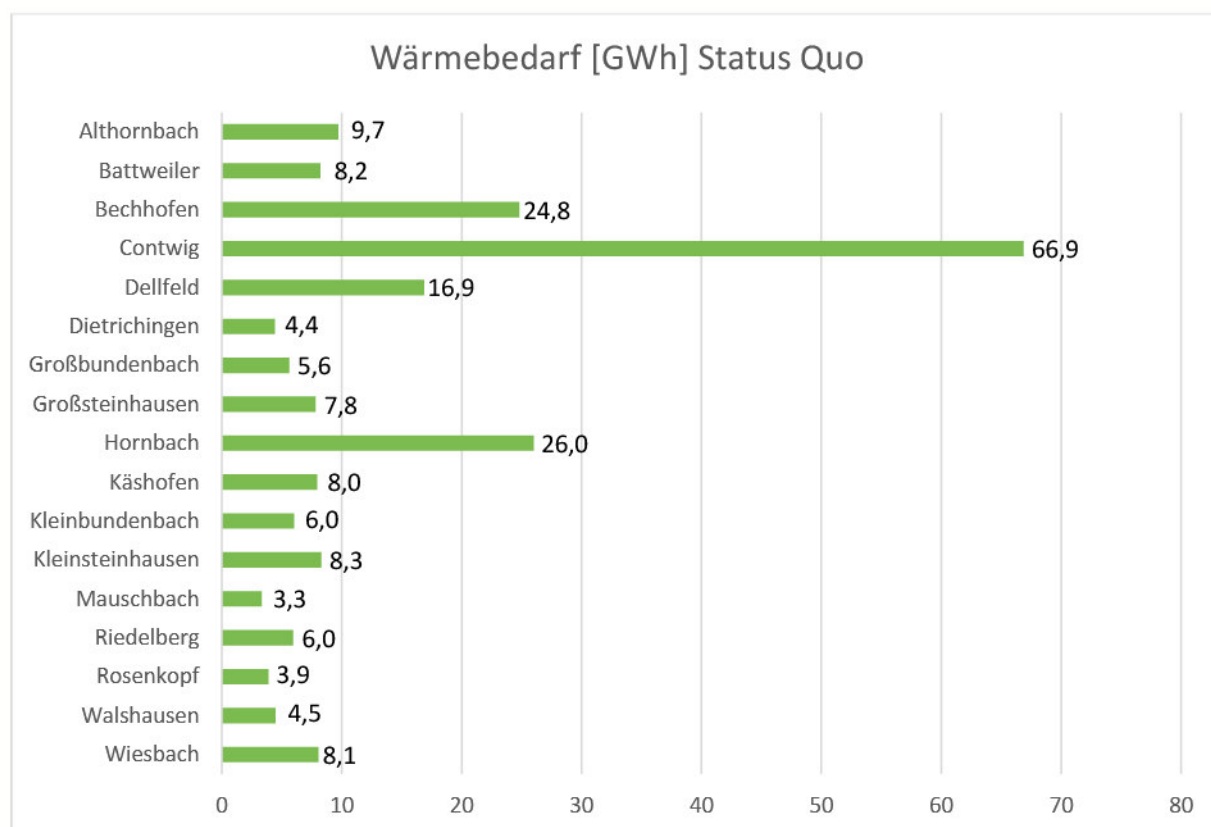


Abbildung 13: Wärmemenge im Status quo nach Ortsgemeinden und Stadt [GWh/a]

Zur weiteren Analyse und Abschätzung von Entwicklungen sind Wärmedichte- und Wärmeliniendichtekarten notwendig. Die Wärmedichte gibt die innerhalb einer Fläche anfallende Wärmemenge in Megawattstunden pro Hektar an und wird auf Baublockebene aggregiert, während die Wärmeliniendichte die Wärmemenge entlang einer Straße in Megawattstunden pro Meter beschreibt. Ein Richtwert von über 1500 kWh/m*a bietet überschlägig laut Technikkatalog Kommunale 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 festgelegte Wärmenetz-Eignungsgebiete im Zielszenario geschlossen werden.

Tabelle 2: Einteilung der Wärmelinienindichte in Eignungskategorien nach Leitfaden der Wärmeplanung

Wärmelinienindichte [kWh/m*a]	Eignung für Wärmenetze
0-700	Kein technisches Potenzial
700 - 1.500	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
1.500 - 2.000	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
> 2.000	Wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z. B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)

Tabelle 3: Einteilung der Wärmedichte in Eignungskategorien nach Leitfaden der Wärmeplanung

Wärmedichte [MWh/ha*a]	Eignung für Wärmenetze
0 - 70	Kein technisches Potenzial
70 - 175	Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten
175 - 415	Empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand
415 - 1.050	Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand
> 1.050	Sehr hohe Wärmenetzeignung

Im Anhang sind die kartografischen Abbildungen der Wärmedichten und Wärmelinienindichten für jede Ortsgemeinde und Stadt im Status quo zu finden. Die untenstehende Abbildung 14 und Abbildung 15 stellen beispielhaft die Wärmelinienindichten und Wärmedichte pro Baublock in der Stadt Hornbach dar. Wärmedichten und Wärmelinienindichten des Zieljahrs werden zusätzlich als Grundlage für die Festlegung von Wärmenetz-Eignungsgebieten erarbeitet und demnach im Abschnitt Zielszenario dargestellt.

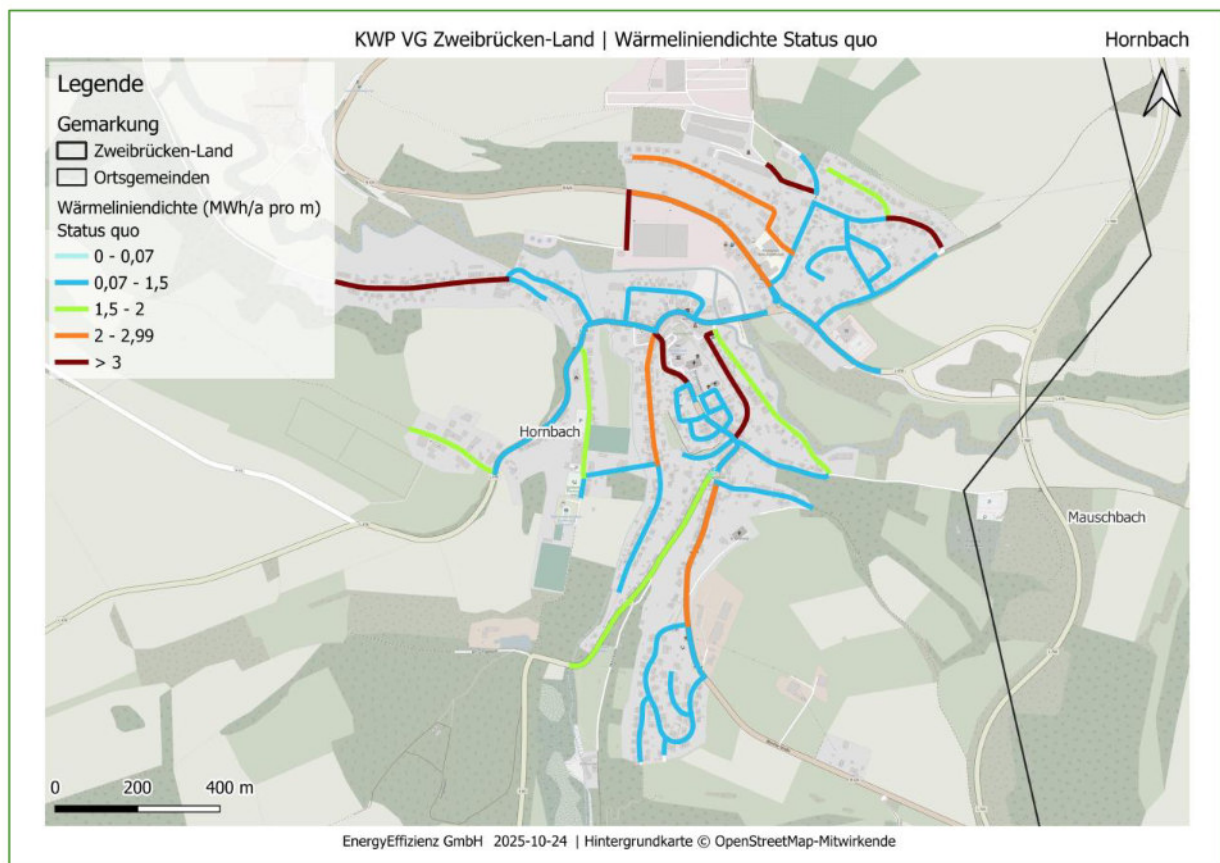


Abbildung 14: Stadt Hornbach: Wärmeliniendichte Status quo

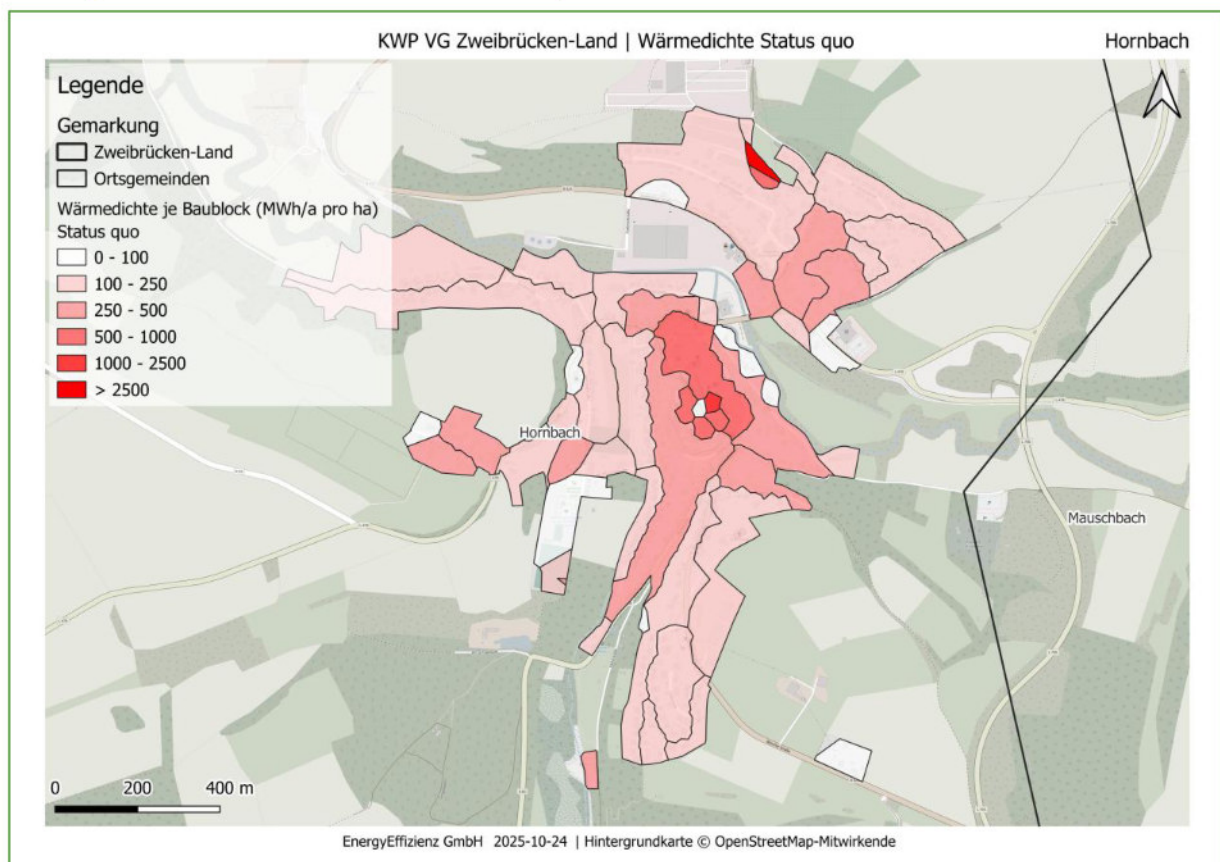


Abbildung 15: Stadt Hornbach: Wärmedichte je Baublock Status quo

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 Wärmenetze 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, die 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. Auch der Austausch von Fenstern kann zu weiteren Einsparungen und damit zur Reduktion des Wärmebedarfs im Gesamten führen. 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 Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung verwendet, der im Auftrag des BMWK und BMWSB erstellt wurde (Anhang R). Dabei wurde stets die niedrigere jährliche Reduktion gewählt, da diese ein realistischeres Zielszenario für 2045 zeichnet und die angegebene Sanierungsquote bis zum Zieljahr in der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land erreichbar scheint. Diese basiert auf dem RedEff-Szenario der Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland (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 Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung angegeben. In den Berechnungen wird der Wärmebedarf in der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land 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. Tabelle 12) kann bis 2045 eine Reduktion des Wärmebedarfs um 21,3 % erreicht werden. Damit sinkt die Wärmemenge der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land von derzeit 218,5 GWh/a auf 172,1 GWh/a.

Die Auswirkung der Sanierungen auf den Wärmebedarf und die Wärmeliniendichte 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 Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land untersucht, die sich für den Aufbau einer zentralen Wärmeversorgung über Wärmenetze eignen. Die Potenziale werden zunächst für das gesamte Stadtgebiet 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. Biomasse aus Waldgrün kann zu Hackschnitzeln und Pellets verarbeitet werden. Zusätzlich ist auch die Produktion von Biomasse auf landwirtschaftlichen Flächen (Ackerfläche und Grünland) möglich und wurde in der vorliegenden Untersuchung betrachtet. 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 Potenzial in der gesamten Verbandsgemeinde 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 Umweltauswirkungen 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
- Kernzonen von Biosphären-Reservaten
- 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.
- Weitere nach BNatSchG definierte Schutzzonen

Biomasse aus landwirtschaftlichen Reststoffen

Ausschlusskriterien

- Nationalparks und Naturdenkmäler
- Kernzonen von Biosphären-Reservaten
- 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 16). Die Stammholz-PLUS-Variante nutzt auch das Industrieholz. Hier 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.

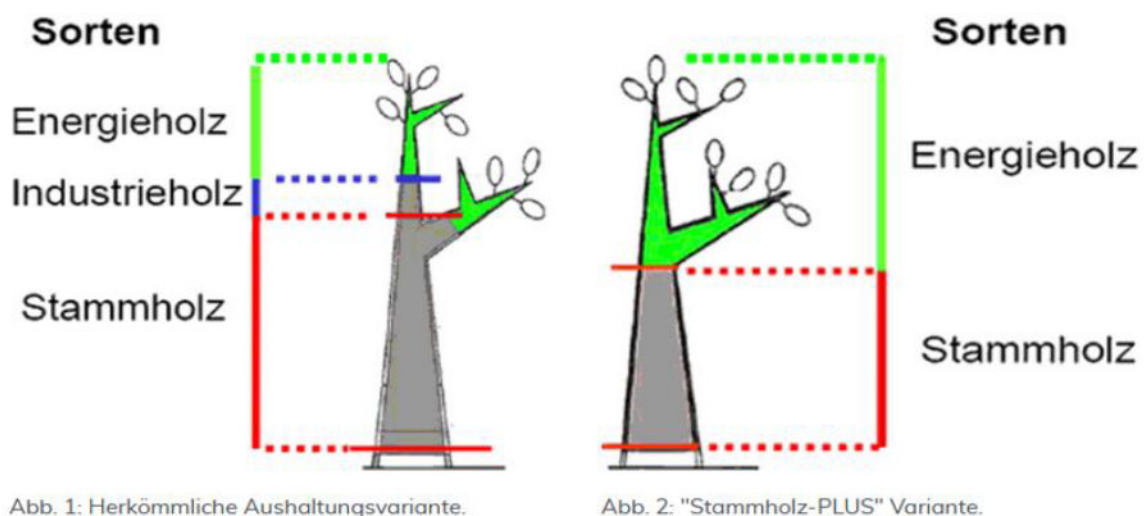


Abbildung 16: Darstellung der Aushaltungsvarianten zur Biomasse-Produktion³

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.

Die Nutzung von Biomasse aus Reststoffen der Forstwirtschaft wird grundsätzlich als nur bedingt geeignet bewertet. Ausschlaggebend dafür sind unter anderem die schwer vorhersehbare Verfügbarkeit und Menge der Reststoffe sowie der Grundsatz, dass Biomasse nicht uneingeschränkt als dauerhaft verfügbare Wärmequelle für die Hauptheizung betrachtet werden sollte. Biomassenutzung eignet sich insbesondere für denkmalgeschützte Gebäude sowie als Zusatzheizung.

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 9,58 GWh/a. Das Biomassepotenzial je Ortsgemeinde und Stadt ist in Tabelle 4 dargestellt. Abbildung 17 gibt die räumliche Verteilung des Potenzials im Plangebiet kartografisch wieder.

³ Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg- FVA, 2024

Tabelle 4: Biomassepotenzial aus Holzresten in den Ortsgemeinden und Stadt im gesamten Plangebiet pro Jahr

Ortsgemeinden und Stadt	Verfügbare Energiemenge potenziell geeignet [GWh/a]	Verfügbare Energiemenge bedingt geeignet [GWh/a]
Althornbach	0,1	0,01
Battweiler	0,4	0,1
Bechhofen	0,8	
Contwig	1,2	0,2
Dellfeld	0,5	0,1
Dietrichingen	0,2	0,2
Großbundenbach	0,6	0,2
Großsteinhausen	0,1	0,1
Hornbach, Stadt	0,9	0,1
Käshofen	1,1	0,1
Kleinbundenbach	0,5	0,1
Kleinsteinhausen	0,3	0,2
Mauschbach	0,2	0,01
Riedelberg	0,1	-
Rosenkopf	-	-
Walshausen	0,1	0,1
Wiesbach	0,8	-
Gesamtes Plangebiet	8,0	1,6

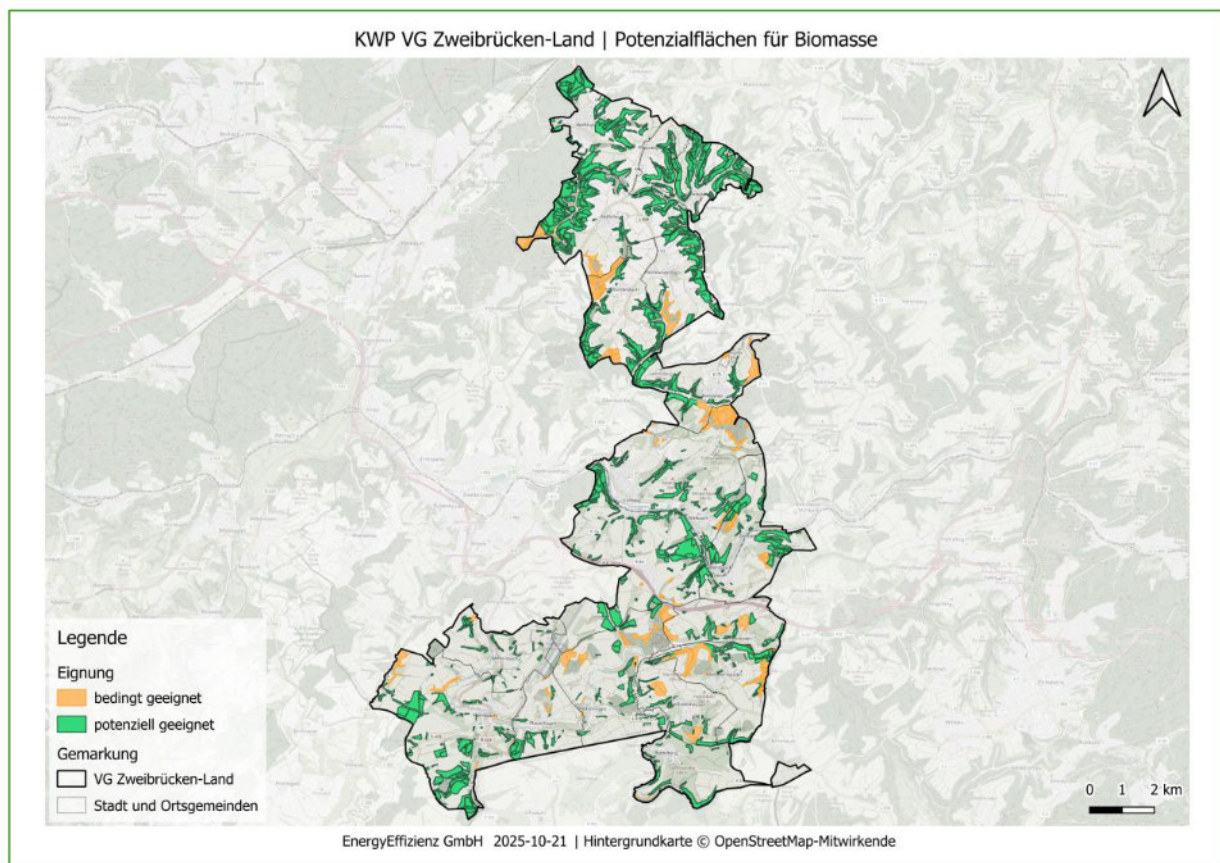


Abbildung 17: Biomassepotenzial im Plangebiet

Biomasse aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen

In der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land konnten Biomassepotenziale aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen hingegen aufgrund fehlender Datengrundlagen nicht ermittelt werden.

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.

Im Folgenden wird das Potenzial von Solarthermie-Freiflächen untersucht. Im Gegensatz zu den Dachflächen-Potenzialen, die Einzelgebäudelösungen unterstützen, ist bei Freiflächenanlagen die Nähe zu potenziellen Wärmenetzen erforderlich, um das Potenzial 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. Hierbei werden die Bestimmungen nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG, 2023), §37, Abs. 1, 2, 3 zu Grunde gelegt. Untersucht werden im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung Flächenpotenziale, die kein entwässerter, landwirtschaftlich genutzter Moorboden sind und bei denen es sich um

- Konversionsflächen aus wirtschaftlicher, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung handelt
- Flächen im Abstand von 500 Metern, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn, längs von Autobahnen oder mehrgleisigen Schienenwegen handelt
- Ackerflächen oder Grünland handelt, die in einem landwirtschaftlich benachteiligten Gebiet liegen

Bei der Berechnung von dem Solarthermie-Potenzial 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
- FFH-Gebiete/ Natura 2000-Gebiete
- Biotope
- Kern- und Pflegezonen von Biosphärenreservaten
- Geschützte Landschaftsbestandteile
- Überflutungsflächen HQ100
- Wasserschutzgebietszonen, Zone I

- Eine Hangneigung größer gleich 20° (wird als hoher technischer Aufwand und nicht ökonomisch gesehen) (Bezirksregierung Köln, 2024)
- Max. 1000 Meter Abstand zur Siedlungsfläche (wird als hoher technischer Aufwand und nicht ökonomisch gesehen)

Restriktive Faktoren:

- Landschaftsschutzgebiete (LSG)
- Naturparke
- Entwicklungszonen von Biosphärengebieten
- Wasserschutzgebietszonen Zone II
- Hochspannungsfreileitungen

Demnach wird unterschieden in das geeignete 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. Das Potenzial für Freiflächen-Solarthermie stellt sich für die einzelnen Ortsgemeinden und Stadt wie folgt dar:

Tabelle 5: Potenzial Solarthermie-Freiflächenanlagen

Ortsgemeinden und Stadt	Technisches Potenzial in GWh/a (bedingt geeignet)	Technisches Potenzial in GWh/a (geeignet)	Technisches Potenzial in GWh/a (gut geeignet)
Althornbach	-	459,3	115,9
Battweiler	-	346,9	57,0
Bechhofen	157,0	280,5	65,7
Contwig	-	1028,5	198,5
Dellfeld	19,1	361,7	124,3
Dietrichingen	-	466,4	49,5
Großbundenbach	29,4	337,8	73,6
Großsteinhausen	43,2	375,4	82,4
Hornbach, Stadt	-	538,7	146,5
Käshofen	219,6	475,2	57,3
Kleinbundenbach	0,5	305,3	110,5
Kleinsteinhausen	-	348,9	65,9
Mauschbach	-	-	-
Riedelberg	-	238,1	82,2
Rosenkopf	-	193,9	34,4
Walshausen	-	294,2	39,4
Wiesbach	-	162,9	33,5
Gesamtes Plangebiet	468,8	6213,8	1336,7

Insgesamt ergibt sich für die Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land ein technisches Potenzial von 8.019,3 GWh/a für die Wärmeerzeugung durch Solarthermie-Freiflächenanlagen, in Abbildung 18 räumlich dargestellt. Die untersuchten Gebiete unterliegen Ausschlusskriterien und restriktiven Faktoren. Die Integration dieses Potenzials beim Wärmenetzausbau ist im Detail zu prüfen.

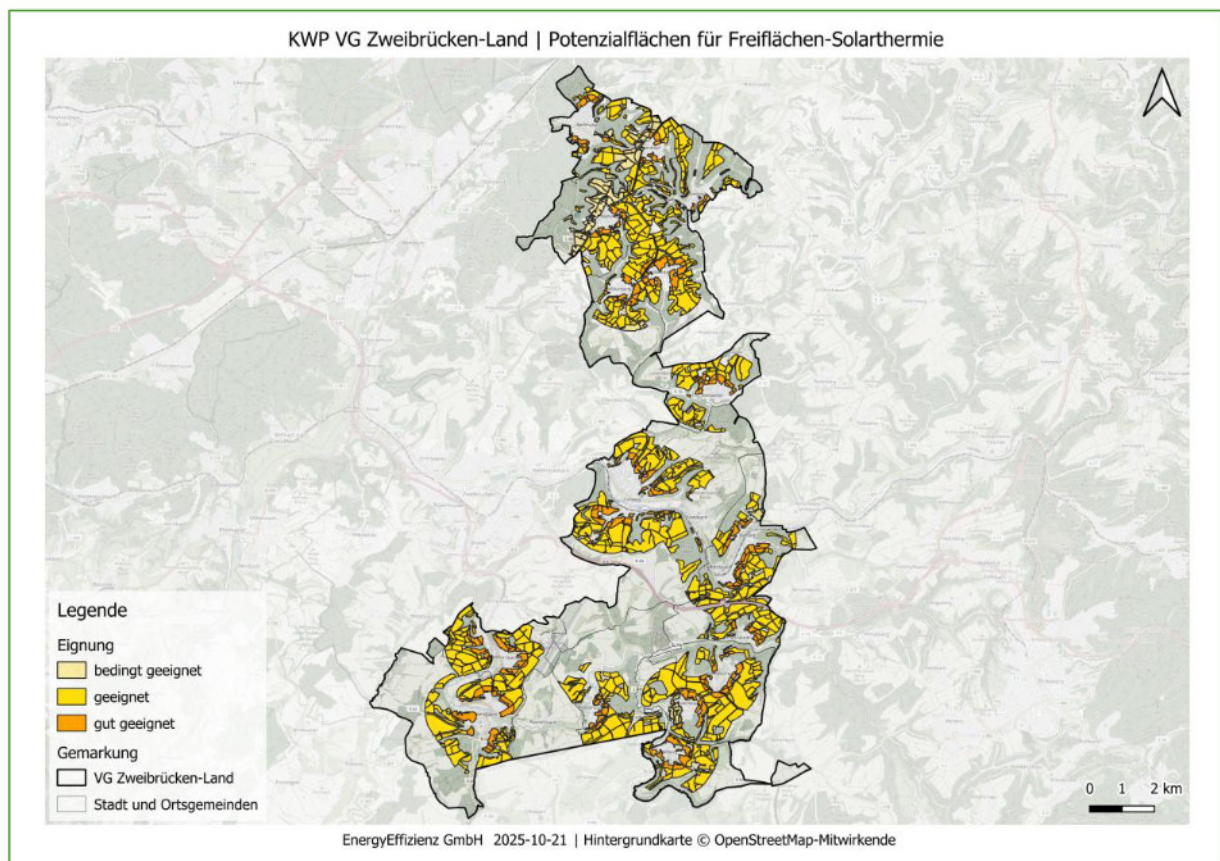


Abbildung 18: Potenzialflächen Freiflächen-Solarthermie

4.2.3. Agrothermie

Agrothermie bezeichnet die Nutzung von Erdwärme unter Ackerflächen. In einer Tiefe von zwei bis drei Metern werden großflächig Erdwärmekollektoren eingebracht, um weiterhin eine landwirtschaftliche Nutzung zu gewährleisten. 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-Wärmepumpen in der Regel effizienter als Luft/Wasser-Wärmepumpen.

4.2.3.1. Hinweise und Einschränkungen

In den Bereichen der Wasserschutzzonen I – II sind Erdwärmekollektoren nicht genehmigungsfähig, sodass auch keine Agrothermie möglich ist. Unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen kann Agrothermie in den Wasserschutzgebietszonen III - 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 Agrothermie-Potenzials sind Restriktionen zu beachten, die sich in Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren unterteilen.

Ausschlusskriterien:

- Ein max. 2.000 Meter Abstand zur Siedlungsfläche wird als hoher technischer Aufwand und nicht ökonomisch gesehen
- Flachgründige Standorte
- Wasserschutzgebiete Zone I und II
- Naturschutzgebiete
- Nationalparks und Naturdenkmäler
- FFH-Gebiete/ Natura 2000-Gebiete
- Biotope
- Kern- und Pflegezonen von Biosphärenreservaten
- Geschützte Landschaftsbestandteile

Restriktive Faktoren:

- Wasserschutzgebiete Zone III - IIIB
- Heilquellenschutzgebiete III/1 (qualitativ) und B (quantitative)
- Festgesetzte oder vorläufig gesicherte Überschwemmungsgebiete
- Landschaftsschutzgebiete
- Naturparke
- Hochspannungsfreieleitungen

Ausschlusskriterien führen zum unmittelbaren Ausschluss der Fläche. Flächen werden als Einzelfallbetrachtung ausgewiesen, wenn die Fläche in einem Wasserschutzgebiet Zone 3 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 auch eine Mehrfachnutzung der Fläche möglich sein. Dies ist allerdings im Einzelfall zu prüfen. Damit die erzeugte Wärme effizient genutzt werden kann, muss auch bei Agrothermie-Anlagen die räumliche Nähe zu einer Heizzentrale gegeben sein. 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. Das Potenzial für Agrothermie stellt sich für die einzelnen Ortsgemeinde und Stadt und der Stadt Hornbach wie folgt dar:

Tabelle 6: Potenzial Agrothermie (Erzeugernutzwärme - nach Einsatz einer Wärmepumpe) nach Ortsgemeinden und Stadt

Ortsgemeinden und Stadt	Technisches Potenzial [GWh/a] (Einzelfallbetrachtung)	Technisches Potenzial [GWh/a] (bedingt geeignet)	Technisches Potenzial [GWh/a] (geeignet)
Althornbach	36,8	-	130,9
Battweiler	-	-	151,1
Bechhofen	57,0	19,4	63,5
Contwig	69,9	-	567,4
Dellfeld	13,9	-	168,1
Dietrichingen	5,0	-	234,1
Großbundenbach	-	48,0	141,5
Großsteinhausen	11,2	-	136,7
Hornbach, Stadt	2,4	-	368,2
Käshofen	16,2	43,0	147,4
Kleinbundenbach	-	6,9	127,1
Kleinsteinhausen	-	-	147,4
Mauschbach	4,5	-	126,6
Riedelberg	13,9	-	152,9
Rosenkopf	-	-	60,3
Walshausen	-	-	133,3
Wiesbach	-	-	60,0
Gesamtes Plangebiet	230,5	117,1	2768,8

Insgesamt ergibt sich für die Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land ein technisches Potenzial von 3.116,4 GWh/a für die Wärmeerzeugung durch Agrothermie. Auf den untersuchten Gebieten liegen Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren vor. Flächen werden als Einzelfallbetrachtung ausgewiesen, wenn die Fläche zusätzlich zu einem restriktiven Faktor in einem Wasserschutzgebiet Zone IIIA liegt. Die Potenzialflächen der Agrothermie sind in Abbildung 19 räumlich dargestellt für das gesamte Plangebiet.

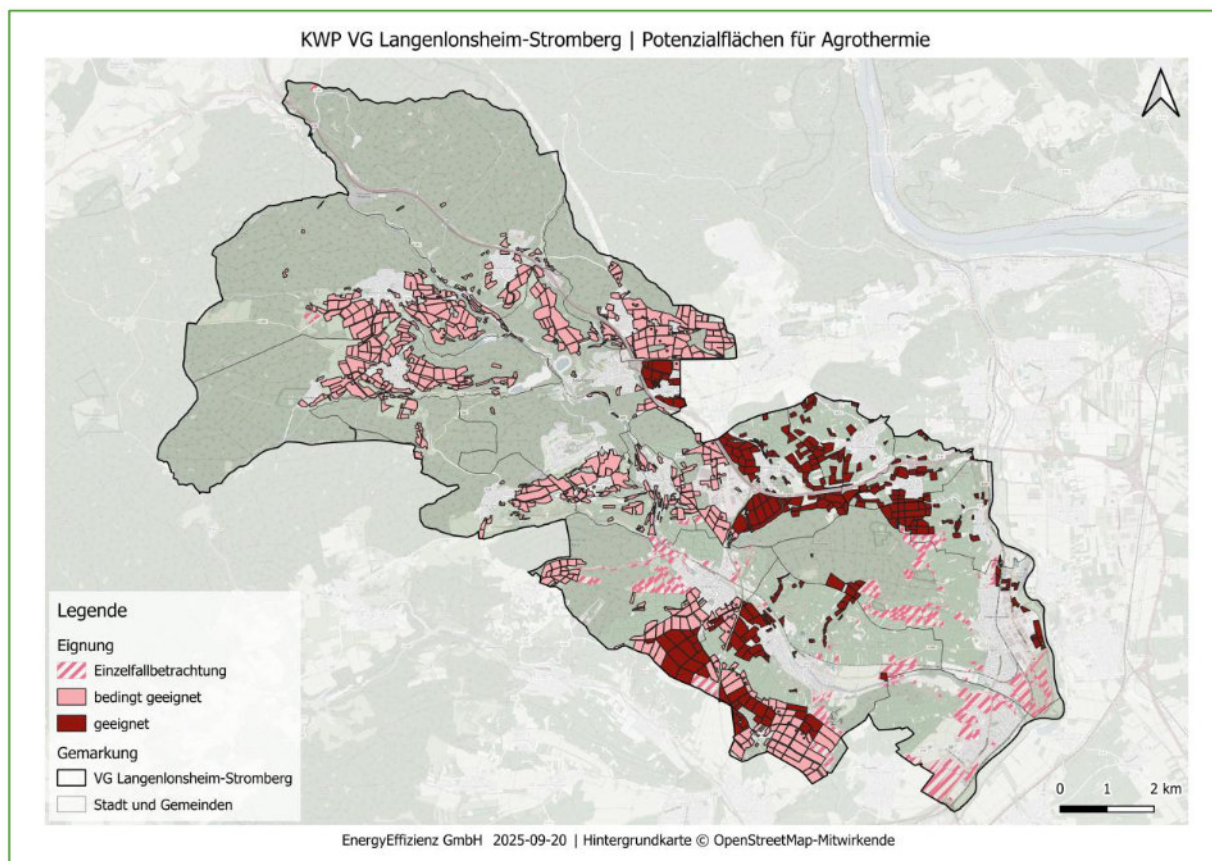


Abbildung 19: Potenzialflächen Agrothermie

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 Abflussdynamik, 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 Potenzials der Umweltwärme aus Oberflächengewässern wurde der Hornbach bei Althornbach, die Schwalb bei Hornbach, der Schwarzbach in Contwig und die Fetsalbe bei Walshausen betrachtet (Abbildung 20). Die Pegel- und Durchflussdaten wurden von dem Wasserportal RLP des Landesamtes für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU) bereitgestellt. Für weitere kleine Bäche waren keine Durchflussdaten vorhanden. Durch die Größe und den damit einhergehenden niedrigen Wasserstand kann das Potenzial für Flusswärme bei weiteren Bächen ausgeschlossen werden. Unter der Beachtung der Grenzwerte, dass die Temperaturdifferenz des Flusses und nach Wiedereinleitung des abgekühlten Wassers maximal 1 Kelvin beträgt und nicht unter 2 °C fällt, lässt sich bei dem Hornbach in Althornbach eine potenzielle Entzugsenergie von 23,67 GWh/a, für die Schwalb 6,2 GWh/a, für den Schwarzbach 29,8 GWh/a und für die Fetsalbe von 3,8 GWh/a berechnen. Nach der Anhebung des Temperaturniveaus mittels Wärmepumpe ergibt sich eine Wärmeenergie von 35,51 GWh/a für den Althornbach, für die Schwalb 9,25 GWh/a, für den Schwarzbach von 44,8 GWh/a und für die Fetsalbe 5,68 GWh/a. Dabei wird dem Fluss 10 % des Massenstroms entnommen und über einen Wärmetauscher um 3 K abgekühlt. Die Mischtemperatur sinkt dabei 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.

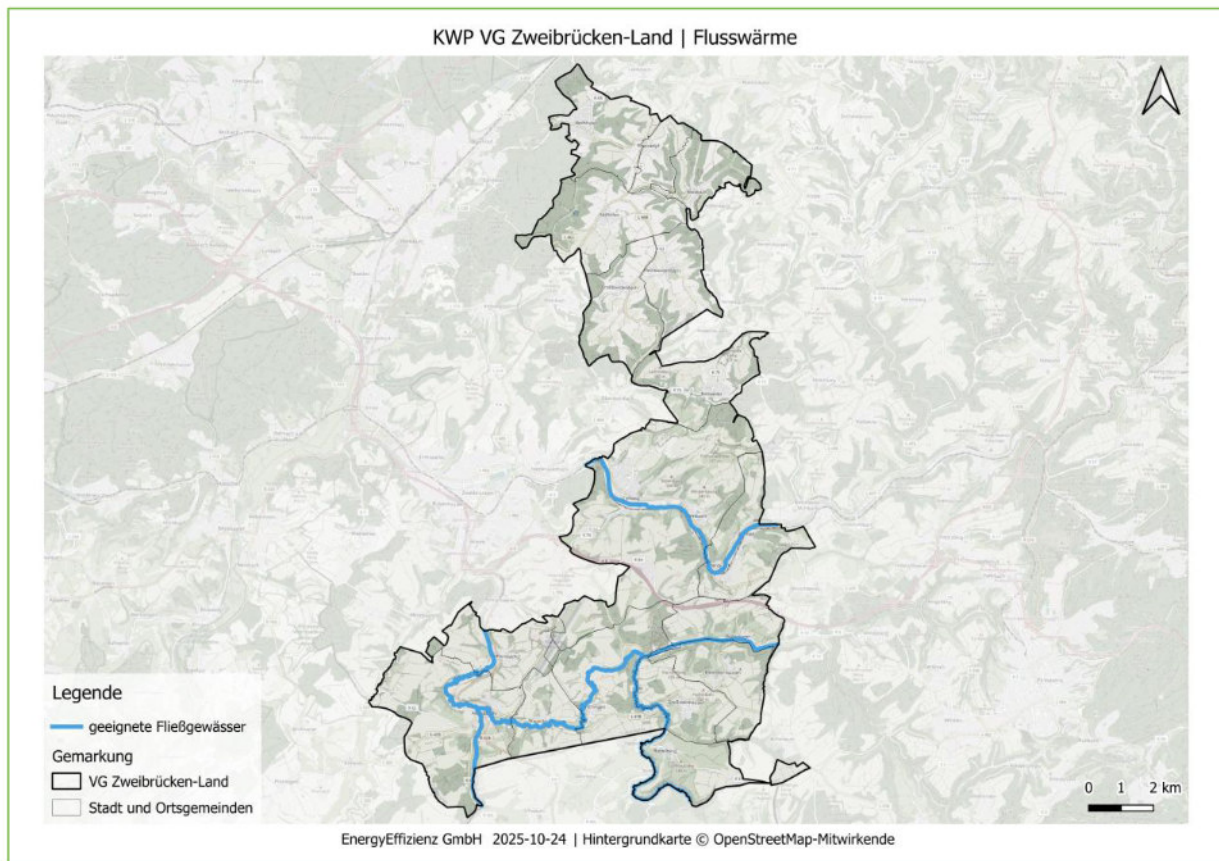


Abbildung 20: Geeignete Fließgewässer für Flusswärme

Seethermie

In der betrachteten Region gibt es keinen See, der sich für die Seethermie eignet. Seen müssen eine ausreichende Tiefe aufweisen und dürfen keine Baggerseen sein. Zudem ist eine stabile Temperaturschichtung erforderlich, um eine effiziente Wärmenutzung zu gewährleisten.

4.2.5. Tiefengeothermie

Tiefengeothermie wird in Deutschland für die Wärmewende zukünftig an Bedeutung gewinnen, so der politische 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 tiefengeothermischen Potenzials. 10 TWh/a 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 tiefengeothermischen Bohrung kann erst nach einer 3D-seismologischen Untersuchung erfolgen. Aufgrund fehlender Vergleichsprojekte in der Umgebung kann die Umsetzbarkeit im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land nicht eingeschätzt werden.

4.2.5.2. Potenzial

Aufgrund fehlender detaillierter Untersuchungen und Daten kann im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung für die Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land 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; Quelle: (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. Hierbei kann 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 Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land wurde im Zuge der Erarbeitung der Wärmeplanung im Sommer 2025 eine schriftliche Befragung durchgeführt. Hierbei wurde ein Fragebogen eingesetzt, der Fragen sowohl zu Energieverbräuchen als auch zu Abwärmepotenzialen umfasst. Angeschrieben wurden Unternehmen, die theoretisch über ein Abwärmepotenzial verfügen könnten. Darunter fallen beispielsweise Unternehmen, die der verarbeitenden Industrie angehören, aber auch Rechenzentren, Krankenhäuser, Biogasanlagen und Müllverbrennungsanlagen. Die anzuschreibenden Unternehmen wurden zuvor gemeinsam mit der Stadtverwaltung festgelegt. Insgesamt haben sich vier Unternehmen⁴ rückgemeldet.

⁴ Aus Datenschutzgründen werden die betreffenden Betriebe hier nicht genannt.

Insgesamt hat kein Betrieb angegeben, dass sie Abwärmepotenziale aufweisen. Eine vertiefende Prüfung der Abwärmepotenziale erscheint daher nicht sinnvoll.

4.2.6.2. Potenzial

Ein quantifizierbares, industrielles Abwärmepotenzial ist nicht vorhanden in der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land.

4.2.7. Abwärme aus Abwasser

Abwärme aus Abwasser kann eine wertvolle Energiequelle sein. 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 Mindestdurchmesser 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). Hinzu kommt die Leistung einer Wärmepumpe mit einer JAZ von 4, was einer Heizleistung von 3,3 kW entspricht. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass jede Situation individuell geprüft werden muss, da Gefälle und Geometrie einen starken Einfluss auf die Effizienz haben können.

4.2.7.2. Potenzial

Um das Potenzial der Wärme aus den Abwasserkanälen in der Gemarkung der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land zu berechnen, wurden Daten zu den angeschlossenen Einwohnern der Kläranlage sowie Durchflussmengen der Abwasserkanäle ab DN 800 herangezogen. Da in der Verbandsgemeinde keine Abwasserkanäle mit einem Durchmesser ab DN 800 vorhanden sind und die im Plangebiet befindlichen Kläranlagen zudem nicht ausreichend groß dimensioniert sind, steht in diesem Fall kein nutzbares Abwasserwärmepotenzial zur Verfügung.

4.2.8. Grüner Wasserstoff

Zur Nutzung von Wasserstoff gibt es bundesweit vielfältige Pilotprojekte, und die Thematik wurde mit der Wasserstoffstrategie auch auf die politische Agenda gesetzt. Der Einsatz wird vorwiegend für den industriellen Sektor vorgesehen, um dort bisherige Gasverbräuche auf eine treibhausgasneutrale Alternative umzustellen. Bezüglich der Nutzung von Wasserstoff über die bestehenden Gasnetze sind die weiteren technologischen und politischen Entwicklungen abzuwarten. Mit aktuell plausiblen Preisannahmen ist ein wirtschaftlich vertretbarer Einsatz von Wasserstoff zur Versorgung von Wohngebäuden oder auch kleineren Gewerbeeinheiten nicht darstellbar.

Wo der Wasserstoff im Einzelnen zusätzlich zu lokalen und regionalen Großprojekten erzeugt bzw. woher er importiert werden wird, unterliegt selbstverständlich in hohem Maße den politischen Rahmenbedingungen und Lieferverträgen mit Partnerländern und liegt damit auch nicht im Einflussbereich des lokalen Netzbetreibers.

4.3. Dezentrale Potenziale (Wärme)

Im Folgenden werden die Potenziale für eine dezentrale Wärmeversorgung untersucht. Die nachfolgenden Technologien sind für einen 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 zu den anderen Wärmepumpentypen weisen Luft/Wasser-Wärmepumpen den geringsten Wirkungsgrad auf. Lediglich Luft/Luft-Wärmepumpen können noch schlechter abschneiden. 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). Der dazwischen liegende Bereich wird als mitteltiefe Geothermie bezeichnet. 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 der 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 der Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land 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. 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 – II sind Erdwärmekollektoren nicht genehmigungsfähig. Unter Einhalten bestimmter Voraussetzungen können jedoch Erdwärmekollektoren in den Wasserschutzgebietszonen IIIA festgesetzten und geplanten Wasserschutzgebietszonen und 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 ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich.

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

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden sind in den Wasserschutzgebietszonen I – IIIA nicht zulässig. In festgesetzten sowie geplanten Wasserschutzzonen sowie Heilquellschutzzonen IIIB, IIS, IV und B sind sie im Einzelfall bzw. unter Einhaltung von Vorgaben genehmigungsfähig. 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, die 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 Verbandsgemeindegebiet Zweibrücken-Land 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 Meter unterhalb der Erdoberfläche die Temperatur entsprechend dem Verlauf der Umgebungstemperatur schwankt. Für die Potenzialberechnungen in Tabelle 7 wurde der Referenzdatensatz des Standortes Saarbrücken genommen, da sich die Verbandsgemeinde Zweibrücken-Land nach DIN 4710 in der Klimazone 6 befindet.

Neben den standortspezifischen Faktoren kann allerdings auch der Zuschnitt der Erdkollektorfläche 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 99 Metern 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 in Tabelle 8 je Ortsgemeinde und Stadt 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 22 dargestellten Legende wurden die Potenziale der Grundstücke mit guter Eignung, durchschnittlicher Eignung und Einzelfallbetrachtungen zu einem Gesamtpotenzial von 73 GWh/a (nach Wärmepumpe) zusammengefasst. Dabei wurden Flächen, die sich für Erdwärmesonden eignen, nicht als Potenziale für Erdwärmekollektoren betrachtet. Die weiteren Ortsgemeinden und Stadt werden in den Anhängen A bis Q dargestellt.

Tabelle 7: Erzeugernutzwärme (nach Wärmepumpe der Erdwärmekollektoren nach Ortsgemeinden und Stadt

Ortsgemeinden und Stadt	Erzeugernutzwärme nach Wärmepumpe gut geeignet [GWh/a]	Erzeugernutzwärme nach Wärmepumpe geeignet [GWh/a]	Erzeugernutzwärme nach Wärmepumpe Einzelfallbetrachtung [GWh/a]
Althornbach	1,8	0,4	1,6
Battweiler	1,9	0,3	0,9
Bechhofen	4,4	1,0	2,9
Contwig	7,0	2,3	9,2
Dellfeld	2,8	0,8	2,7
Dietrichingen	1,3	0,1	0,5
Großbundenbach	1,1	0,1	0,5
Großsteinhausen	0,2	0,0	3,6
Hornbach - Stadt	3,1	0,6	3,8
Käshofen	1,9	0,3	1,0
Kleinbundenbach	1,6	0,3	0,3
Kleinsteinhausen	2,0	0,6	0,7
Mauschbach	0,7	0,2	0,7
Riedelberg	1,4	0,1	0,4
Rosenkopf	1,4	0,1	0,2
Walshausen	1,1	0,2	0,3
Wiesbach	1,1	0,3	0,7
Gesamtes Plangebiet	35,3	7,6	30,1

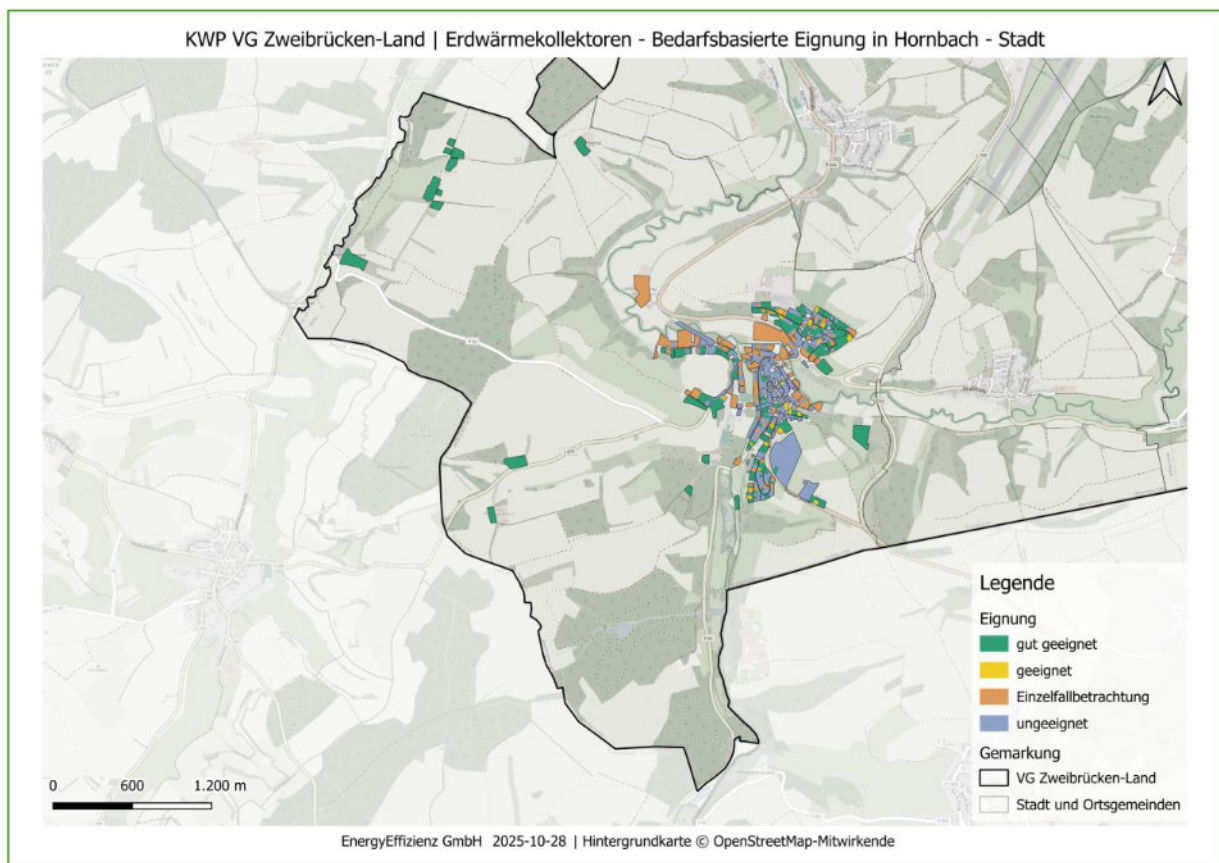


Abbildung 22: Stadt Hornbach: Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

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 23 dargestellten Legende, wurden die Potenziale der Grundstücke mit guter Eignung, durchschnittlicher Eignung und Einzelfallbetrachtungen zu einem gesamtstädtischen Potenzial von 57,2 GWh/a zusammengefasst. Die weiteren Ortsgemeinden und Stadt werden in den Anhängen A bis Q dargestellt.

Tabelle 8: Wärmeertrag und Anzahl der Erdwärmesonden nach Ortsgemeinden und Stadt

Ortsgemeinden und Stadt	Anzahl Sonden max.	Erzeuger-nutzwärme nach Wärmepumpe gut geeignet [GWh/a]	Erzeuger-nutzwärme nach Wärmepumpe geeignet [GWh/a]	Erzeuger-nutzwärme nach Wärmepumpe Einzelfallbetrachtung [GWh/a]
Althornbach	7076	1,7	0,2	1,5
Battweiler	3687	1,7	0,2	0,6
Bechhofen	2356	2,9	0,8	1,6
Contwig	8212	7,5	1,3	5,6
Dellfeld	2302	2,4	0,3	2,1
Dietrichingen	6922	1,2	0,1	0,5
Großbundenbach	3414	1,1	0,1	0,3
Großsteinhausen	1338	0,2	0,1	0,1
Hornbach, Stadt	3114	3,3	0,4	4,4
Käshofen	1686	1,4	0,3	0,7
Kleinbundenbach	1540	1,2	0,3	0,6
Kleinsteinhausen	5770	1,6	0,2	0,7
Mauschbach	527	0,6	0,2	0,8
Riedelberg	1380	1,1	0,1	0,3
Rosenkopf	759	1,1	0,2	0,4
Walshausen	826	1,0	0,1	0,4
Wiesbach	831	1,0	0,1	0,5
Gesamtes Plangebiet	51.740	30,9	5,0	21,3

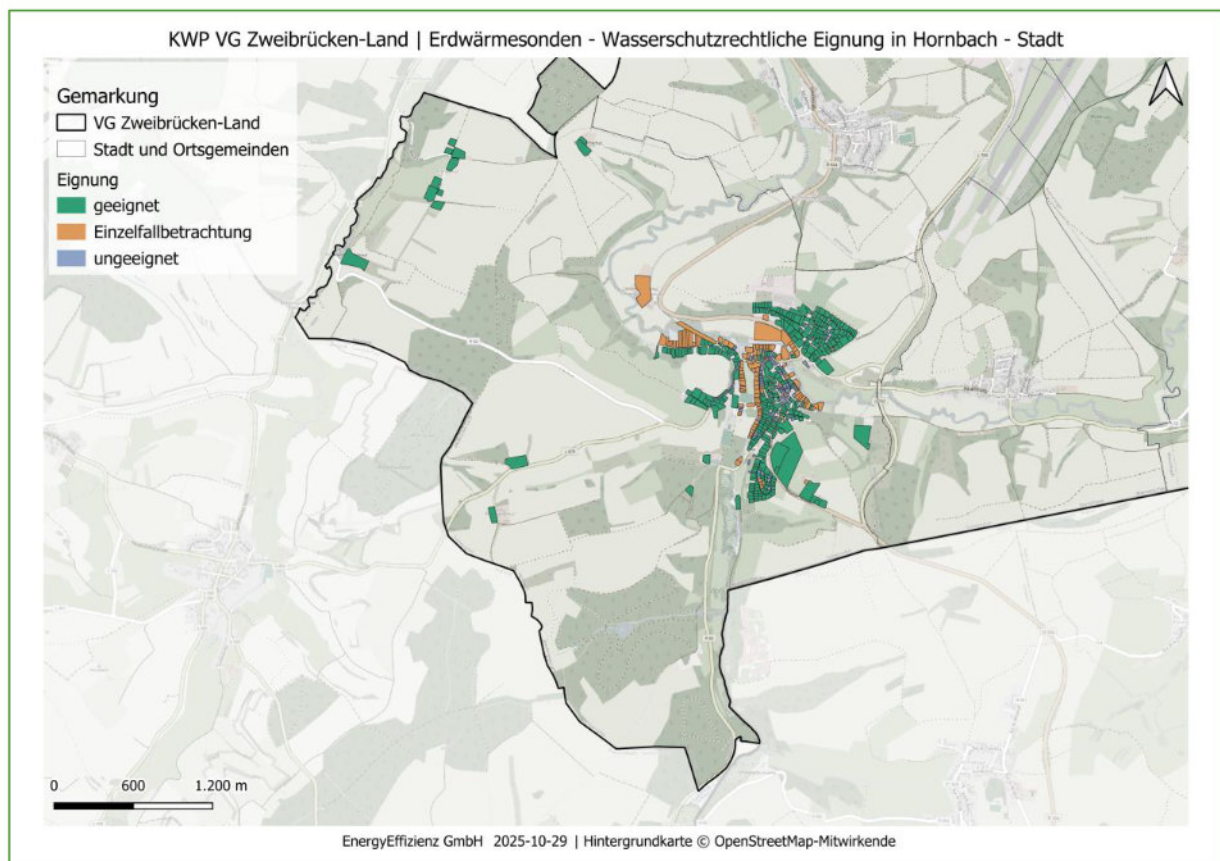


Abbildung 23: Stadt Hornbach: Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

4.3.3. Biomasse

Als erneuerbarer Energieträger kann das Biomasse-Potenzial sowohl für die zentrale als auch die dezentrale Wärmeversorgung von Gebäuden genutzt werden. Das Biomasse-Potenzial 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 Freiflächen-Potenzial wird das solare Potenzial durch die Installation von Solarthermieranlagen 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. Datengrundlage ist das Solarkataster der Energieagentur Rheinland-Pfalz als Teil des Energieatlas.

4.3.4.2. Potenzial

Die Zusammenfassung zur Solarthermie zeigt, dass eine Wärmemenge von 215,1 GWh/a erzeugt werden könnte.

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 Strom-Potenziale 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 sie sowohl auf Dächern als auch auf Freiflächen installiert werden kann und so unterschiedlichen räumlichen Gegebenheiten gerecht wird. Damit trägt Photovoltaik nicht nur zur nachhaltigen Stromerzeugung bei, sondern unterstützt auch maßgeblich die Erzeugung erneuerbarer Wärme.

Neben dem Freiflächen-Potenzial 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 aus dem Solarkataster der Energieagentur Rheinland-Pfalz/Energieatlas abgerufen werden. Die Zusammenfassung zur Photovoltaik zeigt, dass 258,8 MWp installiert und daraus ein Stromertrag von 227,4 GWh/a erzeugt werden könnte. Der aktuelle Umsetzungsgrad des Potenzials liegt im Durchschnitt aller Ortsgemeinden und Stadt bei 6,6 %.

4.4.2. Photovoltaik auf Freiflächen

Freiflächen-Photovoltaik meint die Aufständigung 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. Hierbei werden die Bestimmungen nach EEG (2023), §37, Abs. 1, 2, 3 zu Grunde gelegt. Untersucht werden im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung Flächenpotenziale, die kein entwässerter, landwirtschaftlich genutzter Moorboden sind und bei denen es sich um:

- Konversionsflächen aus wirtschaftlicher, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung handelt
- Flächen im Abstand von 500 Metern, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn, längs von Autobahnen oder mehrgleisigen Schienenwegen handelt
- Ackerflächen oder Grünland handelt, die in einem landwirtschaftlich benachteiligten Gebiet liegen

Bei der Berechnung des Freiflächen-PV-Potenzials sind Restriktionen zu beachten, die sich in Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren unterteilen.

Ausschlusskriterien:

- Siedlungsflächen
- Straßen- und Schienenflächen
- Gewässer
- Wald- und Forstflächen
- Naturschutzgebiete
- Nationalparke und Naturdenkmäler
- FFH-Gebiete/ Natura 2000-Gebiete
- Biotope
- Kern- und Pflegezonen von Biosphärenreservaten
- Geschützte Landschaftsbestandteile
- Überflutungsflächen HQ100
- Wasserschutzgebietszonen, Zone I
- Eine Hangneigung größer gleich 20 °

Restriktive Faktoren:

- Landschaftsschutzgebiete (LSG)
- Naturparke
- Entwicklungszonen von Biosphärengebieten
- Wasserschutzgebiete Zone II
- Hochspannungsfreileitungen

Demnach wird unterschieden in das geeignete Potenzial (exklusive Restriktionen) und das bedingt geeignete Potenzial (inkl. Restriktionen). Zusätzlich zu den Restriktionen ist für die Wirtschaftlichkeit eines Projektes der Flächenzuschnitt, die Sonneneinstrahlung entscheidend. Bereits vorliegende Ergebnisse einer Potenzialstudie wurden in die kommunale Wärmeplanung integriert.

4.4.2.2. Potenzial

Die betrachteten Flächen (Abbildung 24) eignen sich grundsätzlich sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermie-Anlagen. 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.

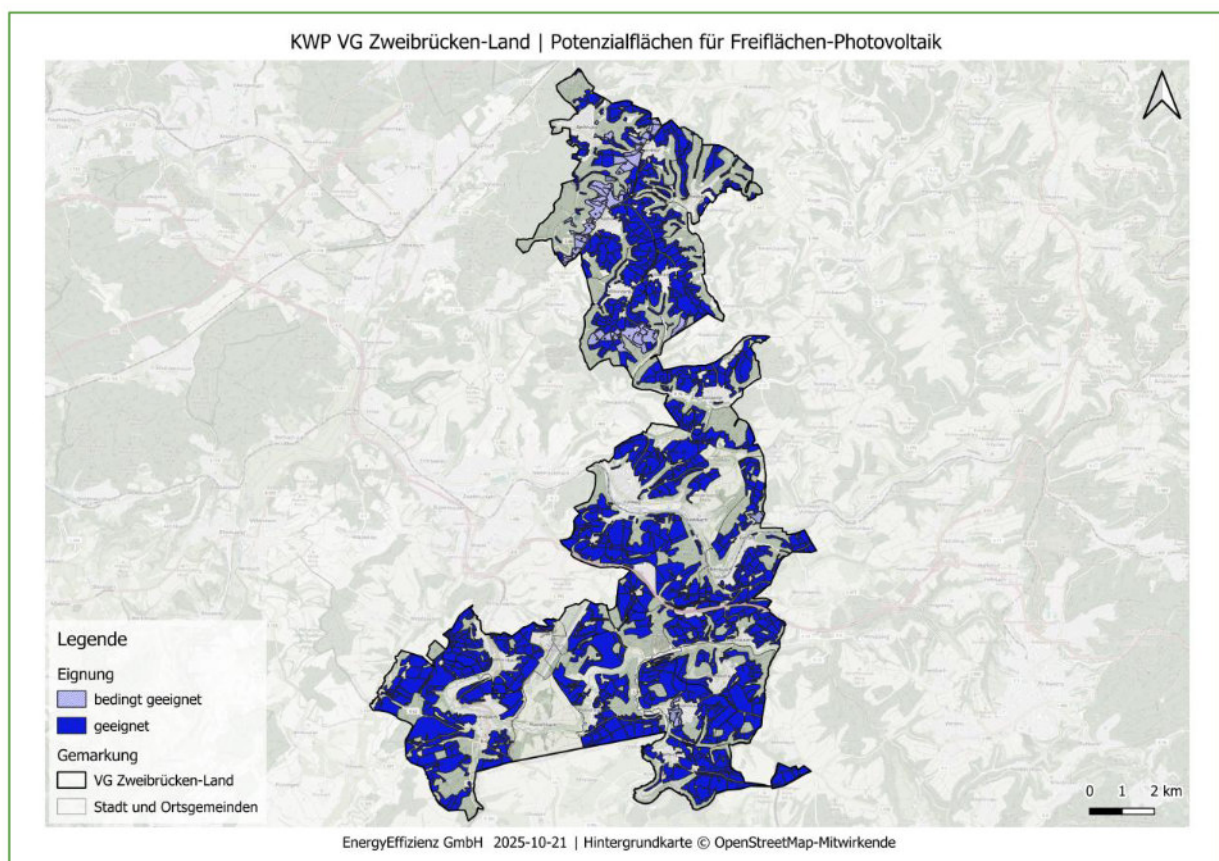


Abbildung 24: Potenzialflächen Freiflächen-Photovoltaik

Für die Berechnung des möglichen Ertrags werden pro ha Fläche 950 MWh/(ha*a) Ertrag für Photovoltaik angenommen. Es folgt eine getrennte Betrachtung von geeigneten und bedingt geeigneten Flächen, wobei sich das Gesamtpotenzial von 5.502 GWh/a aus deren Summe ergibt (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9: Potenzial PV-Freiflächen nach Ortsgemeinden und Stadt

Ortsgemeinden und Stadt	Technisches Potenzial bedingt geeignet in GWh/a	Technisches Potenzial geeignet in GWh/a
Althornbach	293,6	-
Battweiler	270,7	-
Bechhofen	178,3	72,6
Contwig	1.019,5	-
Dellfeld	307,9	9,5
Dietrichingen	427,4	-
Großbundenbach	257,7	85,4
Großsteinhausen	259,1	20,6
Hornbach - Stadt	666,5	-
Käshofen	265,2	110,3
Kleinbundenbach	227,8	13,2
Kleinsteinhausen	269,6	-
Mauschbach	-	-
Riedelberg	287,9	-
Rosenkopf	110,4	-
Walshausen	241,7	-
Wiesbach	106,8	-
Gesamtes Plangebiet	5.190,3	311,7

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 Freiflächen-Anlagen 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/ha/a Ertrag für Agri-PV angenommen (Trommsdorff, Dr. M. et al., 2024). Für die VG ergibt sich ein technisches Potenzial von 3.537,1GWh/a für die Stromerzeugung durch Agri-PV. Das Potenzial für Agri-PV für die einzelnen Ortsgemeinden und Stadt wird dargestellt in Abbildung 25 und Tabelle 10.

Tabelle 10: Potenzial Agri-PV nach Ortsgemeinden und Stadt

Ortsgemeinden und Stadt	Technisches Potenzial (bedingt geeignet) in GWh/a	Technisches Potenzial (geeignet) in GWh/a
Althornbach	-	176,3
Battweiler	-	164,9
Bechhofen	44,6	108,5
Contwig	19,1	675,7
Dellfeld	5,7	185,9
Dietrichingen	-	256,6
Großbundenbach	51,3	155,3
Großsteinhausen	12,4	154,9
Hornbach - Stadt	-	402,0
Käshofen	66,2	161,7
Kleinbundenbach	7,4	137,6
Kleinsteinhausen	-	162,0
Mauschbach	-	139,6
Riedelberg	-	176,6
Rosenkopf	-	66,2
Walshausen	-	145,5
Wiesbach	-	61,4
Gesamtes Plangebiet	206,6	3.330,5

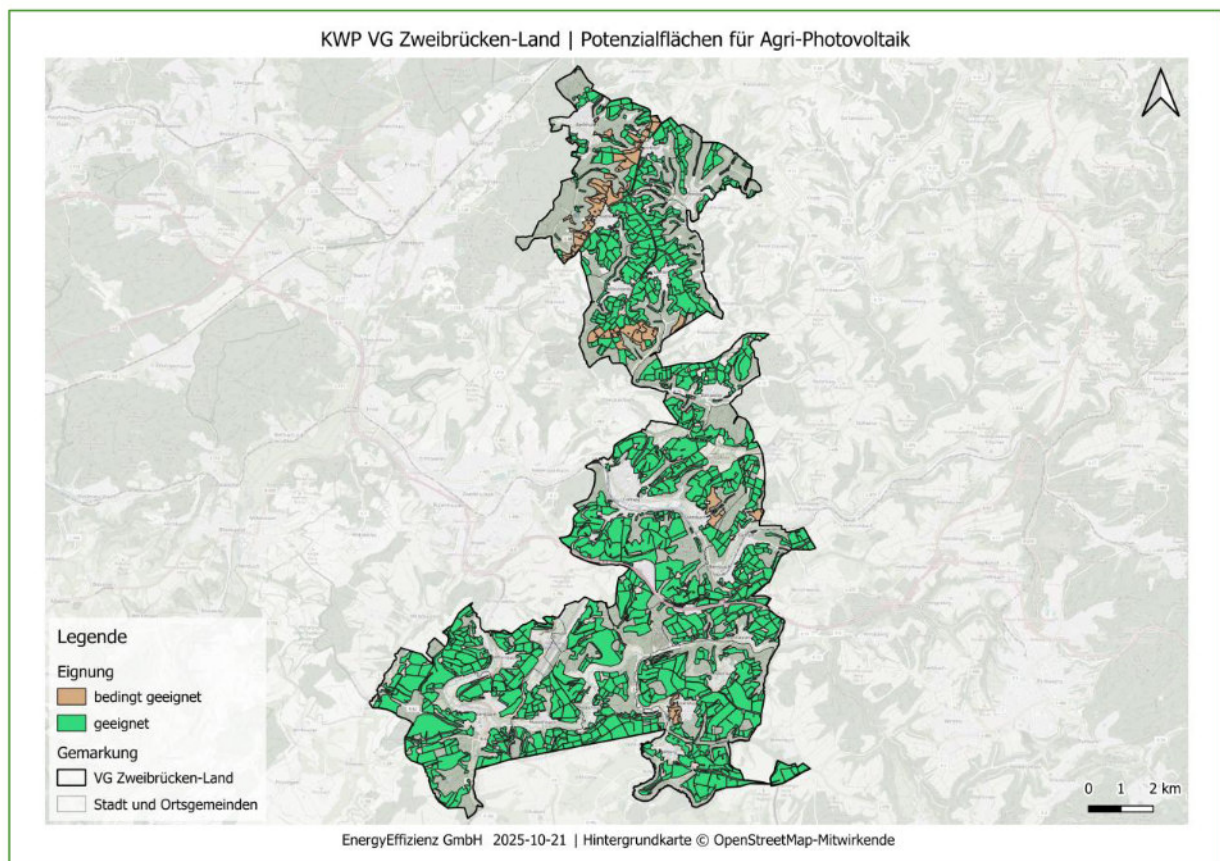


Abbildung 25: Potenzialflächen Agri-PV

4.4.4. Windkraft

Windkraftanlagen machen sich die Strömungen des Windes zunutze, welche die Rotorblätter in Bewegung setzen. Mittels eines Generators erzeugen diese aus der Bewegungsenergie elektrischen Strom, der anschließend ins Netz eingespeist wird. Windkraftanlagen sind heute mit Abstand die wichtigste Form der Windenergienutzung. 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 beschleunigt werden. Als Grundlage dient neben den deutlich erhöhten Ausbauzielen im Rahmen des EEG 2023 das im Februar 2023 in Kraft getretene Windenergie-an-Land-Gesetz, laut dem in Rheinland-Pfalz 2 % der Landesfläche für Windkraft ausgewiesen sein sollen, um die bundesweiten klimapolitischen Ziele tatsächlich erreichen zu können. Außerdem wird laut Windenergieflächenbedarfsgesetz Rheinland-Pfalz das Flächenziel von 1,4 % bis Ende 2027 vorgesehen. Insgesamt wird der Wert i.H.v. 2,2 % bis zum Jahr 2032 angestrebt⁵. Aktuell werden nur rund 0,9 % der Landesfläche von Windenergieanlagen beansprucht, was einen gewissen Handlungsbedarf in den kommenden Jahren bedeutet⁶.

⁵ <https://www.fachagentur-wind-solar.de/veroeffentlichungen/interaktive-karten/flaechenbeitragswerte>

⁶ Wind BG 2023, § 3 Abs. 1

4.4.4.2. Potenzial

Für die Nutzung der Windenergie ist es besonders wichtig, windhöfliche Gebiete zu erschließen, da sie das höchste Ertragspotenzial bieten. Jeweilige Schlussfolgerungen und Aussagen bzgl. des vorhandenen lokalen Windpotenzials in der Verbandsgemeinde sind dem in Fortschreibung befindlichen Regionalplan Westpfalz (Windenergie) zu entnehmen. Da die Fortschreibung noch nicht abgeschlossen ist, werden die Entwurfsflächen vorbehaltlich etwaiger Änderungen dargestellt. Auf dieser Basis wurden die gekennzeichneten Flächen anhand der vorliegenden, konkreteren Flächenanalyse genauer definiert und die maximale Anzahl von installierbaren Windkraftanlagen (WKA) errechnet. Dabei wurde ein Flächenbedarf von 2,5 ha je Windkraftanlage angenommen. Es wird von einem Zubau von 16 Windkraftanlagen in den ausgewiesenen Suchräumen ausgegangen. Unter der Annahme, dass pro Anlage 4 MWp Leistung installiert und 1.752 Volllaststunden pro Jahr ausgenutzt werden können, kann ein Stromertrag von 112,0 GWh/a erreicht werden. Das Potenzial für Windenergie stellt sich für die einzelnen Ortsgemeinden und Stadt wie folgt dar:

Tabelle 11: Potenzial Windkraft nach Ortsgemeinden und Stadt

Ortsgemeinden und Stadt	Technisches Potenzial (bedingt geeignet) in GWh/a	Mögliche Anzahl von WEA
Althornbach	-	-
Battweiler	21,0	3
Bechhofen	-	-
Contwig	-	-
Dellfeld	-	-
Dietrichingen	-	-
Großbundenbach	21,0	3
Großsteinhausen	-	-
Hornbach - Stadt	28,0	4
Käshofen	7,0	1
Kleinbundenbach	-	-
Kleinsteinhausen	-	-
Mauschbach	-	-
Riedelberg	21,0	3
Rosenkopf	-	-
Walshausen	-	-
Wiesbach	14,0	2
Gesamtes Plangebiet	112,0	16

KWP VG Zweibrücken-Land | Potenzialflächen für Windenergie

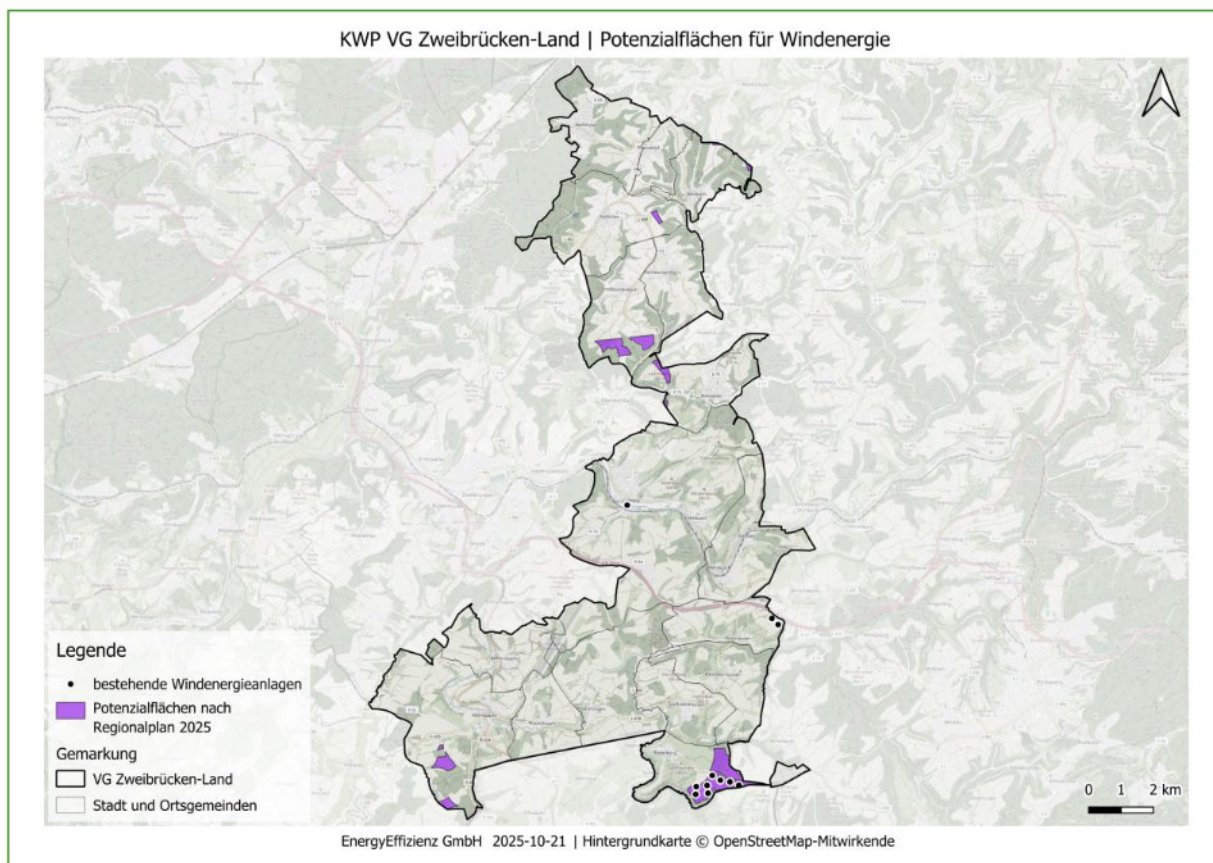


Abbildung 26: Potenzialflächen Windkraft

Literaturverzeichnis

- Agora Energiewende, Prognos, Consentec. [2022]. *Klimaneutrales Stromsystem 2035. Wie der deutsche Stromsektor bis zum Jahr 2035 klimaneutral werden kann.*
- 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>
- Die Bundesregierung. [2022]. *Generationenvertrag für das Klima.* Abgerufen am 08.. 11. 2022 von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>.
- 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.
- Lauf, T., Memmler, M., & Schneider, S. [2022]. Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. (Umweltbundesamt, Hrsg.) Dessau-Roßlau.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BW. [2019]. *Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen.*

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kurzstatistik über Ortsgemeinden und Stadt im gesamten Plangebiet (Stand 31.12.2024) ..	13
Tabelle 2: Einteilung der Wärmelinien-dichte in Eignungskategorien nach Leit-faden der Wärmeplanung	22
Tabelle 3: Einteilung der Wärmedichte in Eignungskategorien nach Leit-faden der Wärmeplanung	22
Tabelle 4: Biomassepotenzial aus Holzresten in den Ortsgemeinden und Stadt im gesamten Plangebiet pro Jahr	29
Tabelle 5: Potenzial Solarthermie-Freiflächenanlagen	33
Tabelle 6: Potenzial Agrothermie (Erzeugernutzwärme - nach Einsatz einer Wärmepumpe) nach Ortsgemeinden und Stadt.....	36
Tabelle 7: Erzeugernutzwärme (nach Wärmepumpe der Erdwärmekollektoren nach Ortsgemeinden und Stadt.....	47
Tabelle 8: Wärmeertrag und Anzahl der Erdwärmesonden nach Ortsgemeinden und Stadt.....	49
Tabelle 9: Potenzial PV-Freiflächen nach Ortsgemeinden und Stadt.....	54
Tabelle 10: Potenzial Agri-PV nach Ortsgemeinden und Stadt	56
Tabelle 11: Potenzial Windkraft nach Ortsgemeinden und Stadt	58
Tabelle 12 Mittlere jährliche Reduktion des Wärmebedarfs auf Basis des Technikkatalogs Kommunale Wärmeplanung (ifeu gGmbH et al., 2024).....	157

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf der Kommunalen Wärmeplanung (KEA Baden-Württemberg, 2020, S. 22)	7
Abbildung 2: Natur- und Artenschutz als restriktives Element	10
Abbildung 3: Trinkwasserschutz- und Überschwemmungsgebiete in der Gemarkung	11
Abbildung 4: Das Plangebiet der kommunalen Wärmeplanung der VG Zweibrücken-Land	12
Abbildung 5: Gesamtes Plangebiet: Verteilung Nutzungstypen (Sektoren nach Anzahl)	14
Abbildung 6: Gesamtes Plangebiet: Flächenverteilung Nutzungstypen (Sektoren nach beheizter Fläche)	14
Abbildung 7: Stadt Hornbach: Dominierender Sektor	15
Abbildung 8: Gesamtes Plangebiet: Baualtersklassen. Quelle: Zensus 2022; infas 360 GmbH	16
Abbildung 9: Stadt Hornbach: Baualtersklassen	17
Abbildung 10: Gesamtes Plangebiet: Verteilung der Hauptheizungen. Quelle: Zensus 2022; Kehrbuchdaten, 2022	18
Abbildung 11: Stadt Hornbach: Energieträger je Baublock	19
Abbildung 12: Gesamtes Plangebiet: Baualter der Hauptheizungen	20
Abbildung 13: Wärmemenge im Status quo nach Ortsgemeinden und Stadt [GWh/a]	21
Abbildung 14: Stadt Hornbach: Wärmelinienindichte Status quo	23
Abbildung 15: Stadt Hornbach: Wärmedichte je Baublock Status quo	23
Abbildung 16: Darstellung der Aushaltungsvarianten zur Biomasse-Produktion	28
Abbildung 17: Biomassepotenzial im Plangebiet	30
Abbildung 18: Potenzialflächen Freiflächen-Solarthermie	34
Abbildung 19: Potenzialflächen Agrothermie	37
Abbildung 20: Geeignete Fließgewässer für Flusswärme	39
Abbildung 21: Temperaturniveau der Abwärme nach Industriezweigen; Quelle: [Dunkelberg, 2023] ...	41
Abbildung 22: Stadt Hornbach: Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	48
Abbildung 23: Stadt Hornbach: Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	50
Abbildung 24: Potenzialflächen Freiflächen-Photovoltaik	53
Abbildung 25: Potenzialflächen Agri-PV	57
Abbildung 26: Potenzialflächen Windkraft	59
Abbildung 27: Verbandsgemeinde Althornbach: Dominierende Sektoren	72
Abbildung 28: Verbandsgemeinde Althornbach: Baualtersklassen	72
Abbildung 29: Verbandsgemeinde Althornbach: Energieträger im Status quo	73
Abbildung 30: Verbandsgemeinde Althornbach: Wärmedichte im Status quo	73
Abbildung 31: Verbandsgemeinde Althornbach: Wärmelinienindichte im Status quo	74
Abbildung 32: Verbandsgemeinde Althornbach: Wärmelinienindichte im Zieljahr 2045	74

Abbildung 33: Verbandsgemeinde Althornbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	75
Abbildung 34: Verbandsgemeinde Althornbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	75
Abbildung 35: Verbandsgemeinde Althornbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	76
Abbildung 36: Verbandsgemeinde Althornbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	76
Abbildung 37: Verbandsgemeinde Battweiler: Dominierende Sektoren	77
Abbildung 38: Verbandsgemeinde Battweiler: Baualtersklassen	77
Abbildung 39: Verbandsgemeinde Battweiler: Energieträger im Status quo	78
Abbildung 40: Verbandsgemeinde Battweiler: Wärmedichte im Status quo	78
Abbildung 41: Verbandsgemeinde Battweiler: Wärmelinien-dichte im Status quo	79
Abbildung 42: Verbandsgemeinde Battweiler: Wärmelinien-dichte im Zieljahr 2045	79
Abbildung 43: Verbandsgemeinde Battweiler: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	80
Abbildung 44: Verbandsgemeinde Battweiler: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	80
Abbildung 45: Verbandsgemeinde Battweiler: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	81
Abbildung 46: Verbandsgemeinde Battweiler: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	81
Abbildung 47: Verbandsgemeinde Bechhofen: Dominierende Sektoren.....	82
Abbildung 48: Verbandsgemeinde Bechhofen: Baualtersklassen	82
Abbildung 49: Verbandsgemeinde Bechhofen: Energieträger im Status quo	83
Abbildung 50: Verbandsgemeinde Bechhofen: Wärmedichte im Status quo	83
Abbildung 51: Verbandsgemeinde Bechhofen: Wärmelinien-dichte im Status quo	84
Abbildung 52: Verbandsgemeinde Bechhofen: Wärmelinien-dichte im Zieljahr 2045	84
Abbildung 53: Verbandsgemeinde Bechhofen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	85
Abbildung 54: Verbandsgemeinde Bechhofen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	85
Abbildung 55: Verbandsgemeinde Bechhofen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden	86
Abbildung 56: Verbandsgemeinde Bechhofen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	86
Abbildung 57: Verbandsgemeinde Contwig: Dominierende Sektoren	87
Abbildung 58: Verbandsgemeinde Contwig: Baualtersklassen	87
Abbildung 59: Verbandsgemeinde Contwig: Energieträger im Status quo	88
Abbildung 60: Verbandsgemeinde Contwig: Wärmedichte im Status quo	88

Abbildung 61: Verbandsgemeinde Contwig: Wärmelinienindichte im Status quo	89
Abbildung 62: Verbandsgemeinde Contwig: Wärmelinienindichte im Zieljahr 2045	89
Abbildung 63: Verbandsgemeinde Contwig: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	90
Abbildung 64: Verbandsgemeinde Contwig: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	90
Abbildung 65: Verbandsgemeinde Contwig: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden	91
Abbildung 66: Verbandsgemeinde Contwig: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden ..	91
Abbildung 67: Verbandsgemeinde Dellfeld: Dominierende Sektoren	92
Abbildung 68: Verbandsgemeinde Dellfeld: Baualtersklassen	92
Abbildung 69: Verbandsgemeinde Dellfeld: Energieträger im Status quo	93
Abbildung 70: Verbandsgemeinde Dellfeld: Wärmedichte im Status quo	93
Abbildung 71: Verbandsgemeinde Dellfeld: Wärmelinienindichte im Status quo	94
Abbildung 72: Verbandsgemeinde Dellfeld: Wärmelinienindichte im Zieljahr 2045	94
Abbildung 73: Verbandsgemeinde Dellfeld: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	95
Abbildung 74: Verbandsgemeinde Dellfeld: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	95
Abbildung 75: Verbandsgemeinde Dellfeld: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	96
Abbildung 76: Verbandsgemeinde Dellfeld: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	96
Abbildung 77: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Dominierende Sektoren	97
Abbildung 78: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Baualtersklassen	97
Abbildung 79: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Energieträger im Status quo	98
Abbildung 80: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Wärmedichte im Status quo	98
Abbildung 81: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Wärmelinienindichte im Status quo	99
Abbildung 82: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Wärmelinienindichte im Zieljahr 2045	99
Abbildung 83: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	100
Abbildung 84: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	100
Abbildung 85: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	101
Abbildung 86: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	101
Abbildung 87: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Dominierende Sektoren	102
Abbildung 88: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Baualtersklassen	102
Abbildung 89: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Energieträger im Status quo	103

Abbildung 90: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Wärmedichte im Status quo	103
Abbildung 91: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Wärmelinienindichte im Status quo	104
Abbildung 92: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Wärmelinienindichte im Zieljahr 2045	104
Abbildung 93: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	105
Abbildung 94: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	105
Abbildung 95: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	106
Abbildung 96: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	106
Abbildung 97: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Dominierende Sektoren	107
Abbildung 98: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Baualtersklassen	107
Abbildung 99: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Energieträger im Status quo (2024)	108
Abbildung 100: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Wärmedichte im Status quo	108
Abbildung 101: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Wärmelinienindichte im Status quo	109
Abbildung 102: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Wärmelinienindichte im Zieljahr 2045	109
Abbildung 103: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	110
Abbildung 104: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	110
Abbildung 105: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	111
Abbildung 106: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	111
Abbildung 107: Stadt Hornbach: Dominierende Sektoren	112
Abbildung 108: Stadt Hornbach: Baualtersklassen	112
Abbildung 109: Stadt Hornbach: Energieträger im Status quo (2024)	113
Abbildung 110: Stadt Hornbach: Wärmedichte im Status quo	113
Abbildung 111: Stadt Hornbach: Wärmelinienindichte im Status quo	114
Abbildung 112: Stadt Hornbach: Wärmelinienindichte im Zieljahr 2045	114
Abbildung 113: Stadt Hornbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	115
Abbildung 114: Stadt Hornbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	115
Abbildung 115: Stadt Hornbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	116
Abbildung 116: Stadt Hornbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	116

Abbildung 117: Verbandsgemeinde Käshofen: Dominierende Sektoren	117
Abbildung 118: Verbandsgemeinde Käshofen: Baualtersklassen	117
Abbildung 119: Verbandsgemeinde Käshofen: Energieträger im Status quo (2024)	118
Abbildung 120: Verbandsgemeinde Käshofen: Wärmedichte im Status quo	118
Abbildung 121: Verbandsgemeinde Käshofen: Wärmelinien-dichte im Status quo	119
Abbildung 122: Verbandsgemeinde Käshofen: Wärmelinien-dichte im Zieljahr 2045	119
Abbildung 123: Verbandsgemeinde Käshofen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	120
Abbildung 124: Verbandsgemeinde Käshofen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	120
Abbildung 125: Verbandsgemeinde Käshofen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	121
Abbildung 126: Verbandsgemeinde Käshofen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	121
Abbildung 127: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Dominierende Sektoren	122
Abbildung 128: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Baualtersklassen	122
Abbildung 129: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Energieträger im Status quo (2024)	123
Abbildung 130: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Wärmedichte im Status quo	123
Abbildung 131: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Wärmelinien-dichte im Status quo	124
Abbildung 132: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Wärmelinien-dichte im Zieljahr 2045	124
Abbildung 133: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	125
Abbildung 134: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	125
Abbildung 135: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	126
Abbildung 136: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	126
Abbildung 137: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Dominierende Sektoren	127
Abbildung 138: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Baualtersklassen	127
Abbildung 139: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Energieträger im Status quo (2024)	128
Abbildung 140: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Wärmedichte im Status quo	128
Abbildung 141: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Wärmelinien-dichte im Status quo	129
Abbildung 142: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Wärmelinien-dichte im Zieljahr 2045	129
Abbildung 143: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	130
Abbildung 144: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	130

Abbildung 145: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	131
Abbildung 146: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	131
Abbildung 147: Verbandsgemeinde Mausbach: Dominierende Sektoren	132
Abbildung 148: Verbandsgemeinde Mausbach: Baualtersklassen	132
Abbildung 149: Verbandsgemeinde Mausbach: Energieträger im Status quo (2024)	133
Abbildung 150: Verbandsgemeinde Mausbach: Wärmedichte im Status quo	133
Abbildung 151: Verbandsgemeinde Mausbach: Wärmelinienindichte im Status quo	134
Abbildung 152: Verbandsgemeinde Mausbach: Wärmelinienindichte im Zieljahr 2045	134
Abbildung 153: Verbandsgemeinde Mausbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	135
Abbildung 154: Verbandsgemeinde Mausbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	135
Abbildung 155: Verbandsgemeinde Mausbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	136
Abbildung 156: Verbandsgemeinde Mausbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	136
Abbildung 157: Verbandsgemeinde Riedelberg: Dominierende Sektoren	137
Abbildung 158: Verbandsgemeinde Riedelberg: Baualtersklassen	137
Abbildung 159: Verbandsgemeinde Riedelberg: Energieträger im Status quo (2024)	138
Abbildung 160: Verbandsgemeinde Riedelberg: Wärmedichte im Status quo	138
Abbildung 161: Verbandsgemeinde Riedelberg: Wärmelinienindichte im Status quo	139
Abbildung 162: Verbandsgemeinde Riedelberg: Wärmelinienindichte im Zieljahr 2045	139
Abbildung 163: Verbandsgemeinde Riedelberg: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	140
Abbildung 164: Verbandsgemeinde Riedelberg: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	140
Abbildung 165: Verbandsgemeinde Riedelberg: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	141
Abbildung 166: Verbandsgemeinde Riedelberg: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	141
Abbildung 167: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Dominierende Sektoren	142
Abbildung 168: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Baualtersklassen	142
Abbildung 169: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Energieträger im Status quo (2024)	143
Abbildung 170: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Wärmedichte im Status quo	143
Abbildung 171: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Wärmelinienindichte im Status quo	144
Abbildung 172: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Wärmelinienindichte im Zieljahr 2045	144

Abbildung 173: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	145
Abbildung 174: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	145
Abbildung 175: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	146
Abbildung 176: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	146
Abbildung 177: Verbandsgemeinde Walshausen: Dominierende Sektoren	147
Abbildung 178: Verbandsgemeinde Walshausen: Baualtersklassen	147
Abbildung 179: Verbandsgemeinde Walshausen: Energieträger im Status quo (2024)	148
Abbildung 180: Verbandsgemeinde Walshausen: Wärmedichte im Status quo.....	148
Abbildung 181: Verbandsgemeinde Walshausen: Wärmelinien-dichte im Status quo	149
Abbildung 182: Verbandsgemeinde Walshausen: Wärmelinien-dichte im Zieljahr 2045	149
Abbildung 183: Verbandsgemeinde Walshausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	150
Abbildung 184: Verbandsgemeinde Walshausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	150
Abbildung 185: Verbandsgemeinde Walshausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	151
Abbildung 186: Verbandsgemeinde Walshausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	151
Abbildung 187: Verbandsgemeinde Wiesbach: Dominierende Sektoren	152
Abbildung 188: Verbandsgemeinde Wiesbach: Baualtersklassen	152
Abbildung 189: Verbandsgemeinde Wiesbach: Energieträger im Status quo (2024).....	153
Abbildung 190: Verbandsgemeinde Wiesbach: Wärmedichte im Status quo.....	153
Abbildung 191: Verbandsgemeinde Wiesbach: Wärmelinien-dichte im Status quo.....	154
Abbildung 192: Verbandsgemeinde Wiesbach: Wärmelinien-dichte im Zieljahr 2045.....	154
Abbildung 193: Verbandsgemeinde Wiesbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	155
Abbildung 194: Verbandsgemeinde Wiesbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene	155
Abbildung 195: Verbandsgemeinde Wiesbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	156
Abbildung 196: Verbandsgemeinde Wiesbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene	156

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr (anno)
Abb.	Abbildung
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
OG	Verbandsgemeinde
PV	Photovoltaik
ST	Solarthermie
St.	Stück
t	Tonne
u.a.	und andere(s) / unter anderem
VG	Verbandsgemeinde
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: Althornbach	72
Anhang B: Battweiler	77
Anhang C: Bechhofen	82
Anhang D: Contwig	87
Anhang E: Dellfeld	92
Anhang F: Dietrichingen	97
Anhang G: Großbundenbach	102
Anhang H: Großsteinhausen	107
Anhang I: Stadt Hornbach	112
Anhang J: Käshofen	117
Anhang K: Kleinbundenbach	122
Anhang L: Kleinsteinhausen	127
Anhang M: Mauschbach	131
Anhang N: Riedelberg	137
Anhang O: Rosenkopf	142
Anhang P: Walshausen	146
Anhang Q: Wiesbach	152
Anhang R: Faktoren zur Wärmebedarfsreduktion durch Sanierungen	157

Anhang A: Althornbach

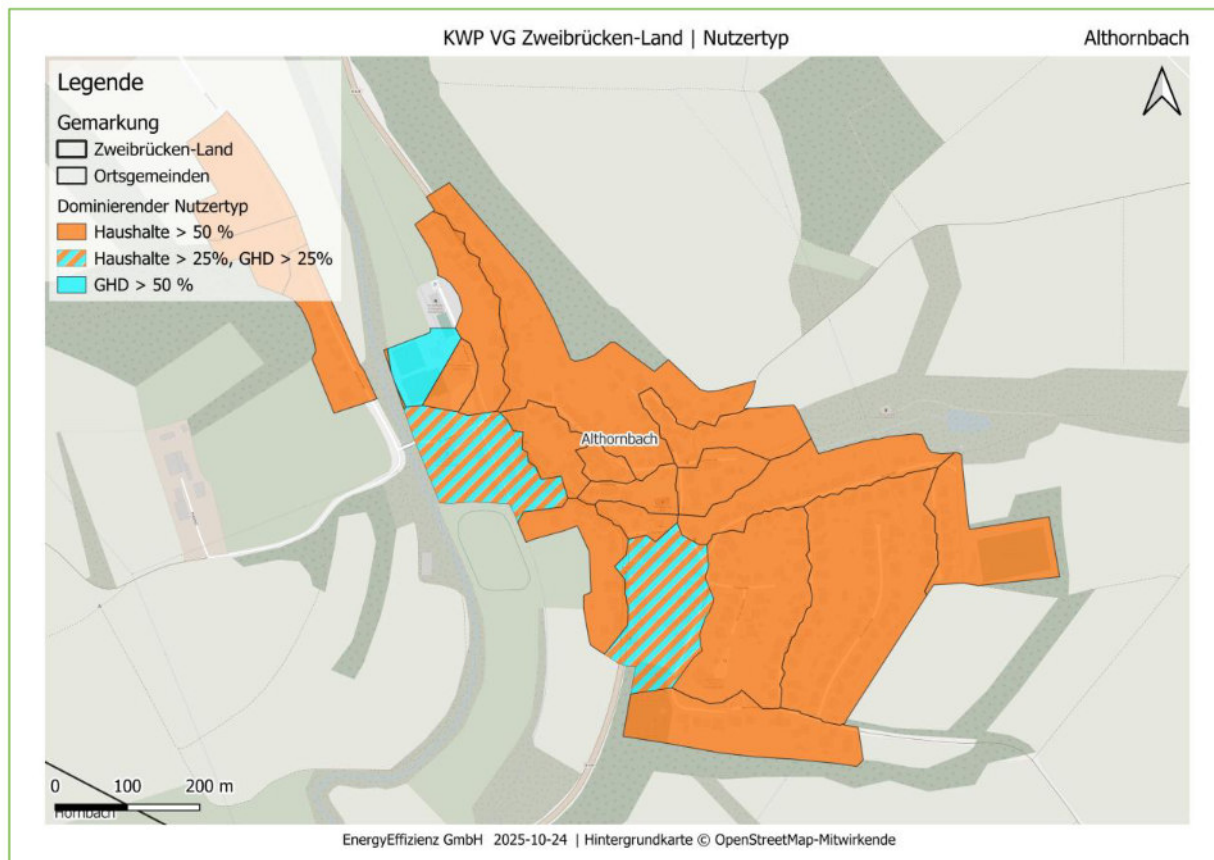


Abbildung 27: Verbandsgemeinde Althornbach: Dominierende Sektoren

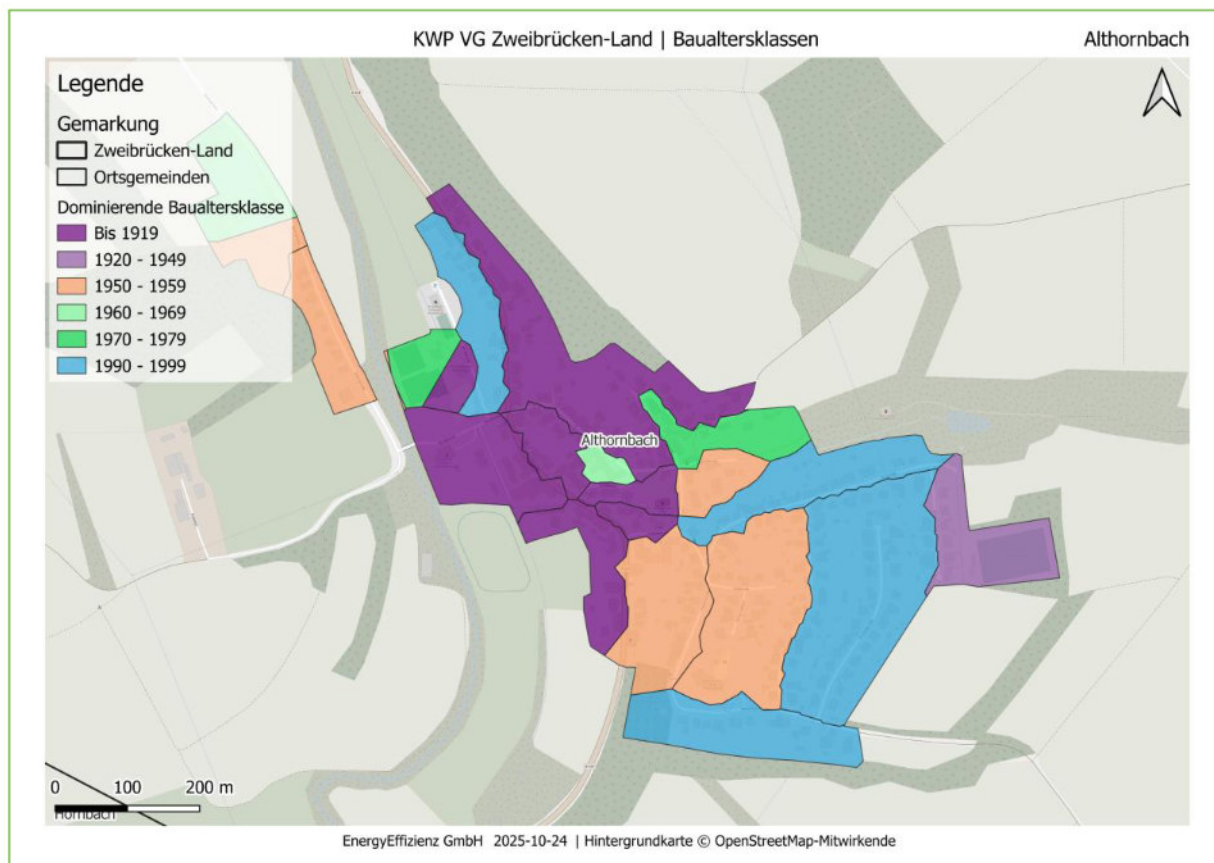


Abbildung 28: Verbandsgemeinde Althornbach: Baualtersklassen

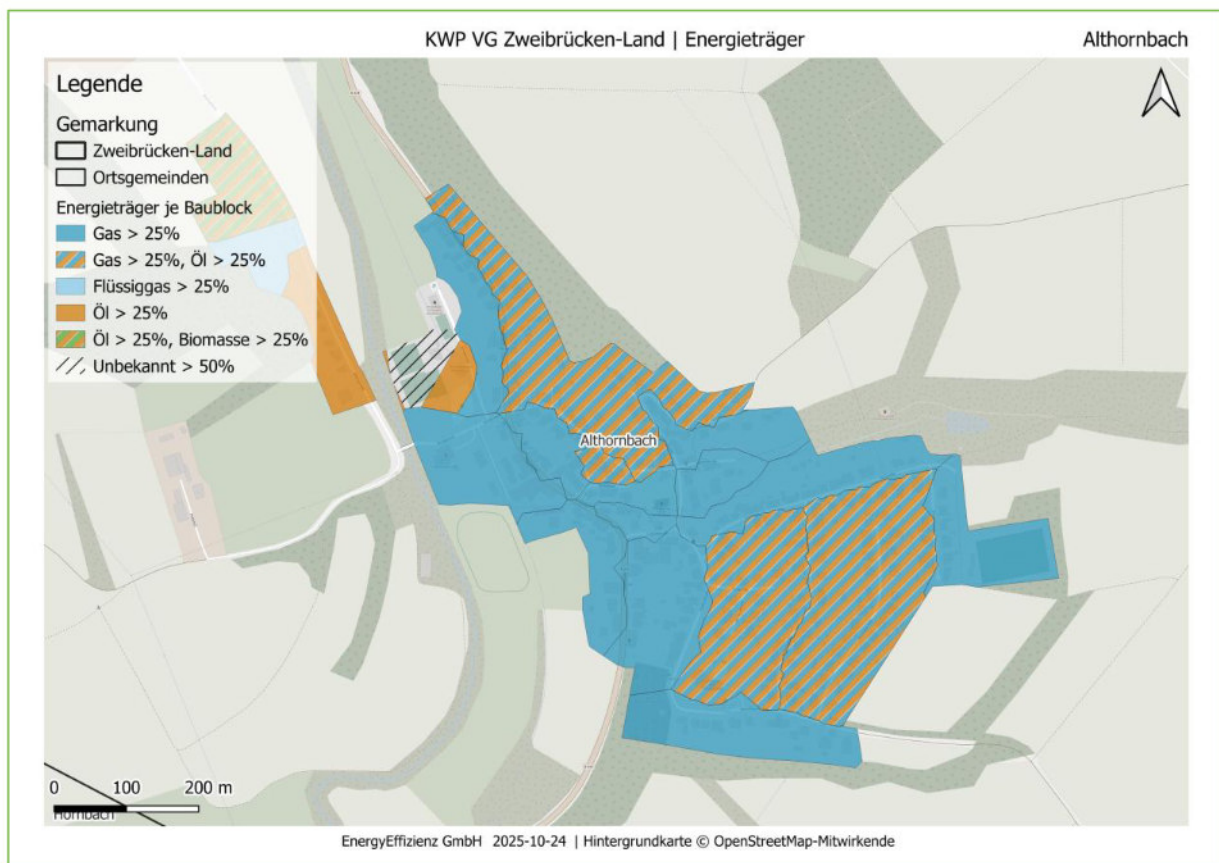


Abbildung 29: Verbandsgemeinde Althornbach: Energieträger im Status quo

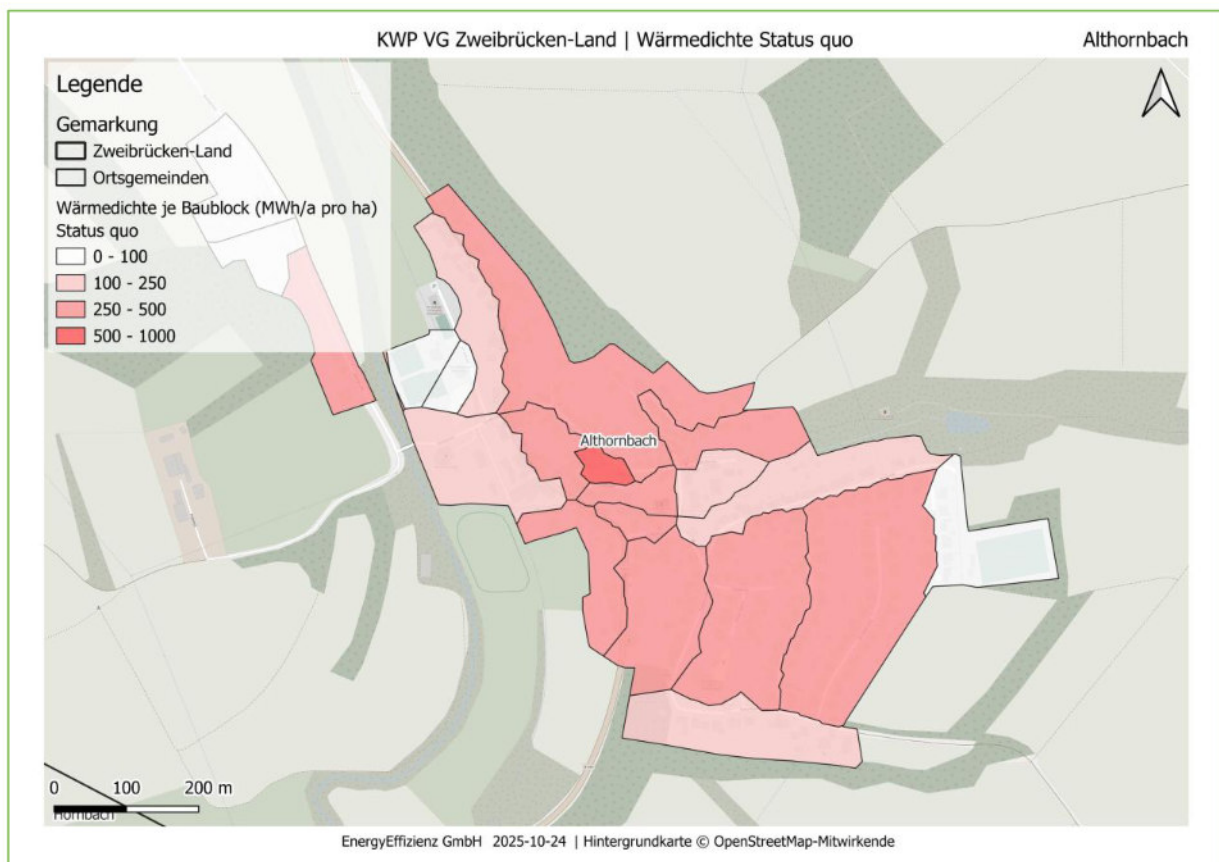


Abbildung 30: Verbandsgemeinde Althornbach: Wärmedichte im Status quo

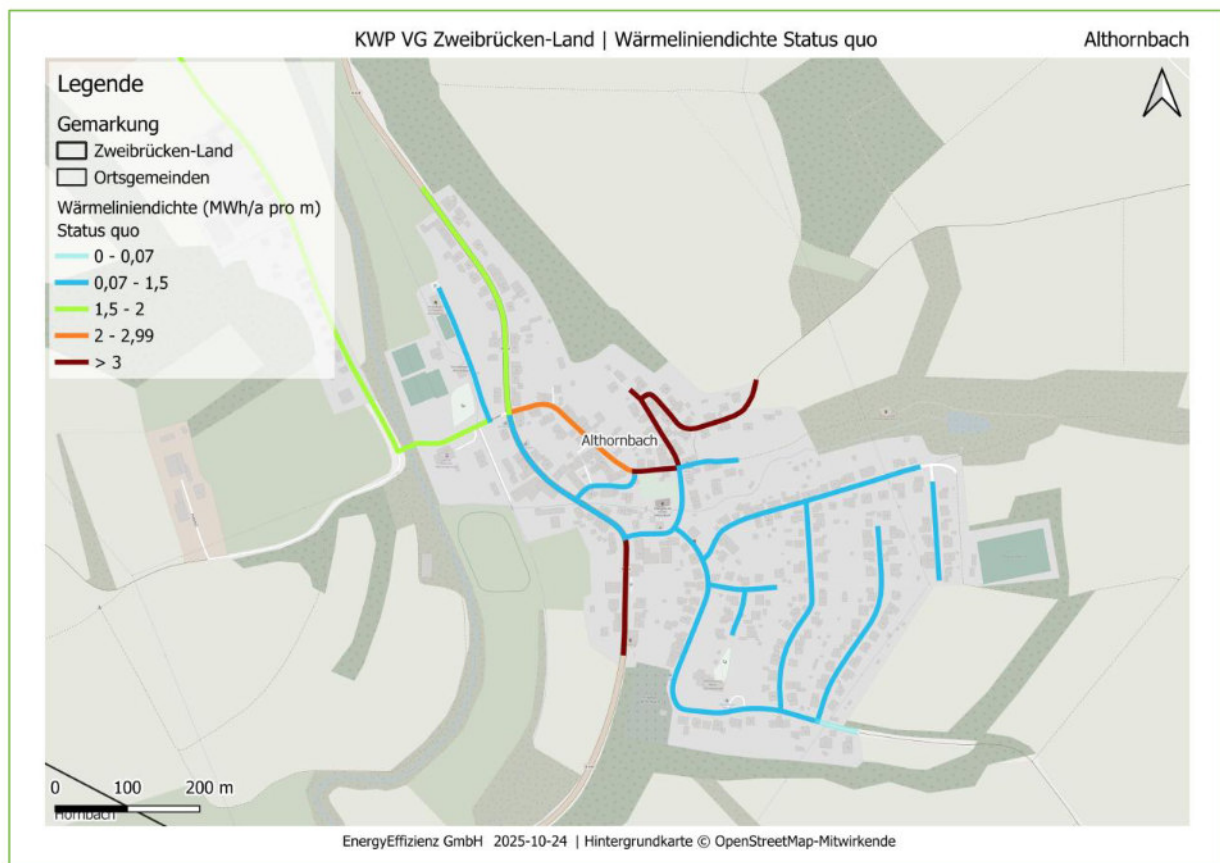


Abbildung 31: Verbandsgemeinde Althornbach: Wärmeliniendichte im Status quo

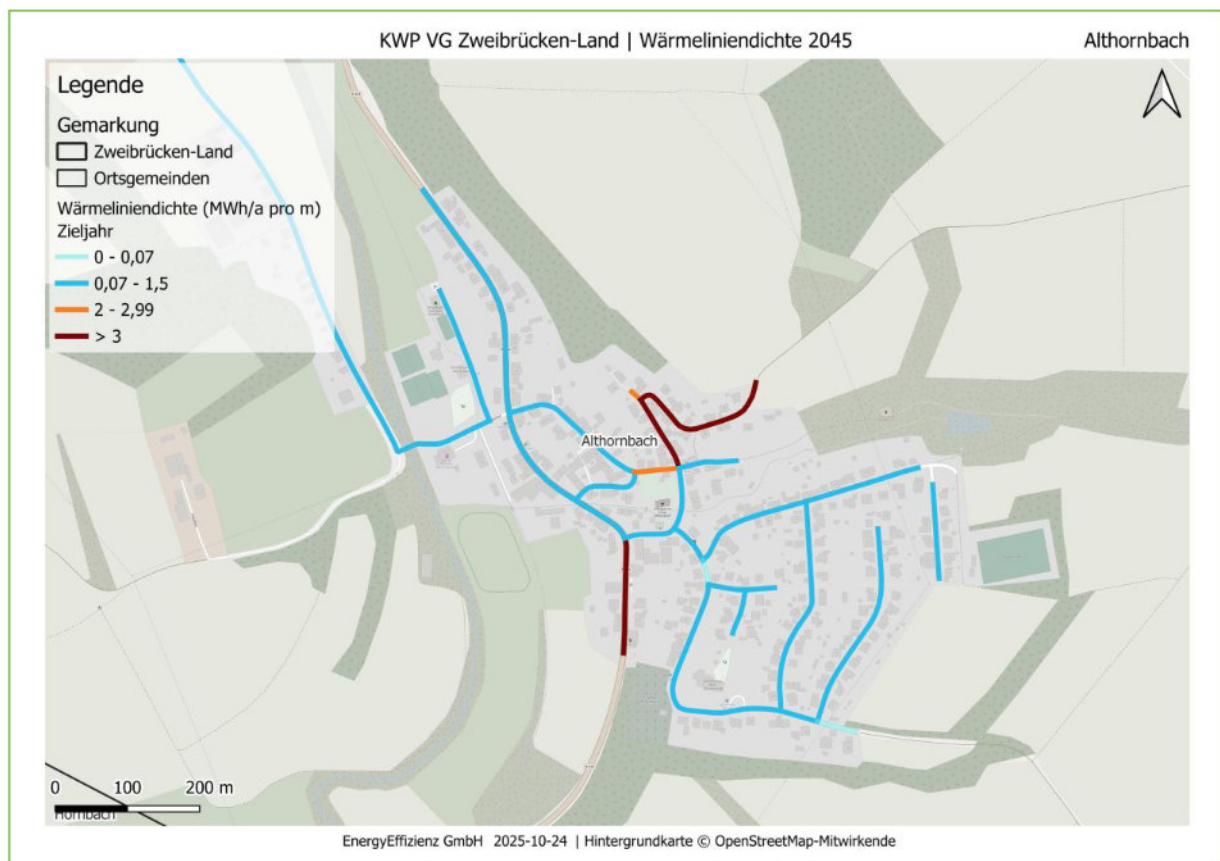


Abbildung 32: Verbandsgemeinde Althornbach: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

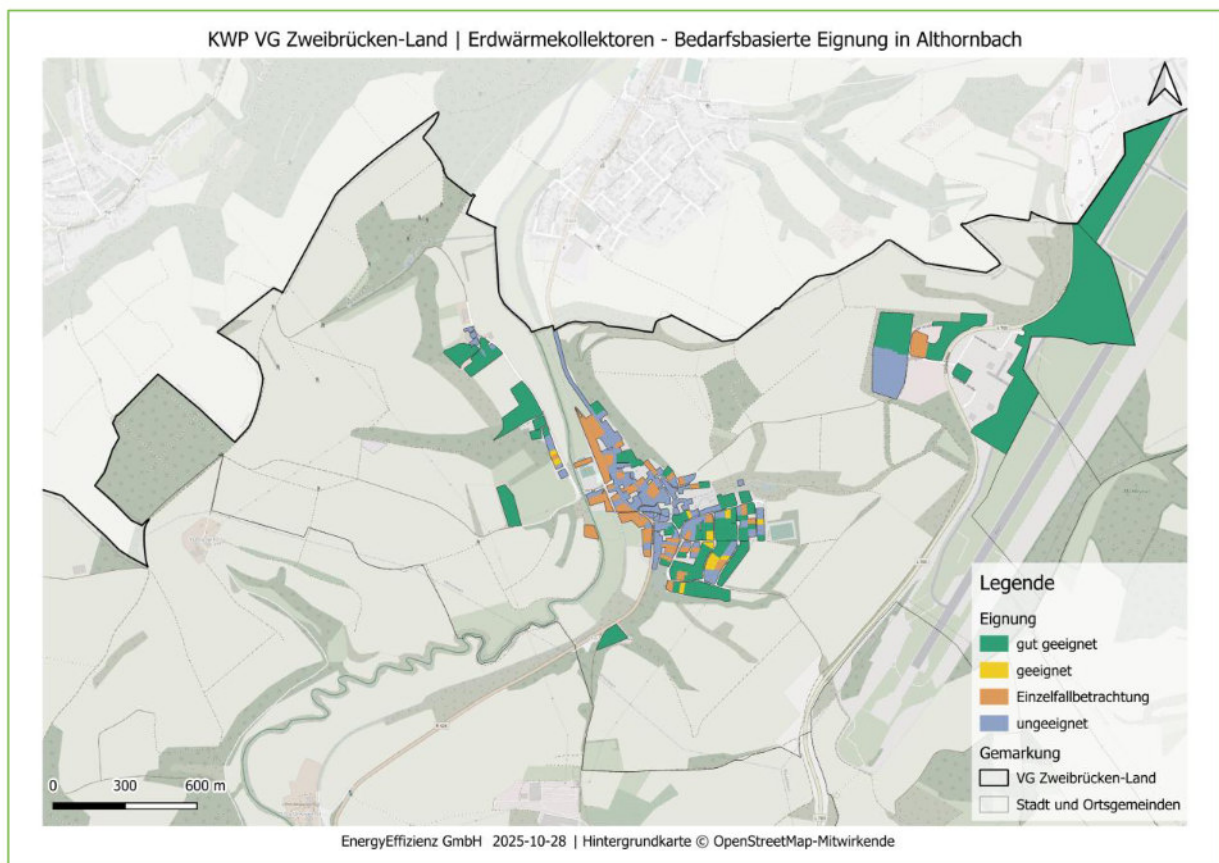


Abbildung 33: Verbandsgemeinde Althornbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

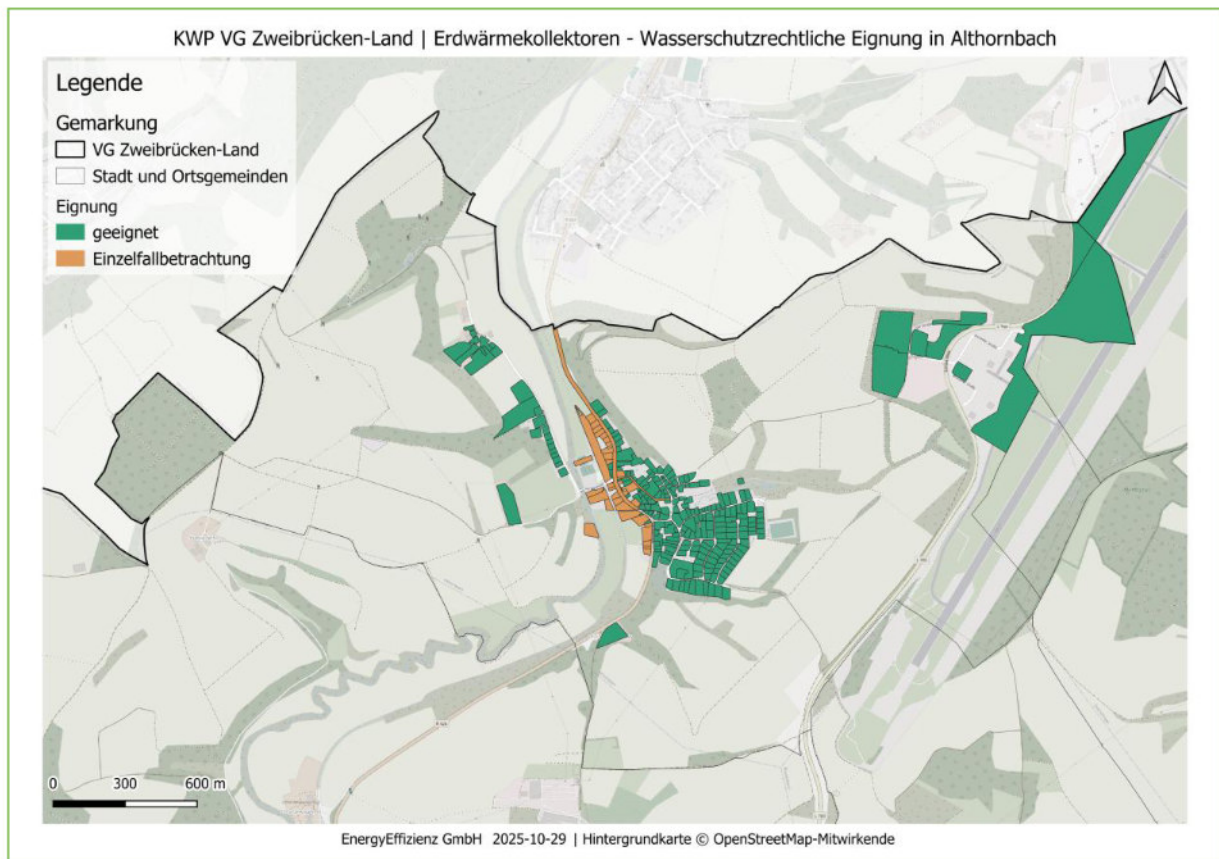


Abbildung 34: Verbandsgemeinde Althornbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

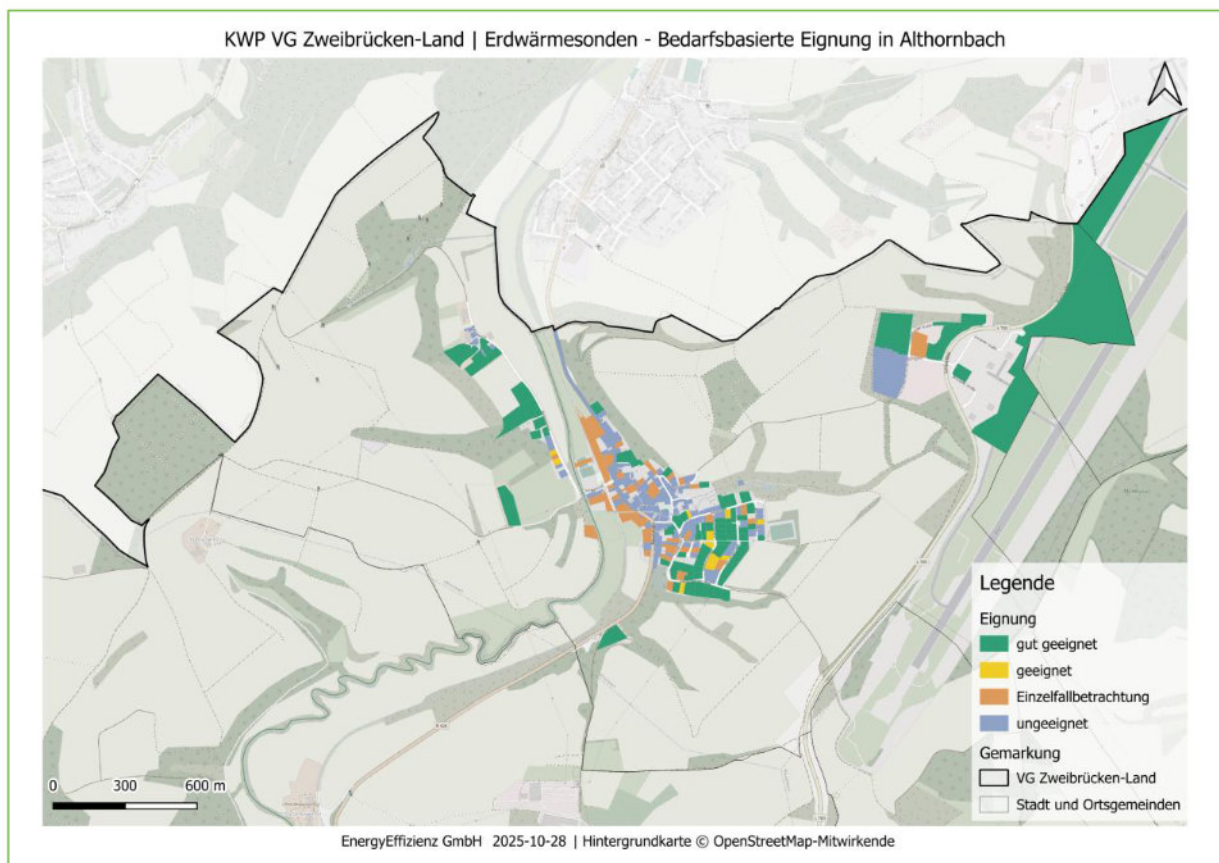


Abbildung 35: Verbandsgemeinde Althornbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

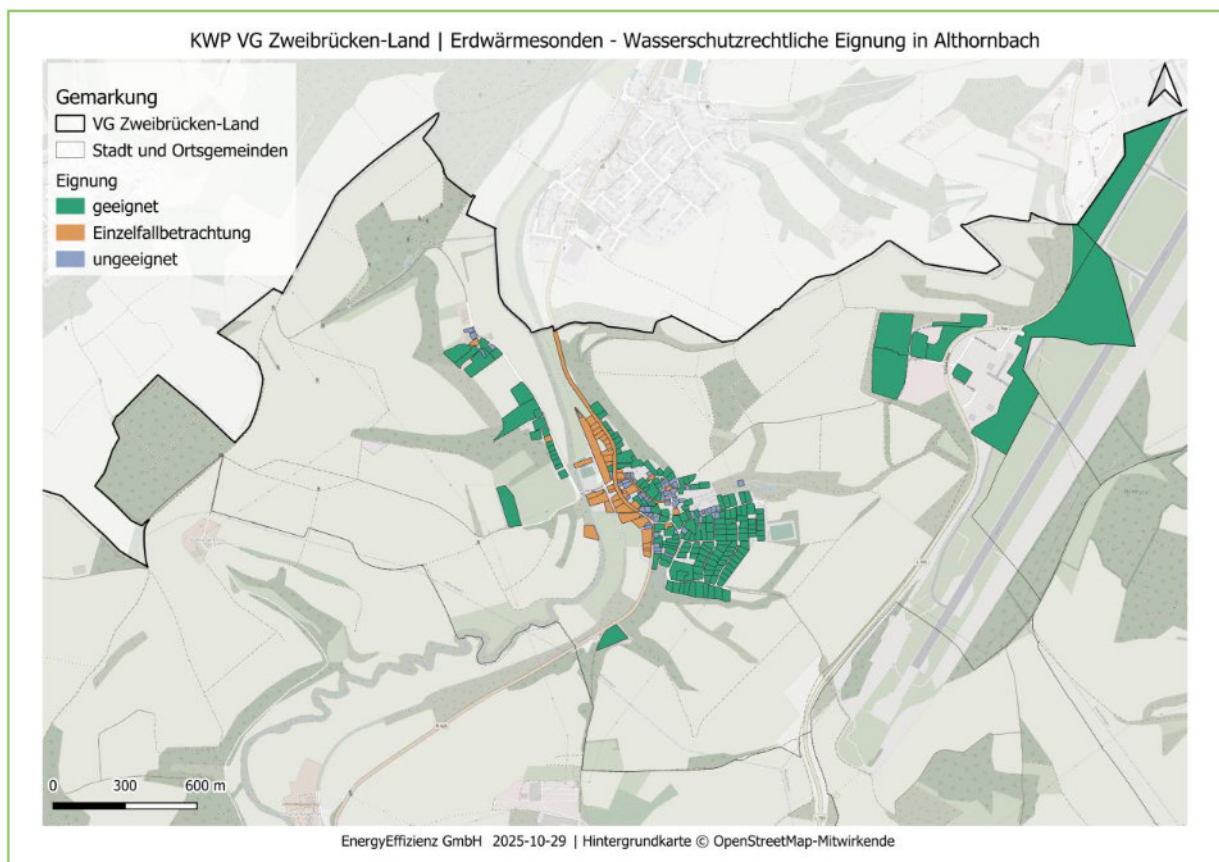


Abbildung 36: Verbandsgemeinde Althornbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang B: Battweiler

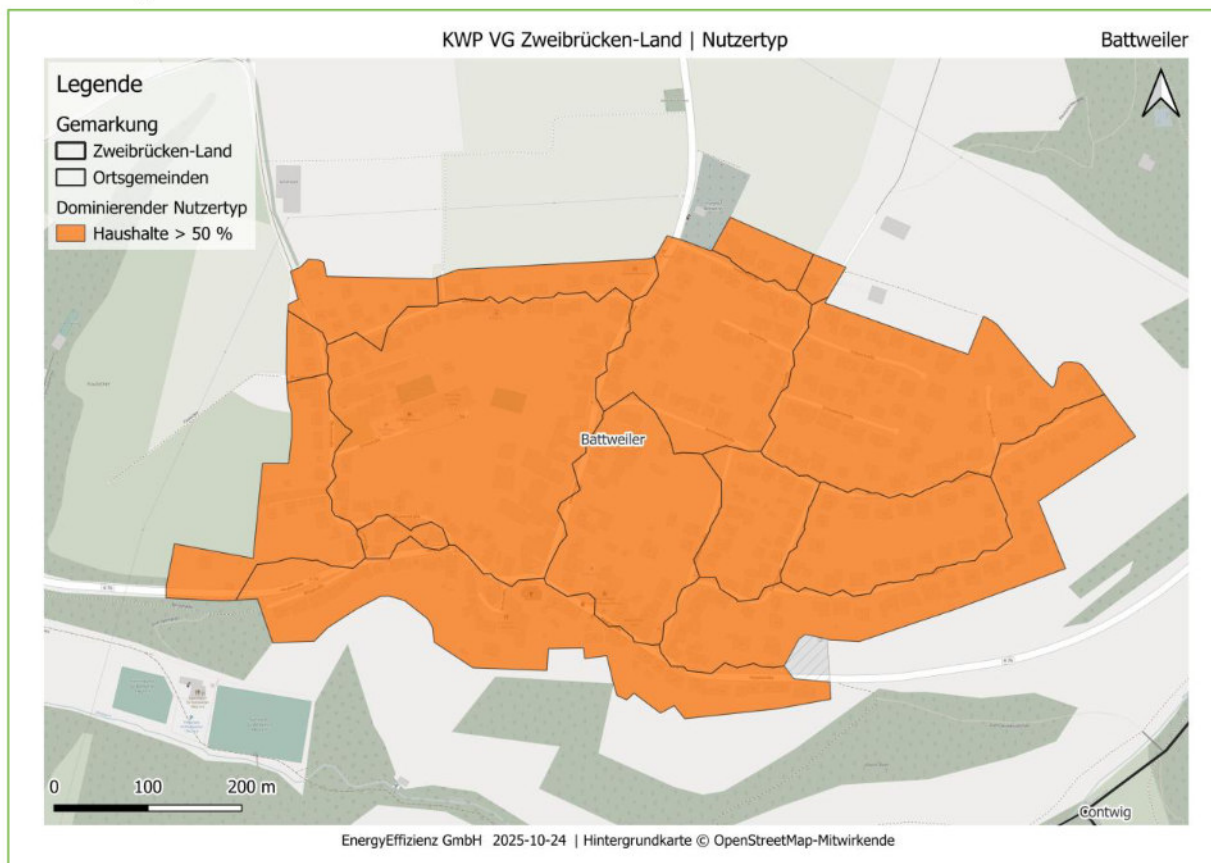


Abbildung 37: Verbandsgemeinde Battweiler: Dominierende Sektoren

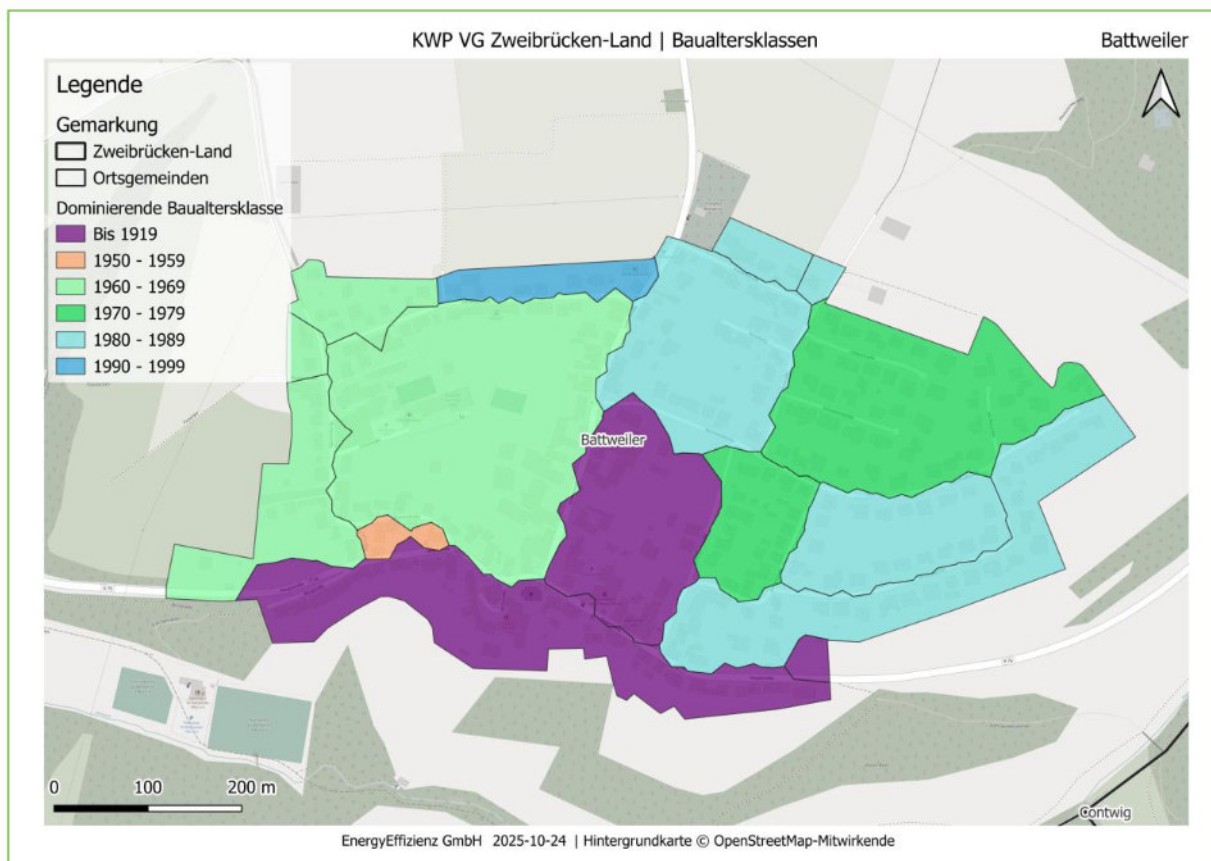


Abbildung 38: Verbandsgemeinde Battweiler: Baualtersklassen

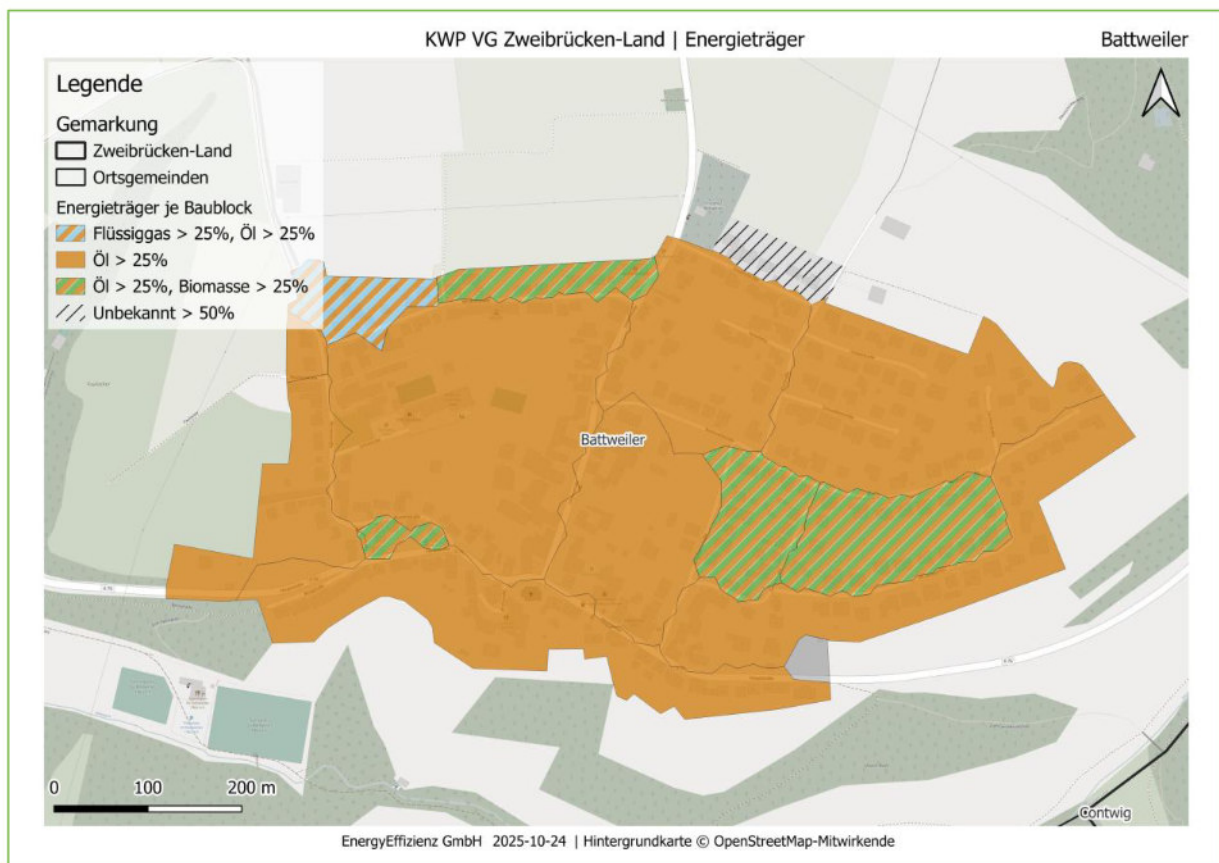


Abbildung 39: Verbandsgemeinde Battweiler: Energieträger im Status quo

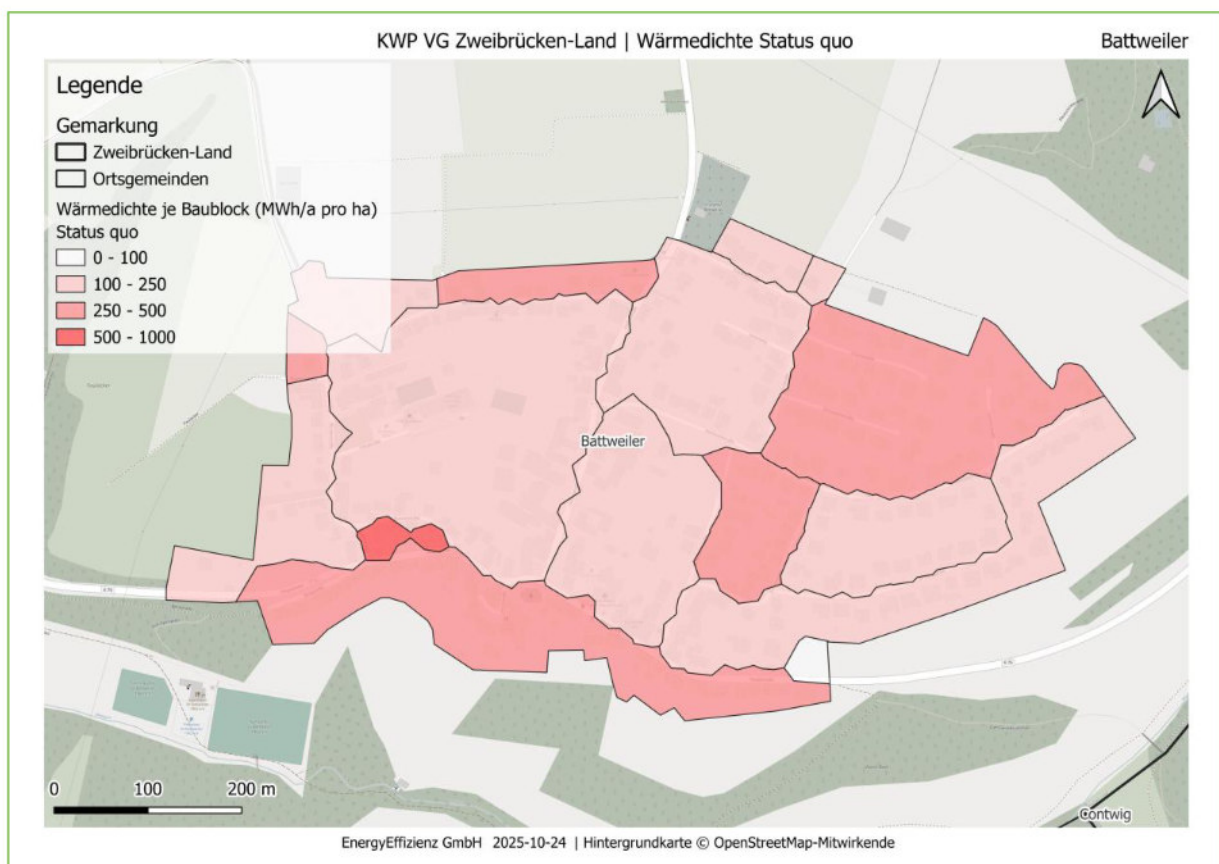


Abbildung 40: Verbandsgemeinde Battweiler: Wärmedichte im Status quo

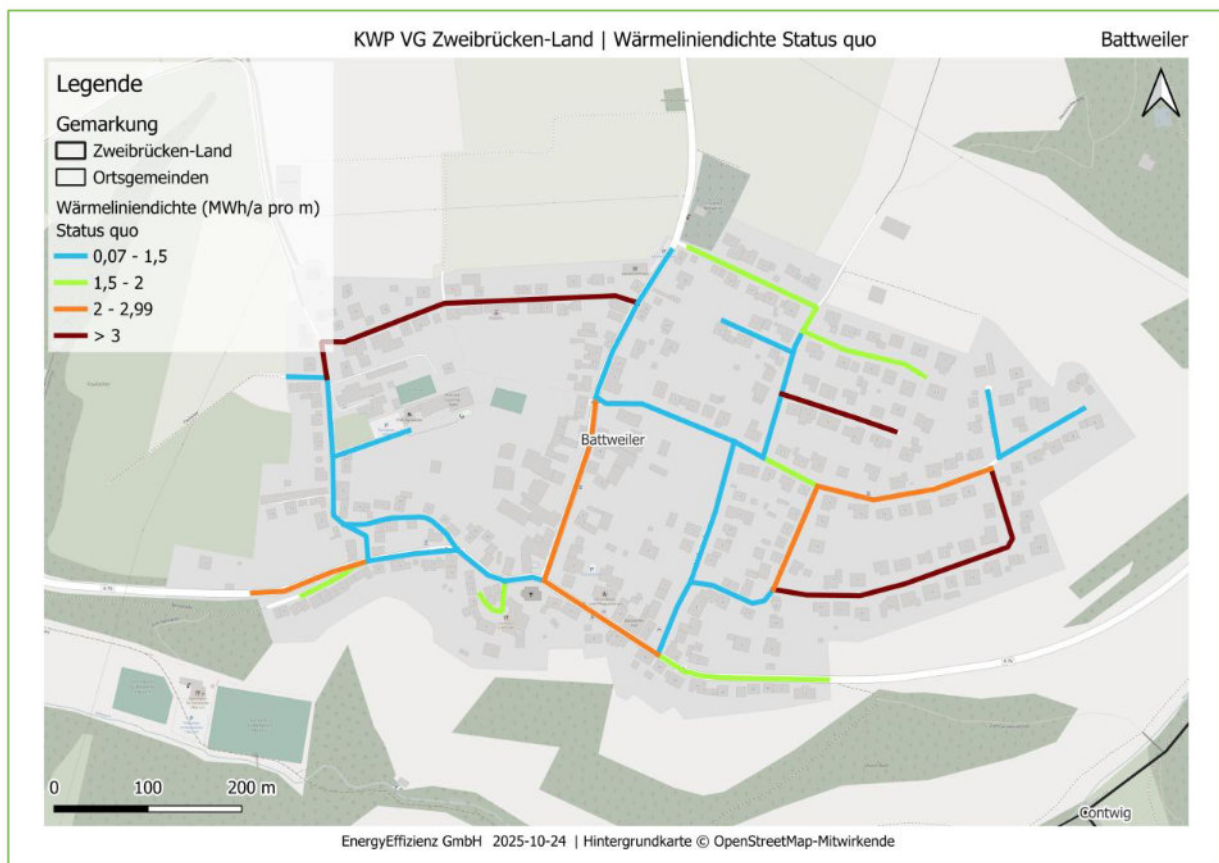


Abbildung 41: Verbandsgemeinde Battweiler: Wärmeliniendichte im Status quo



Abbildung 42: Verbandsgemeinde Battweiler: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

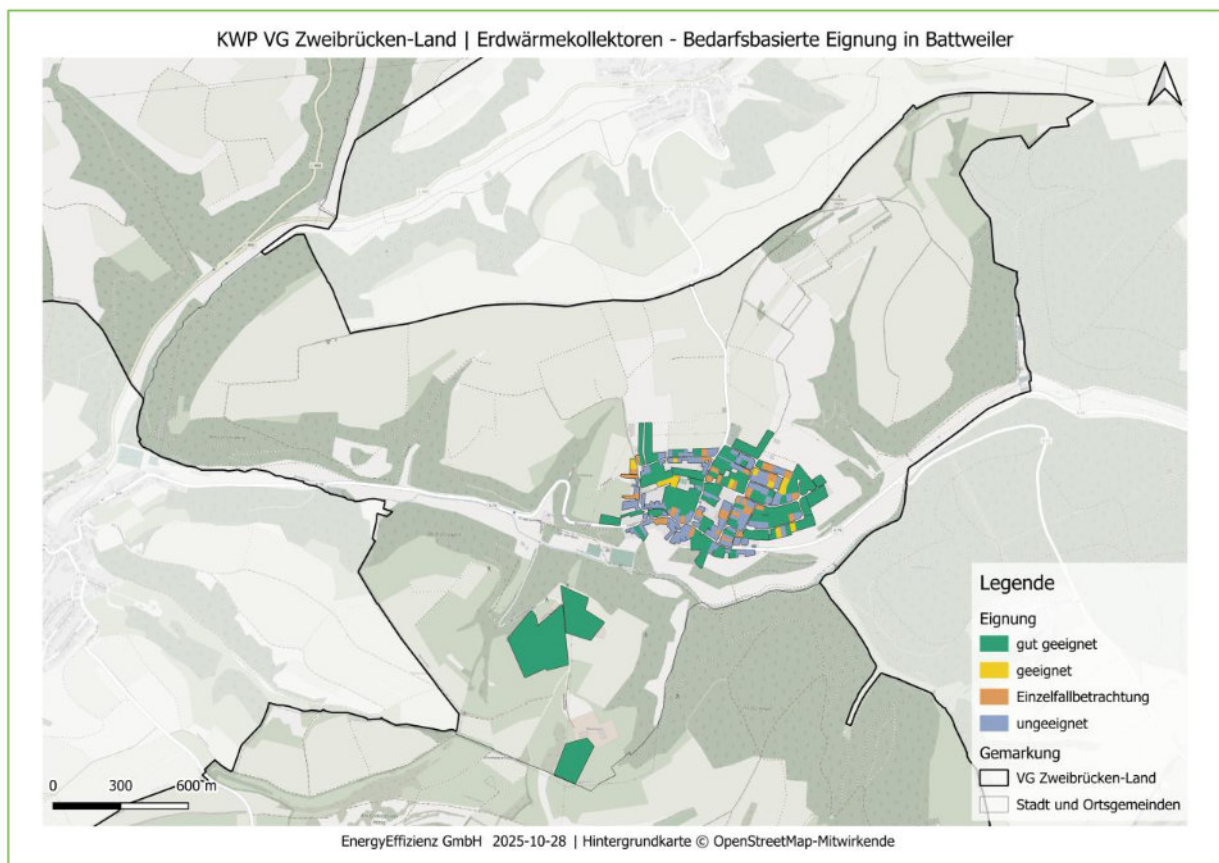


Abbildung 43: Verbandsgemeinde Battweiler: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

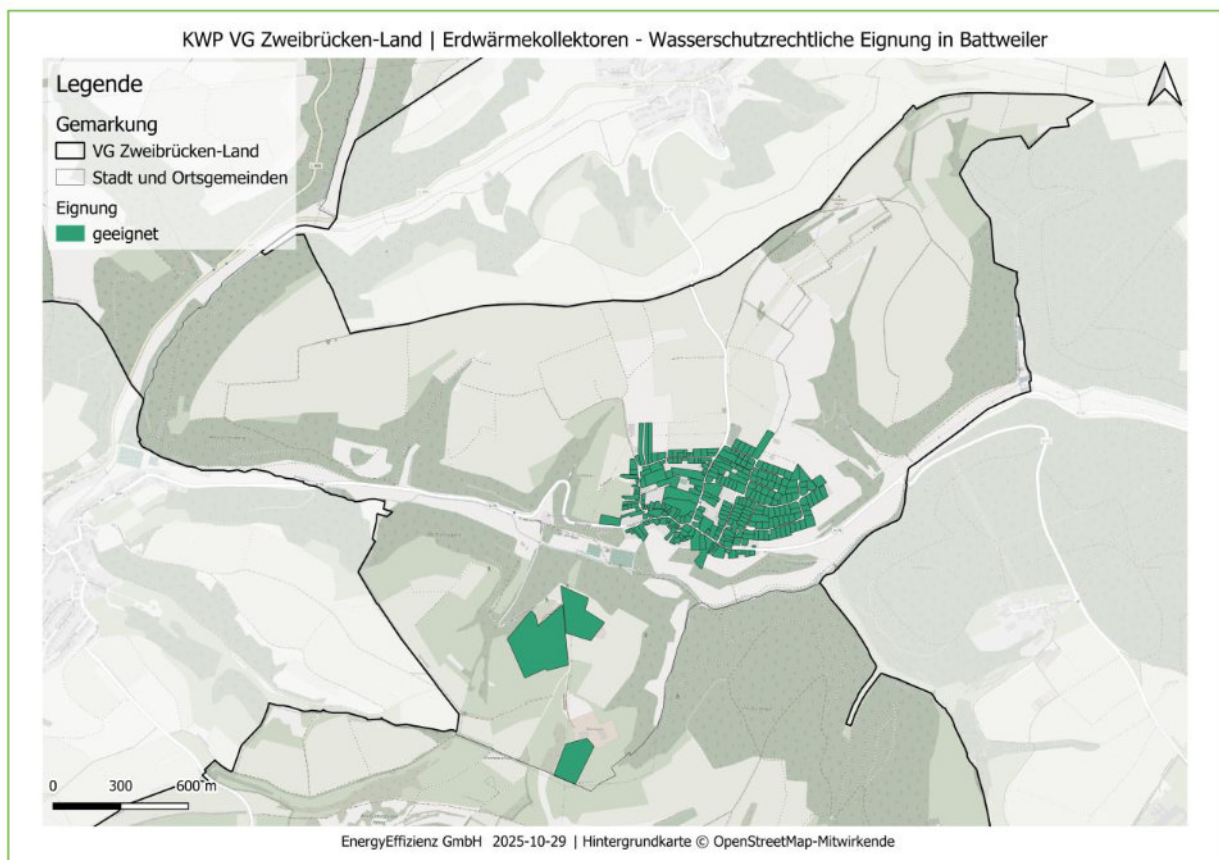


Abbildung 44: Verbandsgemeinde Battweiler: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

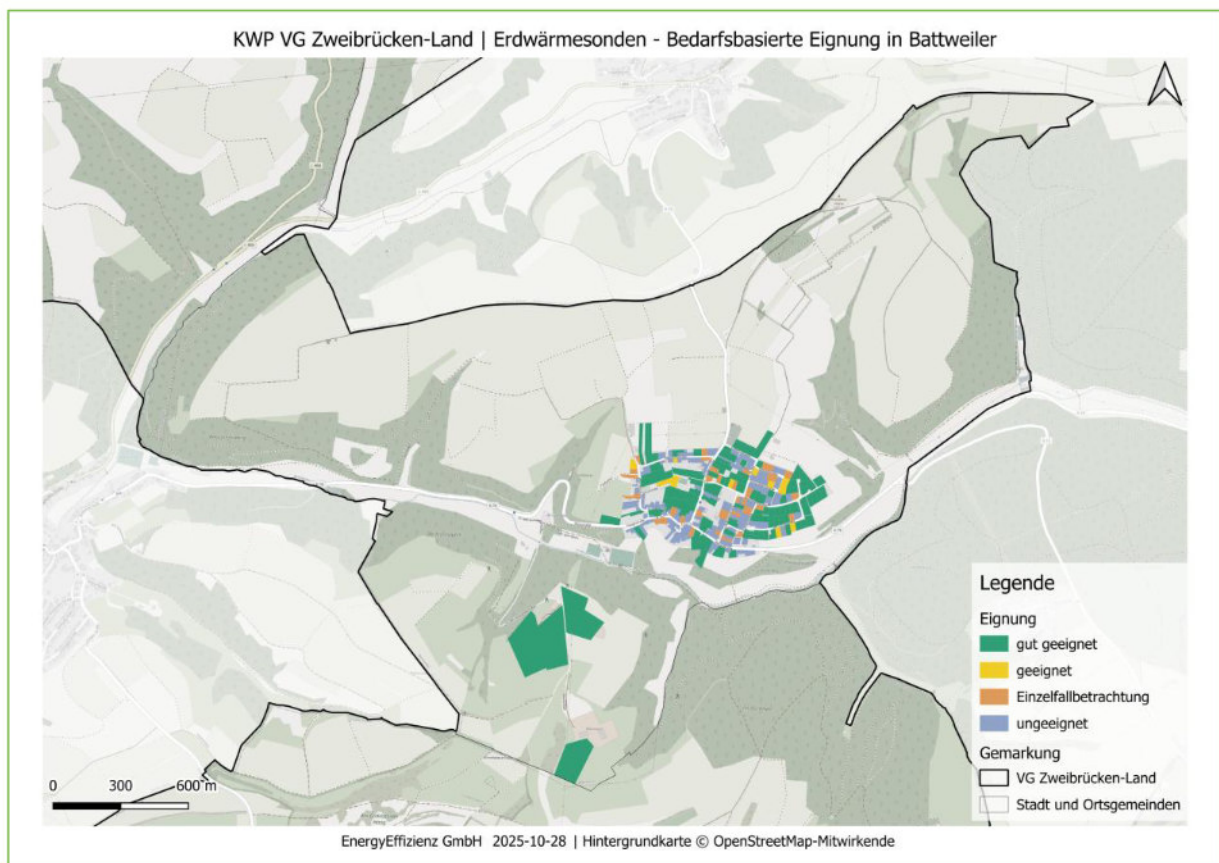


Abbildung 45: Verbandsgemeinde Battweiler: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

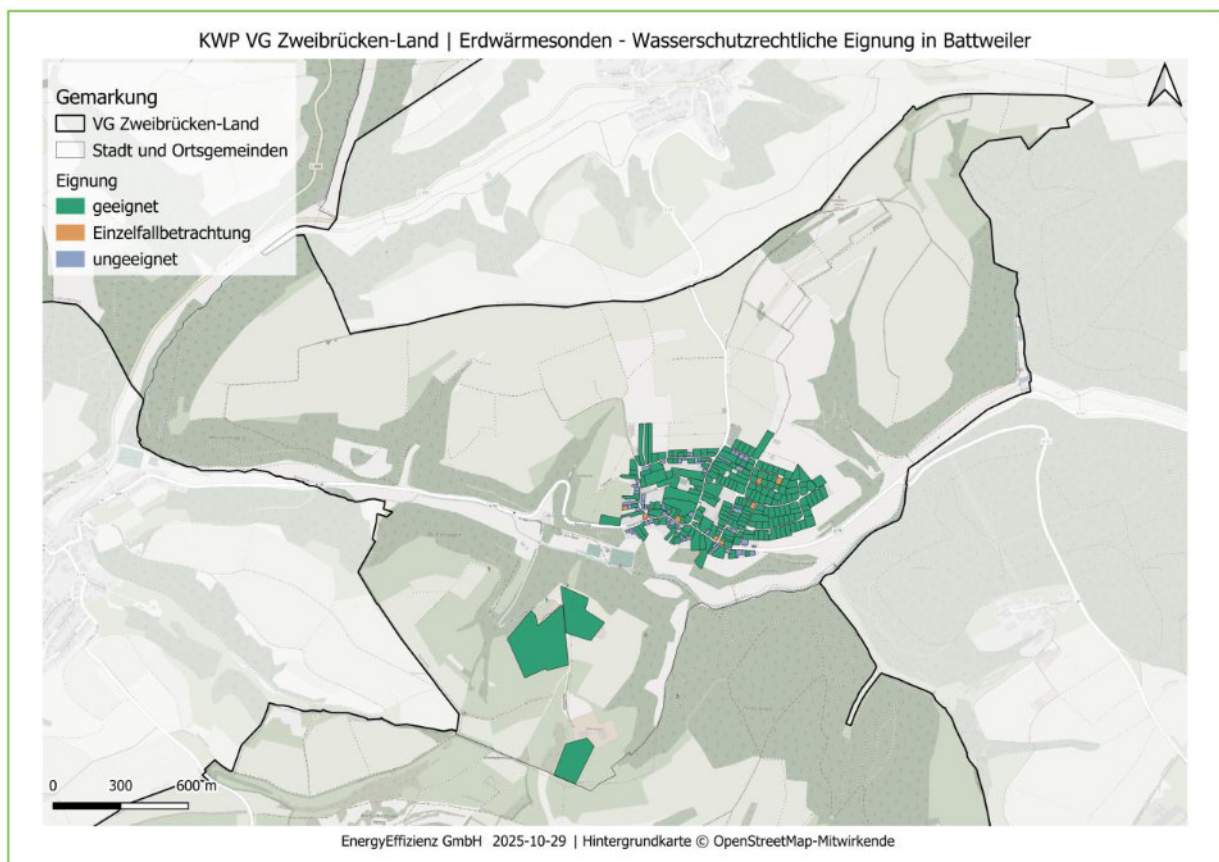


Abbildung 46: Verbandsgemeinde Battweiler: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang C: Bechhofen

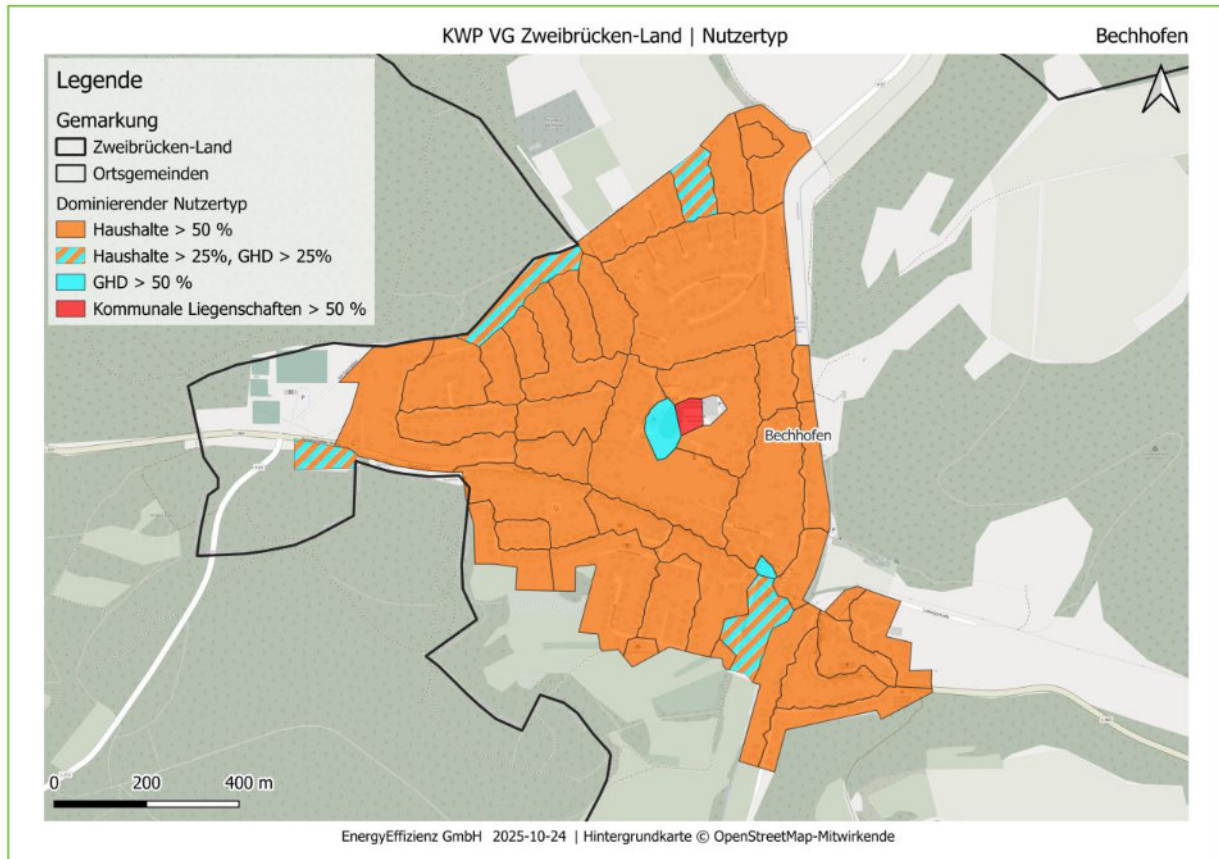


Abbildung 47: Verbandsgemeinde Bechhofen: Dominierende Sektoren

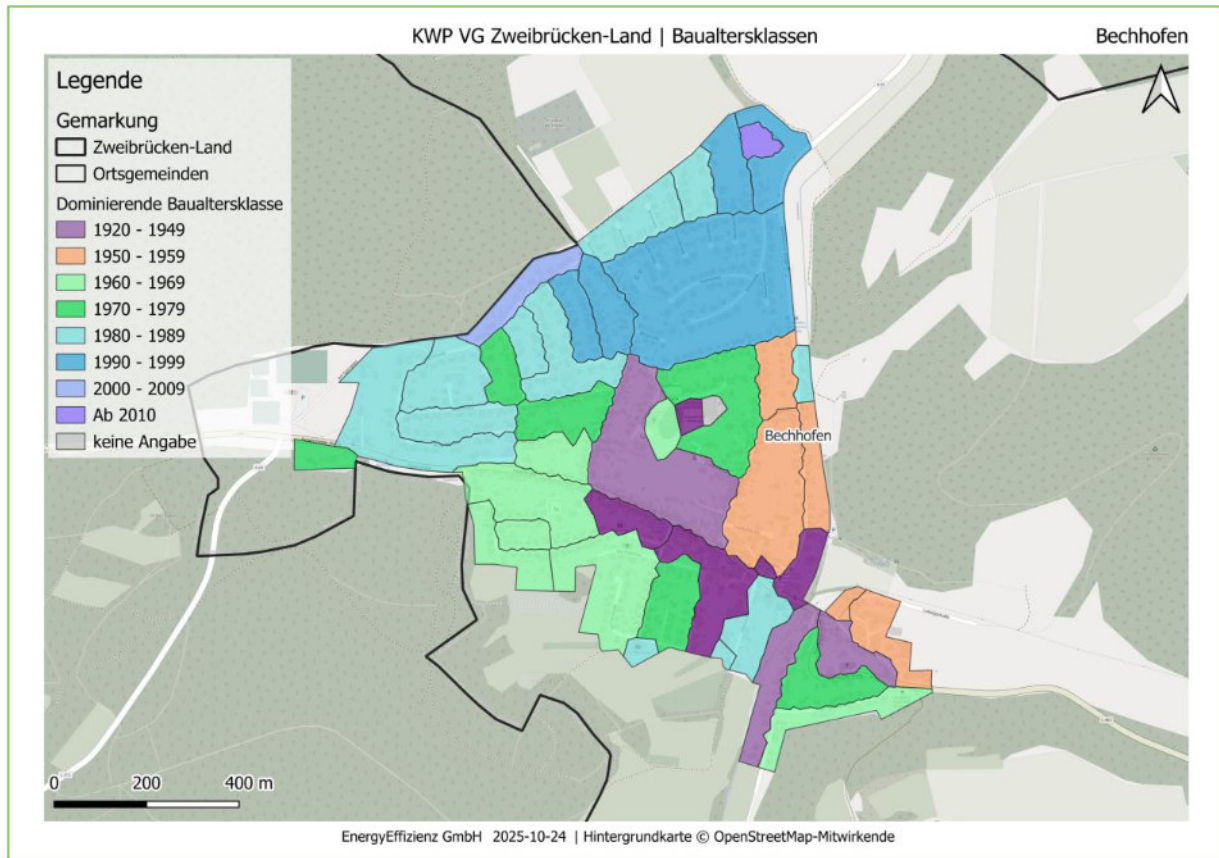


Abbildung 48: Verbandsgemeinde Bechhofen: Baualtersklassen

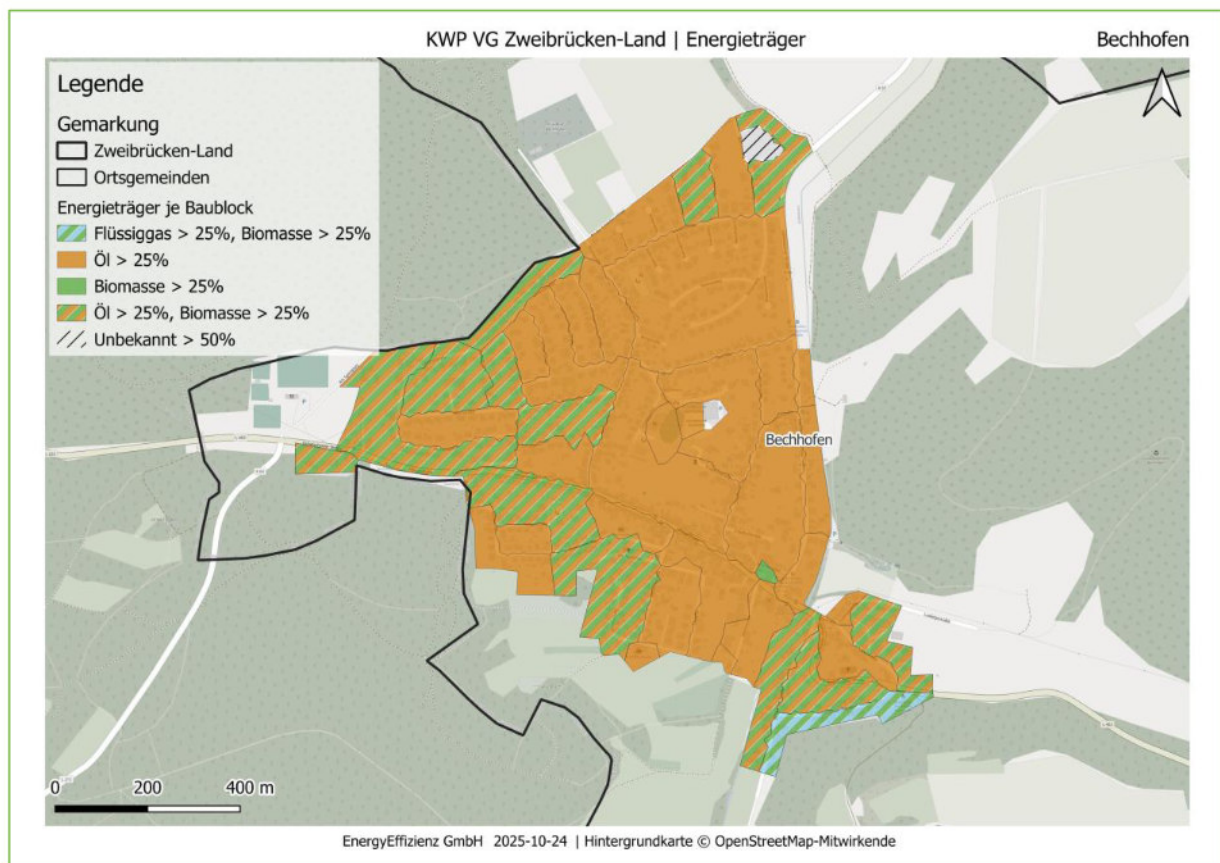


Abbildung 49: Verbandsgemeinde Bechhofen: Energieträger im Status quo

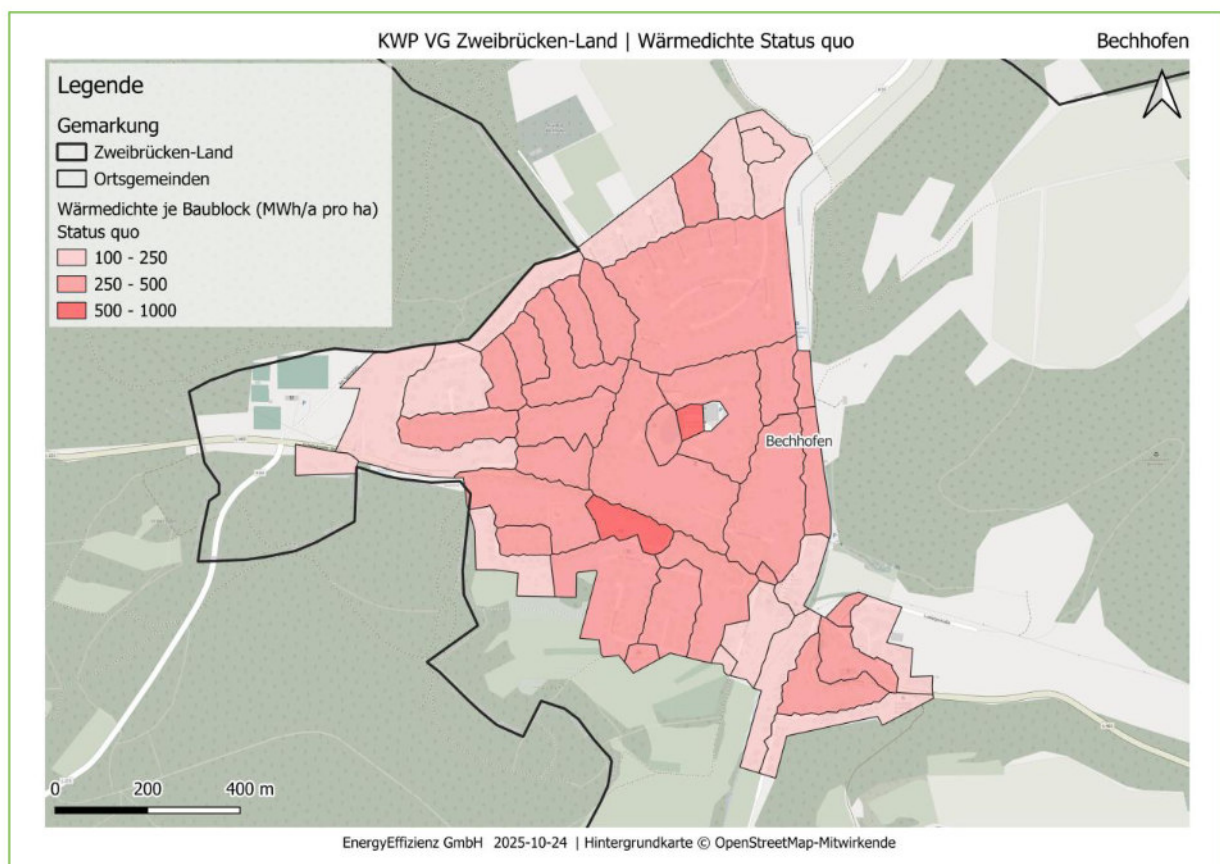


Abbildung 50: Verbandsgemeinde Bechhofen: Wärmedichte im Status quo

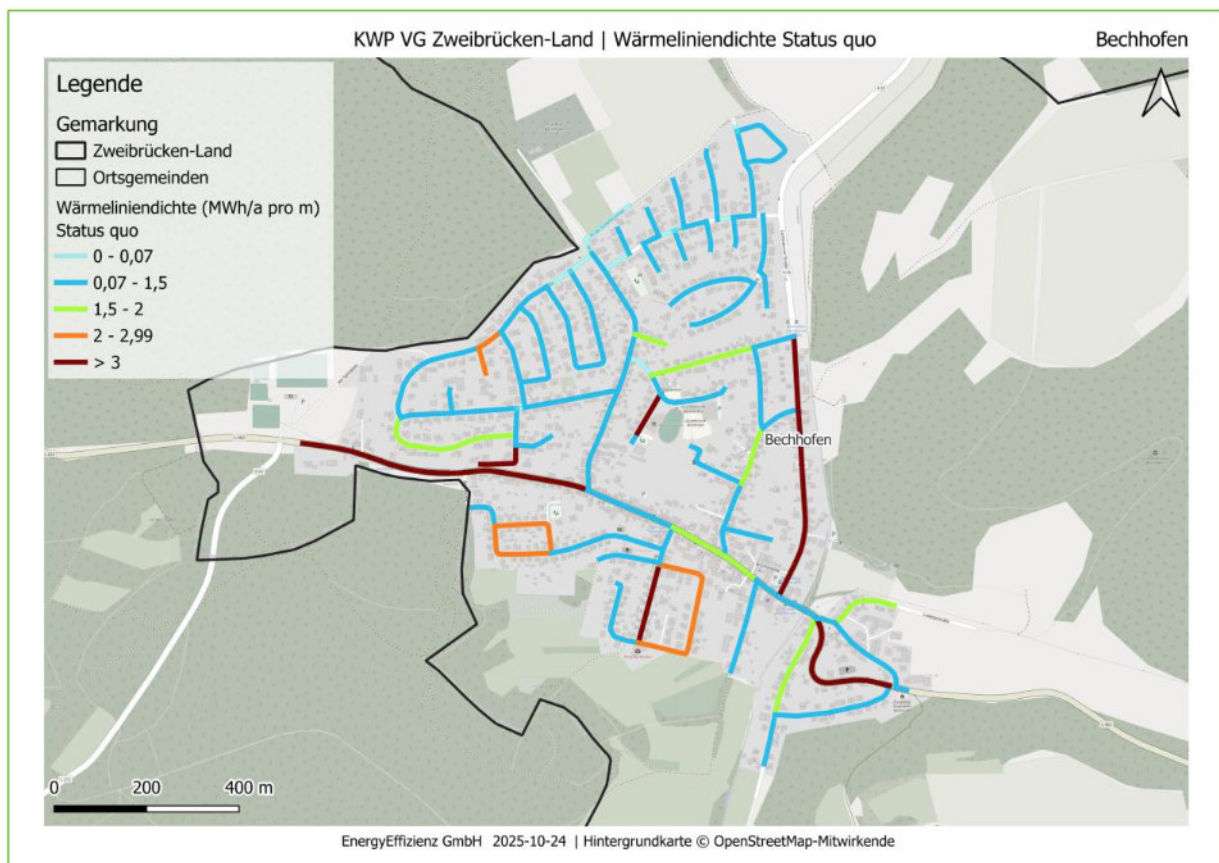


Abbildung 51: Verbandsgemeinde Bechhofen: Wärmeliniendichte im Status quo



Abbildung 52: Verbandsgemeinde Bechhofen: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

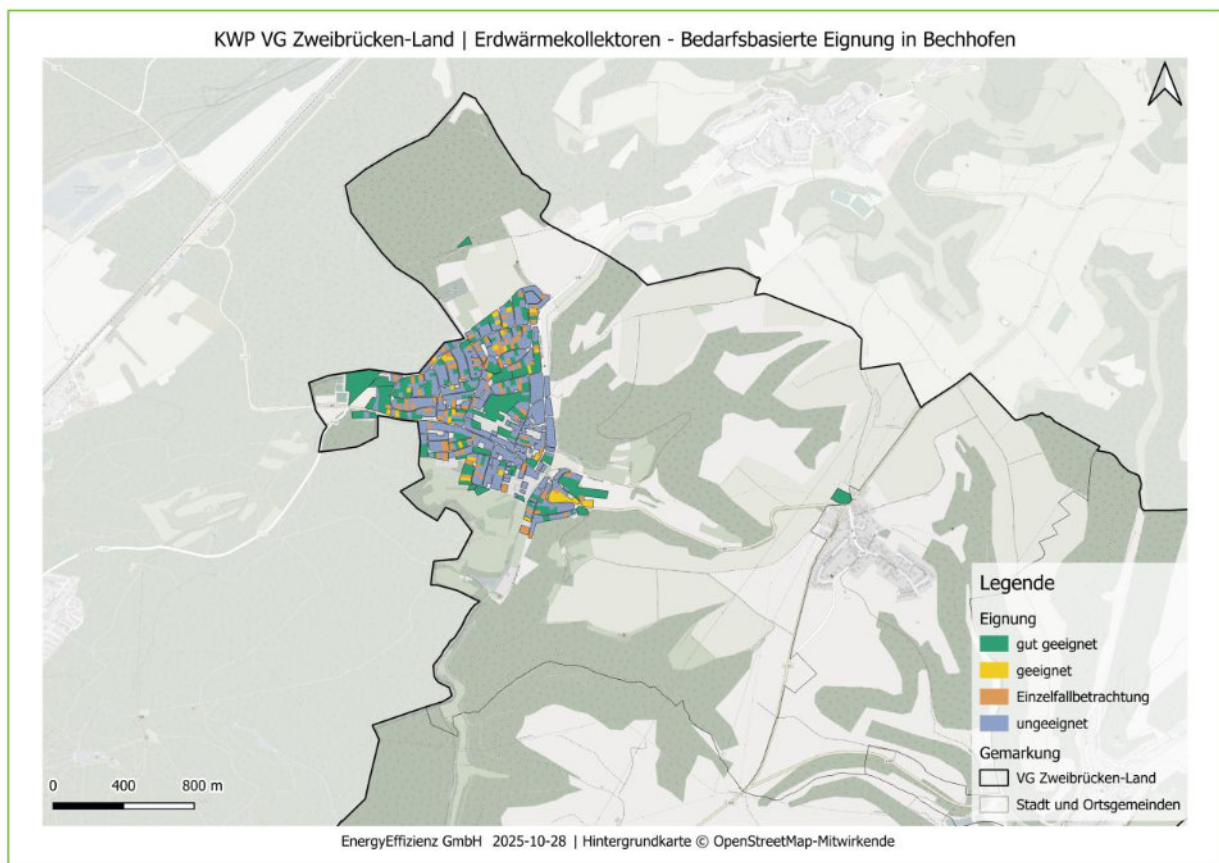


Abbildung 53: Verbandsgemeinde Bechhofen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

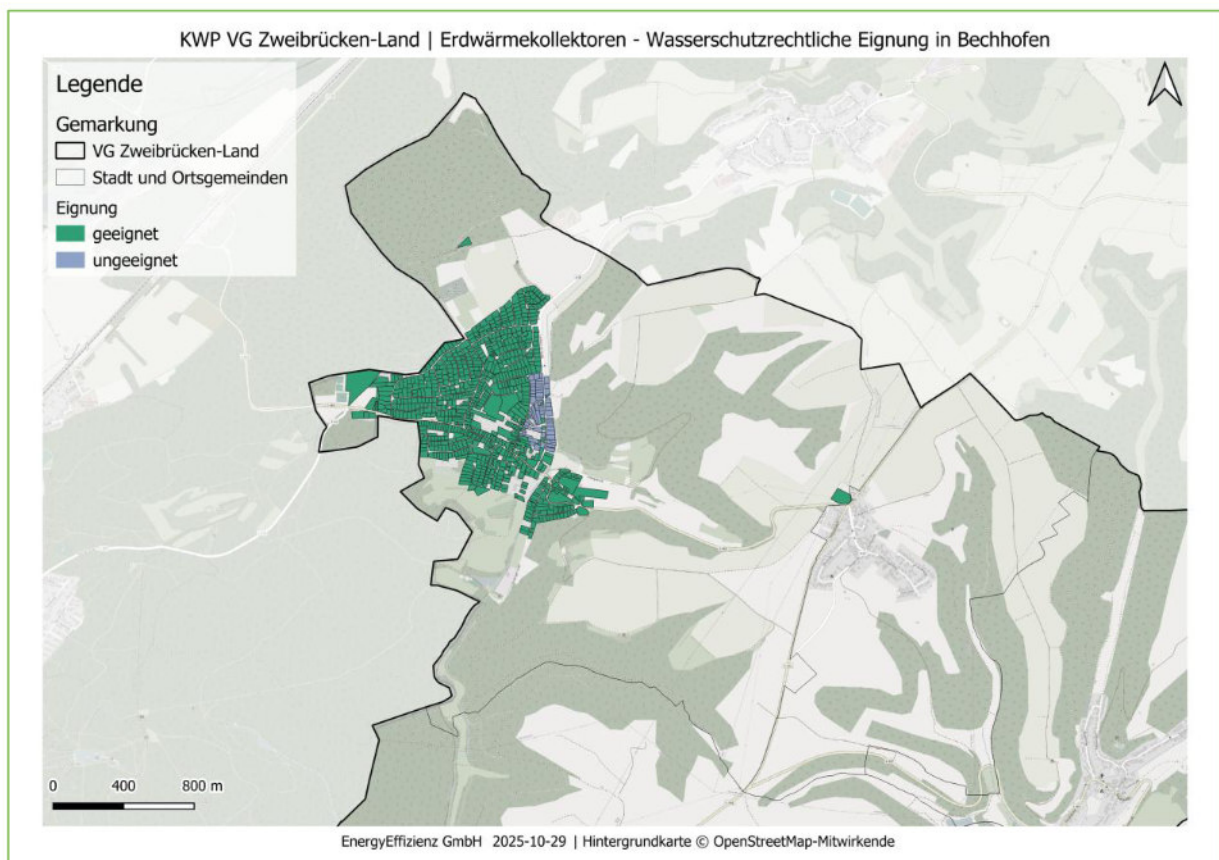


Abbildung 54: Verbandsgemeinde Bechhofen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

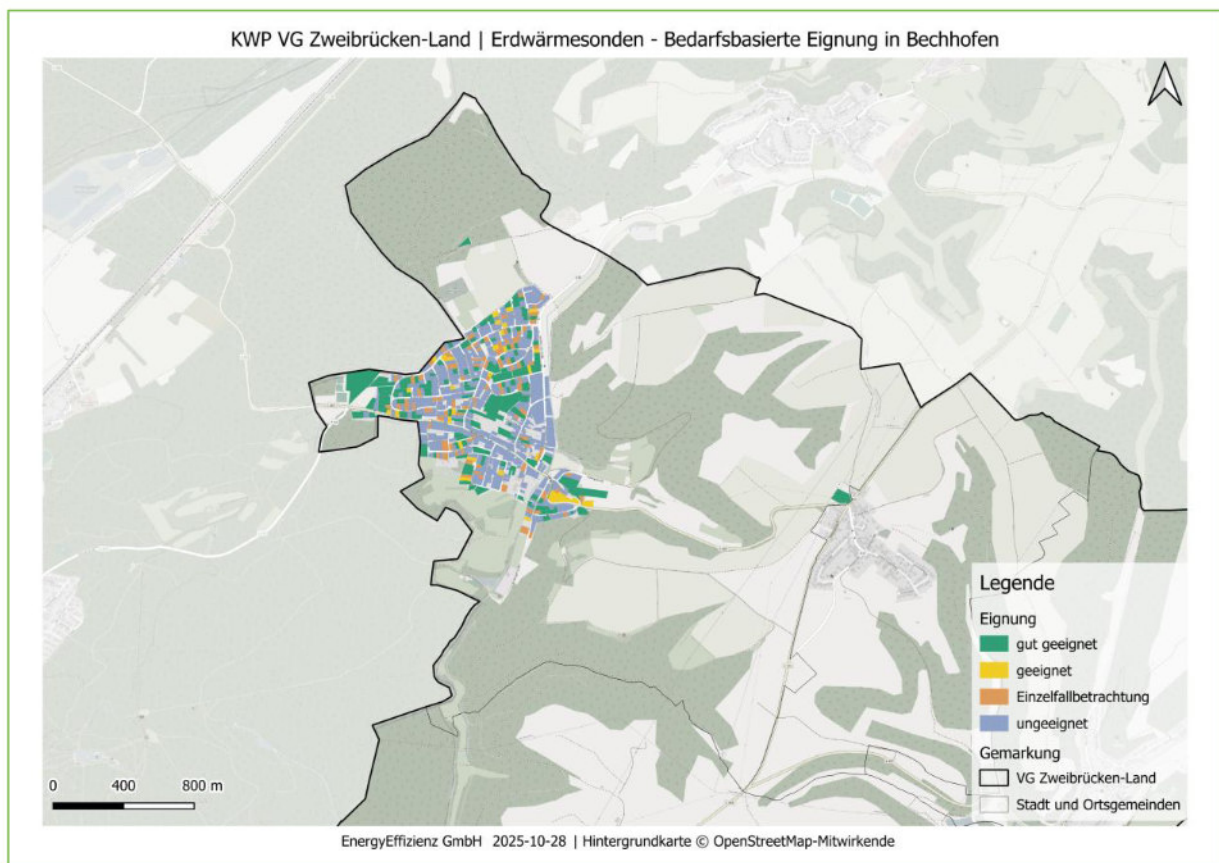


Abbildung 55: Verbandsgemeinde Bechhofen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden

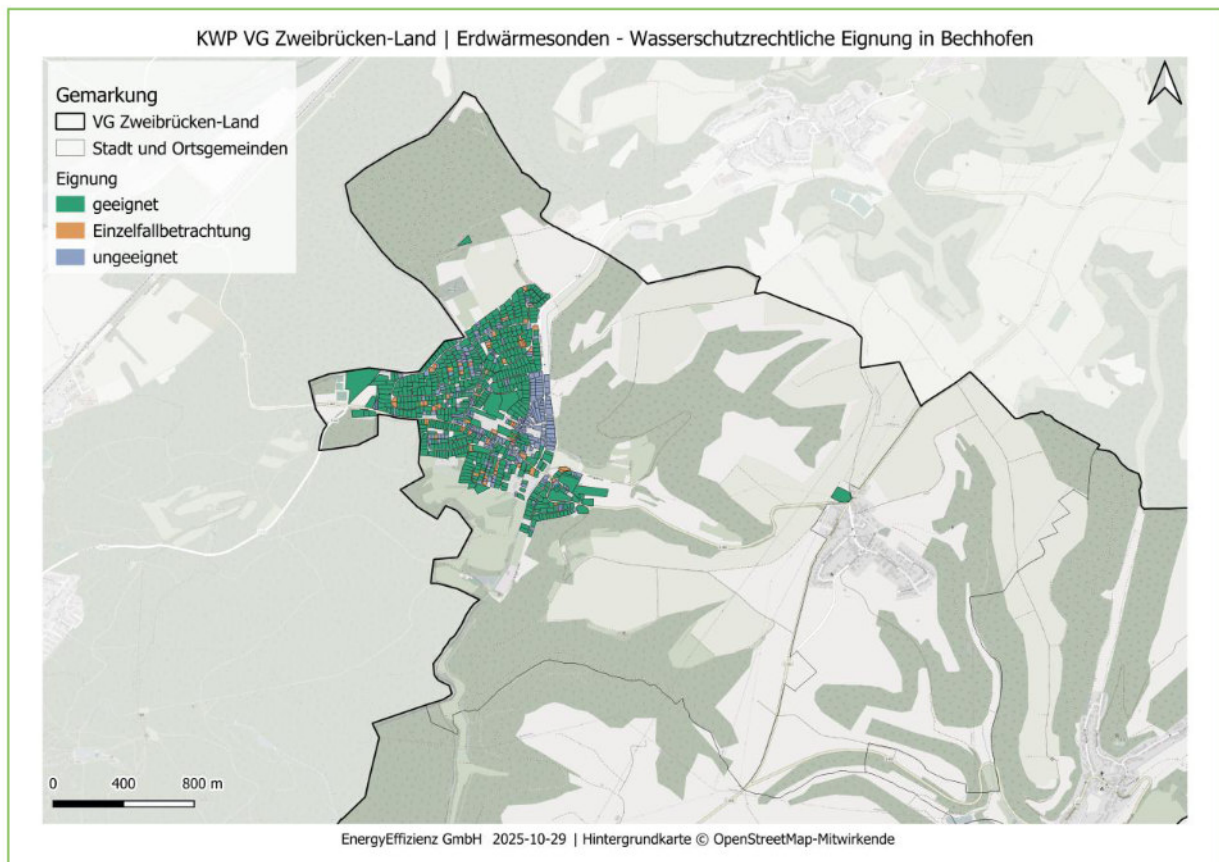


Abbildung 56: Verbandsgemeinde Bechhofen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang D: Contwig

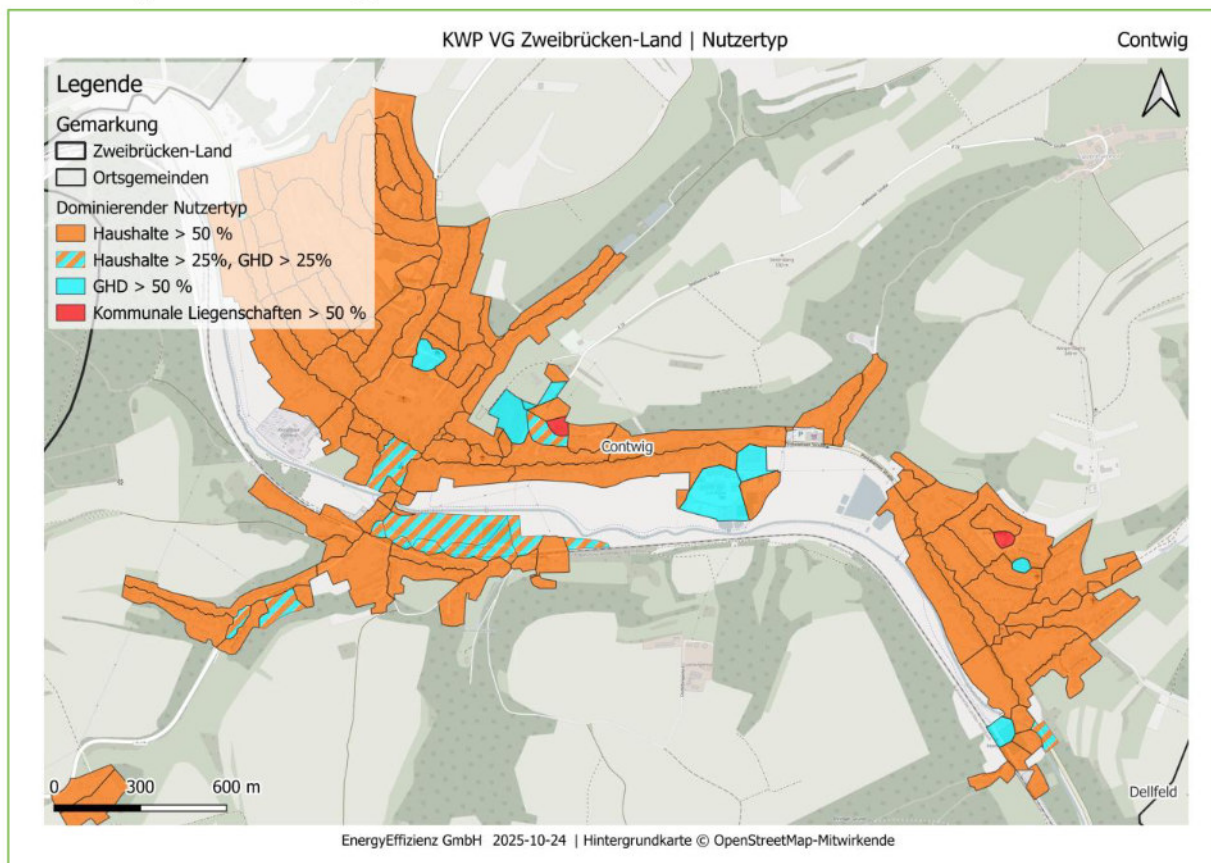


Abbildung 57: Verbandsgemeinde Contwig: Dominierende Sektoren

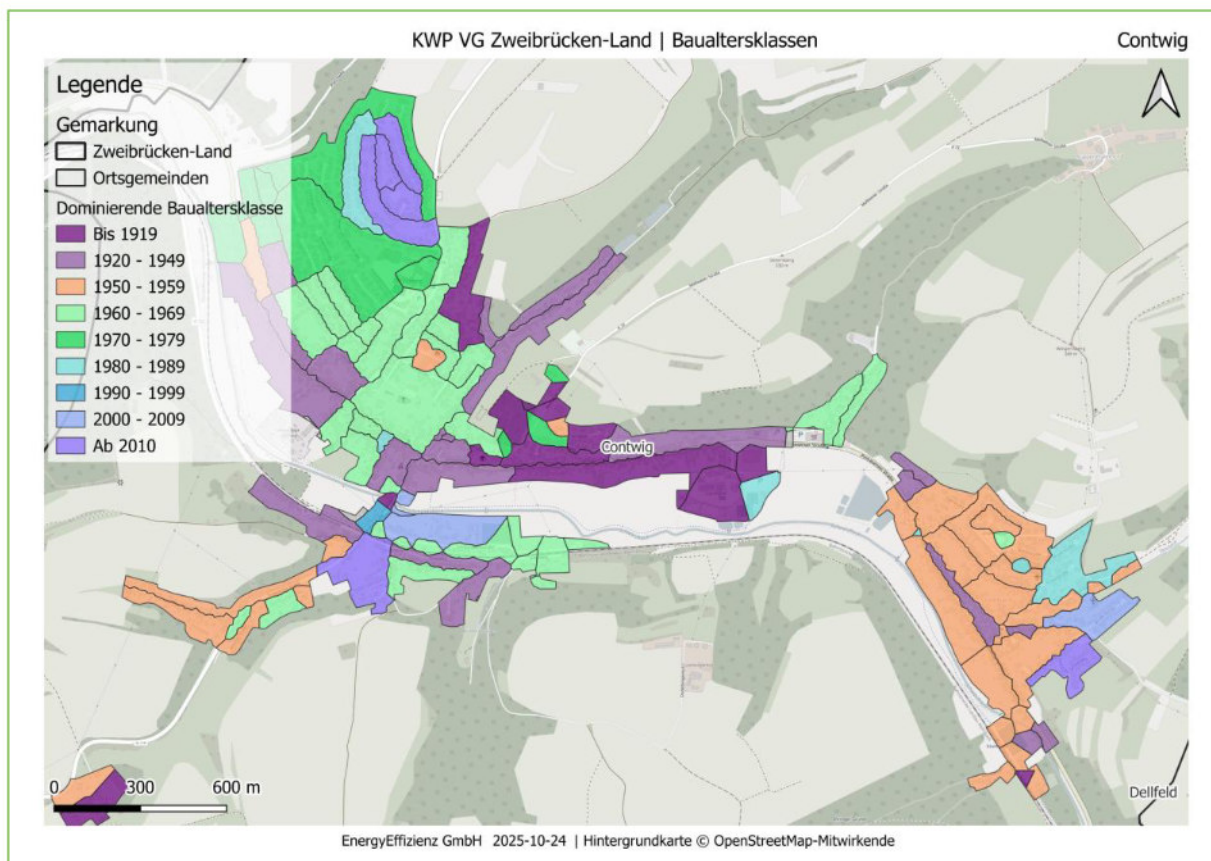


Abbildung 58: Verbandsgemeinde Contwig: Baualtersklassen

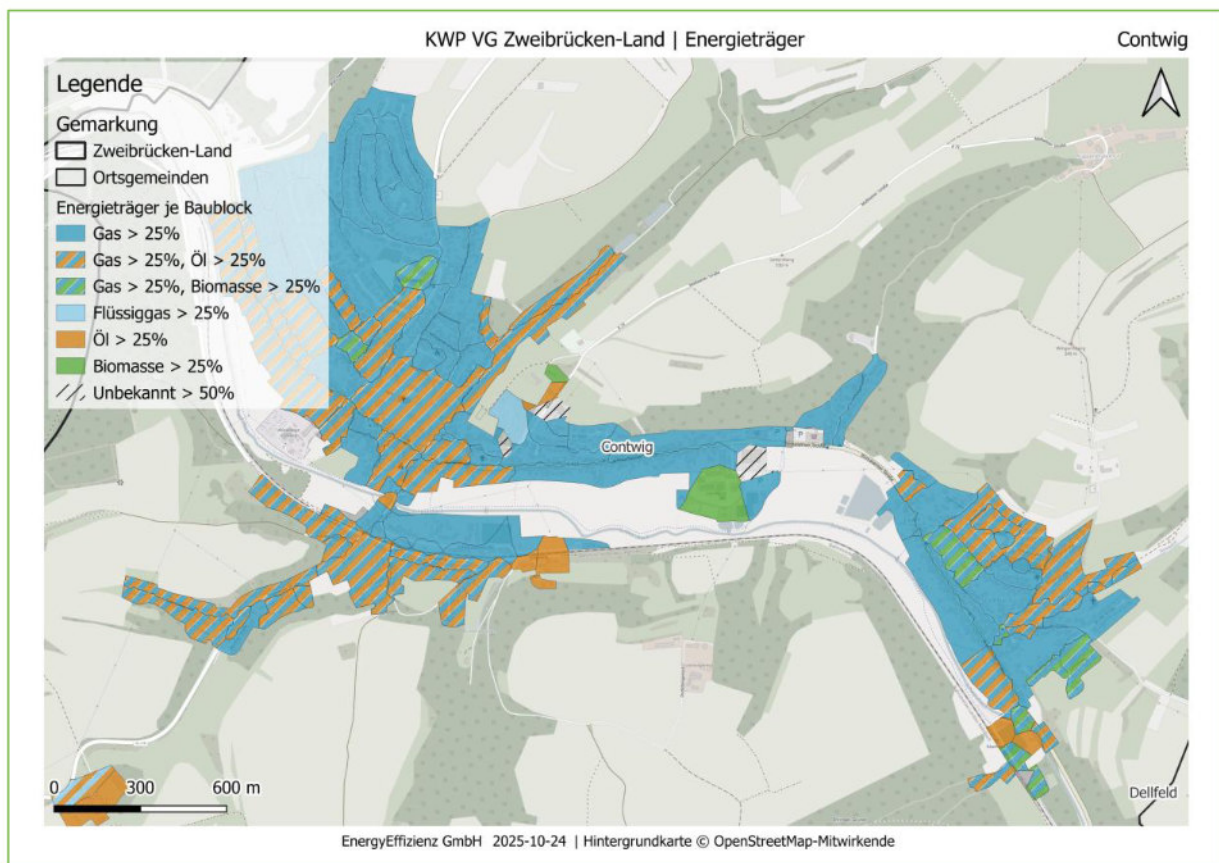


Abbildung 59: Verbandsgemeinde Contwig: Energieträger im Status quo

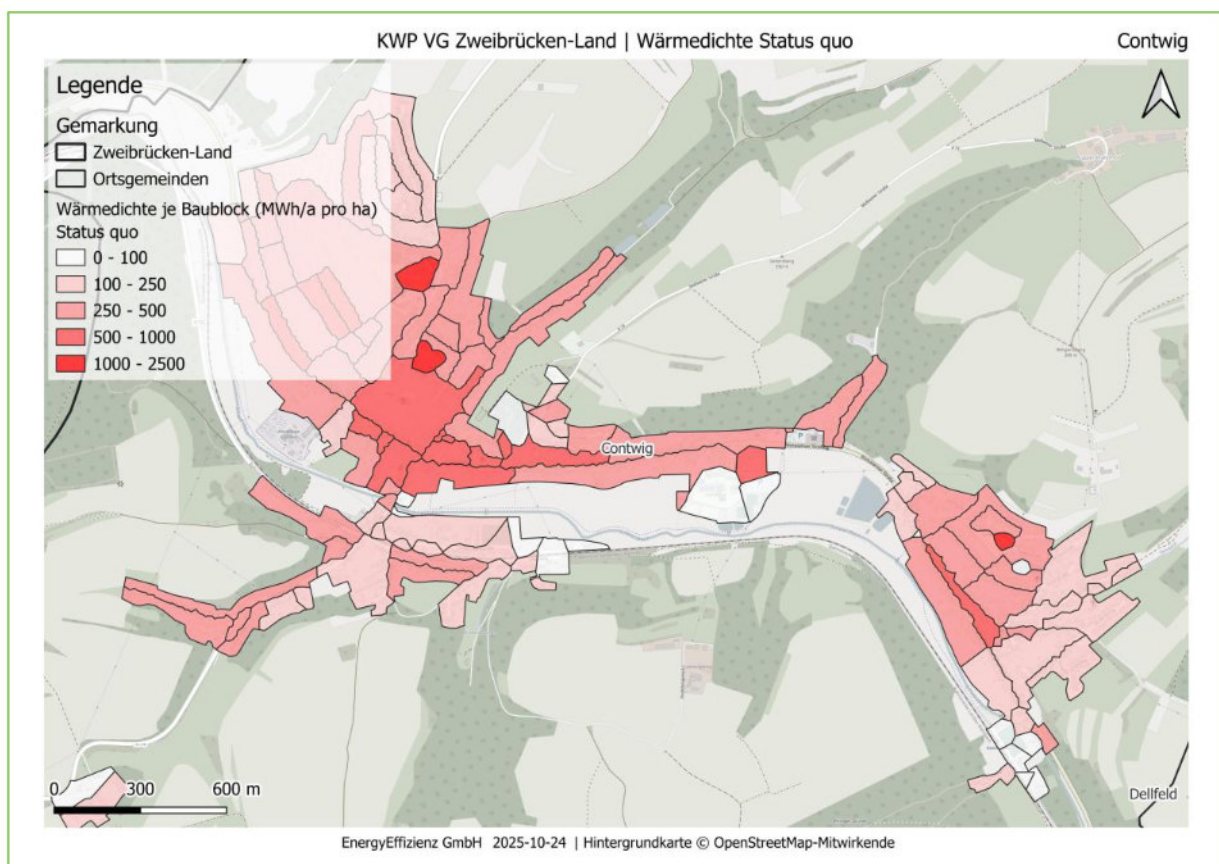


Abbildung 60: Verbandsgemeinde Contwig: Wärmedichte im Status quo

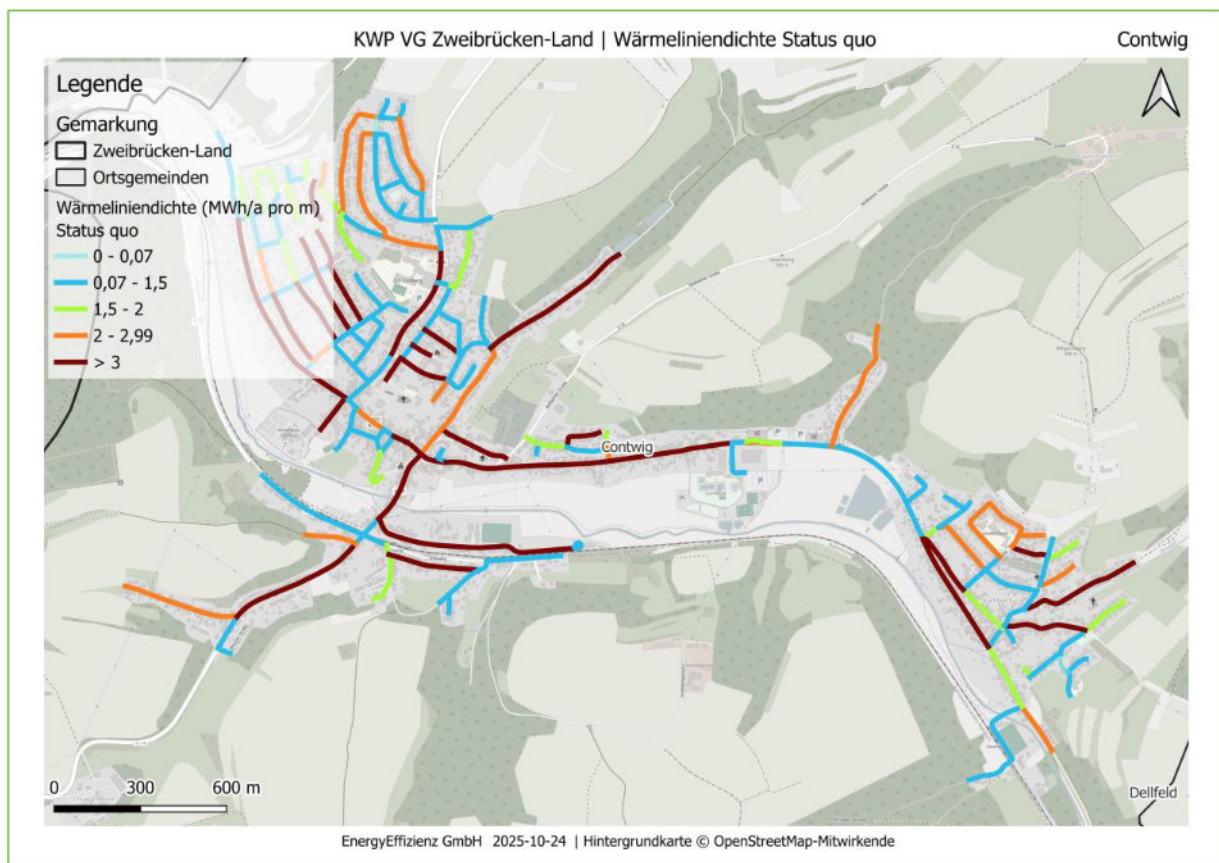


Abbildung 61: Verbandsgemeinde Contwig: Wärmeliniendichte im Status quo

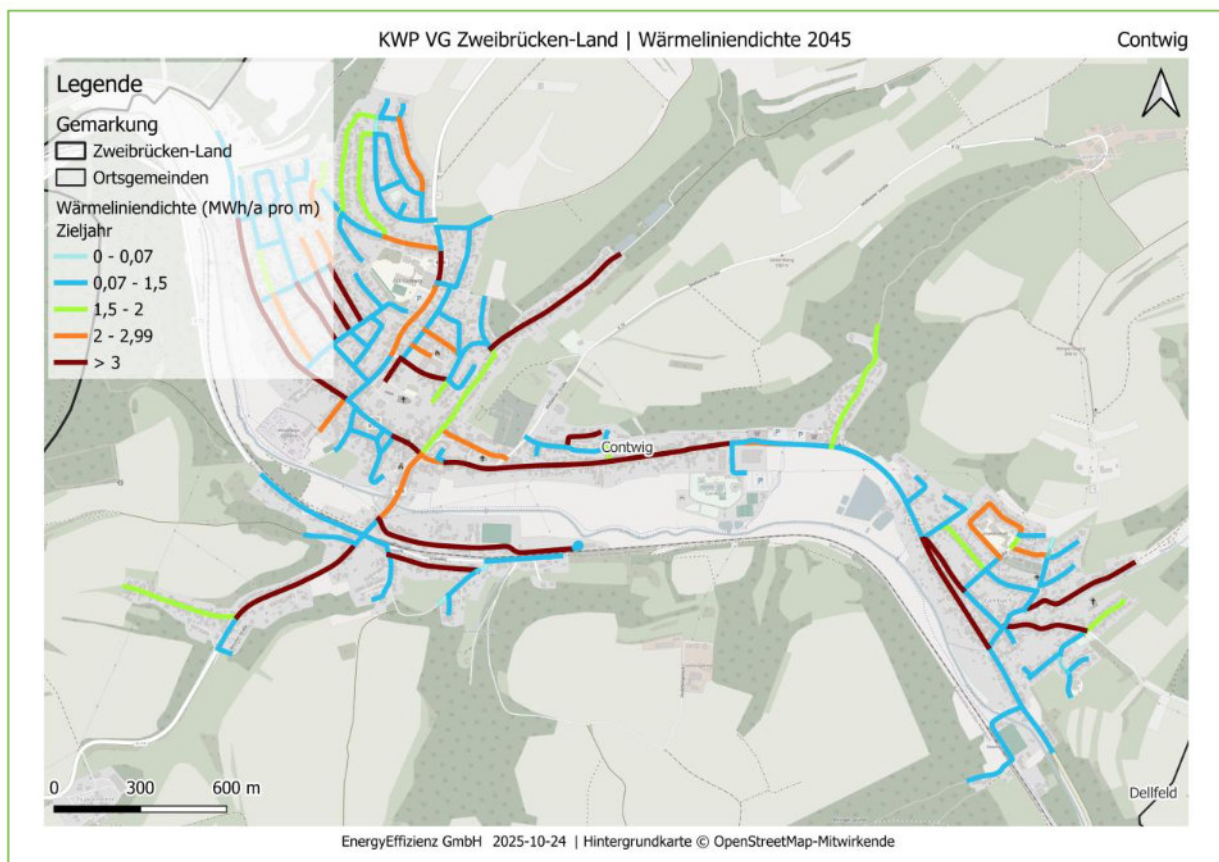


Abbildung 62: Verbandsgemeinde Contwig: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

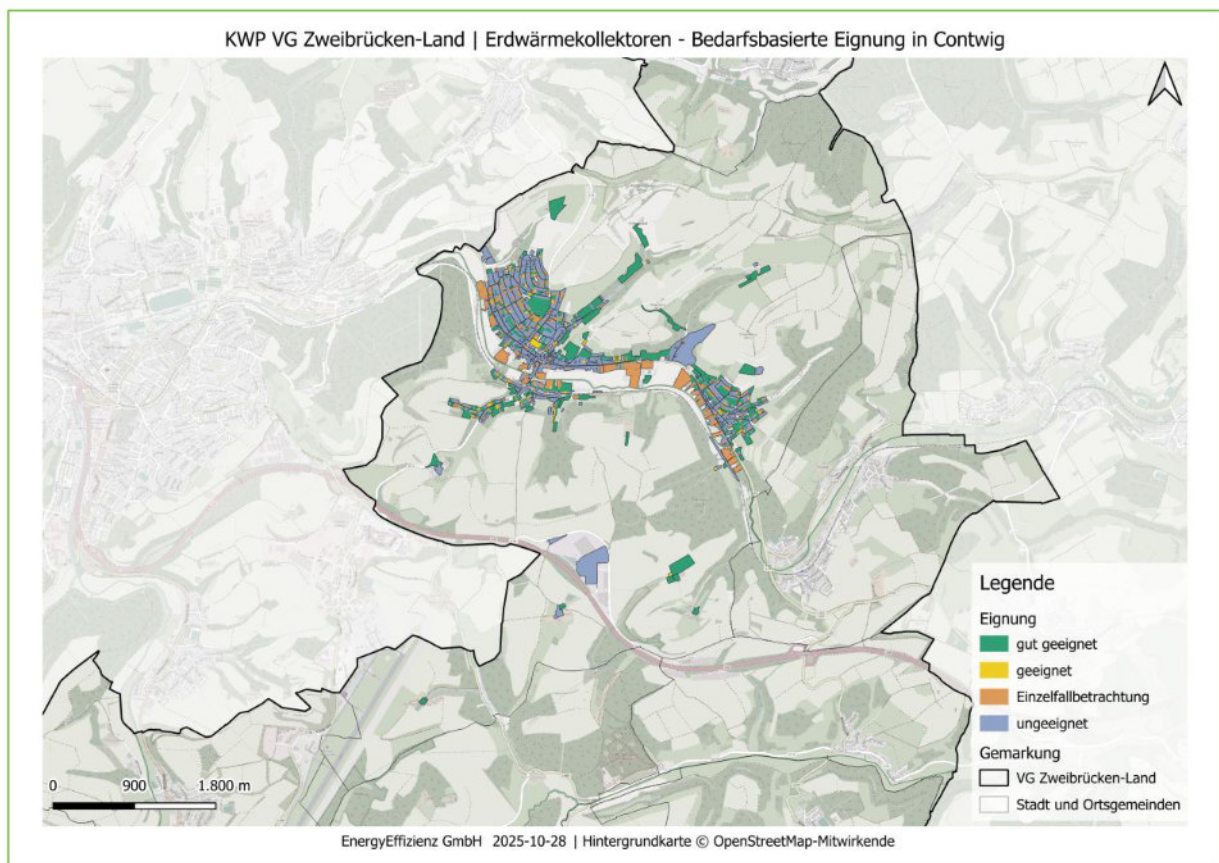


Abbildung 63: Verbandsgemeinde Contwig: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

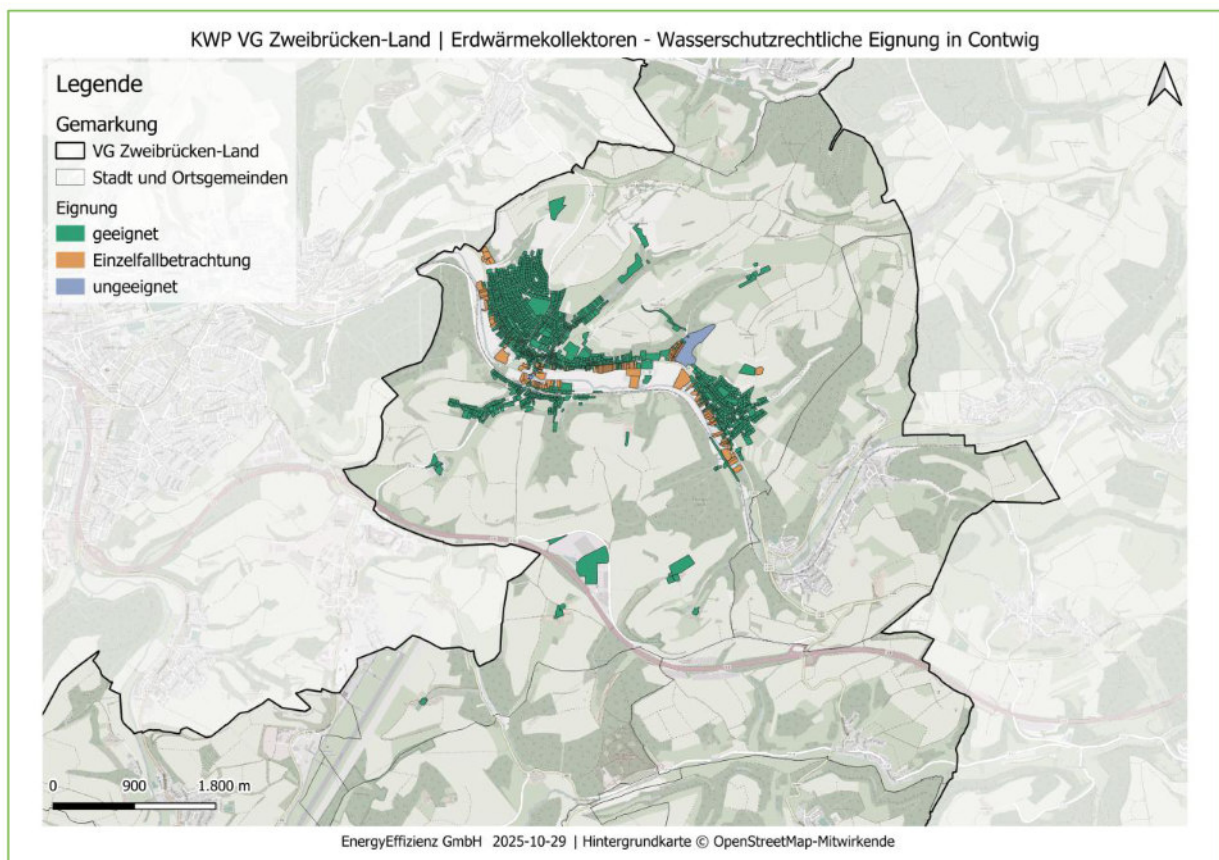


Abbildung 64: Verbandsgemeinde Contwig: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

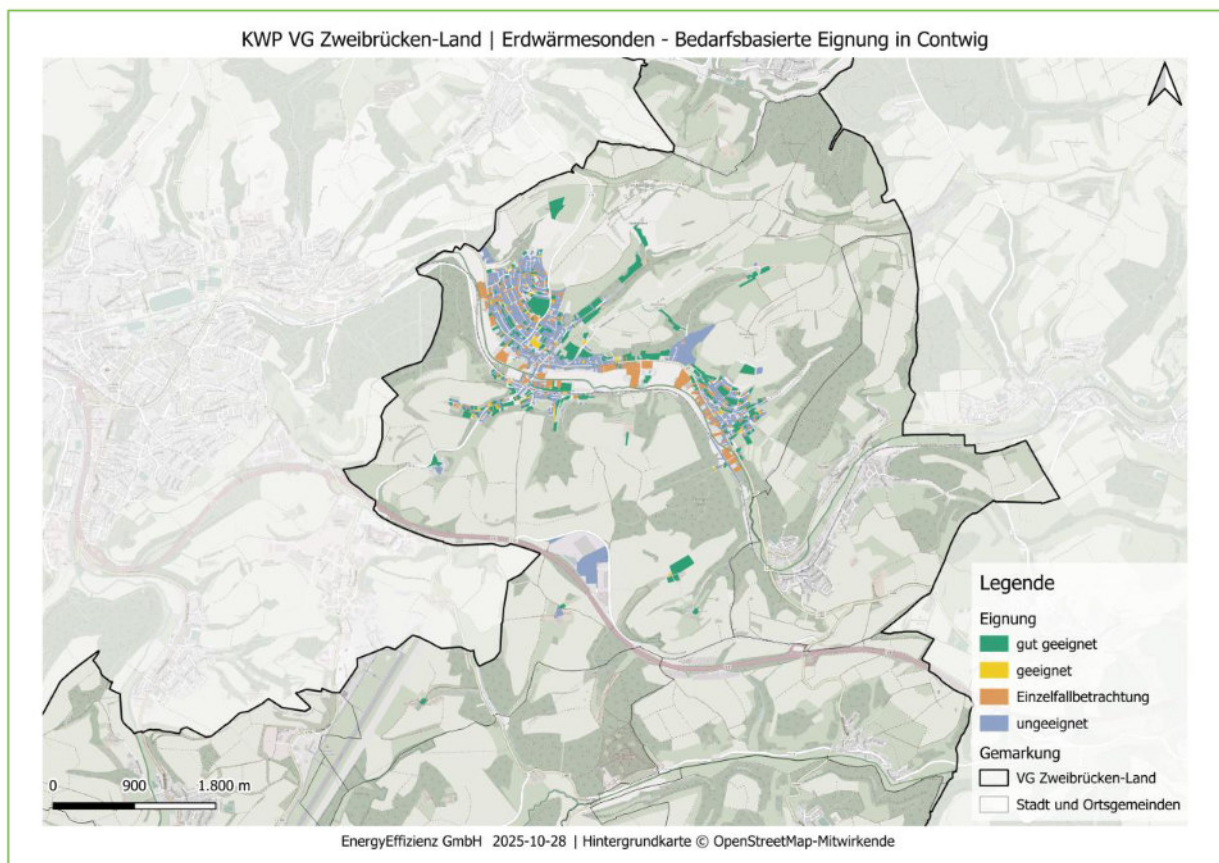


Abbildung 65: Verbandsgemeinde Contwig: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden

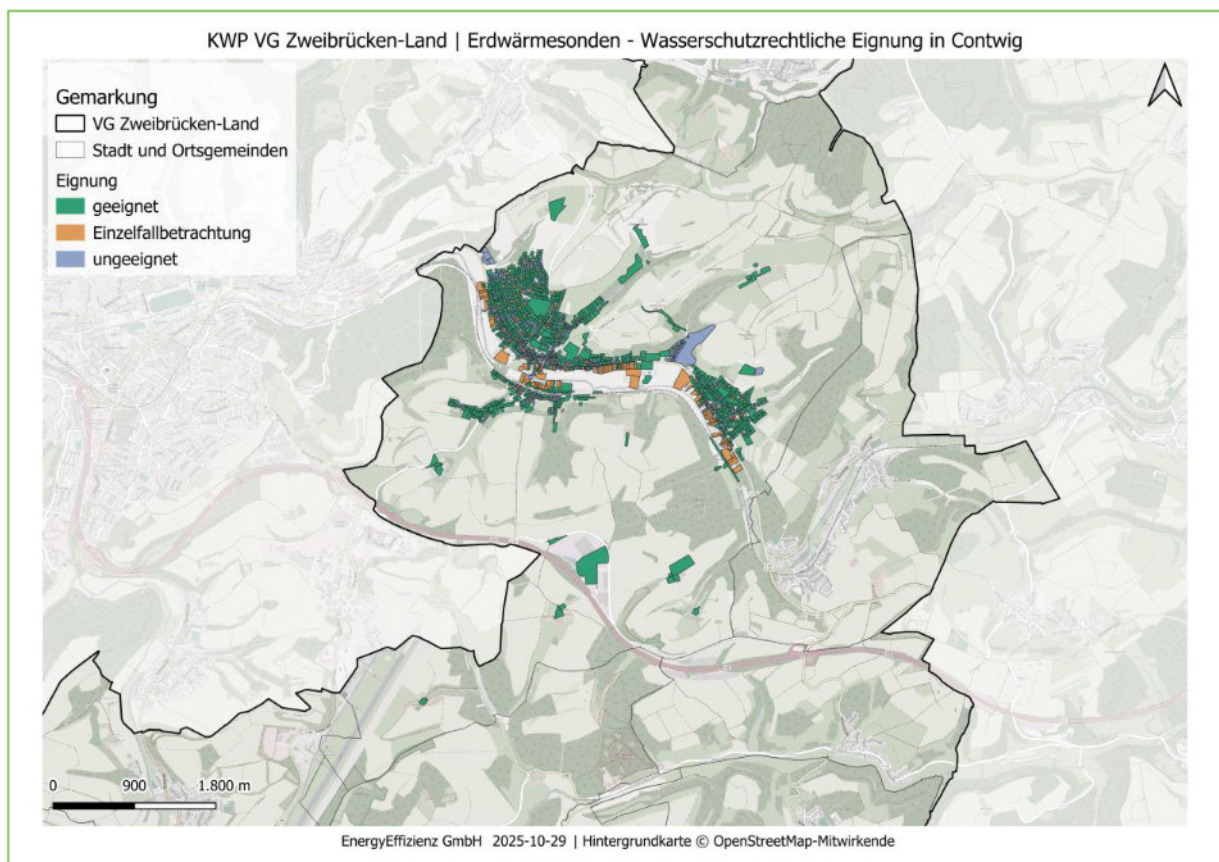


Abbildung 66: Verbandsgemeinde Contwig: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden

Anhang E: Dellfeld

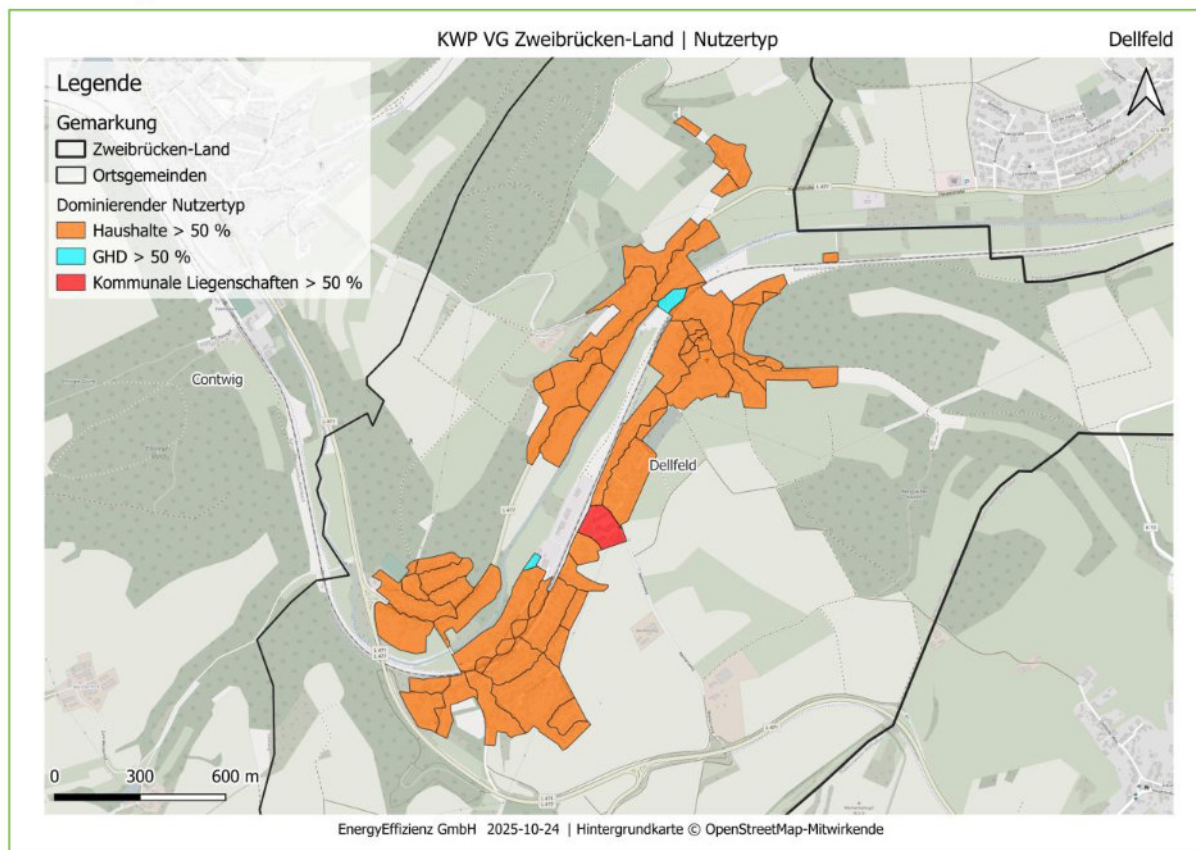


Abbildung 67: Verbandsgemeinde Dellfeld: Dominierende Sektoren

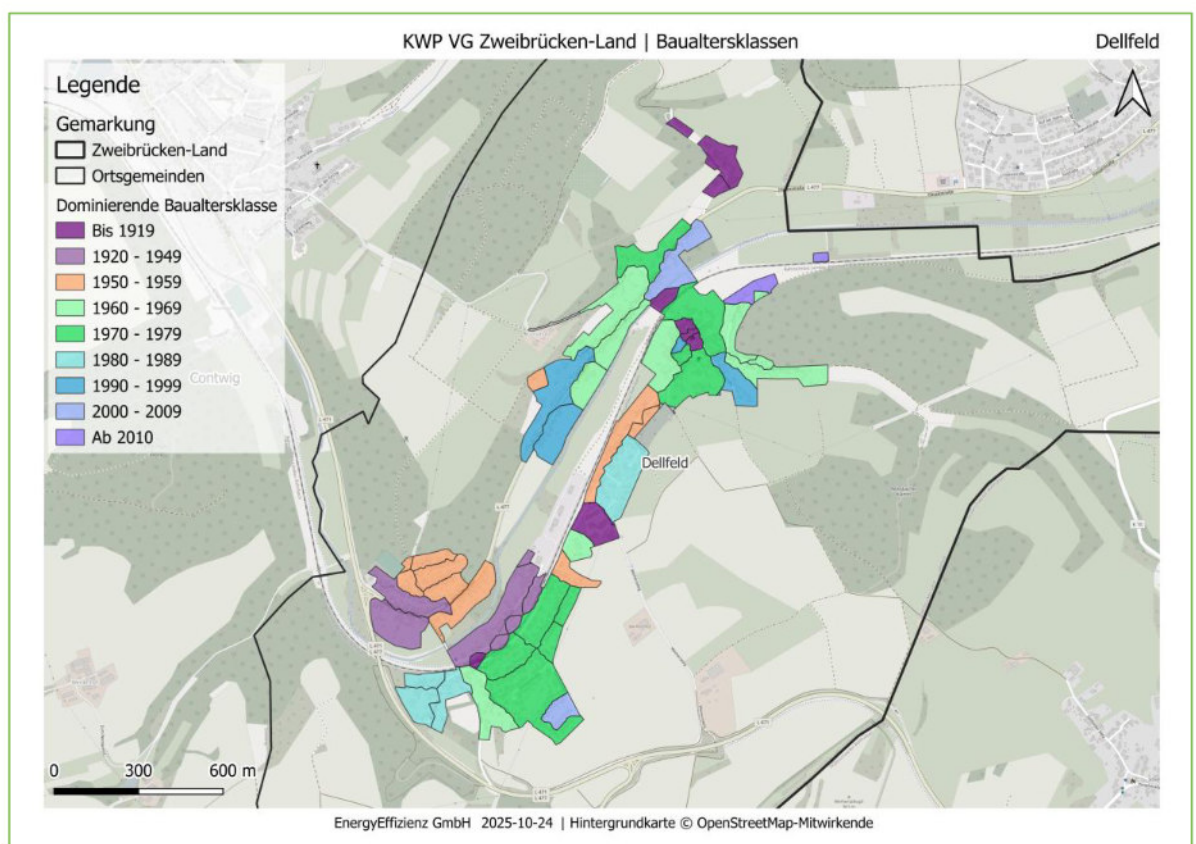


Abbildung 68: Verbandsgemeinde Dellfeld: Baualtersklassen

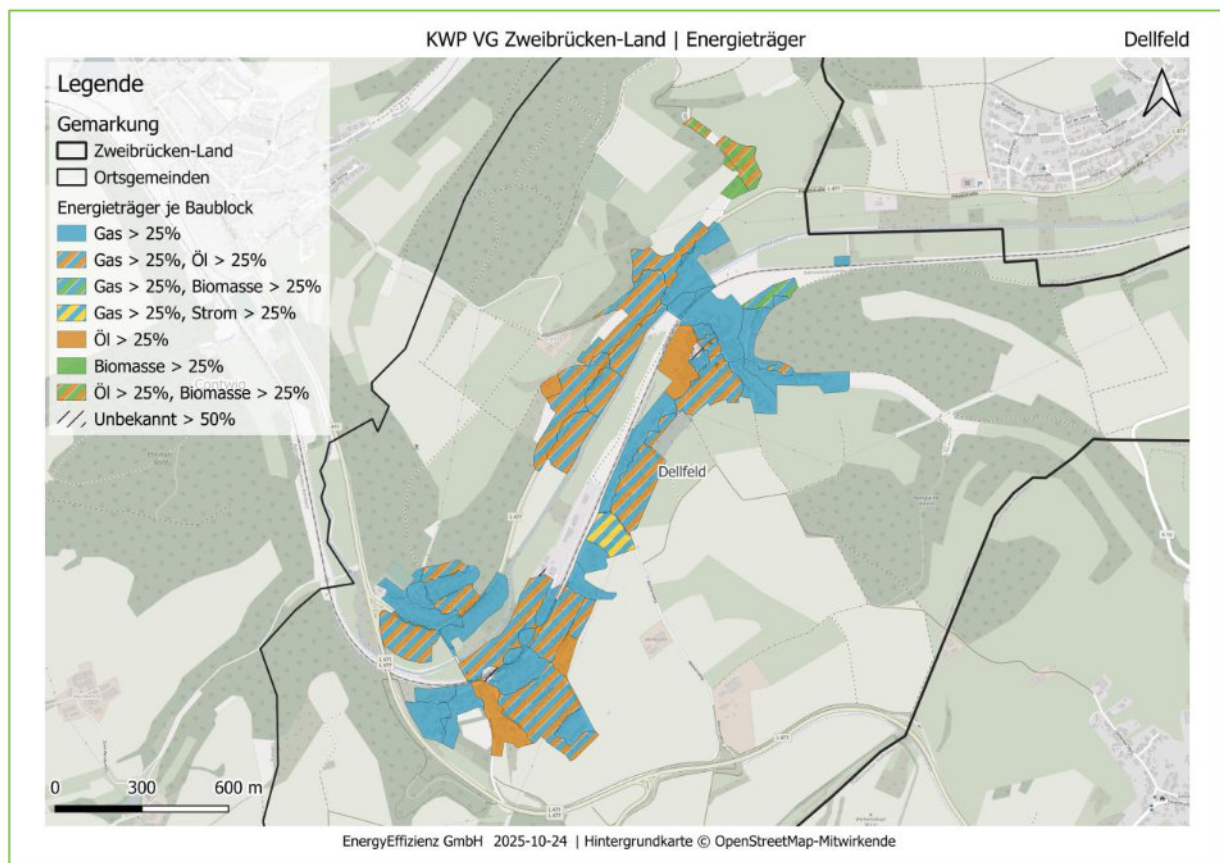


Abbildung 69: Verbandsgemeinde Dellfeld: Energieträger im Status quo

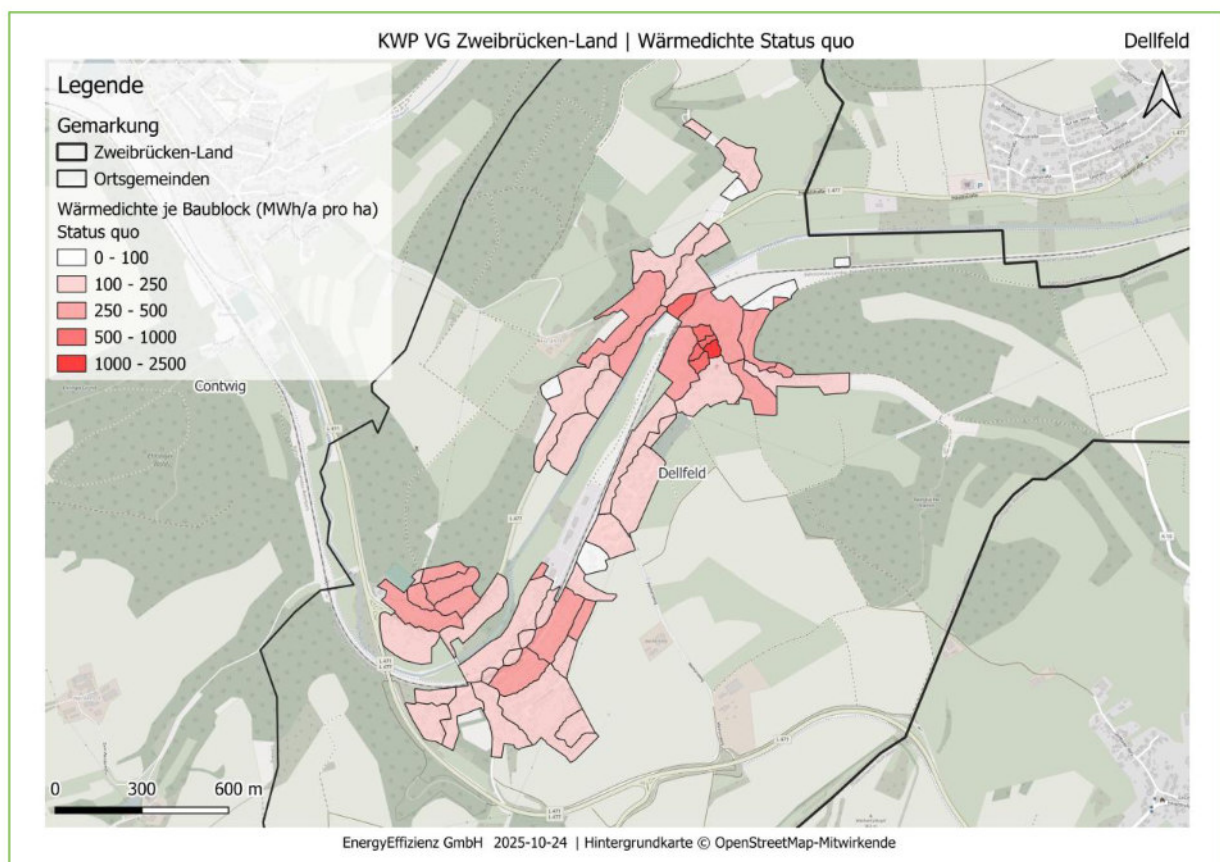


Abbildung 70: Verbandsgemeinde Dellfeld: Wärmedichte im Status quo

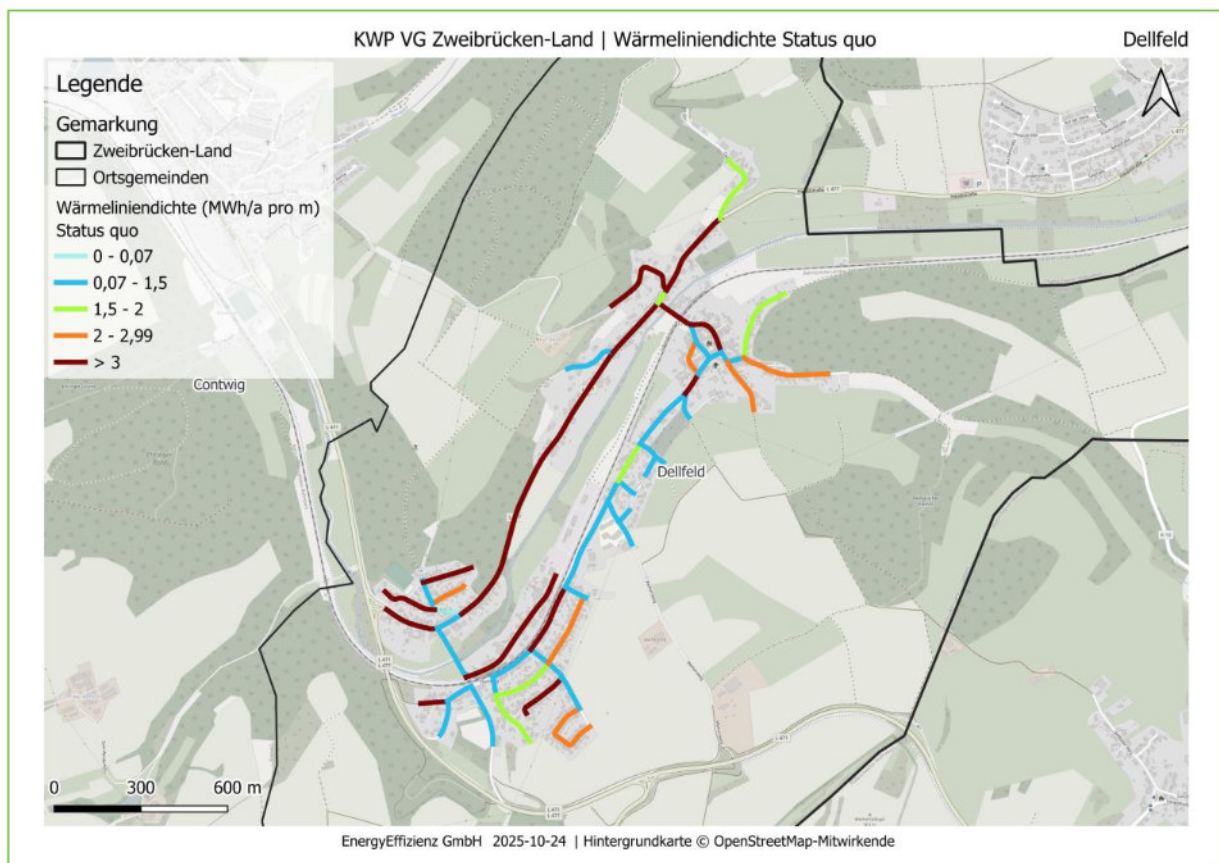


Abbildung 71: Verbandsgemeinde Dellfeld: Wärmeliniendichte im Status quo

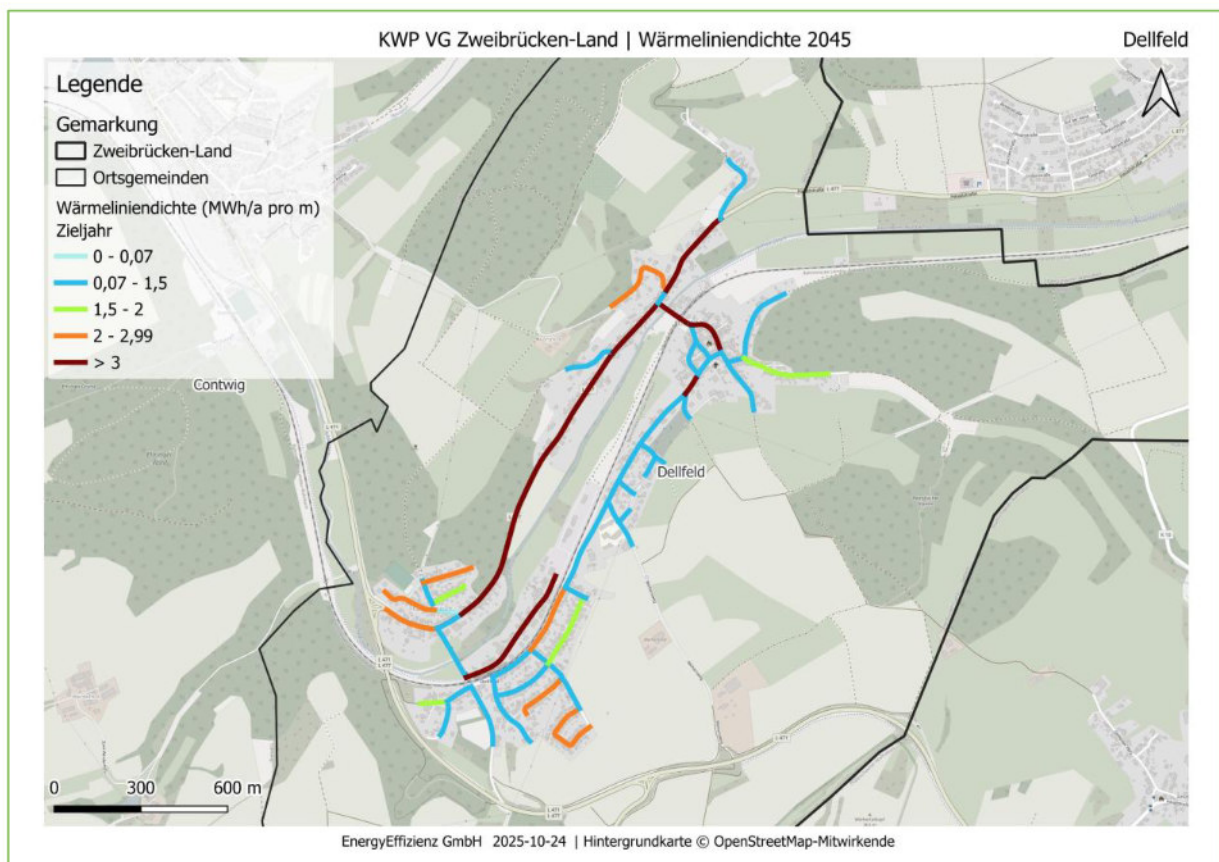


Abbildung 72: Verbandsgemeinde Dellfeld: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

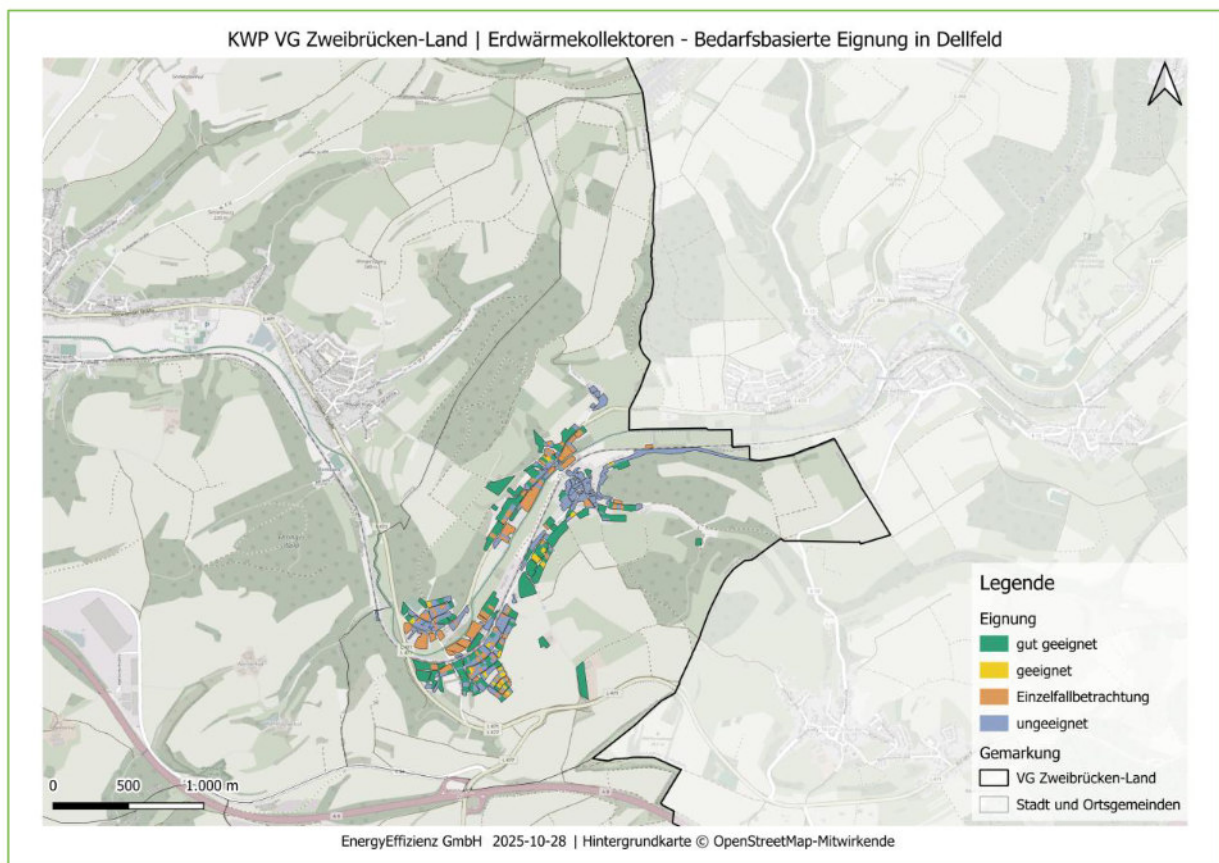


Abbildung 73: Verbandsgemeinde Dellfeld: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

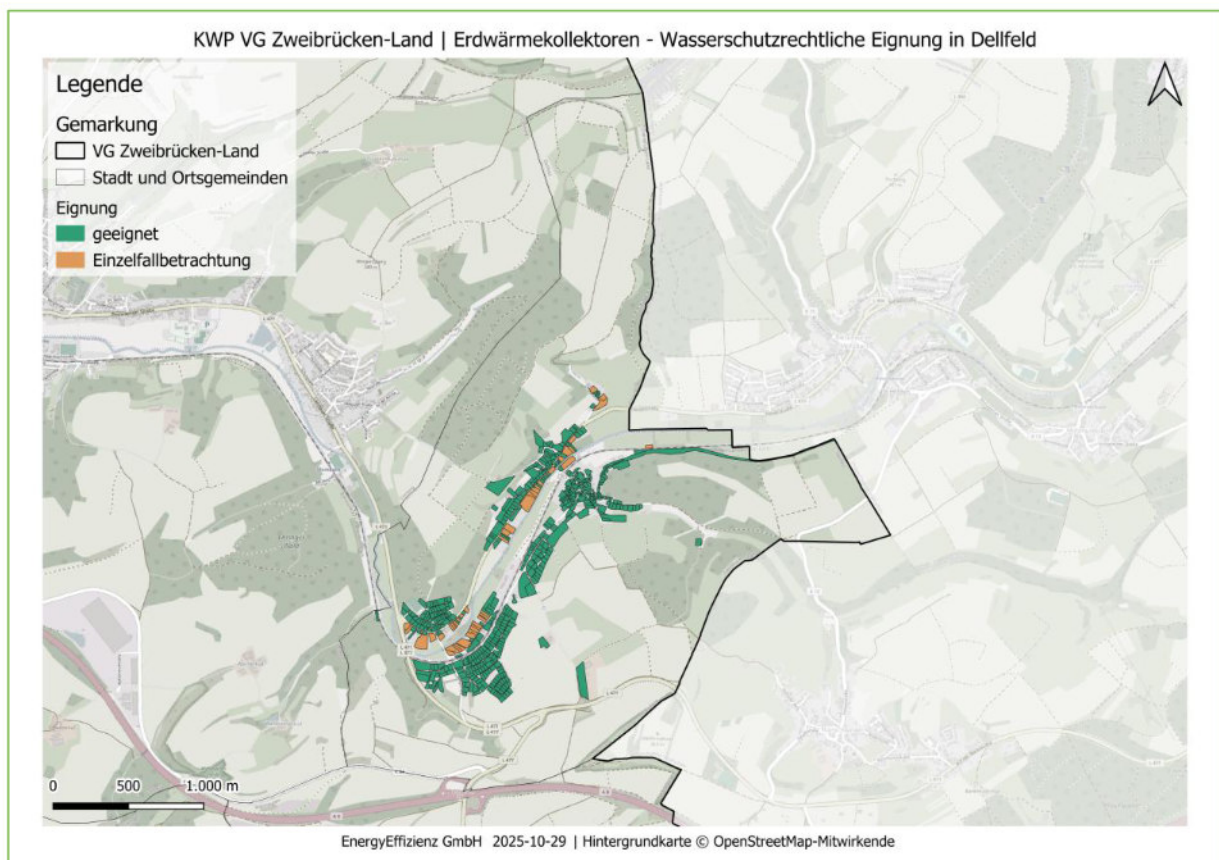


Abbildung 74: Verbandsgemeinde Dellfeld: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

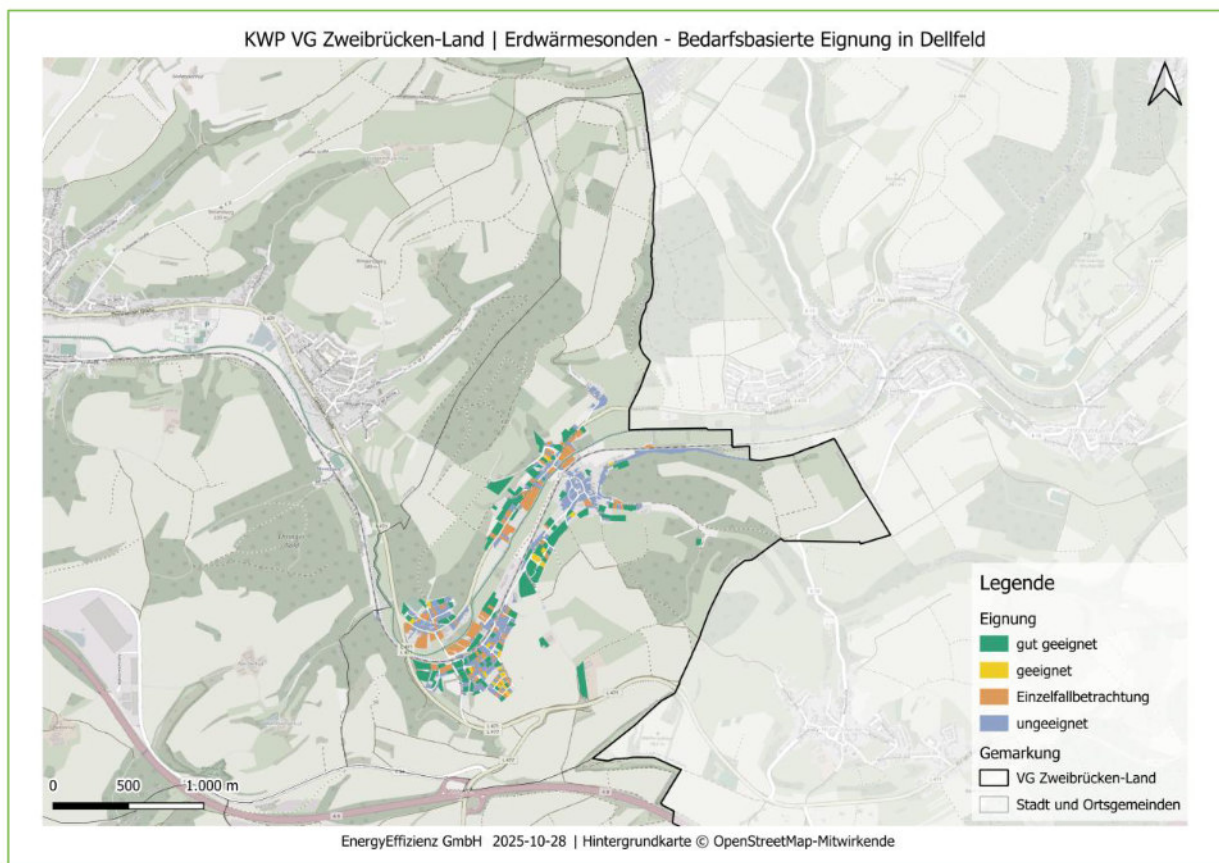


Abbildung 75: Verbandsgemeinde Dellfeld: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

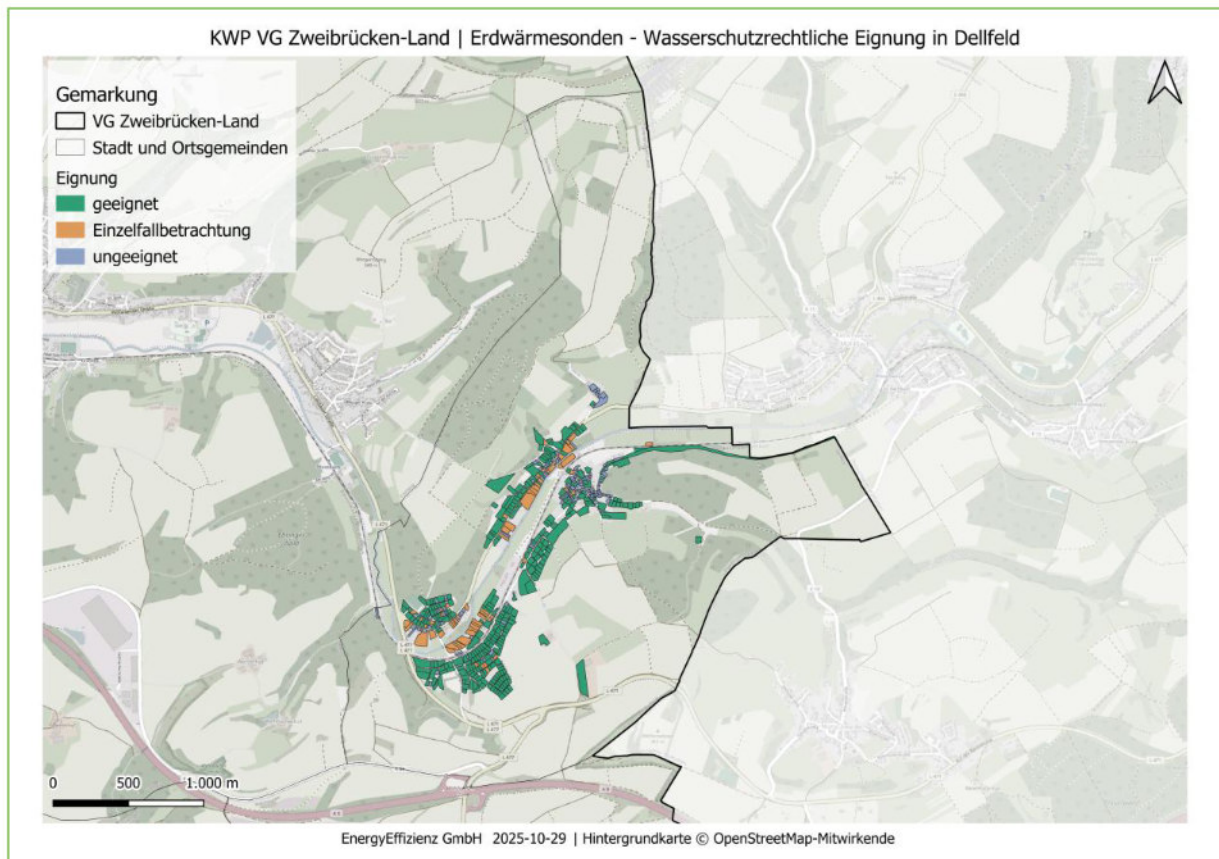


Abbildung 76: Verbandsgemeinde Dellfeld: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang F: Dietrichingen

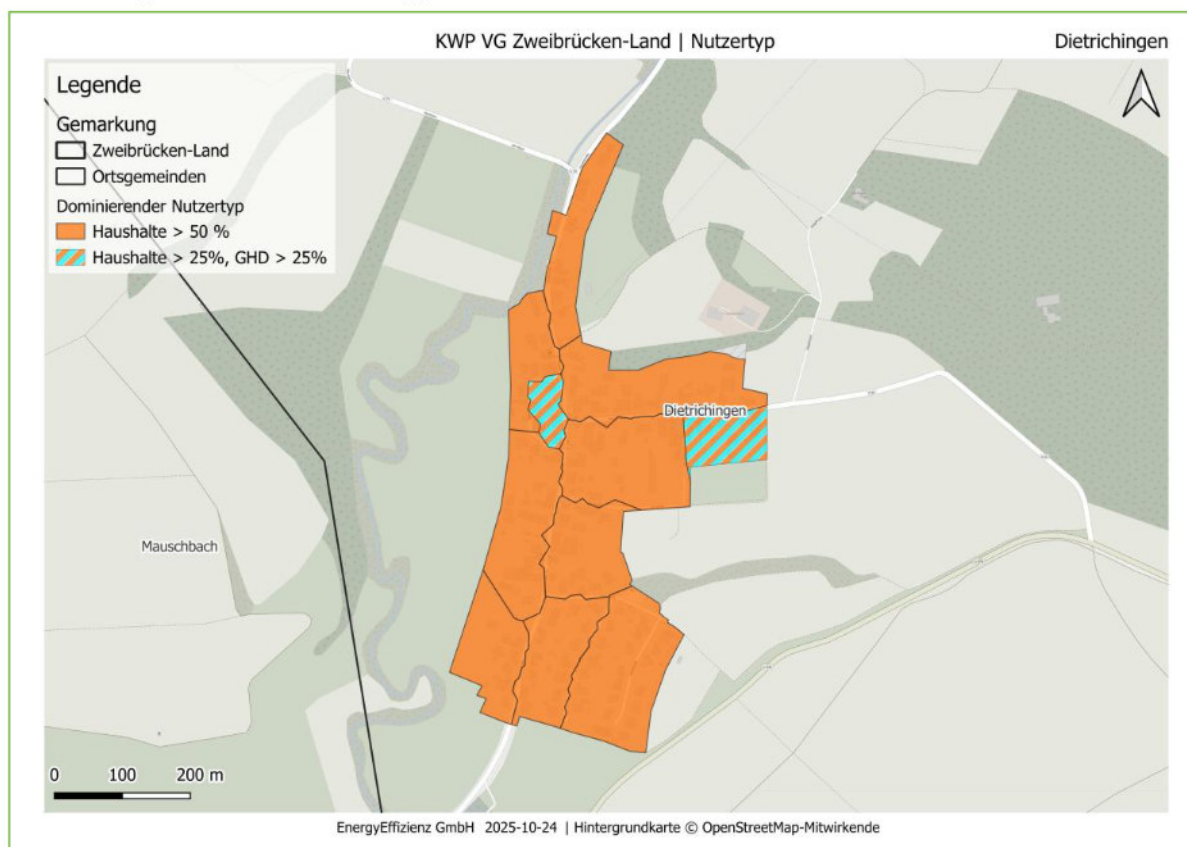


Abbildung 77: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Dominierende Sektoren

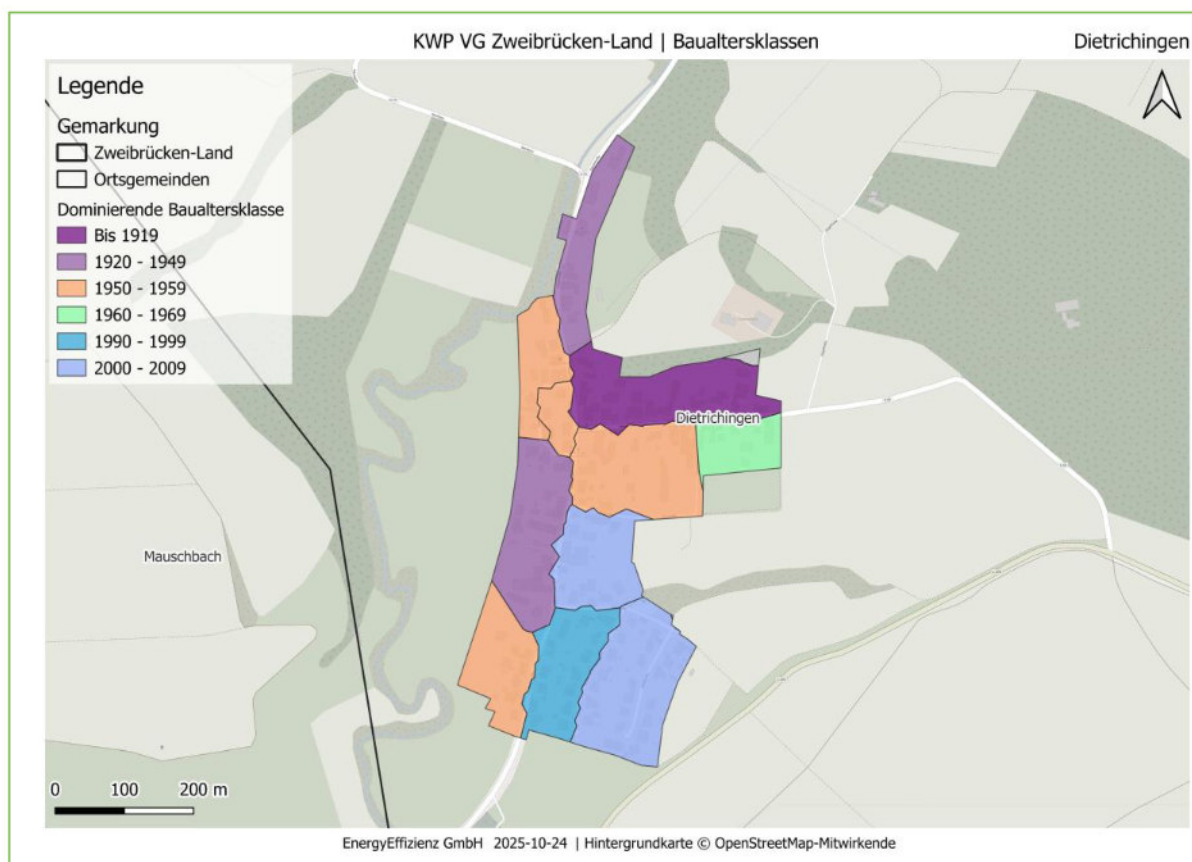


Abbildung 78: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Baualtersklassen

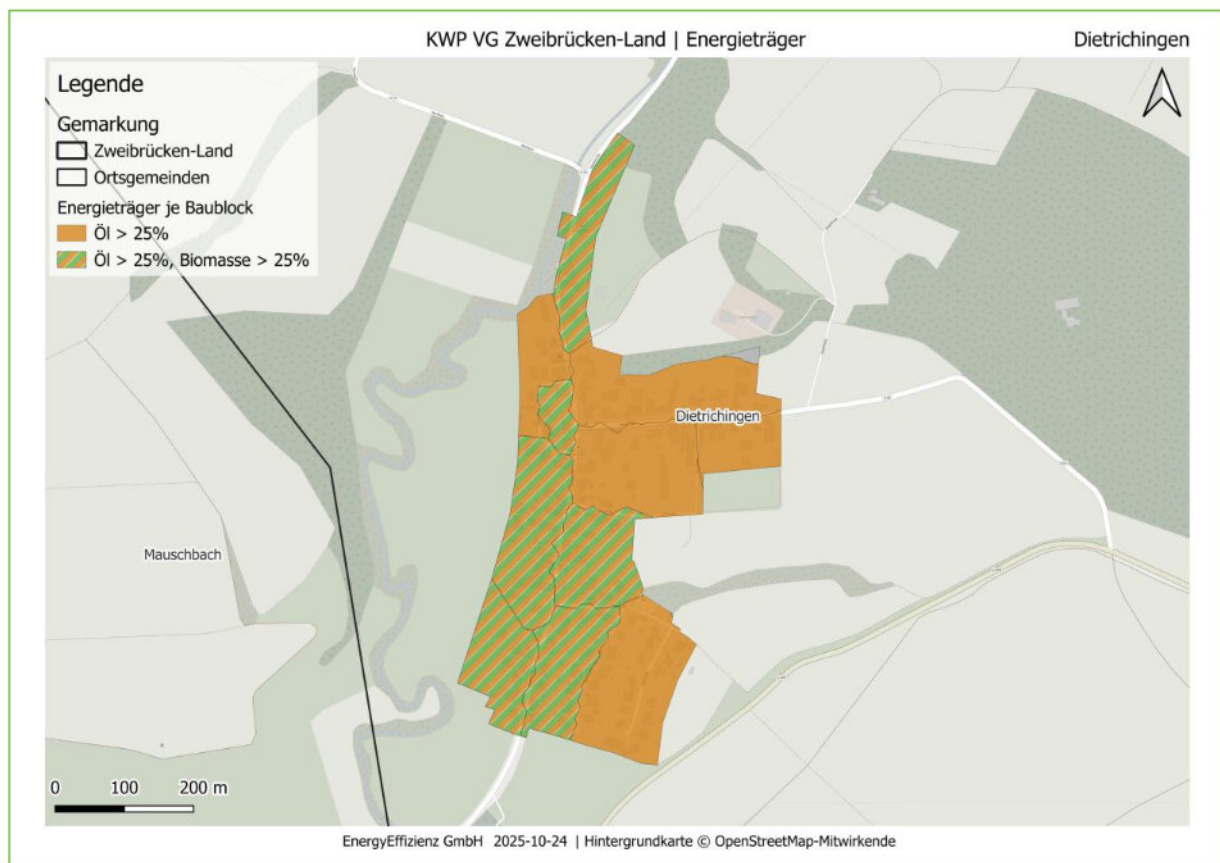


Abbildung 79: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Energieträger im Status quo

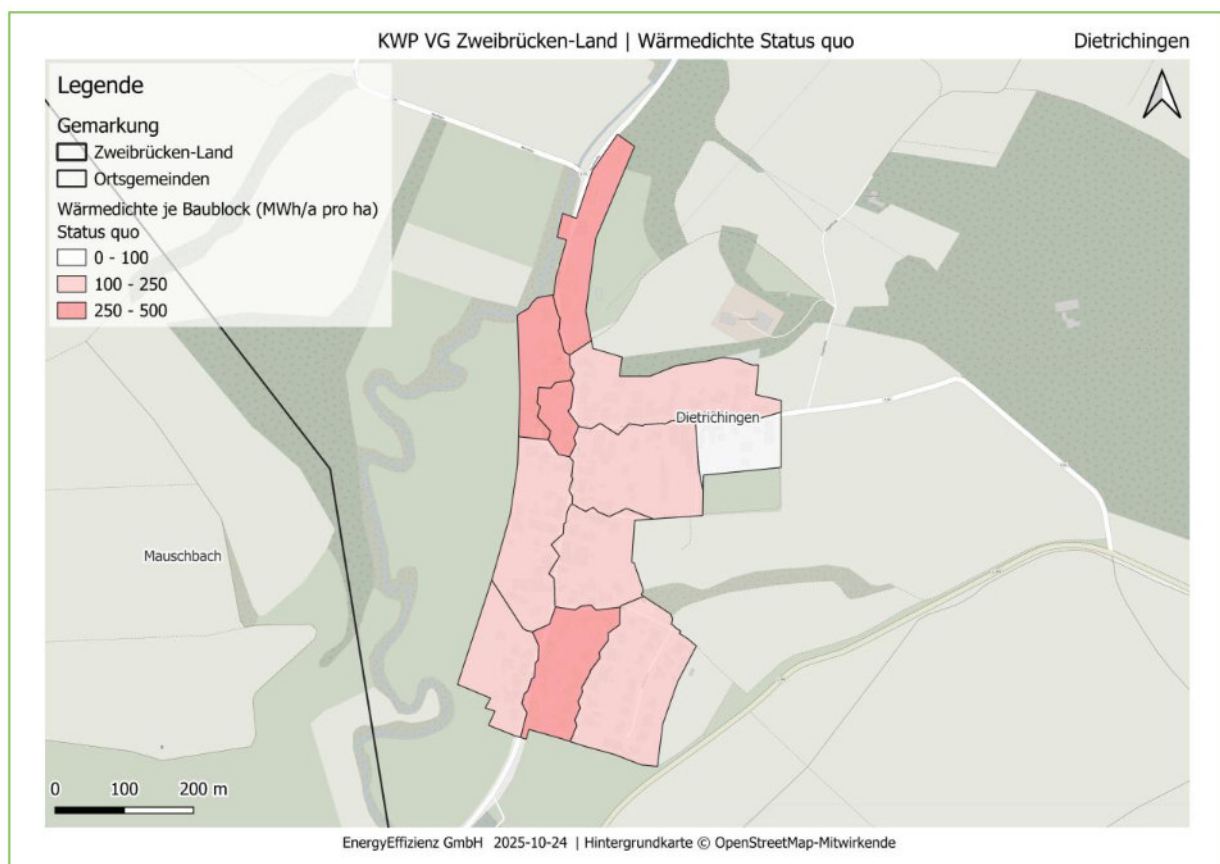


Abbildung 80: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Wärmedichte im Status quo

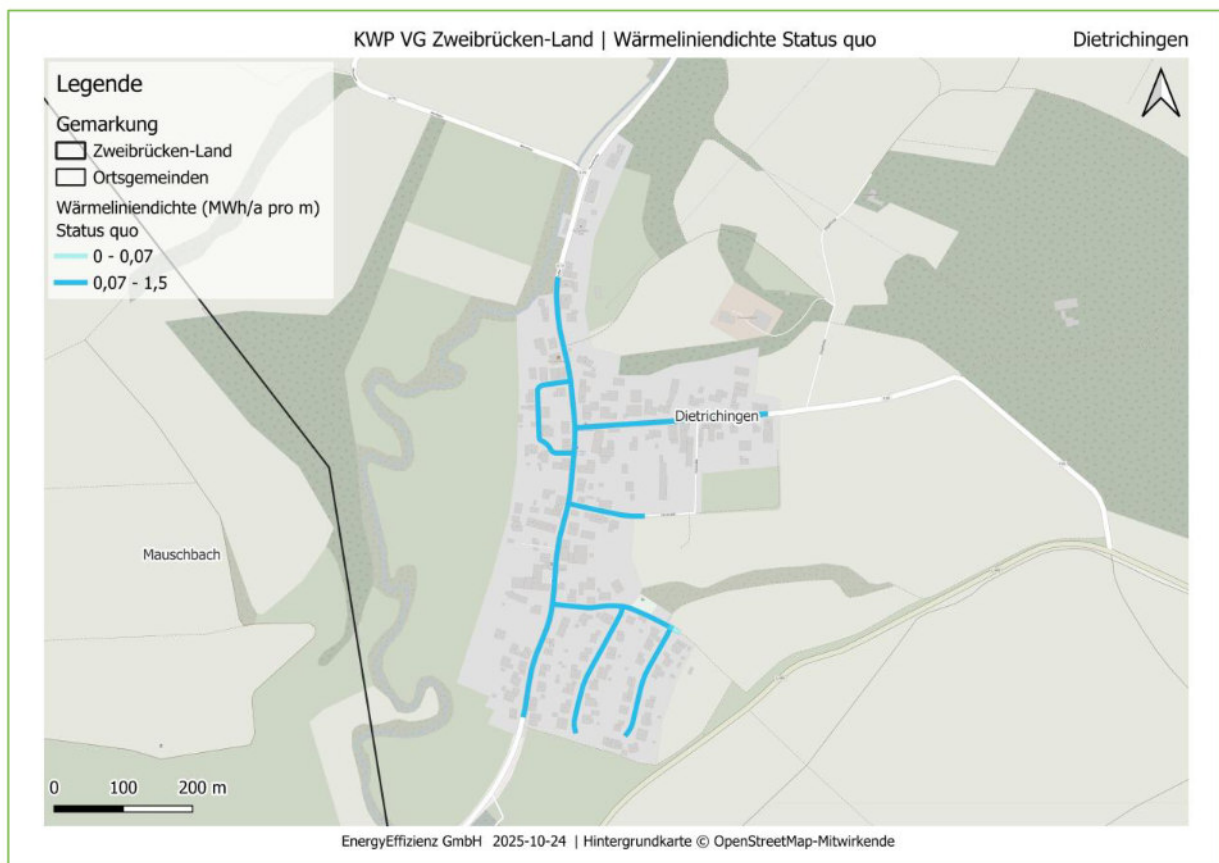


Abbildung 81: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Wärmeliniendichte im Status quo

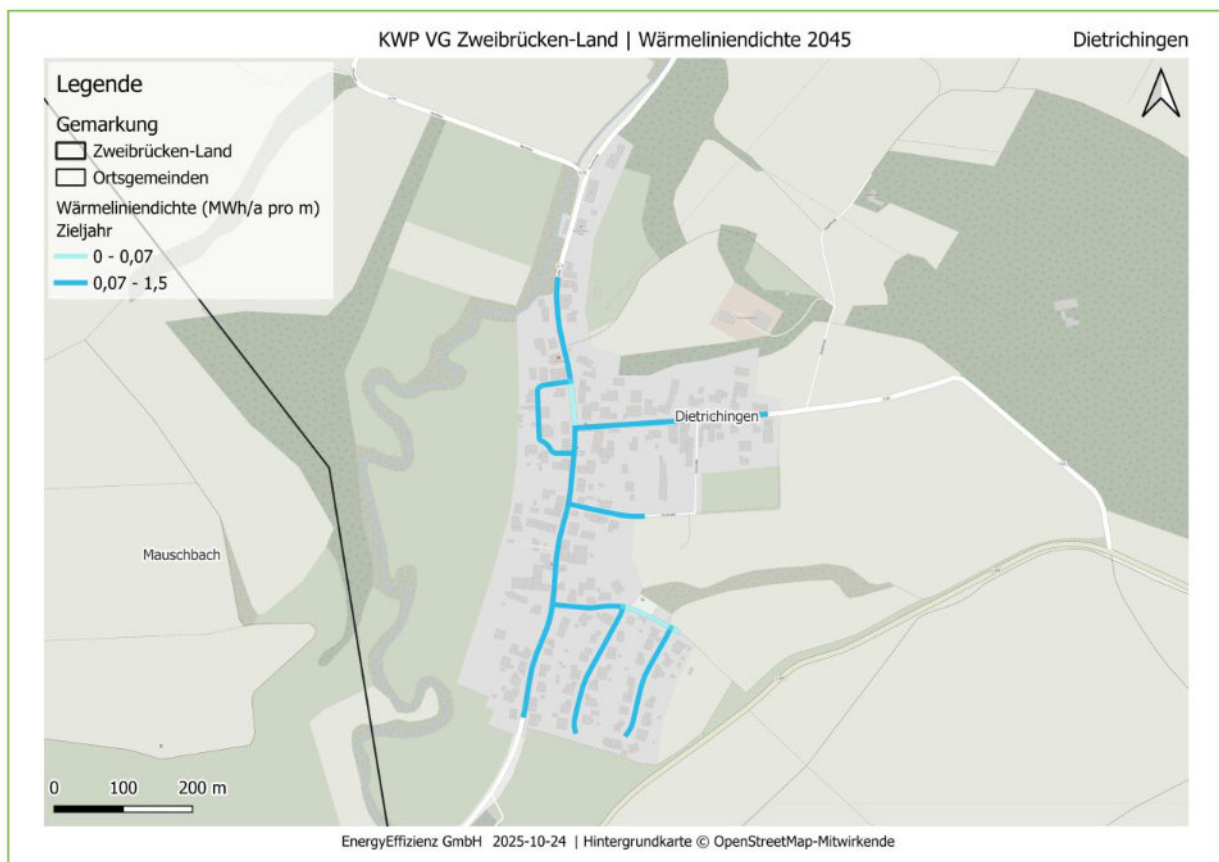


Abbildung 82: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

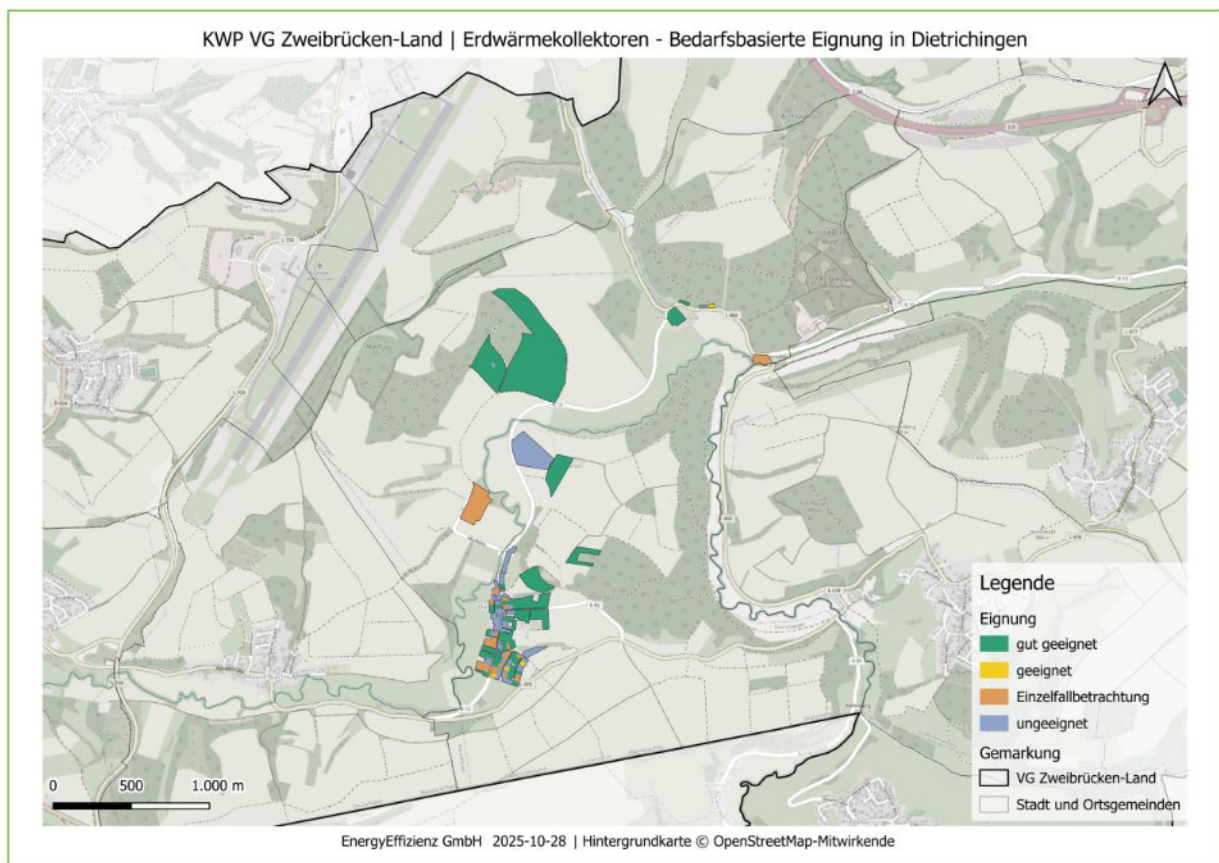


Abbildung 83: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

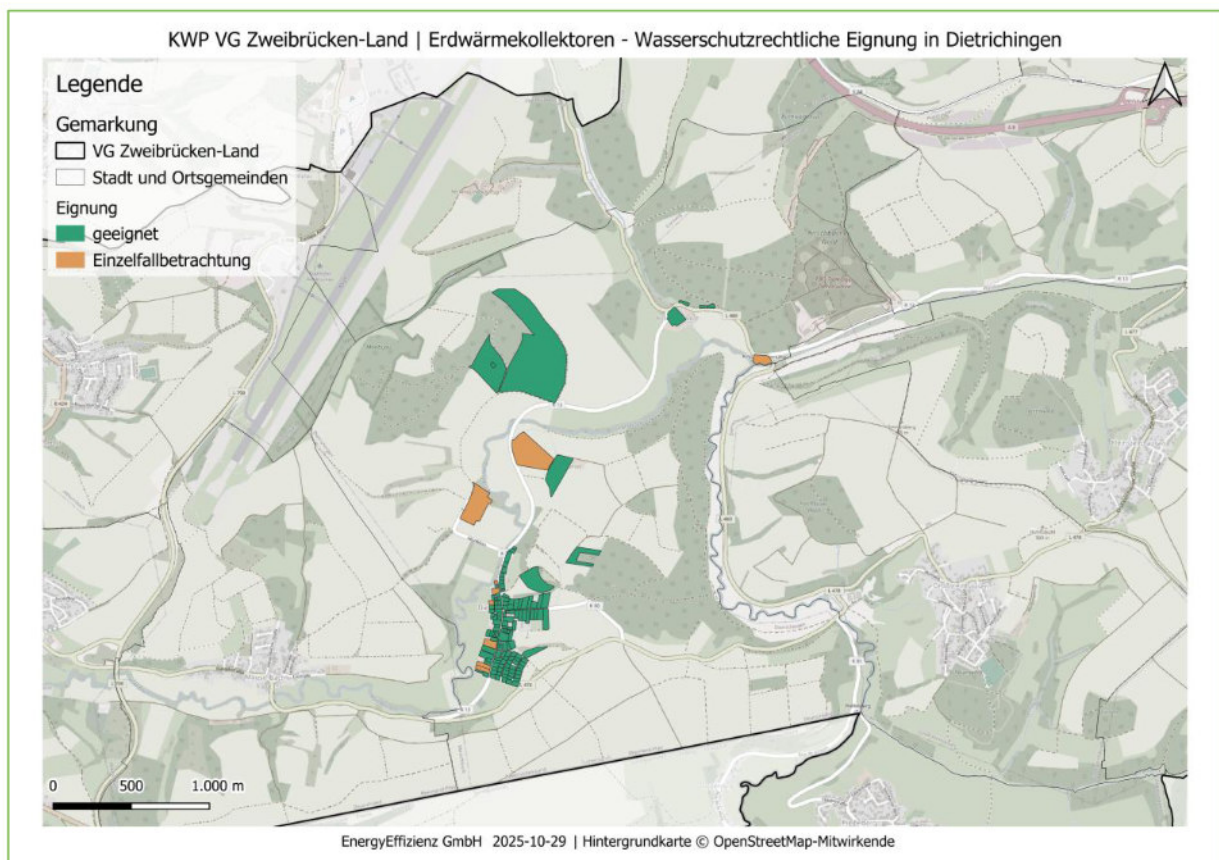


Abbildung 84: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

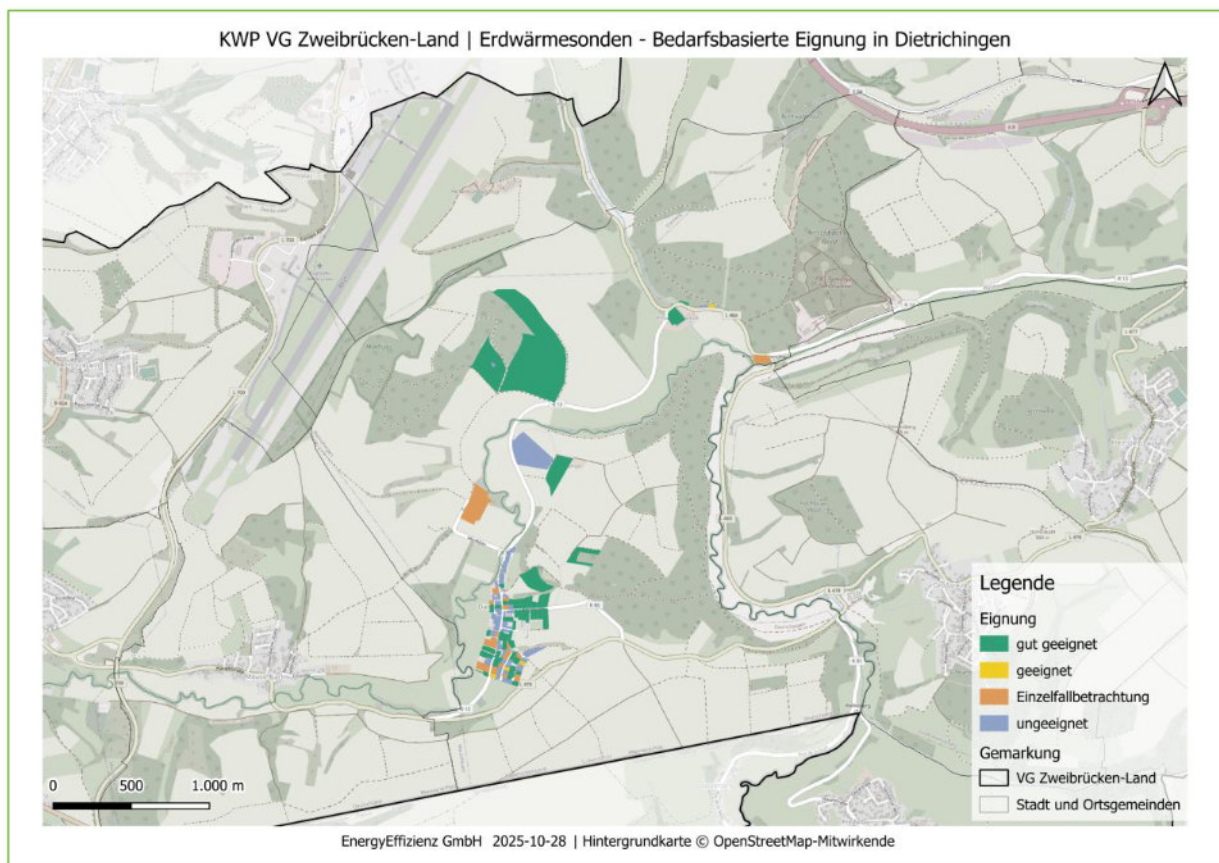


Abbildung 85: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

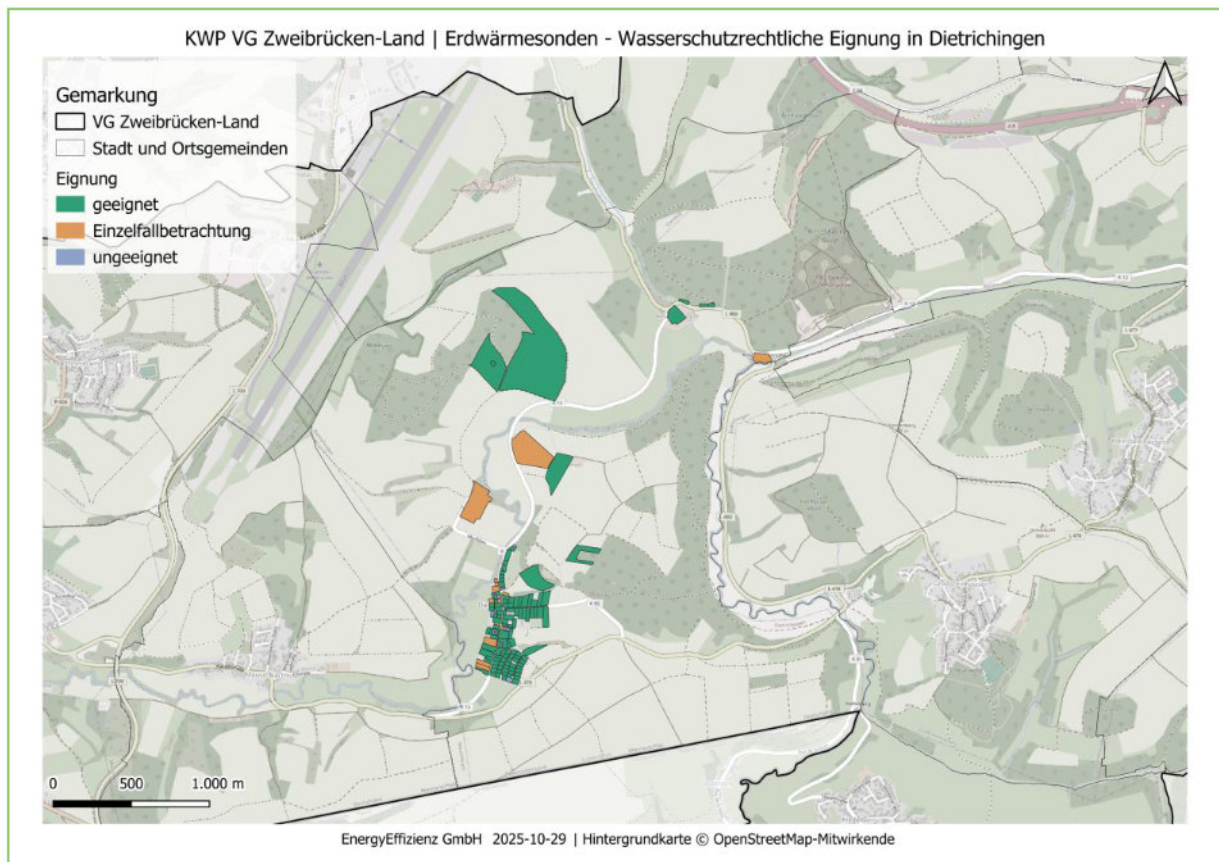


Abbildung 86: Verbandsgemeinde Dietrichingen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang G: Großbundenbach

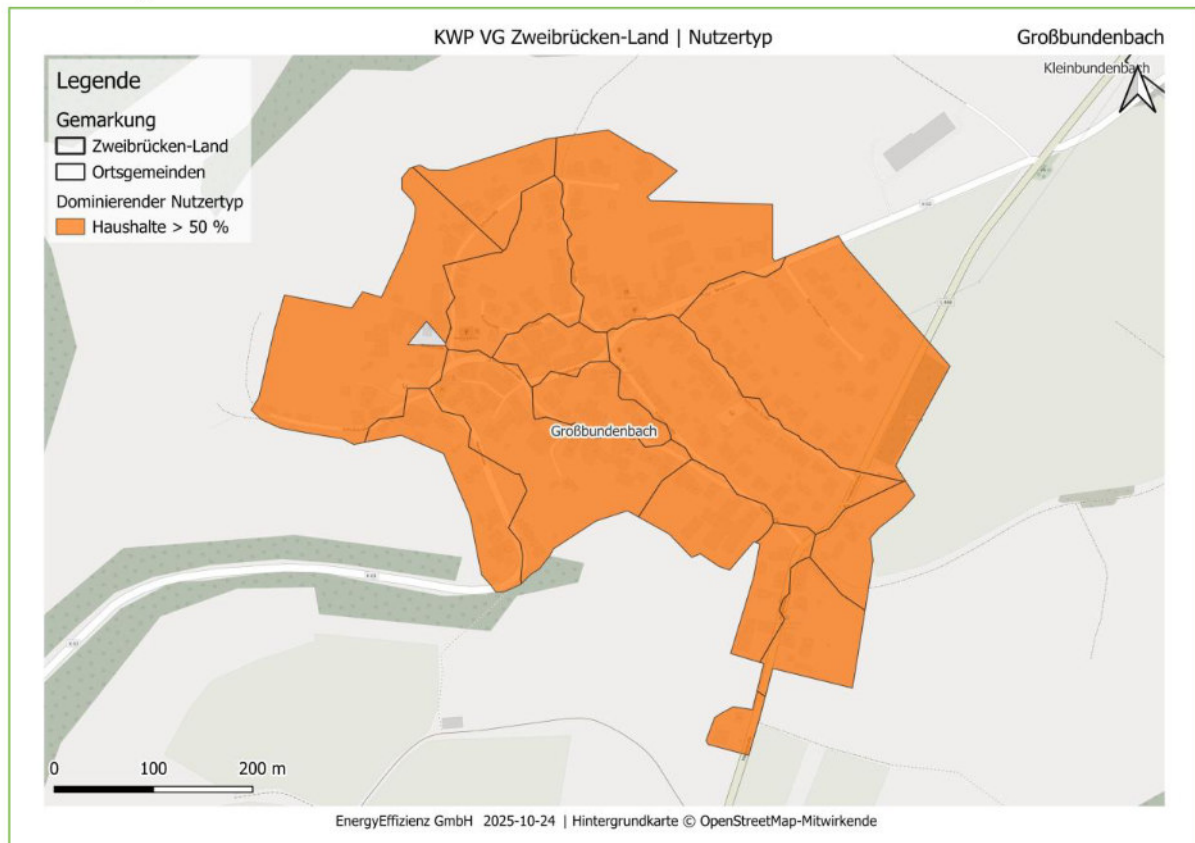


Abbildung 87: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Dominierende Sektoren

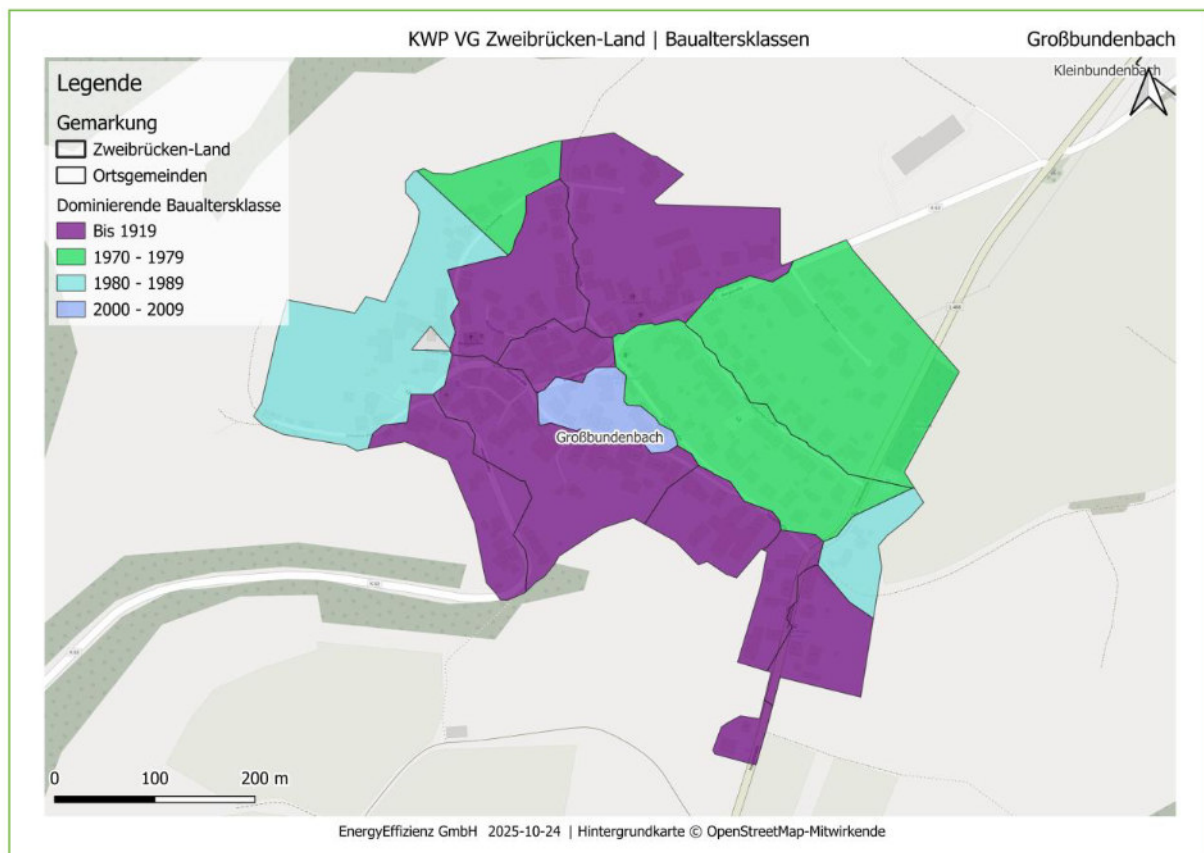


Abbildung 88: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Baualtersklassen

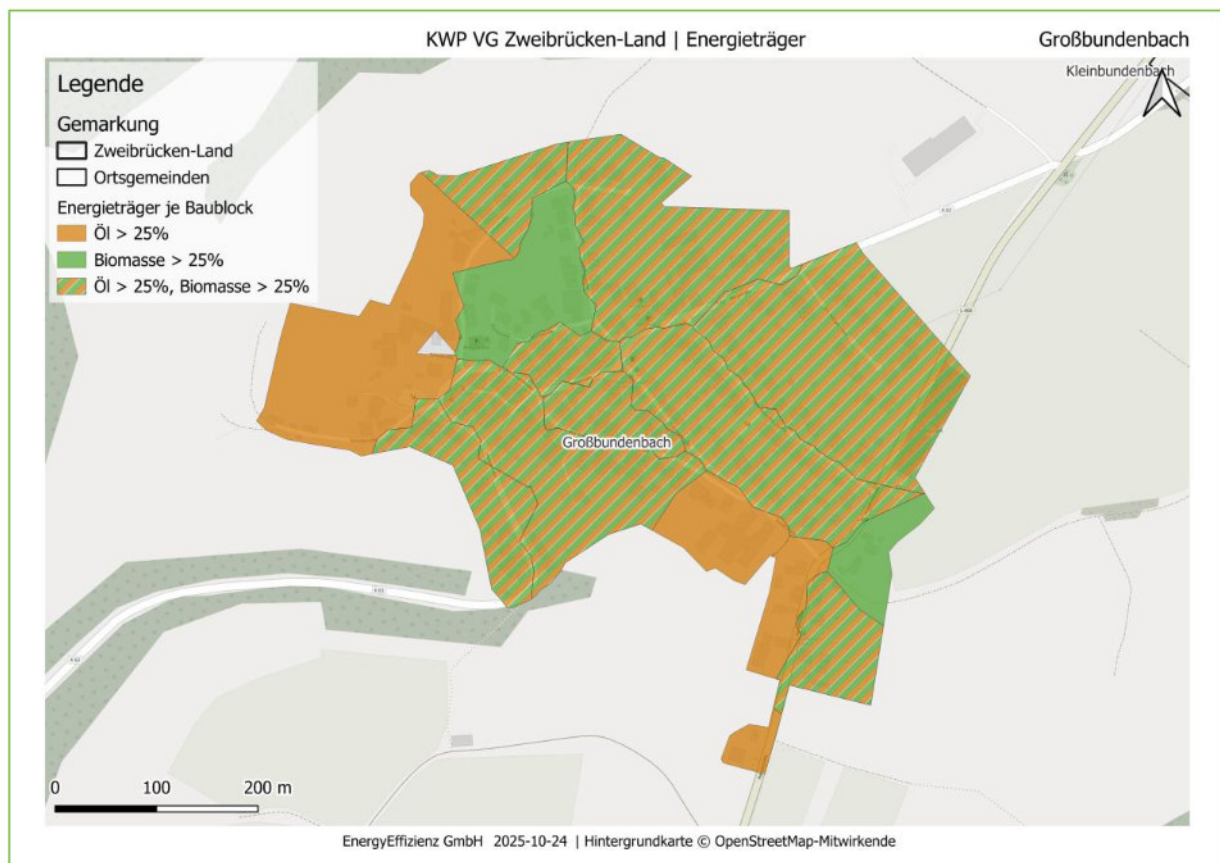


Abbildung 89: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Energieträger im Status quo

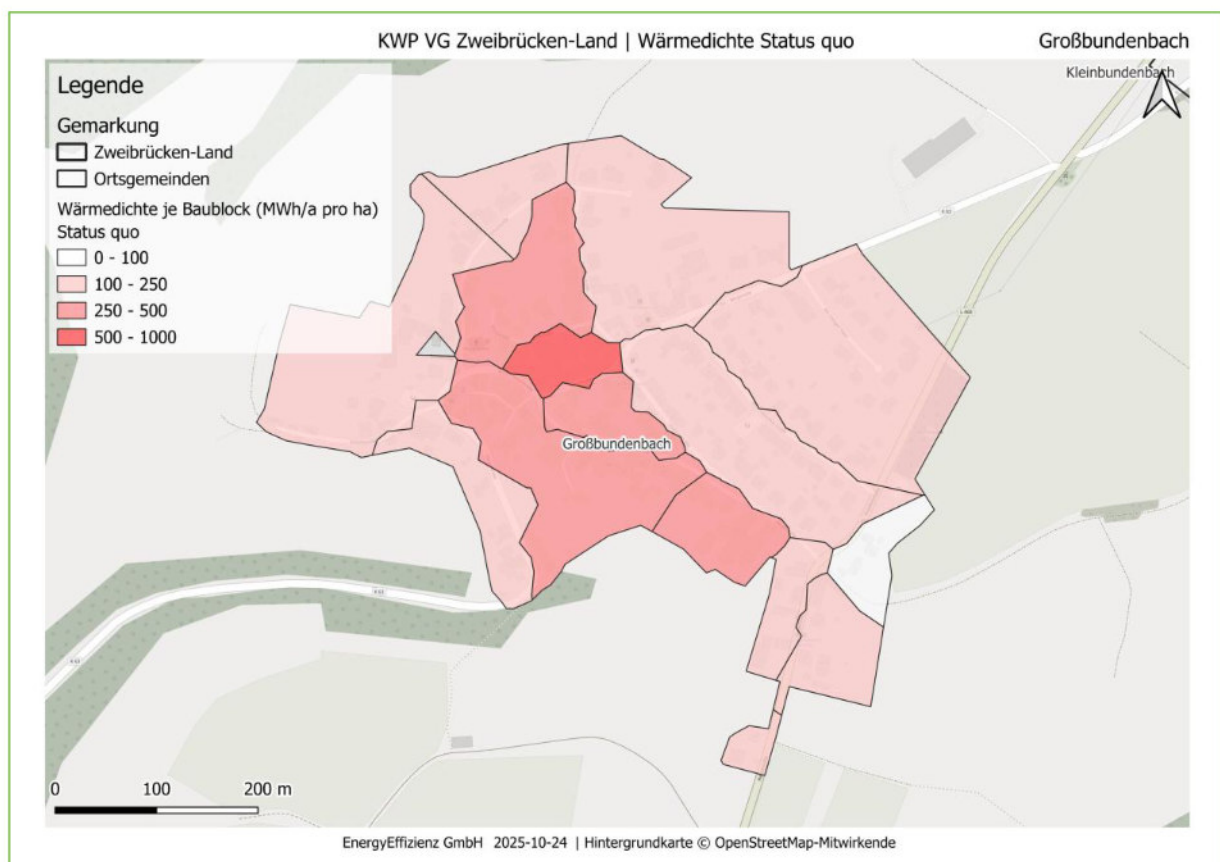


Abbildung 90: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Wärmedichte im Status quo

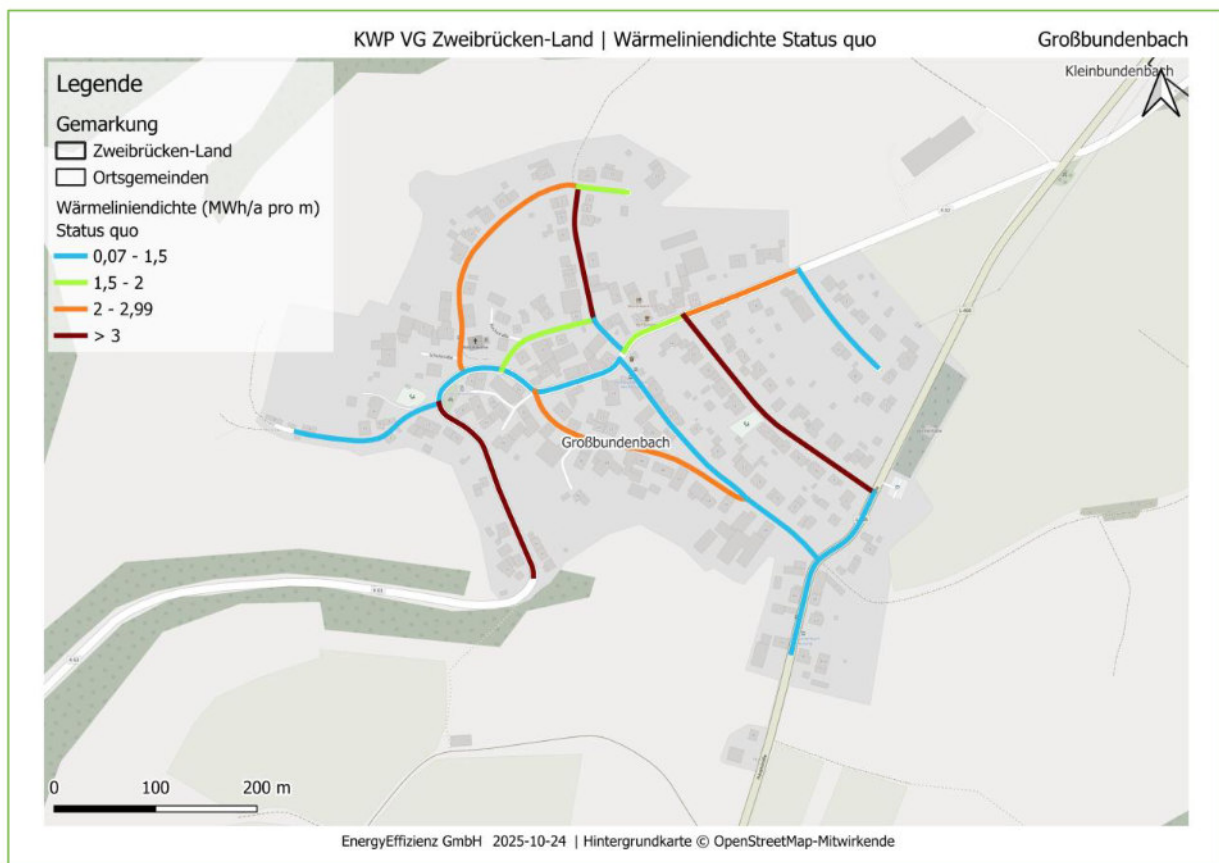


Abbildung 91: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Wärmeliniendichte im Status quo



Abbildung 92: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

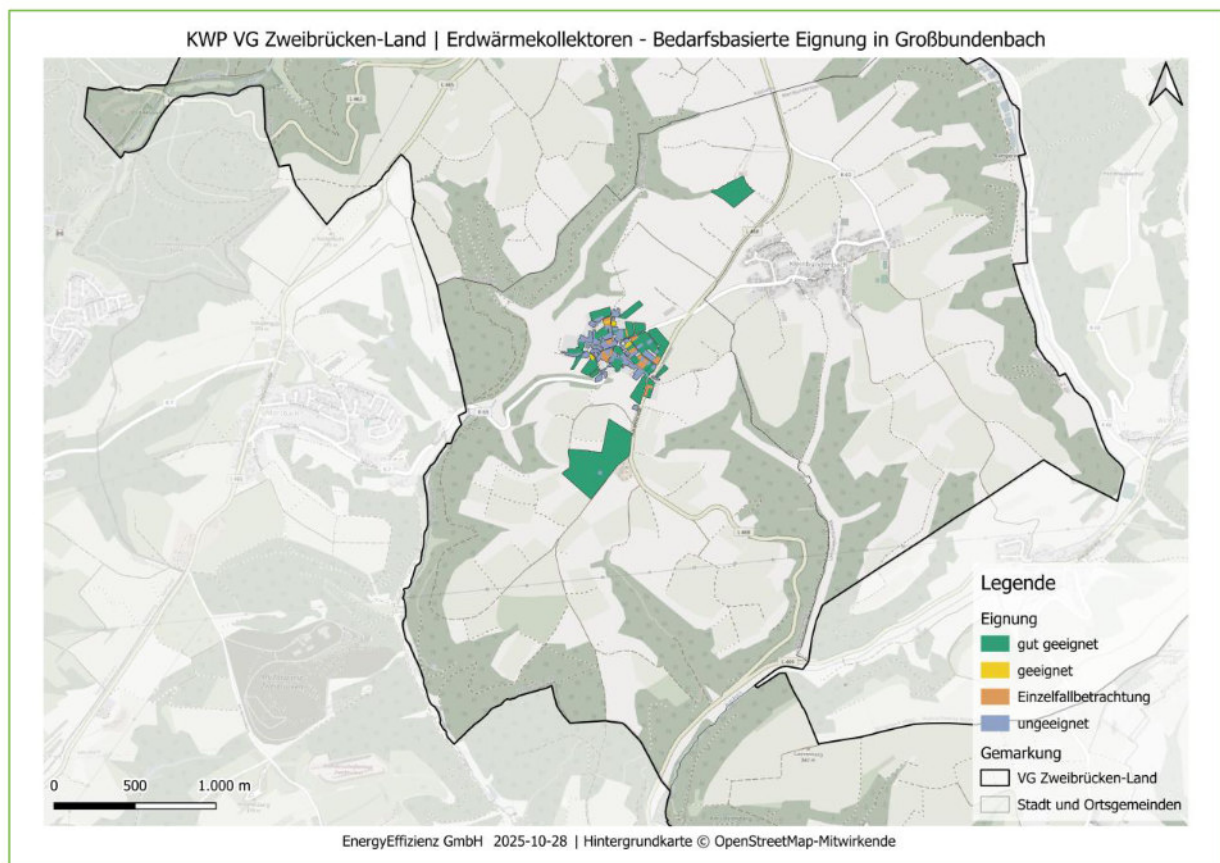


Abbildung 93: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

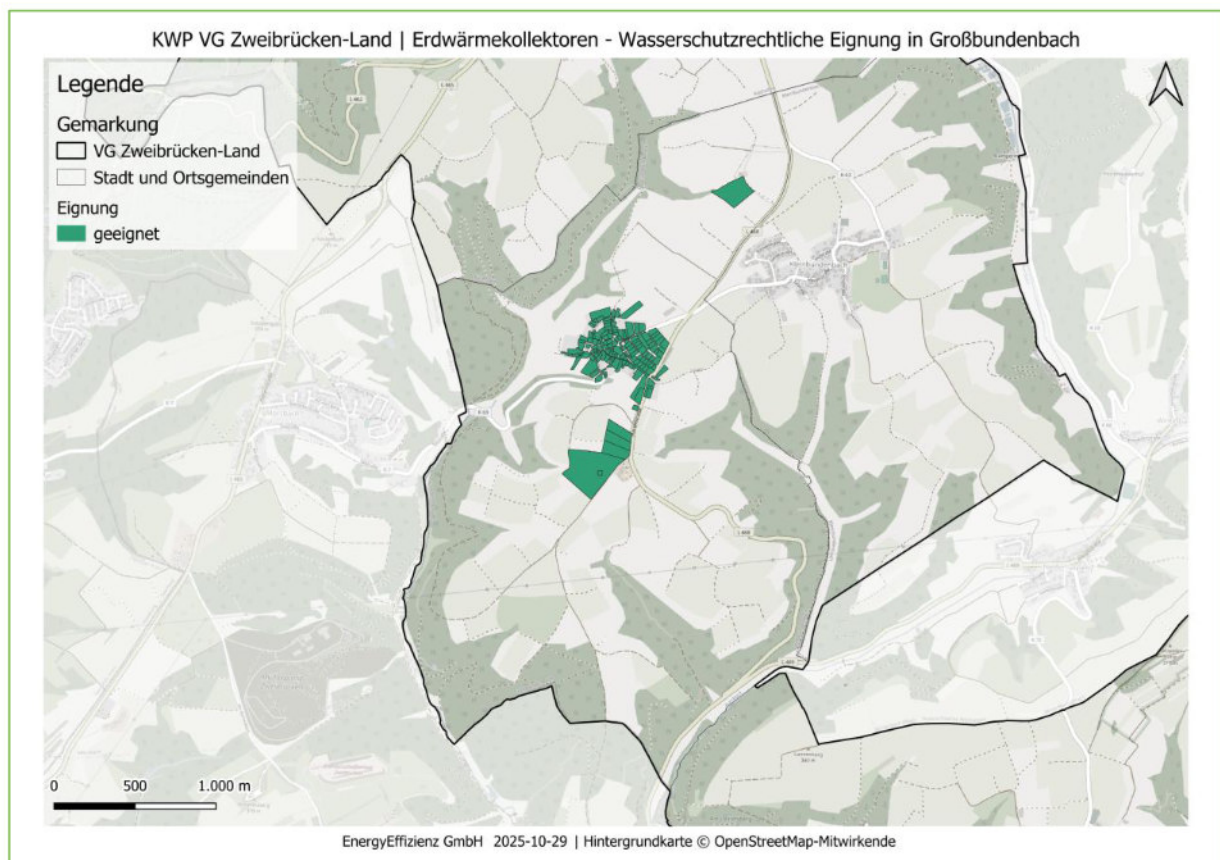


Abbildung 94: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

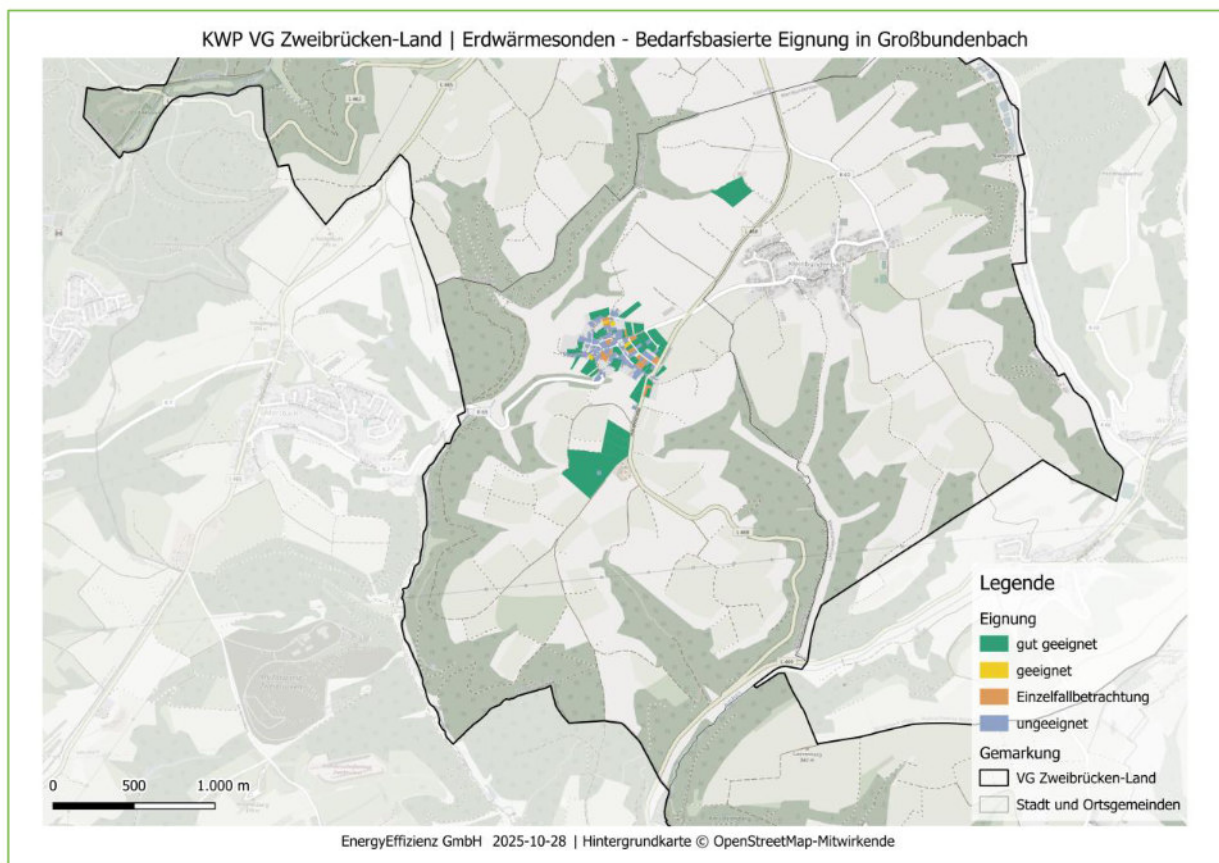


Abbildung 95: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

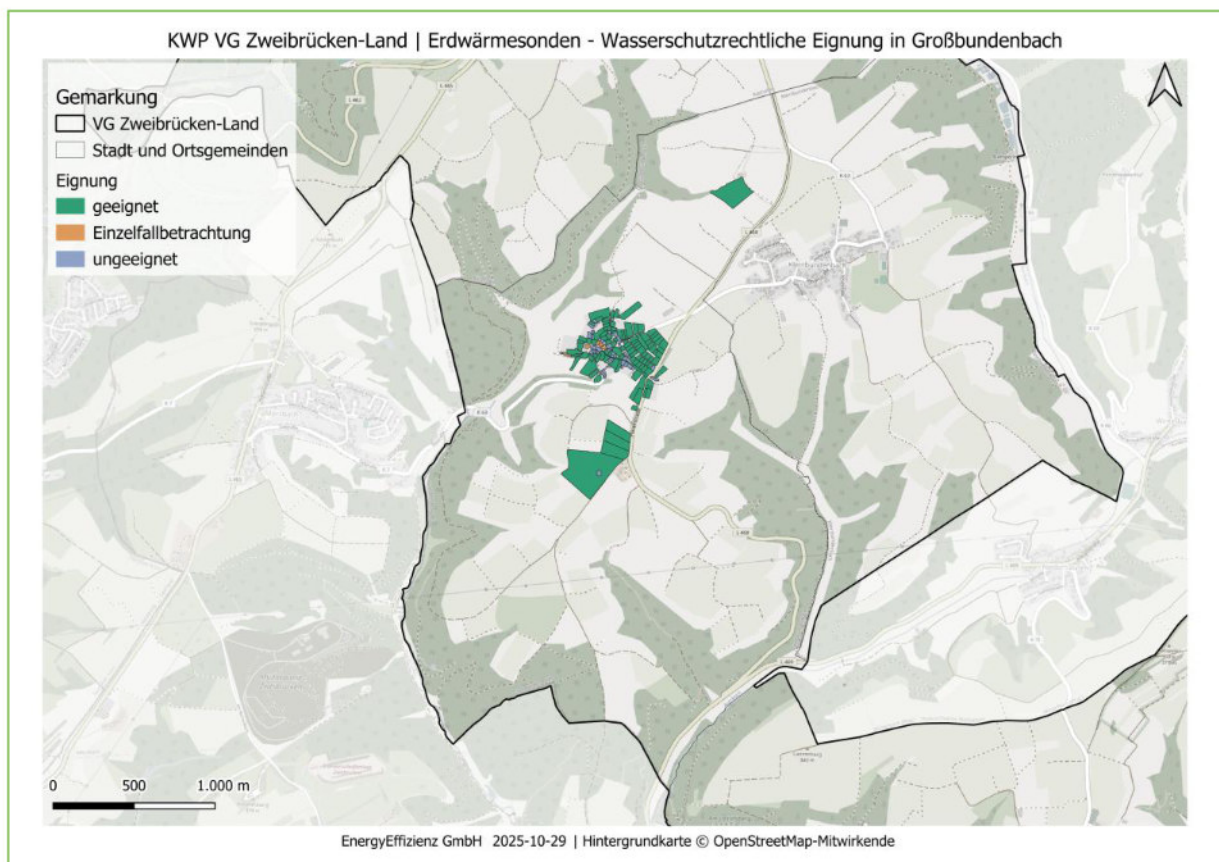


Abbildung 96: Verbandsgemeinde Großbundenbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang H: Großsteinhausen

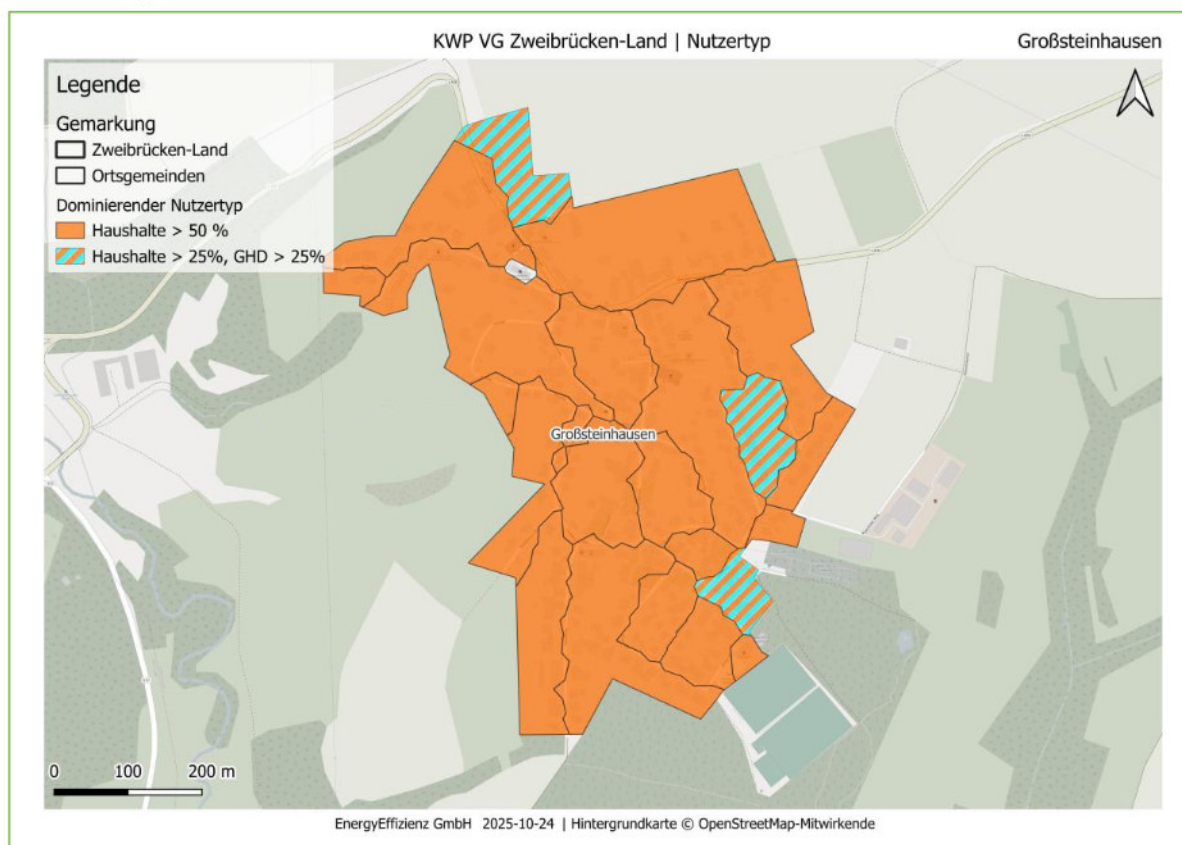


Abbildung 97: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Dominierende Sektoren

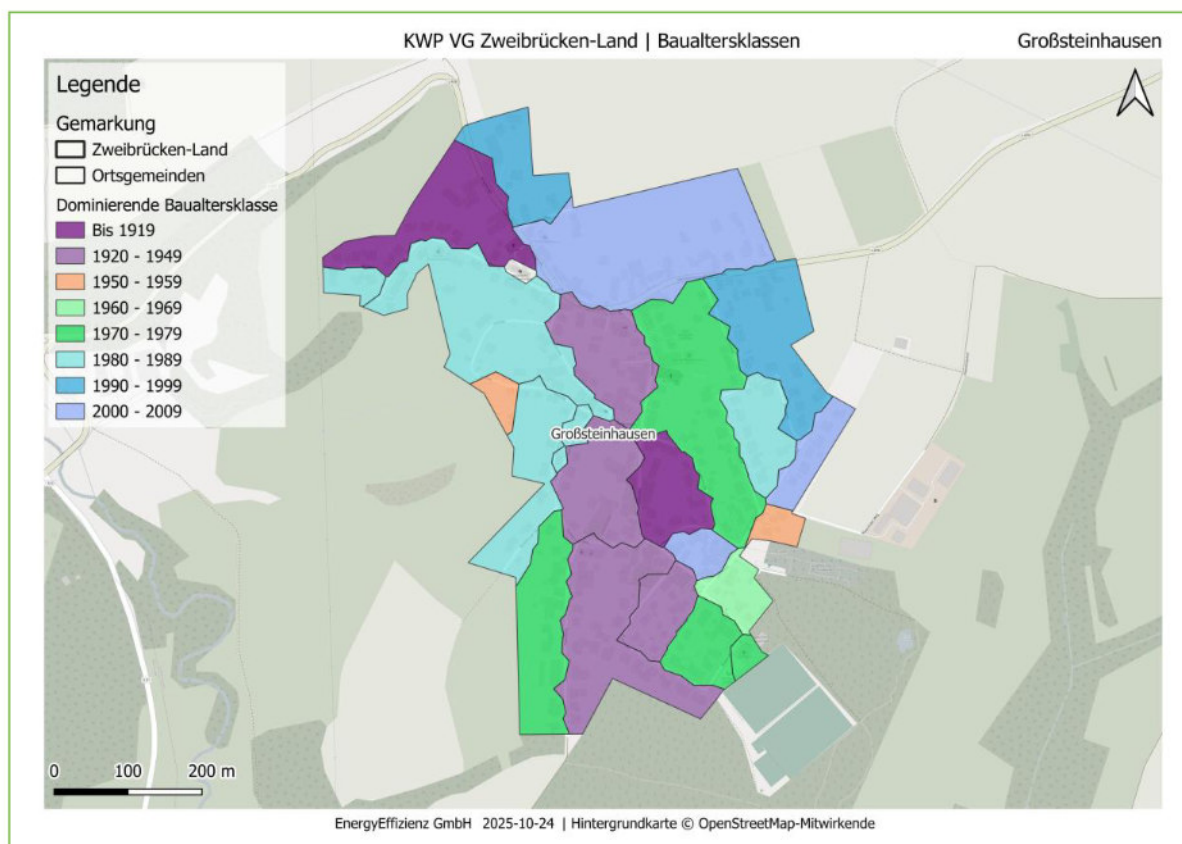


Abbildung 98: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Baualtersklassen

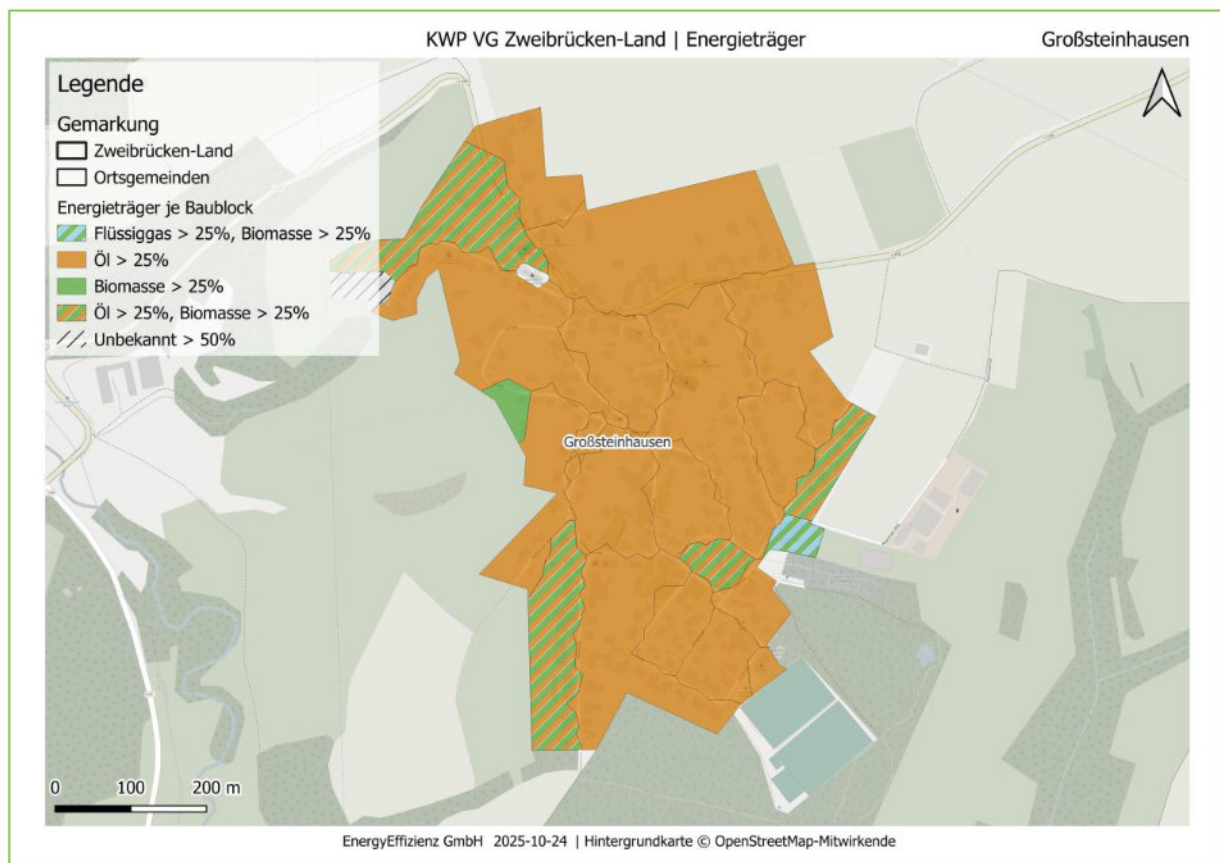


Abbildung 99: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Energieträger im Status quo (2024)

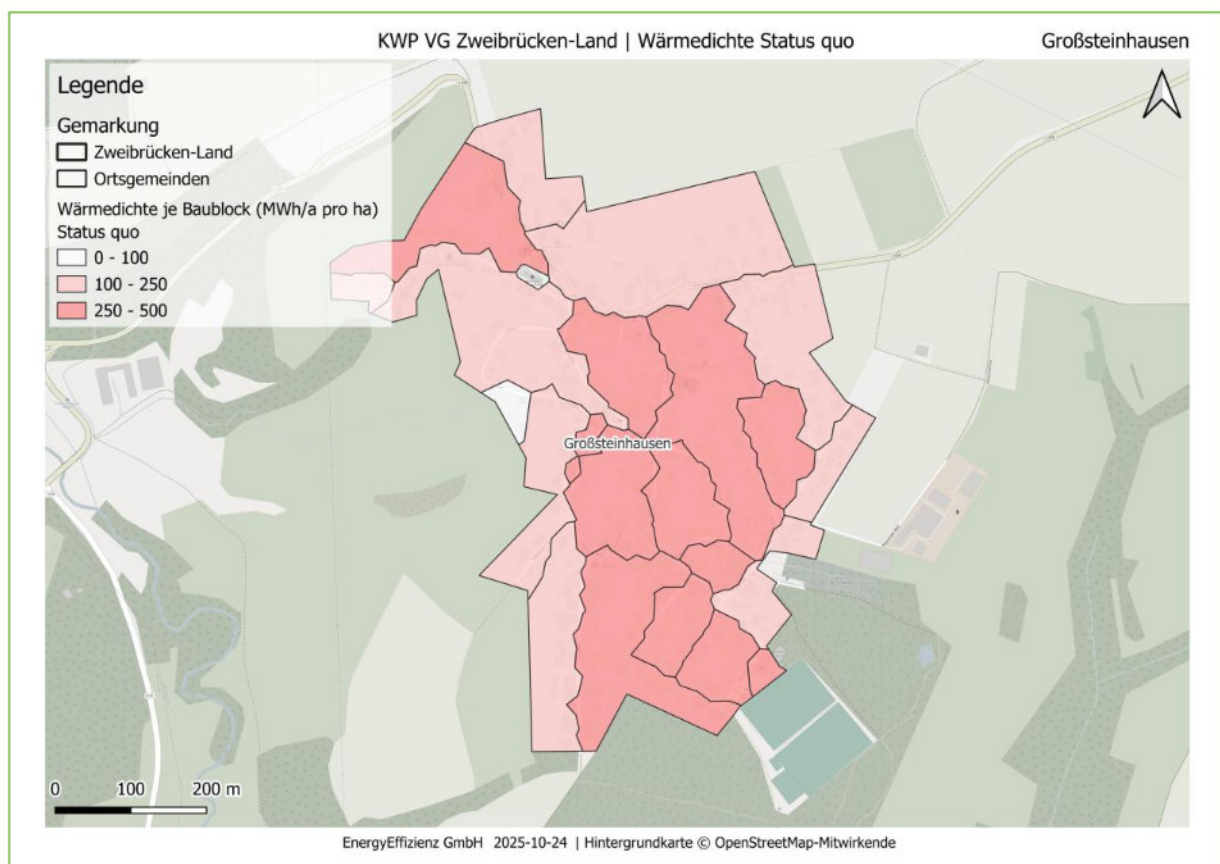


Abbildung 100: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Wärmedichte im Status quo



Abbildung 101: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Wärmeliniendichte im Status quo

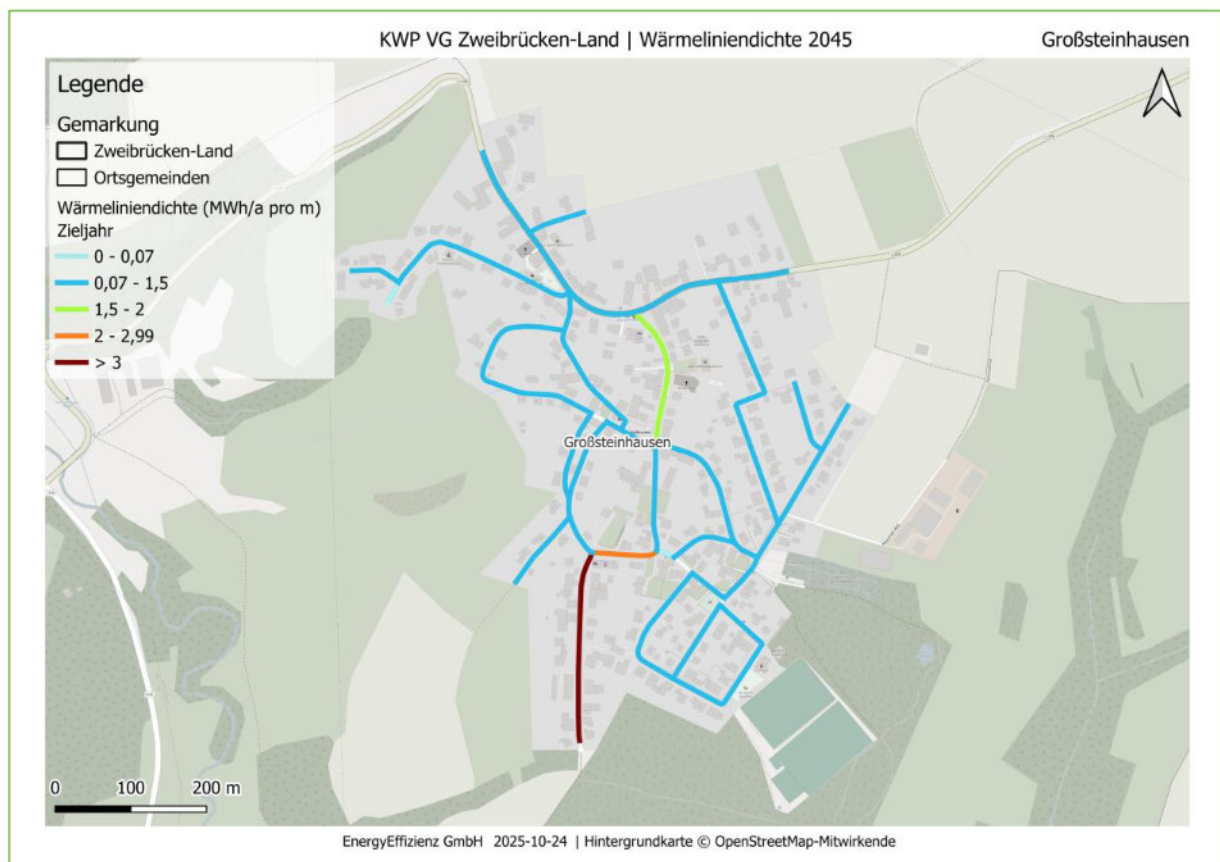


Abbildung 102: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

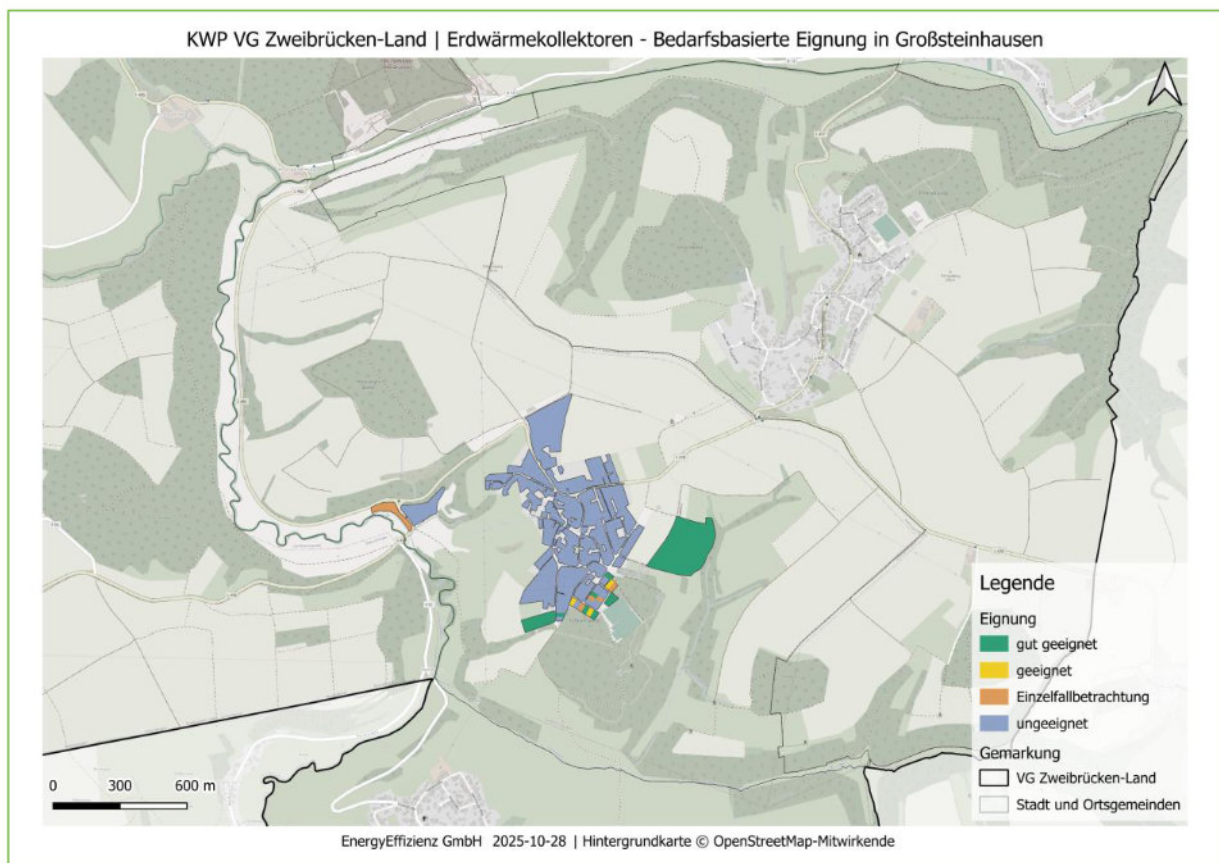


Abbildung 103: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

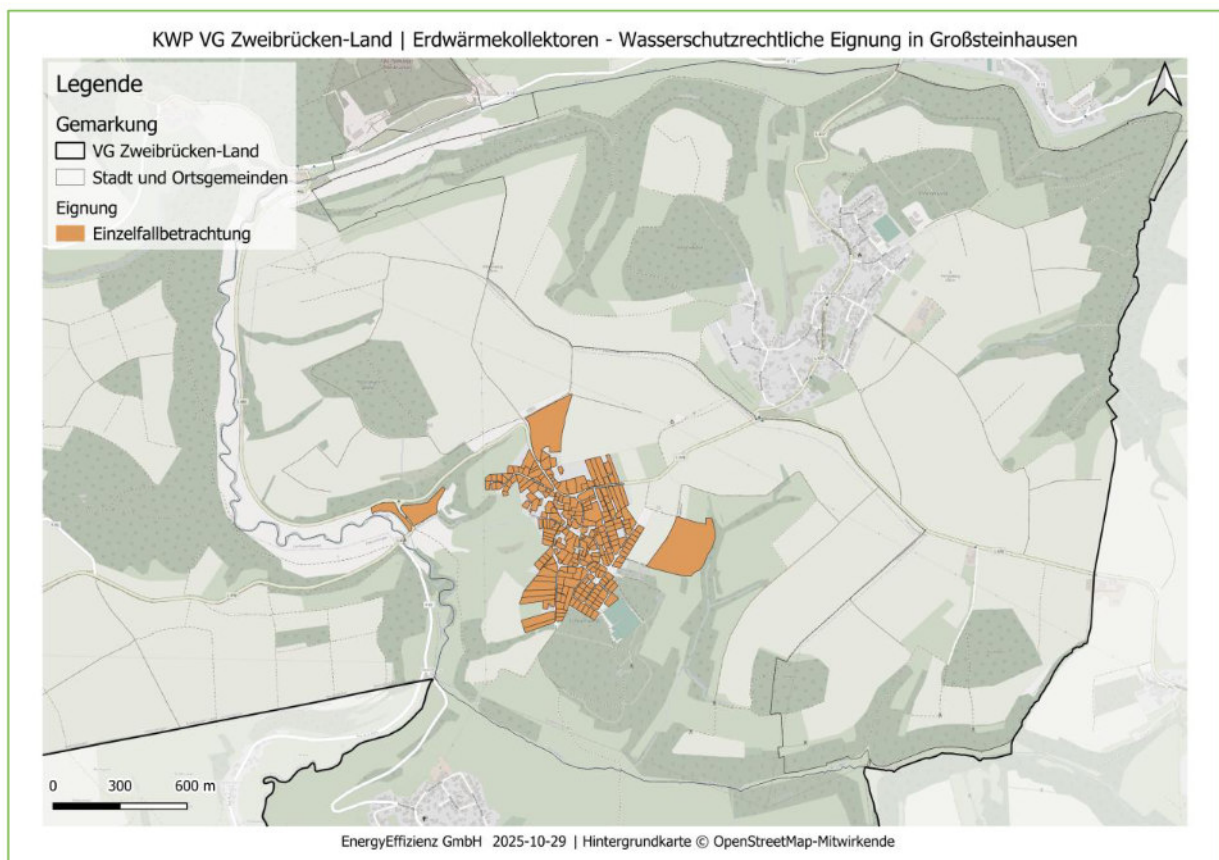


Abbildung 104: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

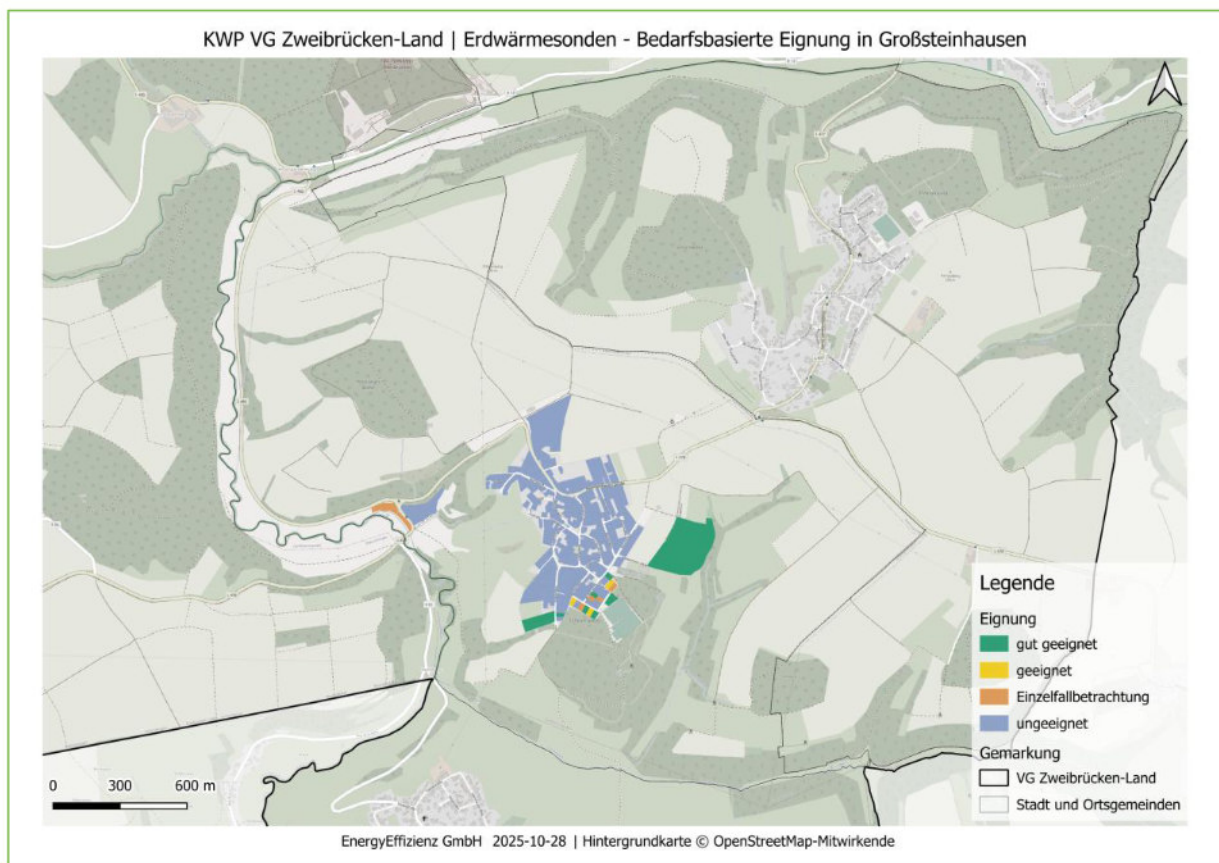


Abbildung 105: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

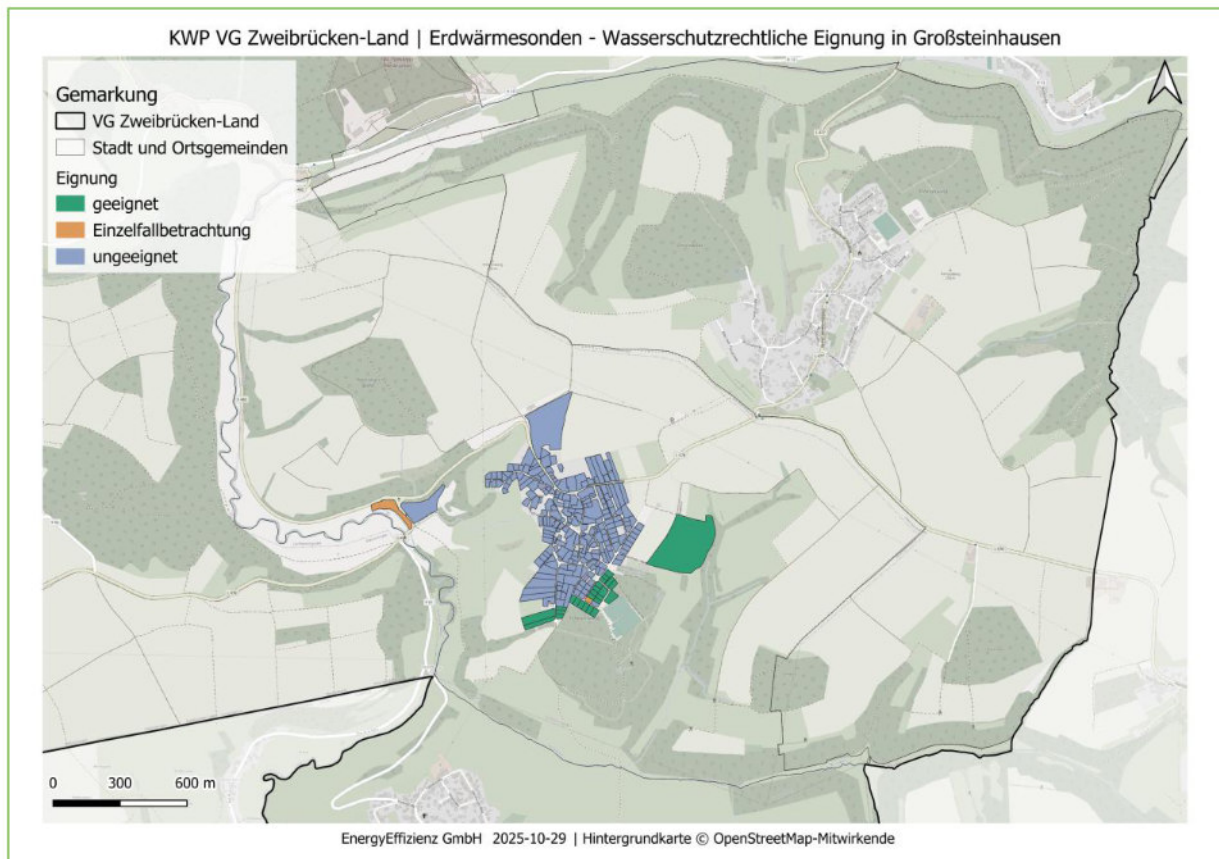


Abbildung 106: Verbandsgemeinde Großsteinhausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang I: Stadt Hornbach

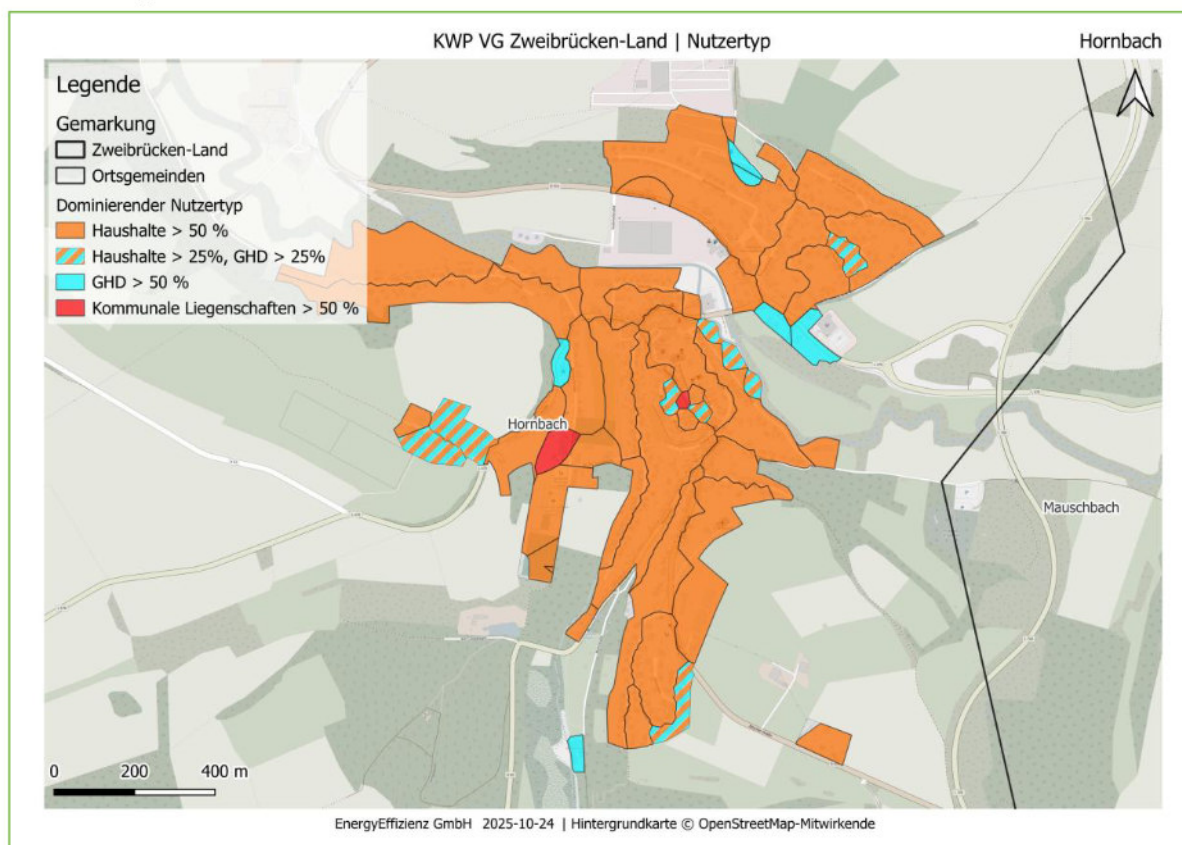


Abbildung 107: Stadt Hornbach: Dominierende Sektoren

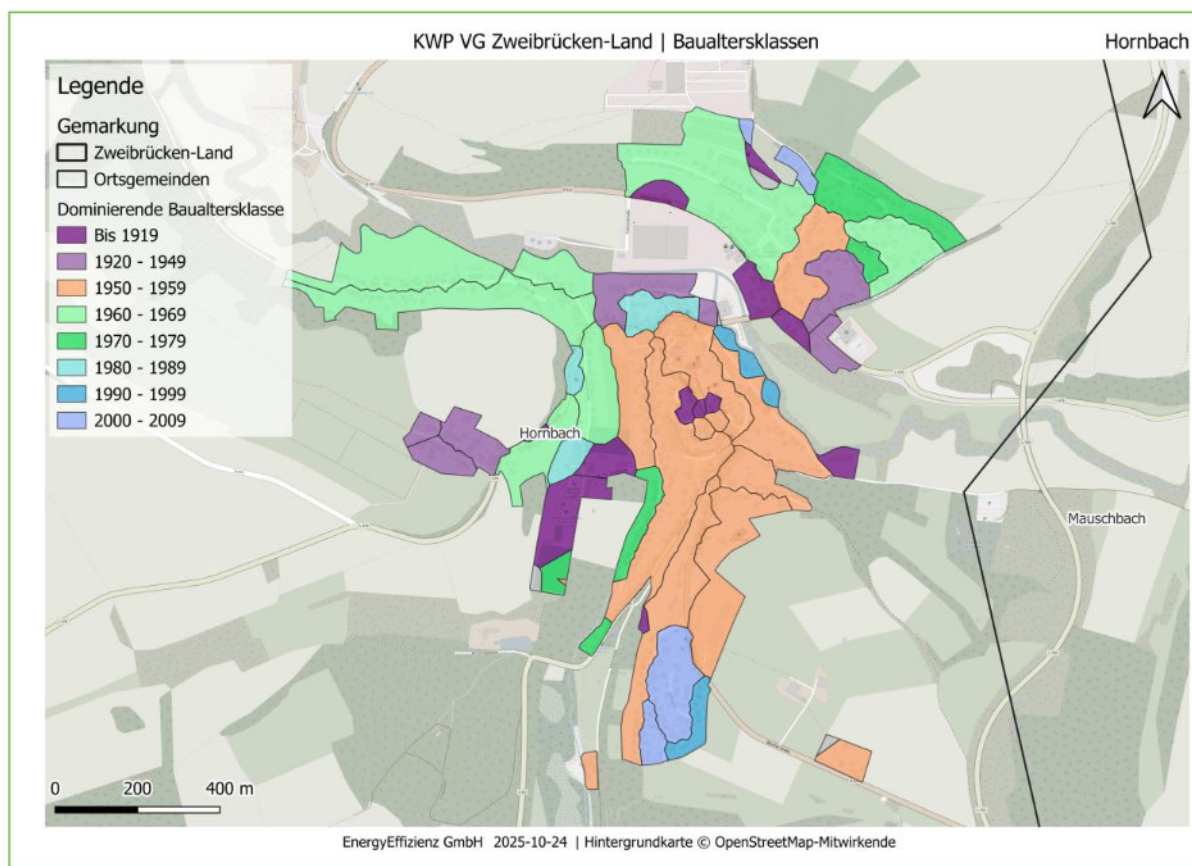


Abbildung 108: Stadt Hornbach: Baualtersklassen

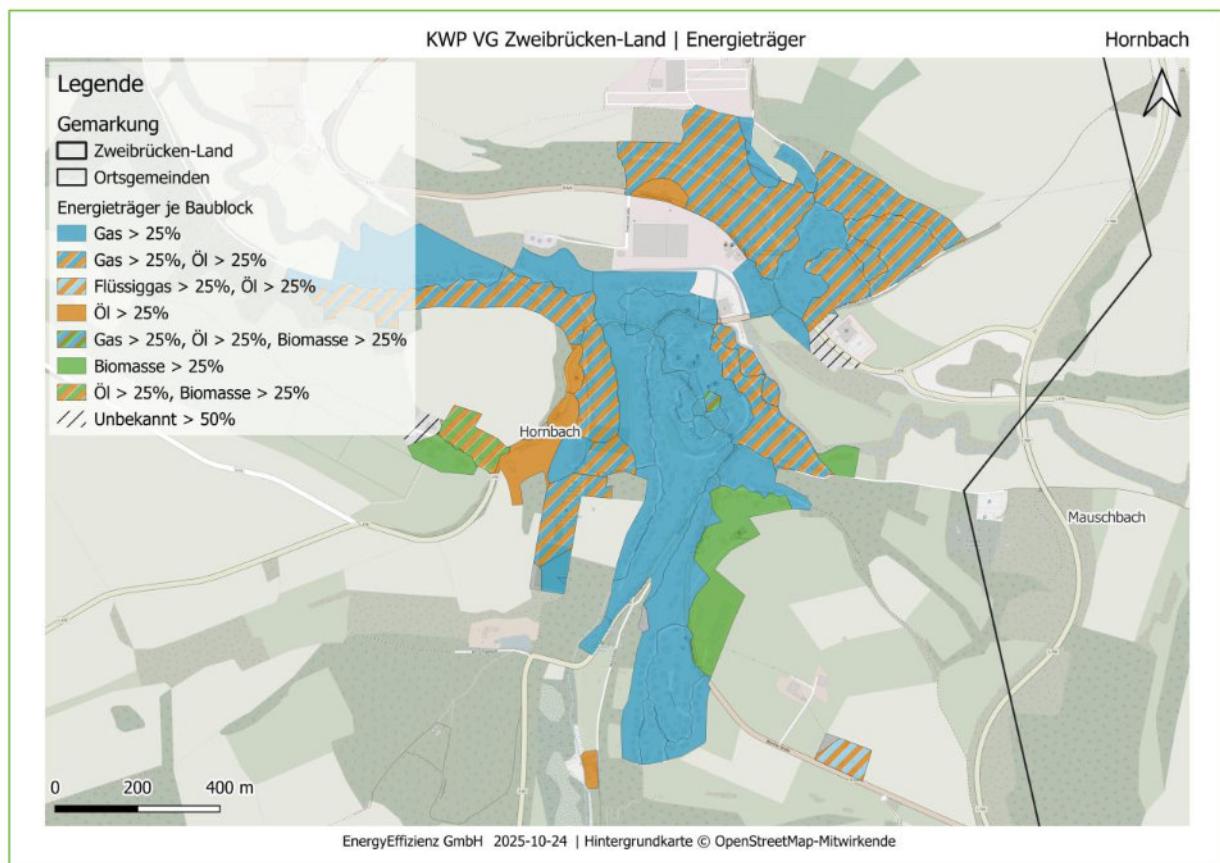


Abbildung 109: Stadt Hornbach: Energieträger im Status quo (2024)

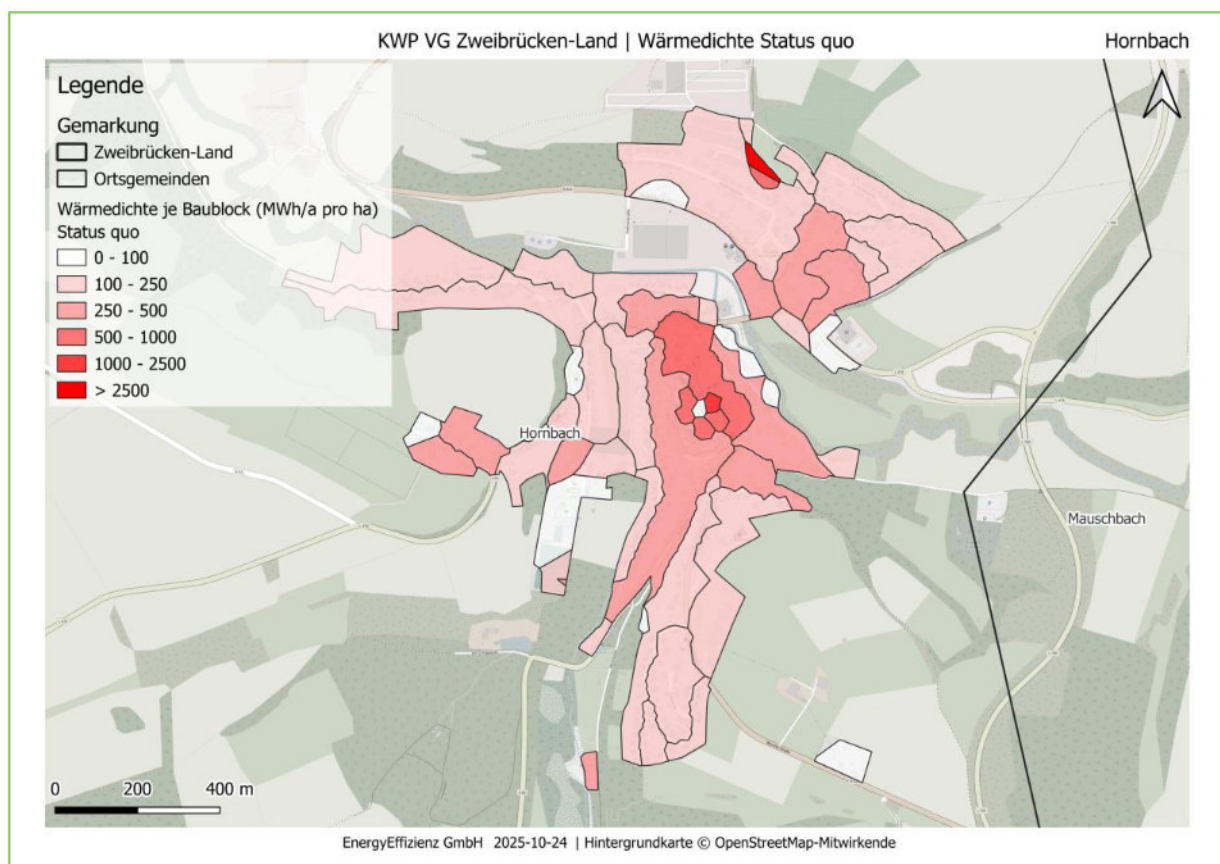


Abbildung 110: Stadt Hornbach: Wärmedichte im Status quo

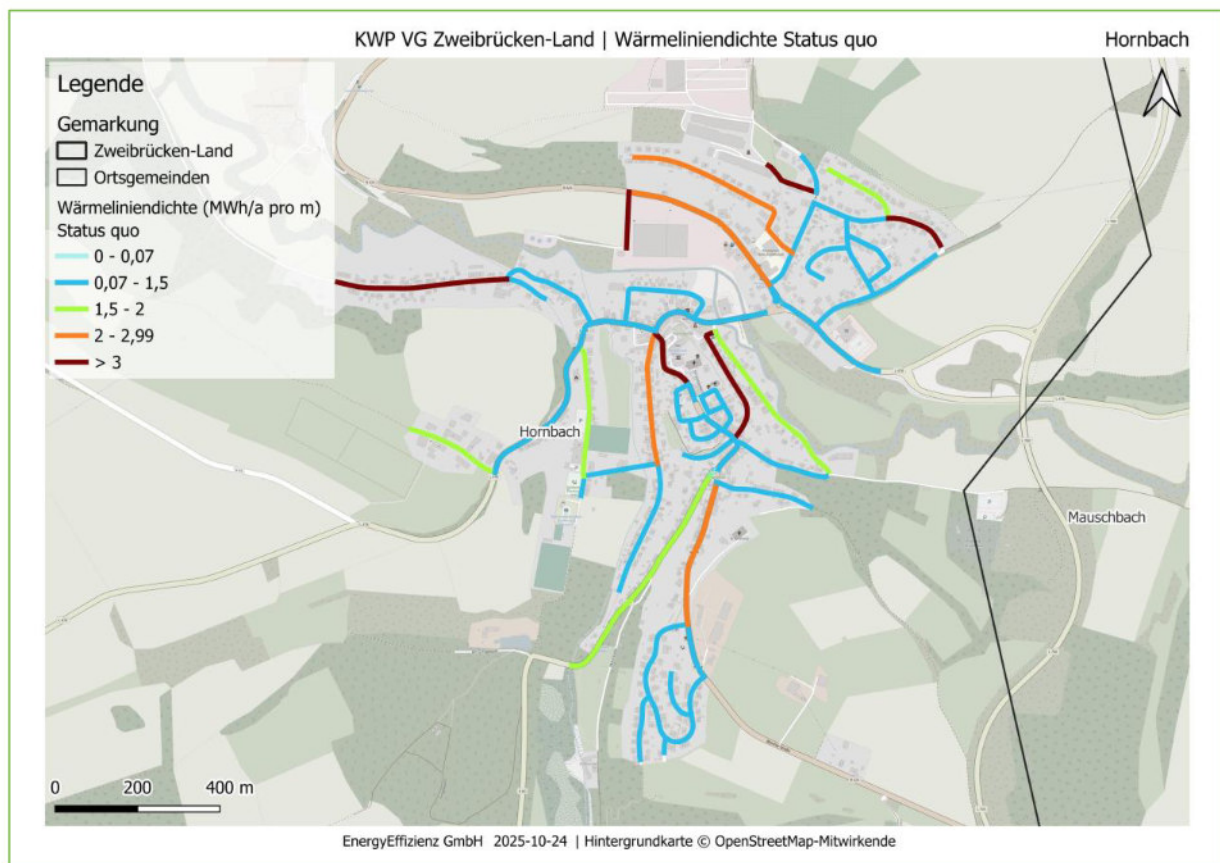


Abbildung 111: Stadt Hornbach: Wärmeliniendichte im Status quo

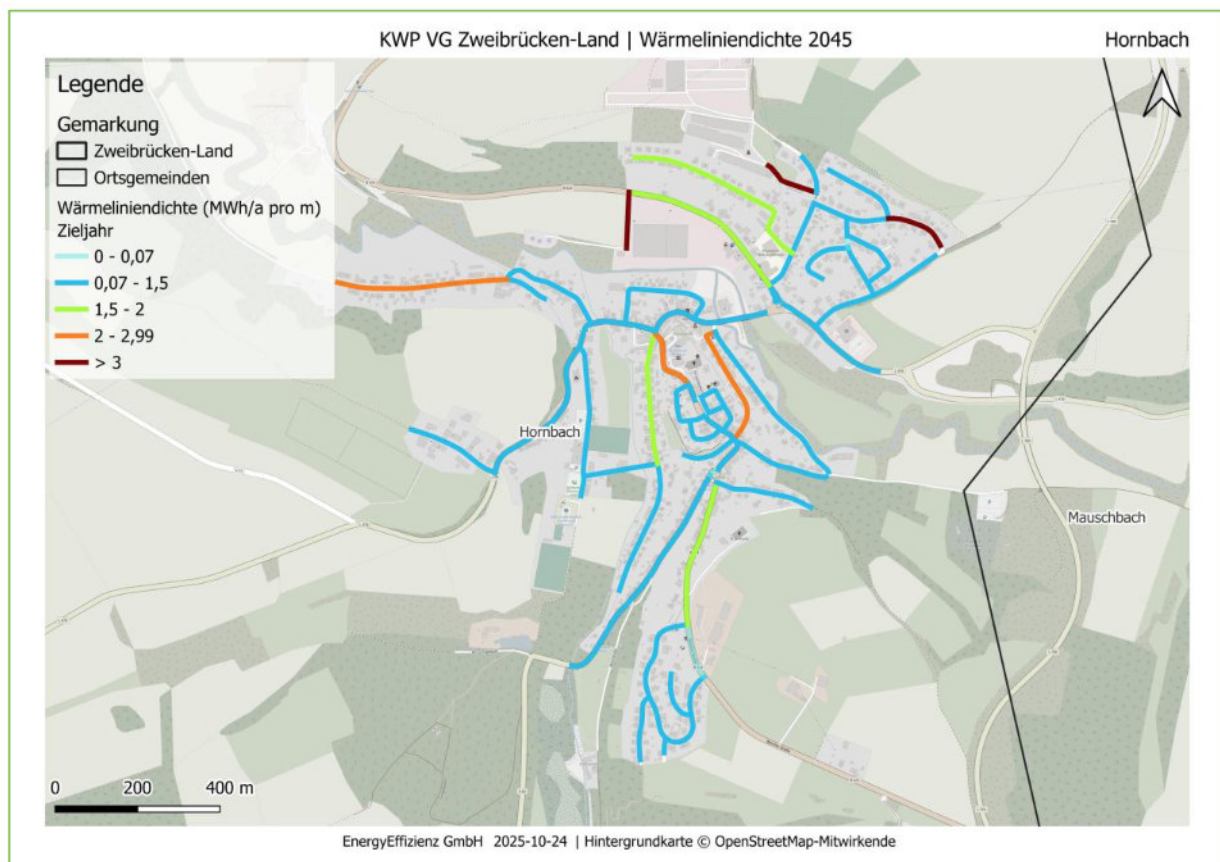


Abbildung 112: Stadt Hornbach: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

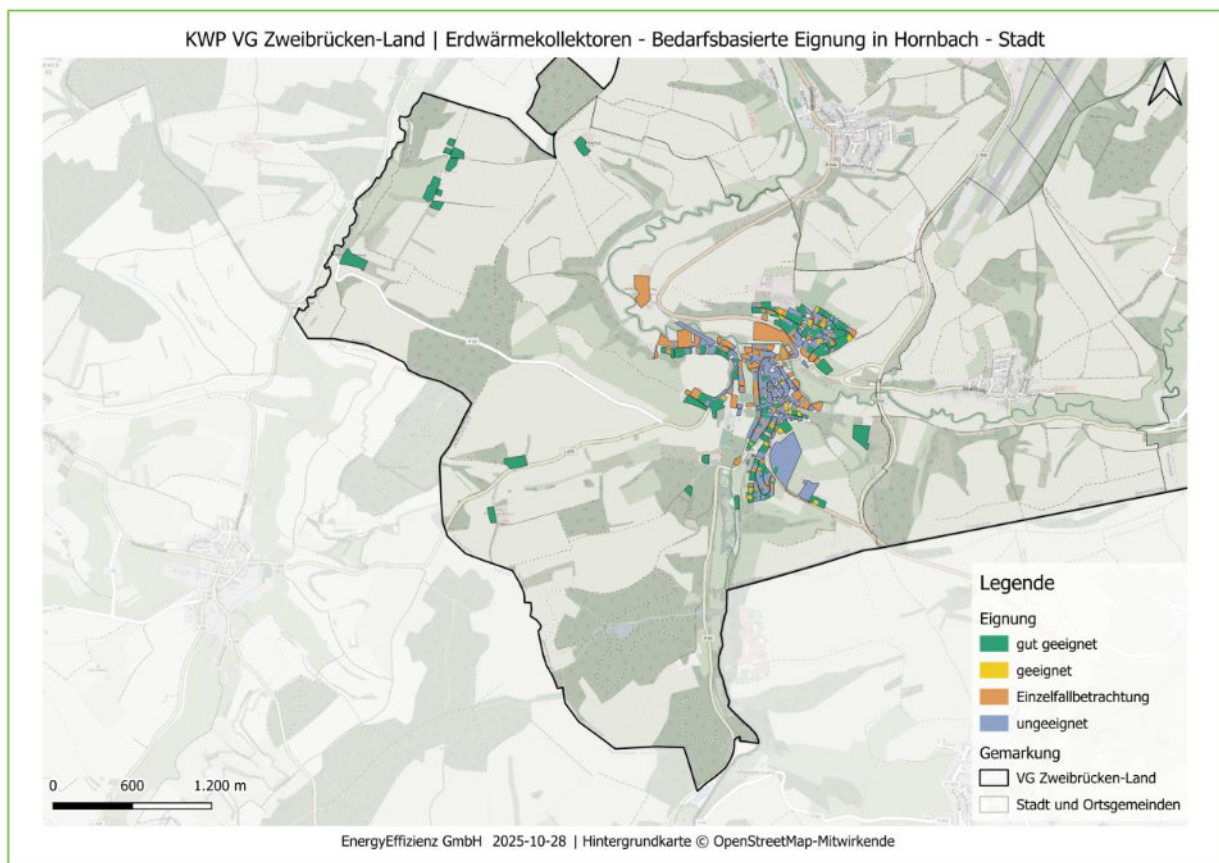


Abbildung 113: Stadt Hornbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

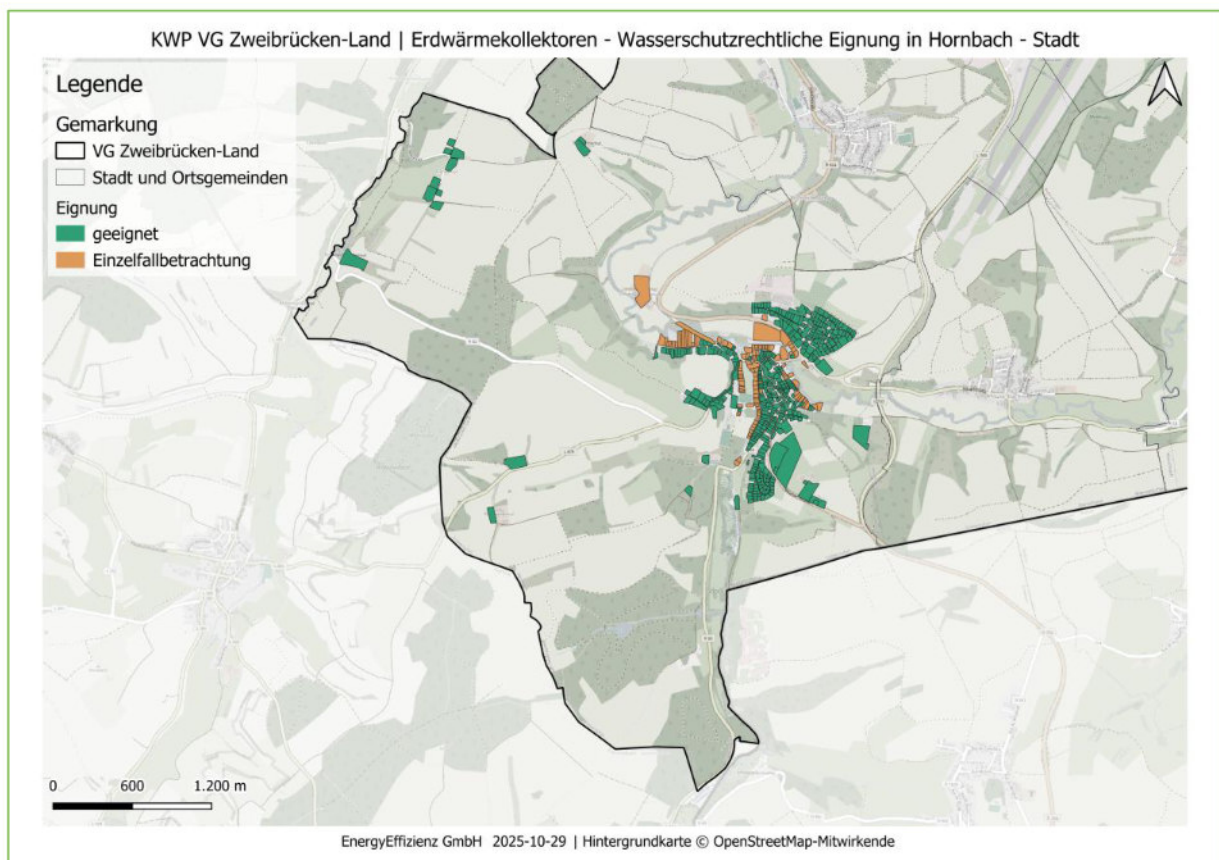


Abbildung 114: Stadt Hornbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

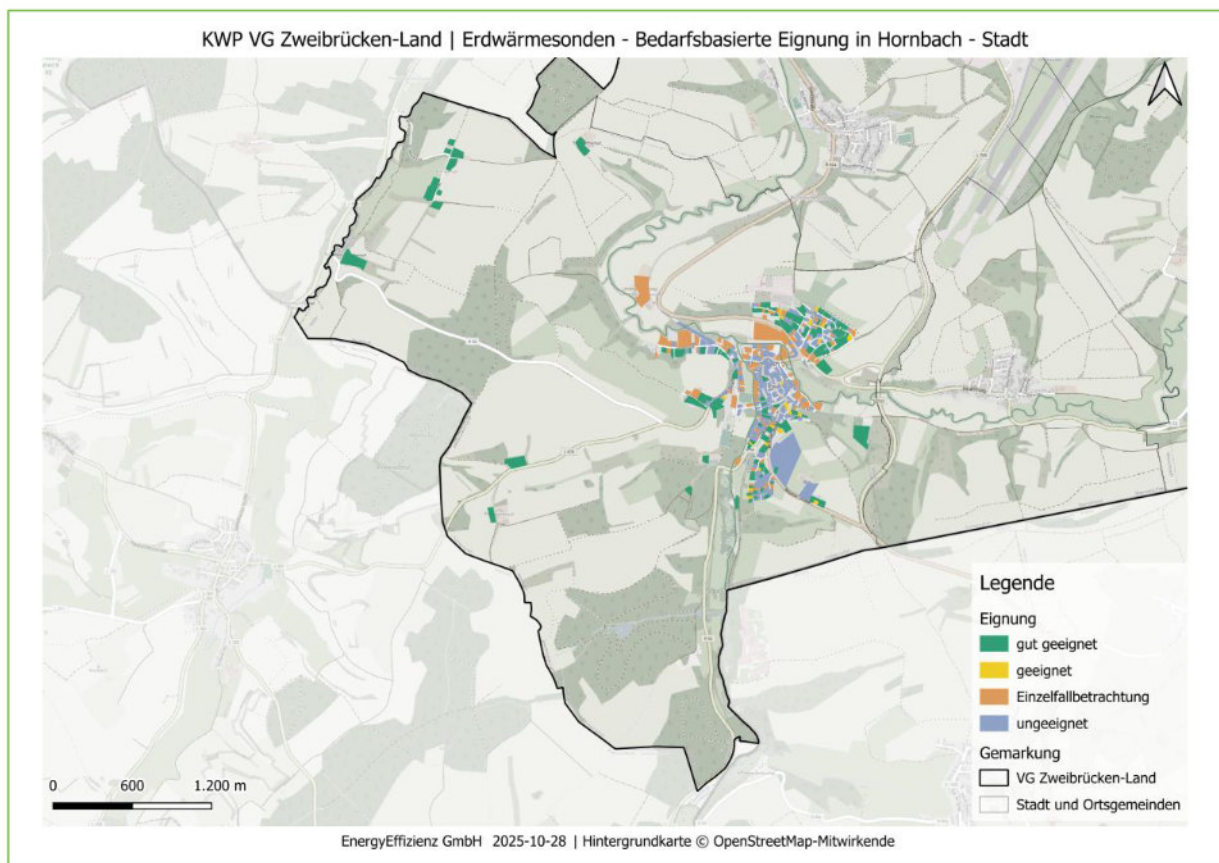


Abbildung 115: Stadt Hornbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

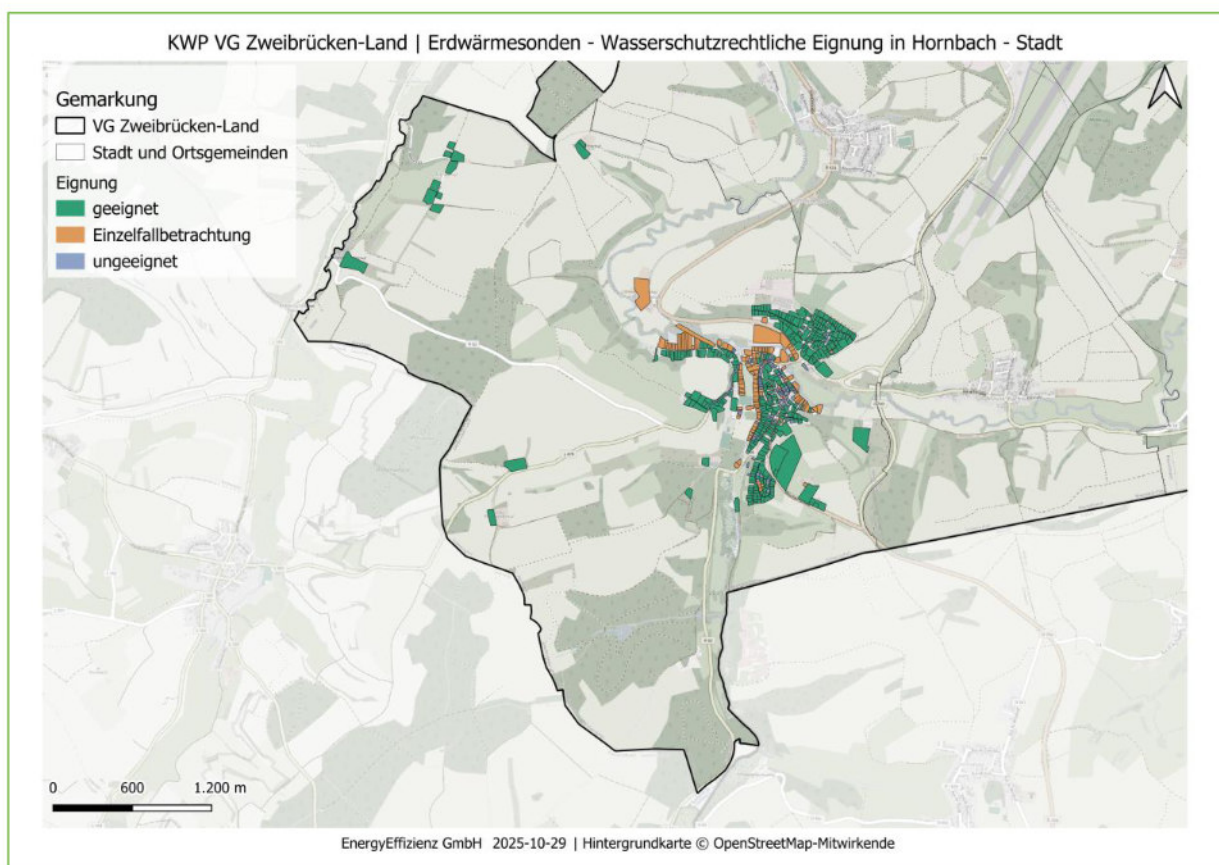


Abbildung 116: Stadt Hornbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang J: Käshofen

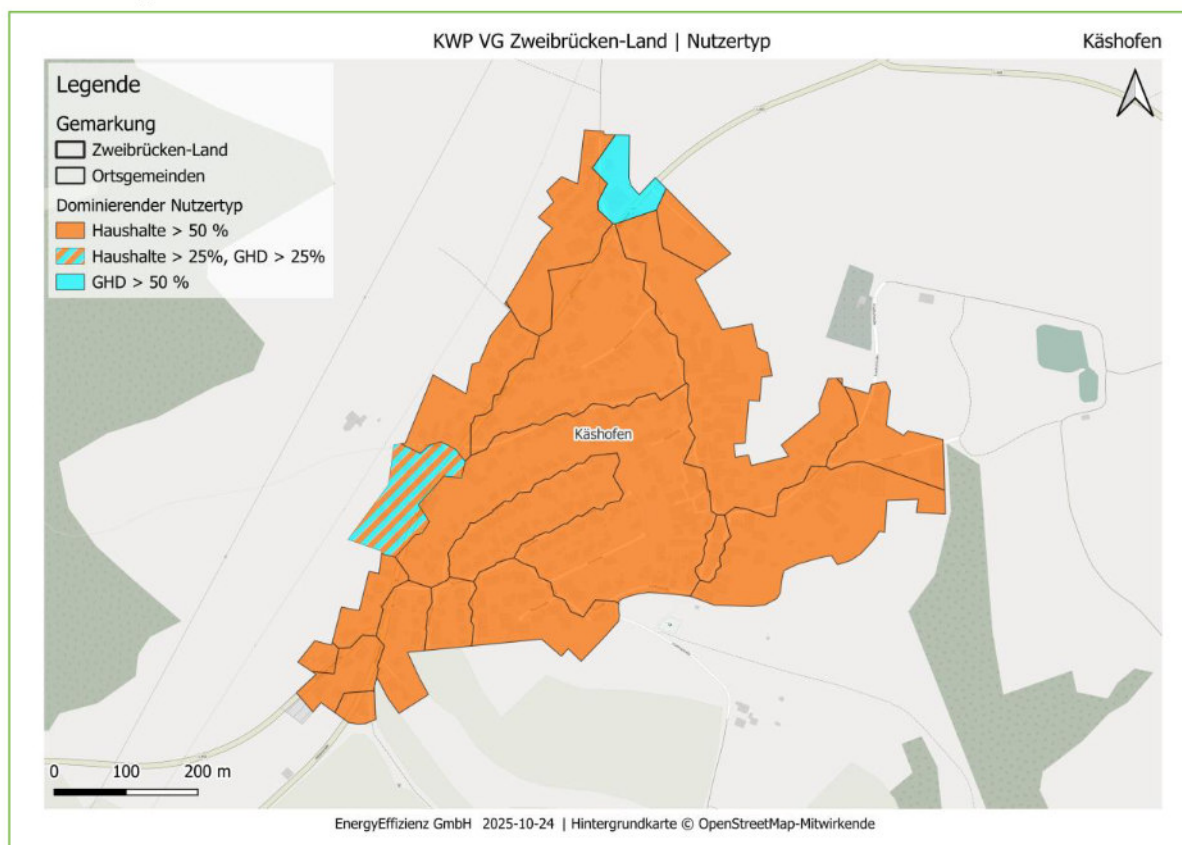


Abbildung 117: Verbandsgemeinde Käshofen: Dominierende Sektoren

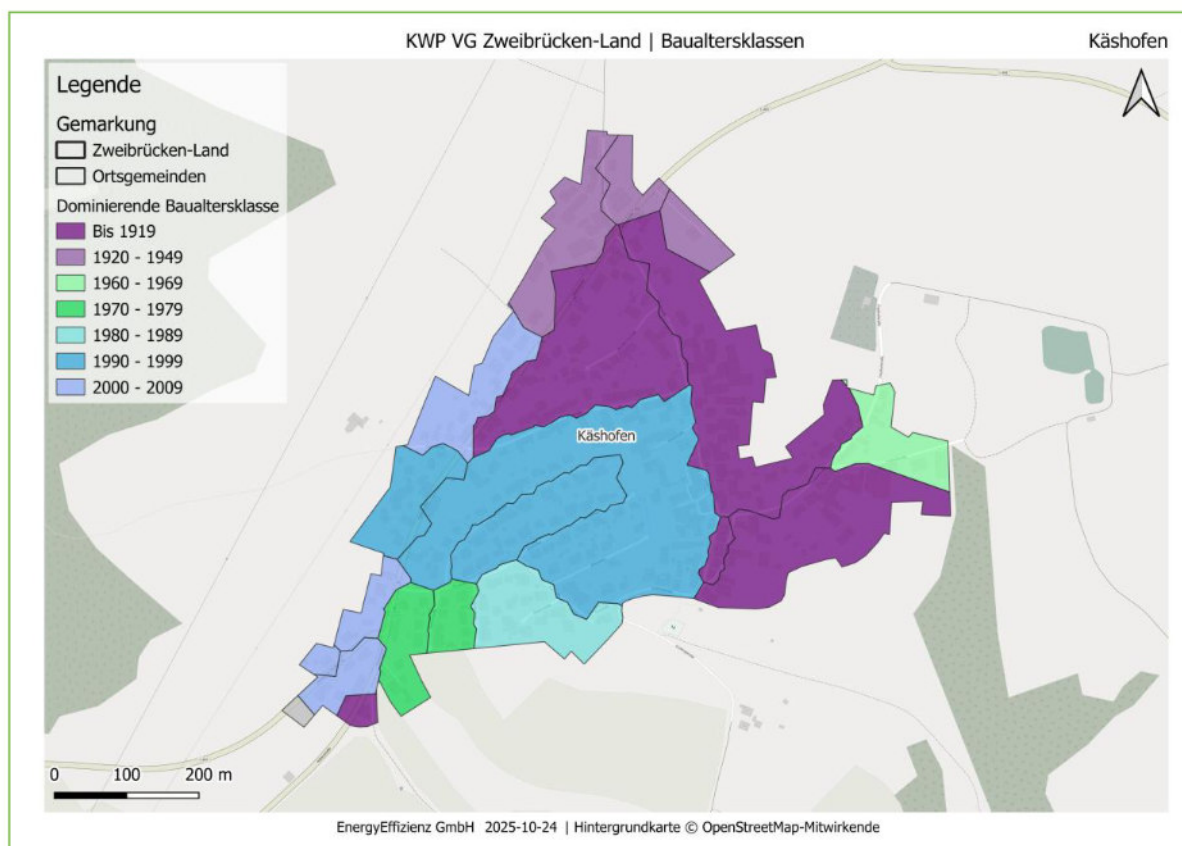


Abbildung 118: Verbandsgemeinde Käshofen: Baualtersklassen

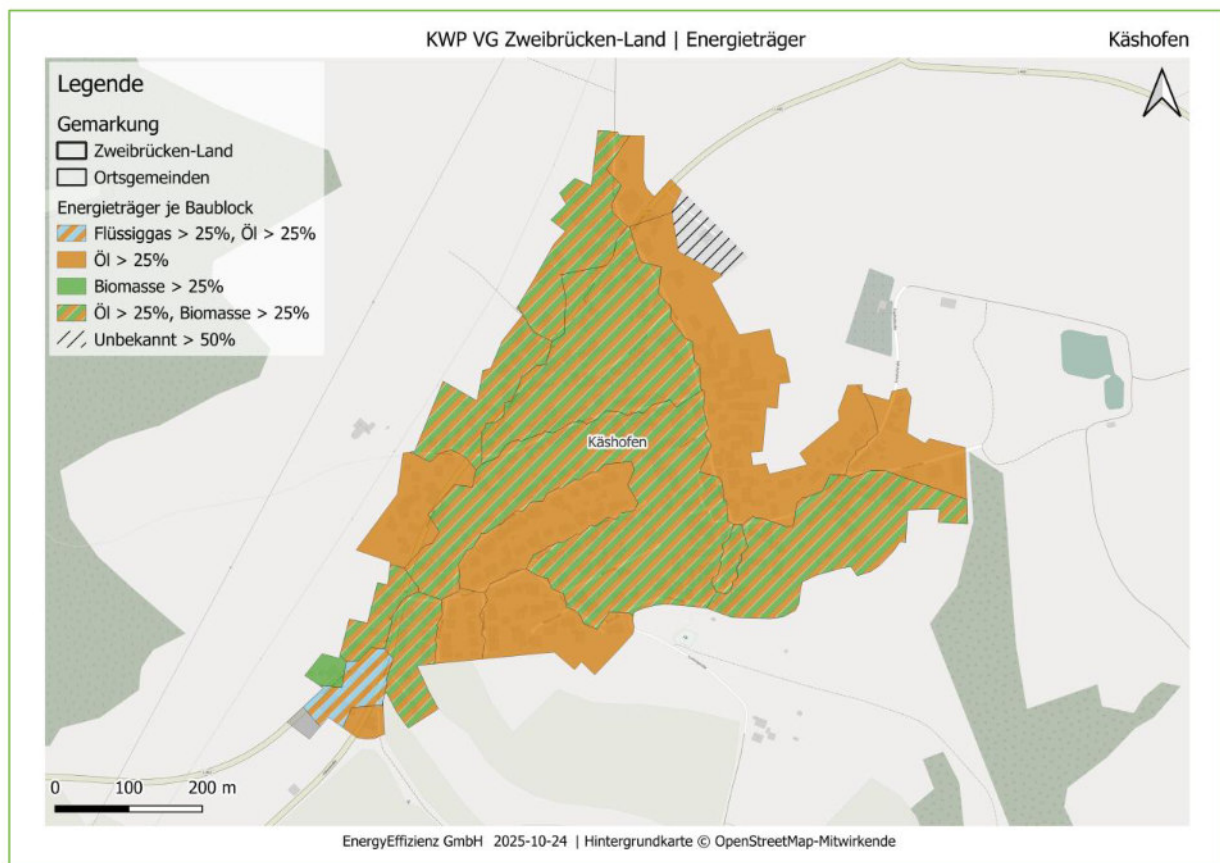


Abbildung 119: Verbandsgemeinde Käshofen: Energieträger im Status quo (2024)

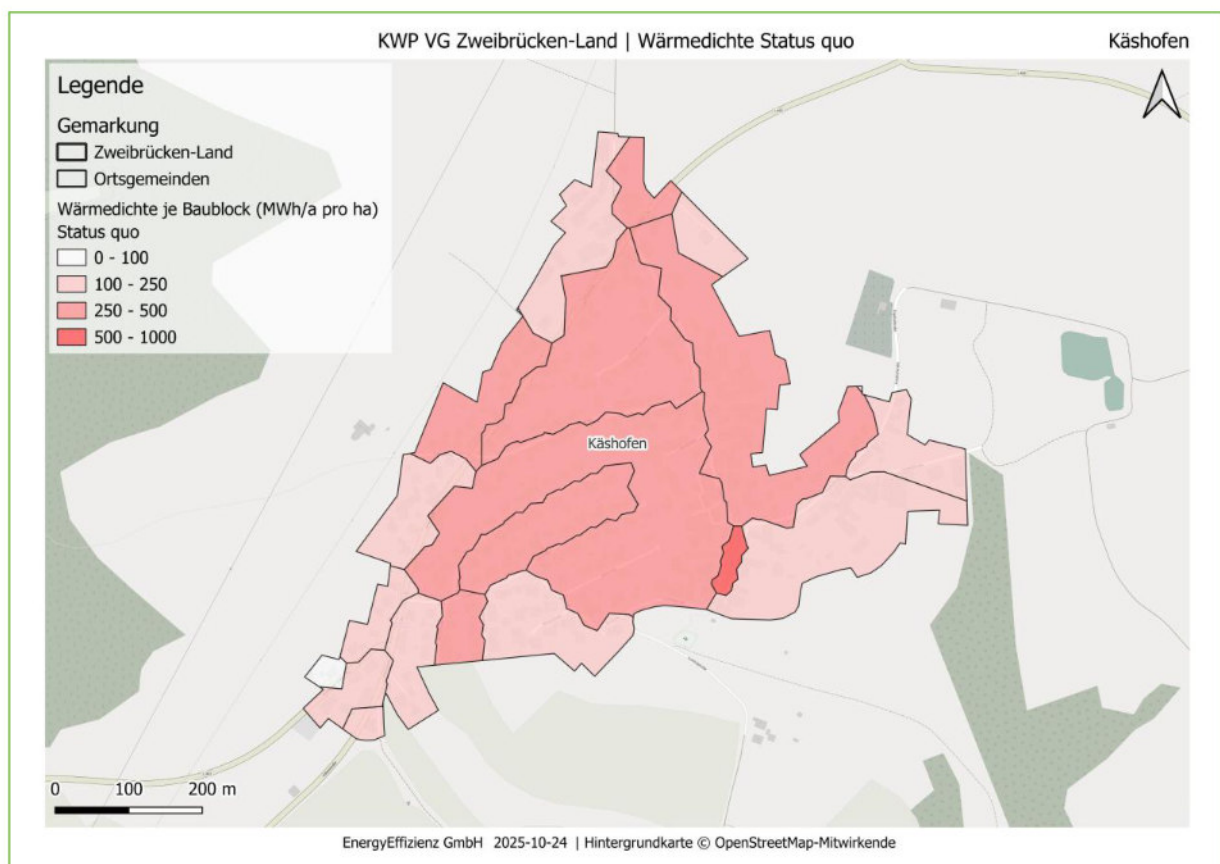


Abbildung 120: Verbandsgemeinde Käshofen: Wärmedichte im Status quo

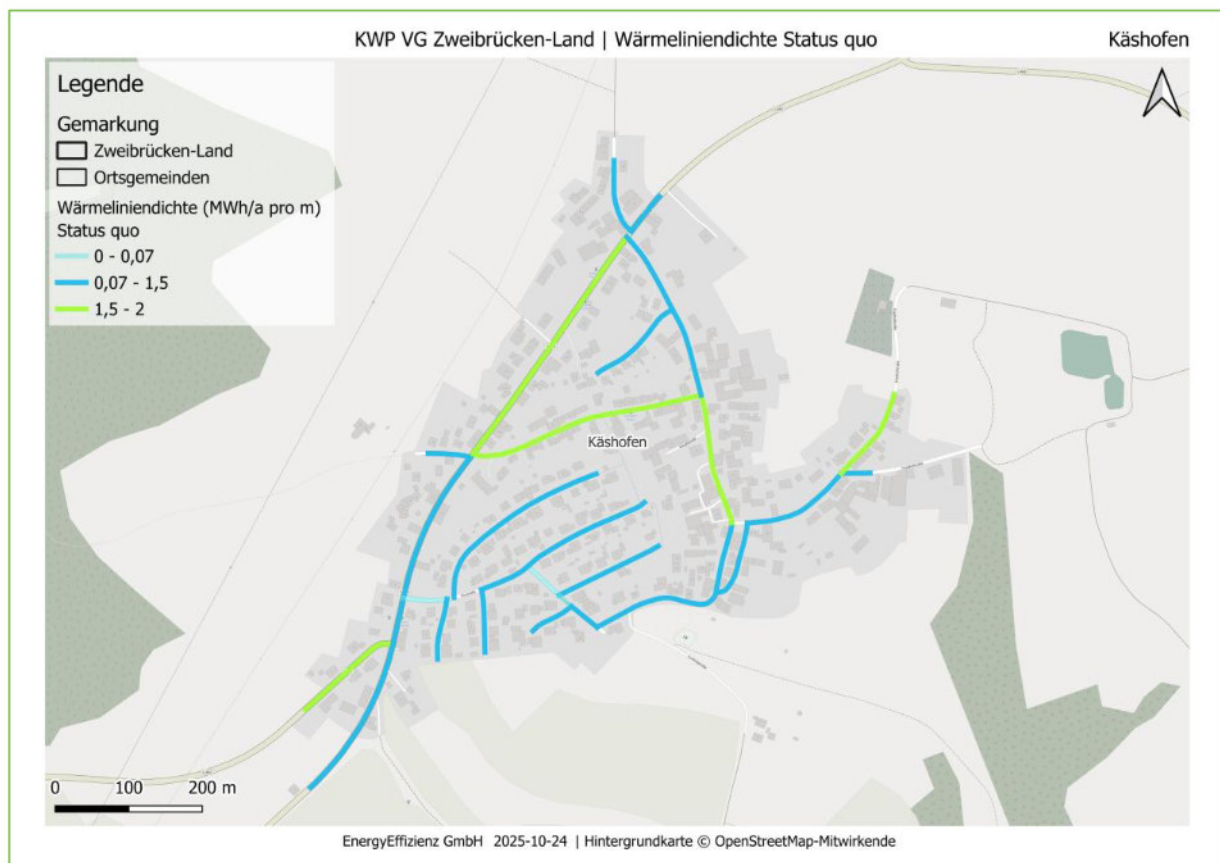


Abbildung 121: Verbandsgemeinde Käshofen: Wärmeliniendichte im Status quo

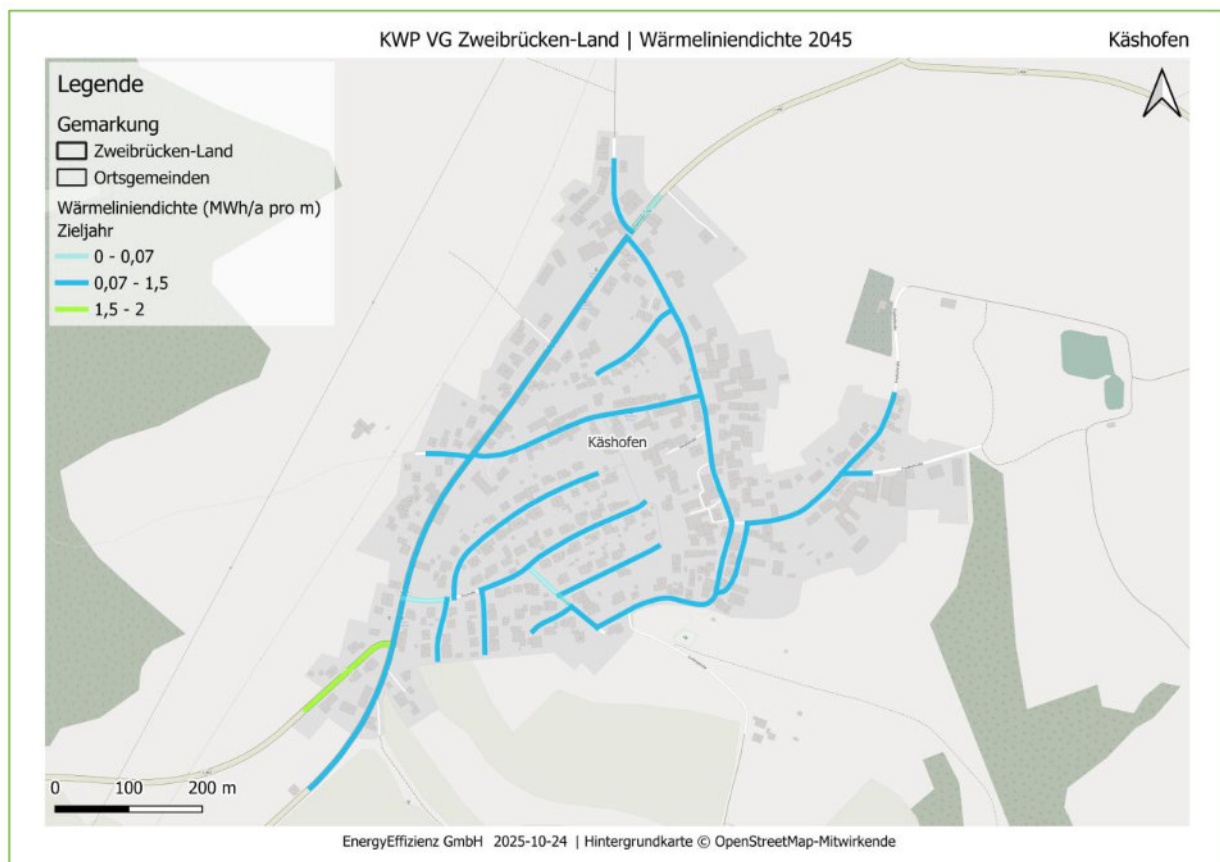


Abbildung 122: Verbandsgemeinde Käshofen: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

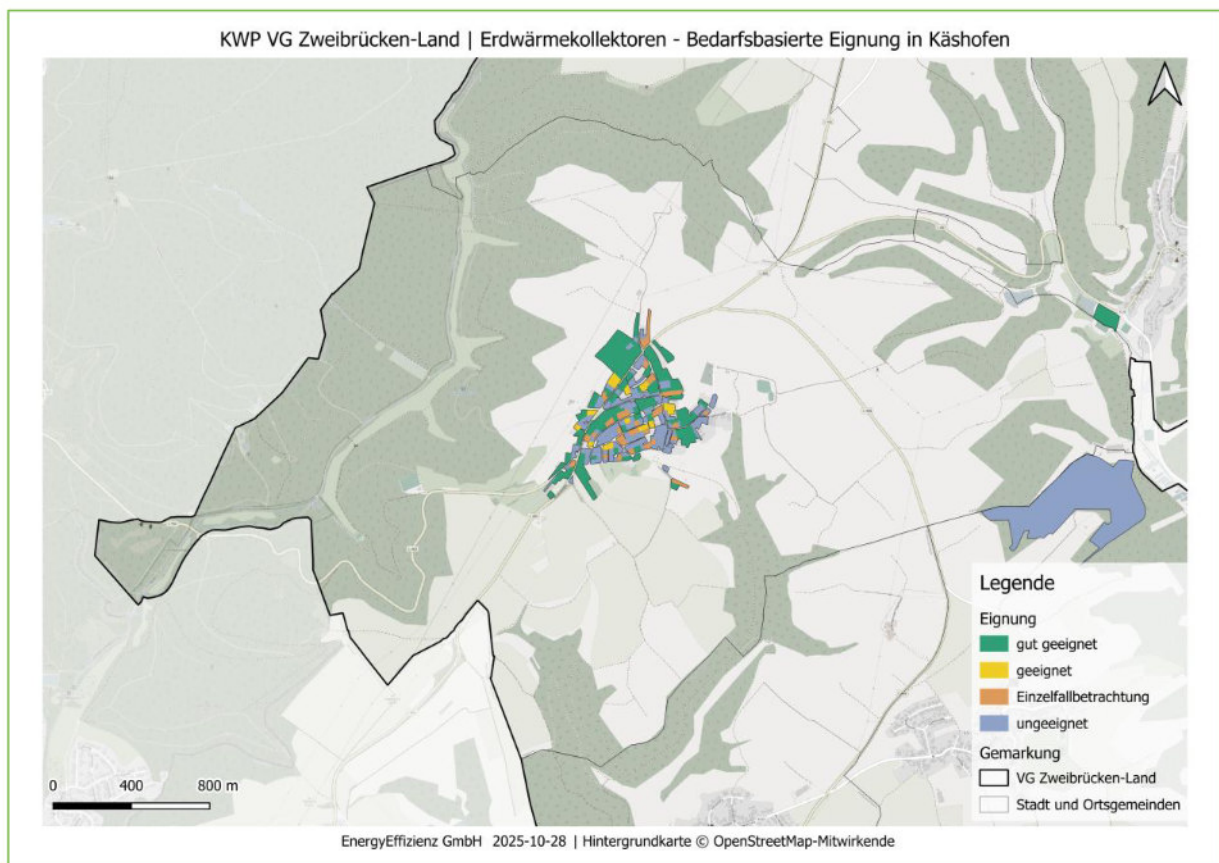


Abbildung 123: Verbandsgemeinde Käshofen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

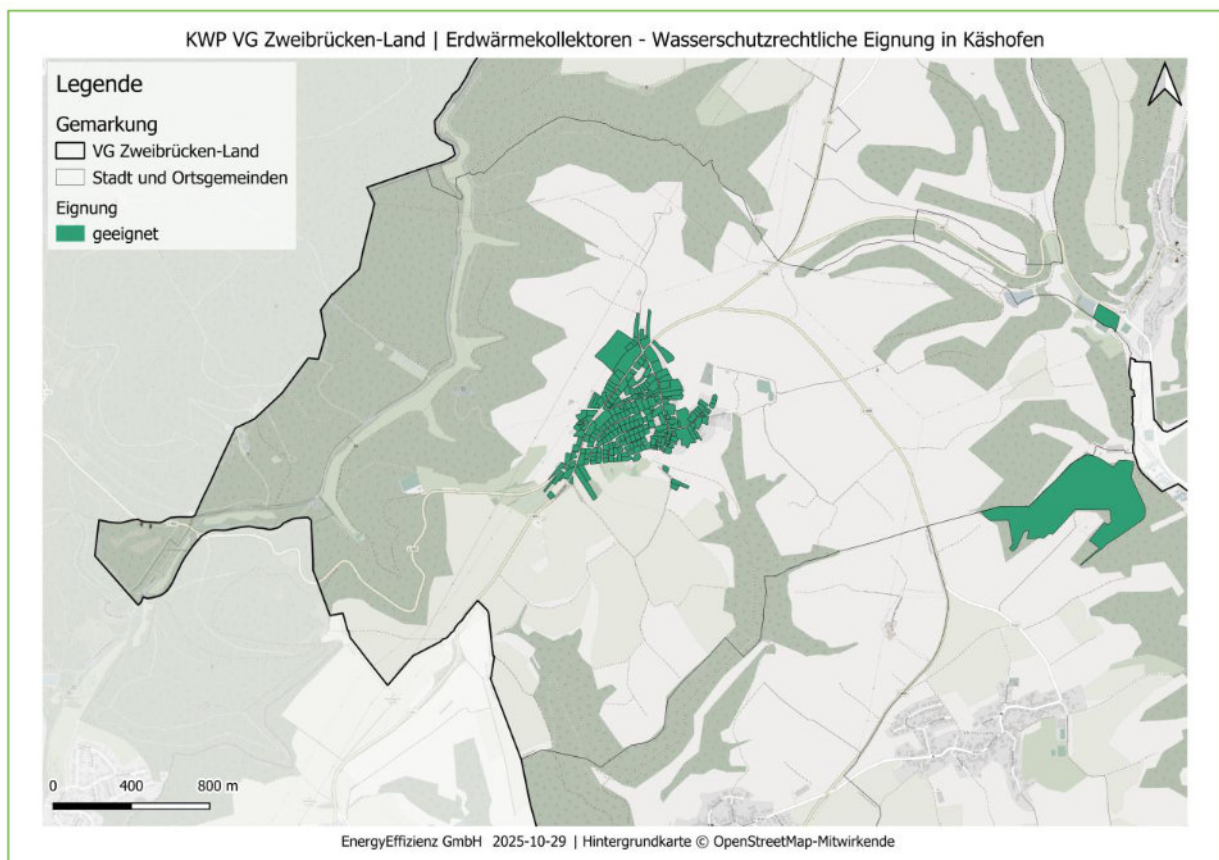


Abbildung 124: Verbandsgemeinde Käshofen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

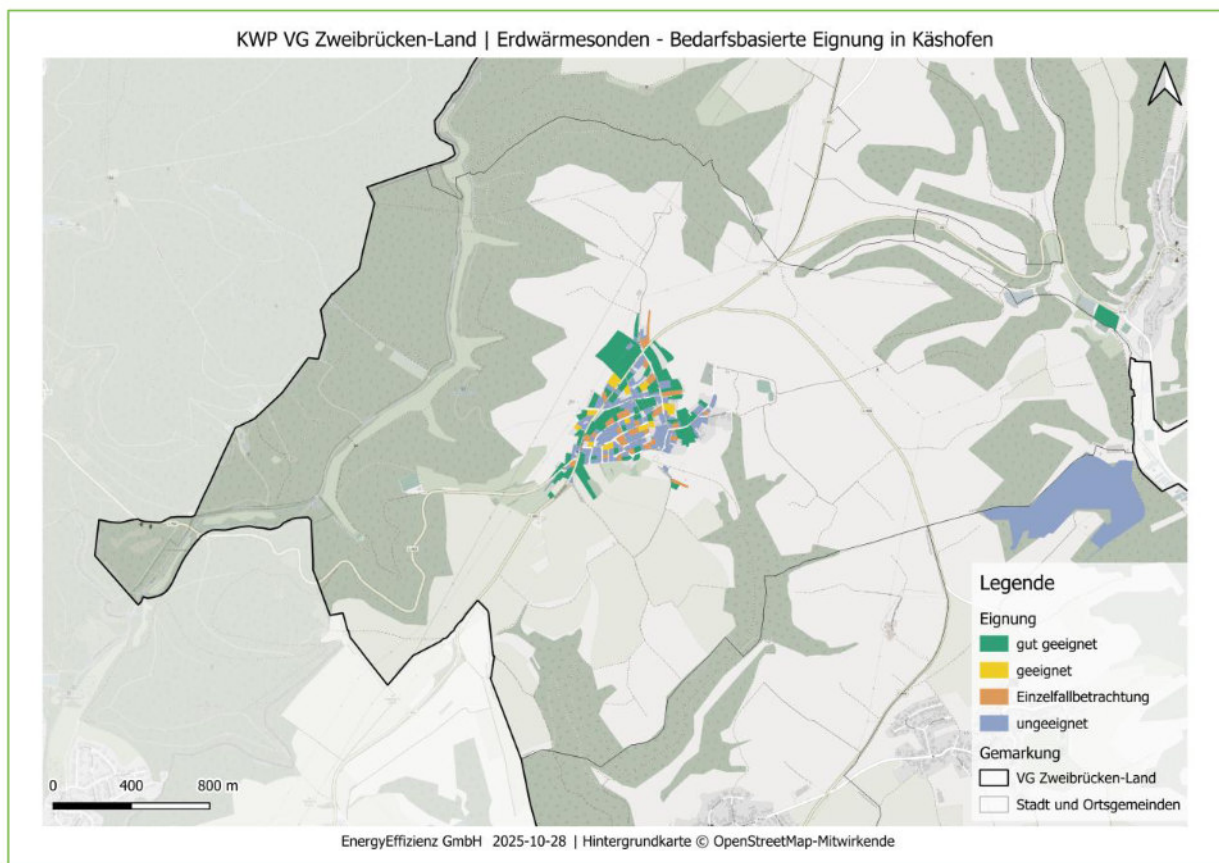


Abbildung 125: Verbandsgemeinde Käshofen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

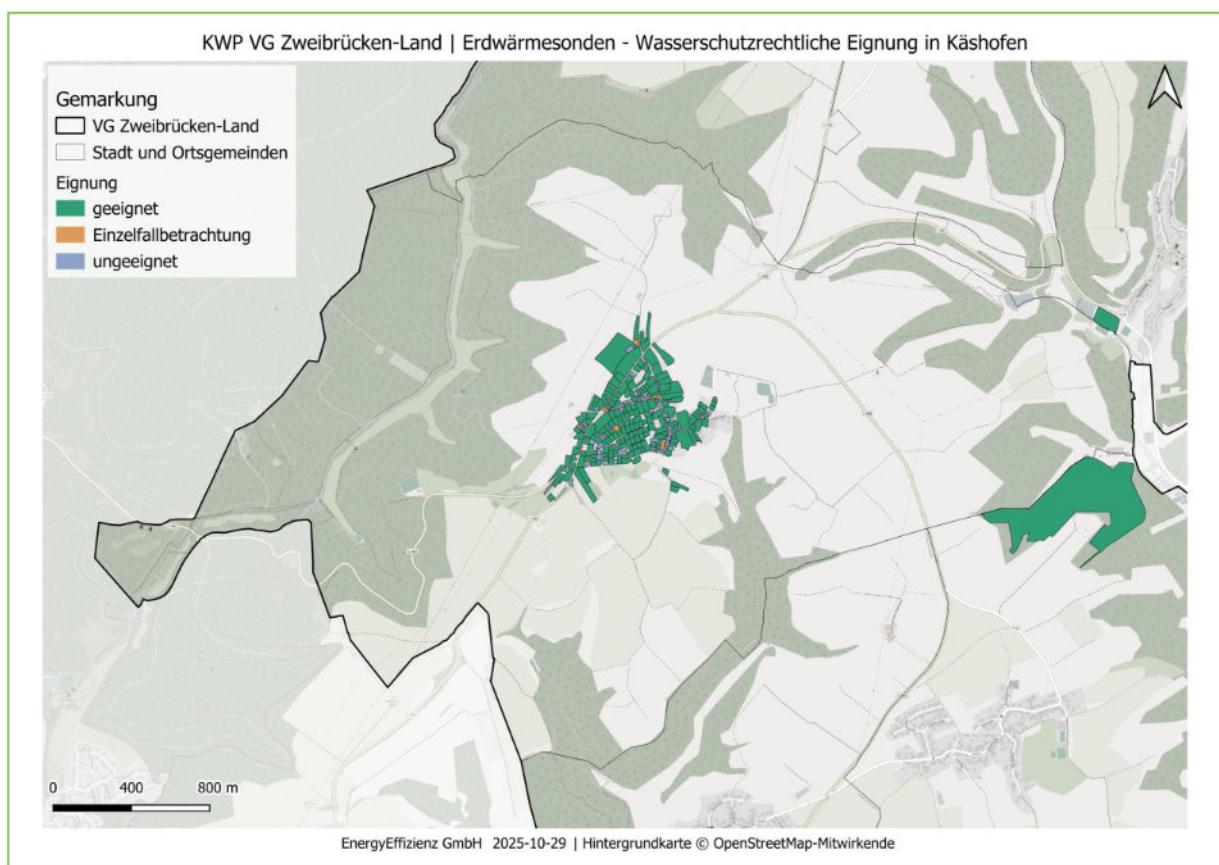


Abbildung 126: Verbandsgemeinde Käshofen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang K: Kleinbundenbach

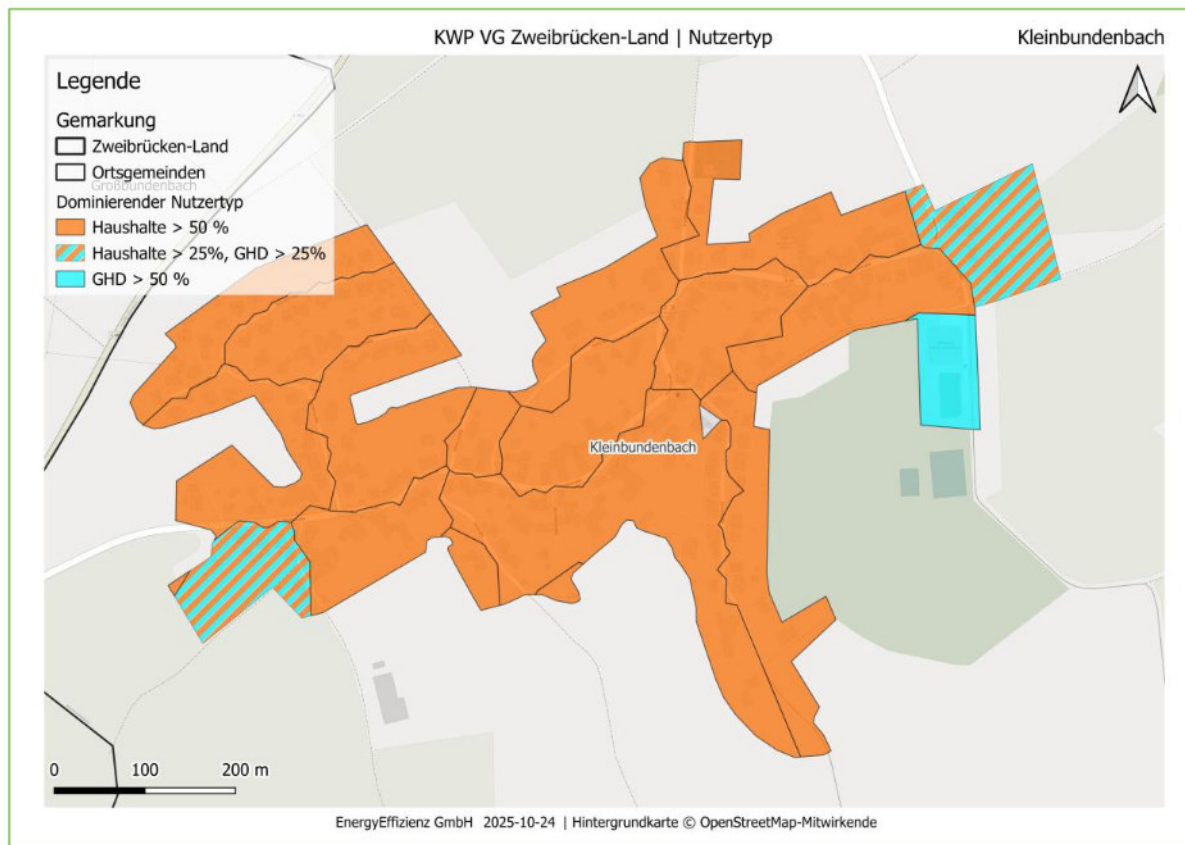


Abbildung 127: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Dominierende Sektoren

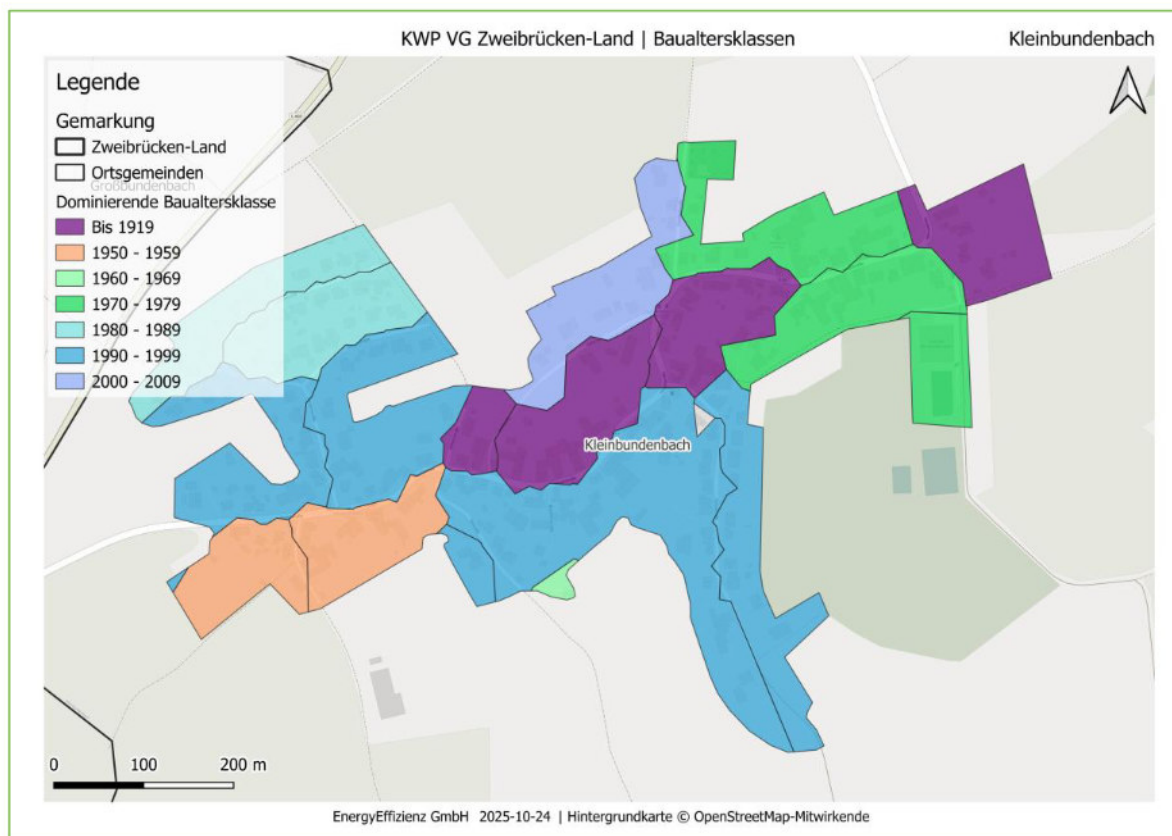


Abbildung 128: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Baualtersklassen

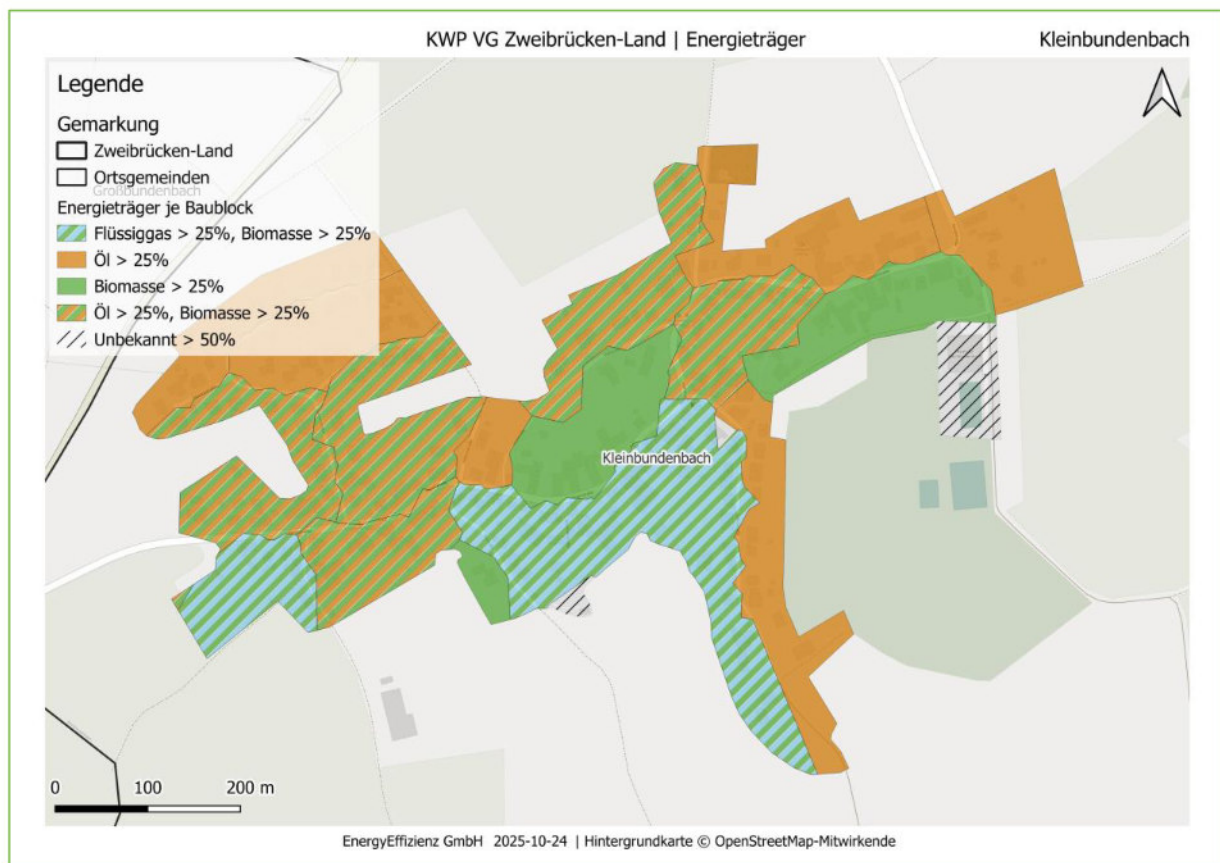


Abbildung 129: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Energieträger im Status quo (2024)

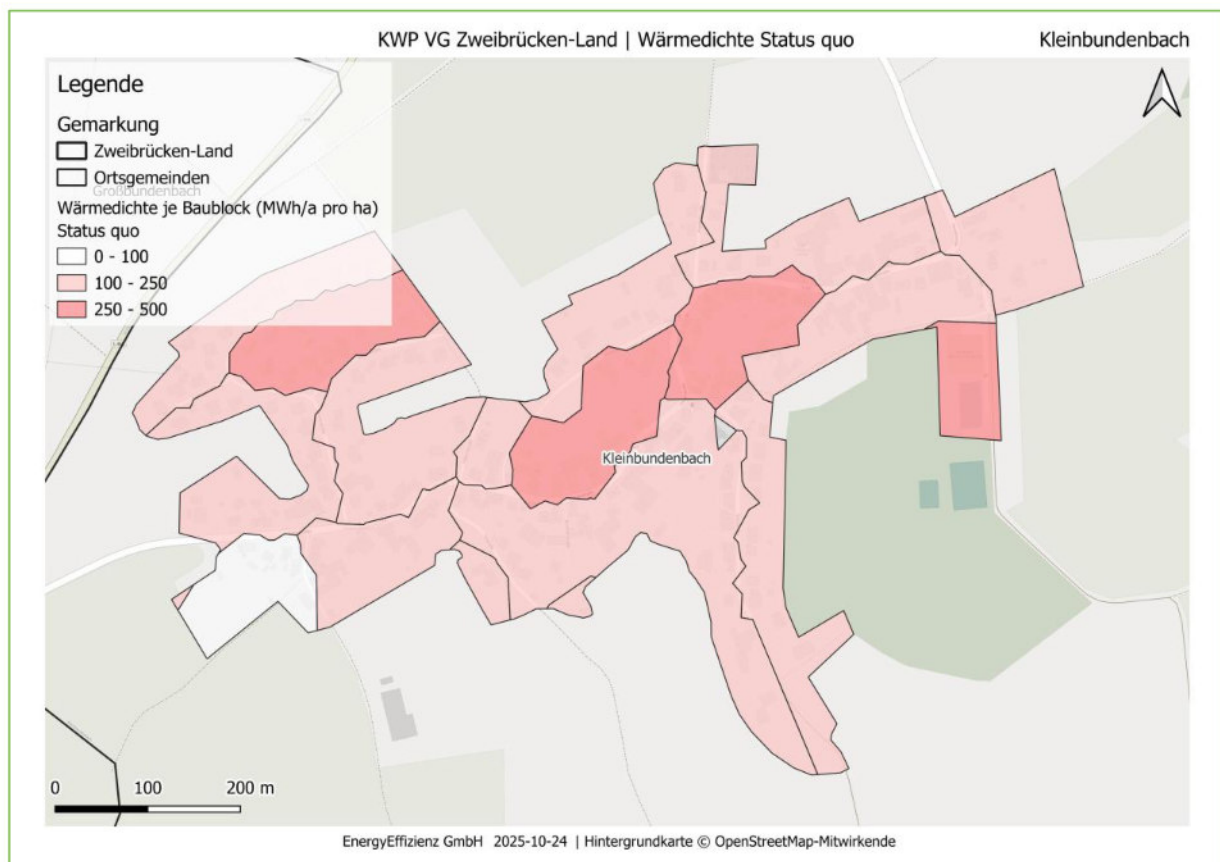


Abbildung 130: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Wärmedichte im Status quo

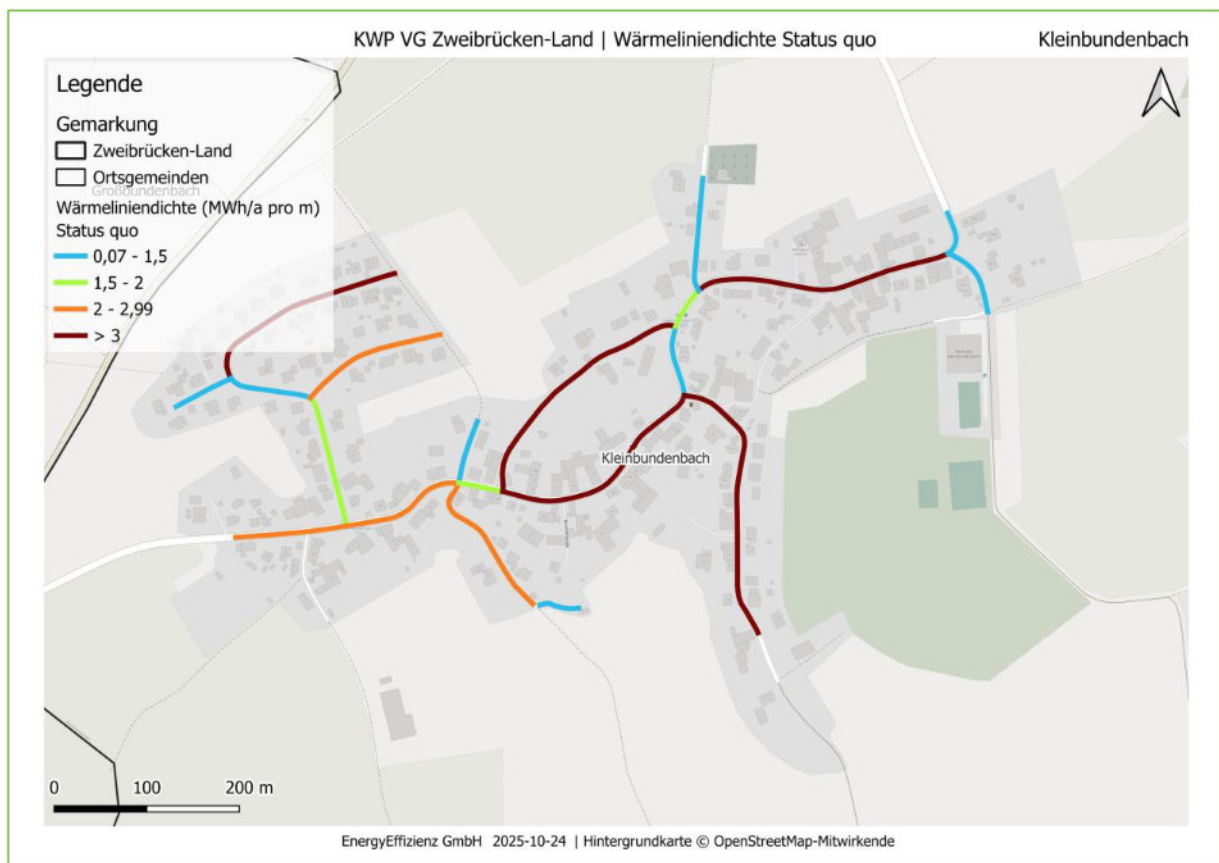


Abbildung 131: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Wärmeliniendichte im Status quo

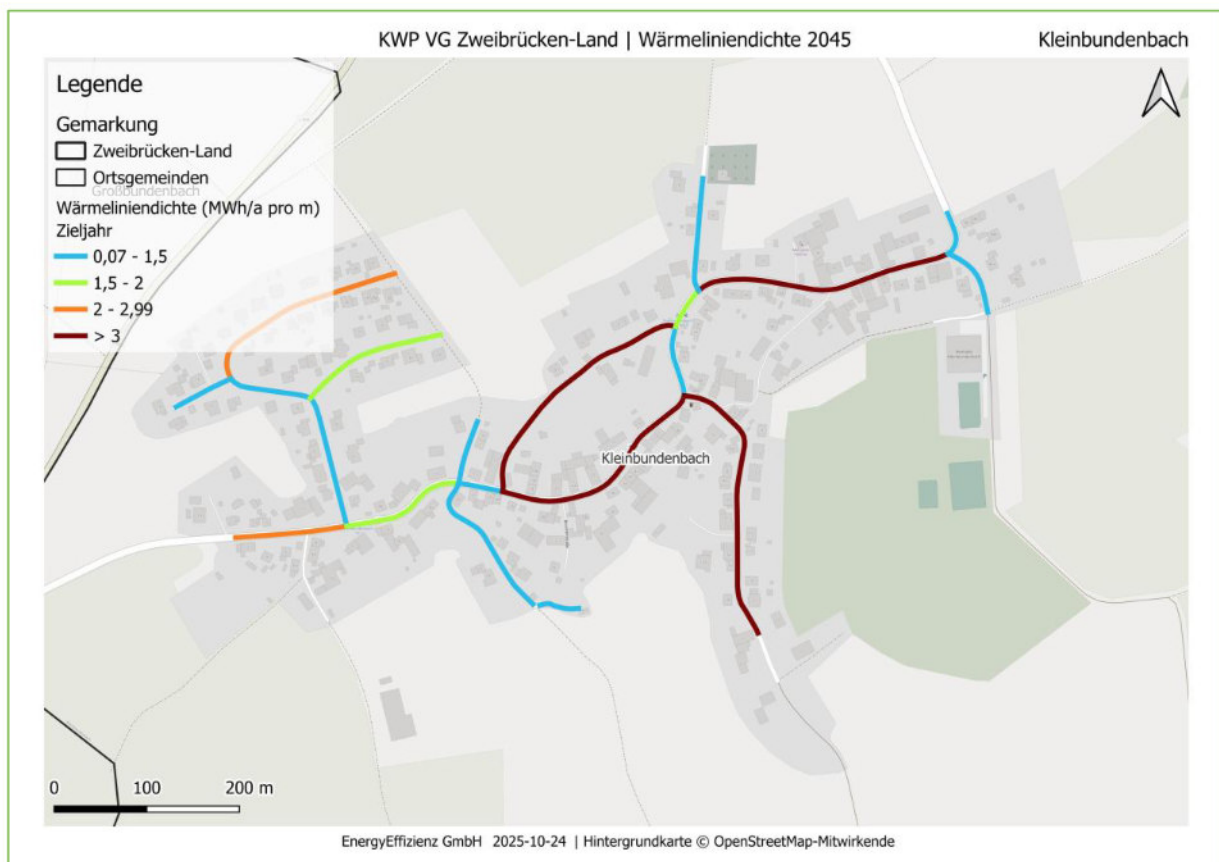


Abbildung 132: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

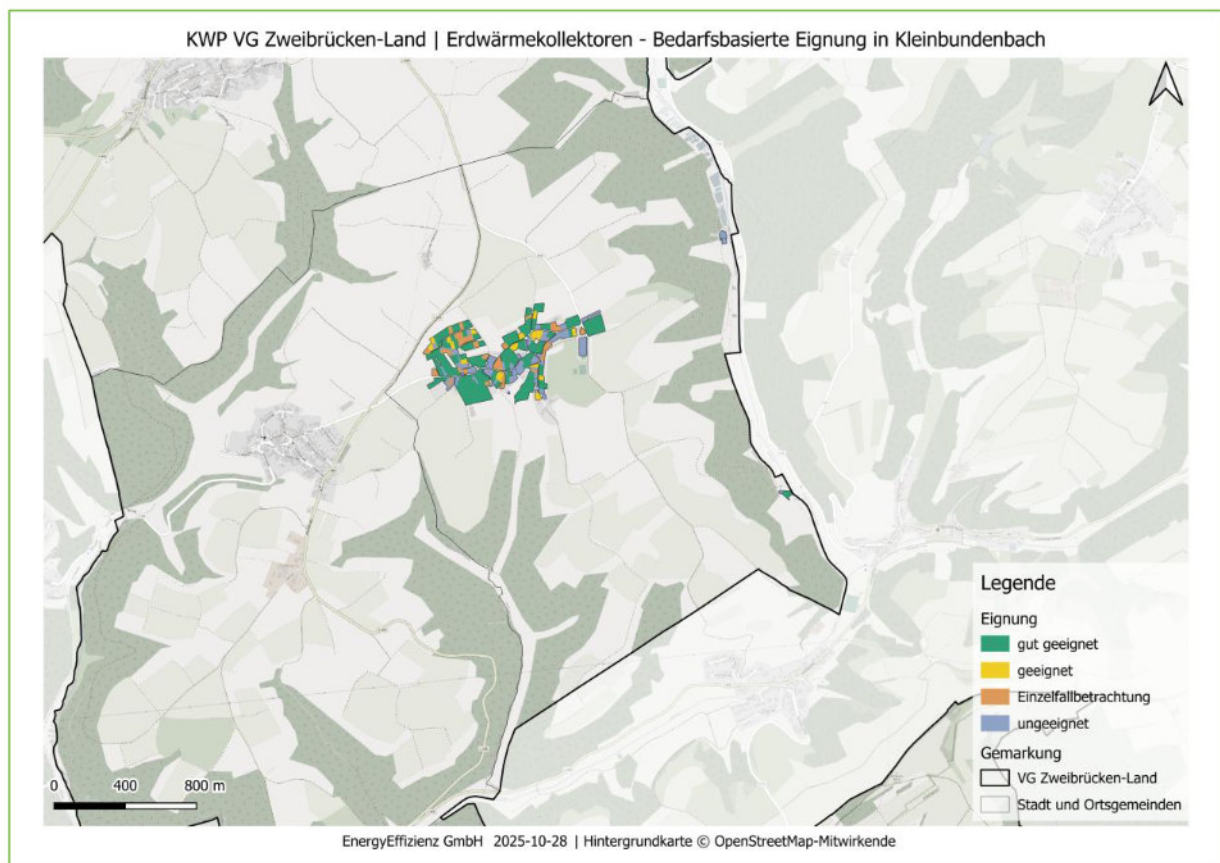


Abbildung 133: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

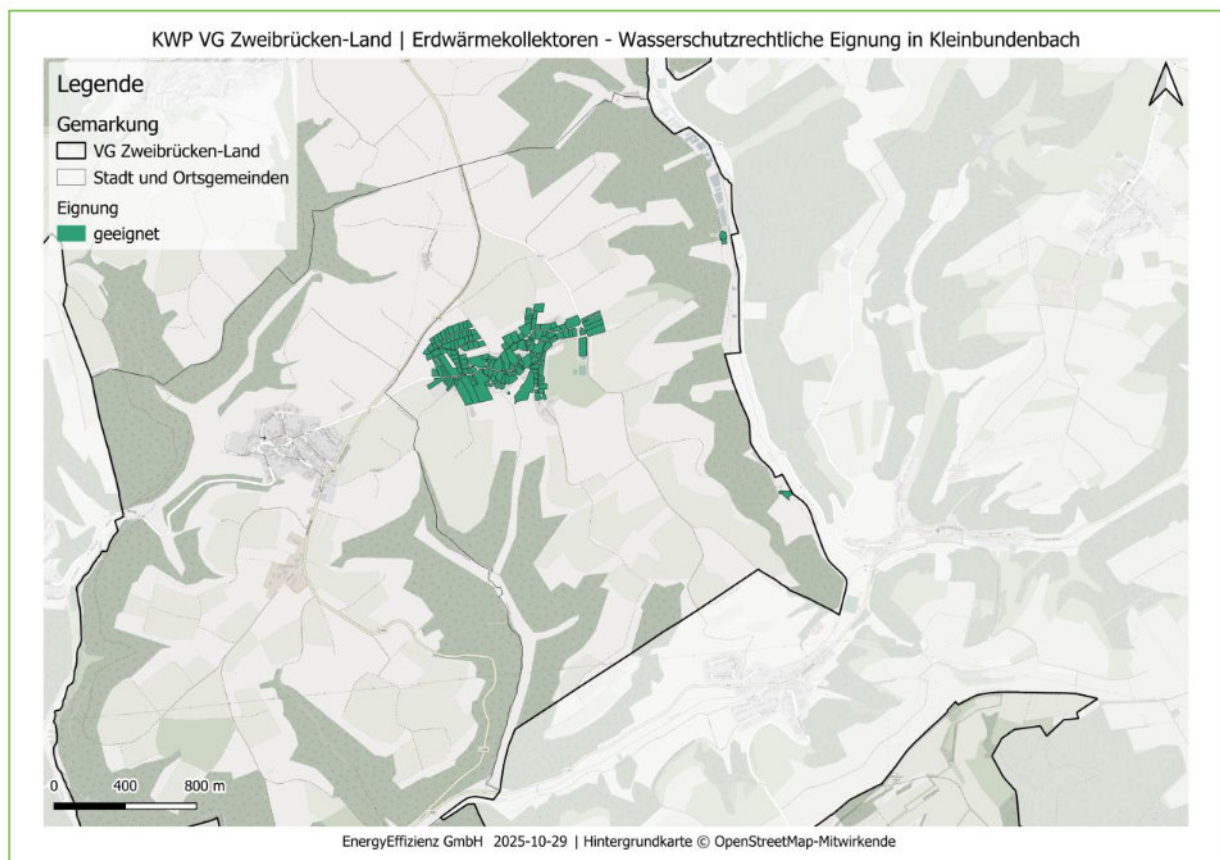


Abbildung 134: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

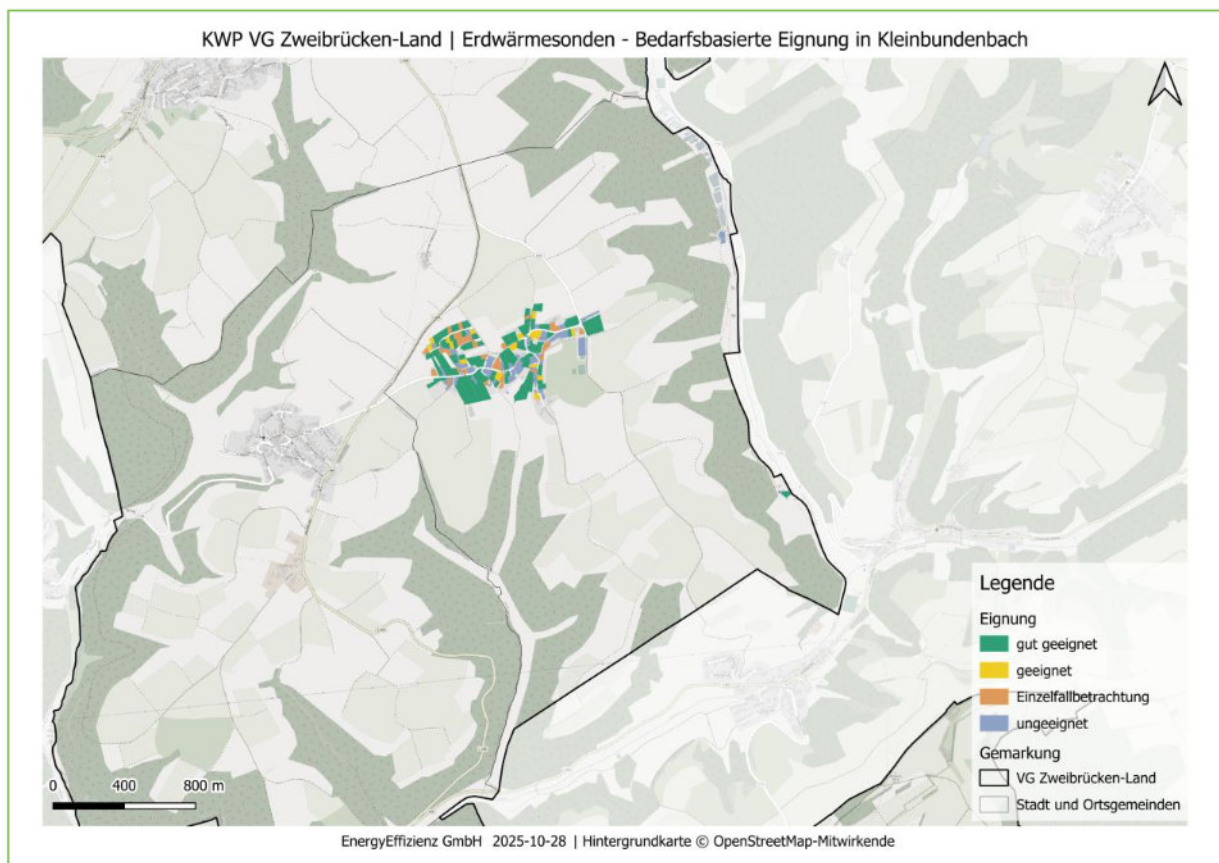


Abbildung 135: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

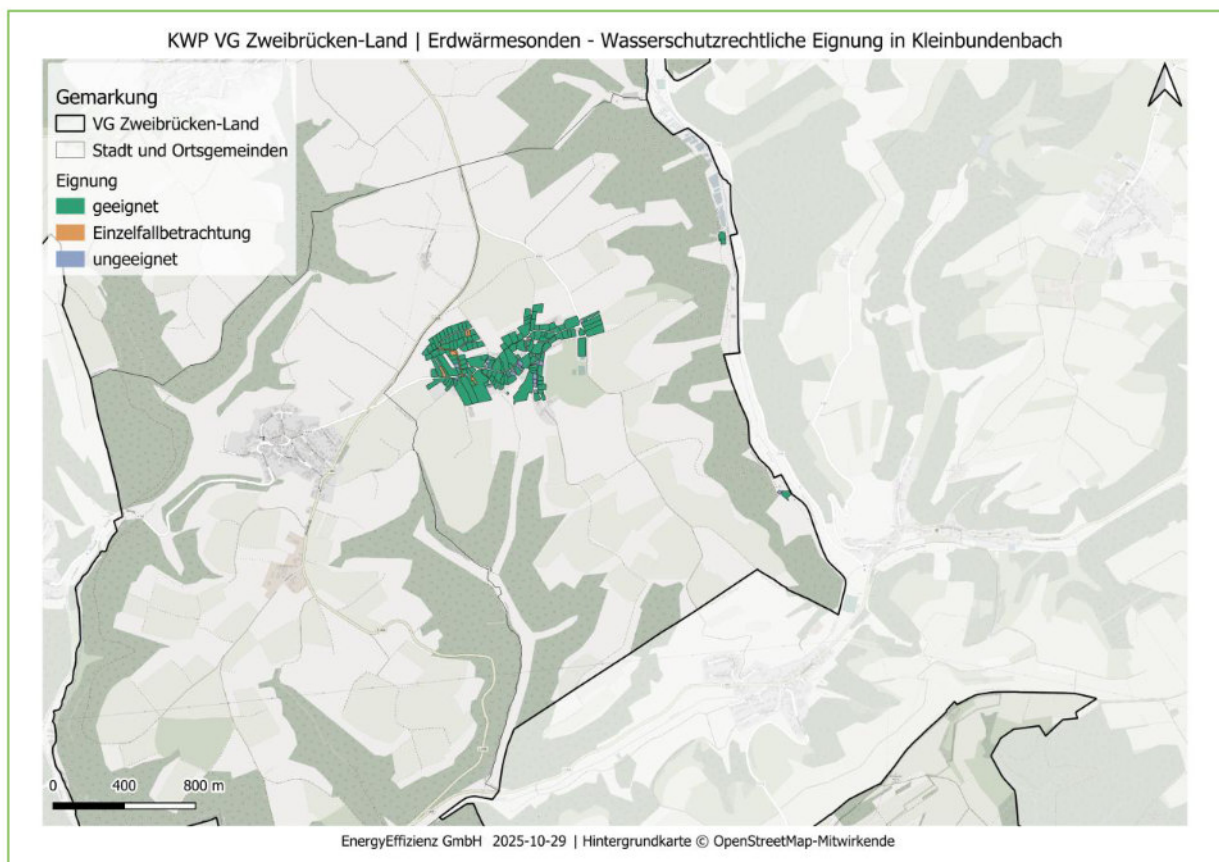


Abbildung 136: Verbandsgemeinde Kleinbundenbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang L: Kleinsteinhausen

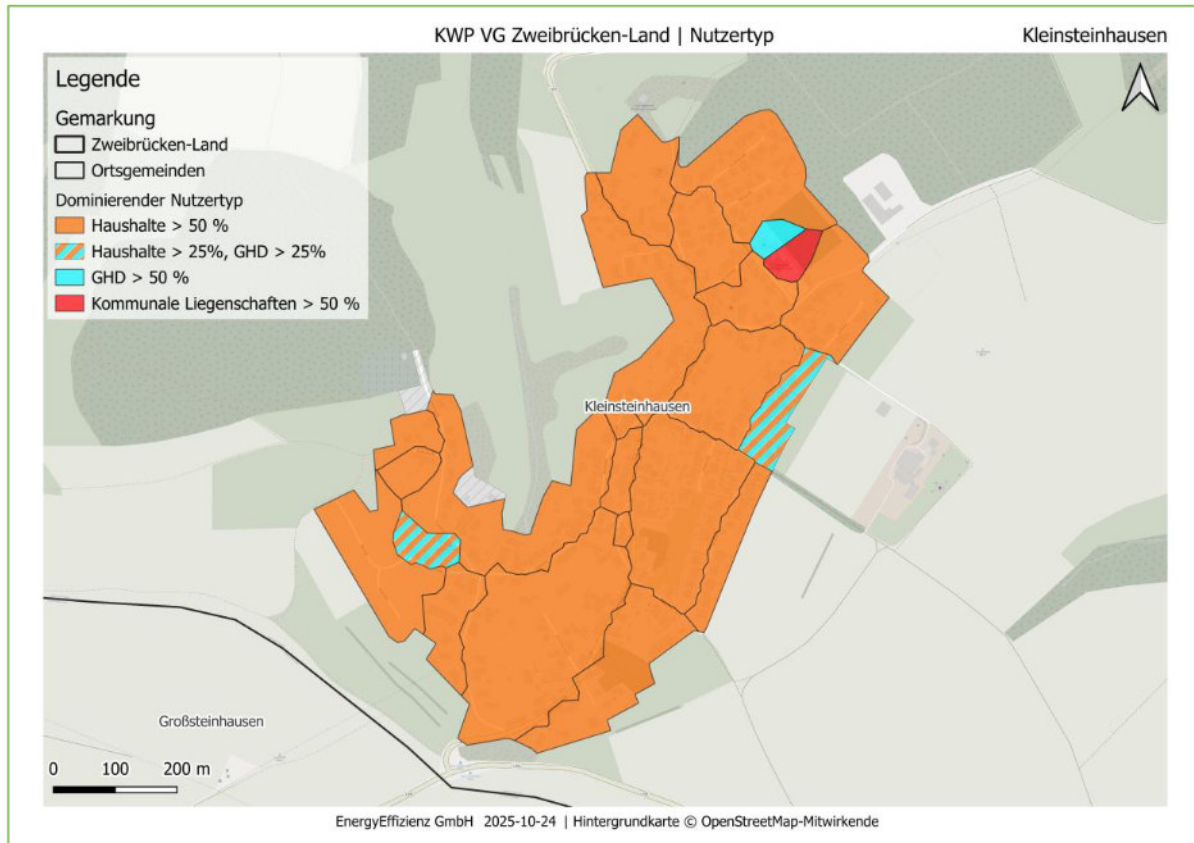


Abbildung 137: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Dominierende Sektoren

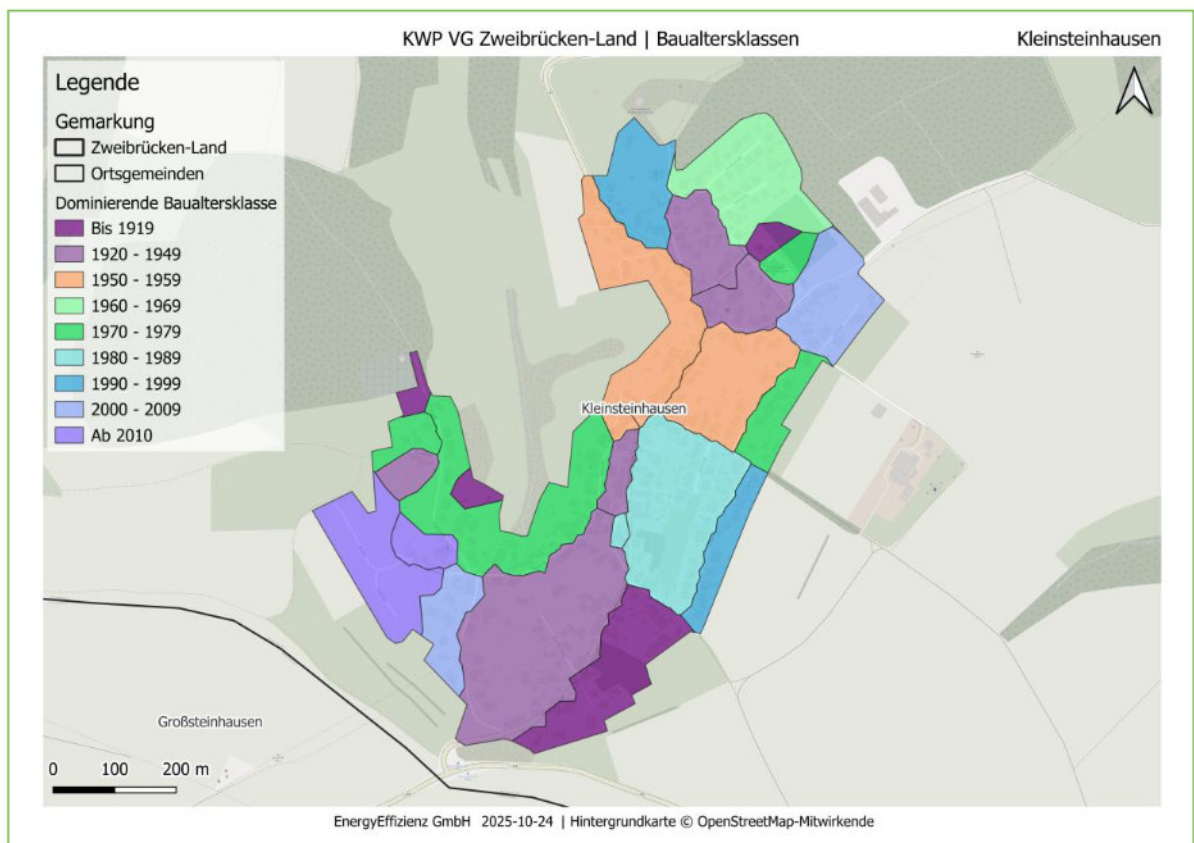


Abbildung 138: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Baualtersklassen

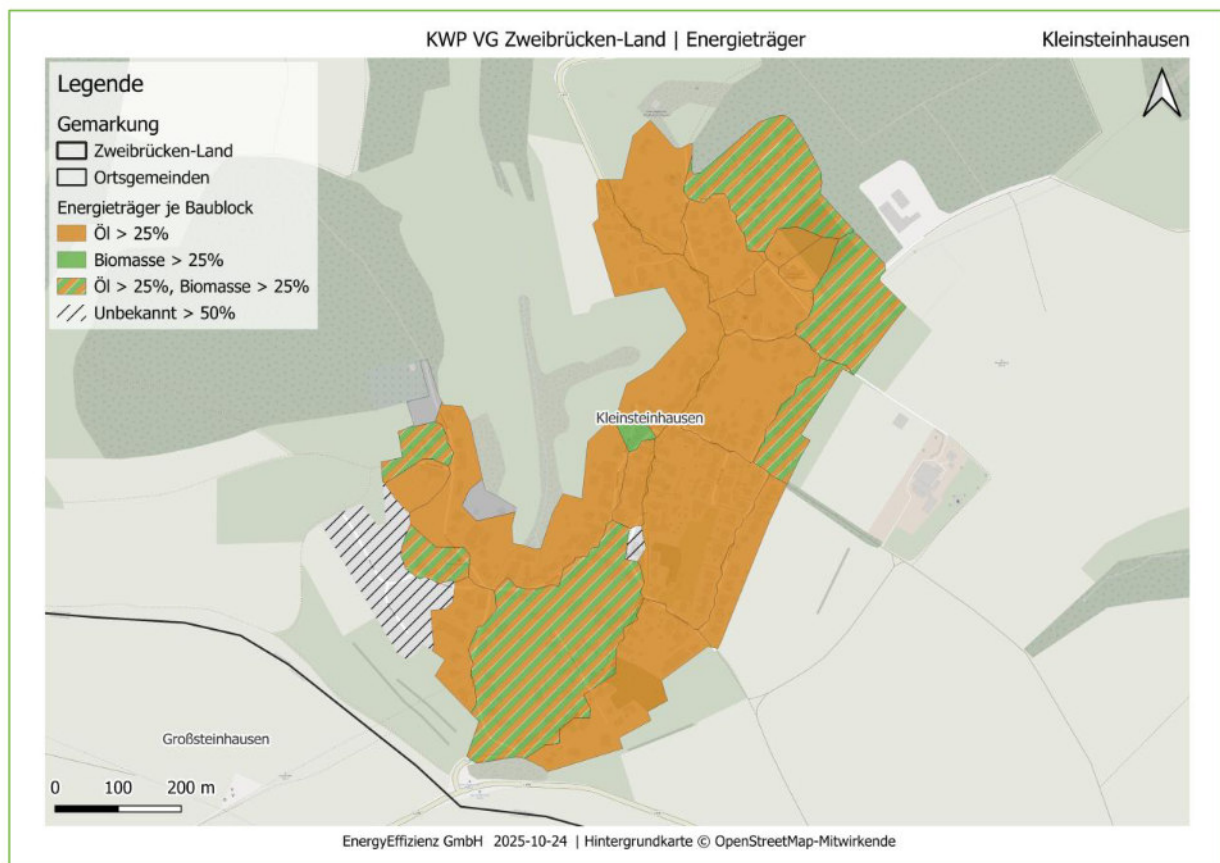


Abbildung 139: Verbandsgemeinde Kleinsteinhäusen: Energieträger im Status quo (2024)

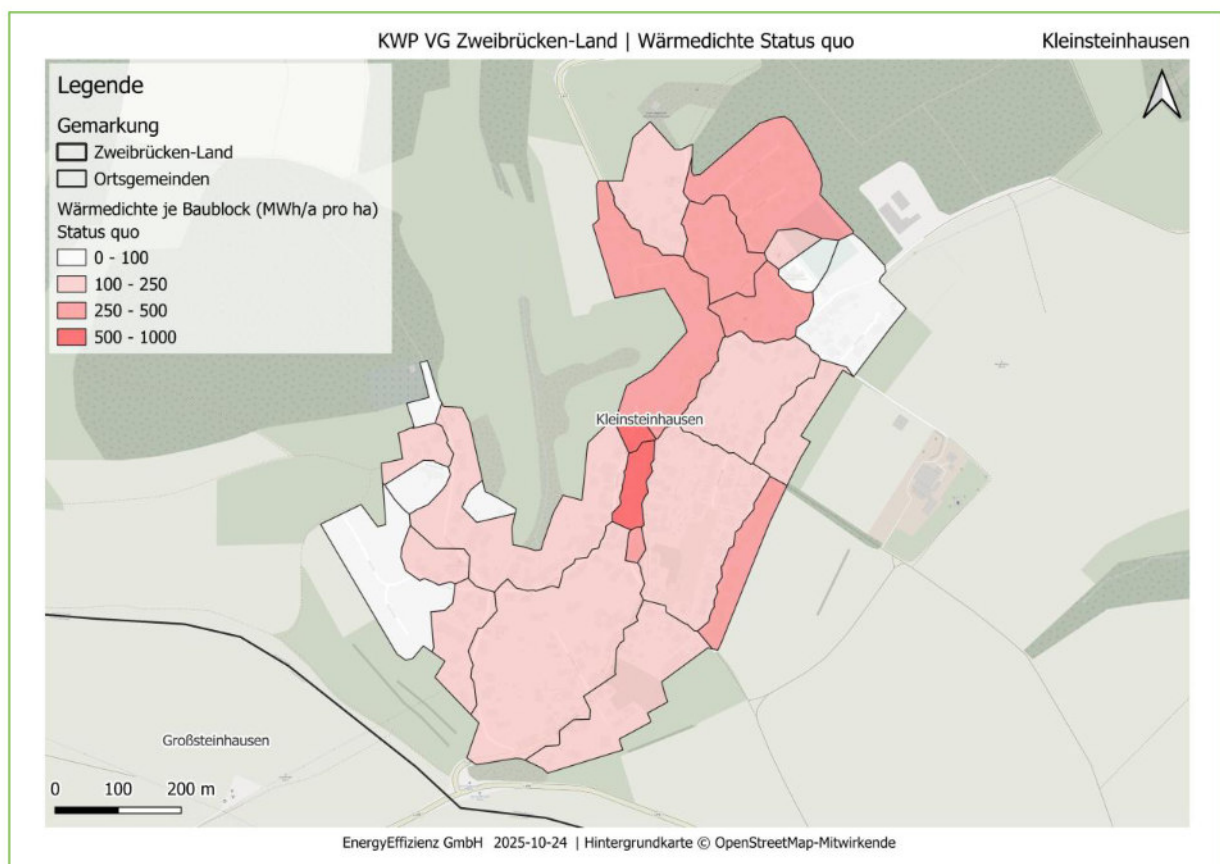


Abbildung 140: Verbandsgemeinde Kleinsteinhäusen: Wärmedichte im Status quo

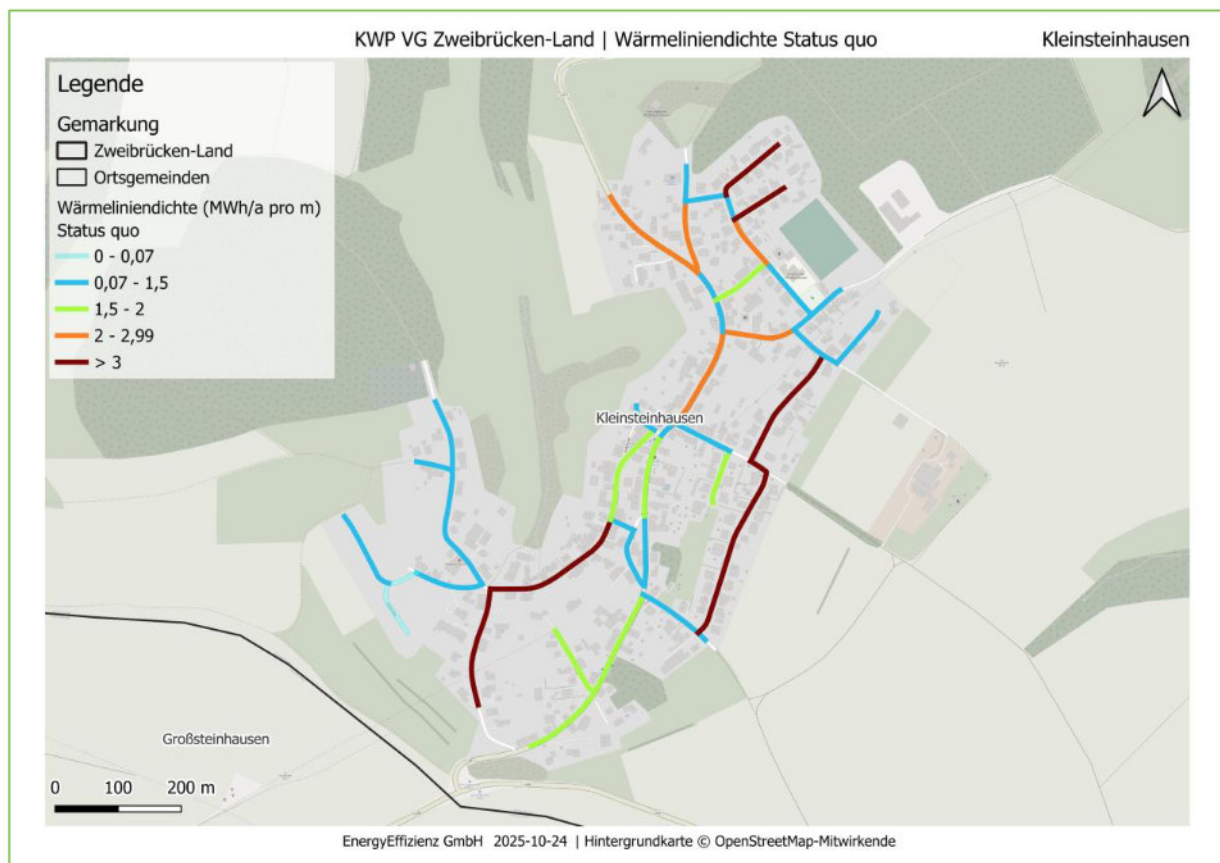


Abbildung 141: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Wärmeliniendichte im Status quo

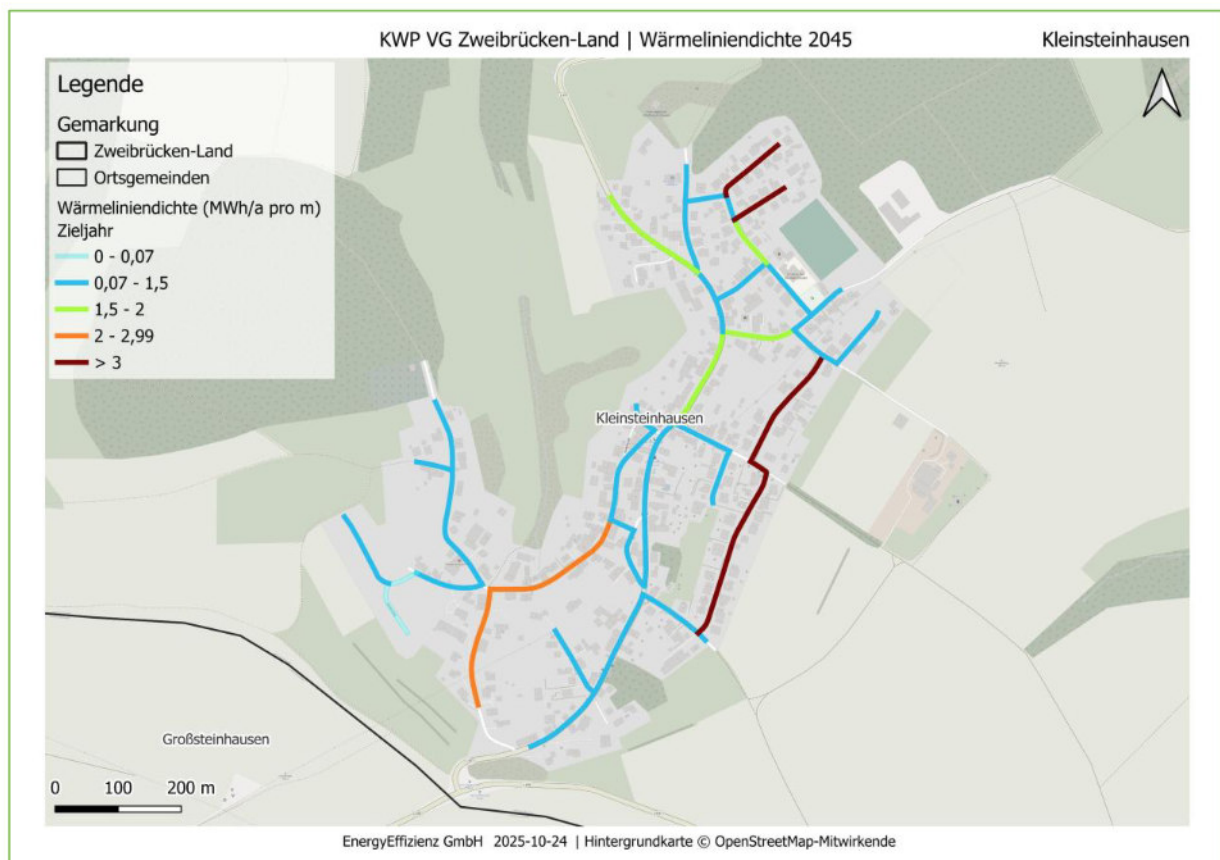


Abbildung 142: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

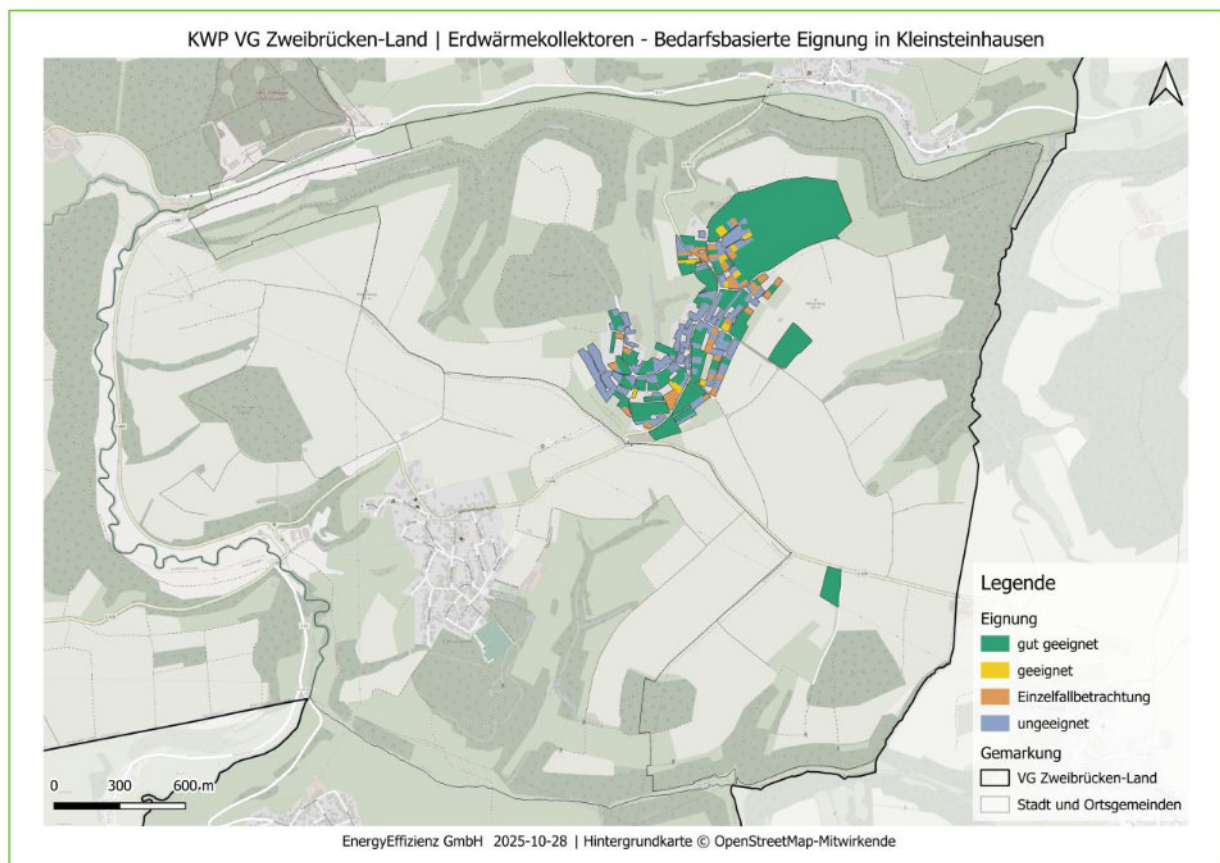


Abbildung 143: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

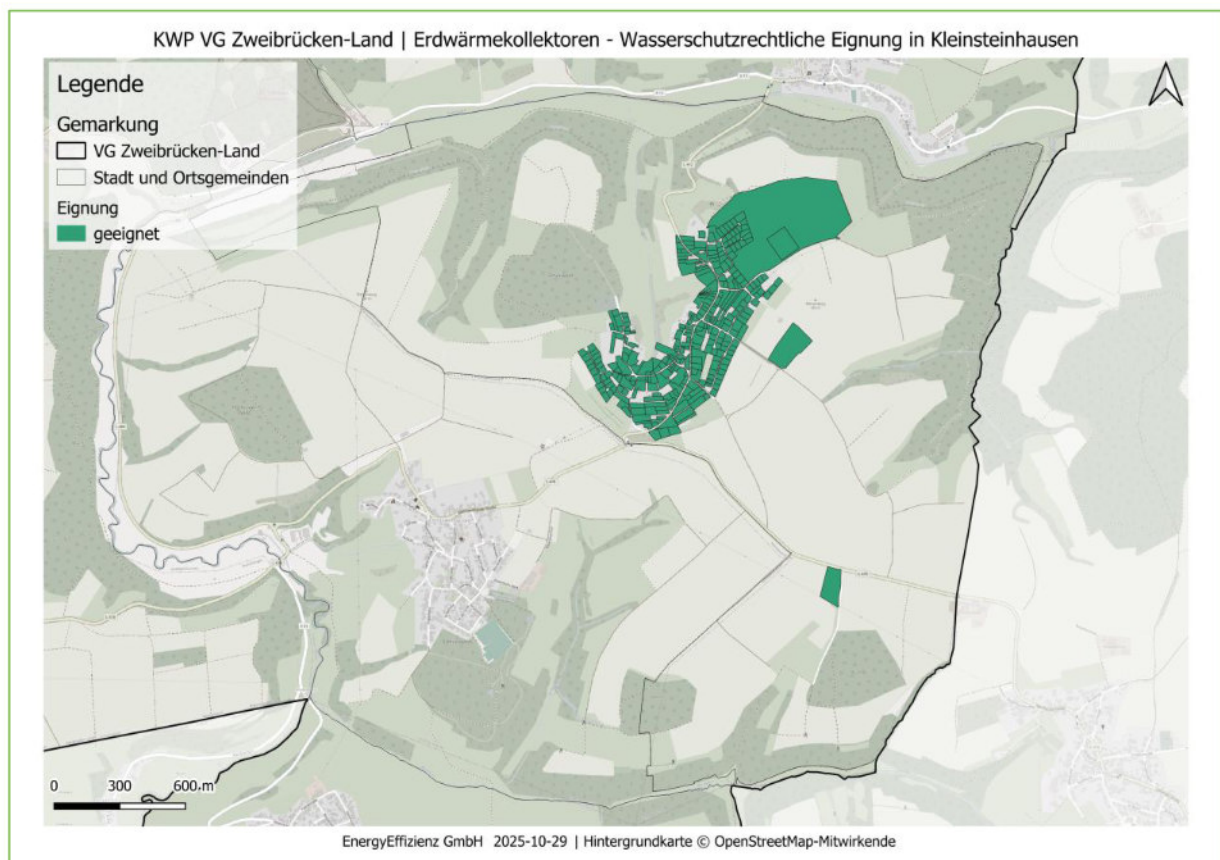


Abbildung 144: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

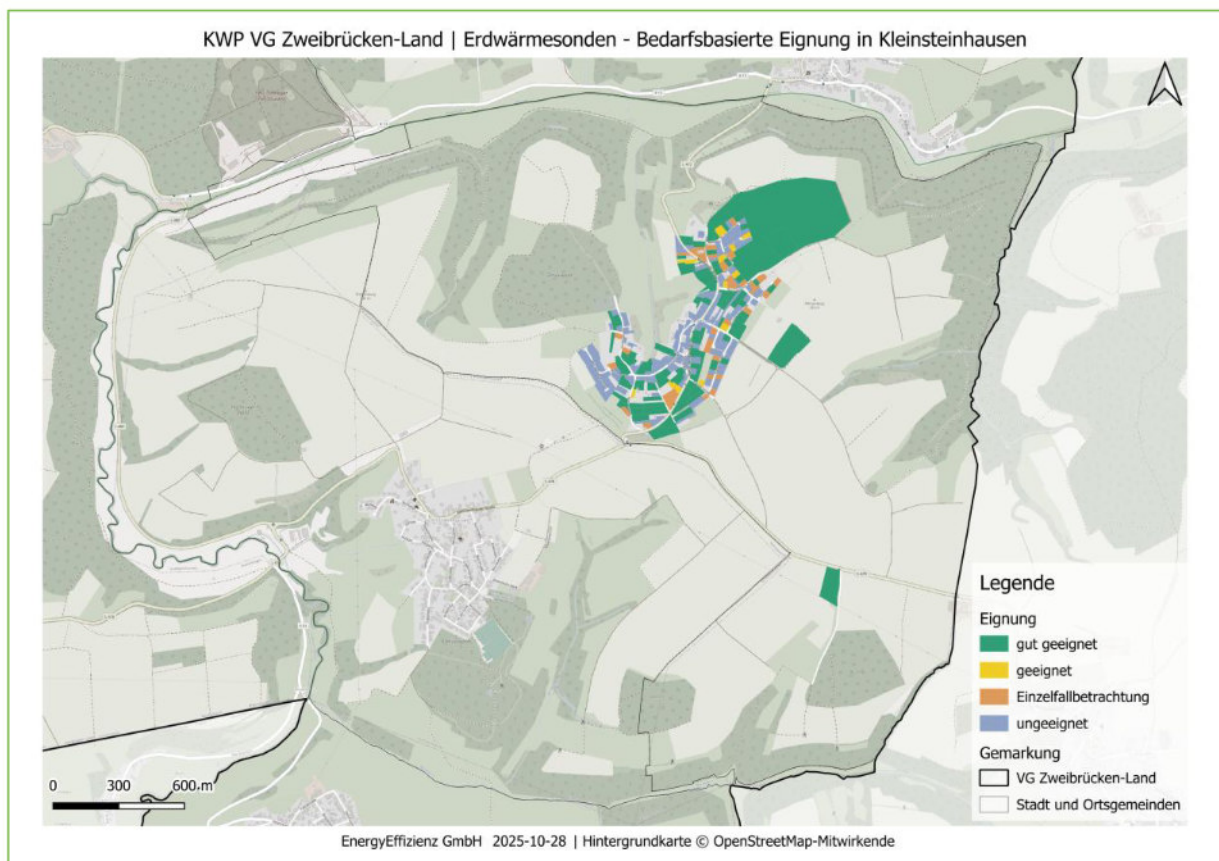


Abbildung 145: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

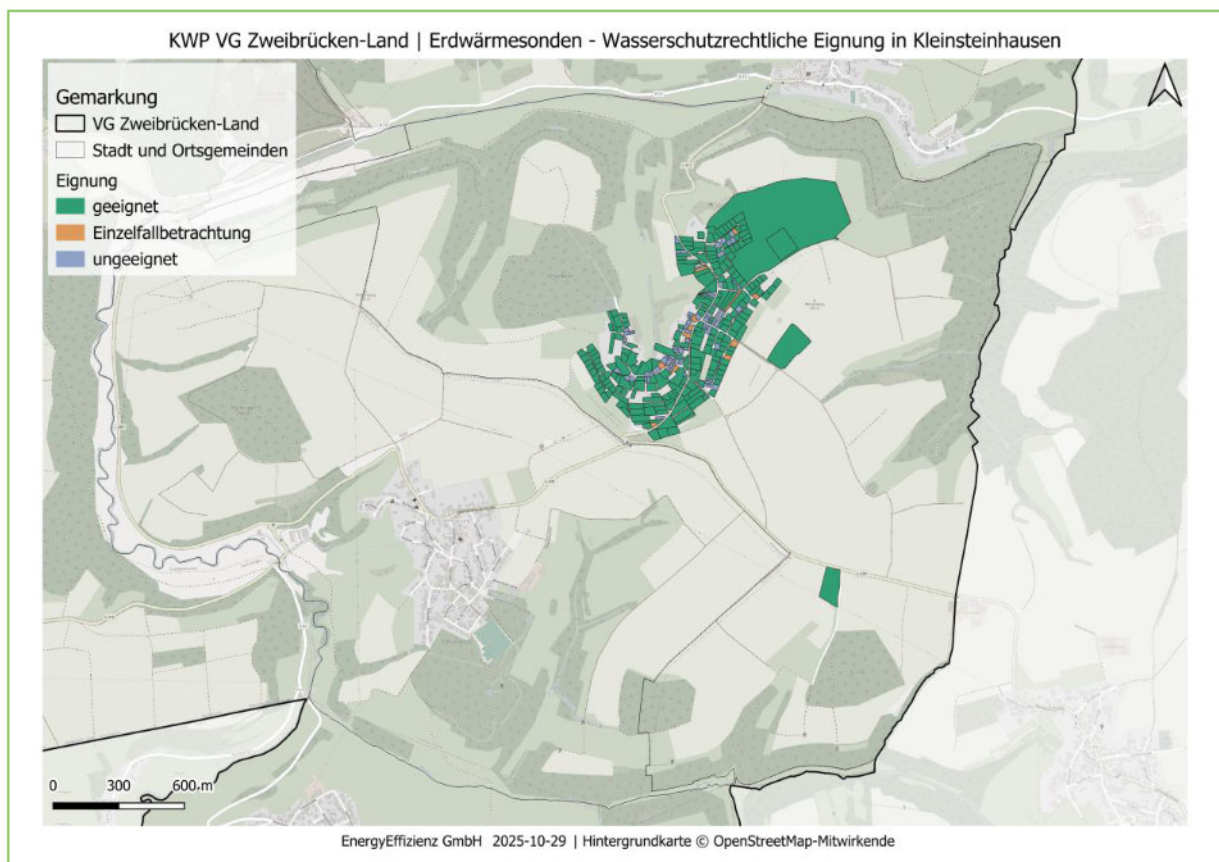


Abbildung 146: Verbandsgemeinde Kleinsteinhausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang M: Mauschbach

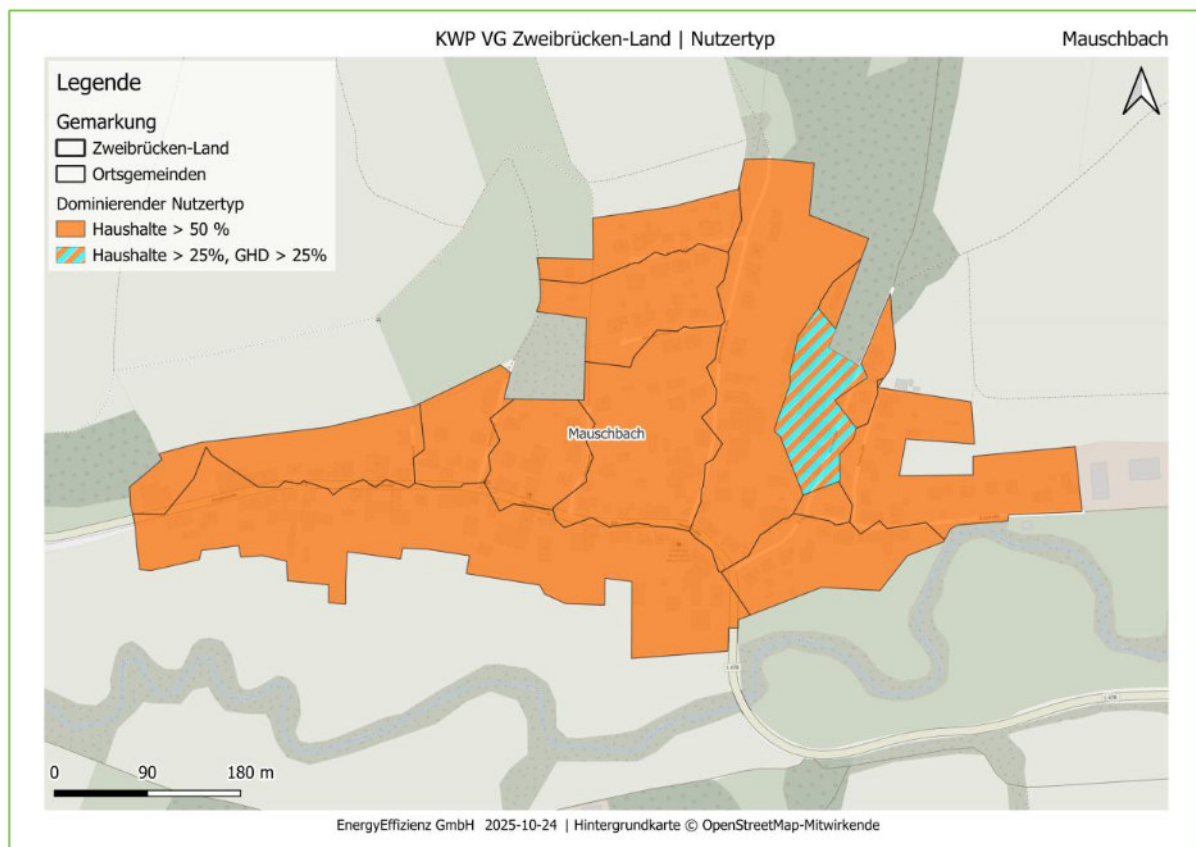


Abbildung 147: Verbandsgemeinde Mauschbach: Dominierende Sektoren

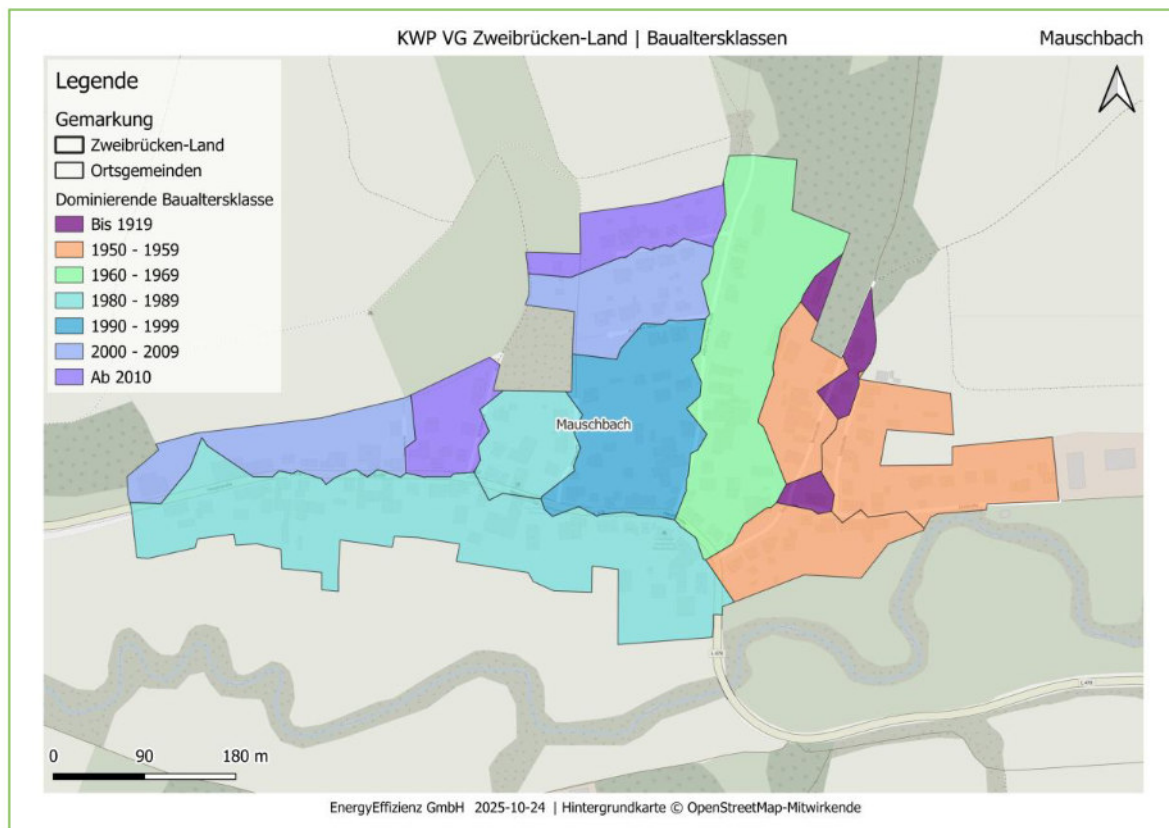


Abbildung 148: Verbandsgemeinde Mauschbach: Baualtersklassen

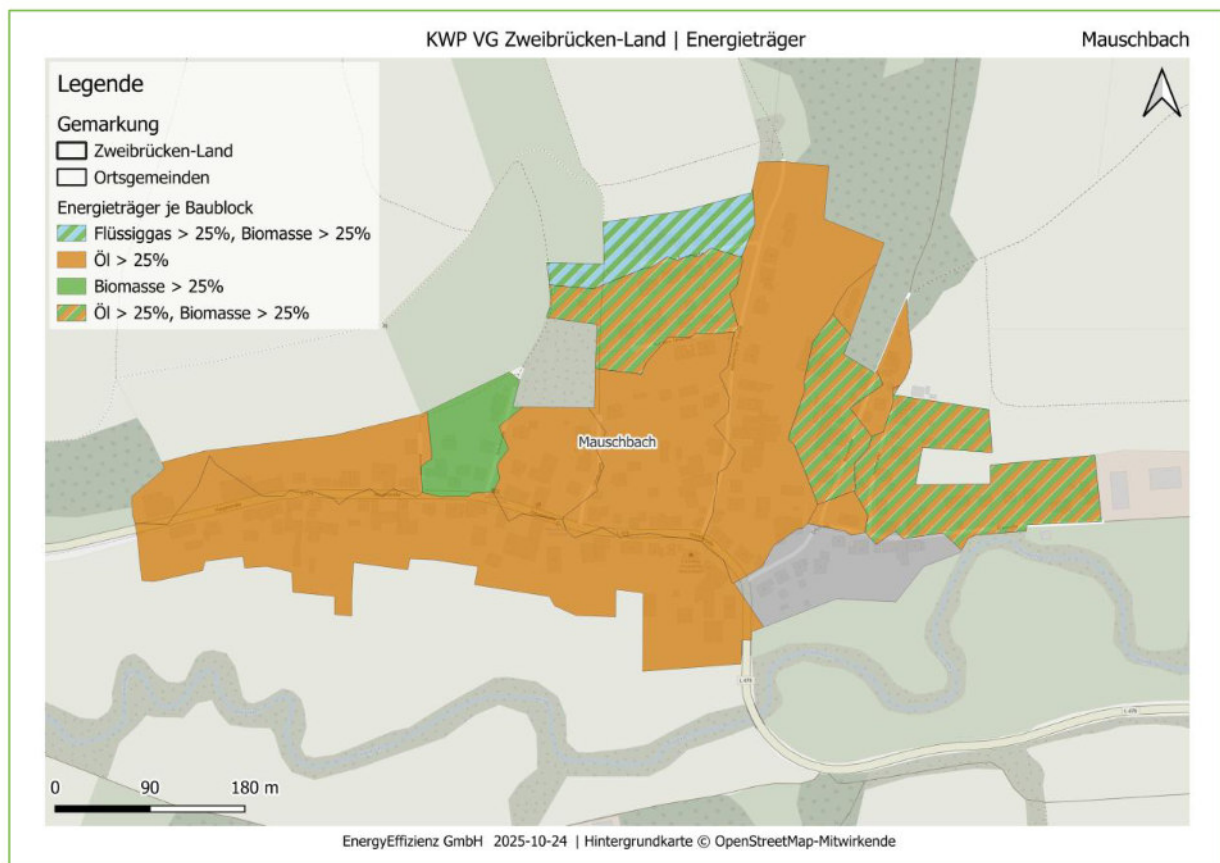


Abbildung 149: Verbandsgemeinde Mausbach: Energieträger im Status quo (2024)

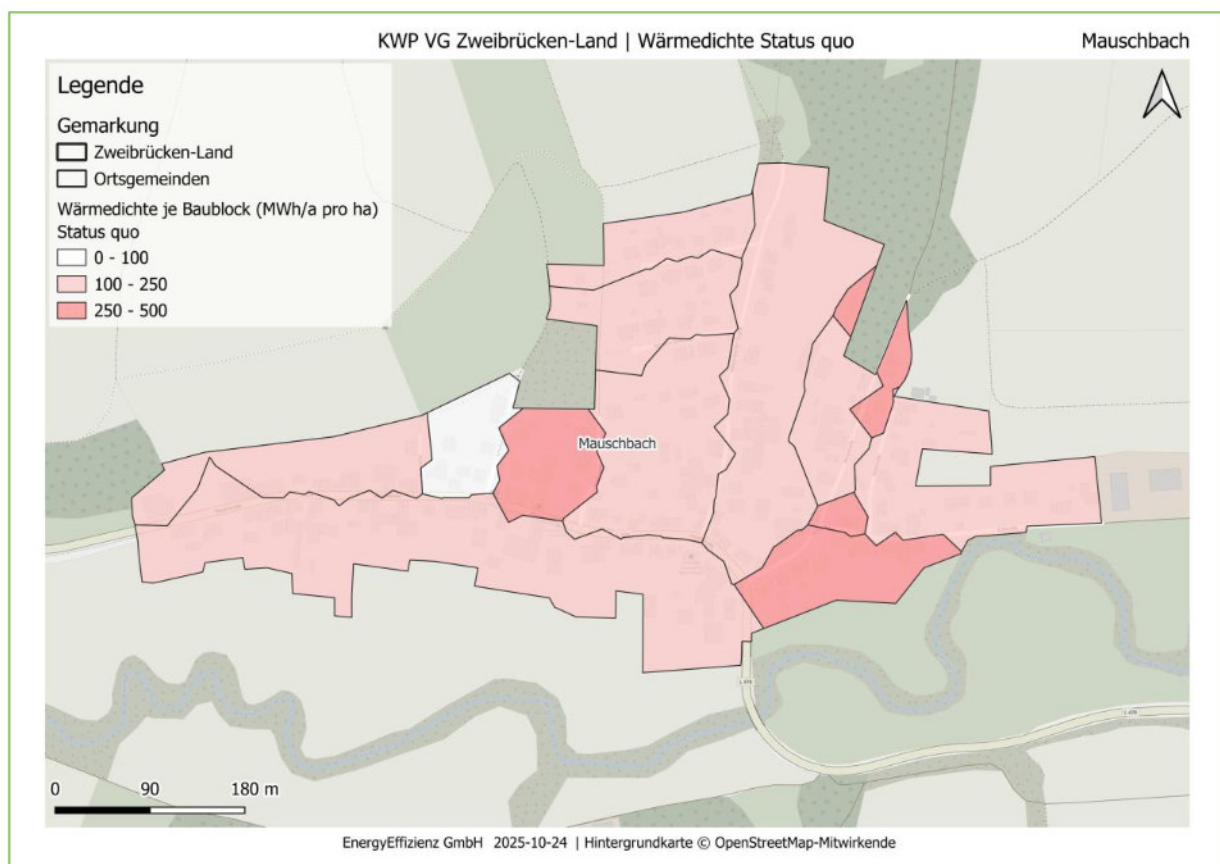


Abbildung 150: Verbandsgemeinde Mausbach: Wärmedichte im Status quo

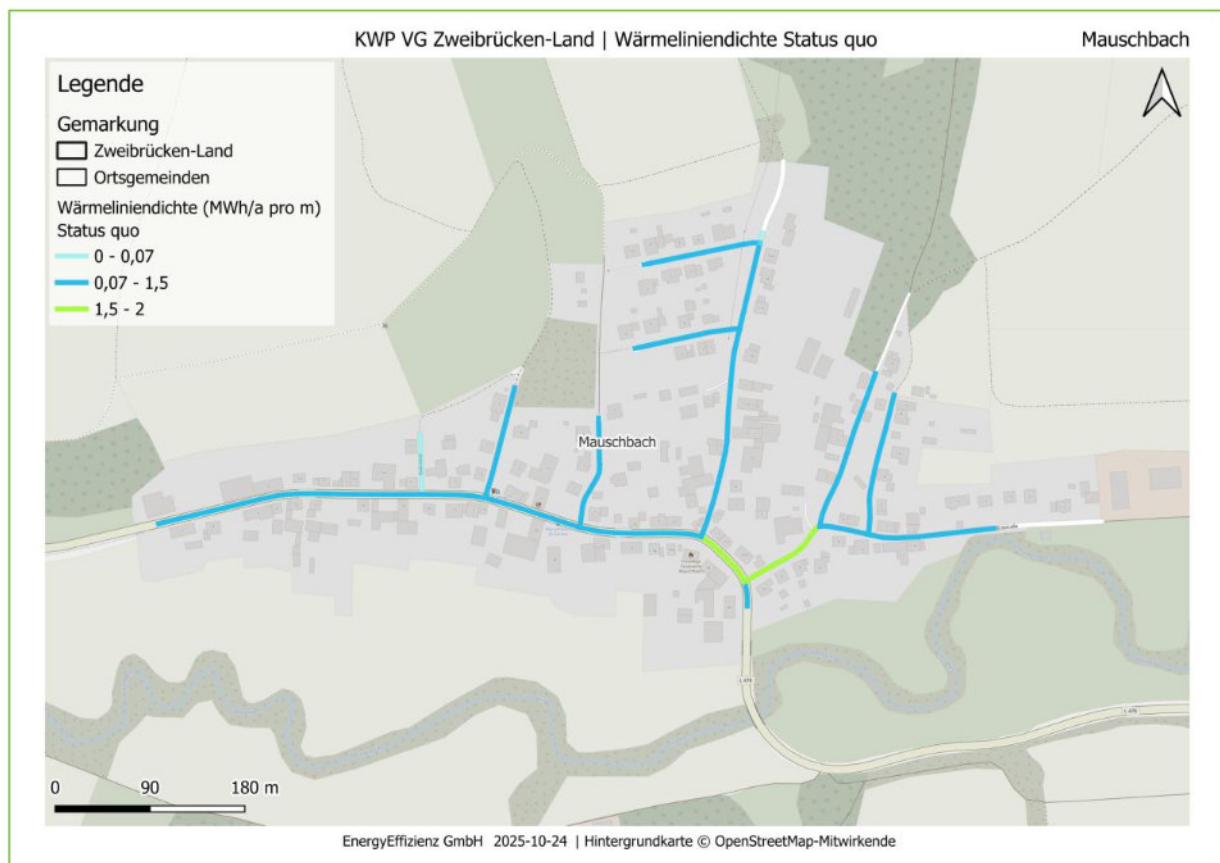


Abbildung 151: Verbandsgemeinde Mauschbach: Wärmeliniendichte im Status quo

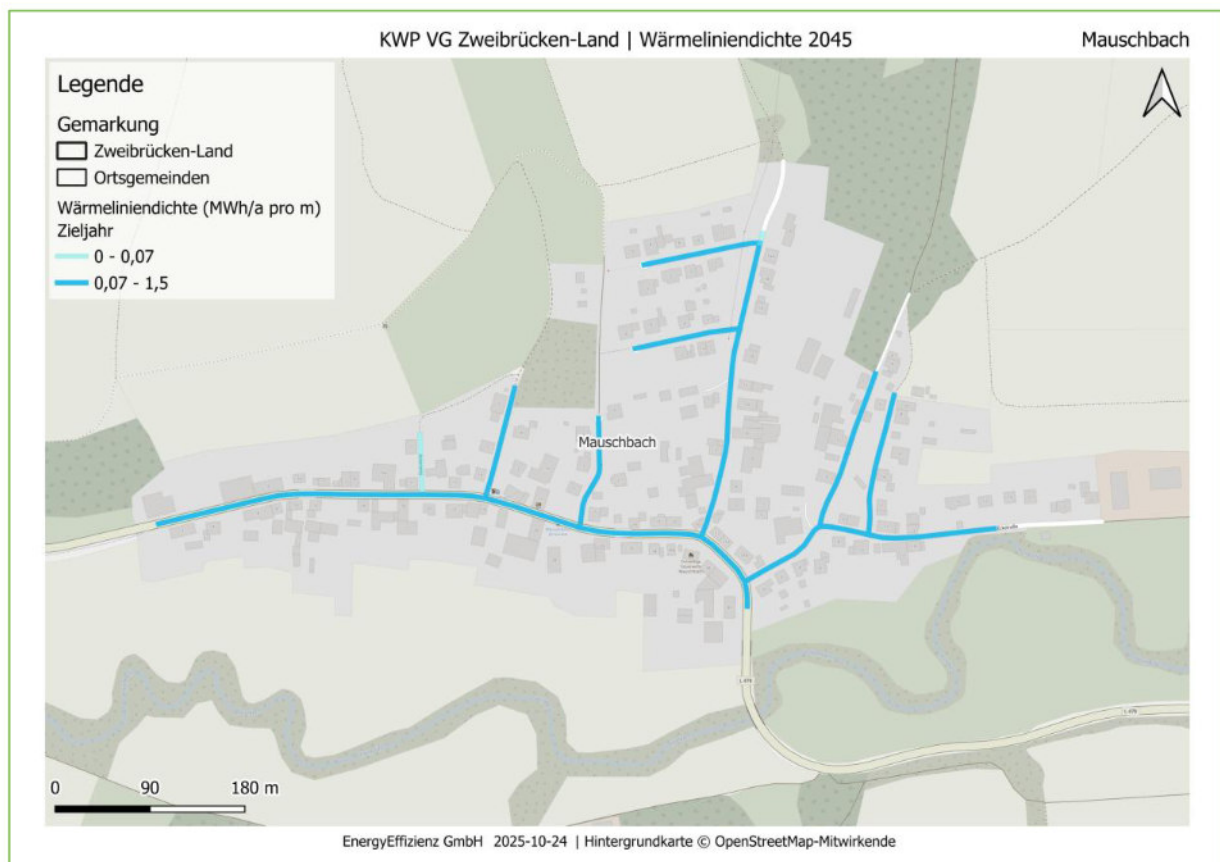


Abbildung 152: Verbandsgemeinde Mauschbach: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

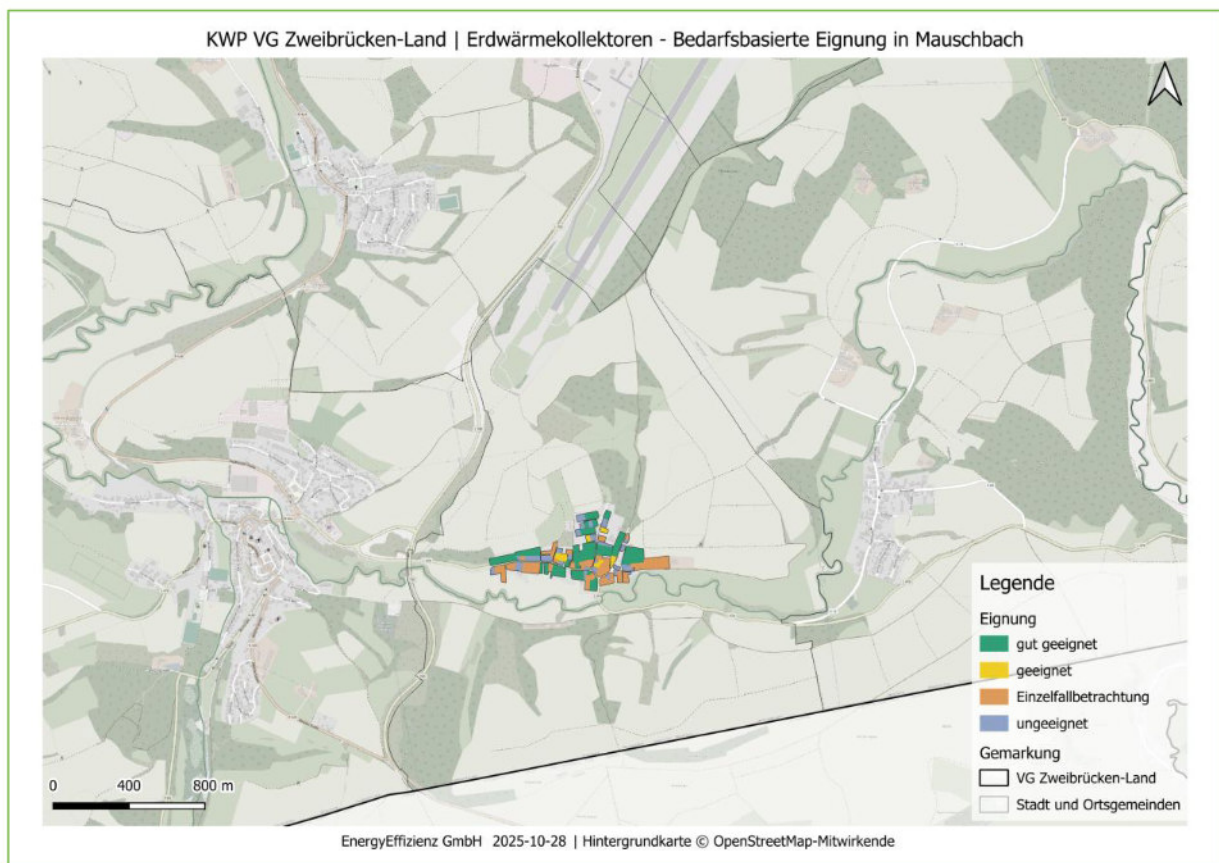


Abbildung 153: Verbandsgemeinde Mausbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

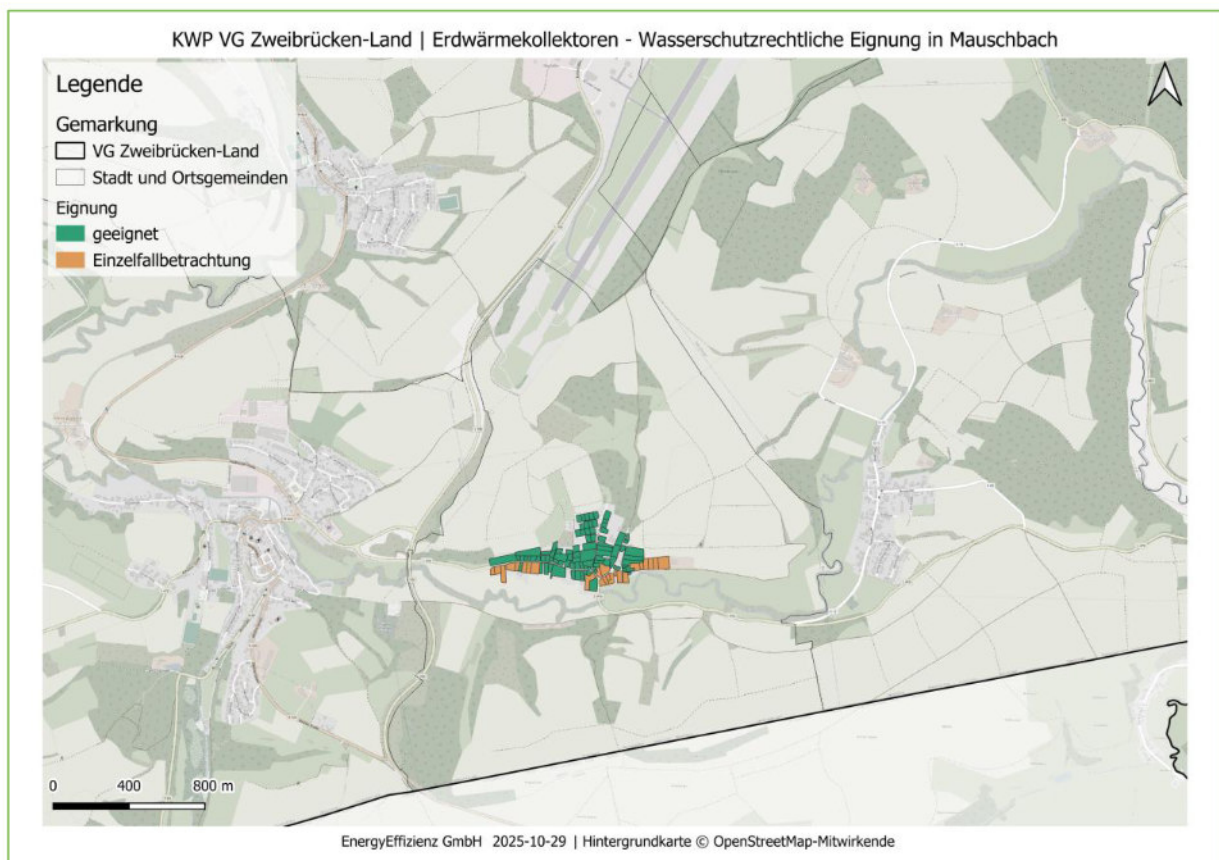


Abbildung 154: Verbandsgemeinde Mausbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

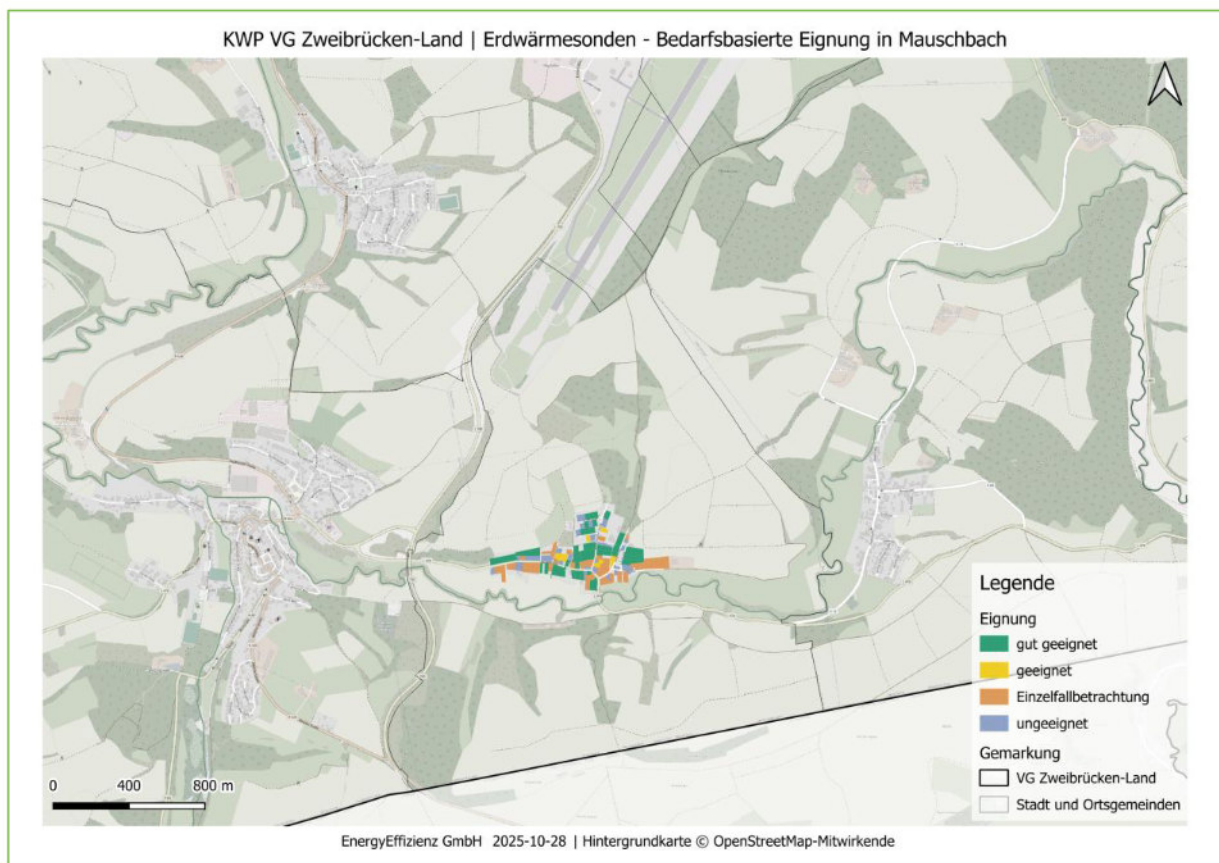


Abbildung 155: Verbandsgemeinde Mausbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

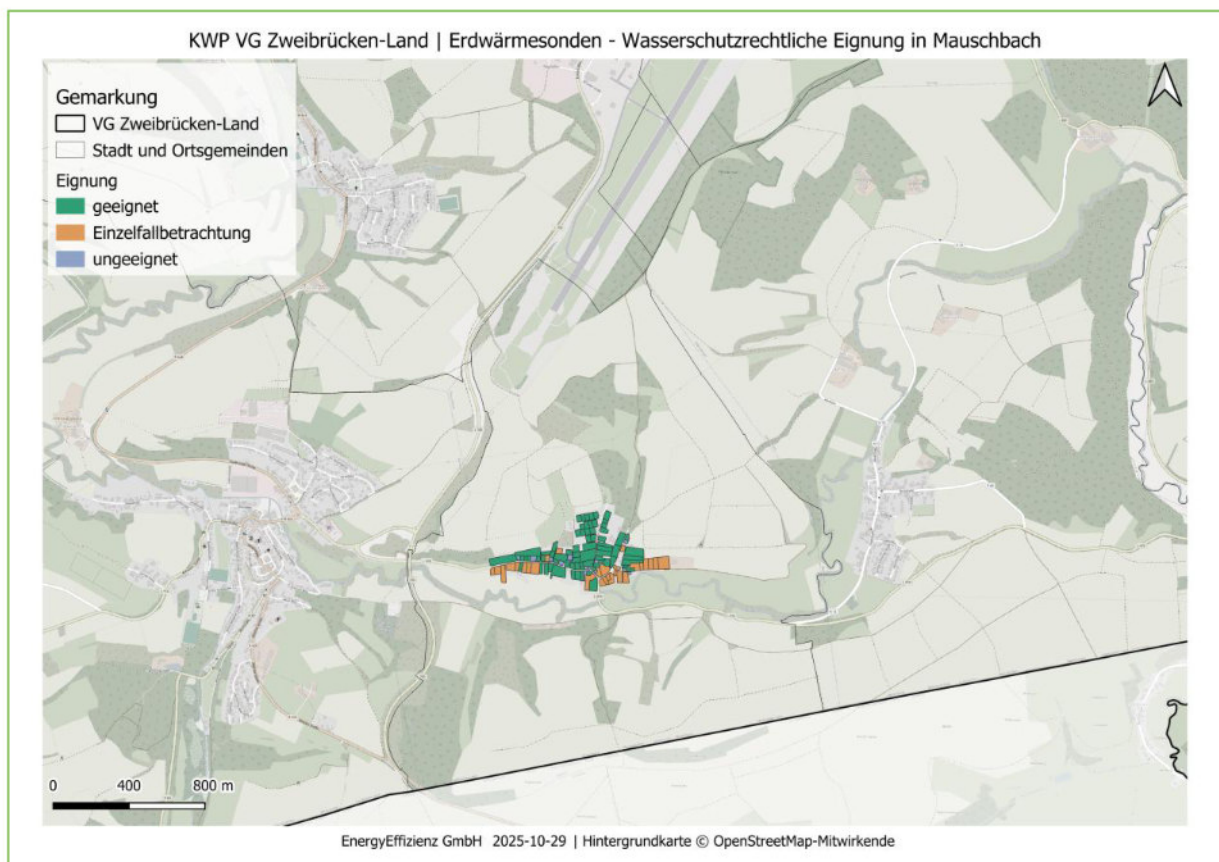


Abbildung 156: Verbandsgemeinde Mausbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang N: Riedelberg

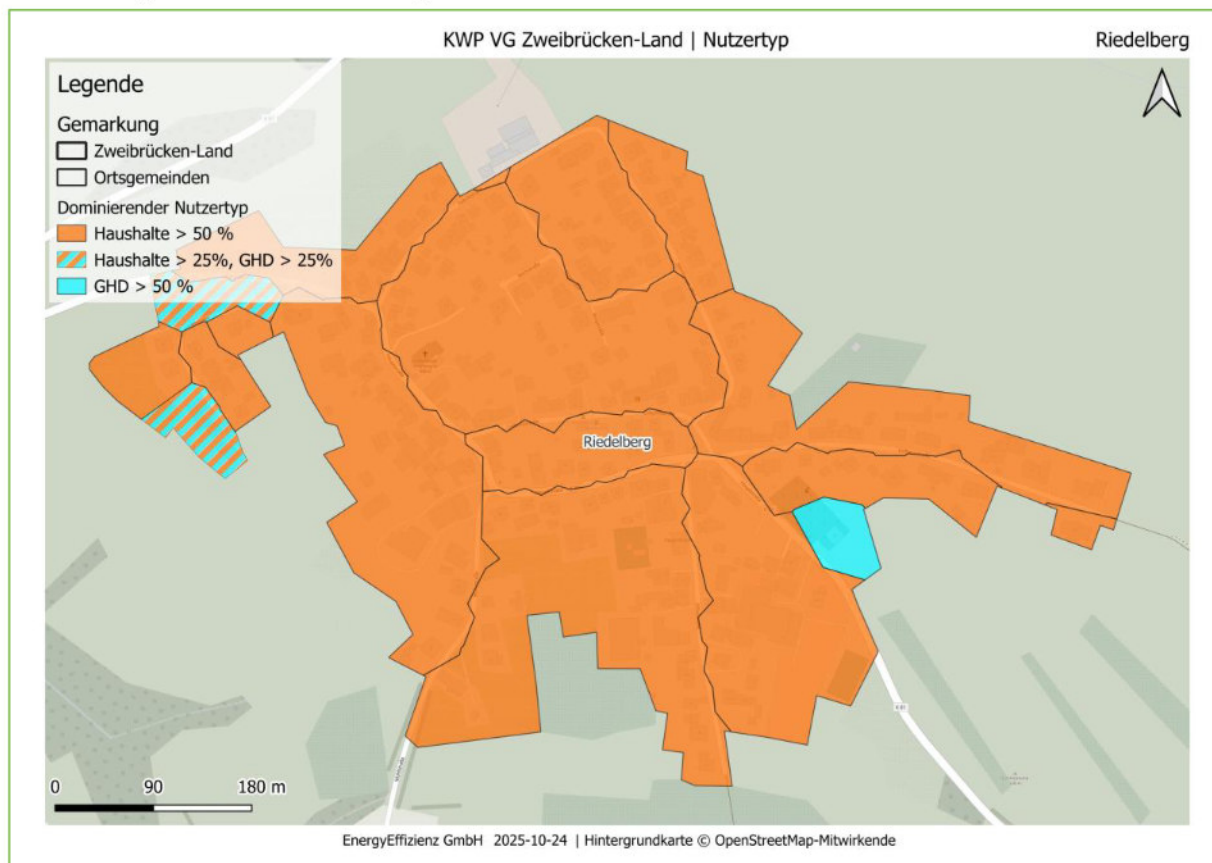


Abbildung 157: Verbandsgemeinde Riedelberg: Dominierende Sektoren

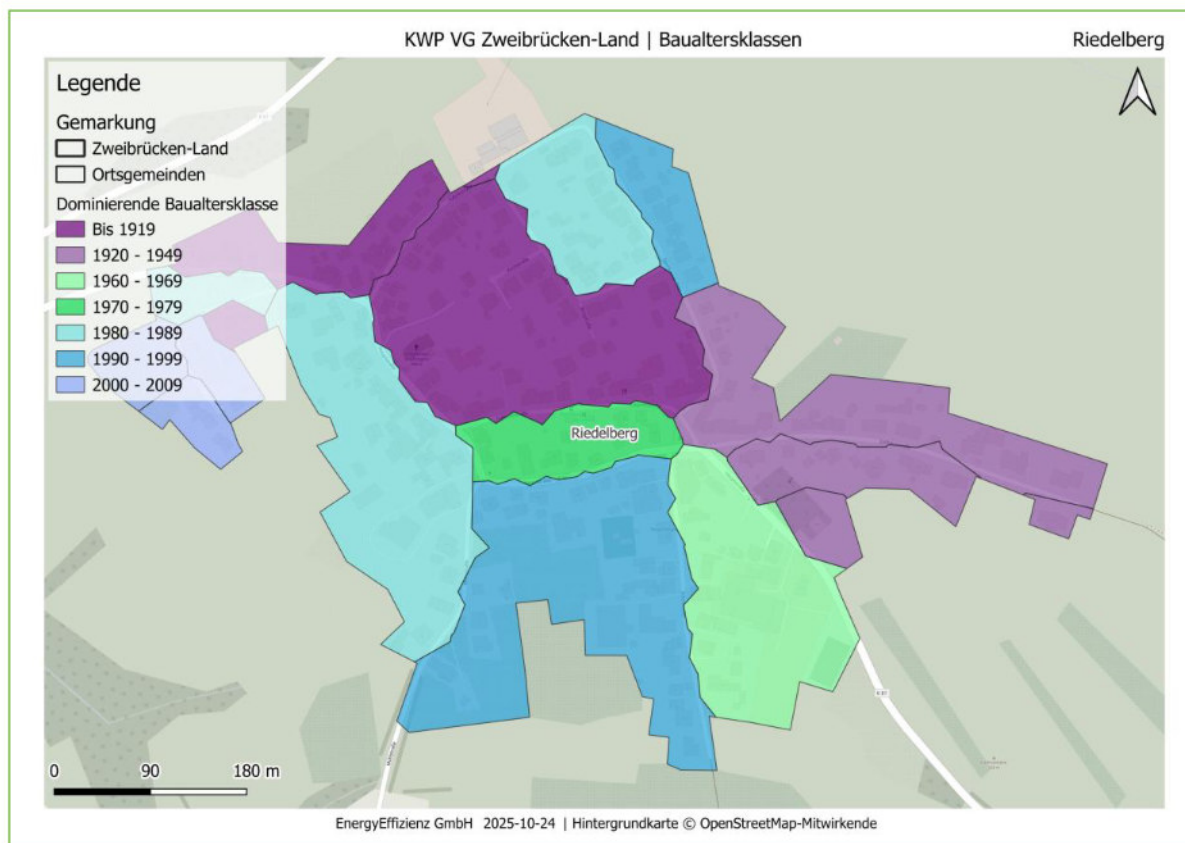


Abbildung 158: Verbandsgemeinde Riedelberg: Baualtersklassen

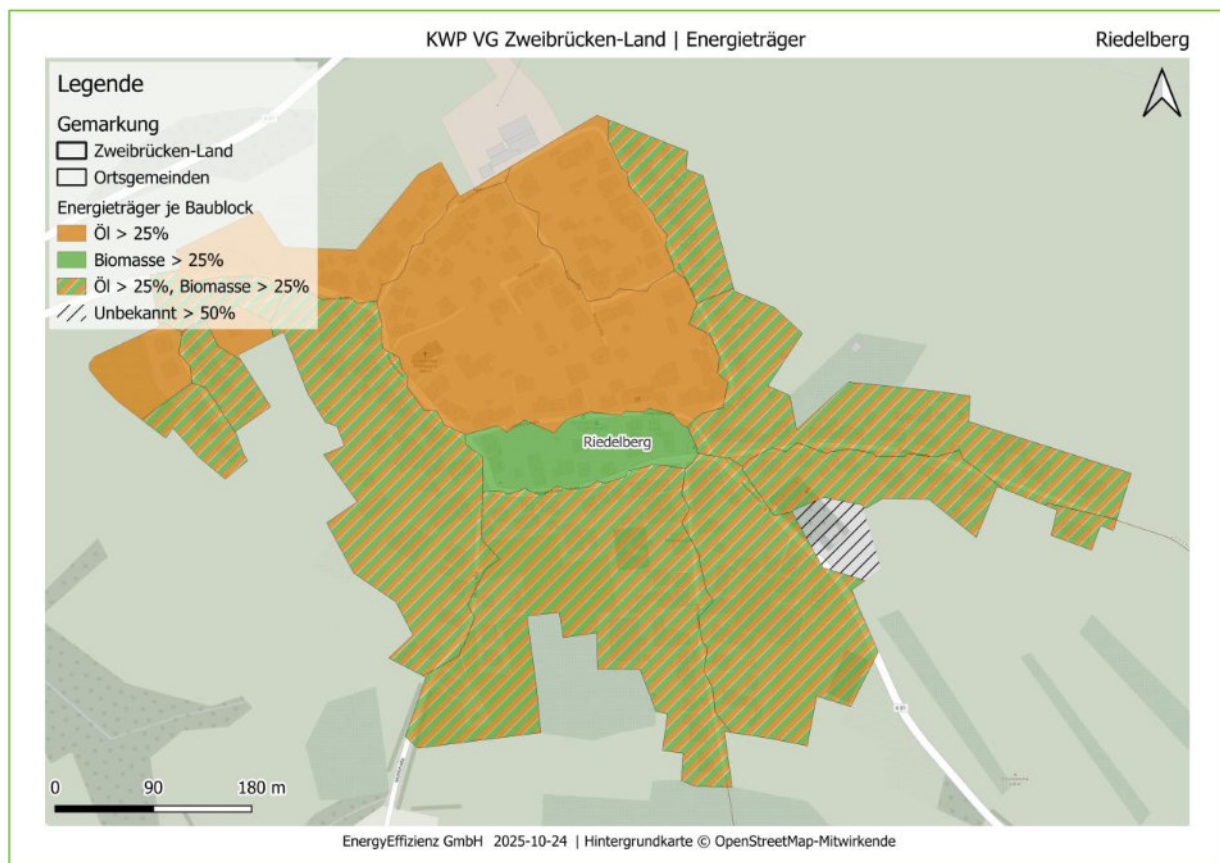


Abbildung 159: Verbandsgemeinde Riedelberg: Energieträger im Status quo (2024)

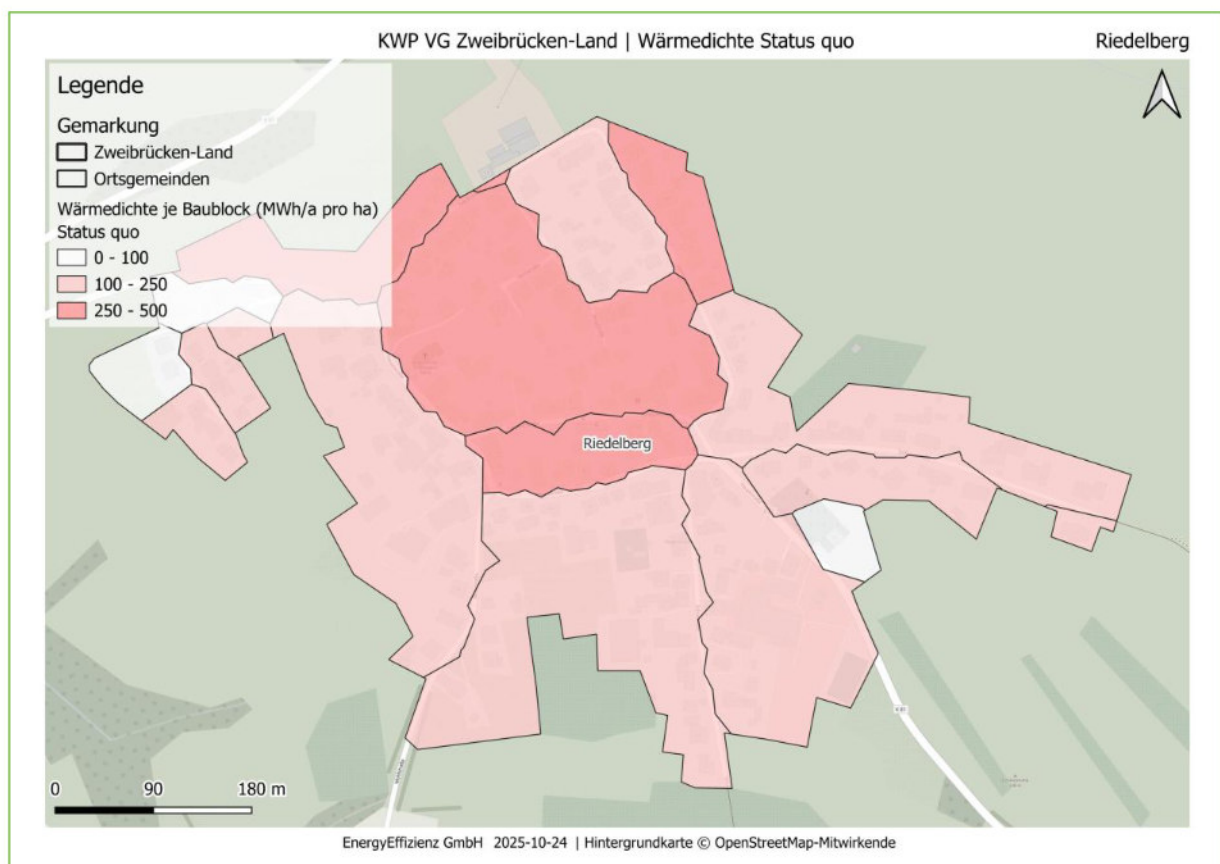


Abbildung 160: Verbandsgemeinde Riedelberg: Wärmedichte im Status quo

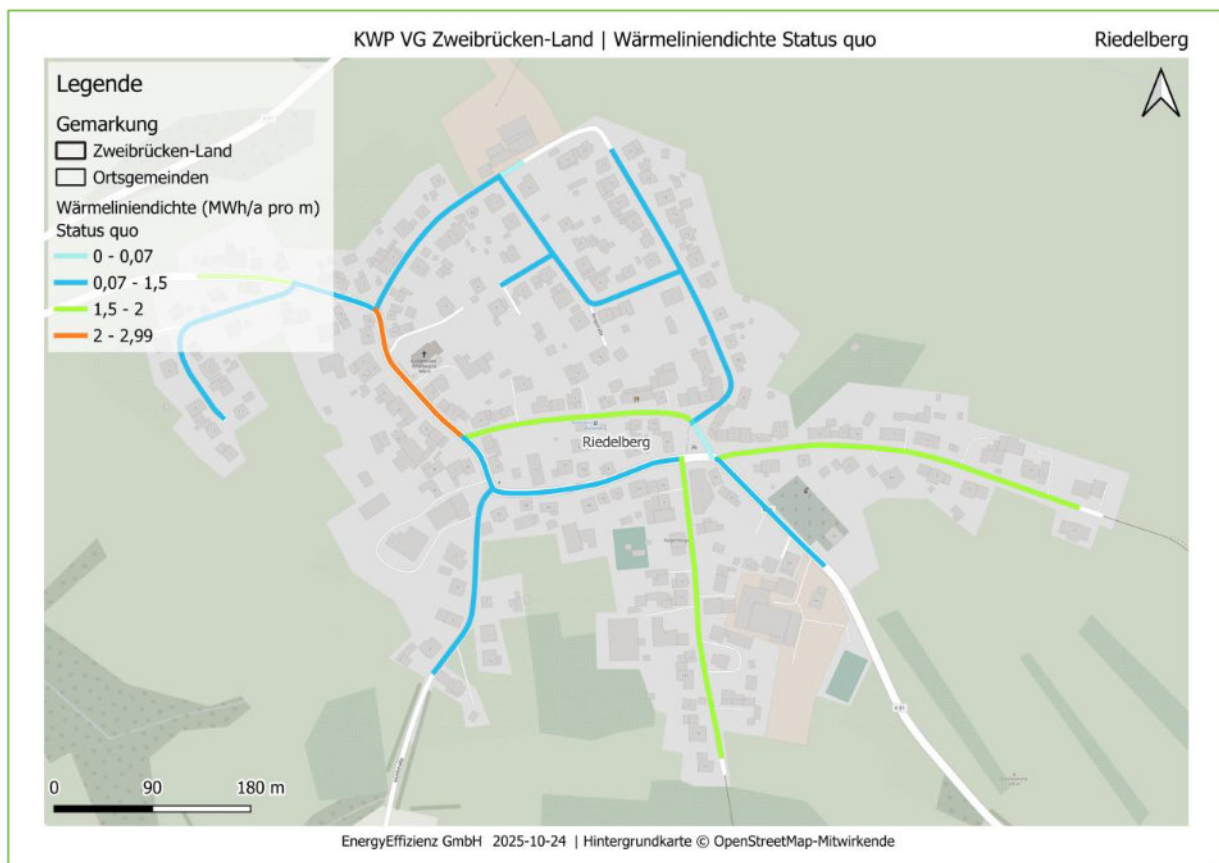


Abbildung 161: Verbandsgemeinde Riedelberg: Wärmeliniendichte im Status quo



Abbildung 162: Verbandsgemeinde Riedelberg: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

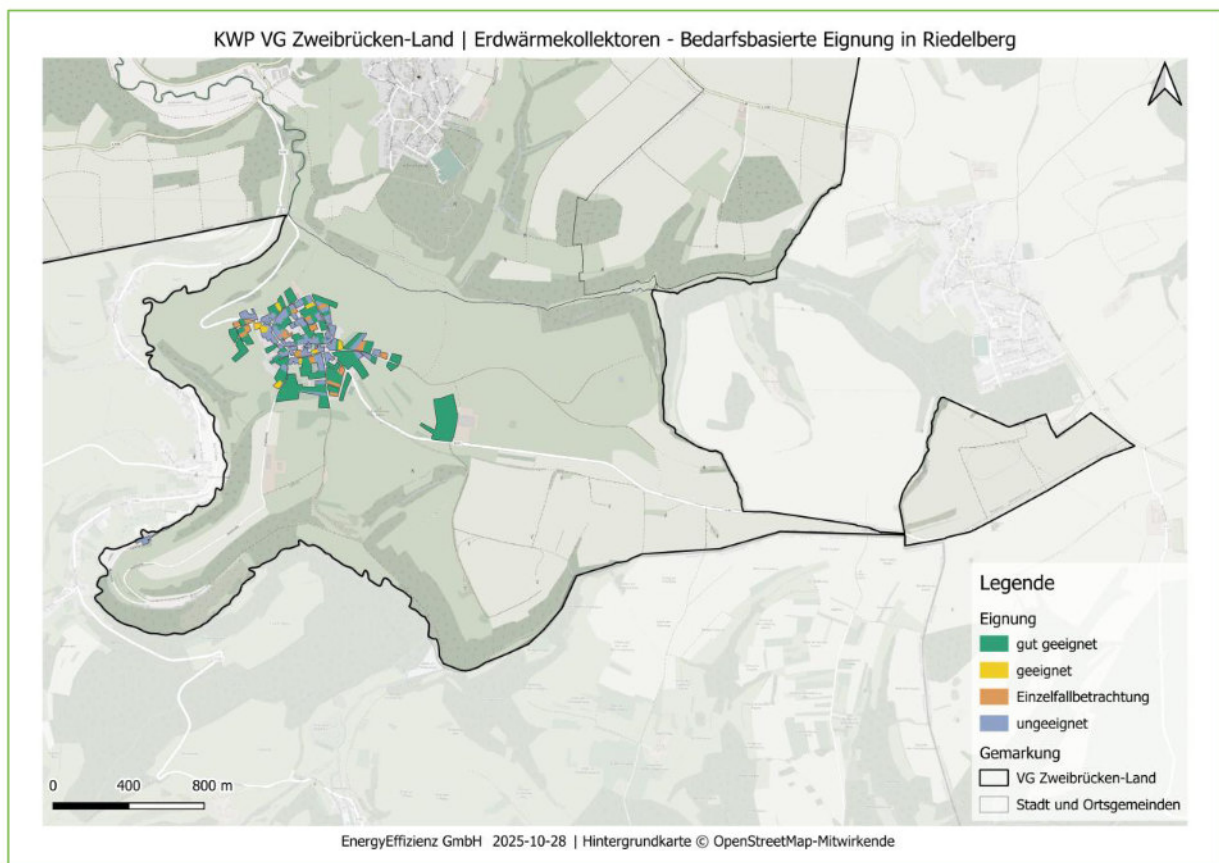


Abbildung 163: Verbandsgemeinde Riedelberg: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

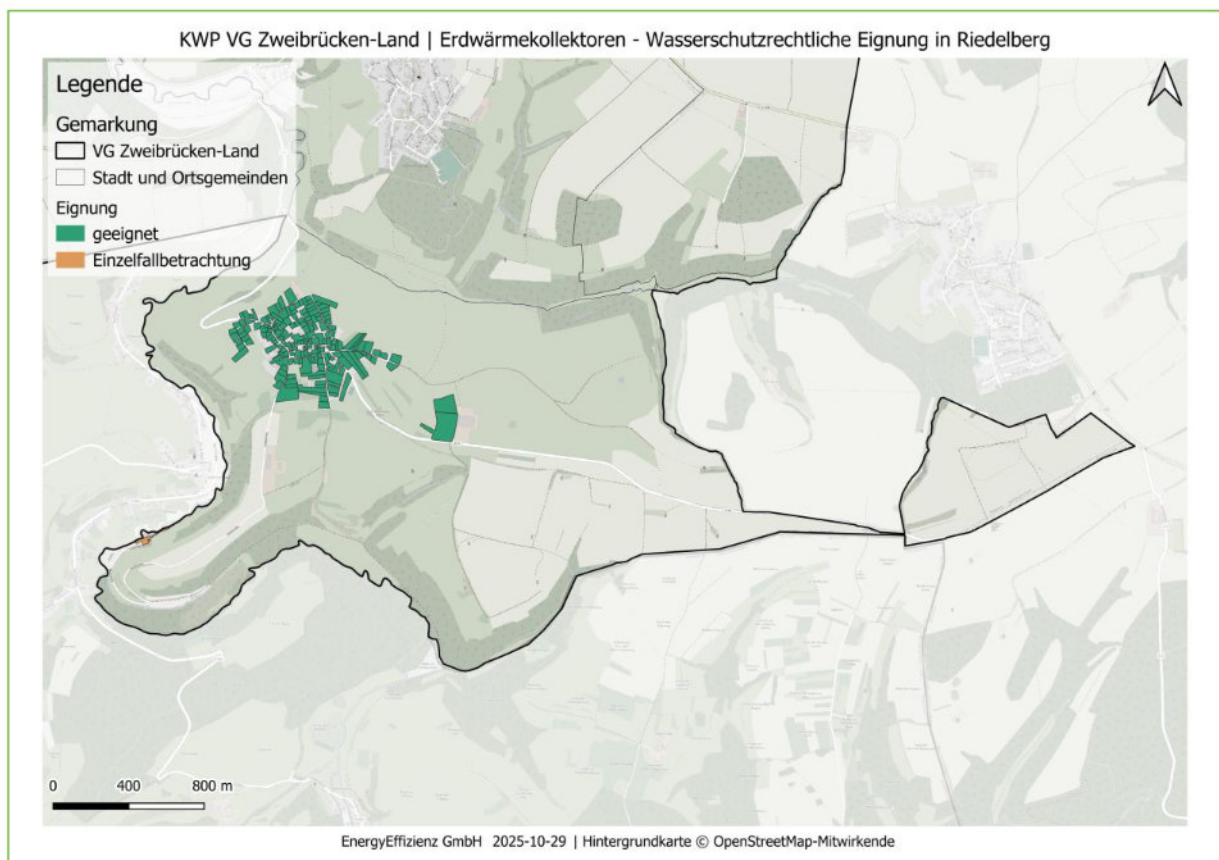


Abbildung 164: Verbandsgemeinde Riedelberg: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

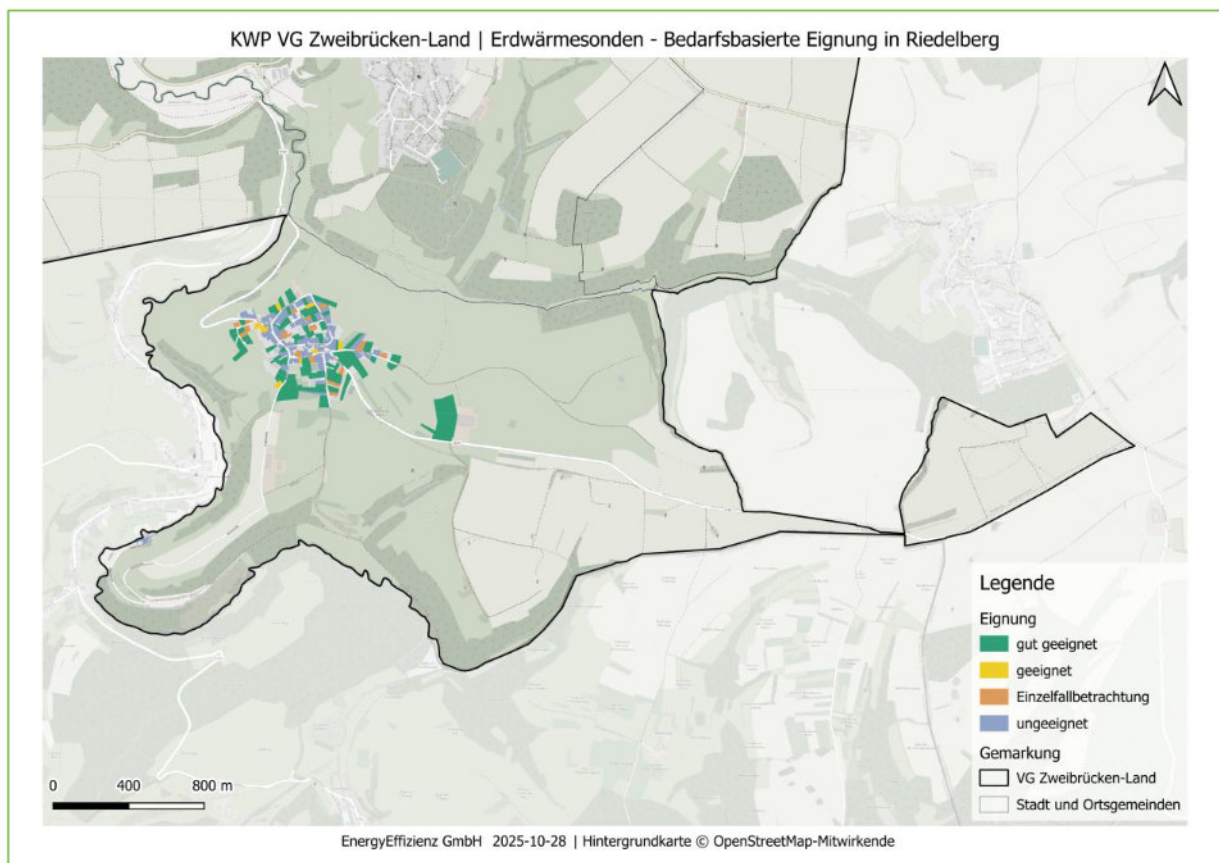


Abbildung 165: Verbandsgemeinde Riedelberg: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

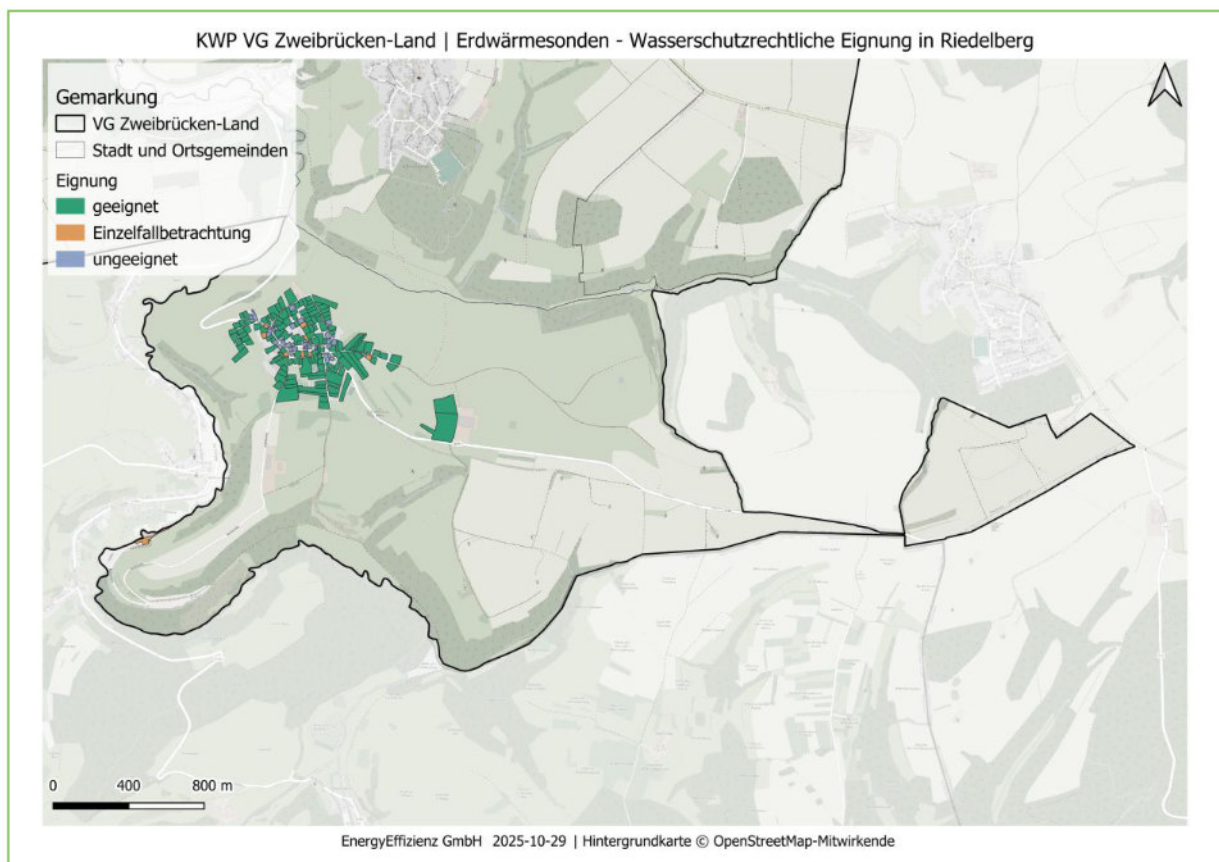


Abbildung 166: Verbandsgemeinde Riedelberg: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang O: Rosenkopf

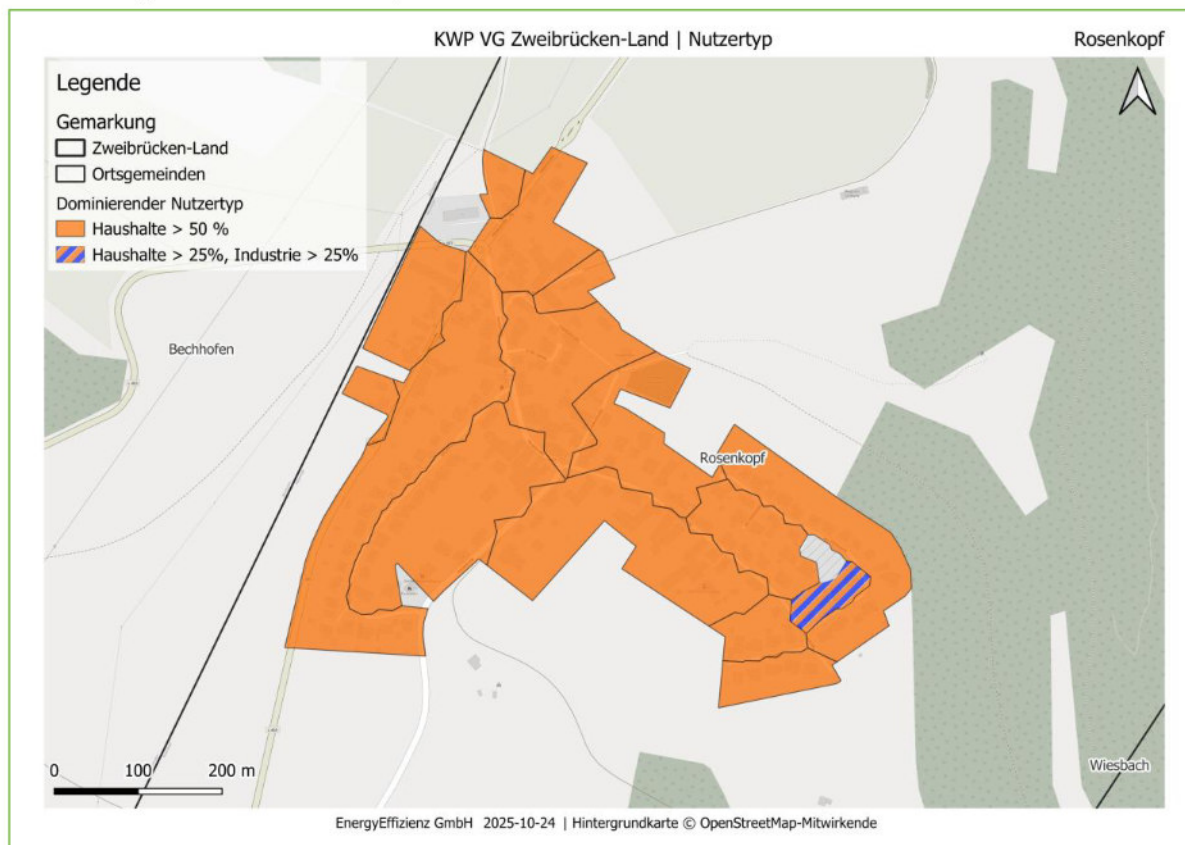


Abbildung 167: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Dominierende Sektoren

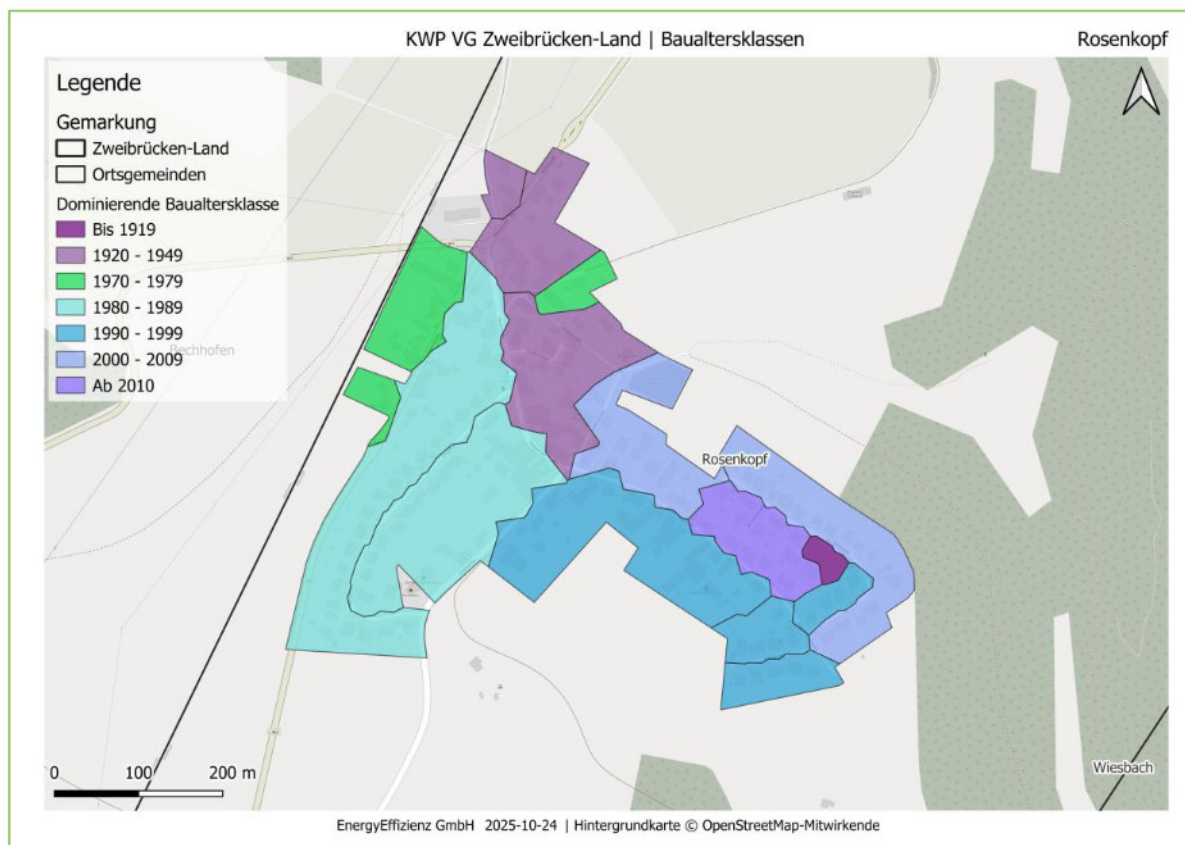


Abbildung 168: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Baualtersklassen

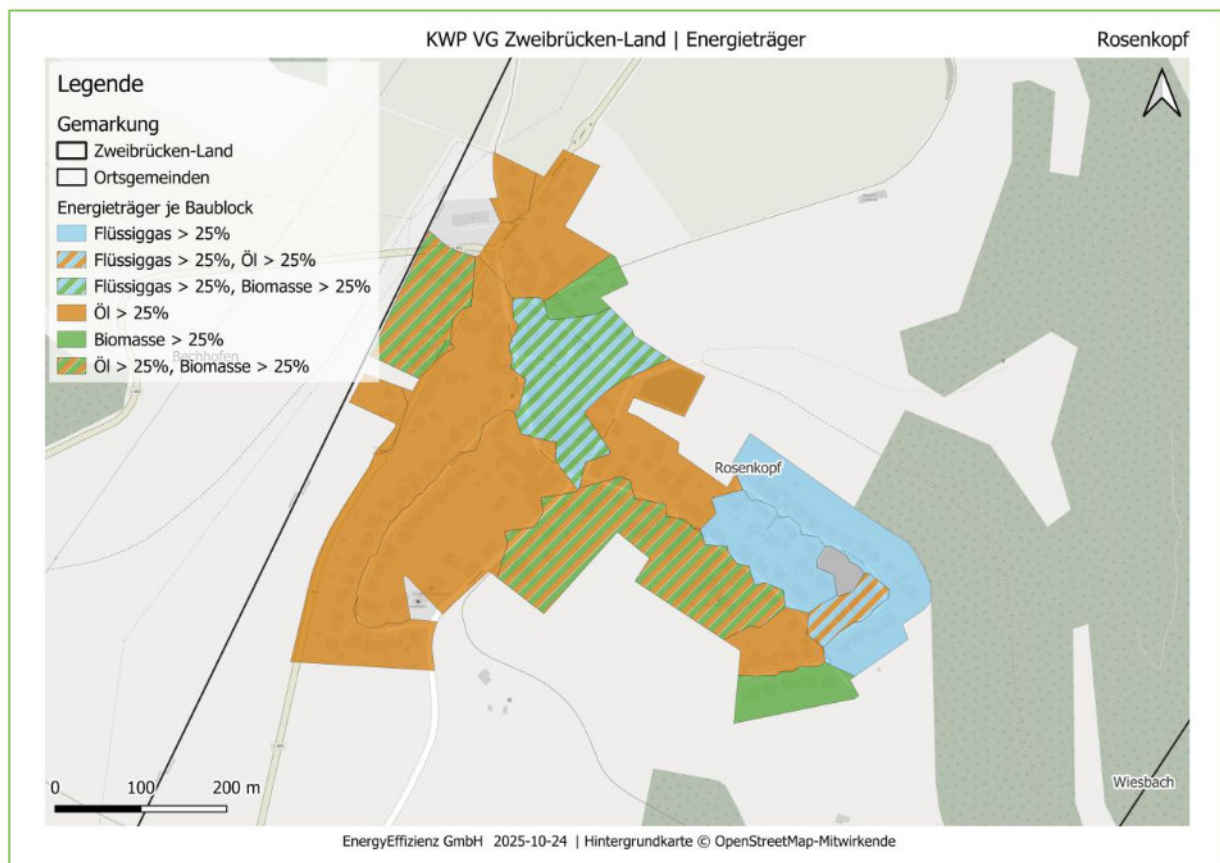


Abbildung 169: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Energieträger im Status quo (2024)

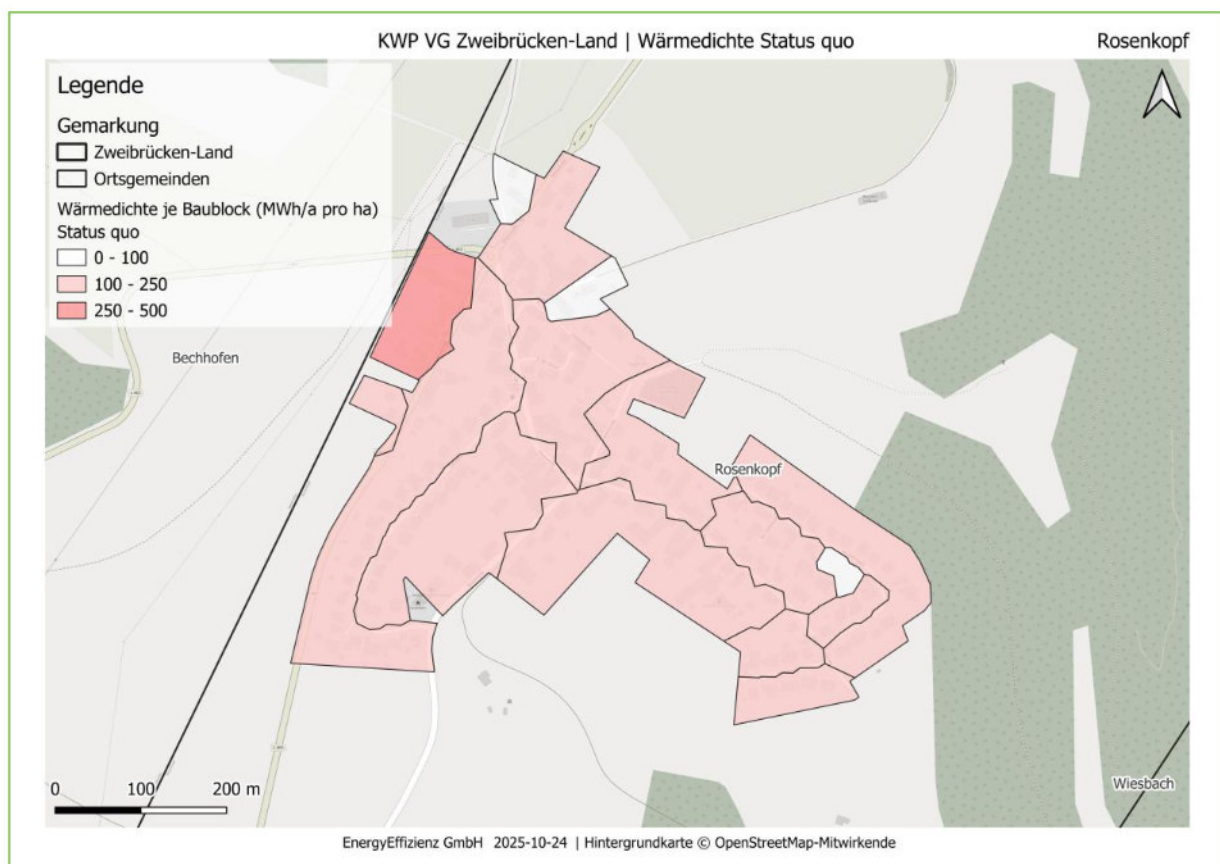


Abbildung 170: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Wärmedichte im Status quo

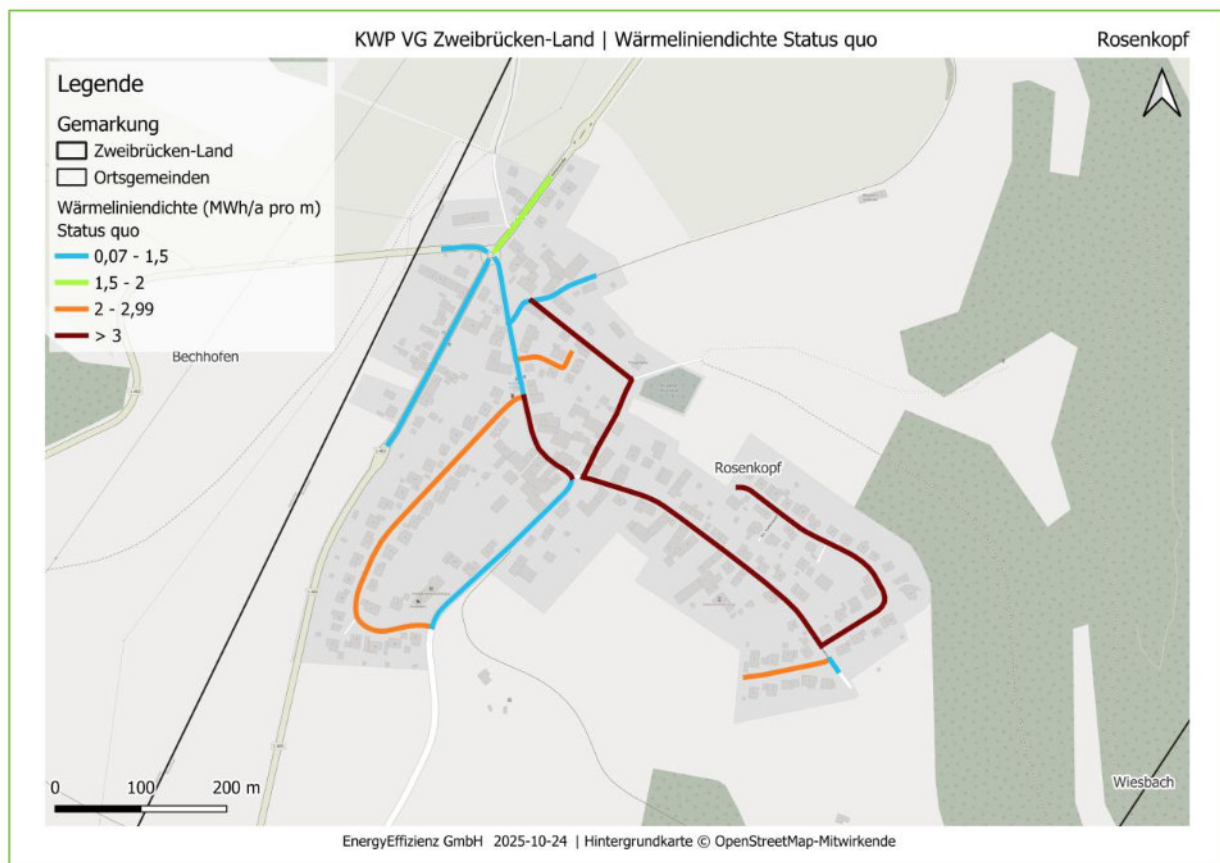


Abbildung 171: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Wärmeliniendichte im Status quo

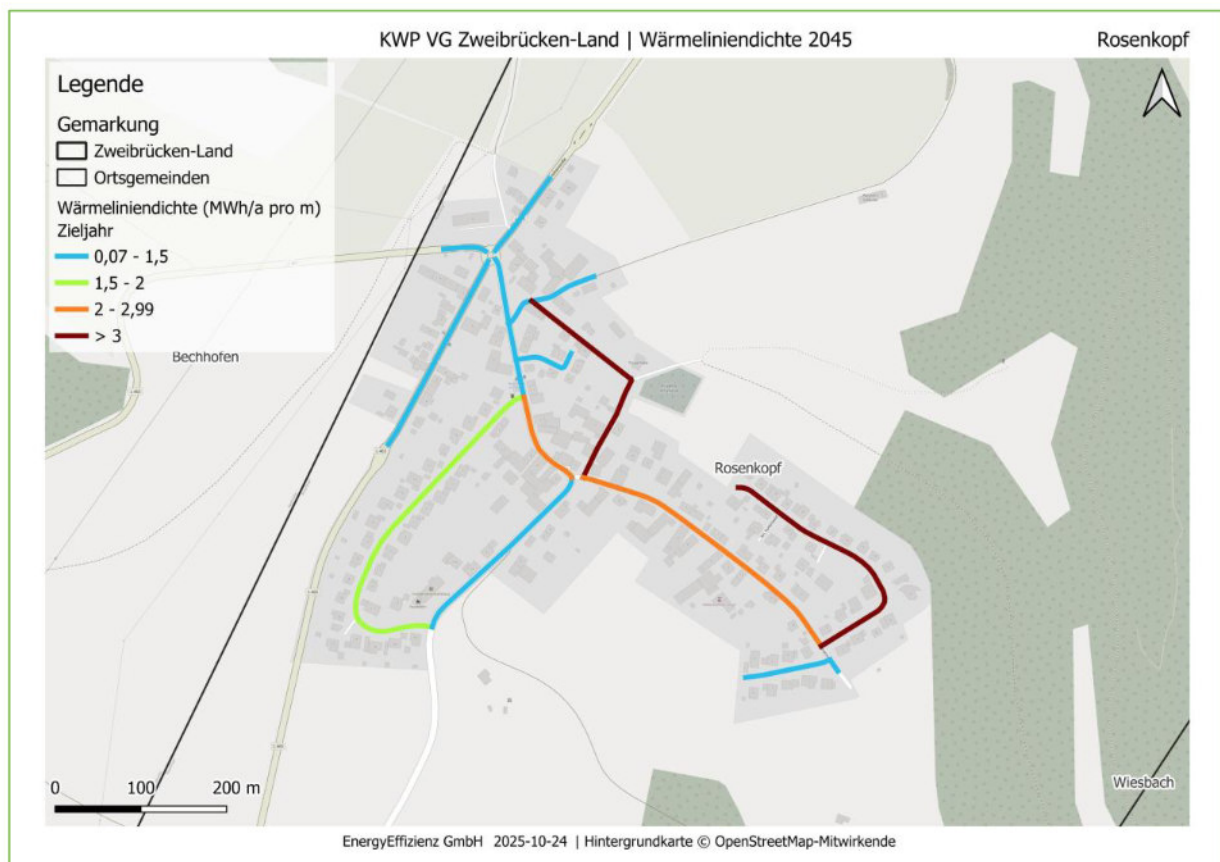


Abbildung 172: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

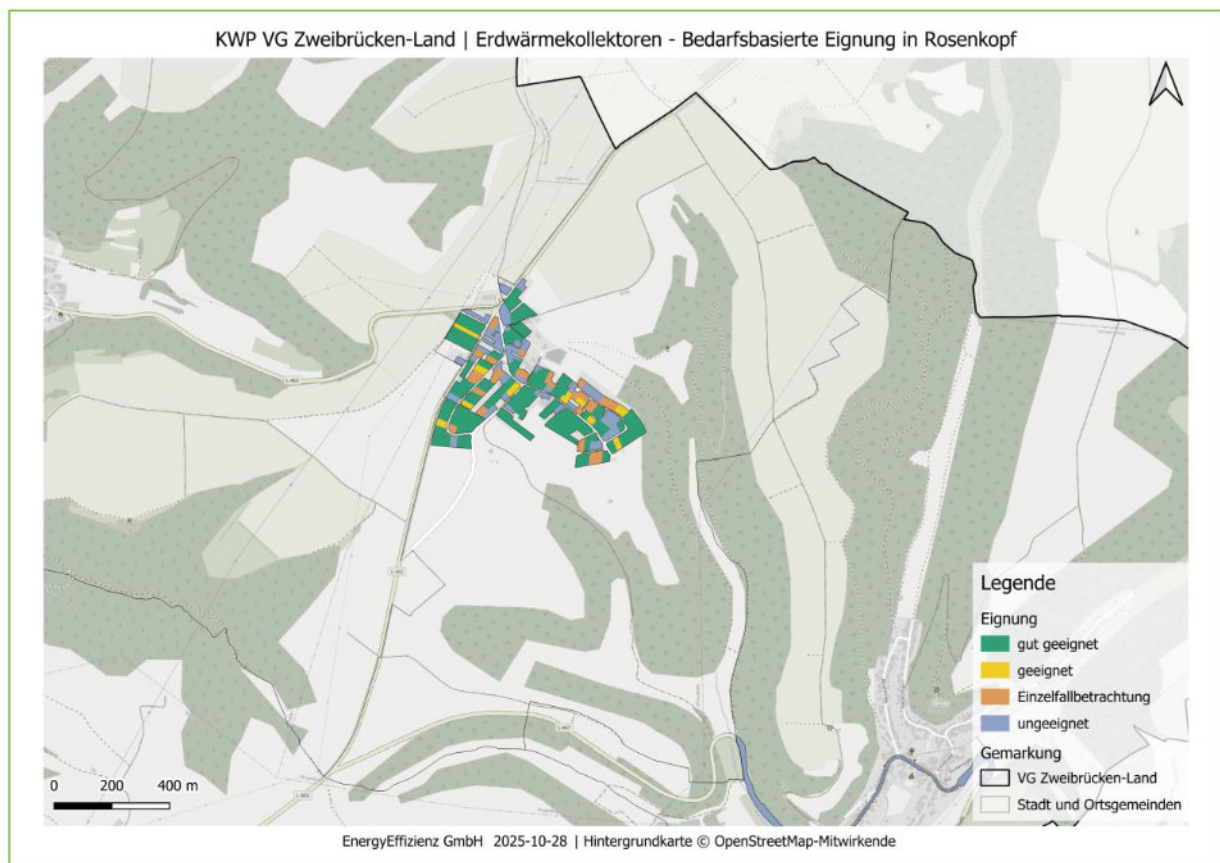


Abbildung 173: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

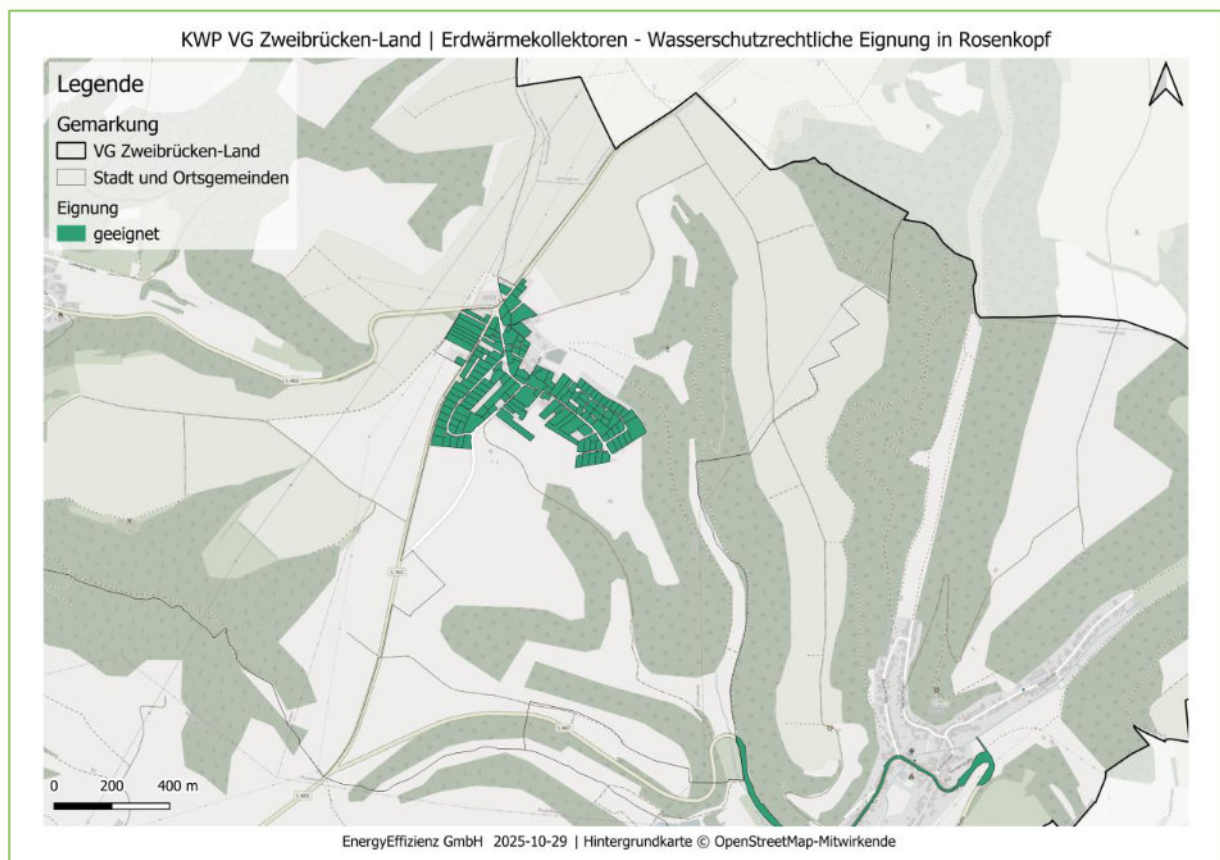


Abbildung 174: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

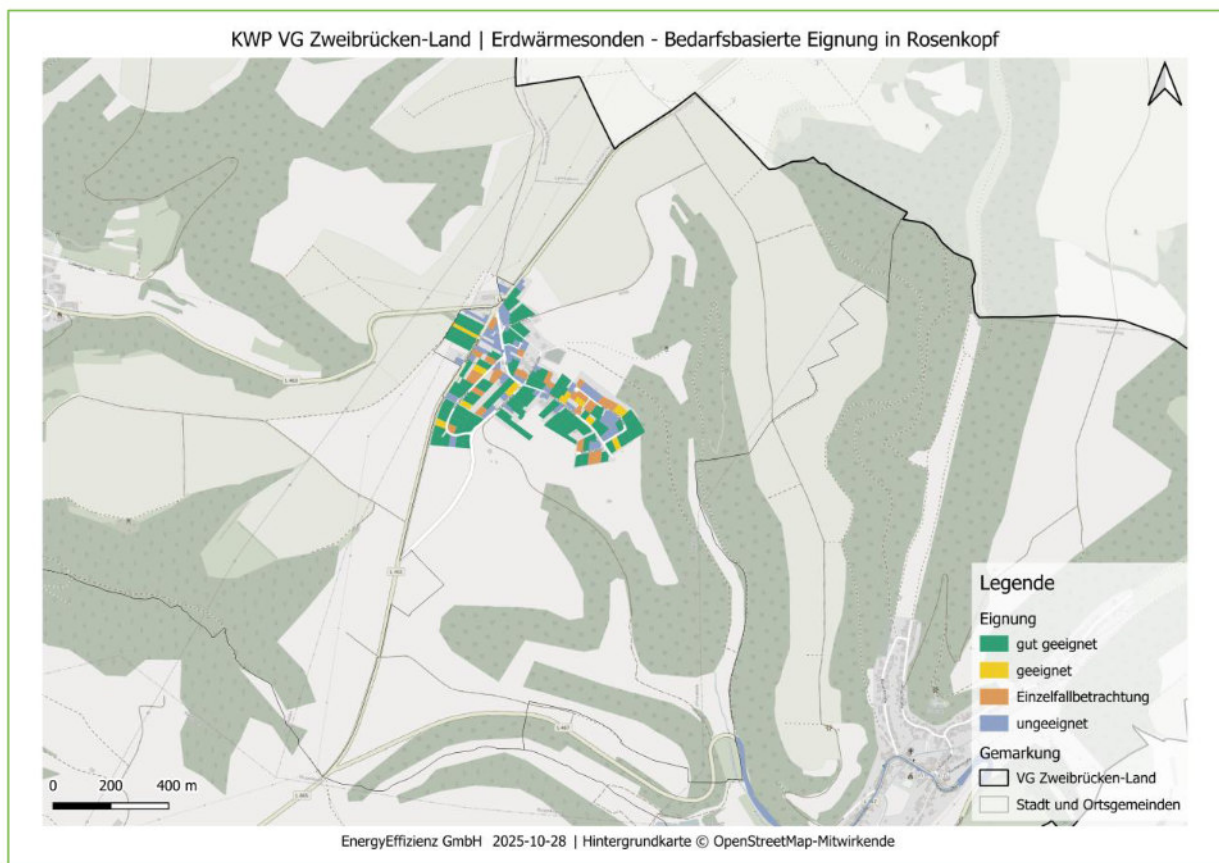


Abbildung 175: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

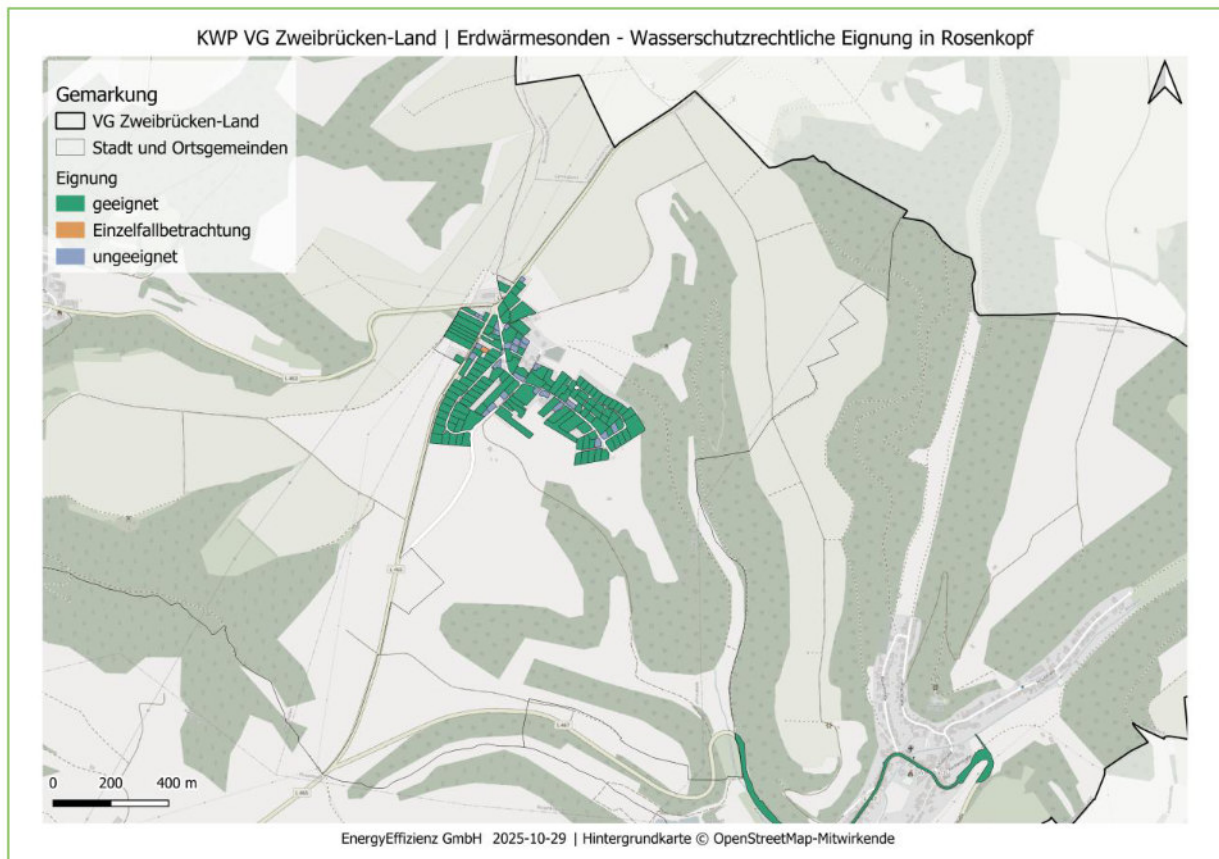


Abbildung 176: Verbandsgemeinde Rosenkopf: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang P: Walshausen

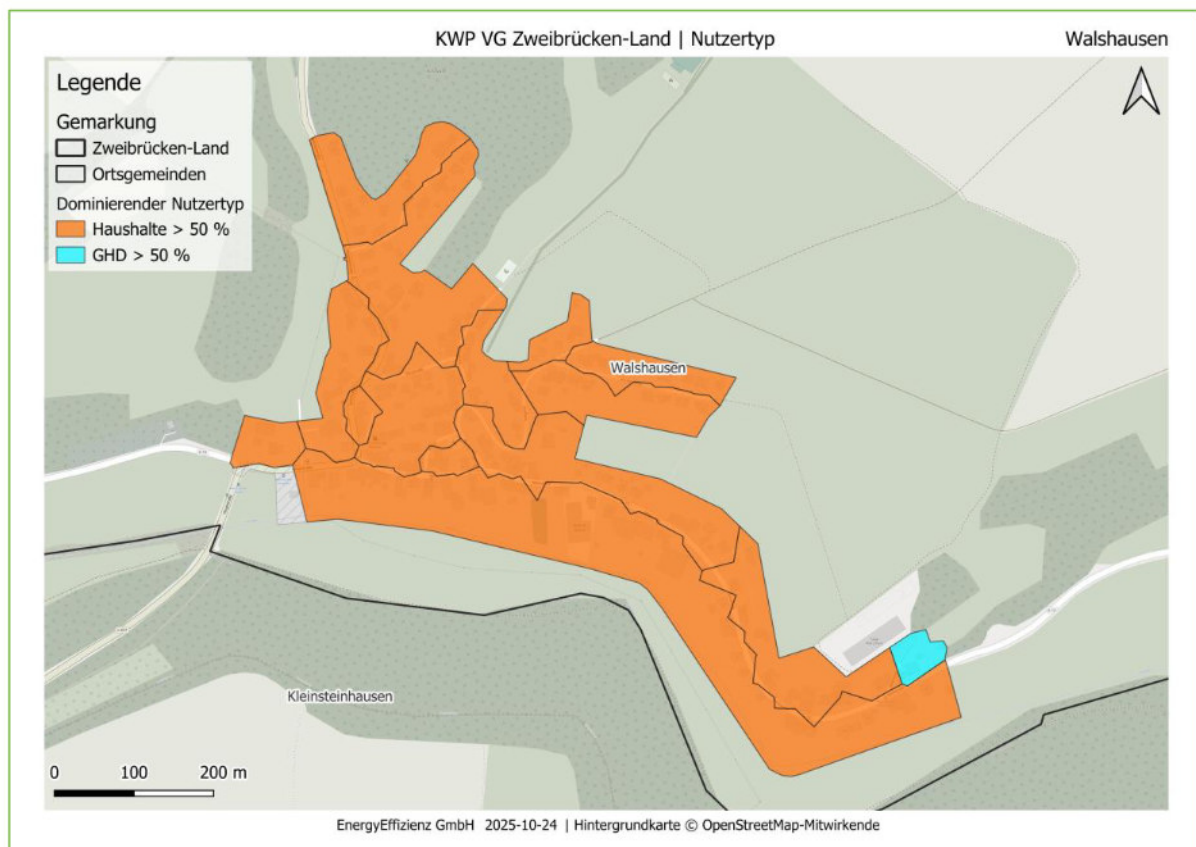


Abbildung 177: Verbandsgemeinde Walshausen: Dominierende Sektoren

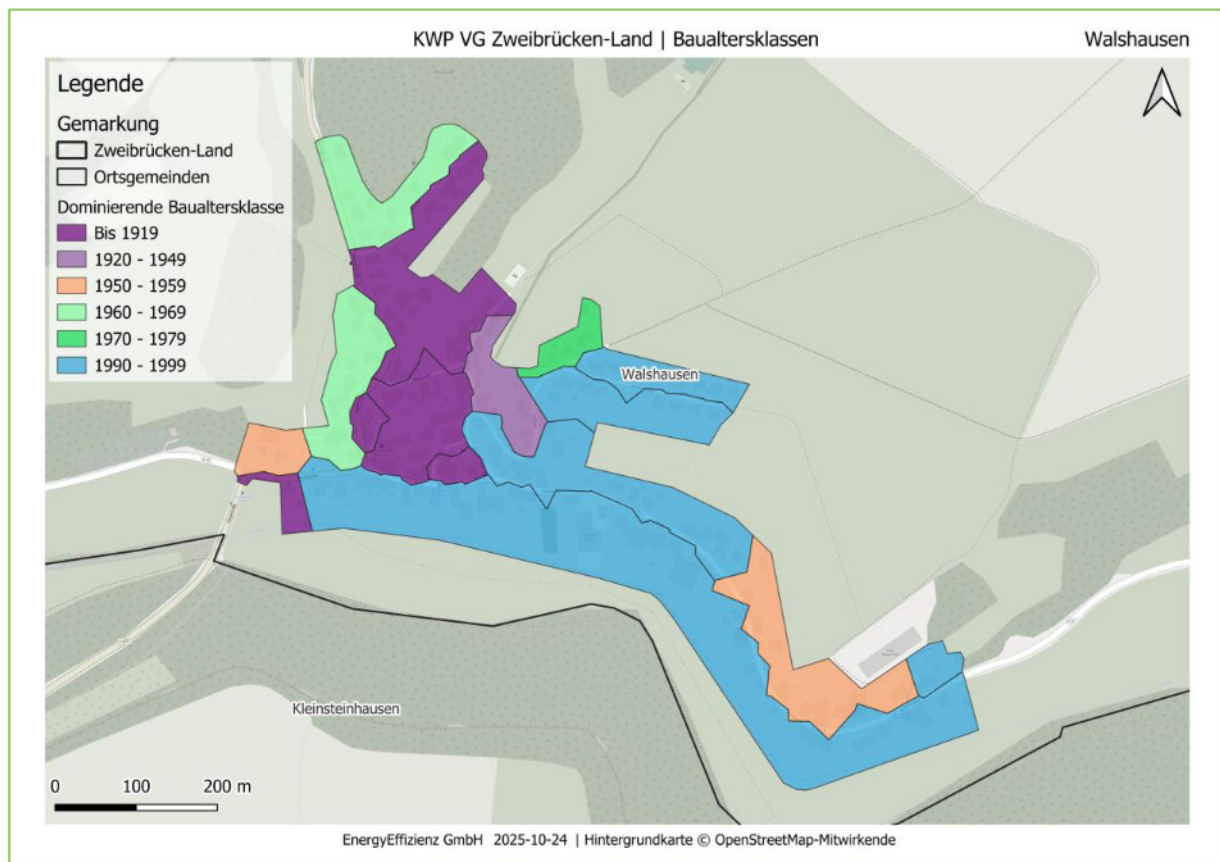


Abbildung 178: Verbandsgemeinde Walshausen: Baualtersklassen

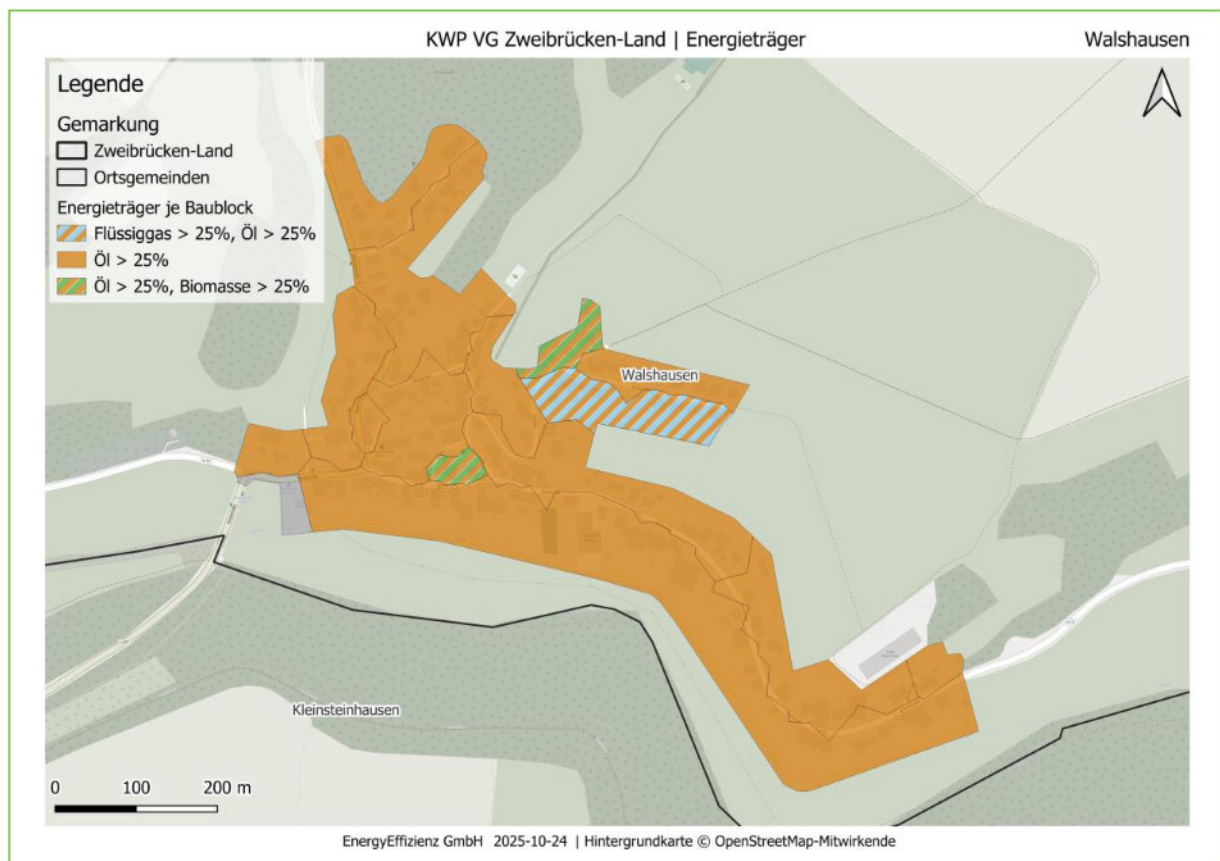


Abbildung 179: Verbandsgemeinde Walshausen: Energieträger im Status quo (2024)

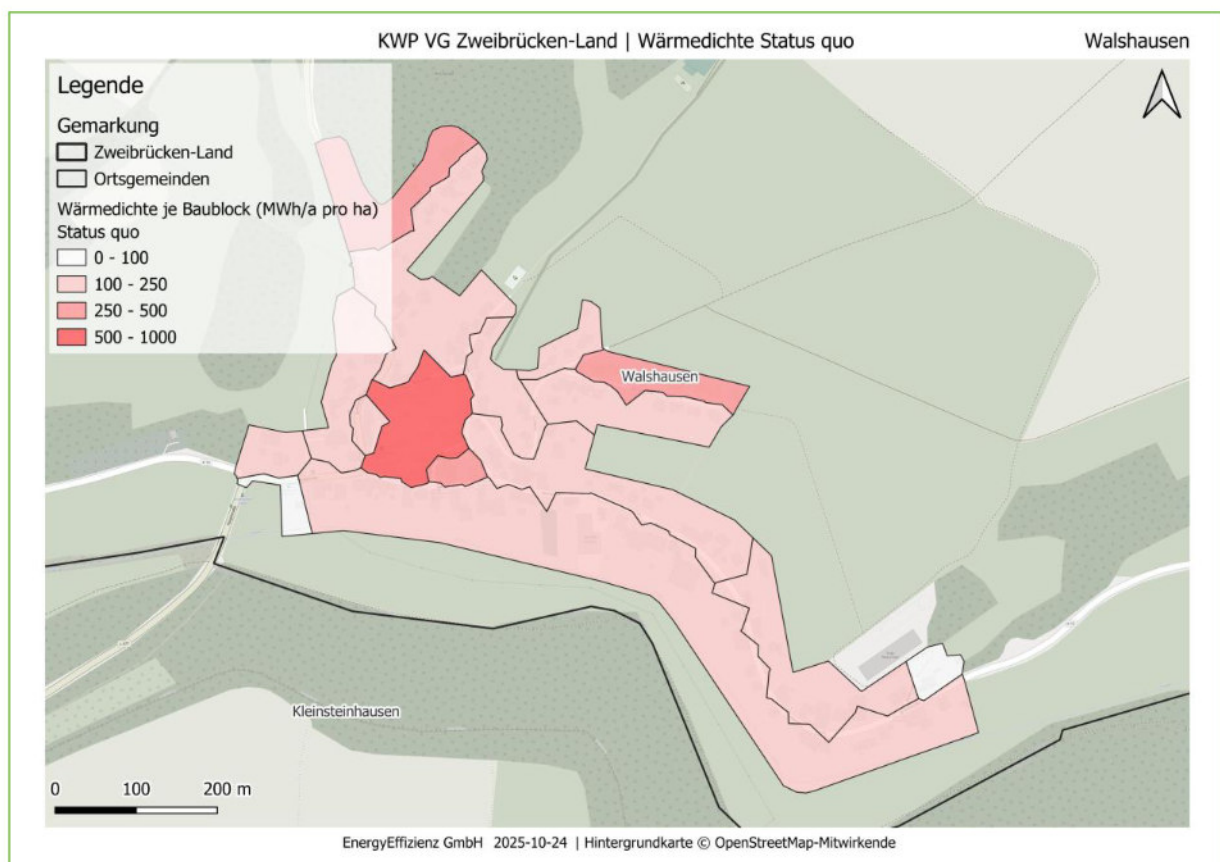


Abbildung 180: Verbandsgemeinde Walshausen: Wärmedichte im Status quo

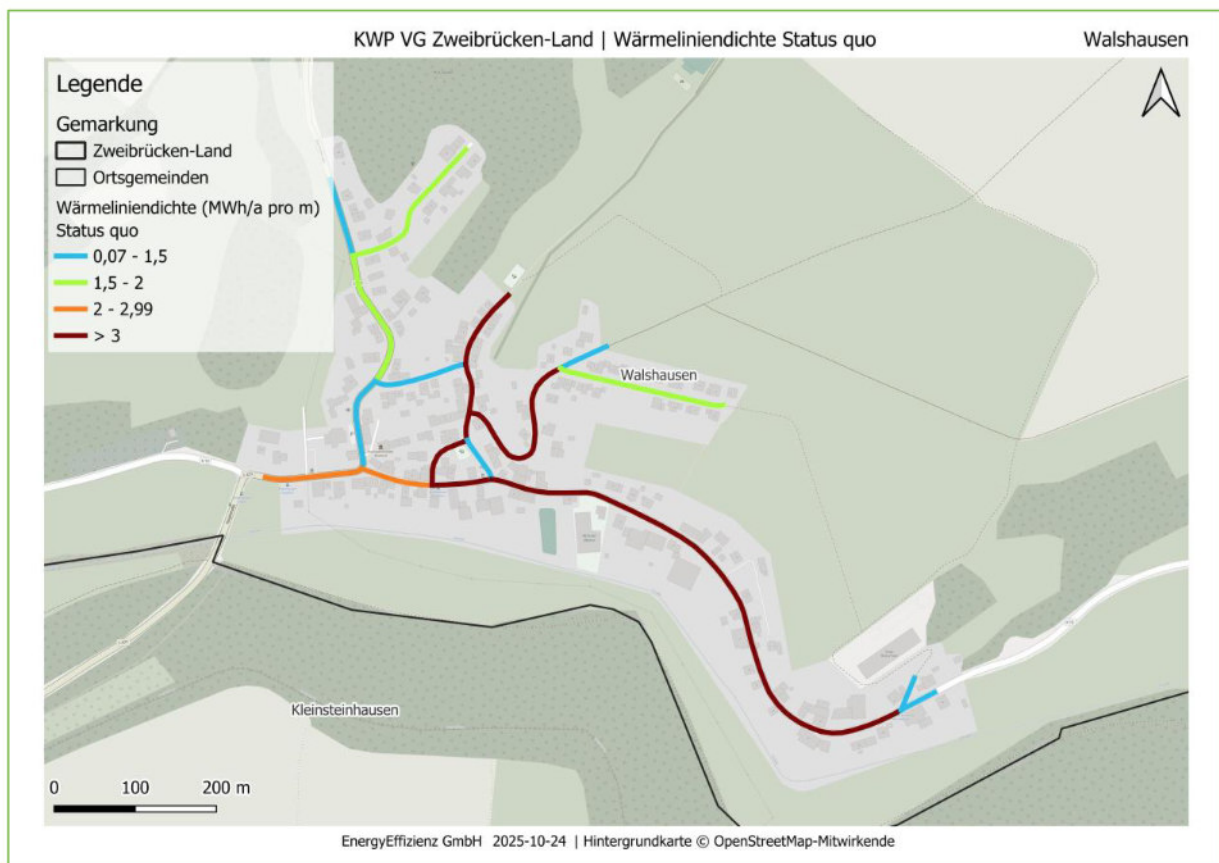


Abbildung 181: Verbandsgemeinde Walshausen: Wärmeliniendichte im Status quo



Abbildung 182: Verbandsgemeinde Walshausen: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

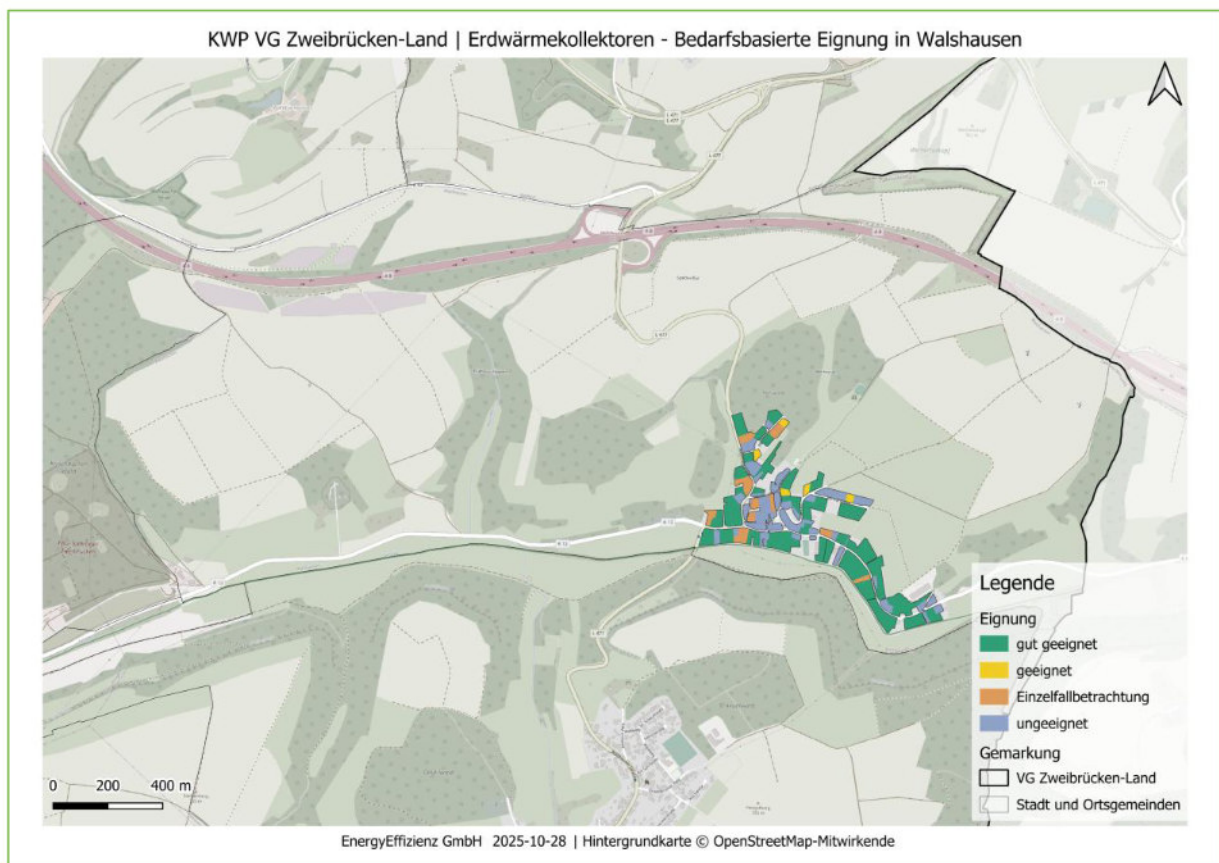


Abbildung 183: Verbandsgemeinde Walshausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

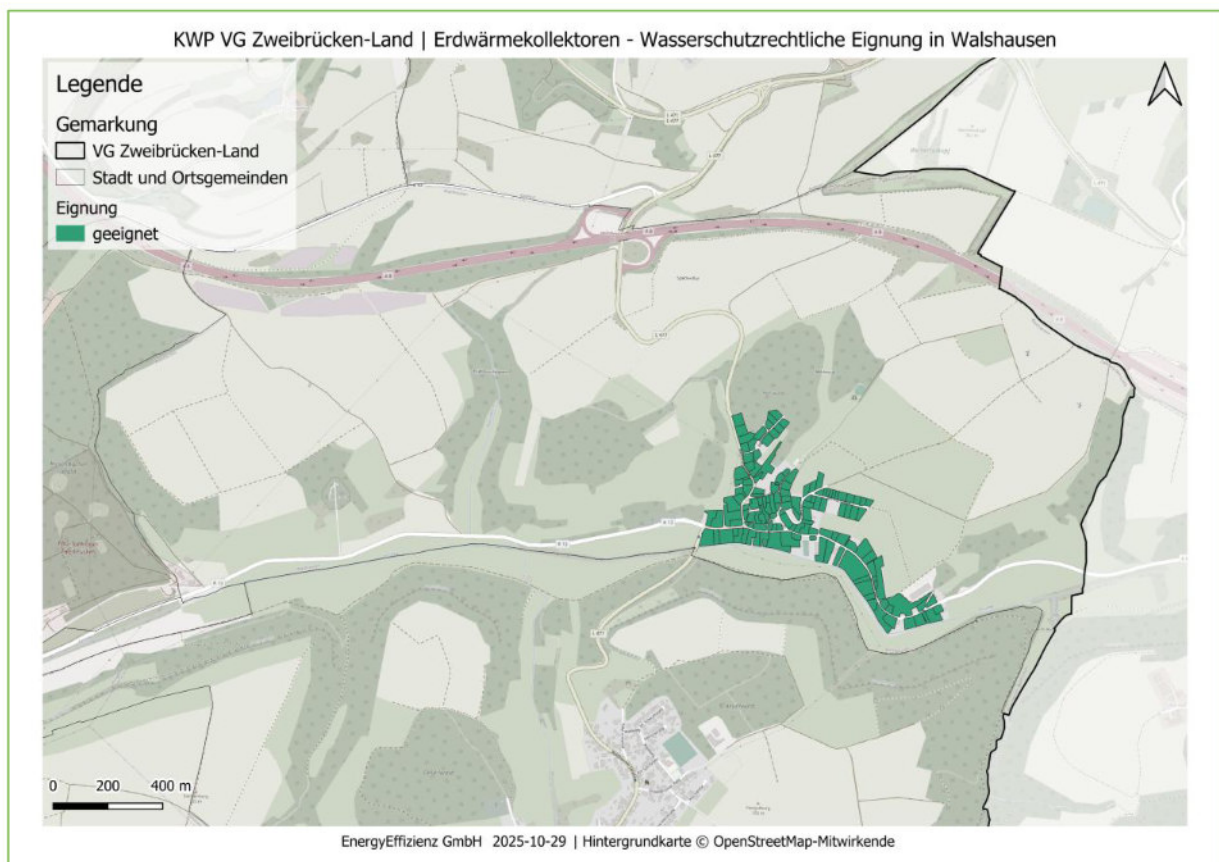


Abbildung 184: Verbandsgemeinde Walshausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

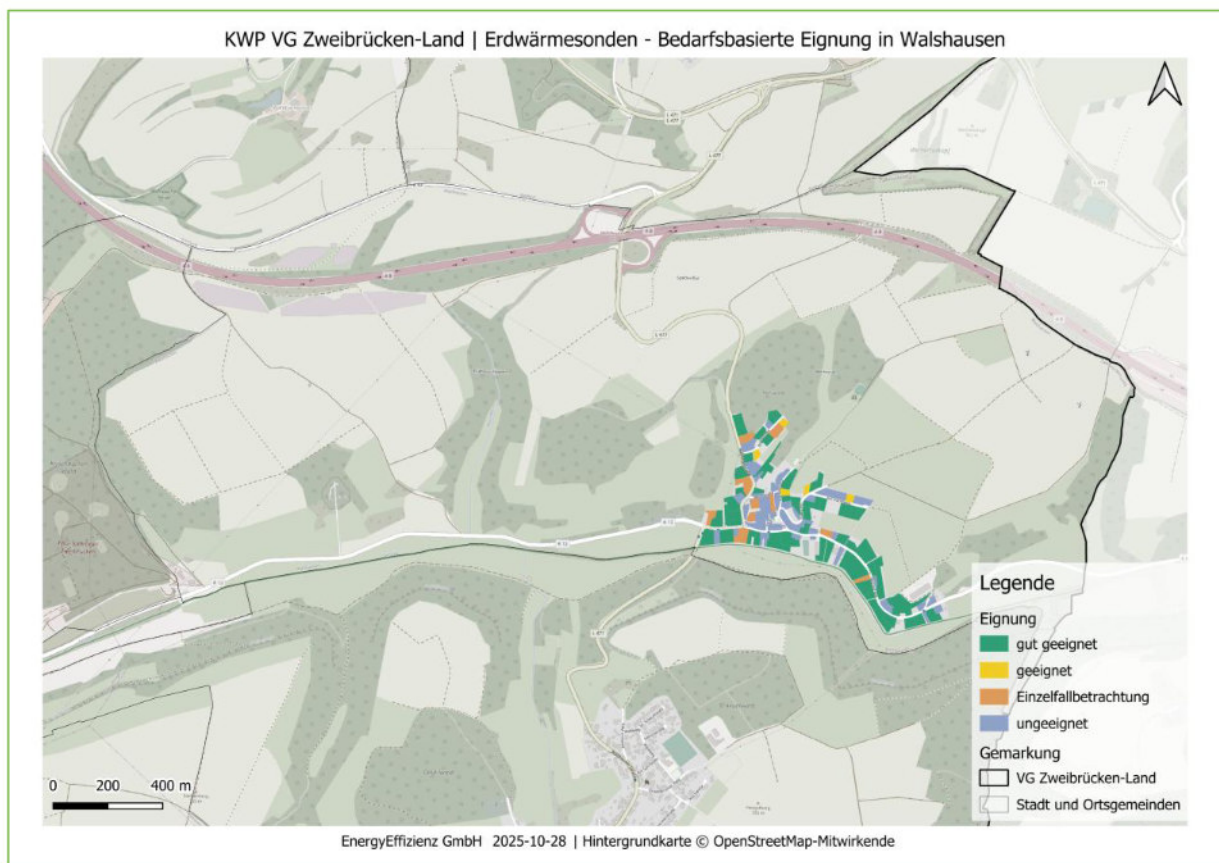


Abbildung 185: Verbandsgemeinde Walshausen: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

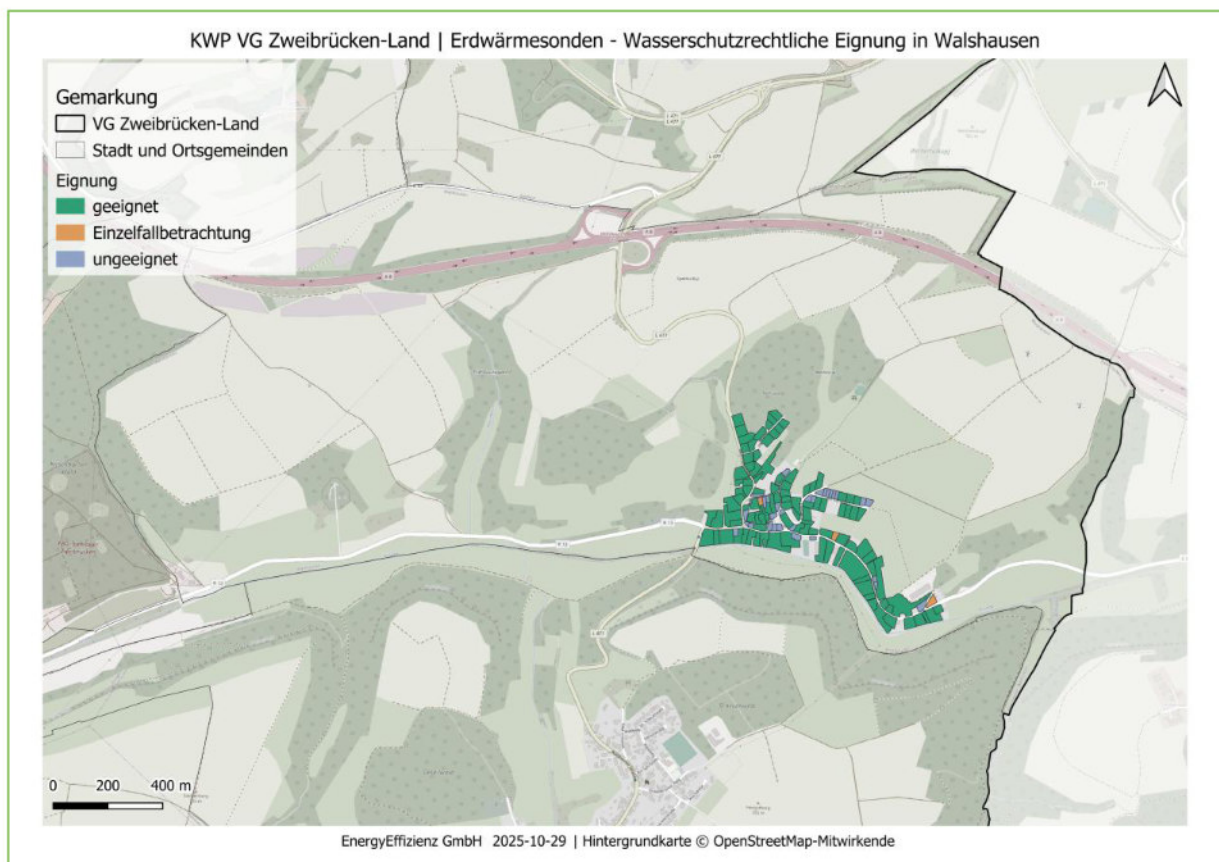


Abbildung 186: Verbandsgemeinde Walshausen: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang Q: Wiesbach

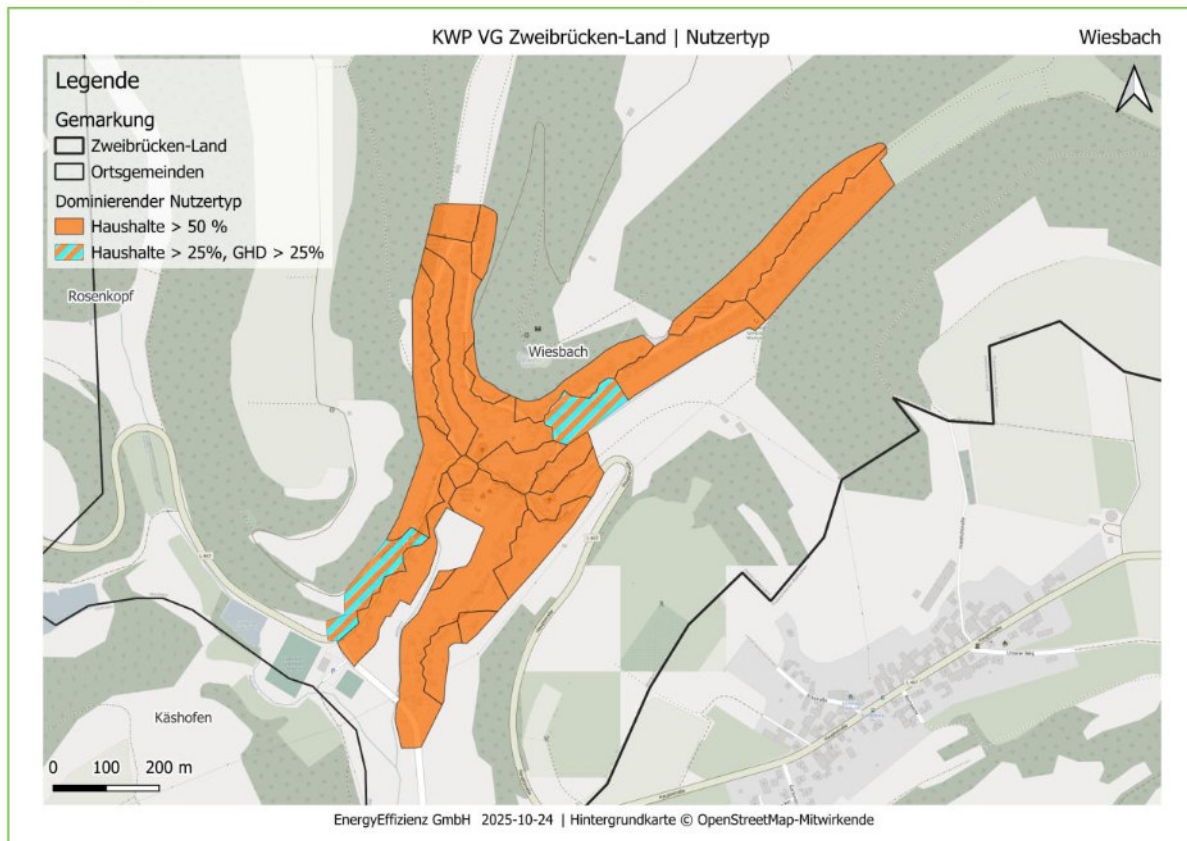


Abbildung 187: Verbandsgemeinde Wiesbach: Dominierende Sektoren

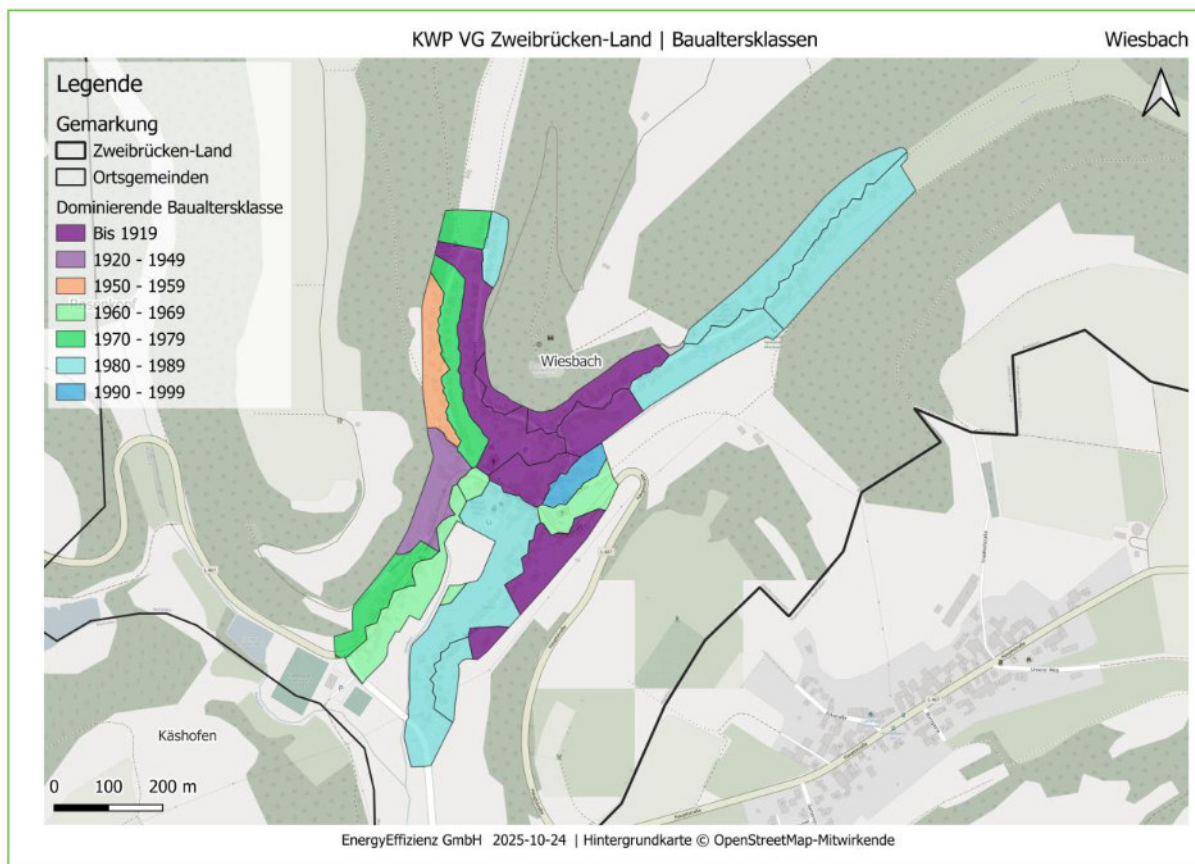


Abbildung 188: Verbandsgemeinde Wiesbach: Baualtersklassen

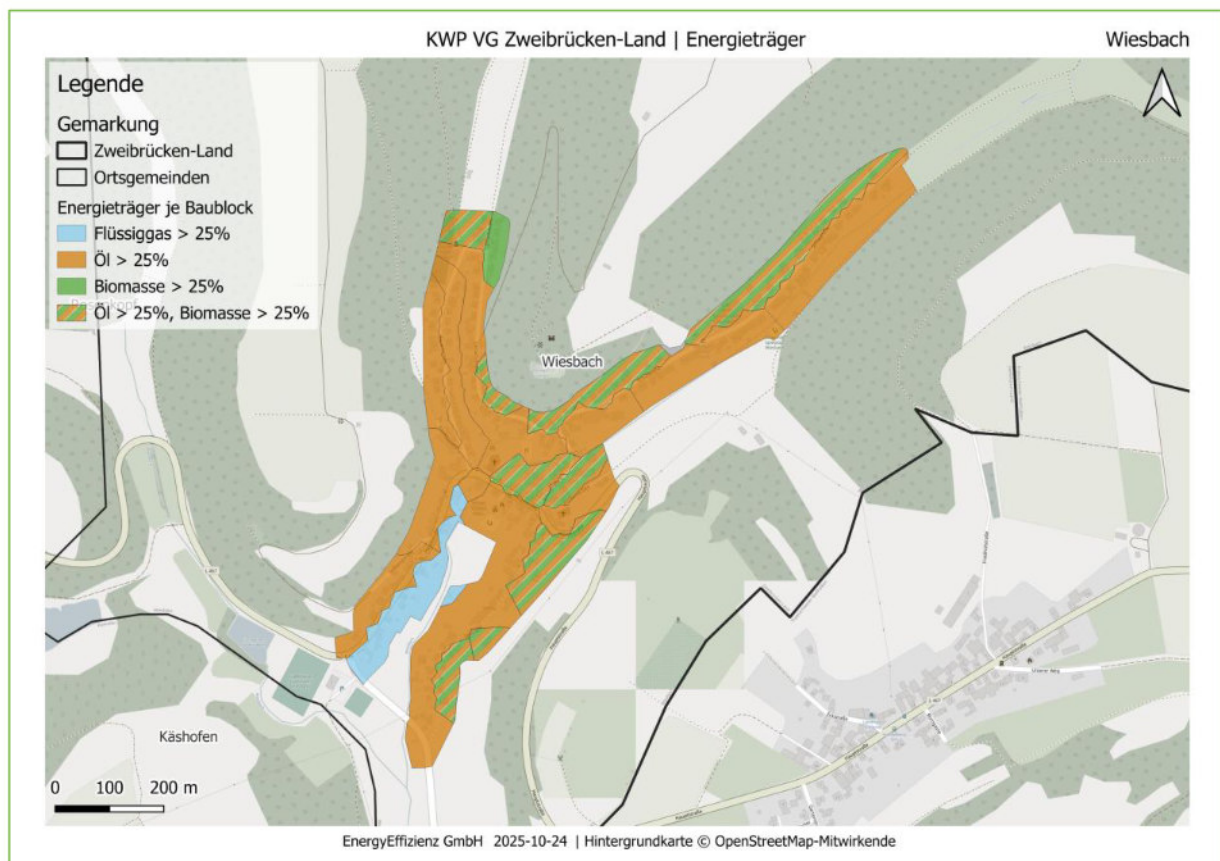


Abbildung 189: Verbandsgemeinde Wiesbach: Energieträger im Status quo (2024)

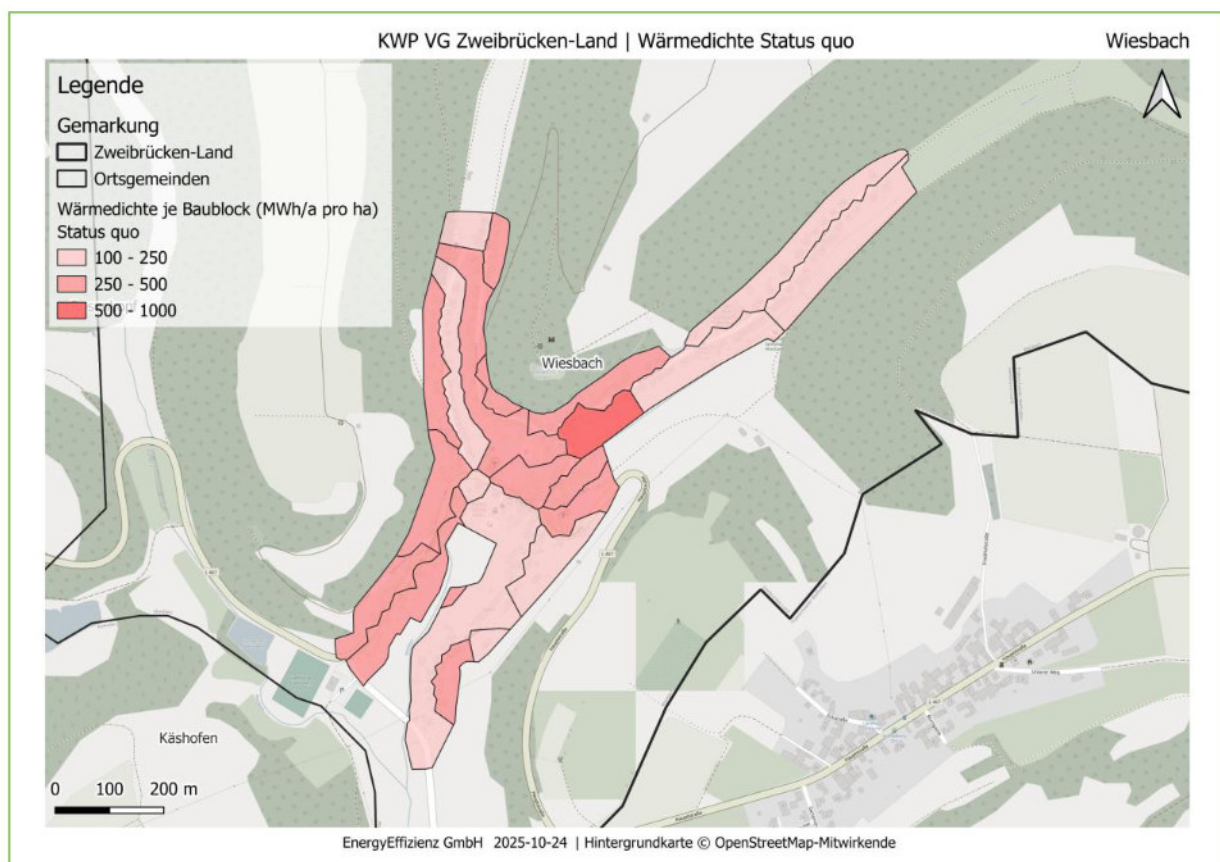


Abbildung 190: Verbandsgemeinde Wiesbach: Wärmedichte im Status quo

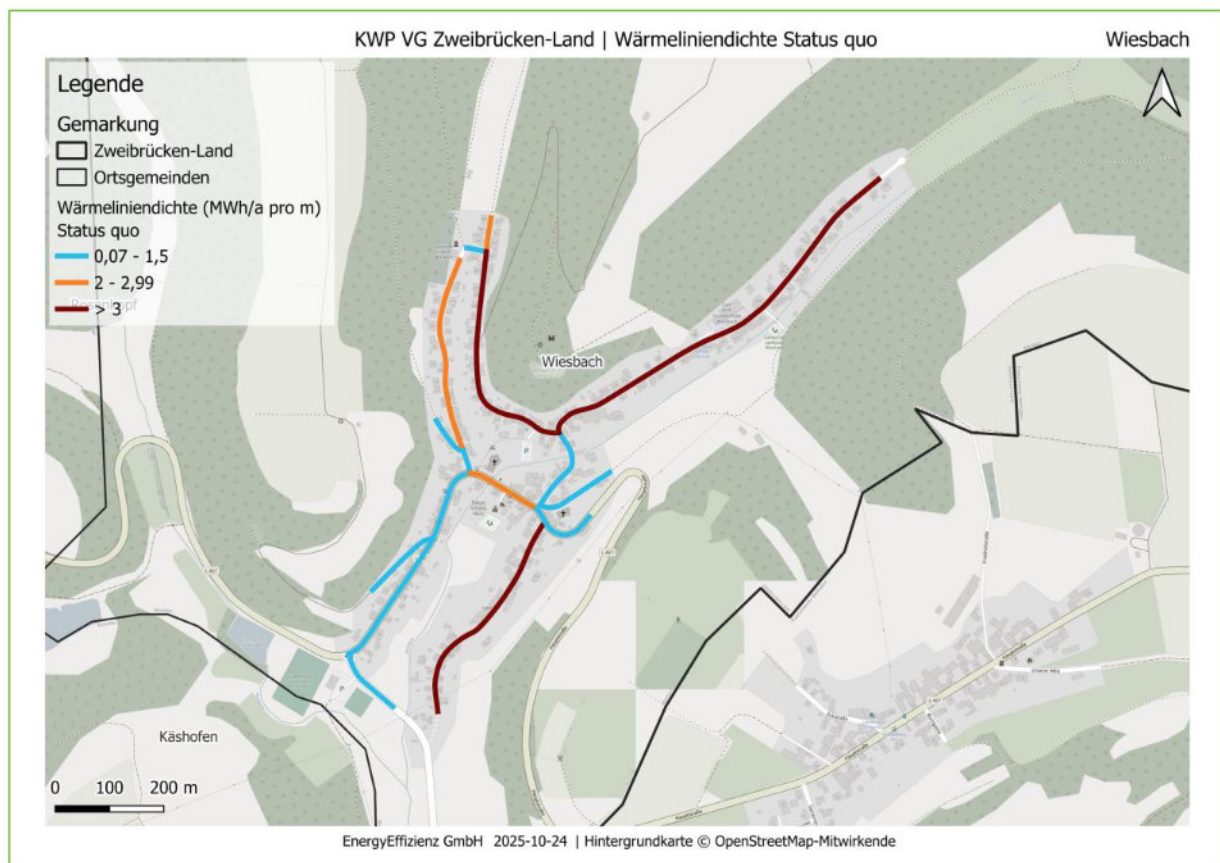


Abbildung 191: Verbandsgemeinde Wiesbach: Wärmeliniendichte im Status quo

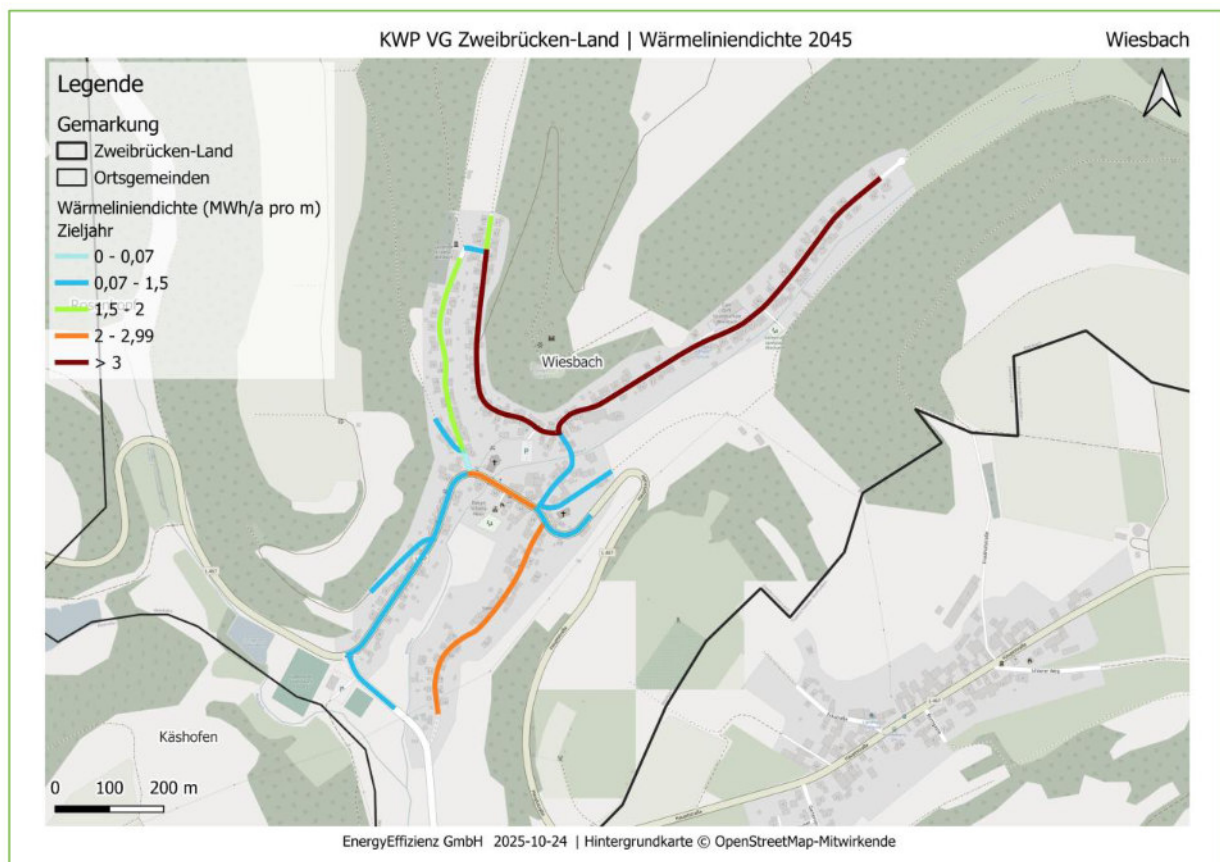


Abbildung 192: Verbandsgemeinde Wiesbach: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

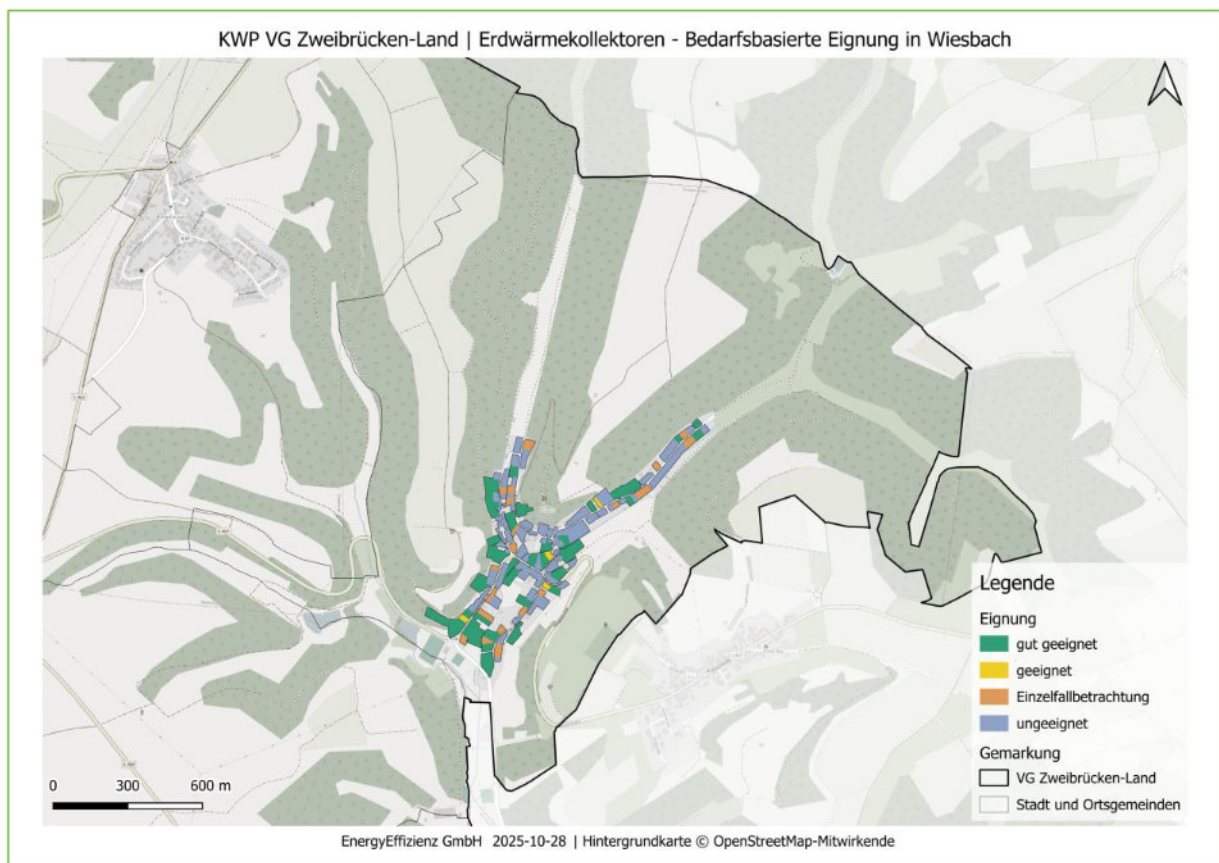


Abbildung 193: Verbandsgemeinde Wiesbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

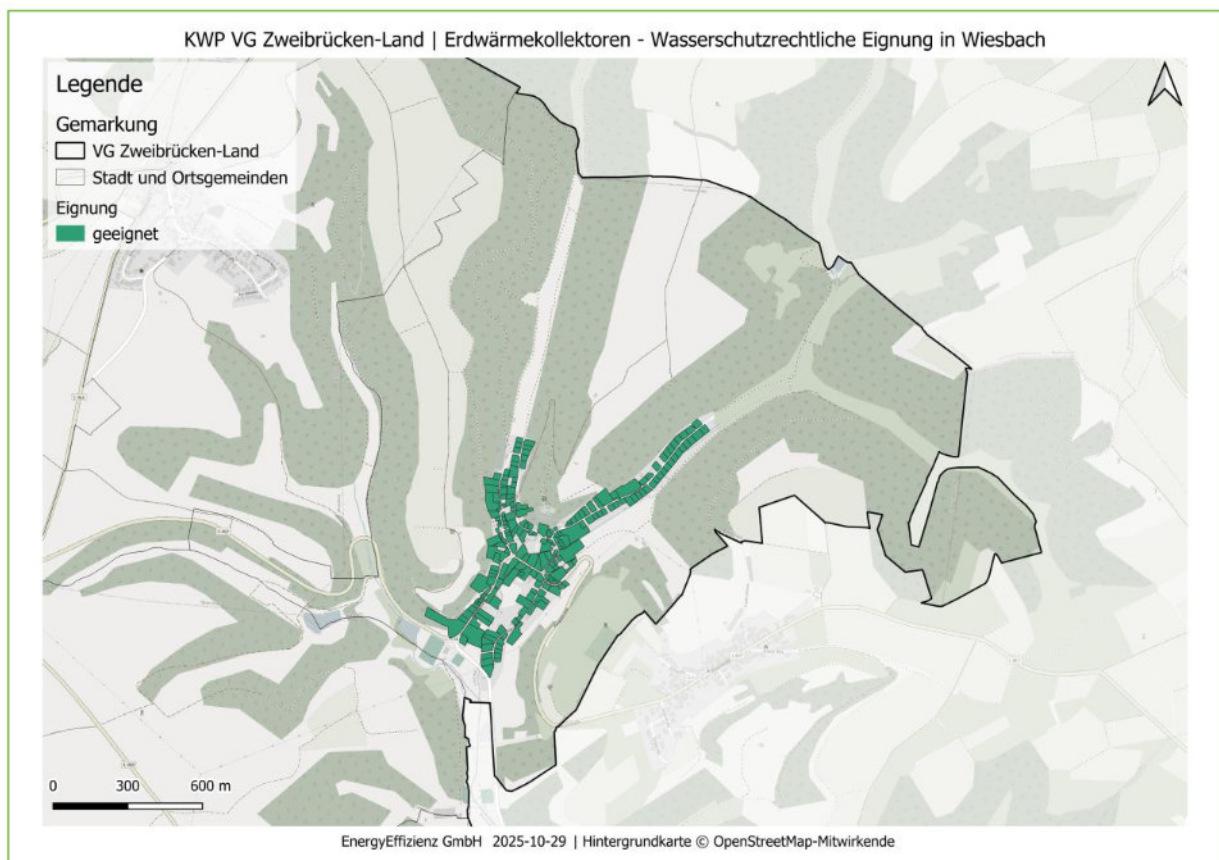


Abbildung 194: Verbandsgemeinde Wiesbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

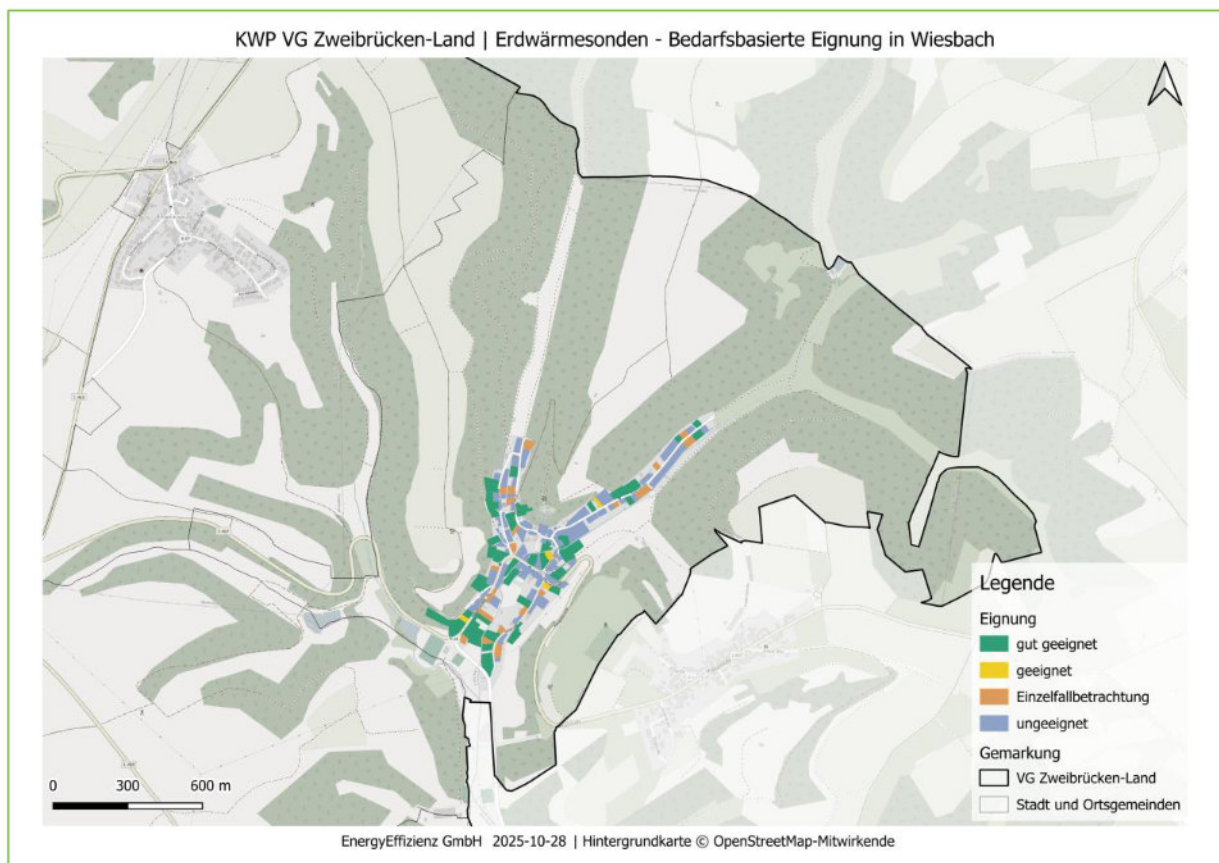


Abbildung 195: Verbandsgemeinde Wiesbach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

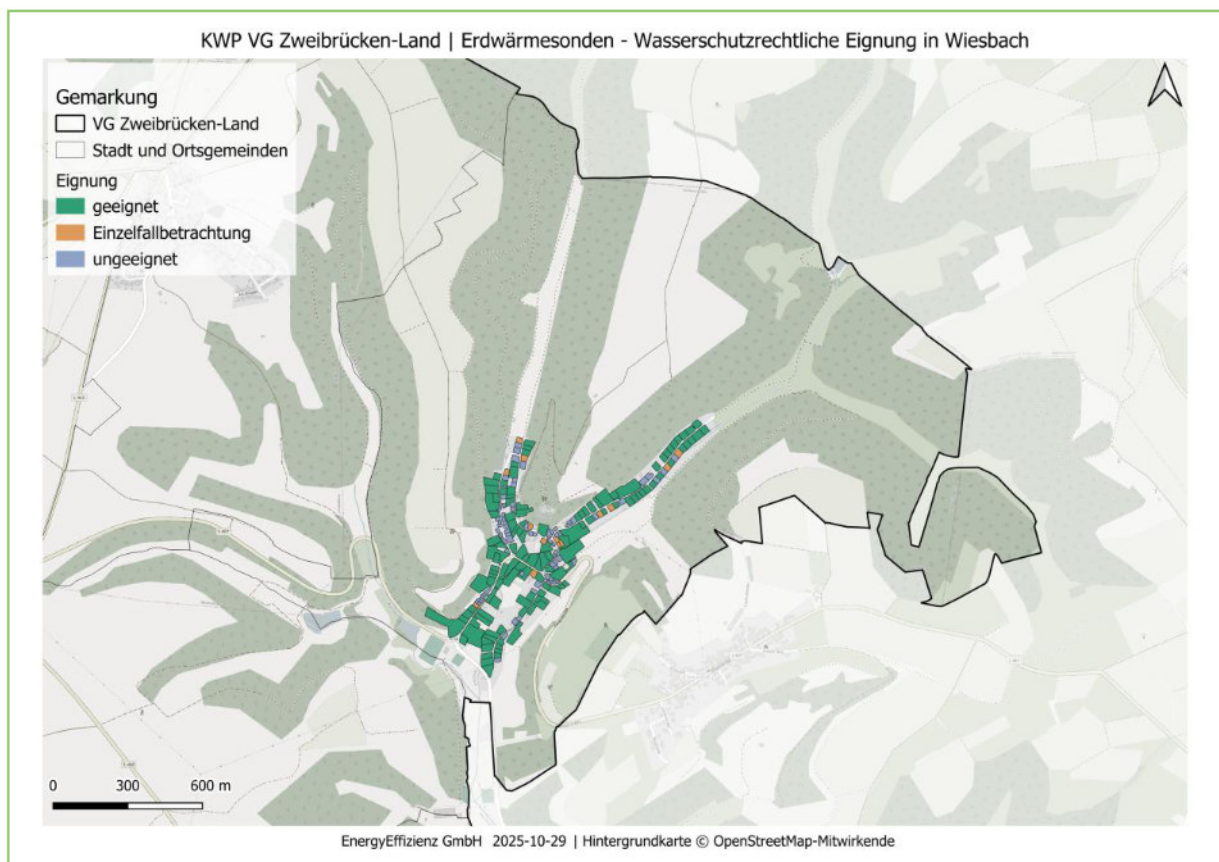


Abbildung 196: Verbandsgemeinde Wiesbach: Wasserschutzrechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang R: Faktoren zur Wärmebedarfsreduktion durch Sanierungen

Tabelle 12 Mittlere jährliche Reduktion des Wärmebedarfs auf Basis des Technikkatalogs Kommunale Wärmeplanung (ifeu gGmbH et al., 2024)

Nutzungen	vor 1900	1900 - 1945	1946 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1985	1986 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005	2006 - 2010	2011 - 2015	ab 2016
EFH	1,3%	2,0%	1,3%	1,3%	1,3%	1,9%	1,9%	1,9%	0,3%	0,3%	0,0%	0,0%
MFH	1,0%	2,0%	1,1%	1,1%	1,1%	1,8%	1,8%	1,8%	0,8%	0,8%	0,0%	0,0%
Gewerbe	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%
Oeff. Einrichtung	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%
Kultur	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%
Sport	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%
Bildung	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%
Dienstleistung und Verwaltung	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%
Verwaltung	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%
Handel	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%
Landwirtschaft	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%
Baugewerbe	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%
Sonstiges	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%
Industrie	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	0,2%	0,2%