Kommunale Wärmeplanung

Gemeinde Unstruttal

Zwischenbericht

Unstruttal / Lampertheim / Erfurt, 2. September 2026

TEAG
Fernwärme

Impressum

PROJEKTINFO	Impressum	
AUFTRAGGEBER*IN		
	Gemeinde Unstruttal Herrenstraße 43 99996 Unstruttal Web: Unstruttal Telefon: 03601 / 886 2661 E-Mail: info@gemeinde-unstrurral.de	ANSPRECHPARTNER*IN Jörg Maibuhr, Bauamt Telefon: 03601 / 8862688 E-Mail: bauamt@gemeinde-unstruttal.de
AUFTRAGNEHMER*IN		
	TEAG Thüringer Energie AG Schwerborner Straße 30 99087 Erfurt Telefon: 0361 652-2778 E-Mail: simon.juarezwichmann@teag.de www.thueringerenergie.de	PROJEKTLEITUNG Jan Pilz, M.Sc. PROJEKTTEAM Tobias Wurm, Dipl.-Ing. Marcus Witter, Dipl.-Ing. Lukas Schwaibold, M.Sc. Simón Juárez Wichmann, M. Sc. Bendix Krugel, B.Sc
	EnergyEffizienz GmbH Gaußstraße 29a 68623 Lampertheim Telefon: 06206 30312724 E-Mail: h.henniger@e-eff.de Web: www.e-eff.de	PROJEKTLEITUNG Dr. Hans Henniger PROJEKTTEAM Anne Jüttner, Dipl.-Ing. Silvia Drohner, B.Sc. Semen Pavlenko, M.A. Romina Hafner, M.Sc. Daniel Leißner, M.Sc. Lasse Ohlsen, M.Sc. Jonas John, M.Sc. Sophia Fuchs, M.Sc. Dr. Carlo Licciulli Nelly-Marie Weingart, B. Eng.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Zusammenfassung 6
1.1. Hintergrund 6
1.2. Aufbau des Zwischenberichts 7
1.3. Zentrale Ergebnisse 7
2. Grundlagen 8
2.1. Methodik und Aufbau des Wärmeplans 8
2.2. Datenerfassung / Methodik 9
2.2.1. Bestandsanalyse 9
2.2.2. Potenzialanalyse 11
2.2.3. Zielszenario 13
2.2.4. Wärmewendestrategie 13
2.3. Datenschutz 13
3. Bestandsanalyse 14
3.1. Gemeindestruktur 14
3.2. Gebäudenutzung 16
3.3. Baualtersklassen 18
3.4. Versorgungs- und Beheizungsstruktur 20
3.5. Stromnetz 22
3.6. Wärmemengen und Wärmeliniendichten 23
4. Potenzialanalyse 27
4.1. Senkung des Wärmebedarfs 28
4.1.1. Hinweise und Einschränkungen 28
4.1.2. Potenzial 29
4.2. Zentrale Potenziale (Wärme) 30
4.2.1. Biomasse 30
4.2.2. Solarthermie auf Freiflächen 34
4.2.3. Agrothermie 39
4.2.4. Oberflächennahe Gewässer 43

4.2.5. Tiefengeothermie 48
4.2.6. Unvermeidbare Abwärme aus Industrie und Gewerbe 49
4.2.7. Abwärme aus Abwasser 51
4.2.8. Grüner Wasserstoff 52
4.3. Dezentrale Potenziale (Wärme) 54
4.3.1. Luft/Wasser-Wärmepumpen 54
4.3.2. Oberflächennahe Geothermie 55
4.3.3. Biomasse 62
4.3.4. Solarthermie auf Dachflächen 62
4.4. Stromerzeugungspotenziale 63
4.4.1. Photovoltaik auf Dachflächen 63
4.4.2. Photovoltaik auf Freiflächen 64
4.4.3. Photovoltaik auf Parkflächen 68
4.4.4. Agri-PV 71
4.4.5. Windkraft 75
4.5. Nutzung der Potenziale für erneuerbare Energien 78
5. Ausblick 80
Tabellenverzeichnis 83
Abbildungsverzeichnis 84
Abkürzungsverzeichnis 86
Anhangsverzeichnis 89

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. Weiterhin unterstützt das Land Thüringen die Gemeinde Unstruttal finanziell.

Die kommunale Wärmeplanung ist dabei als langfristig angelegter, strategischer Planungsprozess zu verstehen. Sie zeigt, wie die Wärmeversorgung vor Ort schrittweise treibhausgasneutral entwickelt werden kann. Grundlage dafür sind der heutige Wärmebedarf, die bestehenden Versorgungsstrukturen sowie lokale Potenziale für erneuerbare Energien. Damit schafft die Wärmeplanung eine wichtige Orientierung für kommunale Entscheidungsträger, Energieversorger und Gebäudeeigentümer*innen und eine Möglichkeit für regionale Wertschöpfung.

Vor diesem Hintergrund ist die Gemeinde Unstruttal 2026 in den Prozess der kommunalen Wärmeplanung eingestiegen. Die Gemeinde Unstruttal erhält die finanziellen Mittel zur Erarbeitung der Wärmeplanung gemäß des Thüringer Ausführungsgesetzes zum Wärmeplanungsgesetz (ThürWPGAG). Der Thüringer Energie AG (TEAG) ist der Zuschlag für die Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung für die Gemeinde Unstruttal erteilt worden. Sie wird von der EnergyEffizienz GmbH aus Lampertheim im südhessischen Landkreis Bergstraße bei der Erarbeitung unterstützt.

Die Wärmeplanung bildet die strategische Grundlage für die Gestaltung einer zukunftsfähigen Wärme-versorgung für die Gemeinde Unstruttal. Zugleich erfüllt die Gemeinde Unstruttal mit der abschließend vorliegenden Wärmeplanung die Verpflichtung gemäß Wärmeplanungsgesetz.

1.2. Aufbau des Zwischenberichts

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

- Kapitel 2 stellt die Grundlagen der Planerarbeitung dar. Dies sind insbesondere die Projektphasen und der organisatorische Rahmen, Grundbegriffe und Definitionen sowie die angewendete Methodik.
- Kapitel 3 widmet sich dem Ist-Zustand der Wärmeversorgung in der Gemeinde Unstruttal (Bestandsanalyse).
- Kapitel 4 legt dar, welche Potenziale zur Energieeinsparung sowie zur Nutzung von erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme für die Gemeinde Unstruttal bestehen (Potenzialanalyse).
- Kapitel 5 des Zwischenberichtes gibt einen kurzen Ausblick auf die nächsten Arbeitsschritte der Kommunalen Wärmeplanung und dem Inhalt des Endberichtes für die Gemeinde.

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

1.3. Zentrale Ergebnisse

Die **Bestandsanalyse** der Gemeinde Unstruttal 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 70,8 % auf fossilen Energieträgern, wobei der Wohnsektor den größten Anteil an Emissionen in der Wärmeversorgung ausmacht. Im Jahr 2023 lag der bundesweite Durchschnitt des Anteils fossiler Energien im Wärmesektor bei 81 %[1].

Im Rahmen der **Potenzialanalyse** wurde ein größeres Potenzial für die Nutzung der Solarthermie auf Freiflächen identifiziert. In weiteren Umsetzungsschritten sollten die wirtschaftliche Umsetzbarkeit sowie reale Einschränkungen, etwa durch Flächenverfügbarkeit (Akzeptanz oder Eigentumsverhältnisse), vertiefend geprüft werden. Auch der Ausbau von Photovoltaikanlagen auf Dächern und Freiflächen kann einen wichtigen Beitrag zur lokalen Energiewende leisten.

[1] Umweltbundesamt, Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme, 2026

2. Grundlagen

2.1. Methodik und Aufbau des Wärmeplans

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

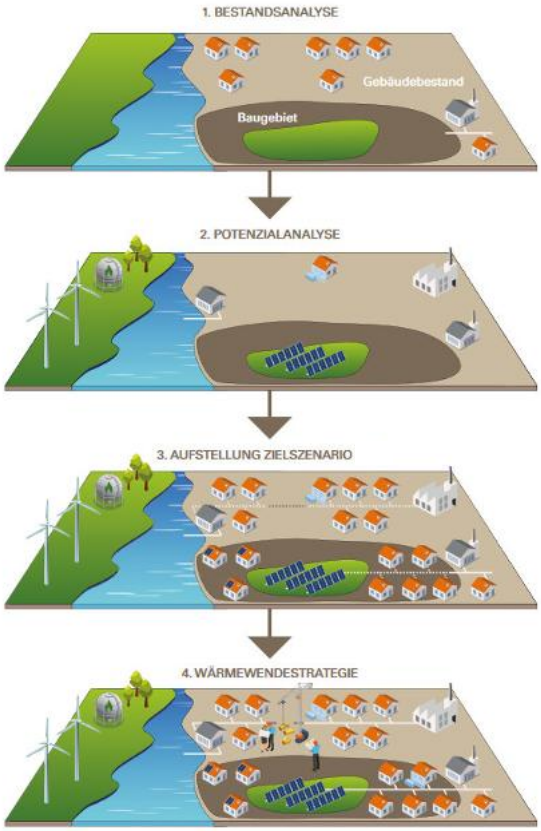


Abbildung 1: Ablauf der Kommunalen Wärmeplanung (KEA Baden-Württemberg, 2020, S. 22)

1. **Bestandsanalyse**

   Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und -verbrauchs, der 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. Im Fokus steht dabei die Frage, welche Gebiete künftig zentral über (Nah-)Wärmenetze versorgt werden können und in welchen Bereichen eine dezentrale Einzelversorgung voraussichtlich die geeignetere Lösung darstellt.

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, die in Infobox 2 schematisch dargestellt sind. Mit eingeflossen sind dabei Geoinformationssystem (GIS)-Basisdaten der Gemeinde Unstruttal, Kehrbuchdaten (straßenzugsweise geclustert), Verbrauchsangaben der Netzbetreiber (geclustert nach Wärmeplanungsgesetz), OpenStreetMap, sowie die Daten des Zensus 2022 (Baualtersklassen in Clustern von 100x100 Metern). Zusätzlich wurden lizenzierte Daten der infas 360 GmbH zur Gebäudenutzung, zur Gebäudegrundfläche sowie zum Gebäudealter verwendet.

Infobox 1: Datenerfassung während der Kommunalen Wärmeplanung (Bottom-up)

Für jede Adresse wurden die Daten aus verschiedenen Quellen verknüpft, sodass die Gebäude alle in Infobox 2 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.

Infobox 2: Erfasste Merkmale je Gebäude während der Kommunalen Wärmeplanung

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

2.2.2. Potenzialanalyse

Das Potenzial im Gebäudebereich wird mit Hilfe eines Transformationspfades beschrieben. Dazu werden ausgehend von der Wärmemenge im Status quo Sanierungsraten für die Jahre bis 2045 zugrunde gelegt. Diese beschreiben den prozentualen Anteil der zu sanierenden Gebäude und wurden dem Technikkatalog für die Kommunale Wärmeplanung entnommen, der im Auftrag des BMWK und des BMWSB erarbeitet wurde (vgl. Tabelle 16). Generell wird der Fokus dabei auf Gebäude gelegt, die vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet wurden. Für die Zwischenjahre und das Zieljahr werden darauf aufbauend prognostizierte Wärmebedarfe unter der Annahme der Sanierungsraten berechnet. Dies verdeutlicht die bestehenden Potenziale der Bedarfsreduktion im Gebäudesektor. Die Analyse der weiteren Potenziale unterscheidet sich je nach Energiequelle erheblich. In Kapitel 4.2 wird die jeweilige Methodik daher im Einzelnen für die verschiedenen Energiequellen dargestellt. Bei Planungen, die in Natur und Landschaft eingreifen, müssen die gesetzlichen Vorgaben nach dem Bundesnaturschutzgesetz und weiteren gesetzlichen Regelungen beachtet werden. Hierbei sind insbesondere die Belange des Gebiets- und Artenschutzes, sowie natur- und wasserschutzrechtliche Belange zu berücksichtigen. Eine Übersicht zu den naturschutz- und artenschutzrelevanten Flächen sowie den Wasserschutzgebieten der Gemeinde Unstruttal ist in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt. Auch die Topografie kann für Flächenpotenziale eine Restriktion darstellen.

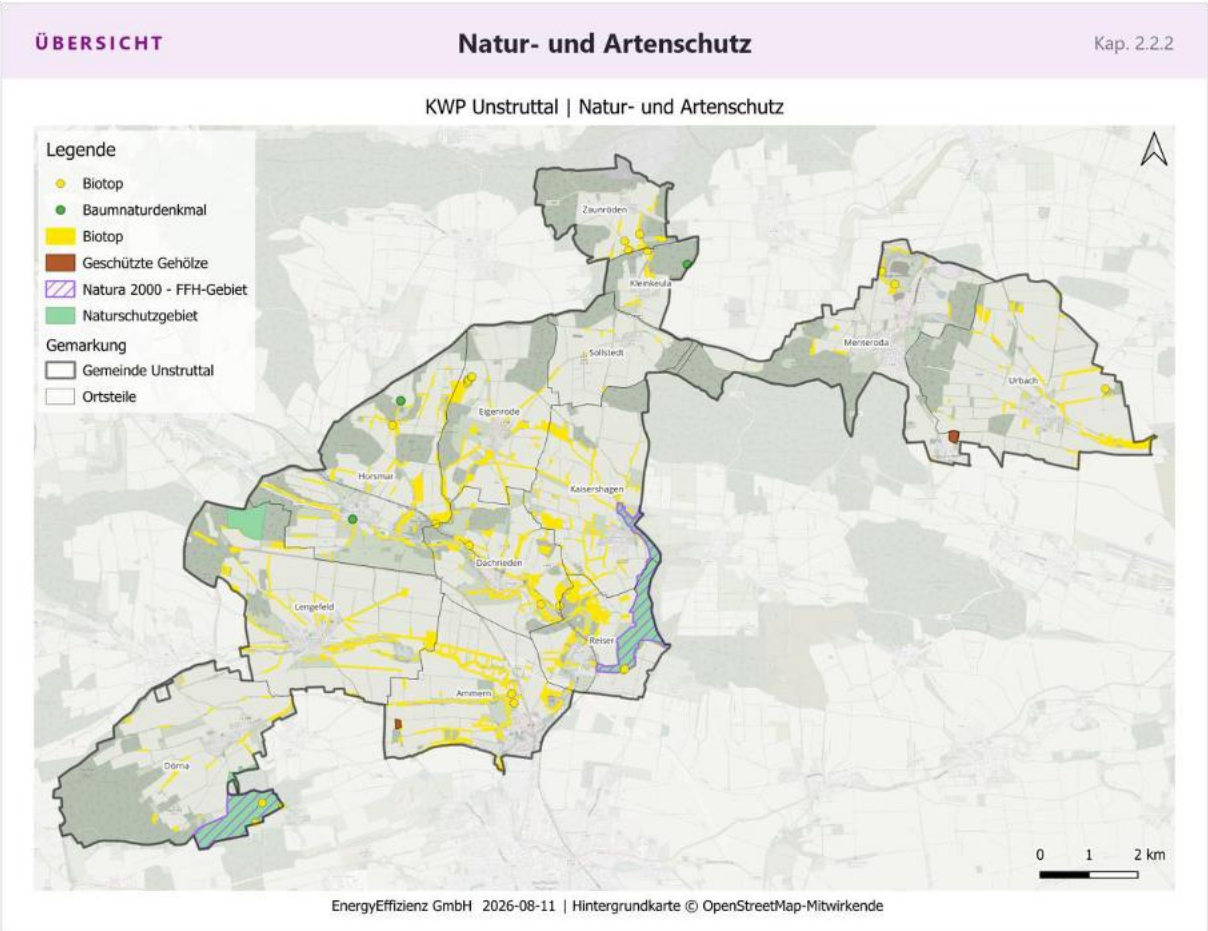


Abbildung 2: Natur- und Artenschutz als restriktives Element in der Kommunalen Allianz

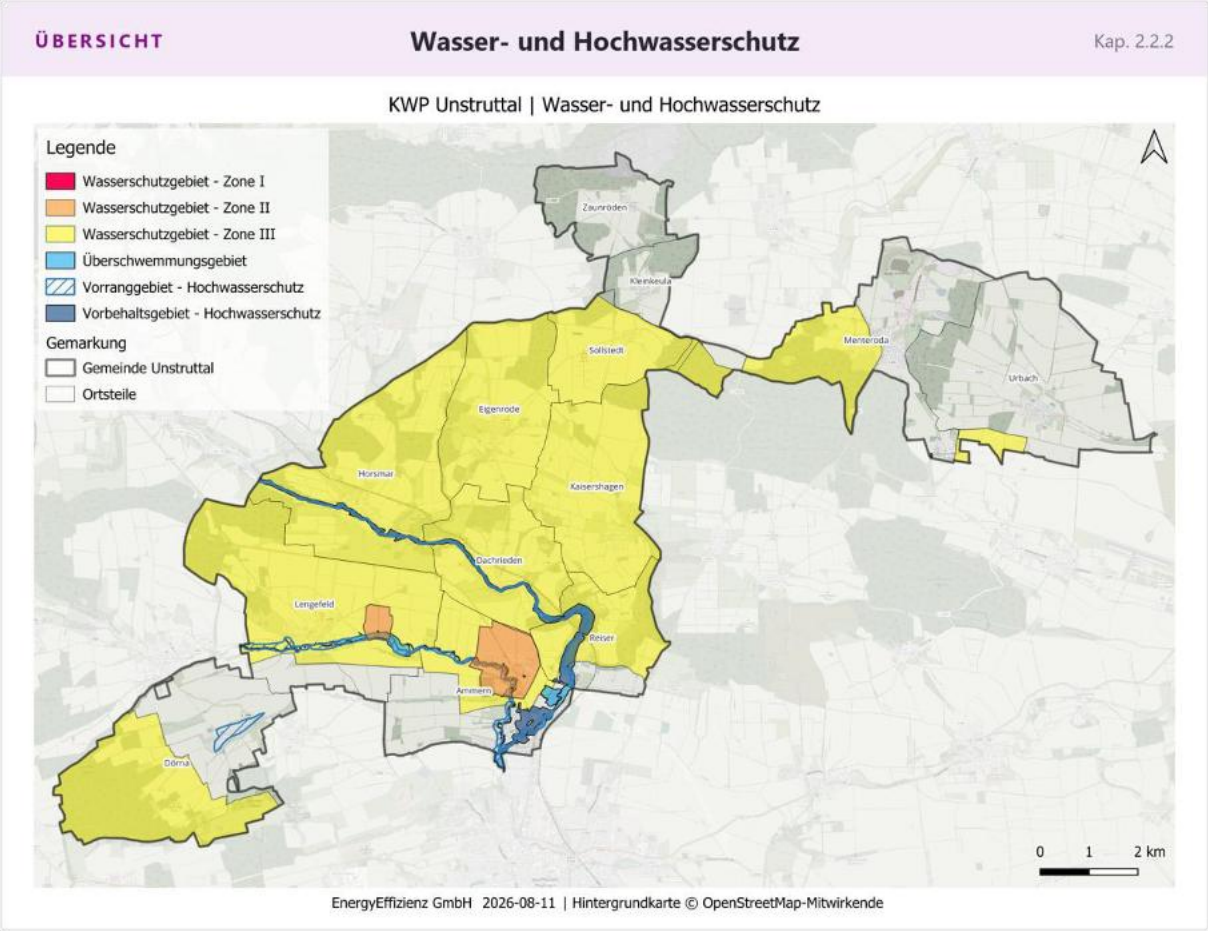


Abbildung 3: Trinkwasserschutz- und Überschwemmungsgebiete in der Kommunalen Allianz

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. Dabei schließen Ausschlusskriterien eine Nutzung der Fläche mit hoher Wahrscheinlichkeit aus, während 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.

2.2.3. Zielszenario

Das Zielszenario beschreibt den anzustrebenden Zustand im Zieljahr 2045 mit den Zwischenjahren 2030, 2035 und 2040. Aufgezeigt wird eine Lösung, die realisierbar ist und Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 ermöglicht. Diese Lösung setzt sich zusammen aus Heizungsumstellung, Hüllsanierungen auf Einzelgebäudeebene sowie dem Aufbau von Wärmenetzen. Die Nutzung weiterer ermittelter Potenziale wie Biomasse oder Umweltwärme flankiert die energetische Transformation im Wärme- und Stromsektor. Im Zielszenario werden die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse kombiniert, Eignungs- und Prüfgebiete für Wärmenetze ermittelt und Gebiete dezentraler Wärmeversorgung empfohlen.

2.2.4. Wärmewendestrategie

Die Wärmewendestrategie beschreibt, wie das Zielszenario erreicht werden kann. Die wichtigsten Maßnahmen werden ausgearbeitet, um einen sofortigen Einstieg in die Umsetzung zu ermöglichen. Ergänzend zeigen Zusammenfassungen für jeden einzelnen Ortsteil in Form von Ortsteil-Steckbriefen die wichtigsten Fakten auf, um eine schnelle Übersicht zur Situation und den passenden Maßnahmen zu bekommen.

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 Gemeinde Unstruttal bietet sich die Unterteilung der Gemeinde in Ortsteile 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 Wärmeliniendichten in Karten dargestellt.

3.1. Gemeindestruktur

Die Gemeinde Unstruttal wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung entsprechend des oben benannten Gemeindegebiets analysiert. Diese administrative Gliederung bildet bereits sinnvolle Teilräume und ermöglicht eine effiziente Bearbeitung, wie in Abbildung 4 dargestellt. In Tabelle 1 sind die Kenngrößen der Einwohnerzahlen und Gebietsgrößen aufgeführt.

Tabelle 1: Einwohner und Fläche je Ortsteil

Ortsteil	Einwohner	Fläche [ha]
Ammern	1.231	801
Dachrieden	289	602
Dörna	326	1.188
Eigenrode	259	693
Horsmar	502	108
Kaisershagen	365	792
Kleinkeula	85	218
Lengefeld	808	13
Menteroda	1.468	929
Reiser	382	486
Sollstedt	130	404
Urbach	277	1.184
Zaunröden	74	410

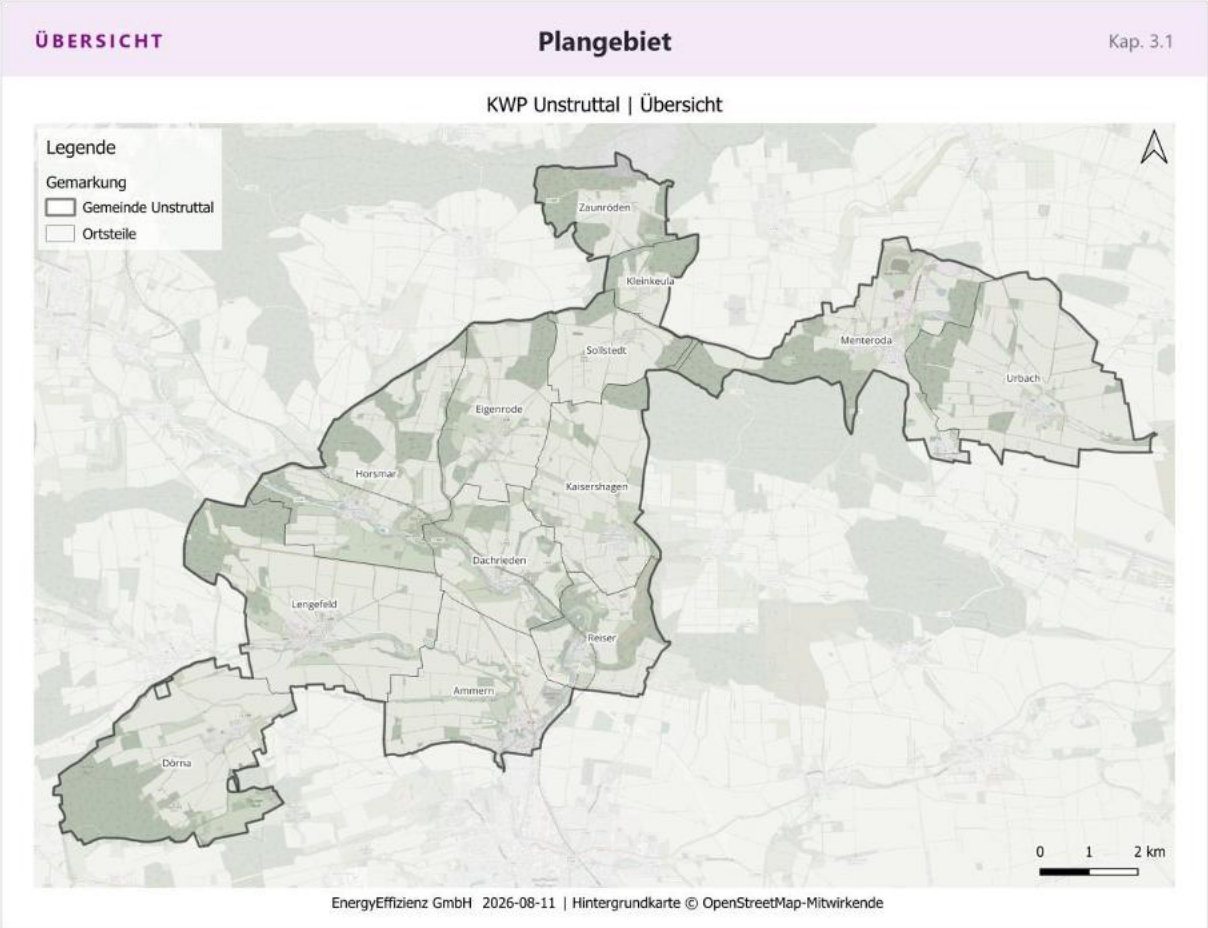


Abbildung 4: Übersicht des Gebiets der kommunalen Wärmeplanung für die Gemeinde Unstruttal

3.2. Gebäudenutzung

Im gesamten Plangebiet werden 96,4 % der Gebäude zu Wohnzwecken genutzt. Gebäude im Gewerbe, Handel, Dienstleistungssektor haben einen Anteil von 1,5 %, die der Industrie 0,6 %, Kommunale Gebäude spielen mit insgesamt 1,5 % eine geringere Rolle. Bezogen auf die beheizte Fläche zeigt sich eine Erhöhung der zuletzt genannten Anteile auf insgesamt 14,7%. Die Einteilung der Nutzertypen erfolgte auf Grundlage der infas 360 Daten. Die Verteilung wird in Abbildung 5 dargestellt.

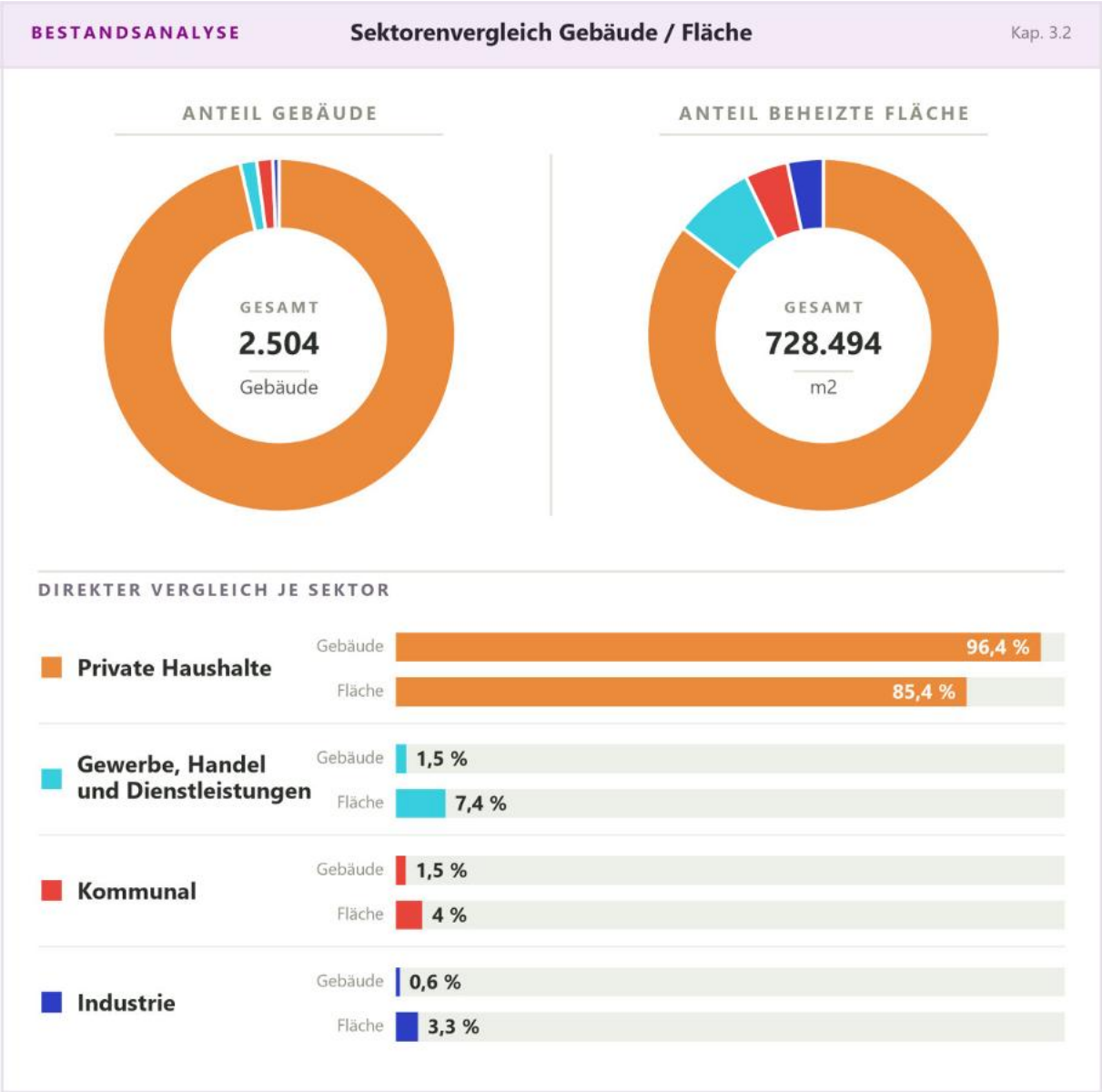


Abbildung 5: Gemeinde Unstruttal: Sektorvergleich nach Gebäudeanzahl und beheizter Fläche

Zusätzlich zur Gesamtbilanz für die Gemeinde Unstruttal erfolgt eine exemplarisch kartografische Darstellung der dominierenden Nutzungstypen der Gebäude auf Baublockebene (vgl. Abbildung 6). Dominierend bedeutet in dem Fall, dass die Mehrzahl der Gebäude des Baublocks den dargestellten Nutzertyp haben. 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 Schlüsselakteure beim Ausrollen von Wärmenetzen sein. Die folgende Abbildung 6 zeigt die dominierenden Nutzertypen exemplarisch am Beispiel von Ammern. Die kartografische Darstellung für die übrigen Ortschaften ist dem Anhang B fortfolgend zu entnehmen.

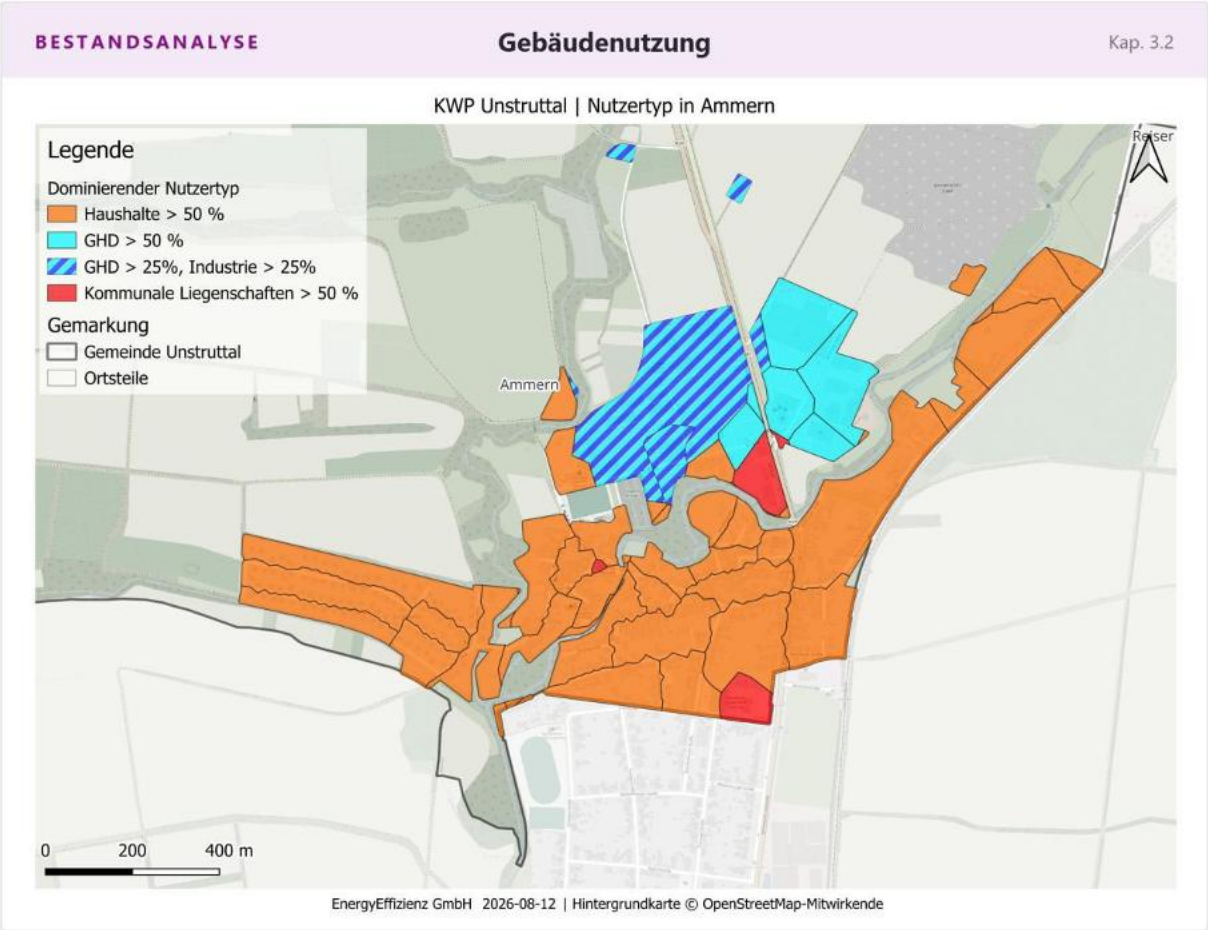


Abbildung 6: Ortsteil Ammern - Dominierender Sektor

3.3. Baualtersklassen

Rund 52 % der Gebäude wurden vor 1949 errichtet und insgesamt 89,1 % stammen aus der Zeit vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung im Jahr 1966 (in der BRD erst elf Jahre später, ab 1977). Diese Gebäude verfügen in der Regel über ein hohes Einsparpotenzial durch Hüllsanierungen. Gleichzeitig ist vor allem bei den Gebäuden, die vor 1949 errichtet wurden (52%), der Denkmalschutz zu berücksichtigen. Das weitere Wachstum erfolgte vor allem in den 50er und 70er Jahren. Ab dem Jahr 2000 wurden nur noch wenige Gebäude errichtet. Die in Abbildung 7 dargestellte Verteilung der Baualtersklassen basiert auf den Daten des Zensus 2022 sowie den lizenzierten Daten der infas 360 GmbH.

BESTANDSANALYSE **Gebäudebestand** Kap. 3.3

BAUALTERSKLASSE	GEBÄUDE
1919 oder früher	799
1920 - 1949	497
1950 - 1959	351
1960 - 1969	158
1970 - 1979	427
1980 - 1989	108
1990 - 1999	104
2000 - 2009	56
2010 oder später	4
Gesamt	**2.504**

Abbildung 7: Gesamtes Gemeindegebiet Unstruttal: Baualtersklassen. Quelle: Zensus 2022; infas 360 GmbH

Die dominierenden Baualtersklassen der Gebäude auf Baublockebene werden exemplarisch in Abbildung 8 veranschaulicht. Dominierend bedeutet in dem Fall, dass die Mehrzahl der Gebäude des Baublocks der dargestellten Baualtersklasse angehören. Die kartografische Darstellung für die übrigen Ortschaften ist dem Anhang B fortfolgend zu entnehmen.

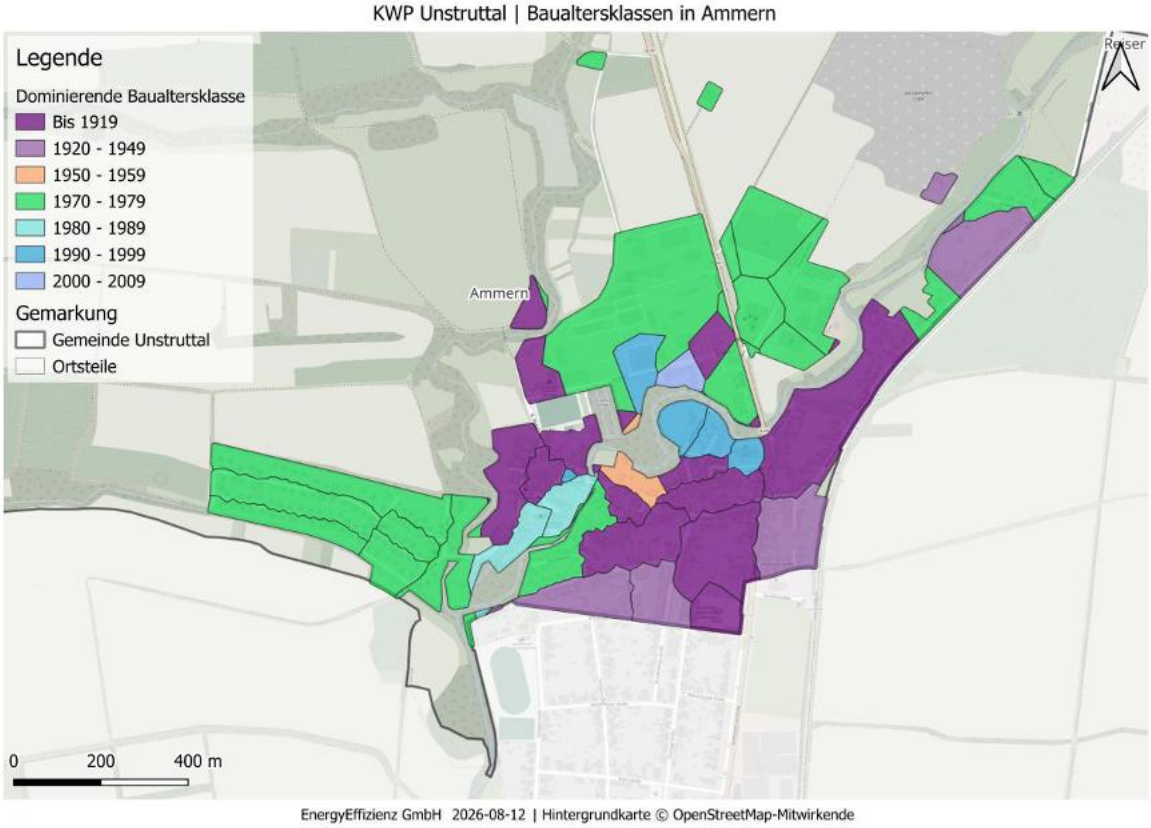


Abbildung 8: Ortsteil Ammern: Dominierende Baualtersklassen

3.4. Versorgungs- und Beheizungsstruktur

Die Verteilung der Energieträger der Hauptheizungen in der Gemeinde Unstruttal ist in der folgenden Abbildung 9 dargestellt. Die Wärmeversorgung in der Gemeinde Unstruttal ist bislang überwiegend durch Erdgas (46,7 %) und Heizöl (20,4 %) - also durch fossile Energieträger geprägt. Dabei sind die Ortsteile Ammern, Dachrieden, Dörna, Horsmar, Kaisershagen, Lengenfeld, Menteroda und Reiser an das Gasnetz angeschlossen. Holz (13,2 %) und stromgeführte Heizungen (3 %) sind nur in geringerem Umfang vertreten. Für die Entwicklung einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung ergibt sich daraus insbesondere bei den fossilen Energieträgern ein hoher Transformationsbedarf. Der Anteil an unbekannten Energieträgern (13 %) liegt in Datenlücken der Kehrbuch- und Verbrauchsdaten begründet. Ein weiterer Anteil entfällt auf Etagen- und Einzelraumheizungen, die durch die Clusterung von mehreren Gebäuden nicht gebündelt zugewiesen werden können, sowie leerstehende Gebäude. Demnach wird das Untersuchungsgebiet im Status quo zu mindestens 70,8 % durch fossile Energieträger versorgt.

BESTANDSANALYSE **Hauptheizungen** Kap. 3.4

ENERGIETRÄGER	HEIZUNGEN
Heizöl	510
Erdgas	1.169
Flüssiggas	61
Steinkohle	2
Braunkohle	31
Pellet	76
Stromdirektheizung	71
L/W-Wärmepumpe	4
Holz	255
Sonstige	325
Gesamt	**2.504**

Abbildung 9: Gesamtes Plangebiet: Verteilung Energieträger. Quelle: Zensus 2022; Kehrbuchdaten 2022

Abbildung 10 unterstreicht die Verteilung der Energieträger und gibt einen Einblick in die Verteilung je Baublock für den Ortsteil Ammern. Sobald ein oder mehrere Heizungstypen in einem Baublock mehr als 25 % Anteil am Energiemix haben, werden sie farblich dargestellt. Das Kartenmaterial ist hilfreich, um den Entwicklungsstand einzuschätzen und den räumlichen Handlungsdruck in Planungen mit einzubeziehen. Der fossile Energieträger Erdgas dominiert in der beispielhaften Darstellung der Ortschaft Ammern. In einzelnen Blöcken haben Biomasse- und vor Allem Heizölanlagen ebenfalls einen hohen

Anteil. Eine derartige fossile Struktur der Wärmeversorgung ist in der gesamten Kommune prädominant. Die kartografische Darstellung für die übrigen Ortschaften ist dem Anhang B fortfolgend zu entnehmen.

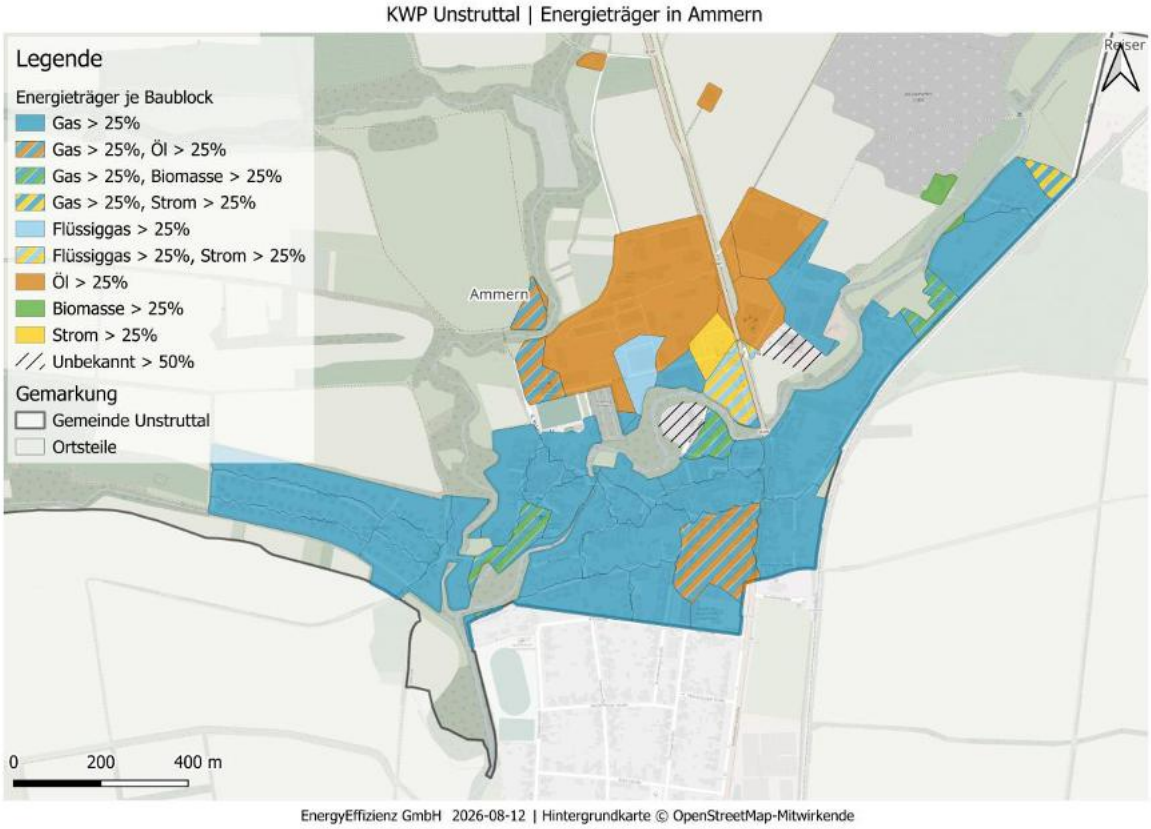


Abbildung 10: Ortsteil Ammern: Dominierende Energieträger auf Baublockebene

3.5. Stromnetz

Die Gemeinde Unstruttal umfasst 13 Ortsteile. Mit Stand 2026 versorgt die Thüringer Energienetze GmbH & Co. KG (TEN) Ammern, Dachrieden, Dörna, Eigenrode, Horsmar, Beyrode, Kaisershagen, Kleinkeula, Lengefeld, Menteroda, Reiser, Sollstedt, Urbach und Zaunröden aus den umliegenden Umspannwerken (UW) über ausgedehnte Mittelspannungs-Netze (Nennspannung = 20kV) mit Anschluss von Ortsnetz- sowie Kundenstationen für Gewerbe und Industrie.

- Die derzeit freie Anschlusskapazität (Leistungsbezug) beträgt aktuell wenige Megawatt. Ein zusätzlicher Leistungsbedarf im Mittelspannungs- wie auch Niederspannungsnetz muss stets neu geprüft werden.
- Aktuell besteht eine deutlich eingeschränkte Anschlussmöglichkeit von Erzeugungsanlagen (EZA). Die Verstärkung des ländlichen Mittelspannungsnetzes wirkt nur temporär, zusätzliche Kapazitäten zur Leistungsaufnahme werden dadurch nicht geschaffen.
- Maßnahmen zur Erhöhung der Anschlusskapazität sind strategischer Natur und abhängig von der Leistungsentwicklung. Auch zukünftig gilt das Prinzip der bedarfsgerechten Versorgung.
- Weitere Maßnahmen werden im Endbericht kommuniziert.

3.6. Wärmemengen und Wärmeliniendichten

Aus den in Kapitel 2.2.1 dargestellten Merkmalen wurde für jedes Gebäude der Gemeinde Unstruttal der Wärmebedarf eines Jahres im Bestand ermittelt bzw. aus den Verbrauchsdaten übernommen. Zusammengefasst ergibt sich für die Gemeinde Unstruttal daraus eine **jährliche Wärmemenge von 60 Gigawattstunden (GWh/a)**.

BESTANDSANALYSE — **Wärmebedarf je Teilgebiet** — Kap. 3.5

TEILGEBIET	Gesamt GWh/a
Ammern	13,3
Dachrieden	2,6
Dörna	3,1
Eigenrode	3,0
Horsmar	4,7
Kaisershagen	3,2
Kleinkeula	0,6
Lengefeld	6,7
Menteroda	14,7
Reiser	2,8
Sollstedt	1,3
Urbach	2,9
Zaunröden	1,1
GESAMT	**60,0**

Abbildung 11: Wärmebedarf pro Teilgebiet in Gemeinde Unstruttal

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 benötigte 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 (vgl. Tabelle 2).

Die angegebenen Richtwerte zeigen allerdings ausschließlich eine Eignung für konventionelle Wärmenetze. Für die Prüfung einer Eignung für kalte Nahwärmenetze können die Richtwerte nur bedingt herangezogen werden, da hier gegebenenfalls geringere Kosten für die Umsetzung als bei konventionellen Wärmenetzen anfallen können. Demnach kann nicht ausschließlich über die Wärmeliniendichte auf festgelegte Wärmenetzeignungsgebiete im Zielszenario geschlossen werden.

Tabelle 2: Einteilung der Wärmeliniendichte in Eignungskategorien nach Leitfaden der Wärmeplanung (Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; et al., 2024)

KLASSIFIKATION	Eignung nach Wärmeliniendichte	Kap. 3.5
WÄRMELINIENDICHTE (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	Grundsätzliche Eignung für Wärmenetze in bebauten Gebieten	
2.000 – 3.000	Wärmenetzeignung auch wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z. B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)	
> 3.000	Sehr hohe Wärmenetzeignung; starke Indikation für ein mögliches Wärmenetzgebiet	

Tabelle 3: Einteilung der Wärmedichte in Eignungskategorien nach Leitfaden der Wärmeplanung (Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; et al., 2024)

KLASSIFIKATION	Eignung nach Wärmedichte	Kap. 3.5
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	

Die folgende Abbildung 13 und Abbildung 12 stellt die Wärmedichte pro Baublock und die Wärmeliniendichten des Ortsteils Ammern dar. In den verdichteten Siedlungsbereichen sind erhöhte Werte erkennbar, da dort ein hoher Wärmebedarf auf eine geringe Fläche beziehungsweise kurze Straßenabschnitte konzentriert ist. Diese Bereiche können grundsätzlich günstige Voraussetzungen für eine zentrale Wärmeversorgung aufweisen und bilden daher einen wichtigen Ausgangspunkt für die weitere Prüfung potenzieller Wärmenetze im Zielszenario. Neben der Wärmedichte sind dabei jedoch auch die vorhandene Siedlungs- und Gebäudestruktur, mögliche Trassenverläufe sowie die

Verfügbarkeit geeigneter Wärmequellen zu berücksichtigen. Wärmedichten und Wärmeliniendichten der Zwischenjahre und des Zieljahrs werden zusätzlich als Grundlage für die Festlegung von Wärmenetz-Eignungsgebieten erarbeitet und werden später im Abschnitt Zielszenario im Endbericht dargestellt. Die kartografische Darstellung für die übrigen Ortschaften ist dem Anhang B fortfolgend zu entnehmen.

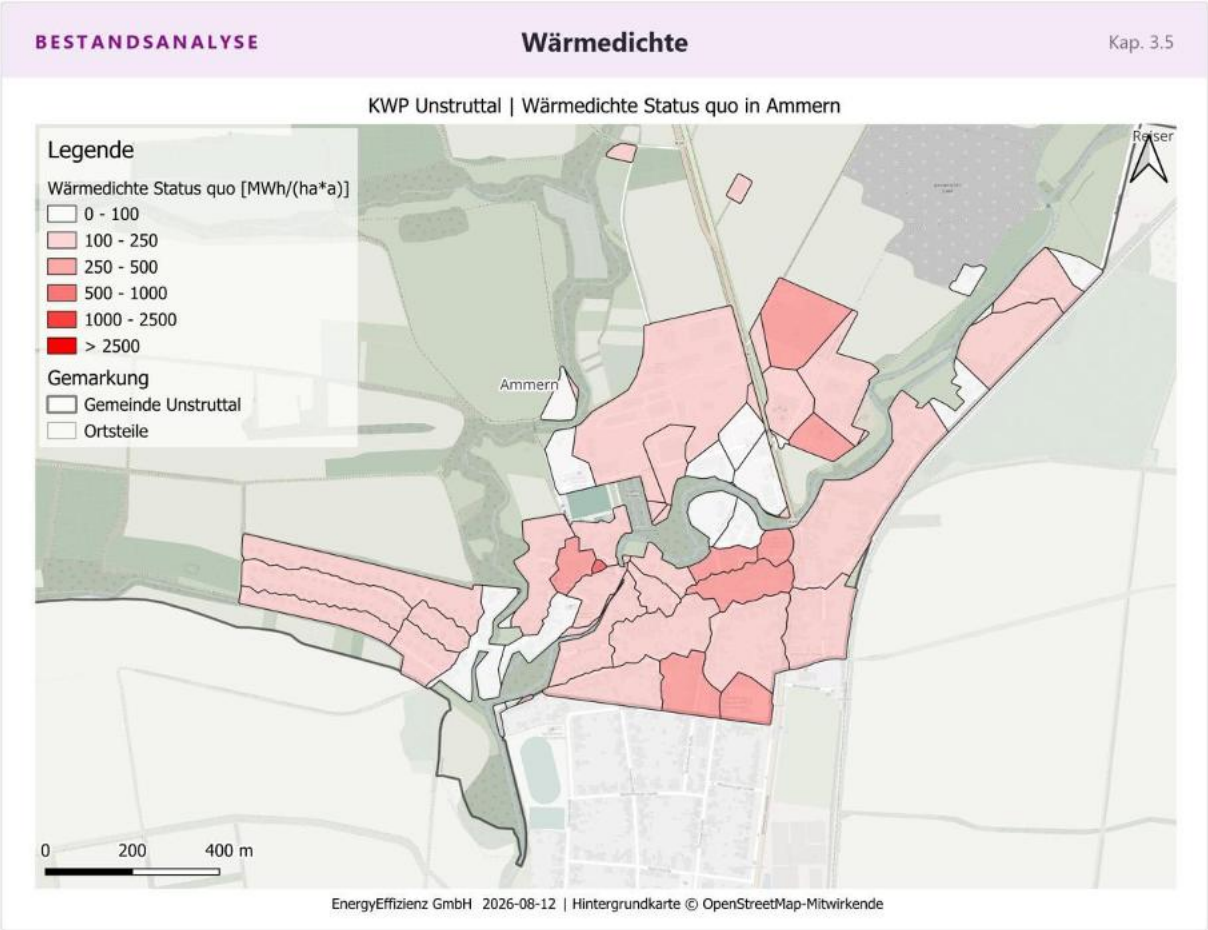


Abbildung 12: Ortsteil Ammern - Wärmedichte Status quo

Abbildung 13: Ortsteil Ammern - Wärmeliniendichte 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, zu erwarten u.a. durch die deutlich stärkere Nutzung von Wärmepumpen, erfordert es, die lokale Stromproduktion zu erhöhen. Eine alternative Beheizung mittels Wärmenetzen kann diesen erzeugten Strom ebenfalls nutzen 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:

TECHNOLOGIEN	Erneuerbare Wärme & Strom	Kap. 4
Biomasse Erschließbare Energie aus organischen Materialien	**Solarthermie** Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung (Freifläche & Dach)	
Oberflächennahe Geothermie Wärmepotenzial der oberen Erdschichten (inkl. Agrothermie)	**Tiefengeothermie** Wärmepotenzial aus tieferen Erdschichten	
Luft/Wasser-Wärmepumpe Energetische Nutzung der Umgebungsluft	**Fluss- und Seewasserwärme** Umweltwärme aus Oberflächengewässern	
Abwärme aus Abwasser Nutzbare Restwärme aus Klärwerken und Kanalnetz	**Industrielle Abwärme** Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen	
Grüner Wasserstoff Aufbau einer Produktion oder Nutzung überregionaler Strukturen	**Windkraft** Stromerzeugungspotenzial aus Windenergie	
Photovoltaik Freifläche, Agri-PV, Parkflächen & Aufdach	**Wasserkraft** Stromerzeugung z. B. durch Staustufen	
Wärme — Wärmeerzeugung	**Strom** — Stromerzeugung	

Infobox 3: Übersicht der erfassten Energiepotenziale

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 A) 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 Gemeinde Unstruttal erreichbar scheint. Diese Quote 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 der Gemeinde Unstruttal 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 16) kann bis 2045 eine Reduktion des Wärmebedarfs um 26,7 % erreicht werden. Damit sinkt die jährliche Wärmemenge der Gemeinde Unstruttal von derzeit 60 GWh auf 44 GWh.

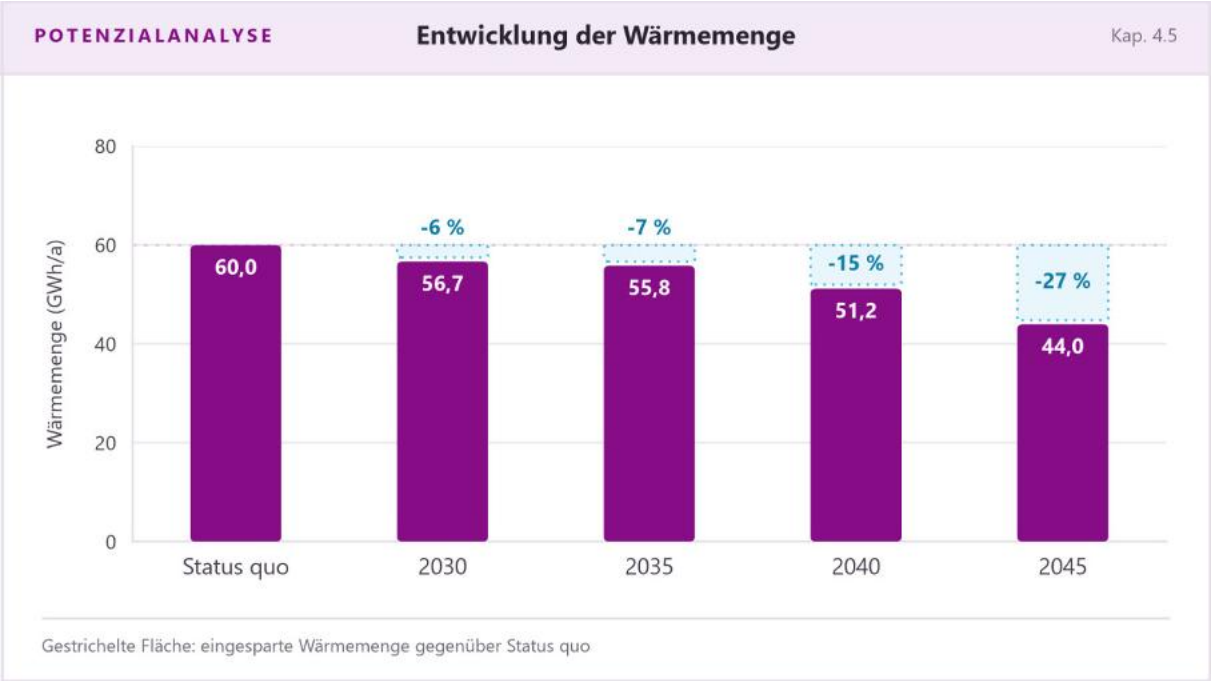


Abbildung 14: Entwicklung des Wärmebedarfs bis Zieljahr 2045

Die Auswirkungen der Sanierungen auf den Wärmebedarf und die Wärmeliniendichte werden im Zielszenario (im Endbericht) 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 der Gemeinde Unstruttal untersucht, die sich für den Aufbau einer zentralen Wärmeversorgung über Wärmenetze eignen. Die Potenziale werden zunächst für das gesamte Gemeindegebiet ermittelt, unabhängig davon, ob sich im weiteren Prozess der Wärmeplanung eine Wärmenetzeignung für ein bestimmtes Gebiet ergibt. Demzufolge wird es dazu kommen, dass ein Teil der nachfolgend errechneten Potenziale ungenutzt bleibt, wenn in der Nähe keine zentrale Wärmeversorgung aufgebaut werden kann.

4.2.1. Biomasse

Als erneuerbarer Energieträger wird im Folgenden das Biomassepotenzial 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 Naturschutzperspektive wird der Einsatz von Biomasse kritisch diskutiert, da Wälder als Kohlenstoffdioxid (CO_2)-Senken und Habitate gelten. Es gilt daher die Biomasse verträglich mit den Bedarfen des Klimaschutzes, der Klimaanpassung und des Naturschutzes zu nutzen. Ziel ist eine Abschätzung des Potenzials für die Gemeinde Unstruttal, 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 für Thüringen aufgezählt und räumlich beschrieben, welche für Biomasse aus forstwirtschaftlichen Reststoffen gelten:

RESTRIKTIONEN	Biomasse	Kap. 4.2.1

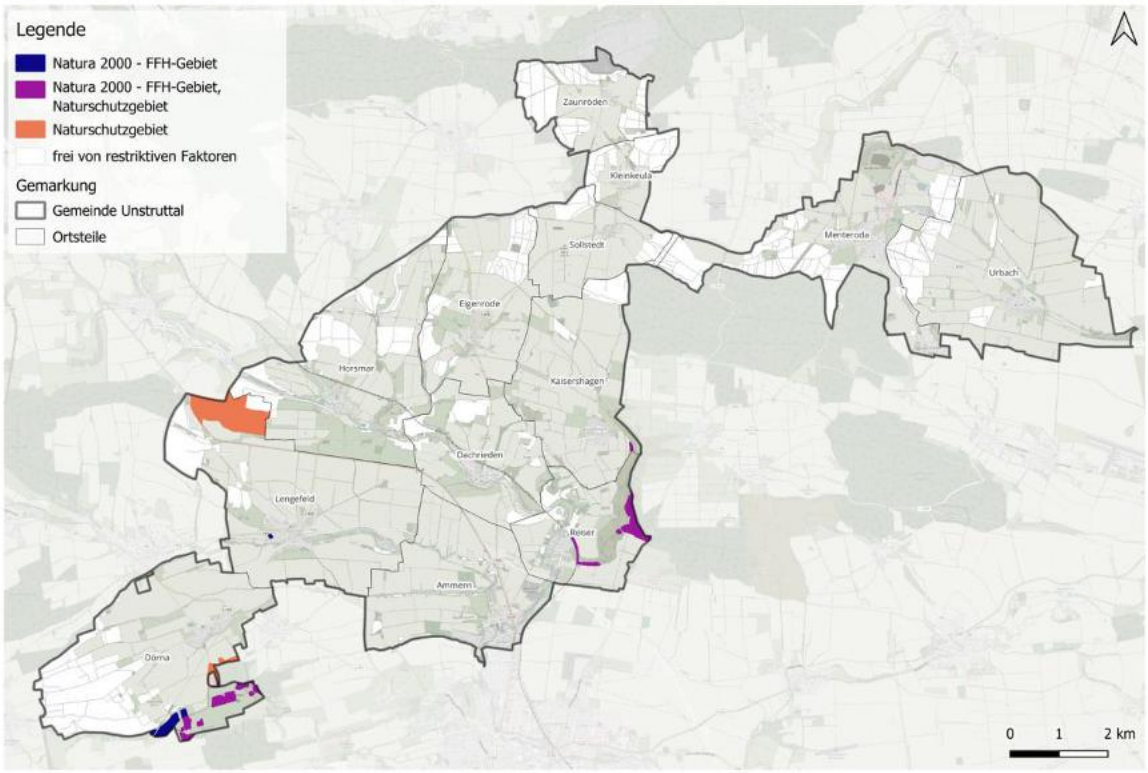
● AUSSCHLUSSKRITERIEN ausgeschlossen	● RESTRIKTIVE FAKTOREN bedingt geeignet
UNESCO-Kulturerbe	Landschaftsschutzgebiete
Nationalparks	Natura 2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete)
Naturdenkmäler	Naturschutzgebiete
Biosphärenreservate (Kernzonen)	Biosphärenreservate (Pflege- & Entwicklungszonen)
Biotope	Geschützte Landschaftsbestandteile
Naturwaldparzellen	
Geschützte Gehölze	

● **Geeignet** = exkl. restriktiver Faktoren ● **Bedingt geeignet** = inkl. restriktiver Faktoren

Infobox 4: Restriktionen (Thüringen) für Biomasse aus Forstwirtschaftlichen Reststoffen

POTENZIALANALYSE **Potenzialflächen für Biomasse**

KWP Unstruttal | Potenzialflächen für Biomasse mit restriktiven Faktoren



EnergyEffizienz GmbH 2026-08-11 | Hintergrundkarte © OpenStreetMap-Mitwirkende

Abbildung 15: Biomasse Potenzial mit restriktiven Faktoren in der Gemeinde Unstruttal

4.2.1.2. Potenzial

Biomasse aus Waldgrün

Für die Berechnung des Biomassepotenzials 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.

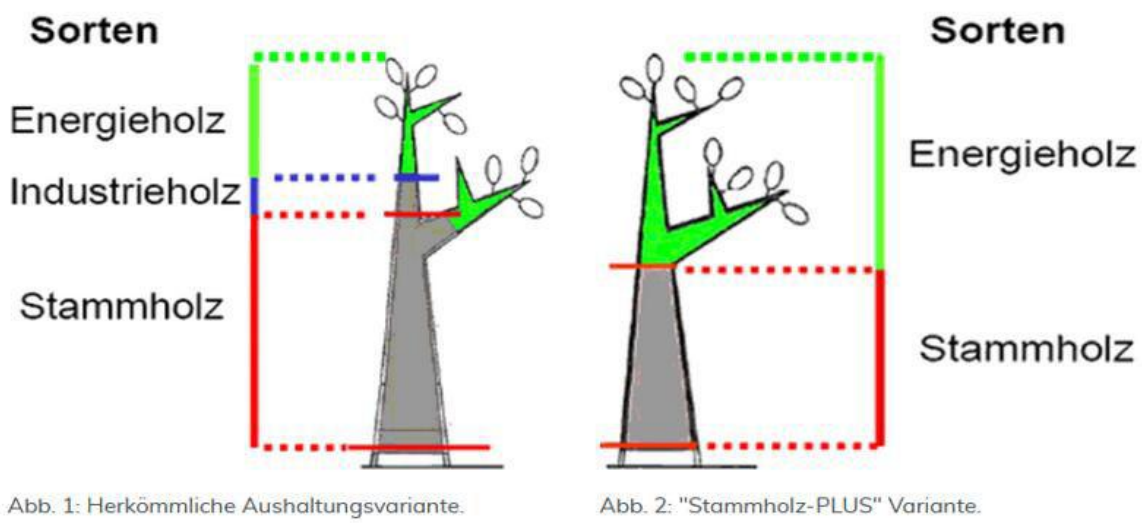


Abbildung 16: Darstellung der Aushaltungsvarianten zur Biomasse-Produktion[2]

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

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

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.

Es wird angenommen, 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. Daraus folgt ein Potenzial von **5,4 GWh/a** aus der Biomasse Holz für die Gemeinde Unstruttal, welches in Tabelle 4 für jeden Ortsteil dargestellt wird.

Tabelle 4: Biomasse Potenzial in der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Biomasse (Wald)	Kap. 4.2.1
TEILGEBIET	● GEEIGNET ● BEDINGT	Gesamt GWh/a
Ammern		0,05
Dachrieden		0,23
Dörna		1,02
Eigenrode		0,39
Horsmar		0,67
Kaisershagen		0,15
Kleinkeula		0,29
Lengefeld		0,56
Menteroda		0,75
Reiser		0,17
Sollstedt		0,19
Urbach		0,41
Zaunröden		0,53

WÄRMEPOTENZIAL GESAMT	GEEIGNET	BEDINGT GEEIGNET
5,41 GWh/a	**5,06** GWh/a	**0,35** GWh/a
alle Teilgebiete	exkl. restriktiver Faktoren	inkl. restriktiver Faktoren

Innerhalb der Gemarkung der Gemeinde Unstruttal sind einige zusammenhängende Waldflächen ausgewiesen, dargestellt in Abbildung 17.

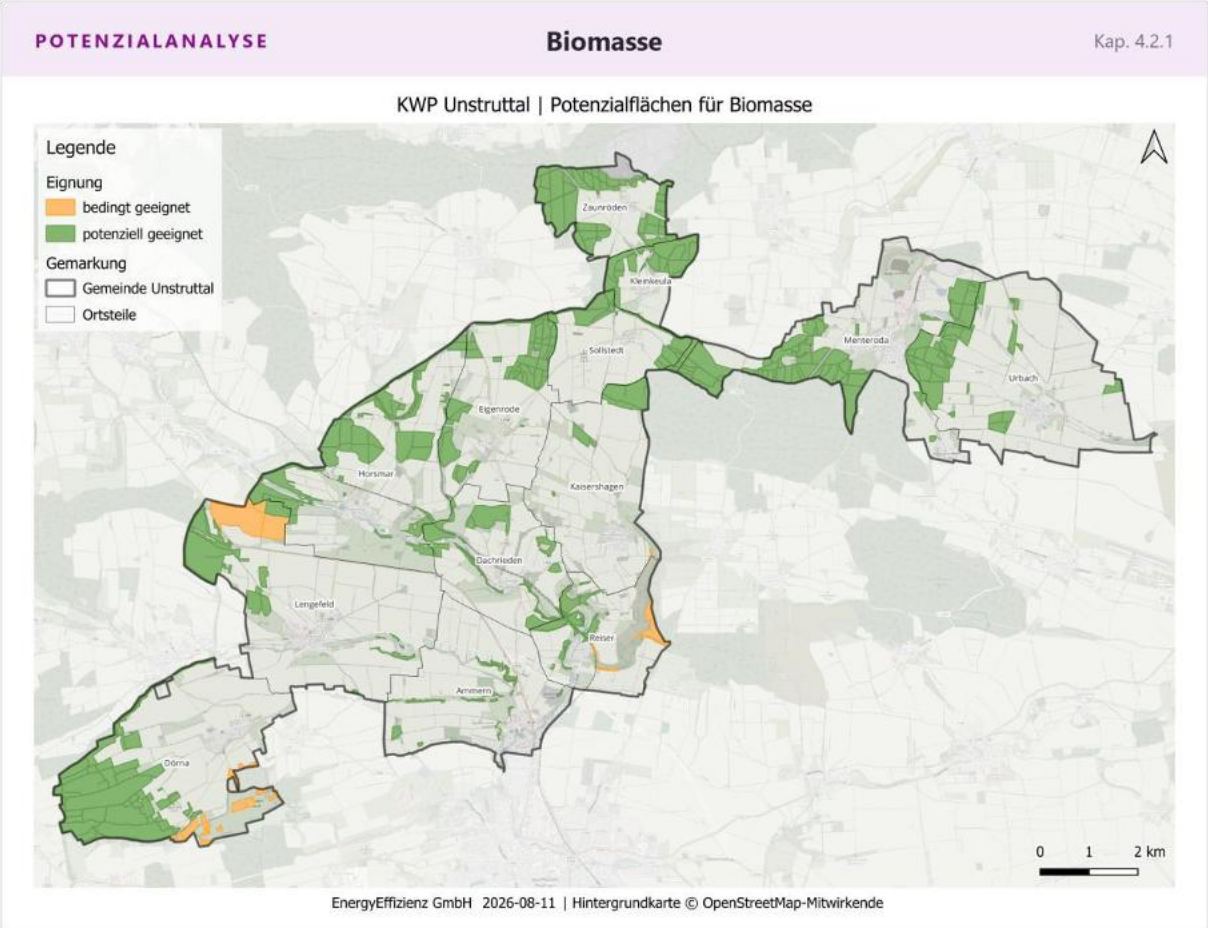


Abbildung 17: Biomasse Potenzial in der Gemeinde Unstruttal

<u>Biomasse aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen</u>

Für die Gemeinde Unstruttal 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 Dachflächenpotenzialen, 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

Für die Ermittlung des Solarthermiepotenzials auf Freiflächen werden zunächst geeignete Flächenkulissen bestimmt:

FLÄCHENKULISSE **Solarthermie auf Freiflächen** Kap. 4.2.2

BEVORZUGTE FLÄCHEN

500 m breiter Seitenstreifen entlang von mehrgleisigen Schienenwegen und Autobahnen
davon 200 m planungsrechtlich privilegiert

Konversionsflächen und bereits versiegelte Flächen

Nach Landesordnung benachteiligte Acker- und Grünflächen
Flächen, die gemäß der Bestimmung des Landes Thüringen aufgrund von schlechter Bodenqualität, klimatischen Bedingungen oder topografischen Gegebenheiten für die landwirtschaftliche Nutzung weniger geeignet sind

Flächen mit max. 1 km Abstand zur Siedlungsfläche für die Einbindung in ein Wärmenetz
geeignetes Flächenpotenzial

Flächen mit max. 200 m Abstand zur Siedlungsfläche für die Einbindung in ein Wärmenetz
gut geeignetes Flächenpotenzial

Infobox 5: Flächenkulissen Solarthermie nach EEG

Bei der Berechnung des Solarthermiepotenzials sind Restriktionen zu beachten. Diese unterteilen sich in Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren. Flächen, die von einem Ausschlusskriterium betroffen sind, werden nicht als Potenzialflächen berücksichtigt.

Demnach wird unterschieden in gut geeignetes Potenzial (exkl. restriktiver Faktoren und in einer maximalen Entfernung von 200 m zur Siedlungsfläche gelegen), geeignetes Potenzial (exkl. restriktiver Faktoren) und das bedingt geeignete Potenzial (inkl. restriktiver Faktoren). Zusätzlich zu den Restriktionen ist für die Wirtschaftlichkeit eines Projektes der Flächenzuschnitt, die Sonneneinstrahlung und die Nähe zur Wärmenetzheizzentrale 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. Infobox 6 fasst die bei der Ermittlung des Freiflächen-Solarthermiepotenzials berücksichtigten Ausschlusskriterien und restriktiven Faktoren für Thüringen zusammen und Abbildung 18 beschreibt diese räumlich.

RESTRIKTIONEN **Solarthermie auf Freiflächen** Kap. 4.2.2

● **AUSSCHLUSSKRITERIEN** ausgeschlossen	● **RESTRIKTIVE FAKTOREN** bedingt geeignet
Naturschutzgebiete, Nationalparks und Naturdenkmäler	Landschaftsschutzgebiete
Natura2000 (FFH-Gebiete & Vogelschutzgebiete)	Biosphärenreservate (Pflegezonen)
Biosphärenreservaten (Kern- und Pflegezonen)	Naturparks (Pflege- und Entwicklungszonen)
Naturparke (Kernzonen)	Wasserschutzgebiete Zone II
Biotope	Vorbehalt Überschwemmungsgebiete nach Regionalplan
Überschwemmungsgebiete (HQ 100)	
Vorrang Überschwemmungsgebiete nach Regionalplan	
Wasserschutzgebiete Zone I	
Überschwemmungsgebiete (HQ100)	
Hangneigung ≥ 20°	
Moorböden	
Hochspannungsfreileitungen	

- **Gut geeignet** = bis 200 m zur Siedlungsfläche, exkl. restriktiver Faktoren
- **Geeignet** = über 200 bis 1.000 m zur Siedlungsfläche, exkl. restriktiver Faktoren
- **Bedingt geeignet** = bis 1.000 m zur Siedlungsfläche, inkl. restriktiver Faktoren

Infobox 6: Restriktionen (Thüringen) für Solarthermie auf Freiflächen

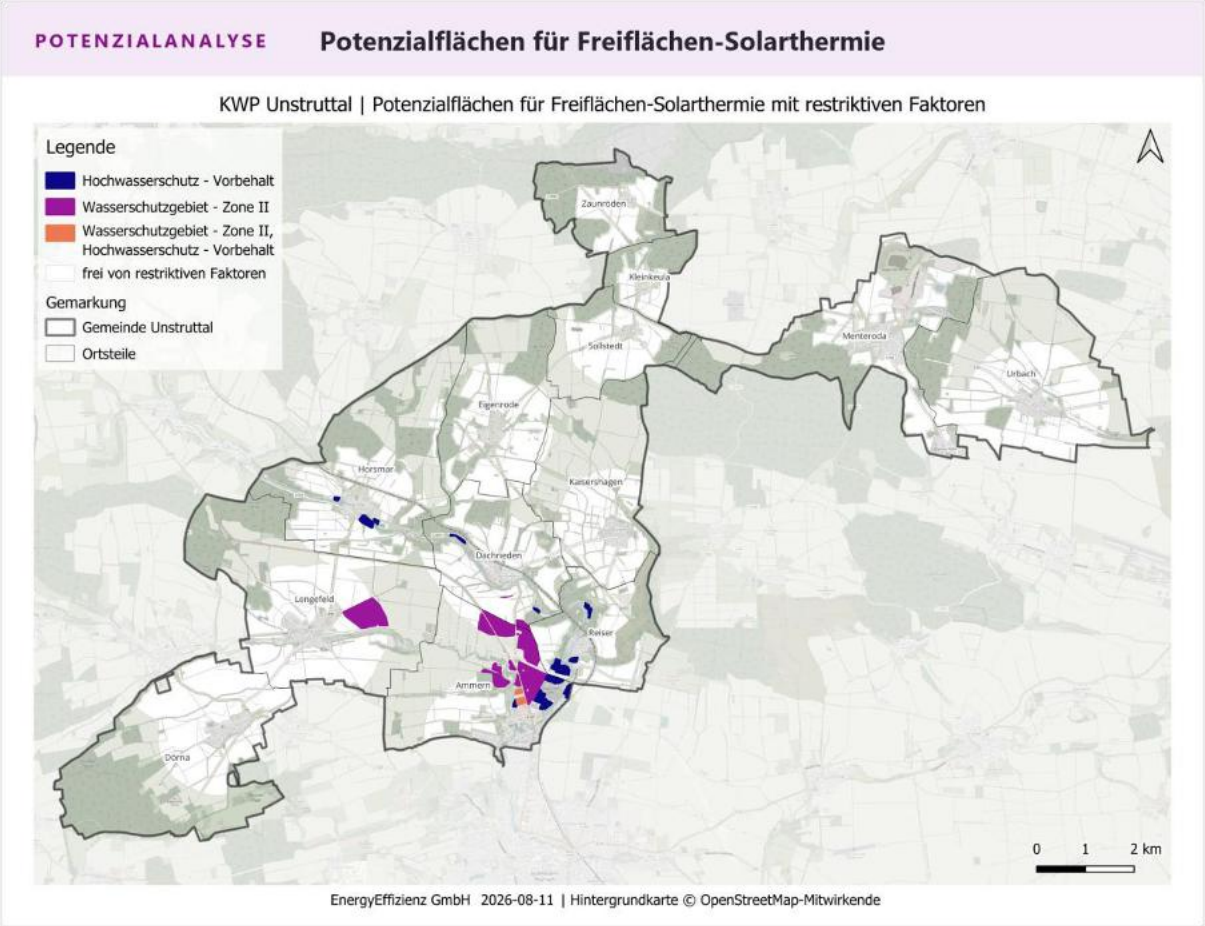


Abbildung 18: Restriktionen der Potenzialflächen Freiflächen-Solarthermie der Gemeinde Unstruttal

4.2.2.2. Potenzial

Die betrachteten Flächen eignen sich grundsätzlich sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermieanlagen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei Solarthermie-Freiflächenanlagen eine räumliche Nähe zu einer Wärmenetzheizzentrale 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 in der Gemeinde Unstruttal ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Potenzial für Freiflächen-Solarthermie in der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Freiflächen-Solarthermie	Kap. 4.2.2
TEILGEBIET	● GUT GEEIGNET ● GEEIGNET ● BEDINGT	Gesamt GWh/a
Ammern		443,2
Dachrieden		594,7
Dörna		858,5
Eigenrode		586,9
Horsmar		649,3
Kaisershagen		520,9
Kleinkeula		133,4
Lengefeld		943,2
Menteroda		432,9
Reiser		309,4
Sollstedt		376,5
Urbach		940,3
Zaunröden		231,0

WÄRMEPOTENZIAL GESAMT	GUT GEEIGNET	GEEIGNET	BEDINGT GEEIGNET
7.020,2 GWh/a	**917,8** GWh/a	**5.817,2** GWh/a	**285,2** GWh/a
alle Teilgebiete		exkl. restriktiver Faktoren	inkl. restriktiver Faktoren

Insgesamt ergibt sich für die Gemeinde Unstruttal ein technisches Potenzial von **7.020,2 GWh/a** (gut geeignet, geeignet und bedingt geeignet) für die Wärmeerzeugung durch Solarthermie-Freiflächenanlagen. Die räumliche Verortung der Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie wird in der folgenden Abbildung 19 dargestellt. Die untersuchten Gebiete unterliegen nur zu geringen Teilen Ausschlusskriterien und restriktiven Faktoren. Die Integration dieses Potenzials beim Wärmenetzausbau ist im Detail zu prüfen und so sind die dargestellten Flächen nur als Flächenpool zu verstehen, welches durch weitere Analysen konkretisiert werden muss.

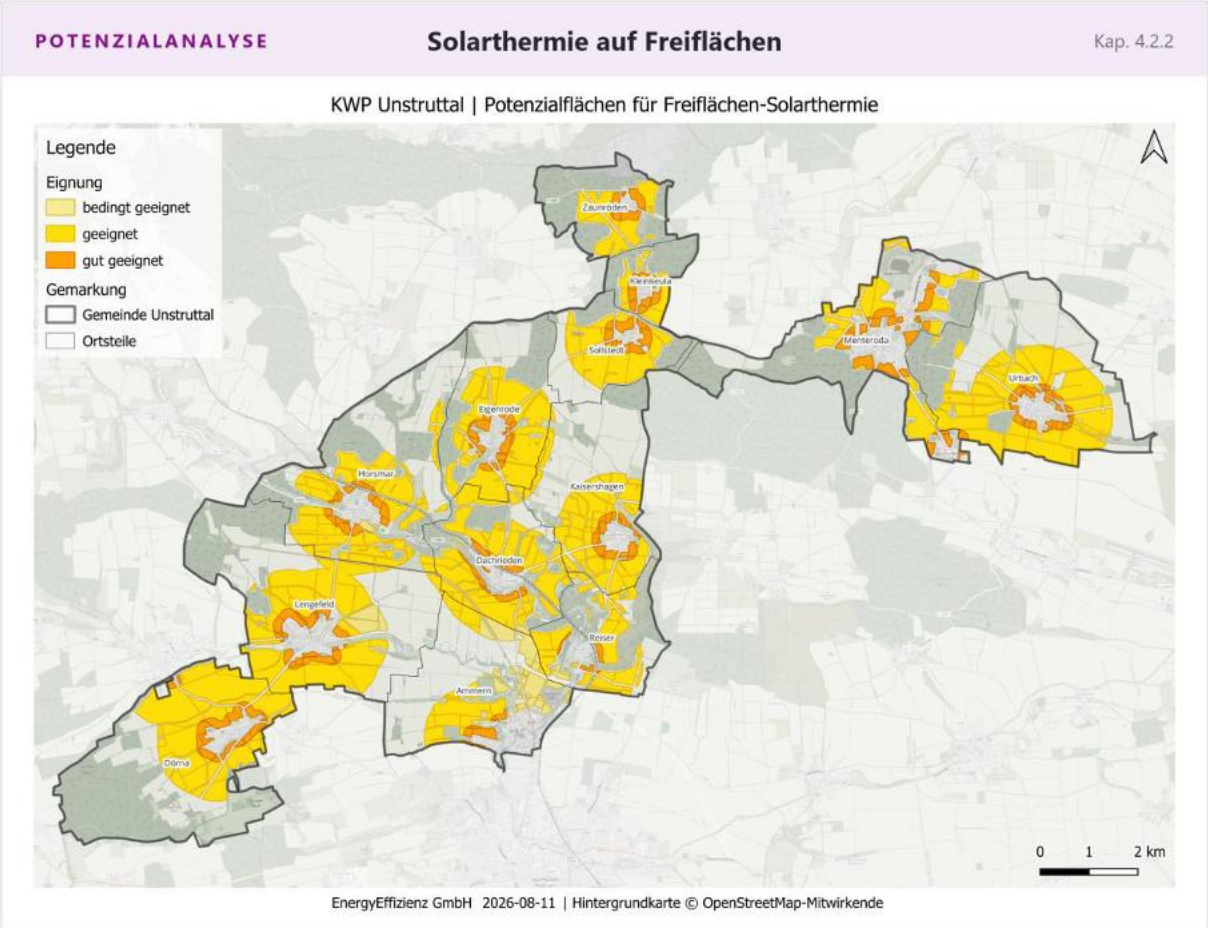


Abbildung 19: Potenzialflächen Freiflächen-Solarthermie der Gemeinde Unstruttal

4.2.3. Agrothermie

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

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

4.2.3.1. Hinweise und Einschränkungen

Bei der Berechnung des Agrothermiepotenzials werden räumliche Restriktionen berücksichtigt, die sich in Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren unterteilen (siehe Infobox). Ausschlusskriterien führen dazu, dass eine Fläche nicht als Potenzialfläche berücksichtigt wird. In den Bereichen der Wasser- und Heilquellschutzzonen I – II sind Erdwärmekollektoren nicht genehmigungsfähig, sodass auch keine Agrothermie möglich ist. Eine Einzelfallbetrachtung bedarf es in Wasser- und Heilquellschutzzonen III / IIIA sowie in Überschwemmungsgebieten. Unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen kann Agrothermie in den Zonen IIIB von Wasser- und Heilquellschutzgebieten genehmigt werden. Zu diesen Voraussetzungen zählt, dass grundsätzlich, auch außerhalb von Wasser- oder Heilquellschutzgebieten, ein Mindestabstand von zwei Metern zu dem höchsten Grundwasserstand eingehalten werden muss, eine natürliche flächenhafte Dichtschicht besteht oder eine Dichtschicht aus einem natürlichen mineralischen Material eingebracht werden muss. Bei der Berechnung des Agrothermiepotenzials sind Restriktionen zu beachten, die sich in Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren unterteilen.

RESTRIKTIONEN — **Agrothermie** — Kap. 4.2.3

● **AUSSCHLUSSKRITERIEN** ausgeschlossen	● **RESTRIKTIVE FAKTOREN** bedingt geeignet
Naturschutzgebiete, Nationalparks und Naturdenkmäler	Landschaftsschutzgebiete
Natura2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete)	Biosphärenreservate (Entwicklungszonen)
Biosphärenreservate (Kern- und Pflegezonen)	Vorbehaltsgebiete Hochwasserschutz nach Regionalplan
Naturparke (Kernzonen)	Hochspannungsfreileitungen
Biotope	Wasserschutzgebiete Zone IIIB festgesetzt oder geplant
Wasserschutzgebiete Zone 1-II festgesetzt oder geplant	Heilquellschutzgebiete Zone IIIB festgesetzt oder geplant
Heilquellschutzgebiete I-II festgesetzt oder geplant	Überschwemmungsgebiete Einzelfallbetrachtung
Hangneigung ≥ 20°	Vorrang Überschwemmungsgebiete nach Regionalplan Einzelfallbetrachtung
	Wasserschutzgebiete Zone III / IIIA festgesetzt oder geplant Einzelfallbetrachtung

● **Gut geeignet** = Dauergrünland, besonders geeignet für Agrothermie ● **Geeignet** = exkl. restriktiver Faktoren
● **Bedingt geeignet** = inkl. restriktiver Faktoren

Infobox 7: Restriktionen (Thüringen) für Agrothermie

Ausschlusskriterien führen zum unmittelbaren Ausschluss der Fläche. Dauergrünland wird als besonders geeignet für Agrothermie angesehen, weshalb diese Flächen als „gut geeignet" markiert werden. Grünland wird als Abstufung dazu 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. Die für die Potenzialflächen bestehenden restriktiven Faktoren werden in der folgenden Abbildung 20 veranschaulicht.

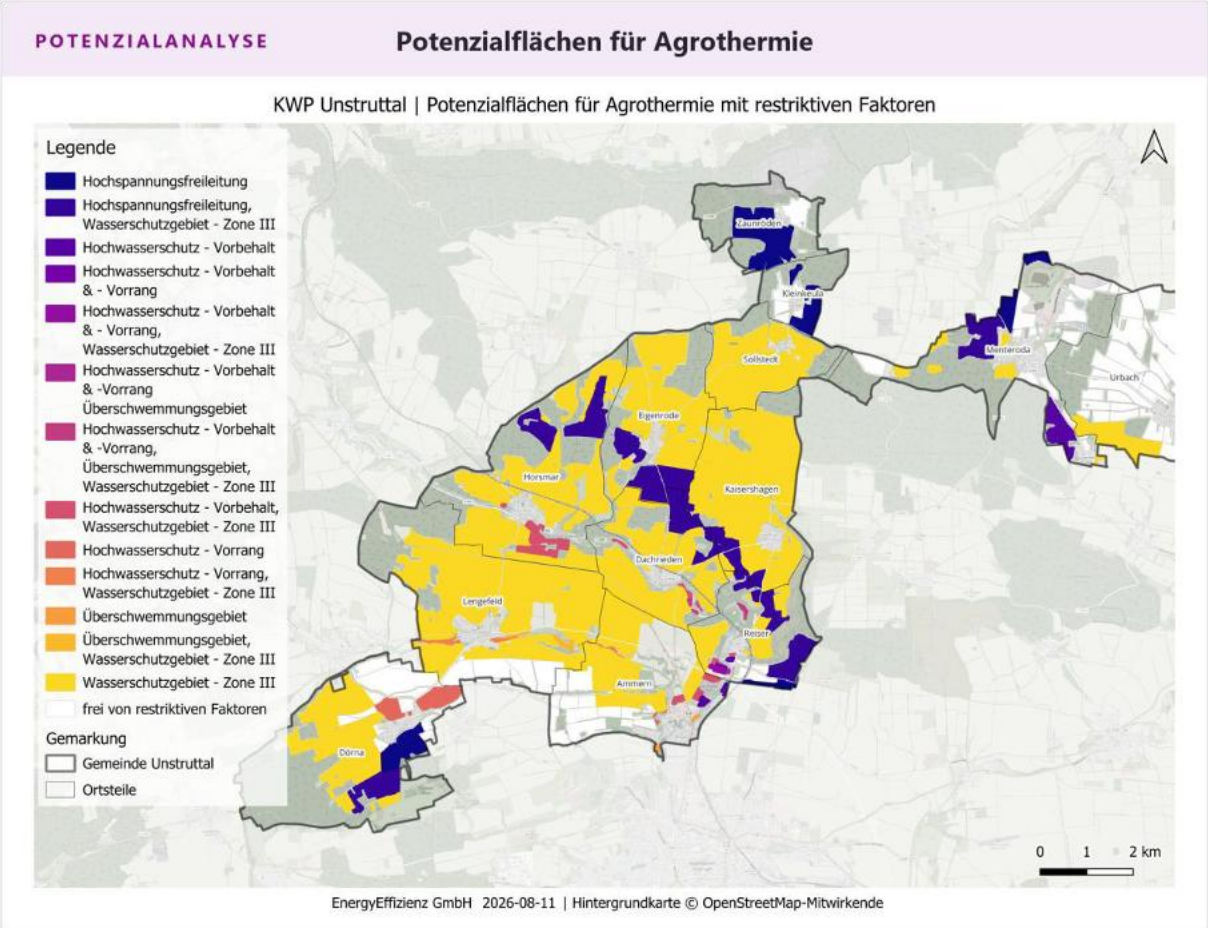


Abbildung 20: Restritkionen der Potenzialflächen Agrothermie der Gemeinde Unstruttal

4.2.3.2. Potenzial

Es besteht die Möglichkeit, dass sich die betrachteten Flächen auch für andere Energieträger, zum Beispiel Agri-PV eignen. Zum Teil kann eine Mehrfachnutzung der Fläche möglich sein. Dies ist allerdings im Einzelfall zu prüfen. Die räumliche Nähe des Erdwärmekollektors zur Heizzentrale ist, wie im Fall der Freiflächen-Solarthermie, für eine effiziente Nutzung der Wärme von Bedeutung.

Die Einbindung in ein Wärmenetz ist daher im Einzelfall und im Rahmen der Wärmeplanung erst nach festgelegtem Zielszenario zu bewerten und unter Berücksichtigung weiterer Planungen zu entscheiden. Für die Berechnung des möglichen Ertrags werden pro ha Fläche 400 MWh/a Ertrag angenommen (Professur für Agrarsystemtechnik der TU Dresden, Doppelacker GmbH, 2023). Die Jahresarbeitszahl wird mit 4 angenommen. Sie beschreibt als Kennwert einer Wärmepumpe das Verhältnis der erzeugten Wärme zur benötigtem Antriebsenergie bzw. dem benötigten Strom – hier im Verhältnis 4:1. Das Potenzial für Agrothermie für die Gemeinde Unstruttal ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Potenzial für Agrothermie in der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Agrothermie	Kap. 4.2.3
TEILGEBIET	● GEEIGNET ● BEDINGT ● EINZELFALL	Gesamt GWh/a
Ammern		210,8
Dachrieden		173,5
Dörna		299,2
Eigenrode		208,3
Horsmar		282,4
Kaisershagen		289,2
Kleinkeula		37,2
Lengefeld		399,7
Menteroda		145,0
Reiser		105,5
Sollstedt		139,7
Urbach		429,9
Zaunröden		66,1

WÄRMEPOTENZIAL GESAMT	GEEIGNET	BEDINGT GEEIGNET	EINZELFALL
2.786,4 GWh/a	740,4 GWh/a	138,0 GWh/a	1.908,1 GWh/a
alle Teilgebiete	exkl. restriktiver Faktoren	inkl. restriktiver Faktoren	inkl. restriktiver Faktoren

Insgesamt ergibt sich für die Gemeinde Unstruttal ein technisches Potenzial von **2.786,5 GWh/a** (geeignet, bedingt geeignet) für die Wärmeerzeugung durch Agrothermie. Auf den untersuchten Gebieten liegen Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren vor. Potenzialflächen werden hier größtenteils als Einzelfallbetrachtung gekennzeichnet, da sie in einem Hochwasserschutzgebiet Zone III liegen. Die Potenzialflächen der Agrothermie sind in Abbildung 21 räumlich dargestellt für das gesamte Plangebiet.

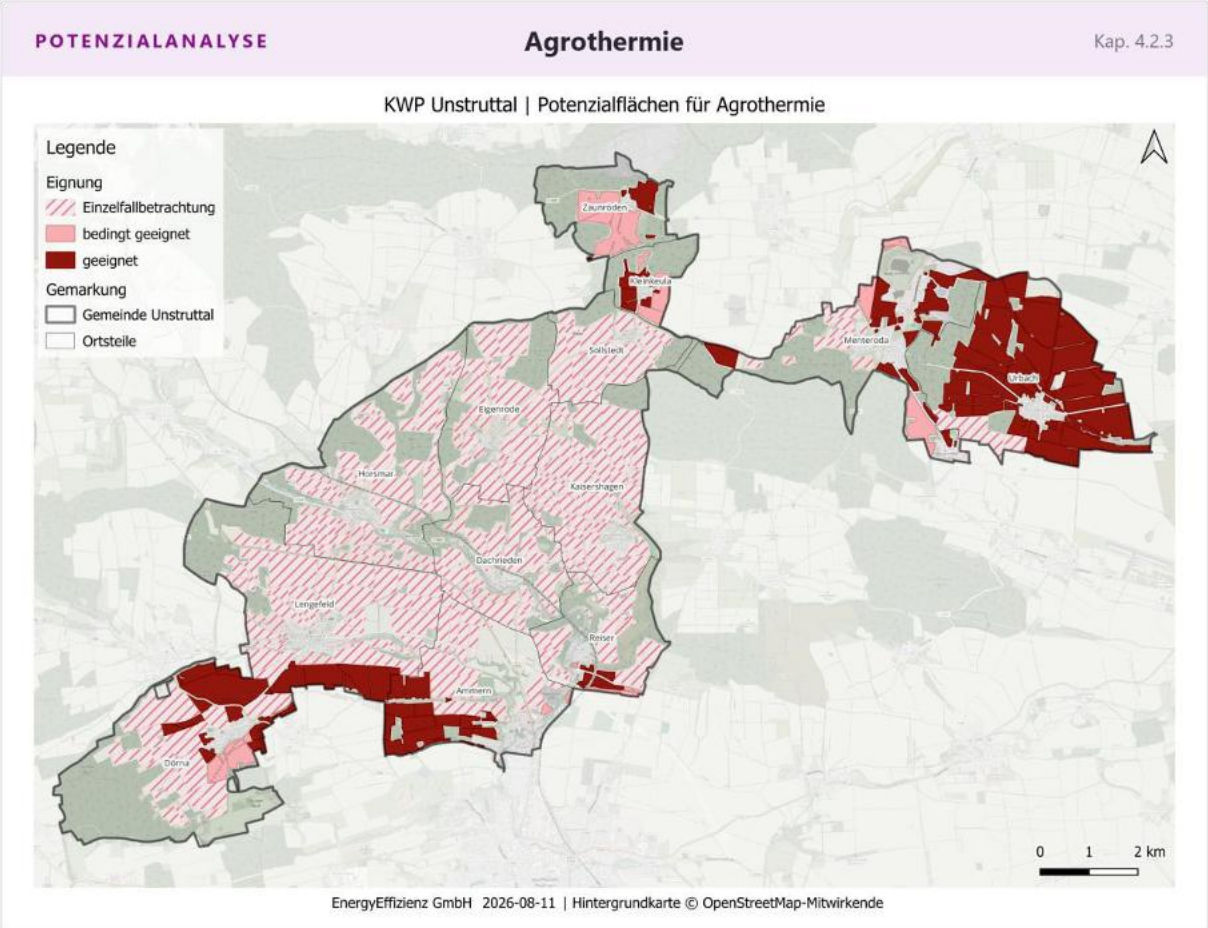


Abbildung 21: Potenzialflächen Agrothermie der Gemeinde Unstruttal

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 anhand der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) zu beurteilen.

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

Durch die Gemarkung der Gemeinde Unstruttal verläuft die Unstrut, welche eine ausreichende Größe zur Nutzung von Flusswärme aufweist und durch die Lage im Überschwemmungsgebiet als bedingt geeignet markiert wird. Die Pegel- und Durchflussdaten wurden vom Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz Thüringen bereitgestellt. Der Messpunkt für die Daten des Fließgewässers liegt innerhalb der Ortschaft Ammern. Unter der Beachtung der Grenzwerte, dass die Temperaturdifferenz des Flusses und nach Wiedereinleitung des abgekühlten Wassers maximal 1 K beträgt und nicht unter 2 °C fällt, lässt sich eine potenzielle Entzugsenergie von 25 GWh/a berechnen. Nach der Anhebung des Temperaturniveaus mittels Wärmepumpe ergibt sich eine Wärmeenergie von **37,5 GWh/a**. Die Erzeugernutzwärme errechnet sich aus 2 Teilen Wärme (25 GWh/a) und 1 Teil Strom (12,5 GWh/a). Für die Berechnung wird dem jeweiligen Fließgewässer 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 auch, dass die Wärmeenergie in den Wintermonaten am höchsten ist, was vor allem durch den höheren Massenstrom zustande kommt. Das errechnete Potenzial bietet sich aufgrund der Nähe zur Unstrut besonders für die Ortschaften Ammern, Dachrieden, Horsmar und Reiser an. Das Potenzial ist in allen Ortsteilen gleich, kann aber nicht in allen

Ortsteilen in dem Maße gehoben werden, da die Entnahme an einem Ort das Wärmepotenzial Flussabwärts senkt. In dem Zusammenhang ist eine Abstimmung innerhalb der Gemeinde, allerdings auch mit anderen Kommunen flussauf- und flussabwärts notwendig.

Tabelle 7: Potenzial aus Flusswärme von der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Oberflächengewässer (Fluss)	Kap. 4.2.4
TEILGEBIET	BEDINGT	Gesamt GWh/a
Ammern		9,4
Dachrieden		9,4
Horsmar		9,4
Reiser		9,4

WÄRMEPOTENZIAL GESAMT	BEDINGT GEEIGNET
37,5 GWh/a	**37,5** GWh/a
alle Teilgebiete	inkl. restriktiver Faktoren

POTENZIALANALYSE **Flusswärme** Kap. 4.2.4

KWP Unstruttal | Flusswärme

EnergyEffizienz GmbH 2026-08-11 | Hintergrundkarte © OpenStreetMap-Mitwirkende

Abbildung 22: Potenziell nutzbare Fließgewässer der Gemeinde Unstruttal für eine Flusswärmepumpe

Seethermie

Auf der Gemarkung der Gemeinde Unstruttal befinden sich eine bedingt geeignete Seeflächen mit einer Gesamtfläche von 0,3 ha als potenzielle Wärmequelle. Das Potenzial ist bedingt geeignet, weil der See in einem Wasserschutzgebiet Zone III liegt. Bei Seethermie wird in zwei verschiedene Technologien unterschieden. Mithilfe einer Wasser/Wasser- Wärmepumpe kann einem See mit ausreichender Tiefe und großem Volumen genügend Wärme entzogen werden, um diese nach Anhebung des Temperaturniveaus in ein Wärmenetz einzuspeisen. Folglich benötigen Seen eine entsprechende Tiefe, um als Wärmequelle in Betracht zu kommen. Baggerseen sind von der Potenzialermittlung ausgenommen, da sie nicht für Seethermie geeignet sind. Zudem ist eine stabile Temperaturschichtung erforderlich, um eine effiziente Wärmenutzung zu gewährleisten. Da der betrachtete See nur wenige Meter tief ist, kann diese Form der Seethermie nicht genutzt werden.

Allerdings besteht die Möglichkeit, am Grund des Sees Kollektoren, ähnlich den Erdwärmekollektoren, zu verlegen, die ebenfalls Wärme entziehen. Diese profitieren davon, dass zumeist direkt am Grund der Seen das Wasser nicht gefriert. Auf diese Weise steht die Technologie auch bei tiefen Temperaturen im Winter zur Verfügung und kann als Quelltemperatur mindestens 1 °C nutzen. Unter Annahme von 2.000 Volllaststunden und einer spezifischen Entzugsenergie von 40 kWh/(m^2*a) ergibt sich eine Wärmeentzugsenergie von 0,11 GWh/a. Nach Anhebung des Temperaturniveaus durch eine Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von 3 steht eine Erzeugernutzwärme von **0,16 GWh/a** zur Verfügung, welche als bedingt geeignet eingestuft wird. Die Erzeugernutzwärme errechnet sich aus 2 Teilen Wärme (0,11 GWh/a) und 1 Teil Strom (0,05 GWh/a).

Tabelle 8: Potenzial aus Seethermie von der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Oberflächengewässer (See)	Kap. 4.2.4
TEILGEBIET	BEDINGT	Gesamt GWh/a
Lengefeld		0,16

WÄRMEPOTENZIAL GESAMT	BEDINGT GEEIGNET
0,16 GWh/a	0,16 GWh/a
alle Teilgebiete	inkl. restriktiver Faktoren

Abbildung 23: Potenzielle Gewässer für Seethermie der Gemeinde Unstruttal ausschließlich in Lengenfeld

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):

MASSNAHMEN ZUR UMSETZUNG **Tiefengeothermie** Kap. 4.2.5

- **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

Quelle: BMWK (2022)

Infobox 8: Maßnahmen zur Geothermie (BMWK, 2022)

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 Tiefengeothermieanlagen 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.

4.2.5.2. Potenzial

Aufgrund fehlender Vergleichsprojekte in der Umgebung und fehlender detaillierter Untersuchungen in Form einer 3D-Seismik kann das Potenzial im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung nicht quantifiziert 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 50 °C ist zwingend eine Wärmepumpe zur Anhebung des Temperaturniveaus erforderlich, wenn eine Einspeisung in ein warmes Wärmenetz erfolgen soll.

INDUSTRIE & GEWERBE **Temperaturniveau der Abwärme** Kap. 4.2.6

TEMPERATUR	PROZESSE	INDUSTRIEZWEIGE
≥ 500 °C	Verbrennungsprozesse Chemische Prozesse	Metallindustrie (Eisen, Stahl) Nicht-Metallindustrie (Glas, Zement, Erden, …) Chemische Industrie
150–500 °C	Polymerisation Schmelz-, Gieß-, Spritzprozesse	Kunststoffindustrie Chemische Industrie
65–150 °C	Trocknungsprozesse Waschprozesse Koch-, Sterilisations-, Pasteurisierungsprozesse	Textil-, Leder- und Bekleidungsindustrie Papierindustrie Lebensmittelindustrie
25–65 °C	Elektrolyse / Plasmalyse Kühlprozesse Rauchgas aus KWK - Anlagen / Müllverbrennung Transformatoren / Umspannwerke	Gaserzeugung (Wasserstoffherstellung) Rechenzentren Stromerzeugung Stromverteilung
0–25 °C	Abwasserentsorgung Abluft aus U-Bahnschächten	Abwasserentsorgung Verkehrsinfrastruktur

Temperaturniveau der Abwärme nach Industriezweigen Quelle: (Dunkelberg, 2023)

Abbildung 24: 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 innerhalb der Gemeinde Unstruttal wurde im Zuge der Erarbeitung der Wärmeplanung eine schriftliche Befragung durchgeführt. Hierbei wurden Fragebögen eingesetzt, die Fragen sowohl zu Energieverbräuchen als auch zu Abwärmepotenzialen umfassen. 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 Gemeindeverwaltung festgelegt. Auf die Fragebögen hat sich die Biomethan Menteroda GmbH zurückgemeldet und auch in der Plattform

für Abwärme des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle ist dieses Unternehmen als einziges auf der Gemarkung aufgelistet.

4.2.6.2. Potenzial

Gemäß den Angaben zur industriellen Abwärme des genannten Unternehmens kann für die Gemeinde Unstruttal ein quantifizierbares Potenzial von insgesamt **2,5 GWh/a** festgestellt werden. Das Potenzial befindet sich ausschließlich im Ortsteil Menteroda.

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 m^2 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 zu berechnen, wurden Daten zu den angeschlossenen Einwohnern der Kläranlage sowie Durchflussmengen der Abwasserkanäle ab DN 800 angefragt. Bei den Kanälen ist nicht von einem ausreichenden Durchfluss auszugehen, da dieser maßgeblich durch die Regenwassermenge beeinflusst wird (Mischsystem). Dementsprechend wird nicht von einem ausreichenden Anteil des Abwassers aus Haushalten ausgegangen und in diesem Fall kein nutzbares Potenzial berechnet.

Für die Kläranlage in Horsmar konnte mithilfe der Daten zu den angeschlossenen Einwohnern und der zugehörigen Abwassermenge unter Annahme einer Temperaturdifferenz von 4 K eine potenzielle Entzugsenergie von 2,62 GWh/a berechnet werden. Deren Gewinnung würde mittels einzubringendem

Wärmetauscher im Kläranlagenablauf erfolgen. Unter der Annahme einer Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von 4,1 ergibt sich eine Wärmeenergie von **3,46 GWh/a** (3,1 Teile Wärme entsprechen 2,62 GWh/a und 1 Teil Strom entspricht 0,84 GWh/a).

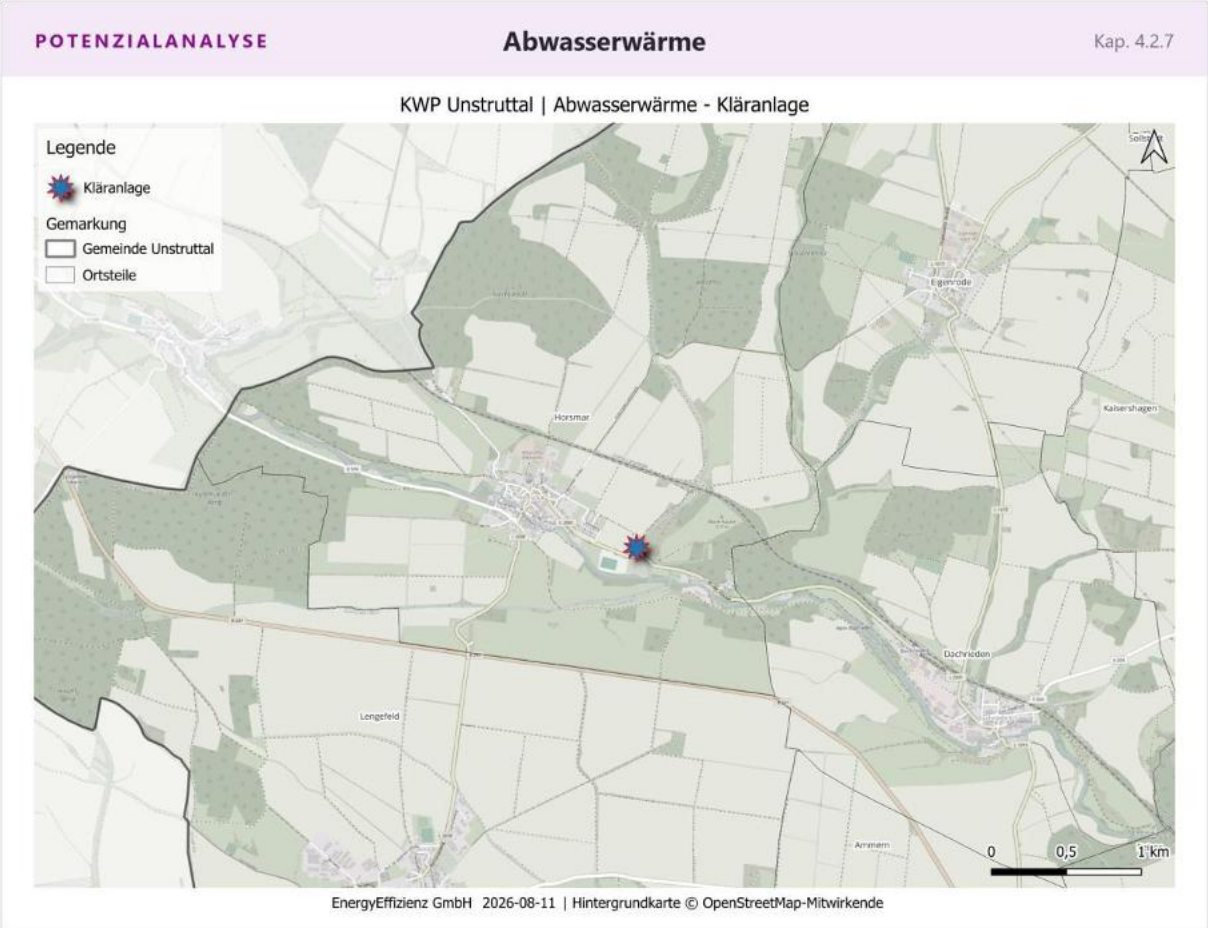


Abbildung 25: Abwasserwärme – Kläranlagen in der Gemeinde Unstruttal

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.

Die auf dem Gemeindegebiet Unstruttal liegenden Ortsteile Horsmar, Dachrieden, Kaisershagen, Reiser und Ammern befinden sich im Versorgungsgebiet Gas der TEN Thuringer Energienetze GmbH & Co. KG (TEN). Das lokale Erdgasnetz wird vornehmlich über den Netzkoppelungspunkt Neukirchen (vorgelagerter Netzbetreiber: Ferngas Netzgesellschaft mbH) versorgt. Gemeinsam mit den Fernleitungsnetzbetreibern Ferngas Netzgesellschaft mbH und GASCADE Gastransport GmbH will die TEN die Umstellung des Thüringer Erdgasnetzes auf Wasserstoff gemeinschaftlich vorantreiben. So soll eine thüringenweite Energieversorgung auf H_2-Basis mit überregionaler Anbindung entstehen, die zunächst den Fokus auf Industriecluster und KWK-Anlagen legt (Abbildung 26).

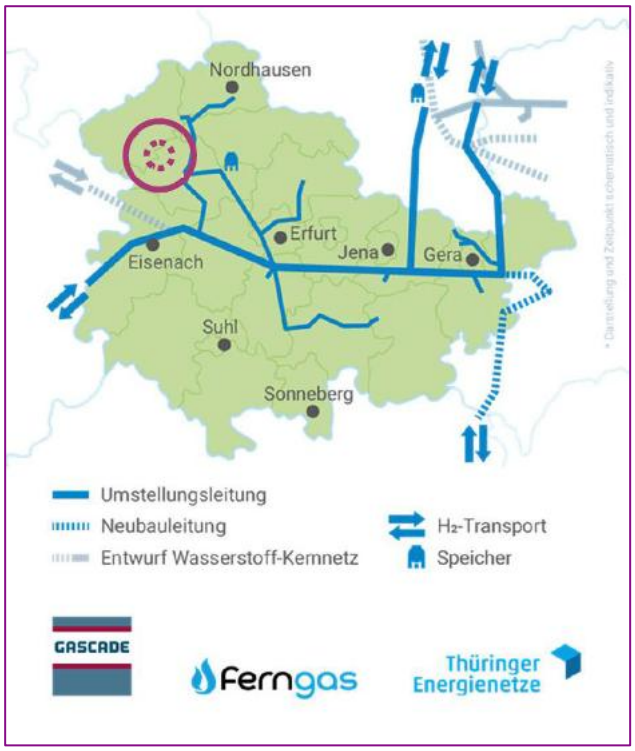


Abbildung 26: Geplantes Wasserstoffnetz in Thüringen 2032 (Quelle: TEN Thüringer Energienetze)

Für die Gemeinde Unstruttal ist derzeit noch keine Erschließung mit Wasserstoff in Planung – weder durch neu errichtete H_2-Systeme noch durch vollständig oder teilweise umgestellte Erdgasnetze –, da der TEN bislang keine entsprechenden Bedarfe gemeldet wurden. Die zukünftigen Leistungsanforderungen für die Medien Erdgas/Wasserstoff können frühzeitig mit der TEN abgesprochen werden, sodass diese in die Netzplanung einfließen können.

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 bereits betrachteten Wärmepotenzialen erreichen Luft/Wasser-Wärmepumpen in der Regel geringere Wirkungsgrade. Noch geringere Werte können bei Luft/Luft-Wärmepumpen auftreten. Das wirtschaftliche Potenzial kann dem Ausbauzustand im Zieljahr 2045 gleichgesetzt werden und wird im Zielszenario dargestellt.

4.3.2. Oberflächennahe Geothermie

Geothermie bezeichnet die Wärmeenergie unter der Erdoberfläche, die durch verschiedene Verfahren erschlossen und genutzt werden kann. Unterschieden wird nach VDI 4640 zwischen der oberflächennahen Geothermie (< 400 m) und der Tiefengeothermie (> 400 m). 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. Zu den gängigsten Systemen zählen Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden. Erdwärmekollektoren sind Wärmetauscher, die horizontal in einer Tiefe von ungefähr 1,50 m unter der Oberfläche eingebracht werden. Über ein mit Wärmeträgerflüssigkeit gefülltes Rohrsystem nehmen sie die im Boden gespeicherte Wärme auf und führen diese einer Wärmepumpe zu. Da für ihre Verlegung vergleichsweise große unbebaute Flächen erforderlich sind, eignen sich Erdwärmekollektoren insbesondere für Grundstücke mit einem ausreichenden Flächenangebot. Erdwärmesonden werden hingegen vertikal über Bohrungen in den Untergrund eingebracht. In den Bohrlöchern verlaufen geschlossene Rohrsysteme, in denen eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert und dem umgebenden Erdreich Wärme entzieht. Durch die vertikale Erschließung benötigen Erdwärmesonden an der Oberfläche nur wenig Platz und können daher auch bei begrenzter Grundstücksfläche eingesetzt 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. Erdwärmekollektoren

In den Bereichen der Wasserschutzgebietszonen I – II sind Erdwärmekollektoren nicht genehmigungsfähig. Eine Einzelfallbetrachtung bedarf es in Wasser- und Heilquellschutzzonen III / IIIA sowie in Überschwemmungsgebieten. Unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen können Erdwärmekollektoren in den Zonen IIIB von Wasser- und Heilquellschutzgebieten genehmigt werden. Gemäß Landesverwaltungsamt Thüringen zählen zu diesen Voraussetzungen, dass grundsätzlich, auch außerhalb von Wasser- oder Heilquellschutzgebieten, ein Mindestabstand von zwei Metern zu dem höchsten Grundwasserstand eingehalten werden muss, eine natürliche flächenhafte Dichtschicht besteht oder eine Dichtschicht aus einem natürlichen mineralischen Material eingebracht werden muss.

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

Insgesamt gilt es zu beachten, dass die Ausweisung des technischen Gesamtpotenzials nur Grundstücke einschließt, bei denen der Bau von Erdwärmesonden nicht möglich ist. Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren sind konkurrierende Technologien, welche die gleiche Energiequelle nutzen. Erdwärmesonden sind in diesem Fall zu bevorzugen, da diese aufgrund der ganzjährig stabilen Untergrundtemperaturen die effizientere Lösung darstellen.

Das technische Potenzial wurde unter der Berücksichtigung der vorliegenden Restriktionen und der Beachtung von Mindestabständen, welche zu Gebäuden und Grundstücksgrenzen eingehalten werden müssen, 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 Gebiet der Gemeinde Unstruttal 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 des Verlaufs der Umgebungstemperatur schwankt. Für die Potenzialberechnungen in Tabelle 9 wurde der Referenzdatensatz des Standortes Menteroda genommen, da sich die Gemeinde Unstruttal nach DIN 4710 in der Klimazone 7 befindet. Bleiben nach Einbezug aller Mindestabstände Flächen mit einer geringen Quadratmeterzahl übrig, welche für das Einbringen eines Erdwärmekollektors in Betracht gezogen werden, ergibt sich daraus eine Einzelfallbetrachtung, da die Wegbarkeit und Platzverhältnisse vor Ort durch Fachpersonal geprüft werden müssen.

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. Das Potenzial für Erdwärmekollektoren nach dem Einsatz einer Wärmepumpe ist zusammengefasst für alle Ortsteile in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Potenzial Erdwärmekollektoren in der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Erdwärmekollektoren (EWK)	Kap. 4.3.2
TEILGEBIET	● GUT GEEIGNET ● GEEIGNET	Gesamt GWh/a
Ammern		2,36
Dörna		0,05
Kleinkeula		0,36
Lengefeld		0,02
Menteroda		4,76
Reiser		0,15
Urbach		1,29
Zaunröden		0,39

WÄRMEPOTENZIAL GESAMT	GUT GEEIGNET	GEEIGNET
9,38 GWh/a	**8,53** GWh/a	**0,85** GWh/a
alle Teilgebiete		exkl. restriktiver Faktoren

Für die Bewertung des Potenzials wurde die spezifische Entzugsleistung auf die realisierbare 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.

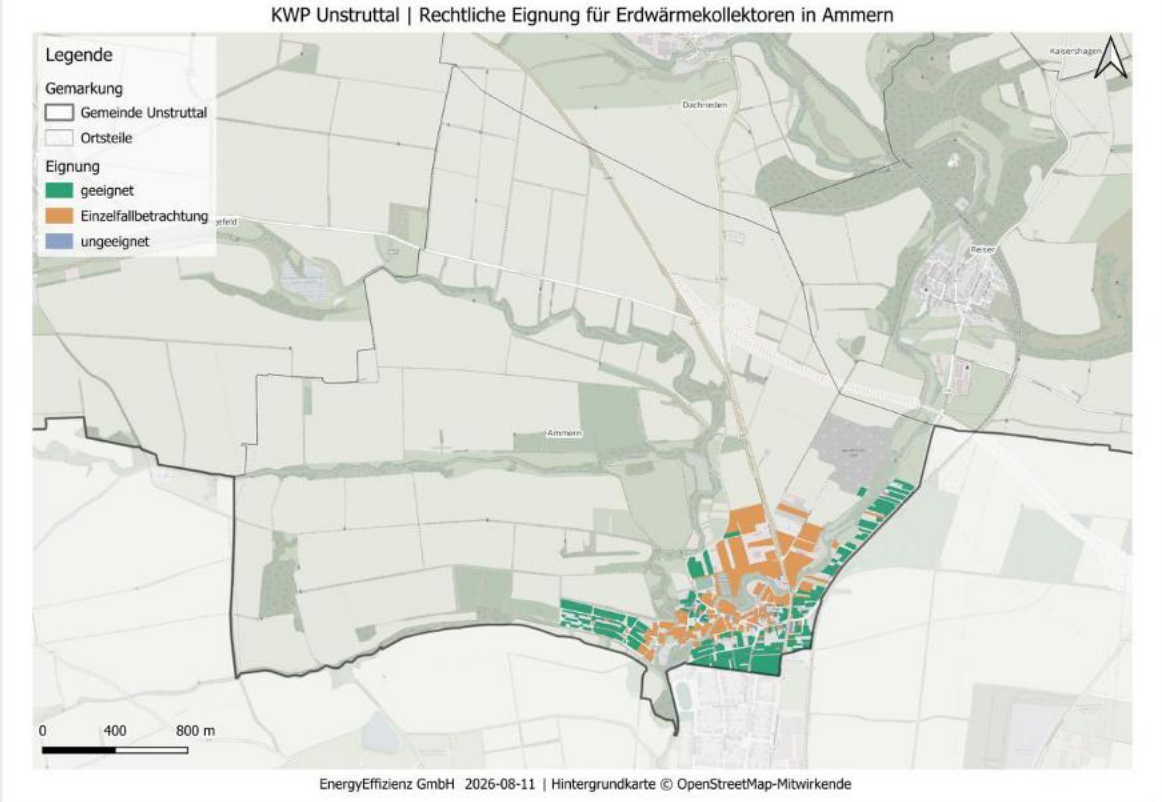


Abbildung 27: Ortsteil Ammern: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren

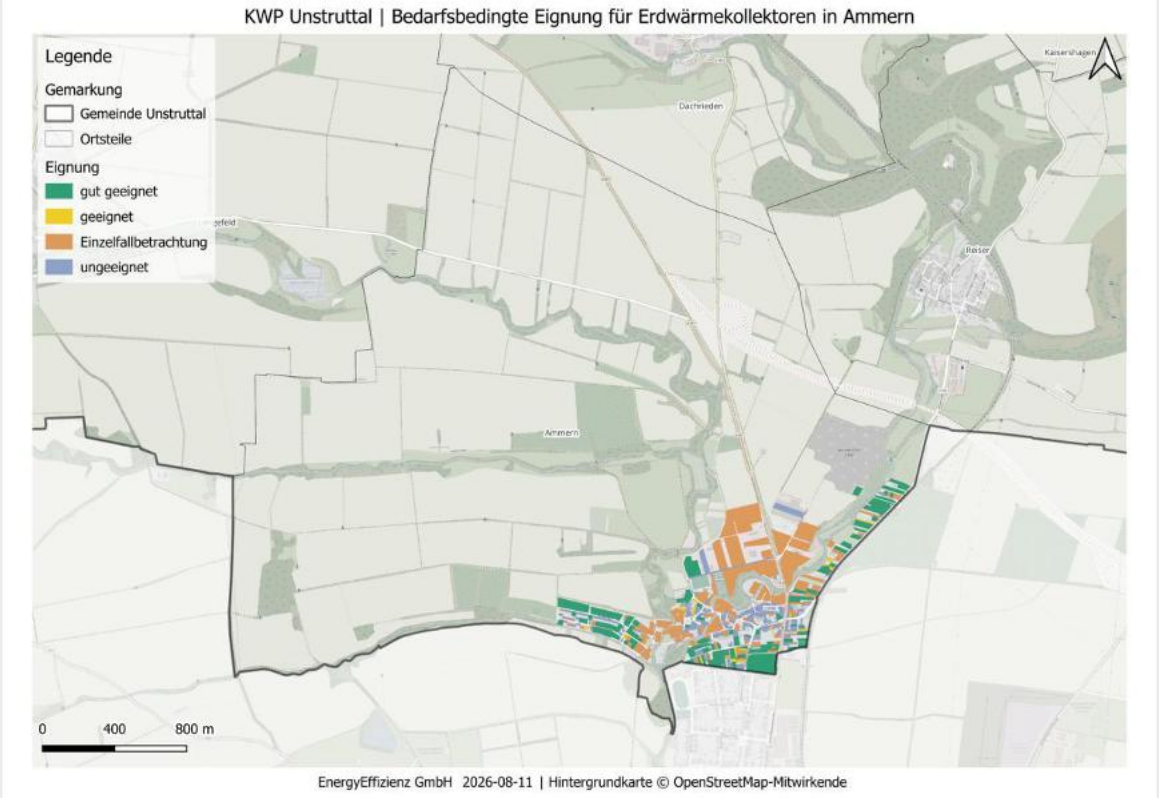


Abbildung 28: Ortsteil Ammern: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren

Die abschließende Bewertung erfolgte gebäude- bzw. grundstücksscharf. Entsprechend der in Abbildung 27 und Abbildung 28 dargestellten Legende wurden die Potenziale der Grundstücke guter Eignung, durchschnittlicher Eignung und Einzelfallbetrachtungen zu einem Gesamtpotenzial von **9,4 GWh/a** (nach Wärmepumpe) zusammengefasst. Dabei wurden Flächen, die sich für Erdwärmesonden eignen, nicht als Potenziale für Erdwärmekollektoren betrachtet. Die Karten für die weiteren Ortschaften sind in Anhang B dargestellt.

4.3.2.2. Erdwärmesonden

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

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, der Beachtung von Mindestabständen, welche zu Gebäuden und Grundstücksgrenzen sowie Erdwärmesonden untereinander eingehalten werden müssen, und unter Berücksichtigung der wasserschutzrechtlichen Restriktionen konnte die Entzugsenergie berechnet werden. Bleiben nach Einbezug aller Mindestabstände Flächen mit einer geringen Quadratmeterzahl übrig, welche für das Einbringen einer Erdwärmesonde in Betracht gezogen werden, ergibt sich daraus eine Einzelfallbetrachtung, da die Wegbarkeit und Platzverhältnisse vor Ort durch Fachpersonal geprüft werden müssen. Das Potenzial nach dem Einsatz einer Wärmepumpe der Gemeinde Unstruttal ist in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Potenzial Erdwärmesonden in der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Erdwärmesonden (EWS)	Kap. 4.3.2
TEILGEBIET	● GUT GEEIGNET ● EINZELFALL	Gesamt GWh/a
Ammern		5,4
Dörna		1,1
Kleinkeula		0,4
Lengefeld		0,0
Menteroda		6,2
Reiser		0,2
Urbach		1,7
Zaunröden		0,6

WÄRMEPOTENZIAL GESAMT	GUT GEEIGNET	EINZELFALL
15,5 GWh/a	**0,1** GWh/a	15,5 GWh/a
alle Teilgebiete		inkl. restriktiver Faktoren

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 29 und Abbildung 30 dargestellten Legende, wurden die Potenziale der Grundstücke mit Einzelfallbetrachtung zu einem Gesamtpotenzial von **15,5 GWh/a** (nach Wärmepumpe) zusammengefasst. Aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten der Region konnten keine geeigneten und gut geeigneten Potenziale ausgegeben werden.

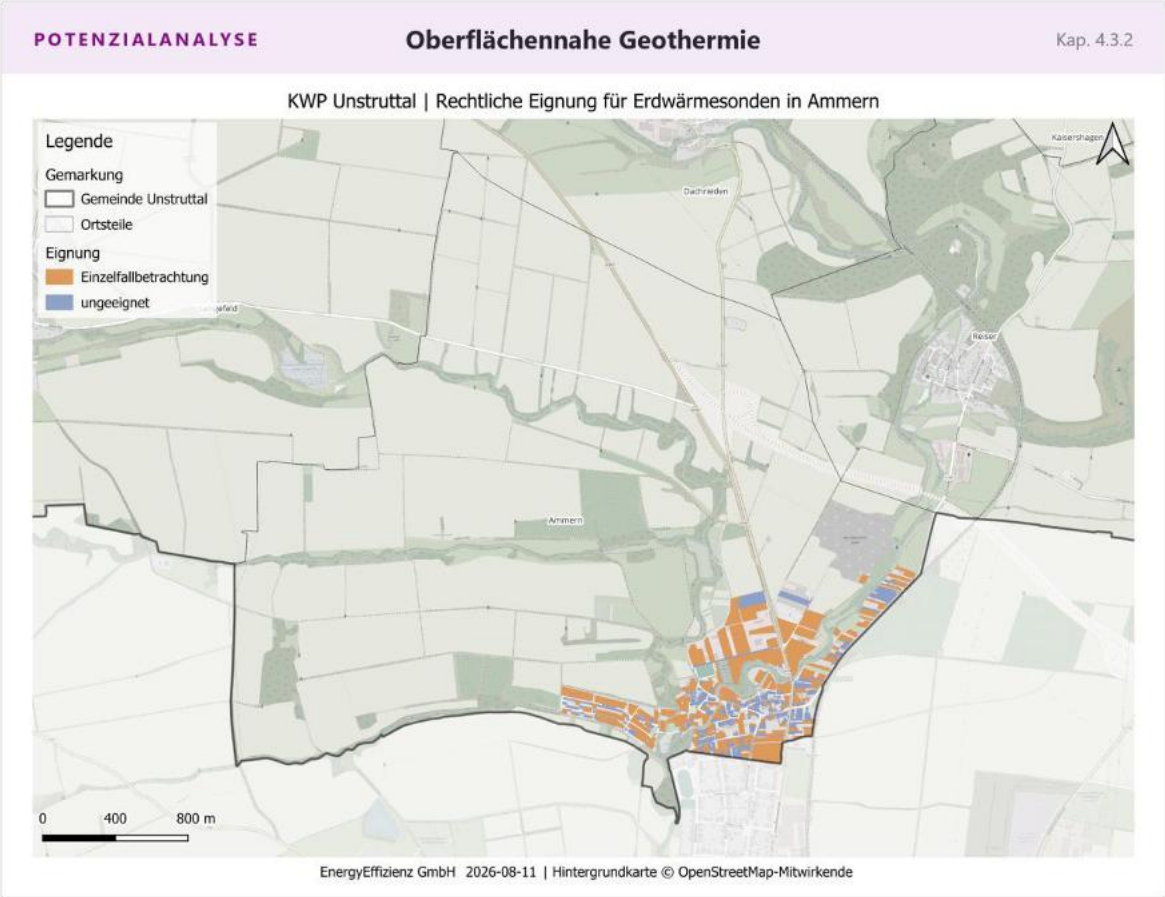


Abbildung 29: Ortsteil Ammern: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden

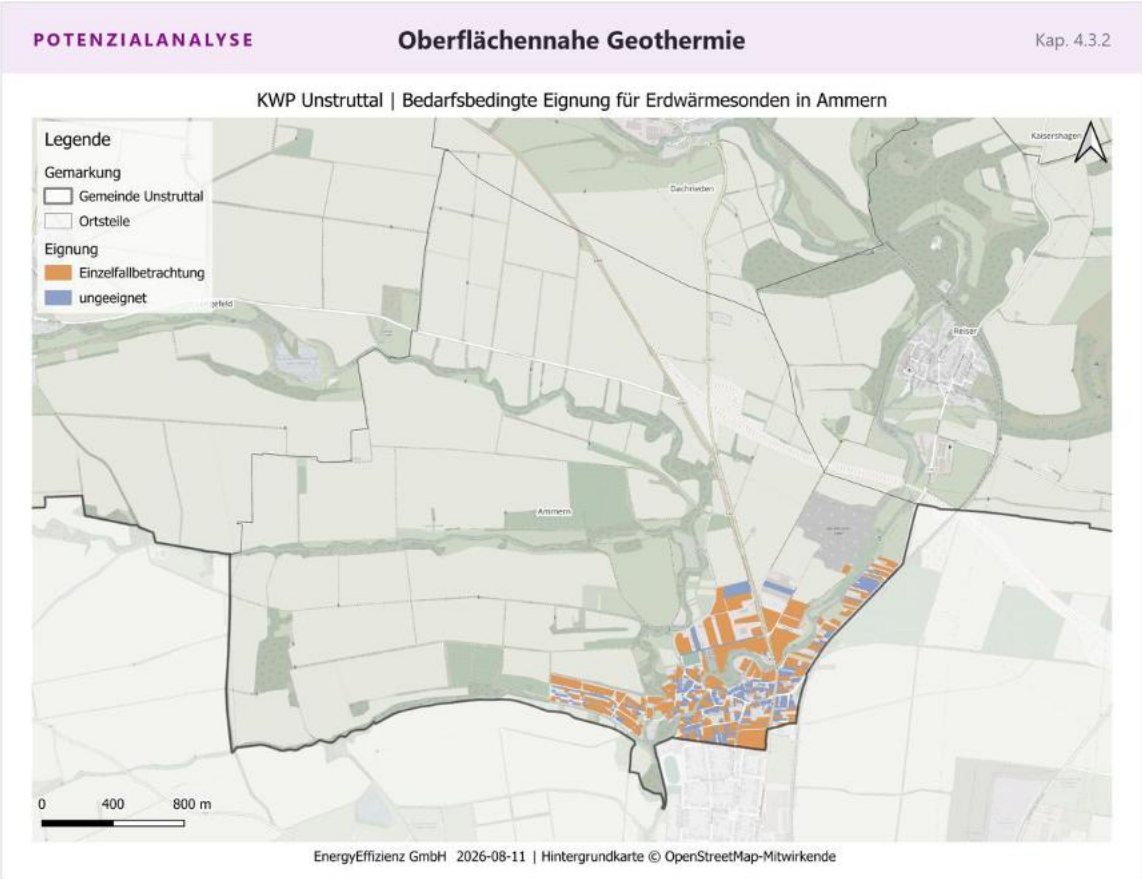


Abbildung 30: Ortsteil Ammern: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden

4.3.3. Biomasse

Als erneuerbarer Energieträger kann das Biomassepotenzial sowohl für die zentrale als auch die dezentrale Wärmeversorgung von Gebäuden genutzt werden. Das 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 Freiflächenpotenzial wird das solare Potenzial durch die Installation von Solarthermieanlagen auf Dächern betrachtet.

4.3.4.1. Hinweise und Einschränkungen

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

4.3.4.2. Potenzial

Für das Plangebiet liegen keine Daten des Solarrechner der ThEGA zur solarthermischen Nutzung von Dachflächen vor. Eine Abschätzung des Solarthermiepotenzials ist daher auf dieser Grundlage nicht möglich.

4.4. Stromerzeugungspotenziale

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

4.4.1. Photovoltaik auf Dachflächen

Photovoltaik spielt eine entscheidende Rolle in der kommunalen Wärmeplanung, da der erzeugte Strom für verschiedene Technologien zur Wärmeerzeugung genutzt werden kann. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz 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 Freiflächenpotenzial wird das solare Potenzial durch die Installation von PV-Anlagen auf Dächern betrachtet. Als geographische Eingrenzung dienen hierbei sämtliche Gebäude, wobei das technische Potenzial berücksichtigt wird und gebäudebezogene Einschränkungen z.B. aufgrund des Denkmalschutzes unberücksichtigt bleiben.

4.4.1.1. Hinweise und Einschränkungen

Die Leistung von PV-Anlagen auf Dachflächen wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dazu zählen die Ausrichtung und Neigung des Dachs. Eine Ausrichtung nach Süden auf 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

Die Zusammenfassung zur Photovoltaik zeigt, dass auf den betrachteten Dachflächen ein Stromertrag von **66,4 GWh/a** erzeugt werden könnte. Potenziale für Gebäude können aus dem Solarrechner der

ThEGA abgerufen werden. Derzeit sind auf 366 von insgesamt 2626 Gebäudedächern PV-Anlagen installiert, was einem Anteil von rund 14 % entspricht.

Tabelle 11: Dachflächen-PV Potenzial in der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Dachflächen-PV	Kap. 4.4.1
TEILGEBIET	● GEEIGNET	Gesamt GWh/a
Ammern		2,8
Dachrieden		2,6
Dörna		3,3
Eigenrode		17,4
Horsmar		3,3
Kaisershagen		0,6
Kleinkeula		1,1
Lengefeld		5,1
Menteroda		7,6
Reiser		1,3
Sollstedt		3,4
Urbach		3,0
Zaunröden		14,8
STROMPOTENZIAL GESAMT **66,4** GWh/a alle Teilgebiete	GEEIGNET **66,4** GWh/a exkl. restriktiver Faktoren	

4.4.2. Photovoltaik auf Freiflächen

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

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

4.4.2.1. Hinweise und Einschränkungen

Im Folgenden wird das Potenzial für Photovoltaik auf Freiflächen bestimmt. Hierbei werden die Bestimmungen nach EEG (2023), §37, Abs. 1, 2, 3 zu Grunde gelegt, wie in Infobox 9 beschrieben.

FLÄCHENKULISSE — **Photovoltaik auf Freiflächen** — Kap. 4.4.2

BEVORZUGTE FLÄCHEN NACH EEG geeignetes Flächenpotenzial

500-m Seitenstreifen entlang von mehrgleisigen Schienenwegen oder Autobahnen
davon 200 m planungsrechtlich privilegiert

Konversionsflächen und bereits versiegelte Flächen

Nach Landesordnung benachteiligte Acker- und Grünflächen
Flächen, die gemäß der Bestimmung des Bundeslandes aufgrund von schlechter Bodenqualität, klimatischen Bedingungen oder topografischen Gegebenheiten für die landwirtschaftliche Nutzung weniger geeignet sind

Infobox 9: Flächenkulissen Freiflächen-PV nach EEG

Bei der Berechnung des Freiflächen-PV-Potenzials sind Restriktionen zu beachten, die sich in Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren unterteilen. Ausschlusskriterien führen dazu, dass die betroffenen Flächen nicht als Potenzialflächen berücksichtigt werden. Flächen, die von keinem Ausschlusskriterium und keinem restriktiven Faktor betroffen sind, werden als geeignet eingestuft. Überlagern sich nutzbare Flächen mit restriktiven Faktoren, erfolgt eine Einstufung als bedingt geeignet.

RESTRIKTIONEN — **Photovoltaik auf Freiflächen** — Kap. 4.4.2

AUSSCHLUSSKRITERIEN ausgeschlossen	**RESTRIKTIVE FAKTOREN** bedingt geeignet
Naturschutzgebiete, Nationalparks und Naturdenkmäler	Landschaftsschutzgebiete
Natura2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete)	Biosphärenreservate (Entwicklungszonen)
Biosphärenreservate (Kern und Pflegezonen)	Pflege- und Entwicklungszonen von Naturparks
Naturparke (Kernzonen)	Wasserschutzgebiete Zone II
Biotope	Regionale Grünzüge
Überschwemmungsflächen (HQ100)	Vorbehaltsgebiete Hochwasserschutz nach Regionalplänen
Vorrang Überschwemmungsgebiete nach Regionalplan	
Hochspannungsfreileitungen	
Wasserschutzgebiete Zone I	
Hangneigung ≥ 20°	
Moorböden	

Geeignet = exkl. restriktiver Faktoren — **Bedingt geeignet** = inkl. restriktiver Faktoren

Infobox 10: Restriktionen (Thüringen) für Freiflächen-Photovoltaik

Zusätzlich zu den Restriktionen ist für die Wirtschaftlichkeit eines Projektes der Flächenzuschnitt und die Sonneneinstrahlung entscheidend. Bei der Potenzialanalyse wurden diese Aspekte so gut wie möglich berücksichtigt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass sich aufgrund von methodischen Einschränkungen Ungenauigkeiten ergeben können und dass es in jedem Fall einer weitere Fachplanung zur Flächenausweisung bedarf. Die oben beschriebenen Restriktionen für das Plangebiet werden mit der folgenden Abbildung 31 dargestellt.

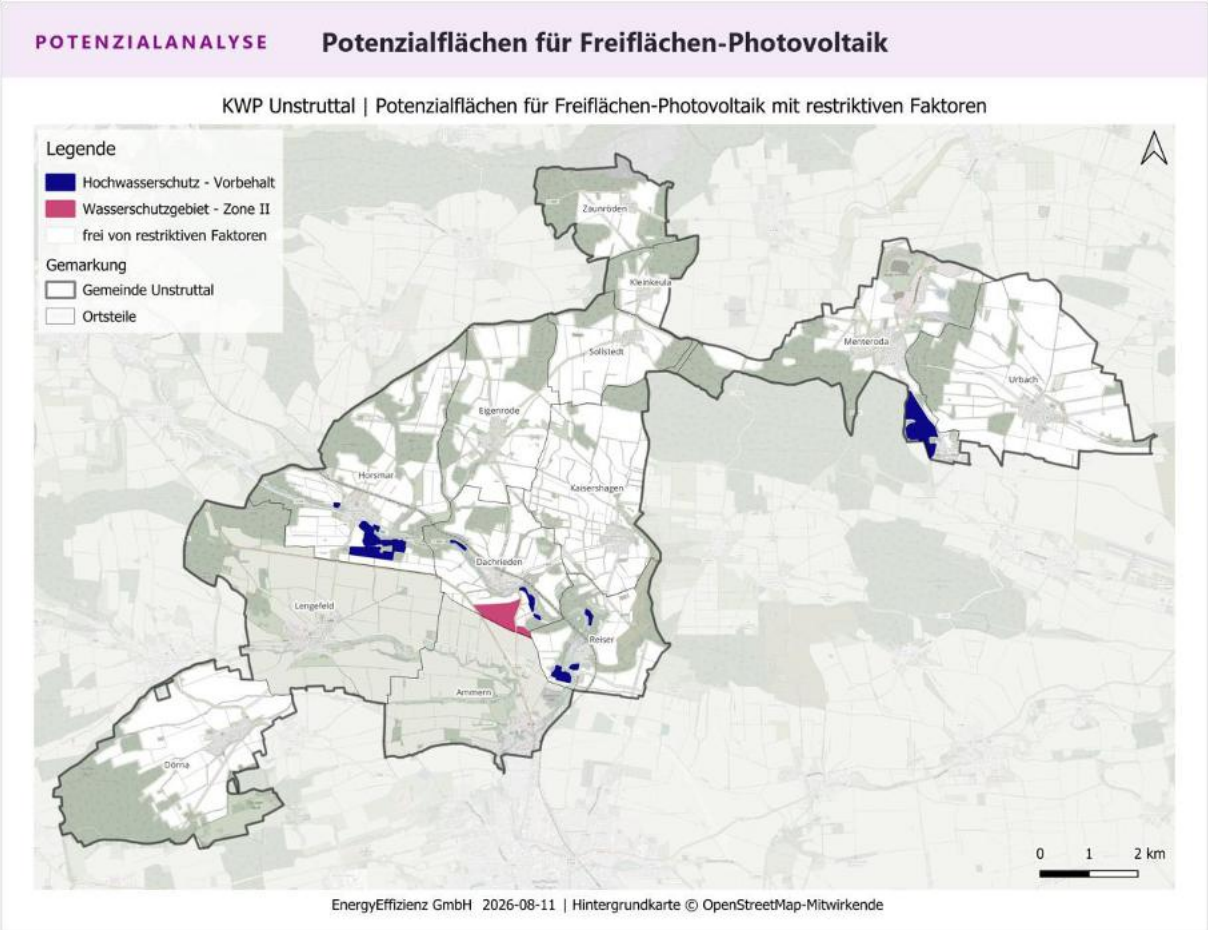


Abbildung 31: Restriktive Faktoren für Potenzialflächen Freiflächen-Photovoltaik

4.4.2.2. Potenzial

Die betrachteten Flächen eignen sich grundsätzlich sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermie-anlagen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei Solarthermie-Freiflächenanlagen die räumliche Nähe zu einer Wärmenetzheizzentrale 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. Die folgende Abbildung 32 veranschaulichen die Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik.

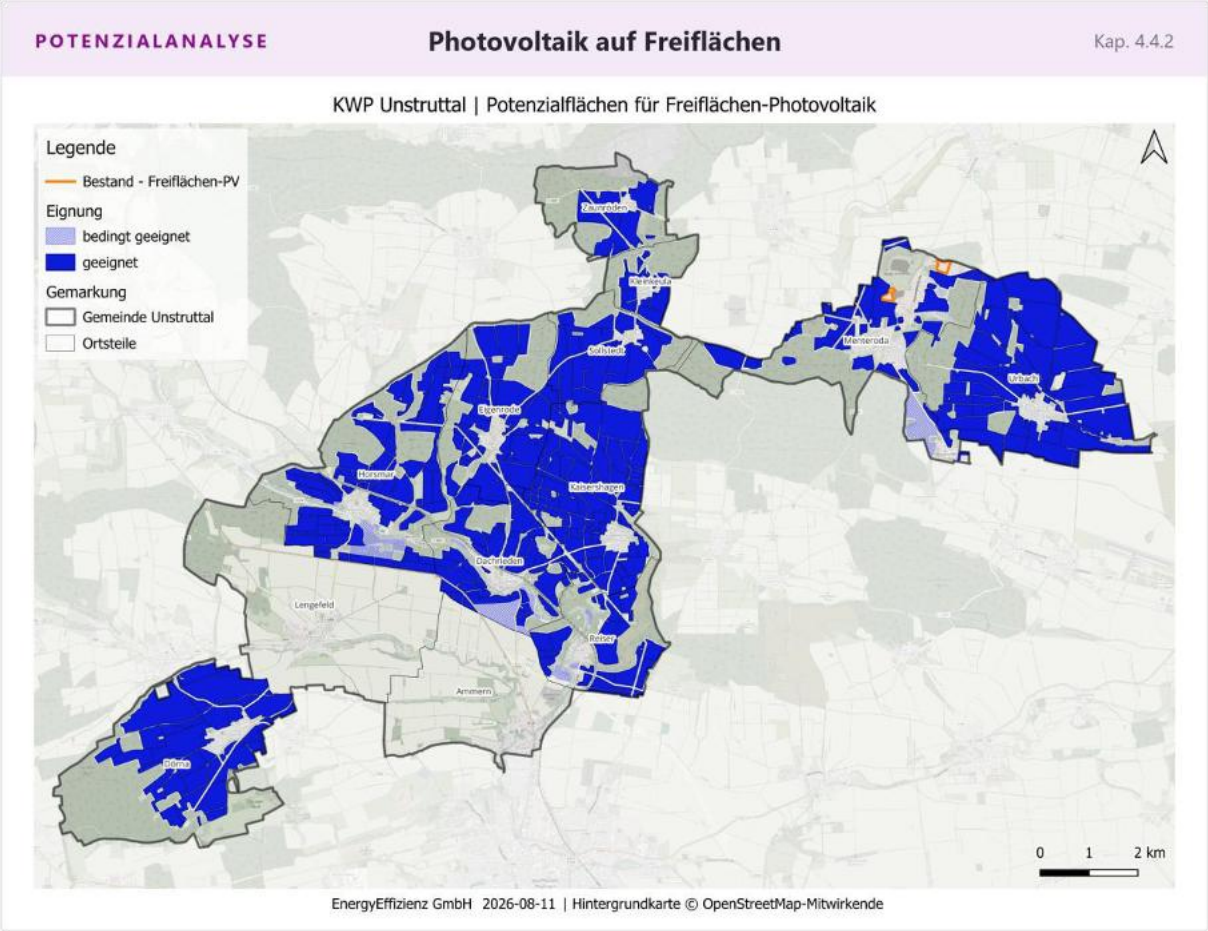


Abbildung 32: Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik der Gemeinde Unstruttal

Für die Berechnung des möglichen Ertrags werden pro ha Fläche 950 MWh/(ha*a) Ertrag für Photovoltaik angenommen. Es ist wichtig klarzustellen, dass die in Abbildung 32 dargestellten Flächen als Flächenpool zu verstehen sind. Dies ergibt ein Gesamtpotenzial von **3825 GWh/a** (geeignet und bedingt geeignet), dargestellt in Tabelle 12.

Tabelle 12: Freiflächen-PV Potenzial in der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Freiflächen-PV	Kap. 4.4.2
TEILGEBIET	● GEEIGNET ● BEDINGT	Gesamt GWh/a
Dachrieden		304,6
Dörna		525,5
Eigenrode		363,7
Horsmar		494,6
Kaisershagen		507,0
Kleinkeula		63,5
Menteroda		248,5
Reiser		174,0
Sollstedt		248,4
Urbach		785,4
Zaunröden		109,9

STROMPOTENZIAL GESAMT	GEEIGNET	BEDINGT GEEIGNET
3.825,0 GWh/a	**3.717,3** GWh/a	**107,8** GWh/a
alle Teilgebiete	exkl. restriktiver Faktoren	inkl. restriktiver Faktoren

4.4.3. Photovoltaik auf Parkflächen

Photovoltaikanlagen auf Parkflächen stellen eine Ergänzung zu Dach- und Freiflächenpotenzialen dar. Die doppelte Flächennutzung, auf den zum überwiegenden Teil versiegelten Parkflächen im städtischen Bereich, wird als sinnvolle Maßnahme gesehen, um die zusätzliche Inanspruchnahme von Böden zu reduzieren und die darunter liegenden Parkplätze aufzuwerten. Die Installation von Parkplatz-PV bietet neben der Möglichkeit zum Laden von E-Autos einen Hitze- und Witterungsschutz für stark versiegelte Flächen und die parkenden Fahrzeuge. Zudem tragen sie durch die Verschattung zur Reduktion von Hitzeinseln und somit zur Verbesserung des Mikroklimas bei.

Für die Nutzung der aufgeständerten Photovoltaik-Module sind vorrangig großflächige Parkplätze in den Fokus zu nehmen. Diese finden sich beispielsweise angrenzend an Einrichtungen mit erhöhtem Personenaufkommen wie Supermärkten, Veranstaltungsstätten oder Kliniken. Entlang angrenzender Schnellstraßen können Autobahnraststätten oder größere Park & Ride - Parkplätze eine weitere Möglichkeit für den Einsatz von Parkplatz-PV sein. Neben den großflächigen Potenzialen kann auch eine Vielzahl an kleineren Parkflächen zu einer insgesamt nennenswerten Gewinnung erneuerbaren Stroms beitragen. Hierbei gilt eine wirtschaftliche Untergrenze von mindestens vier aneinandergereihten Stellplätzen.

4.4.3.1. Hinweise und Einschränkungen

Zur Ermittlung des Potenzials für Parkplatz-PV wurden alle bestehenden Parkplätze innerhalb der Gemarkung der Gemeinde Unstruttal analysiert. Bei der Ausweisung des PV-Potenzials wurden die folgenden Ausschlusskriterien betrachtet:

RESTRIKTIONEN **Photovoltaik auf Parkflächen** Kap. 4.4.3

● **AUSSCHLUSSKRITERIEN**

Parkplätzen mit einer Neigung > 10°

Weniger als vier aneinandergereihte Stellplätze (< 50m²)

Infobox 11: Ausschlusskriterien für Photovoltaik auf Parkflächen

Zur Ermittlung des Potenzials wurden Annahmen zu Hochrechnungen des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme herangezogen[3]. Aufgrund des Detailgrades der kommunalen Wärmeplanung, können mögliche Einschränkungen durch lokale Bepflanzungen nicht betrachtet werden.

4.4.3.2. Potenzial

Die Anzahl der potenziell verfügbaren Flächen für Parkplatz-PV steht in direkter Abhängigkeit zu den vorherrschenden Gebietsstrukturen und vorliegenden Einrichtungen innerhalb der Gemarkung. Die in Abbildung 33 dargestellten Flächen sind potenziell geeignet für die Errichtung von Photovoltaikanlagen auf ausgewiesenen Parkplatzflächen innerhalb der Gemarkung.

Die Parkflächen der kommunalen Liegenschaften können hierbei als Startpunkt dienen und eine Vorbildrolle für die z.B. lokalen Gewerbeunternehmen einnehmen sowie als sichtbares Zeichen für den Klimaschutz der Gemeinde Unstruttal fungieren. Des Weiteren können Photovoltaikanlagen über versiegelten Nutzflächen oder Orten mit Aufenthaltsfunktionen, neben der solaren Energiegewinnung auch zur partiellen Verschattung und temporären Kühlwirkung beitragen, ebenso zu einer Erhöhung der Aufenthaltsqualität für die Bürger*innen.

[3] (Fraunhofer-Institut Solare Energiesysteme, 2023)

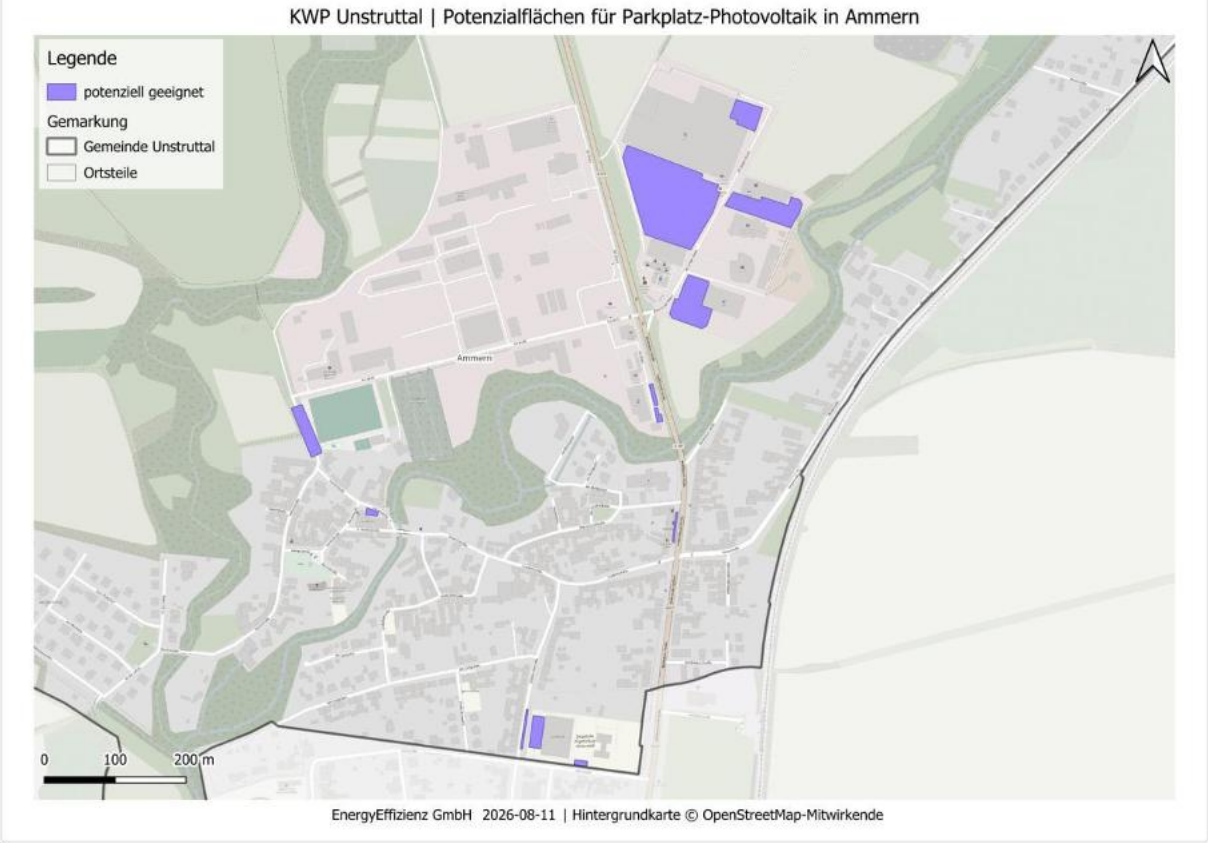


Abbildung 33: Potenzialflächen für Parkplatz-Photovoltaik der Gemeinde Unstruttal am Beispiel von Ammern

Für die Berechnung des möglichen Ertrags wird von einer maximalen Belegung des Parkplatzgeländes mit 60 % aufgeständerten PV-Modulen ausgegangen. Hieraus ergibt sich eine verfügbare PV-Fläche von 2,1 ha innerhalb der Gemarkung.

Zur Abbildung der standortspezifischen Potenziale für die Gemeinde Unstruttal wird eine Globalstrahlung von 1.200 kWh/(m^2*a) bei einem Bedeckungsgrad von 60 %, einem Wirkungsgrad von 20 % und eine Performance Ratio von 87 % herangezogen. Somit ergibt sich ein technisches Gesamtpotenzial von **4,3 GWh/a** (Geeignet). Exemplarisch ist das Potenzial für Parkflächen-PV für den Ortsteil Ammern dargestellt. Für die restlichen Ortsteile ist, falls vorhanden, die jeweilige Karte in Anhang B zu entnehmen.

Tabelle 13: Parkplatz-PV Potenzial in der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Parkplatz-PV	Kap. 4.4.3
TEILGEBIET	GEEIGNET	Gesamt GWh/a
Ammern		2,68
Dachrieden		0,08
Dörna		0,06
Horsmar		0,13
Lengefeld		0,08
Menteroda		1,26
Zaunröden		0,01

STROMPOTENZIAL GESAMT	GEEIGNET
4,30 GWh/a	**4,30** GWh/a
alle Teilgebiete	exkl. restriktiver Faktoren

4.4.4. 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.

4.4.4.1. Hinweise und Einschränkungen

Grundlage der Potenziale für Agri-Photovoltaikanlagen bilden die Vorgaben des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, in Infobox 11 zusammengefasst.

FLÄCHENKULISSE	Agri-PV	Kap. 4.4.4
BEVORZUGTE FLÄCHEN NACH EEG geeignetes Flächenpotenzial		
Ackerflächen mit gleichzeitigem Nutzpflanzenanbau		
Ackerflächen mit gleichzeitigem Anbau von Dauerkulturen oder mehrjährigen Kulturen		
Grünland mit gleichzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung als Dauergrünland		
Moorböden, die mit der Errichtung der Anlage wieder vernässt werden		

Infobox 12: Flächenkulissen Agri-PV nach EEG

Nicht alle landwirtschaftlichen Flächen sind für eine entsprechende Anlage geeignet. Streuobstwiesen werden ausgeschlossen. Ackerflächen, Rebflächen, Grünland, Gartenland und Obststrauchplantagen werden bei der Untersuchung berücksichtigt. Die folgende Abbildung 34 veranschaulicht die geltenden Restriktionen für die Potenzialflächen der Agri-Photovoltaik innerhalb der Gemarkung.

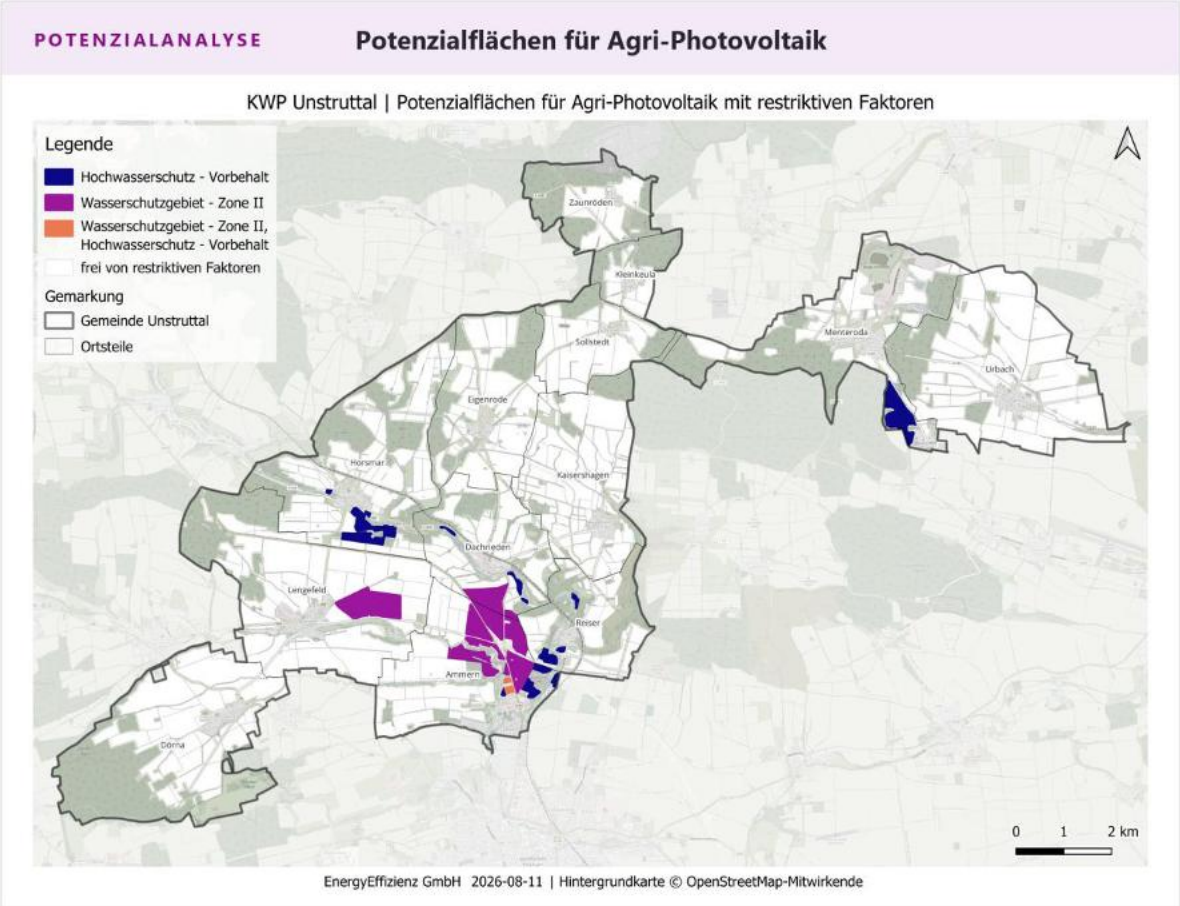


Abbildung 34: Restriktionen für Potenzialflächen Agri-PV

Flächen ohne Ausschlusskriterien und ohne Überlagerung mit restriktiven Faktoren werden als geeignet eingestuft. Bei einer Überlagerung mit restriktiven Faktoren erfolgt eine Einstufung als bedingt geeignet. Als zusätzliche Ausschlusskriterien werden Wasserschutzgebiete und Hochwasserschutzgebiete ausgeschlossen. Schutzbedürftige Naturflächen, wie Biotope stehen grundlegend nicht im Widerspruch zu Agri-PV, werden aber aufgrund des erhöhten Planungsaufwands und aus Rücksicht auf die Natur ausgeschlossen. Da das Landschaftsbild durch aufgeständerte Anlagen unter Umständen mehr beeinflusst wird als bei Freiflächenanlagen, die am Boden errichtet werden, werden die Landschaftsschutzgebiete (LSG) gesondert berücksichtigt. Es wird von bedingt geeigneten Flächen gesprochen, wenn die LSG inkludiert sind und von geeigneten Flächen, wenn die LSG ausgeschlossen wurden. Zu berücksichtigen ist auch, dass eine Flächenkonkurrenz zwischen Agri-PV-Anlagen und Freiflächenanlagen bestehen kann, da sich die Flächenkulisse in Teilen überschneidet. Die Ausschlusskriterien und Restriktionen sind in der Infobox 13 zusammengefasst.

RESTRIKTIONEN	Agri-PV	Kap. 4.4.4

Berücksichtigt werden Ackerflächen, Rebflächen, Grünland, Gartenland, Obst- und Nussstrauchplantagen

● AUSSCHLUSSKRITERIEN ausgeschlossen	● RESTRIKTIVE FAKTOREN bedingt geeignet
Naturschutzgebiete, Nationalparks und Naturdenkmäler	Landschaftsschutzgebiete
Natura 2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete)	Biosphärenreservate (Entwicklungszonen)
Biosphärenreservate (Kern- und Pflegezonen)	Naturparke (Pflege- und Entwicklungszonen)
Naturparke (Kernzonen)	Wasserschutzgebiete Zone II
Biotope	Vorbehaltsgebiete Hochwasserschutz nach Regionalplan
Überschwemmungsflächen (HQ100)	
Vorranggebiete Hochwasserschutz nach Regionalplan	
Wasserschutzgebiete Zone I	
Hangneigung ≥ 20°	
Moorböden	
Hochspannungsfreileitungen	

● **Geeignet** = exkl. restriktiver Faktoren ● **Bedingt geeignet** = inkl. restriktiver Faktoren

Infobox 13: Restriktionen (Thüringen) für Agri-Photovoltaik

4.4.4.2. Potenzial

Für die Berechnung des möglichen Ertrags werden pro m² Fläche 57 KWh/a Ertrag für Agri-PV angenommen (Trommsdorff, Dr. M. et al., 2024). Für die Gemeinde ergibt sich ein technisches Potenzial von **3032,7 GWh/a** (geeignet, bedingt geeignet) für die Stromerzeugung durch Agri-PV. Die folgenden Darstellungen in Tabelle 14 und Abbildung 35 verdeutlicht die Verteilung der Potenzialflächen für Agri-Photovoltaik innerhalb der Gemarkung.

Tabelle 14: Agri-PV Potenzial in der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Agri-PV	Kap. 4.4.4
TEILGEBIET	● GEEIGNET ● BEDINGT	**Gesamt GWh/a**
Ammern		280,1
Dachrieden		182,8
Dörna		315,3
Eigenrode		218,2
Horsmar		296,7
Kaisershagen		304,2
Kleinkeula		38,1
Lengefeld		457,5
Menteroda		149,1
Reiser		104,4
Sollstedt		149,1
Urbach		471,2
Zaunröden		66,0

STROMPOTENZIAL GESAMT	GEEIGNET	BEDINGT GEEIGNET
3.032,7 GWh/a	**2.860,6** GWh/a	**172,0** GWh/a
alle Teilgebiete	exkl. restriktiver Faktoren	inkl. restriktiver Faktoren

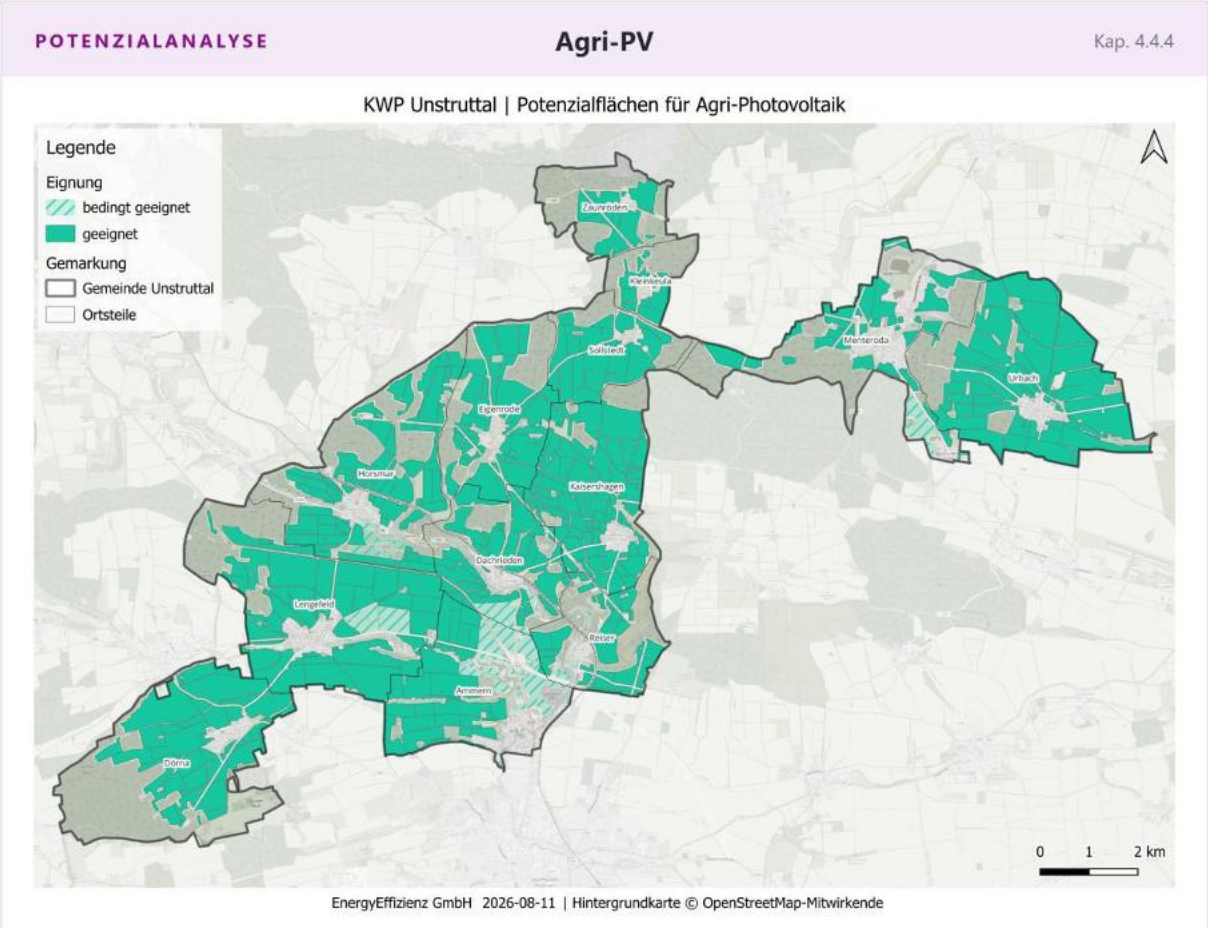


Abbildung 35: Potenzialflächen Agri-PV der Gemeinde Unstruttal

4.4.5. 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 in das 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.

4.4.5.1. Hinweise und Einschränkungen

STANDORTKRITERIEN **Windkraft** Kap. 4.4.5.

● **GESETZLICHE ABSTANDSMASSE** Ausschließliche Betrachtung von ertragsreichen und wirtschaftlichen Standorten

mind. 1000 m zu Siedlungen, individuelle Abstände zu weiteren Gebäuden mit wichtiger Funktion

verschiedene Abstandsflächen zu Verkehrswegen

Infobox 14: Gesetzliche Abstandsflächen für Windkraft

Auf Bundesebene soll der Ausbau der Windenergie nun kurzfristig beschleunigt werden. Auch im Zuge dessen müssen Kommunen in Thüringen, die im Umkreis von 2,5 km um eine Windkraftanlage liegen, mit bis zu 0,2 Cent pro erzeugte Kilowattstunde finanziell beteiligt werden (Thüringer Windbeteiligungsgesetz). Aktuell werden nur rund 0,6 % der Landesfläche von Windenergieanlagen beansprucht. Der Gesetzgeber hat unter anderem das Zwischenziel von 1,8 % bis zum Jahr 2027 festgeschrieben, was einen großen Handlungsbedarf in den kommenden Jahren bedeutet.[4] Solange die im Gesetz geforderten 1,8 % der Landesfläche nicht für Windenergie ausgewiesen sind, gilt die Privilegierung im Außenbereich, womit eine planerische Steuerung in Form eines Teilflächennutzungsplanes derzeit nicht möglich ist. Bis zum Jahr 2032 soll das Gesamtziel von 2,2% der Landesfläche erreicht werden.

RESTRIKTIONEN — **Windkraft** — Kap. 4.4.5.

● **AUSSCHLUSSKRITERIEN** ausgeschlossen	● **RESTRIKTIVE FAKTOREN** bedingt geeignet
Nationalparks, Naturwaldzellen	Naturparke, Naturdenkmale
Naturdenkmäler	Landschaftsschutzgebiete
Geschützte Landschaftsbestandteile Biosphärenreservat Thüringer Wald	Geschützte Landschaftsbestandteile
Naturschutzgebiete	Biotope
Natura2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete)	Überschwemmungsflächen (HQ 100)
Feuchtgebiete	Vorbehaltsgebiete Hochwasserschutz nach Regionalplänen
Geschützte Waldgebiete	Vorranggebiete Hochwasserschutz nach Regionalplänen
Wasserschutzgebiete Zone I – II	Vorranggebiete Freiraumsicherung (Freiraumverbundsysteme) – Landesentwicklungsprogramm 2025
	Wasserschutzgebiete Zone III
	Flussauen und Feuchtlebensräume

● **Geeignet** = exkl. restriktiver Faktoren ● **Bedingt geeignet** = inkl. restriktiver Faktoren

Infobox 15: Restriktionen (Thüringen) für Windkraft

4.4.5.2. Potenzial

Für die Nutzung der Windenergie ist es besonders wichtig, windhöffige Gebiete zu erschließen, da sie das höchste Ertragspotenzial bieten. Unter der Annahme, dass pro Anlage 4 MWp Leistung installiert und 1.752 Volllaststunden pro Jahr ausgenutzt werden können, kann potenziell ein Stromertrag von **28 GWh/a** erreicht werden. Das Potenzial für Windenergie auf Vorranggebieten befindet sich

[4] Wind BG 2023, § 3 Abs. 1

vollständig auf den Gemarkungen der Ortsteile Menteroda sowie Urbach und wird hier als geeignet markiert. Über die Vorranggebiete hinaus, wurden zusätzlich Potenzialflächen für Windenergie ausgegeben, die sich auf dem gesamten Gemarkungsgebiet verteilen. Mit diesen Flächen errechnet sich (unter der Annahme von 4 MWp Leistung und 1.752 Volllaststunden pro Anlage und Jahr) ein Potenzial von **581,69 GWh/a** welches hier als bedingt geeignet markiert wird. Insgesamt ergibt sich ein Potenzial von **609,7 GWh/a**. Auch diese untersuchten Potenzialflächen sind als ein Flächenpool zu verstehen, aus denen geeignete Fläche ausgewählt werden könnten, um das Flächenziel von 2,2% der Landesfläche im Jahr 2032 zu erreichen.

Tabelle 15: Potenzial aus Windenergieanlagen (WEA) von der Gemeinde Unstruttal

POTENZIALANALYSE	Windkraft	Kap. 4.4.5
TEILGEBIET	● GEEIGNET ● BEDINGT	Gesamt GWh/a
Dachrieden		7,0
Dörna		84,1
Eigenrode		70,1
Horsmar		119,1
Kaisershagen		140,2
Kleinkeula		14,0
Menteroda		56,1
Reiser		7,0
Sollstedt		35,0
Urbach		63,1
Zaunröden		14,0

STROMPOTENZIAL GESAMT	GEEIGNET	BEDINGT GEEIGNET
609,7 GWh/a	**28,0** GWh/a	**581,7** GWh/a
alle Teilgebiete	exkl. restriktiver Faktoren	inkl. restriktiver Faktoren

4.5. Nutzung der Potenziale für erneuerbare Energien

Die nachfolgende Abbildung 36 und Abbildung 37 fasst die in Kapitel 4 ermittelten Potenziale für die lokale Nutzung von erneuerbaren Energien für die Wärme- und Stromerzeugung zusammen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Zuge der Potenzialanalyse ausschließlich technische Potenziale ermittelt wurden und diese nur in geringem Maße wirtschaftliche Faktoren sowie weitere eigentumsrechtliche Voraussetzungen für die Umsetzung berücksichtigen (s. Einleitung Kapitel 4). Darüber hinaus bestehen zwischen verschiedenen Potenzialen Flächenkonkurrenzen, sodass diese nicht aufsummiert werden können. Die Strompotenziale werden mitbetrachtet, da sie im Zuge einer zunehmenden Sektorenkopplung eine wichtige Rolle für die zukünftige Wärmeversorgung einnehmen. Dies betrifft insbesondere den steigenden Strombedarf für dezentrale Wärmepumpen sowie weitere strombasierte Versorgungslösungen.

POTENZIALANALYSE — **Übersicht Wärmepotenziale** — Kap. 4.5

ZENTRALE WÄRMEPOTENZIALE	GEEIGNET	BEDINGT	Gesamt GWh/a
Freiflächen-Solarthermie	6.735,0	285,2	7.020,2
Agrothermie	740,4	2.046,1	2.786,5
Oberflächengewässer (Fluss)	–	37,5	37,5
Biomasse (Wald)	5,1	0,3	5,4
Abwasserwärme (ARA)	3,5	–	3,5
Industrielle Abwärme	2,5	–	2,5
Oberflächengewässer (See)	–	0,2	0,2

DEZENTRALE WÄRMEPOTENZIALE	GEEIGNET	BEDINGT	Gesamt GWh/a
Erdwärmesonden (EWS)	0,1	15,5	15,5
Erdwärmekollektoren (EWK)	9,4	–	9,4

WÄRMEPOTENZIAL GESAMT	DAVON GEEIGNET	DAVON BEDINGT GEEIGNET
9.880,6 GWh/a	**7.495,9** GWh/a	**2.384,7** GWh/a
zentral + dezentral	exkl. restriktiver Faktoren	inkl. restriktiver Faktoren

EINORDNUNG — WÄRMEPOTENZIAL VS. WÄRMEBEDARF 2045

Wärmebedarf 2045	44,0
Wärmepotenzial (technisch)	9.880,6

Abbildung 36: Wärmepotenziale (GWh/a) in der Gemeinde Unstruttal

Eine Einbindung der Potenziale zur Versorgung von Einzelgebäuden oder in Wärmenetze kann nicht anhand der Jahresmengen pauschal ermittelt werden. Dazu ist stets eine Betrachtung von Potenzialen und Wärmebedarf im Jahresverlauf erforderlich. Neben der direkten Nutzung von regenerativem Strom

und regenerativer Wärme betrifft dies auch einen bilanziellen Beitrag von Wind- und Solarstrom zum zukünftig steigenden Strombedarf zur Wärmeerzeugung durch Wärmepumpen. Aus diesem Grund wird die Betrachtung des Bedarfs und der Potenziale im Rahmen des Zielszenarios, dem nachfolgenden Schritt in der Wärmeplanung, nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten und im Jahresverlauf erfolgen. So kann zum Ende der Wärmeplanung bewertet werden, welche Potenziale in Frage kommen, einen Teil des Wärmebedarfs der Gemeinde zu decken.

POTENZIALANALYSE **Übersicht Strompotenziale** Kap. 4.5

STROMPOTENZIALE	GEEIGNET	BEDINGT	Gesamt GWh/a
Freiflächen-PV	3.717,3	107,7	3.825,0
Agri-PV	2.860,6	172,0	3.032,7
Windkraft	28,0	581,7	609,7
Dachflächen-PV	66,4	–	66,4
Parkplatz-PV	4,3	–	4,3

STROMPOTENZIAL GESAMT	DAVON GEEIGNET	DAVON BEDINGT GEEIGNET
7.538,1 GWh/a	**6.676,7** GWh/a	**861,5** GWh/a
alle Stromerzeugungs-Technologien	exkl. restriktiver Faktoren	inkl. restriktiver Faktoren

Abbildung 37: Strompotenziale (GWh/a) in der Gemeinde Unstruttal

Zusammenfassend zeigt die Potenzialanalyse, dass in der Gemeinde Unstruttal theoretisch ausreichend technische Potenziale vorhanden sind, um die Gemeinde bis 2045 treibhausgasneutral mit Wärme zu versorgen. Ob und in welchem Umfang diese Potenziale tatsächlich genutzt werden können, hängt jedoch von weiteren Voraussetzungen ab. Entscheidend ist, ob die jeweiligen Wärmequellen räumlich und zeitlich mit den bestehenden beziehungsweise zukünftigen Wärmebedarfen zusammengeführt werden können.

Für eine Einbindung in ein Wärmenetz müssen eine ausreichende Wärmeliniendichte, geeignete Flächen für Erzeugungsanlagen und gegebenenfalls Wärmespeicher sowie wirtschaftlich erschließbare Trassen vorhanden sein. Darüber hinaus müssen das Temperaturniveau und die zeitliche Verfügbarkeit der Potenziale mit den Anforderungen des Wärmenetzes übereinstimmen. Saisonale Potenziale, beispielsweise aus Solarthermie, stehen nicht jederzeit bedarfsgerecht zur Verfügung und erfordern daher ergänzende Wärmeerzeuger oder Speicherlösungen. Bei Umweltwärme- und Geothermiepotenzialen ist zudem der Einsatz von Wärmepumpen erforderlich, wodurch zusätzliche Anforderungen an die Stromversorgung, die verfügbaren Netzanschlusskapazitäten und die erreichbaren Vorlauftemperaturen entstehen.

Einschränkungen können sich aus den Eigentumsverhältnissen, konkurrierenden Flächennutzungen,

naturschutz- und wasserrechtlichen Vorgaben, Genehmigungsverfahren sowie der technischen Erschließbarkeit ergeben. Auch die Investitions- und Betriebskosten, die langfristige Verfügbarkeit der eingesetzten Energieträger, die Anschlussbereitschaft potenzieller Wärmekund*innen sowie geeignete Betreiber- und Finanzierungsmodelle beeinflussen die Umsetzbarkeit. Welche Potenziale tatsächlich erschlossen und in die zukünftige Wärmeversorgung eingebunden werden können, wird daher im weiteren Planungsprozess für die jeweiligen Versorgungsgebiete und anhand von konkreten Maßnahmen vertieft untersucht.

5. Ausblick

Mit dem vorliegenden Zwischenbericht liegen die Bestands- und Potenzialanalyse als Grundlage für die nächsten Schritte der Wärmeplanung vor. Im weiteren Prozess werden gemeinsam mit der Gemeinde und den relevanten Akteuren das Zielszenario sowie die Umsetzungsstrategie erarbeitet. Dabei wird geprüft, in welchen Bereichen zentrale Wärmeversorgungslösungen sinnvoll sein können und wo dezentrale Lösungen voraussichtlich geeigneter sind. Maßgeblich sind hierbei unter anderem die räumliche Verteilung der Wärmebedarfe, die Nähe zu nutzbaren Potenzialen, die technische Erschließbarkeit sowie die Wirtschaftlichkeit.

Der Endbericht gibt anschließend eine Orientierung für die zukünftige Wärmeversorgung der Gemeinde Unstruttal bis 2045. Zudem werden prioritäre Maßnahmen benannt, mit denen die Umsetzung vorbereitet und schrittweise vorangetrieben werden kann.

Literaturverzeichnis

Bad Tabarz. (2024). *Integriertes energetisches Quartierskonzept „GARTENSTADT“ BAD TABARZ.* Von https://www.bad-tabarz.de/fileadmin/user_upload/Bekanntmachungen/Quartieratlas_-_Integriertes_energetisches_Quartierskonzept_Gartenstadt_Bad_Tabarz__IEQK_.pdf abgerufen

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

Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.) (dena, 2025). (kein Datum). *KWW-Technikkatalog Wärmeplanung.* Von https://www.kww-halle.de/service/infothek/detail/kww-technikkatalog-waermeplanung-begleitdokument abgerufen

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.

HHP Raumentwicklung. (2022). *Überprüfung der Möglichkeit einer Steuerung der Windenergienutzung.*

ISE, S. B. (2022). *Faktenpapier Photovoltaik-Parkplätze – Solarüberdachungen von Park- & Stellplätzen.* Von https://solarcluster-bw.de/fileadmin/Dokumente/Aktuelles/Nachrichten/2022/2022_01_Solar_Cluster_BW_PV-Netzwerk_Faktenpapier_Photovoltaik-Parkplaetze.pdf abgerufen

LABO. (2023). Von https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-Arbeitshilfe_FFA_Photovoltaik_und_Solarthermie.pdf abgerufen

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB). (kein Datum). *ISONG: Erdwärmekollektoren: Grabbarkeit in 1-2 m Tiefe.* (R. u. Landesamt für Geologie, Hrsg.) Abgerufen am 13. 06 2023 von https://isong.lgrb-bw.de/

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB). (kein Datum). *ISONG: Erdwärmekollektoren: Wasser- und Heilquellenschutzgebiete.* Abgerufen am 13. 06 2023 von https://isong.lgrb-bw.de/

Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; et al. (2024). *Technikkatalog Wärmeplanung. Hg. v. ifeu – Institut für*. Von https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung abgerufen

Lauf, T., Memmler, M., & Schneider, S. (2022). Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. (Umweltbundesamt, Hrsg.) Dessau-Roßlau.

Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al. (2024)). *Ortner, Sara; Paar, Angelika; Johannsen, Lea; Wachter, Philipp; Hering, Dominik; Pehnt, Martin et al. (2024): Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche. Hg. v. ifeu - Institut für*. Von https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung abgerufen

Ministerium für Klimaschutz, U. E.-P. (2025). *Leitfaden zur Geothermie in Rheinland-Pfalz.* Von https://www.lgb-rlp.de/fileadmin/service/lgb_downloads/erdwaerme/erdwaerme_allgemein/leitfaden_geothermie.pdf abgerufen

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BW. (2019). *Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen.*

Peters, M., Miocic, J., & Koenigsdorff, R. (2022). *Erdwärmesonden-Potenzial für die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg.* (K. K.-u.-W. GmbH, Hrsg.) Von https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Wissensportal/Erdwaermesonden/230918_Dokumentation_Potenzial_EWS-BW.pdf abgerufen

Schönberger, P., Dietrich, C., Falke, T., Fischer, M., Hensel, P., & Janssen, S. (2017). *EnEff:Stadt-Modellstadt25+/Lampertheim effizient - Innovative Konzepte zur Realisierung von Energieeffizienzpotenzialen in Mittelstädten.* Aachen/Lampertheim: EnergyEffizienz GmbH.

Technikkatalog (Langreder et al. (2024)). *Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; Wünsch, Aurel; Lengning, Saskia et al. (2024): Technikkatalog Wärmeplanung. Hg. v. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelph*. Von https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung abgerufen

Umweltbundesamt. (2026). *Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme*. Von https://www.uba.de/n42350de abgerufen

Umweltbundesamt. (2026). *Erneuerbare Energien in Zahlen. Abschnitt „Wind“.* Von https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen?utm_source=chatgpt.com#berblick abgerufen

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einwohner und Fläche je Ortsteil 14

Tabelle 2: Einteilung der Wärmeliniendichte in Eignungskategorien nach Leitfaden der Wärmeplanung (Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; et al., 2024) 24

Tabelle 3: Einteilung der Wärmedichte in Eignungskategorien nach Leitfaden der Wärmeplanung (Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; et al., 2024) 24

Tabelle 4: Biomasse Potenzial in der Gemeinde Unstruttal 33

Tabelle 5: Potenzial für Freiflächen-Solarthermie in der Gemeinde Unstruttal 38

Tabelle 6: Potenzial für Agrothermie in der Gemeinde Unstruttal 42

Tabelle 7: Potenzial aus Flusswärme von der Gemeinde Unstruttal 45

Tabelle 8: Potenzial aus Seethermie von der Gemeinde Unstruttal 46

Tabelle 9: Potenzial Erdwärmekollektoren in der Gemeinde Unstruttal 57

Tabelle 10: Potenzial Erdwärmesonden in der Gemeinde Unstruttal 60

Tabelle 11: Dachflächen-PV Potenzial in der Gemeinde Unstruttal 64

Tabelle 12: Freiflächen-PV Potenzial in der Gemeinde Unstruttal 68

Tabelle 13: Parkplatz-PV Potenzial in der Gemeinde Unstruttal 71

Tabelle 14: Agri-PV Potenzial in der Gemeinde Unstruttal 74

Tabelle 15: Potenzial aus Windenergieanlagen (WEA) von der Gemeinde Unstruttal 77

Tabelle 16 Mittlere jährliche Reduktion des Wärmebedarfs auf Basis des Technikkatalogs Kommunale Wärmeplanung (ifeu gGmbH et al., 2024) 89

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf der Kommunalen Wärmeplanung (KEA Baden-Württemberg, 2020, S. 22) 8
Abbildung 2: Natur- und Artenschutz als restriktives Element in der Kommunalen Allianz 11
Abbildung 3: Trinkwasserschutz- und Überschwemmungsgebiete in der Kommunalen Allianz 12
Abbildung 4: Übersicht des Gebiets der kommunalen Wärmeplanung für die Gemeinde Unstruttal 15
Abbildung 5: Gemeinde Unstruttal: Sektorvergleich nach Gebäudeanzahl und beheizter Fläche 16
Abbildung 6: Ortsteil Ammern - Dominierender Sektor 17
Abbildung 7: Gesamtes Gemeindegebiet Unstruttal: Baualtersklassen. Quelle: Zensus 2022; infas 360 GmbH 18
Abbildung 8: Ortsteil Ammern: Dominierende Baualtersklassen 19
Abbildung 9: Gesamtes Plangebiet: Verteilung Energieträger. Quelle: Zensus 2022; Kehrbuchdaten 2022 20
Abbildung 10: Ortsteil Ammern: Dominierende Energieträger auf Baublockebene 21
Abbildung 11: Wärmebedarf pro Teilgebiet in Gemeinde Unstruttal 23
Abbildung 12: Ortsteil Ammern - Wärmedichte Status quo 25
Abbildung 13: Ortsteil Ammern - Wärmeliniendichte Status quo 26
Abbildung 14: Entwicklung des Wärmebedarfs bis Zieljahr 2045 29
Abbildung 15: Biomasse Potenzial mit restriktiven Faktoren in der Gemeinde Unstruttal 31
Abbildung 16: Darstellung der Aushaltungsvarianten zur Biomasse-Produktion 32
Abbildung 17: Biomasse Potenzial in der Gemeinde Unstruttal 34
Abbildung 18: Restriktionen der Potenzialflächen Freiflächen-Solarthermie der Gemeinde Unstruttal . 37
Abbildung 19: Potenzialflächen Freiflächen-Solarthermie der Gemeinde Unstruttal 39
Abbildung 20: Restritkionen der Potenzialflächen Agrothermie der Gemeinde Unstruttal 41
Abbildung 21: Potenzialflächen Agrothermie der Gemeinde Unstruttal 43
Abbildung 22: Potenziell nutzbare Fließgewässer der Gemeinde Unstruttal für eine Flusswärmepumpe 45
Abbildung 23: Potenzielle Gewässer für Seethermie der Gemeinde Unstruttal 47
Abbildung 24: Temperaturniveau der Abwärme nach Industriezweigen Quelle: (Dunkelberg, 2023) 50
Abbildung 25: Abwasserwärme – Kläranlagen in der Gemeinde Unstruttal 52
Abbildung 26: Geplantes Wasserstoffnetz in Thüringen 2032 (Quelle: TEN Thüringer Energienetze) 53
Abbildung 27: Kerngebiet Unstruttal: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren 58
Abbildung 28: Kerngebiet Unstruttal: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren 58
Abbildung 29: Kerngebiet Unstruttal: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden 61
Abbildung 30: Kerngebiet Unstruttal: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden 61
Abbildung 31: Restriktive Faktoren für Potenzialflächen Freiflächen-Photovoltaik 66

Abbildung 32: Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik der Gemeinde Unstruttal 67
Abbildung 33: Potenzialflächen für Parkplatz-Photovoltaik der Gemeinde Unstruttal 70
Abbildung 34: Restriktionen für Potenzialflächen Agri-PV 72
Abbildung 35: Potenzialflächen Agri-PV der Gemeinde Unstruttal 75
Abbildung 36: Wärmepotenziale (GWh/a) in der Gemeinde Unstruttal 78
Abbildung 37: Strompotenziale (GWh/a) in der Gemeinde Unstruttal 79

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_2e	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	Ortsteil
PV	Photovoltaik
ST	Solarthermie
St.	Stück
t	Tonne
u.a.	und andere(s) / unter anderem
vgl.	vergleiche
vs.	gegen (versus)
WE	Wohneinheit
WEA	Windenergieanlage(n)
Whg.	Wohnungen

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

Anhangsverzeichnis

Anhang A: Faktoren zur Wärmebedarfsreduktion durch Sanierungen....90
Anhang B: Ammern....91
Anhang C: Dachrieden....96
Anhang D: Dörna....101
Anhang E: Eigenrode....106
Anhang F: Horsmar....111
Anhang G: Kaisershagen....116
Anhang H: Kleinkeula....121
Anhang I: Lengefeld....126
Anhang J: Menteroda....131
Anhang K: Reiser....136
Anhang L: Sollstedt....141
Anhang M: Urbach....146
Anhang N: Zaunröden....151

Anhang A: Faktoren zur Wärmebedarfsreduktion durch Sanierungen

Tabelle 1: Mittlere jährliche Reduktion des Wärmebedarfs (Technikkatalog (Langreder 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%

Anhang B: Ammern

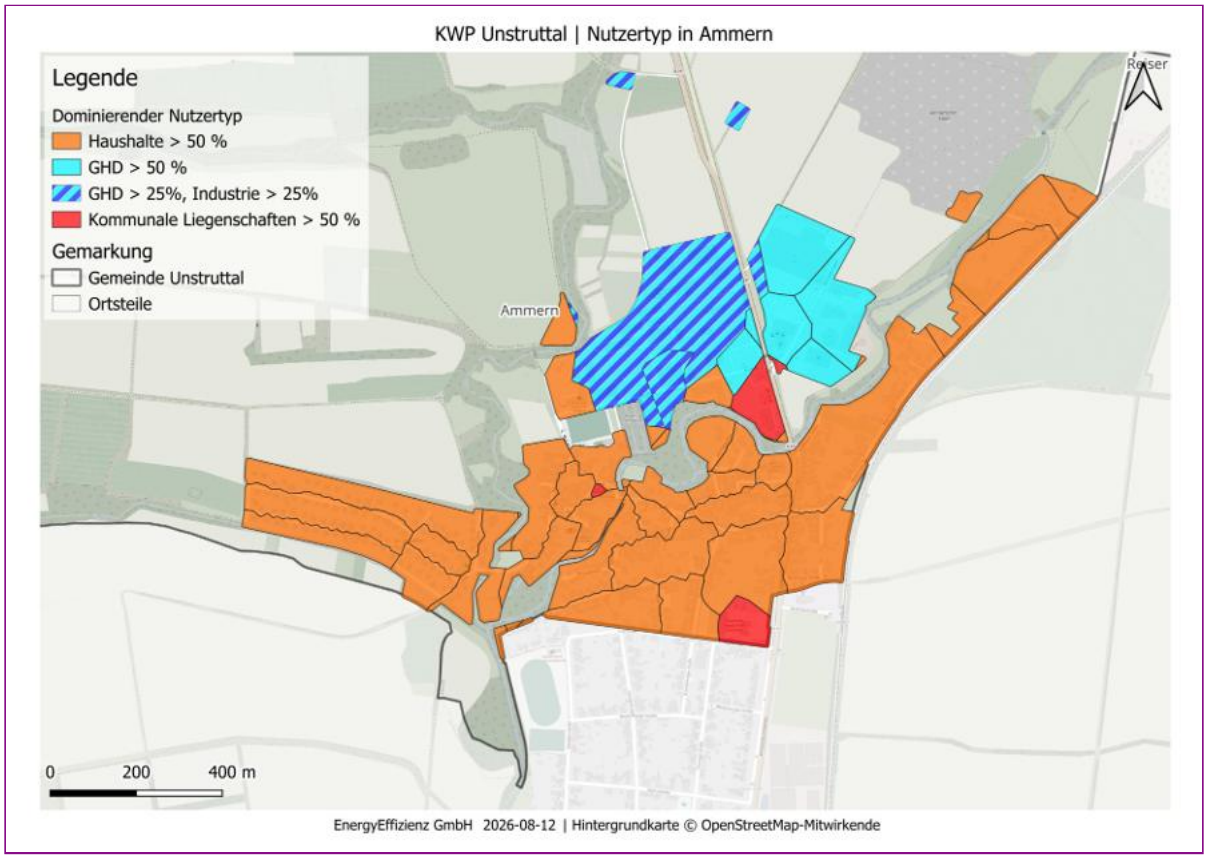


Abbildung Anhang 1: Ortsteil Ammern: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

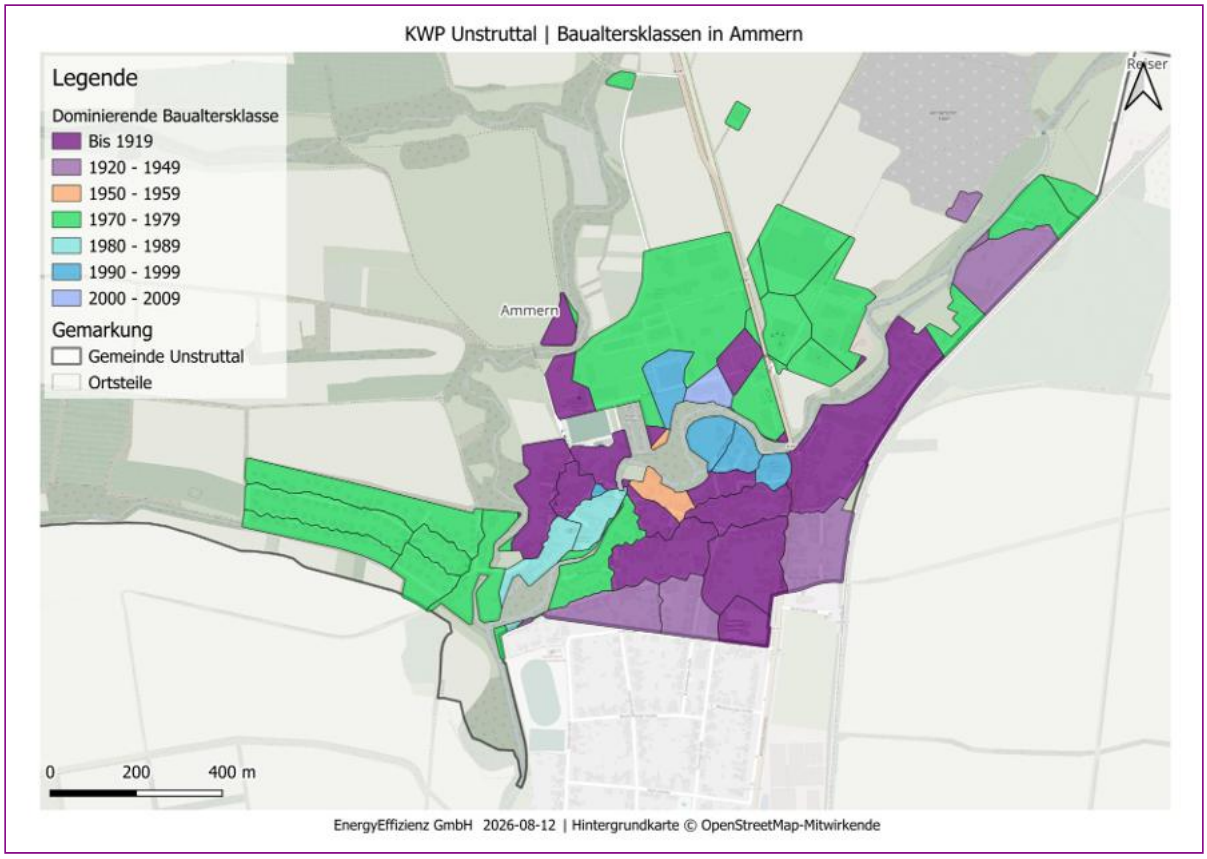


Abbildung Anhang 2: Ortsteil Ammern: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

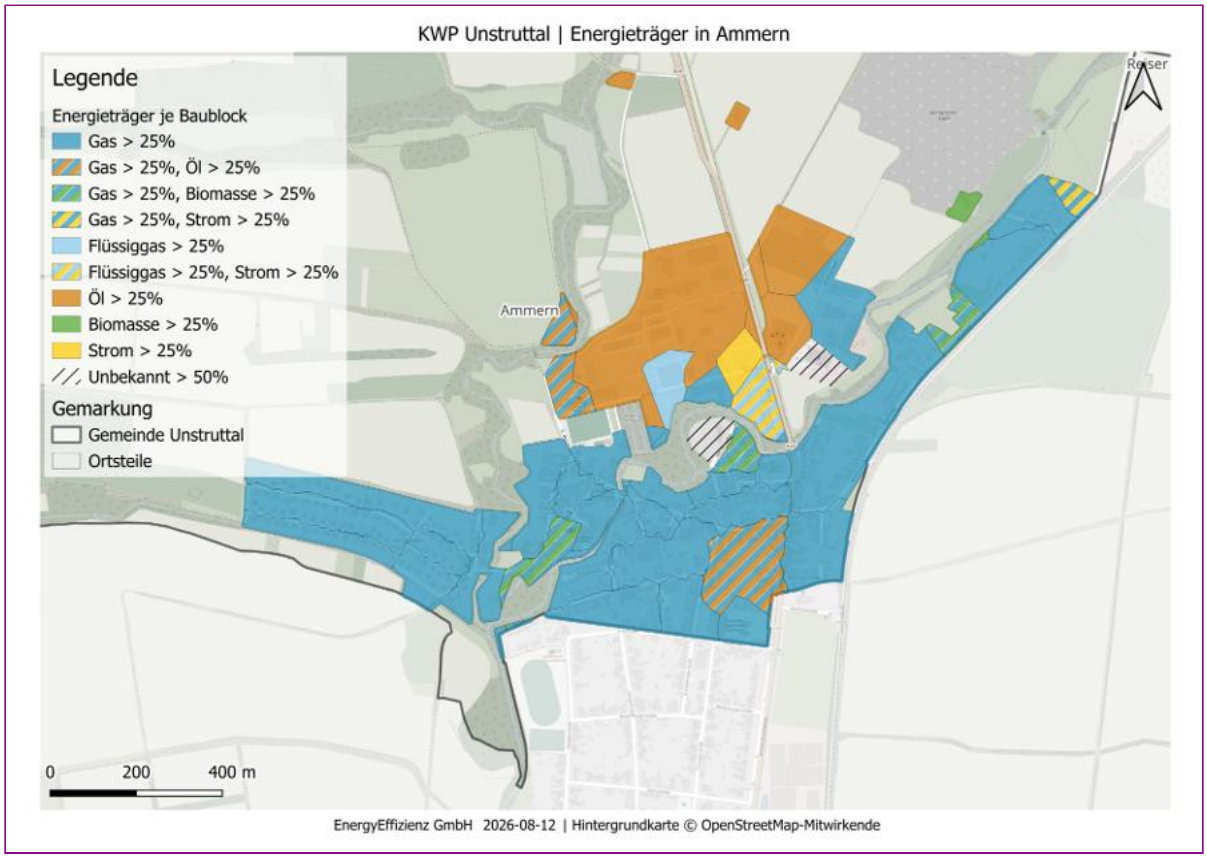


Abbildung Anhang 3: Ortsteil Ammern: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

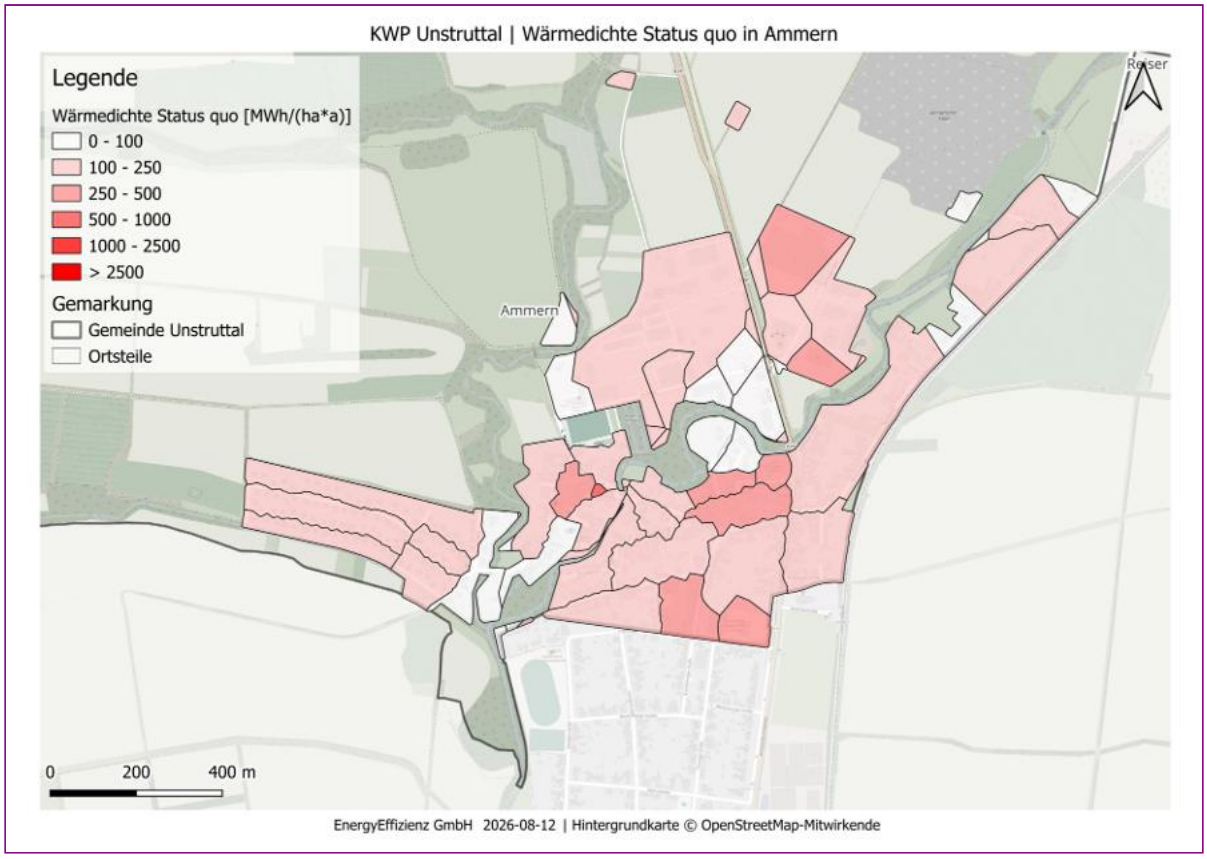


Abbildung Anhang 4: Ortsteil Ammern: Wärmedichte je Baublock im Status quo

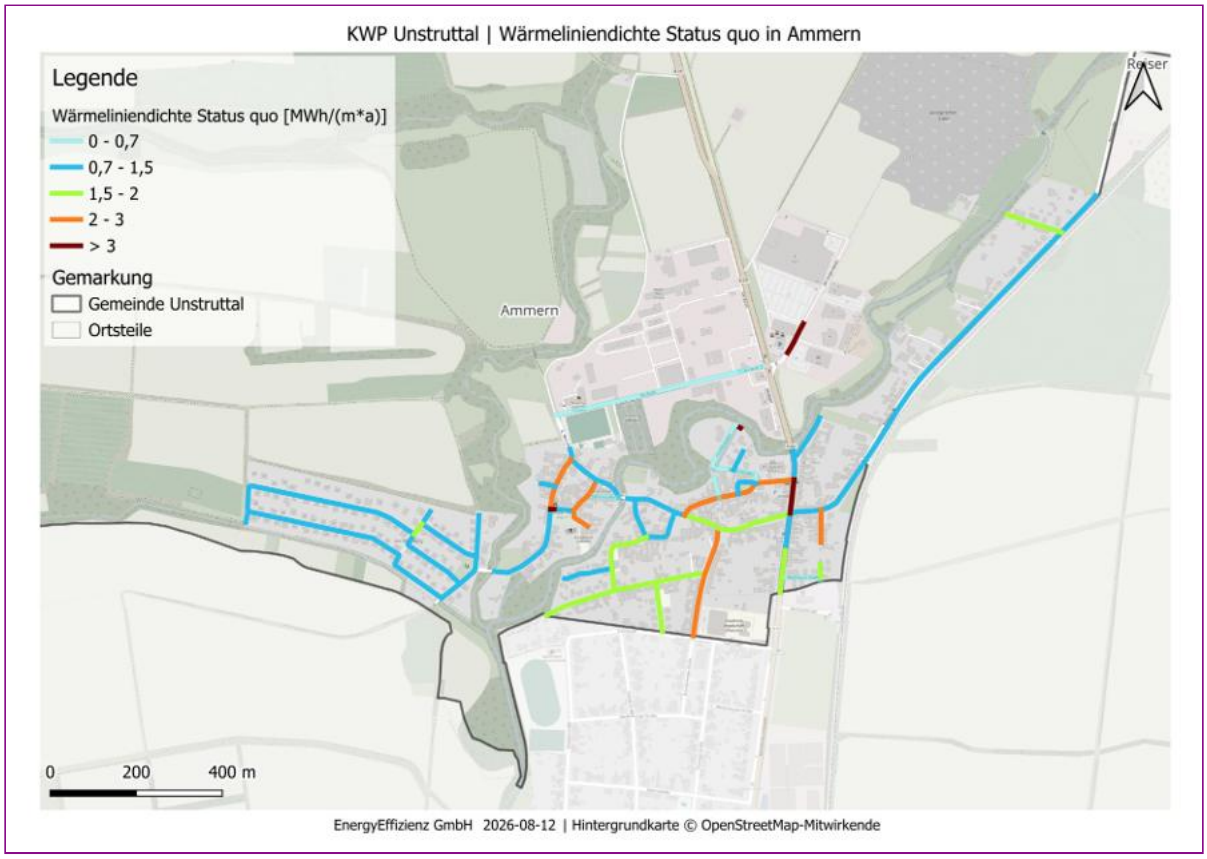


Abbildung Anhang 5: Ortsteil Ammern: Wärmeliniendichte im Status quo

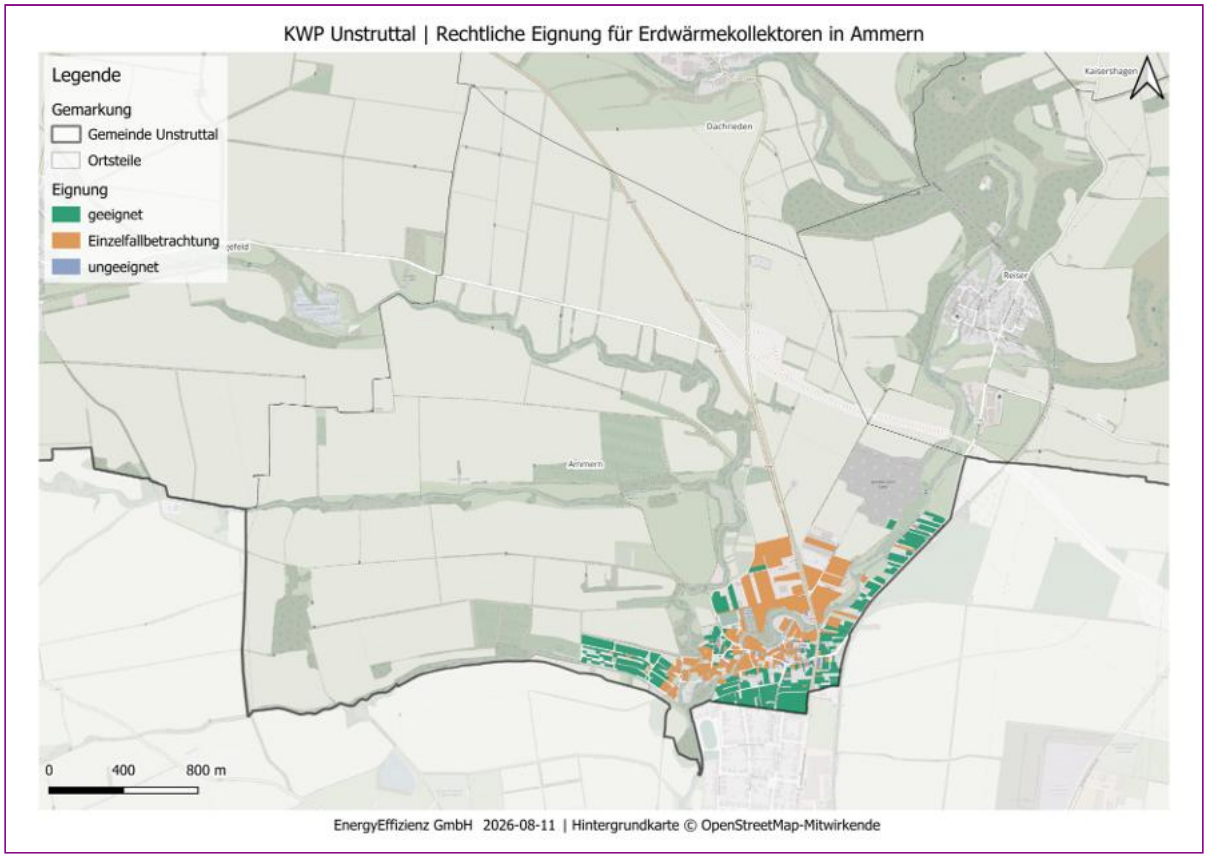


Abbildung Anhang 6: Ortsteil Ammern: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

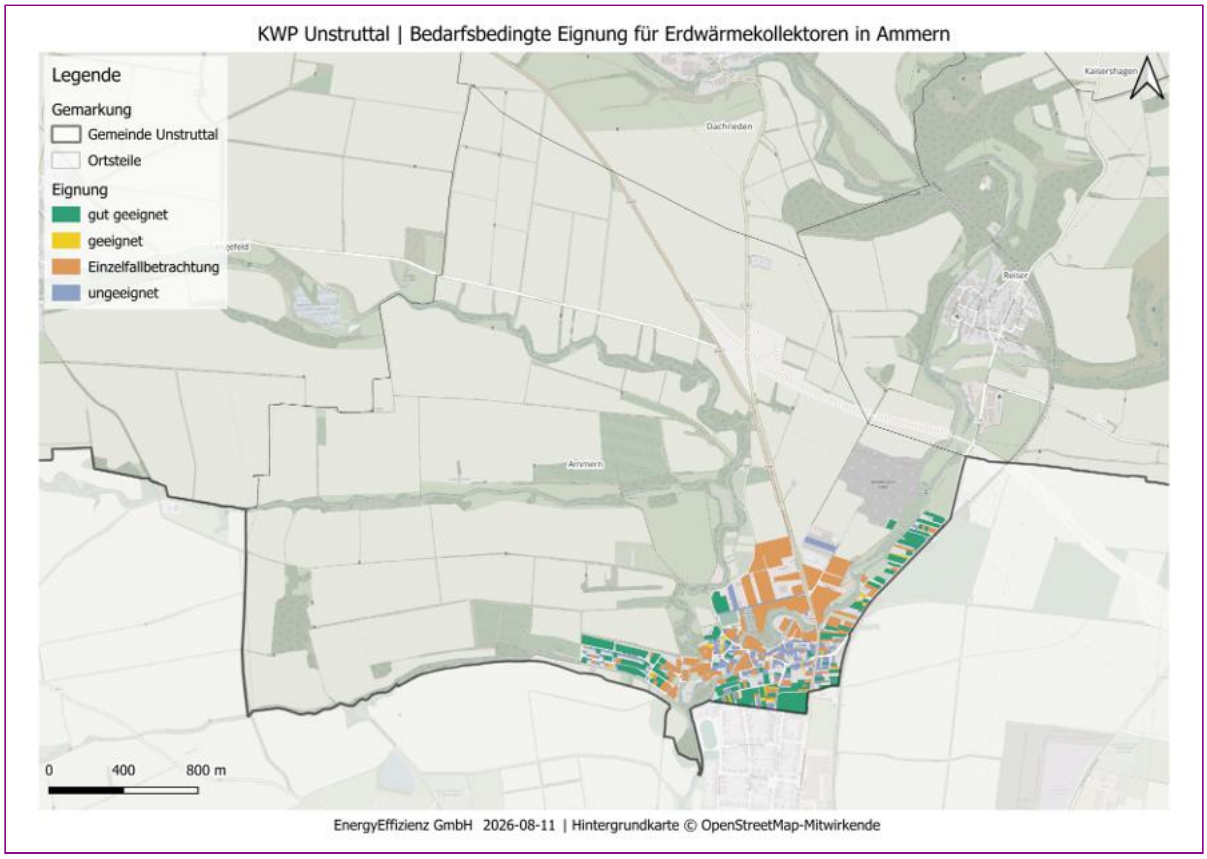


Abbildung Anhang 7: Ortsteil Ammern: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

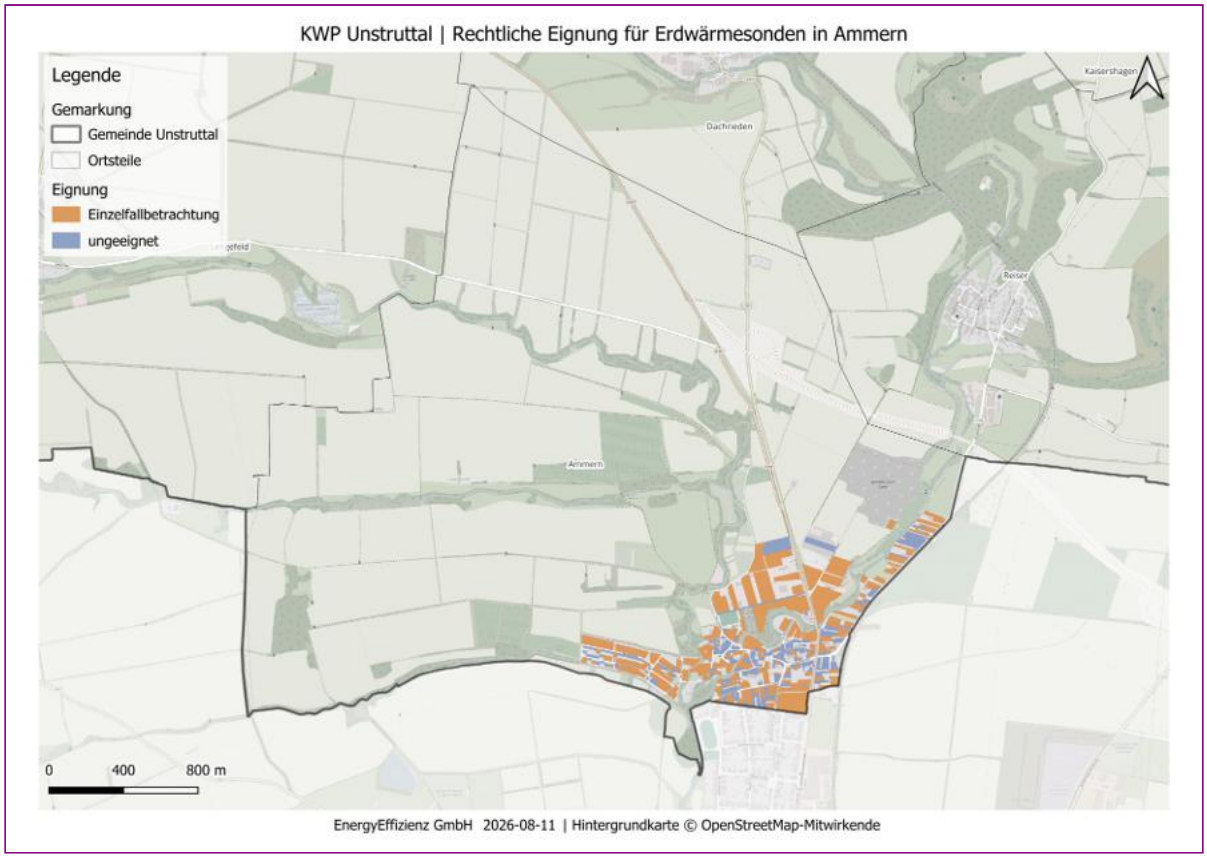


Abbildung Anhang 8: Ortsteil Ammern: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

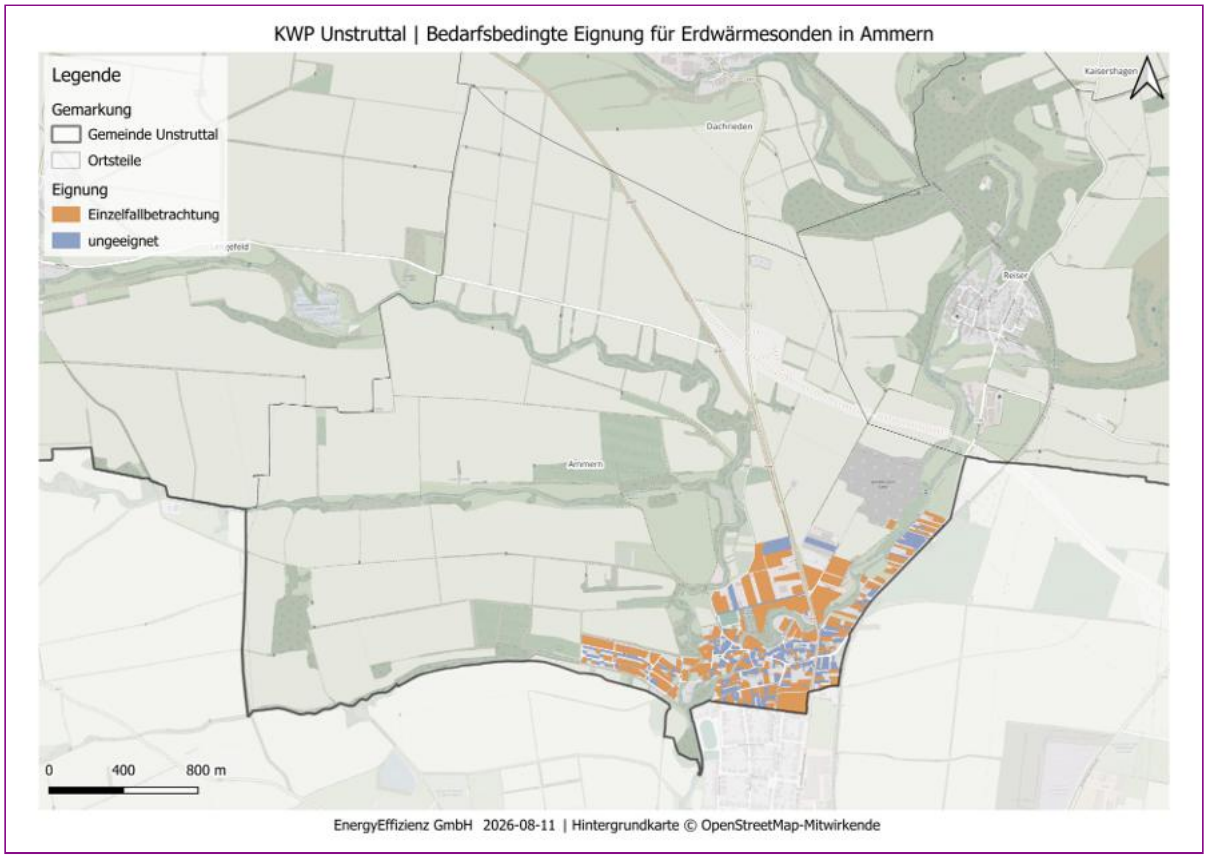


Abbildung Anhang 9: Ortsteil Ammern: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang C: Dachrieden

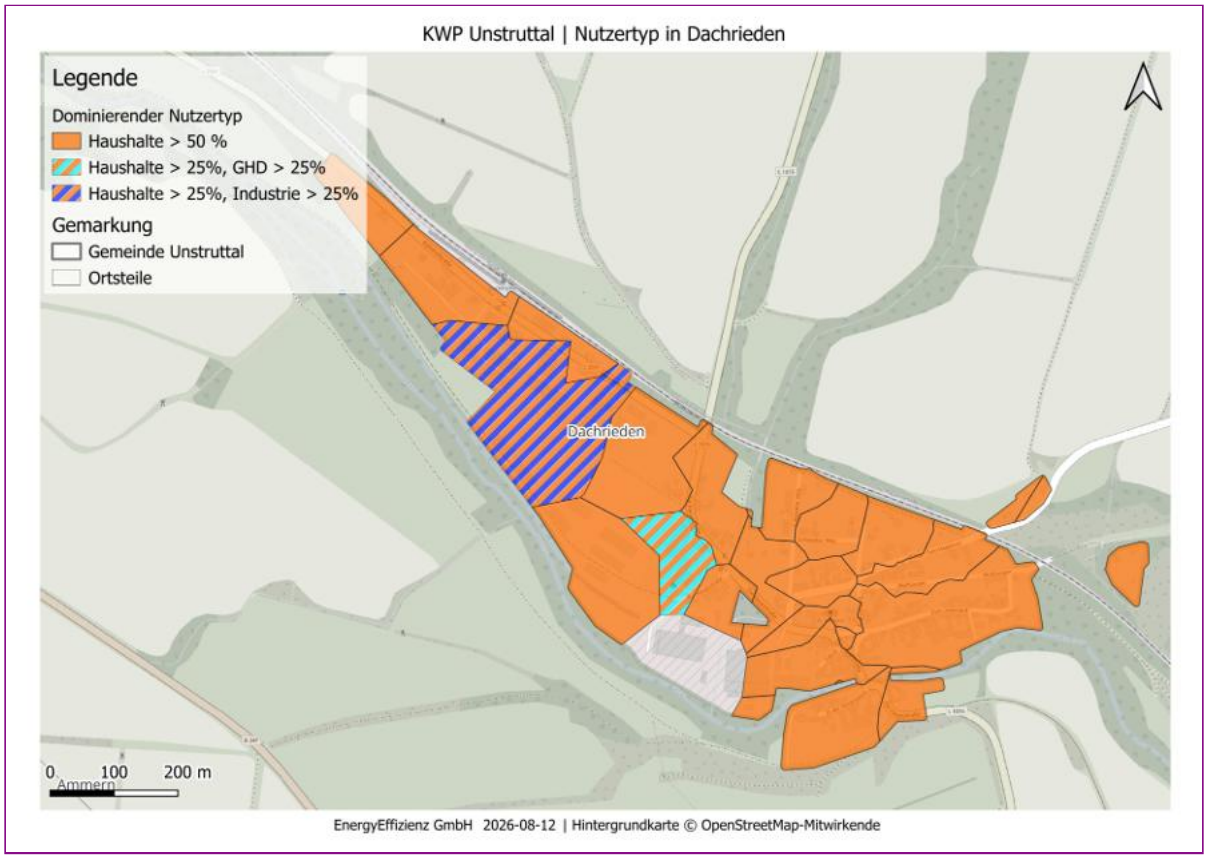


Abbildung Anhang 10: Ortsteil Dachrieden: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

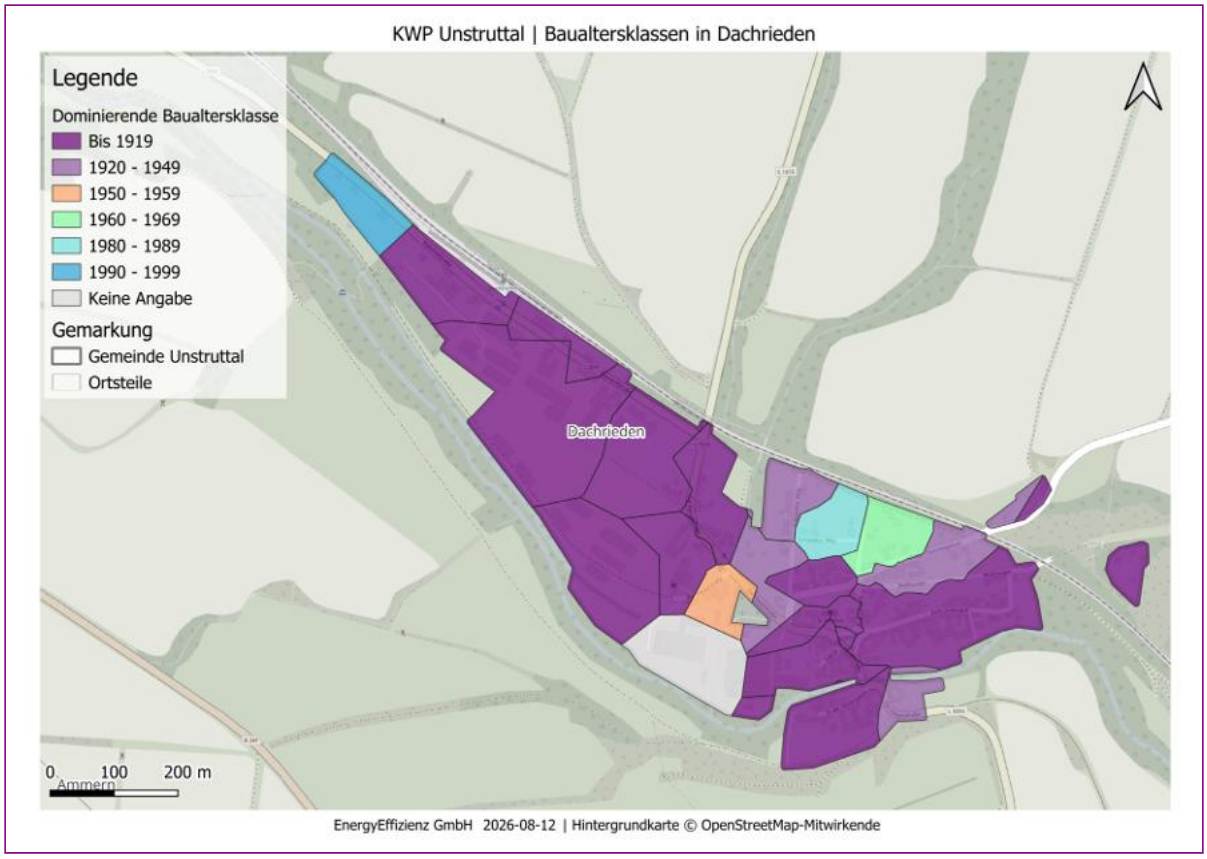


Abbildung Anhang 11: Ortsteil Dachrieden: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

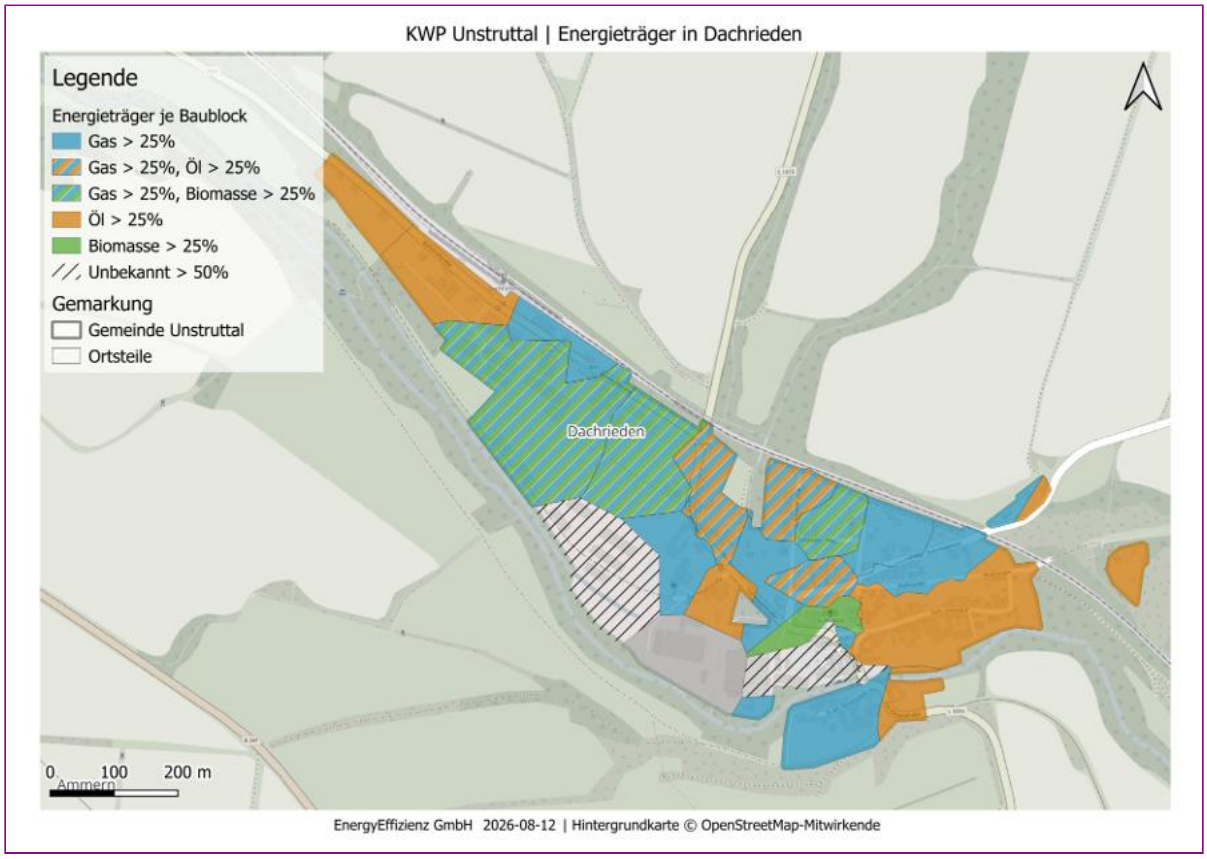


Abbildung Anhang 12: Ortsteil Dachrieden: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

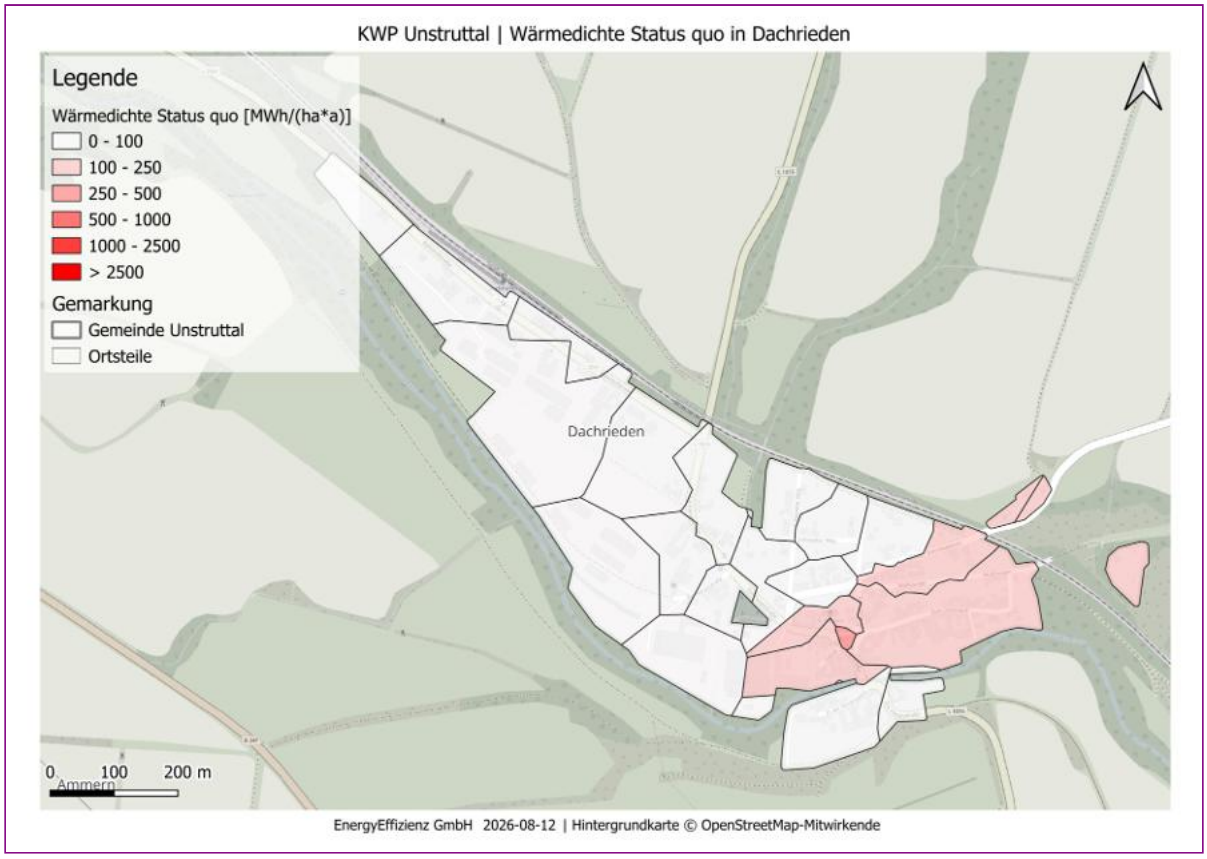


Abbildung Anhang 13: Ortsteil Dachrieden: Wärmedichte je Baublock im Status quo

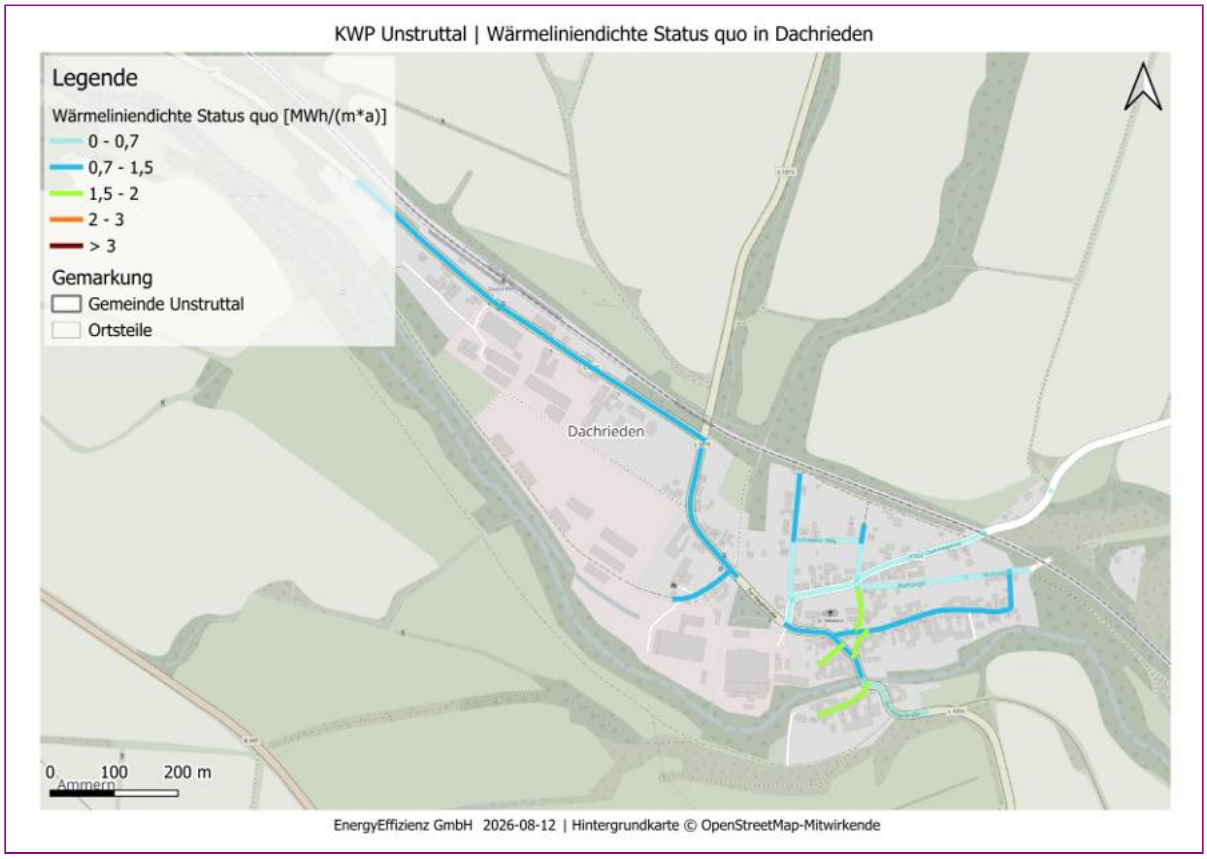


Abbildung Anhang 14: Ortsteil Dachrieden: Wärmeliniendichte im Status quo

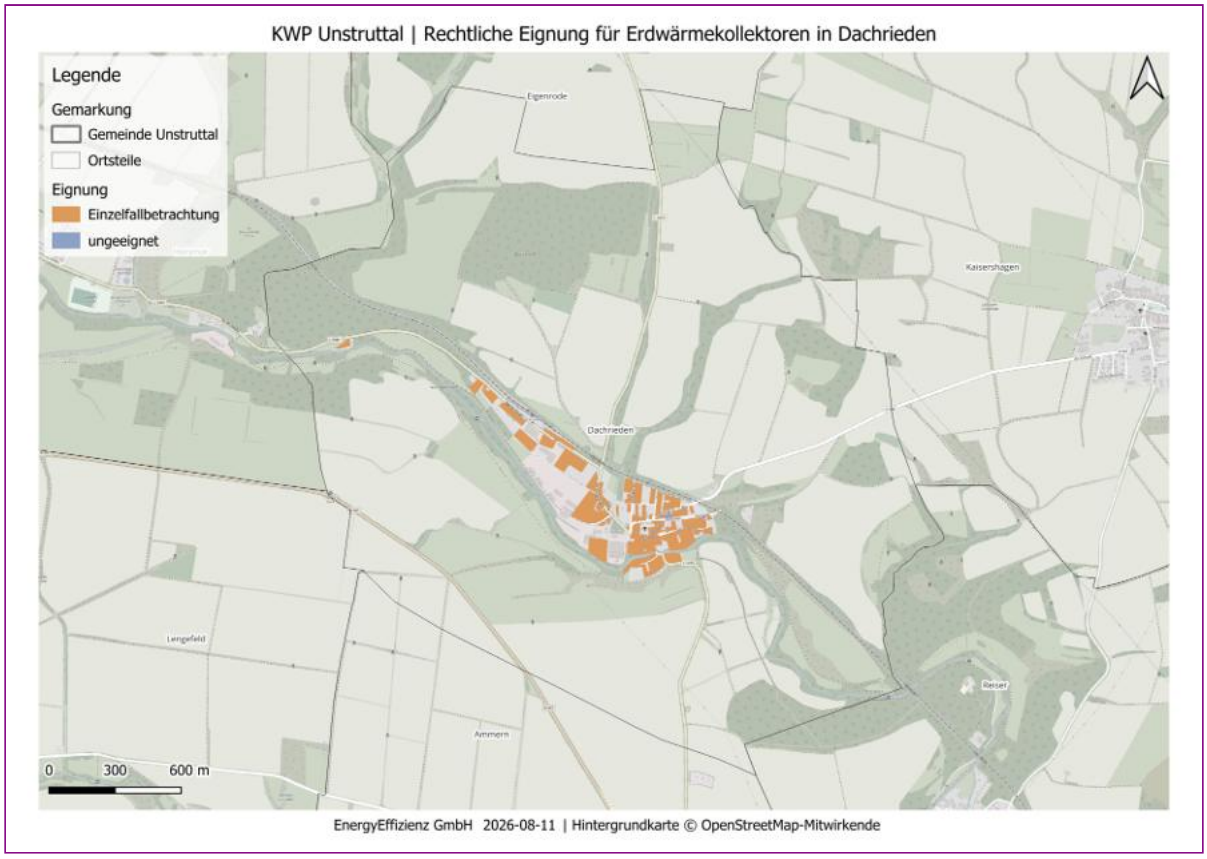


Abbildung Anhang 15: Ortsteil Dachrieden: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

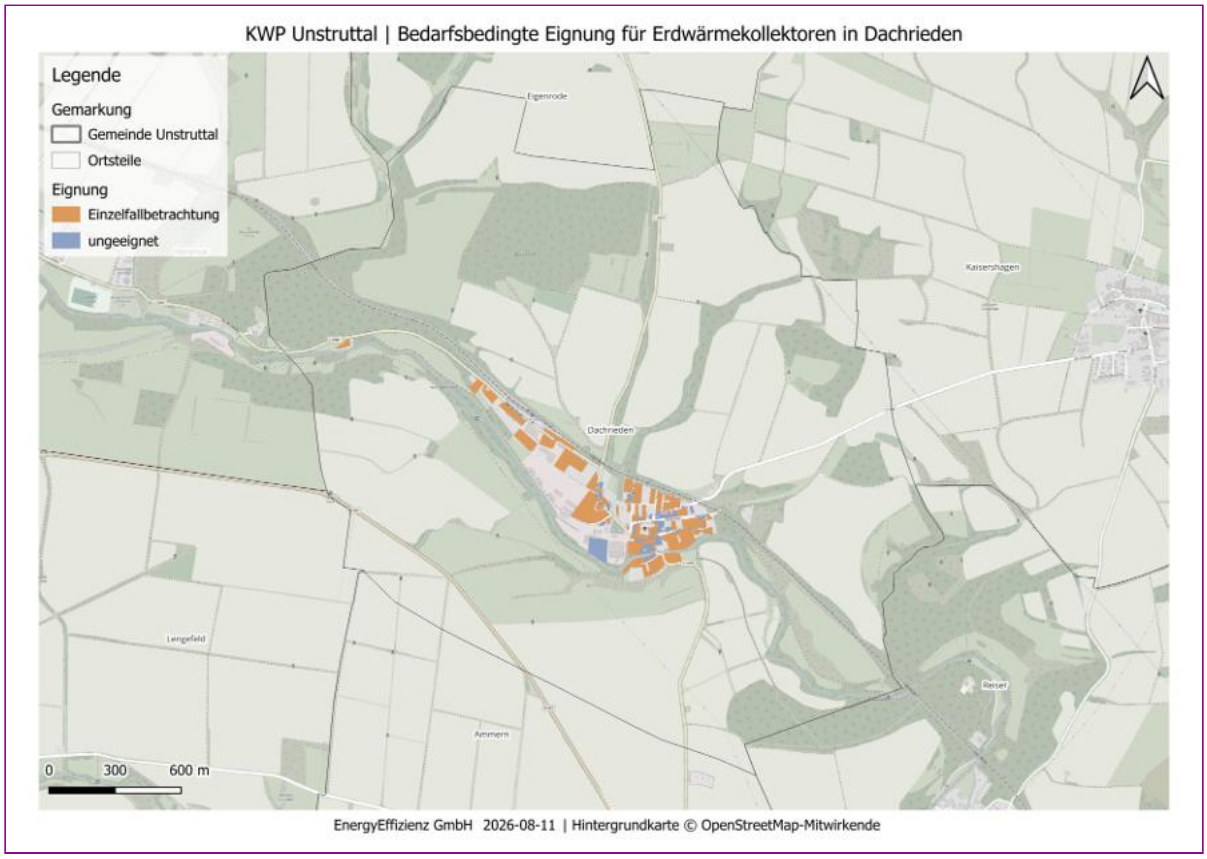


Abbildung Anhang 16: Ortsteil Dachrieden: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

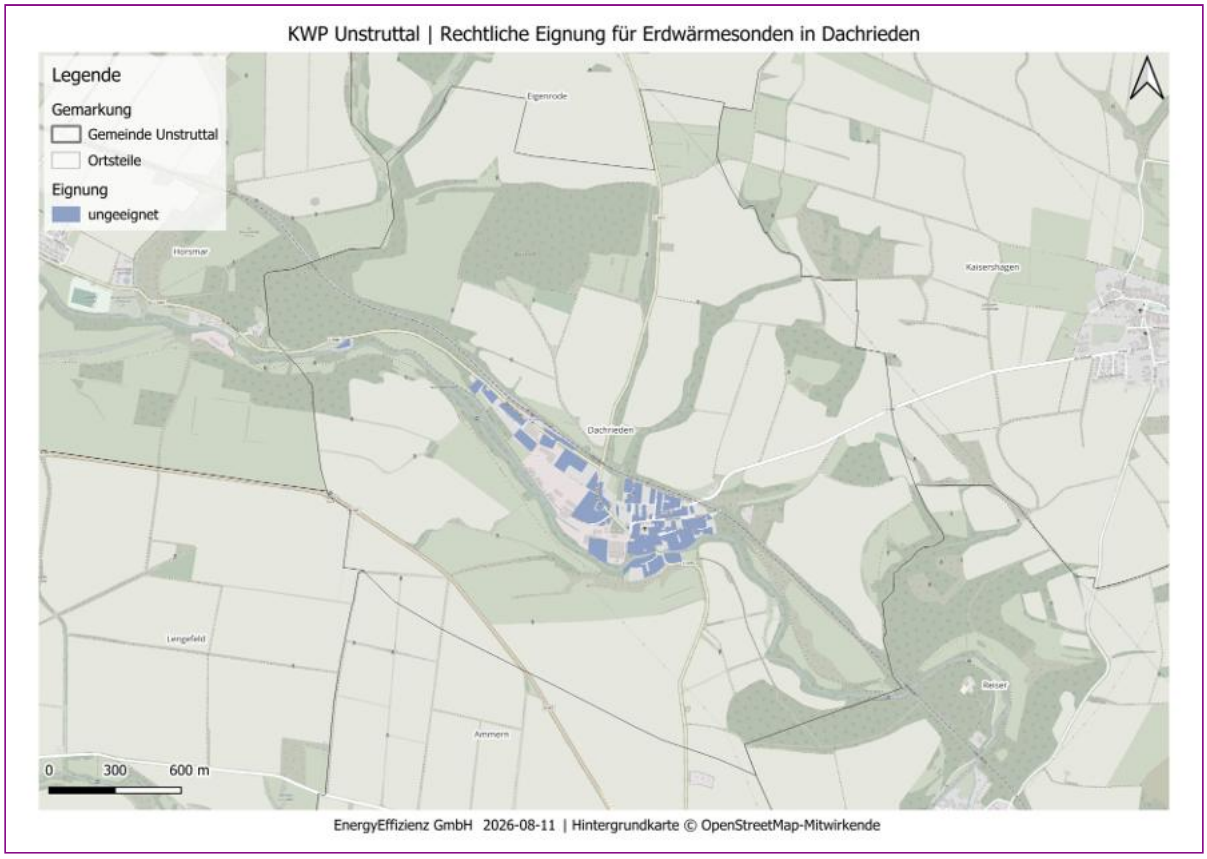


Abbildung Anhang 17: Ortsteil Dachrieden: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

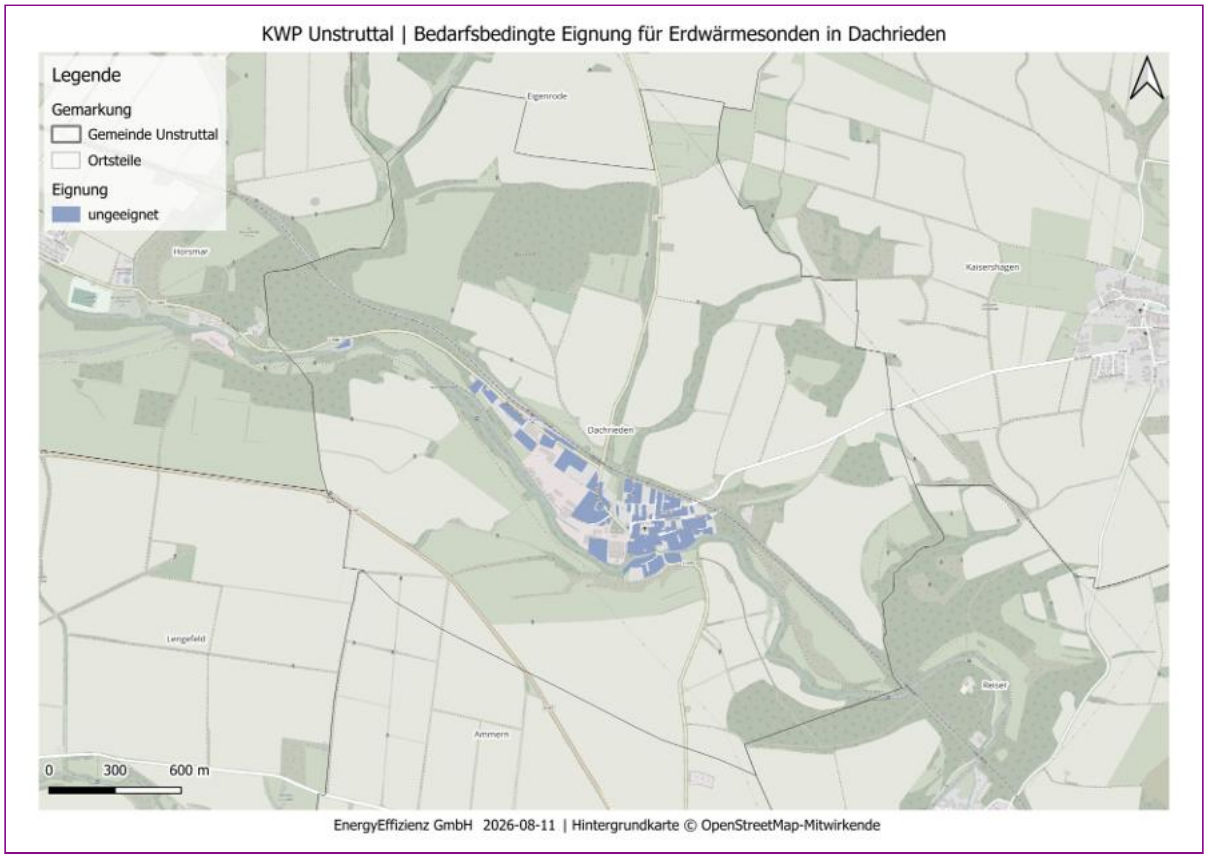


Abbildung Anhang 18: Ortsteil Dachrieden: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang D: Dörna

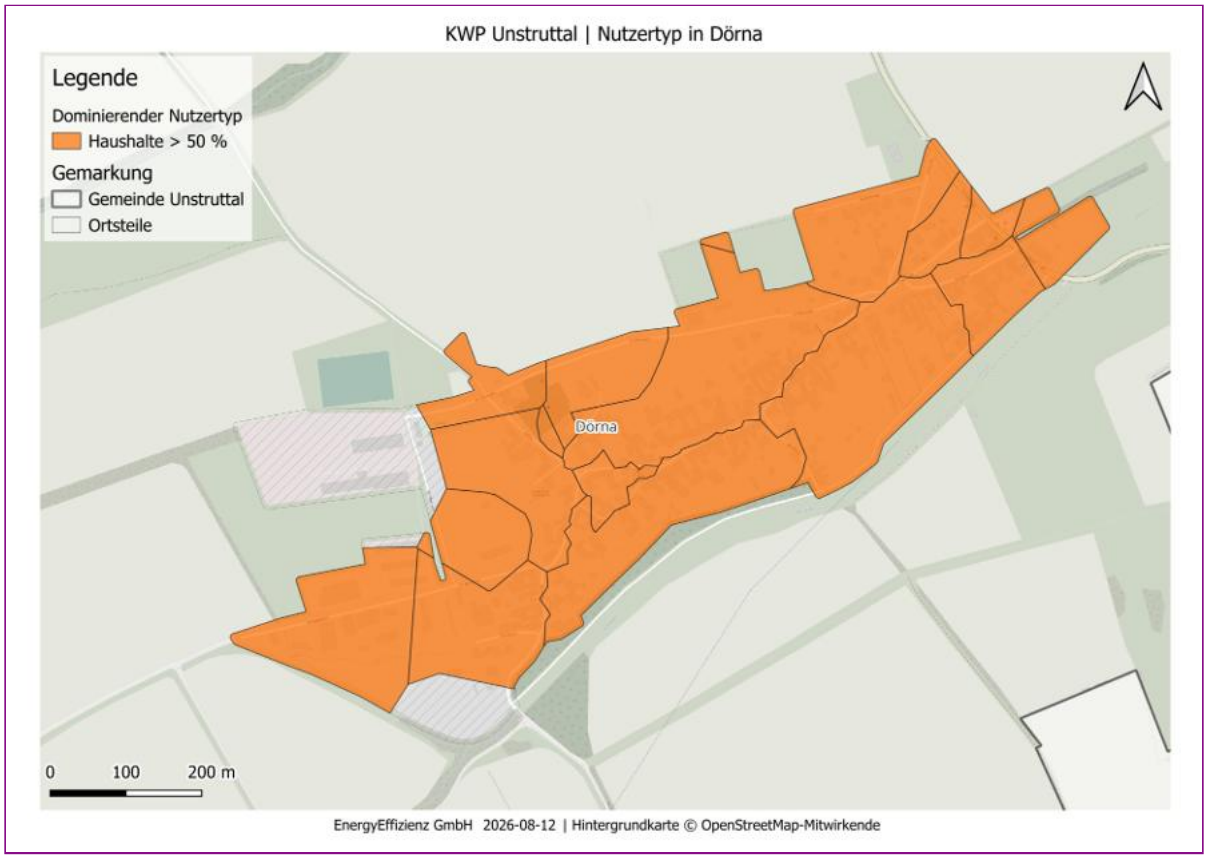


Abbildung Anhang 19: Ortsteil Dörna: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

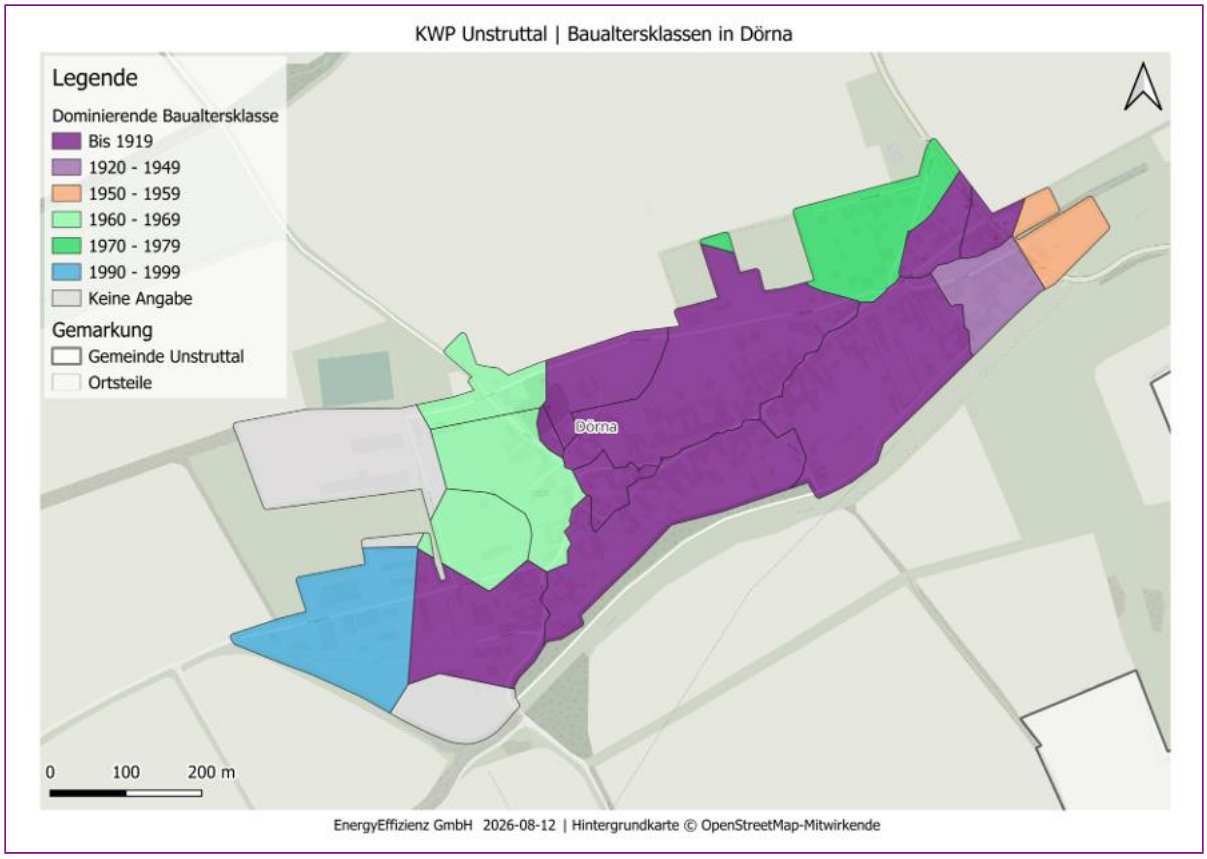


Abbildung Anhang 20: Ortsteil Dörna: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

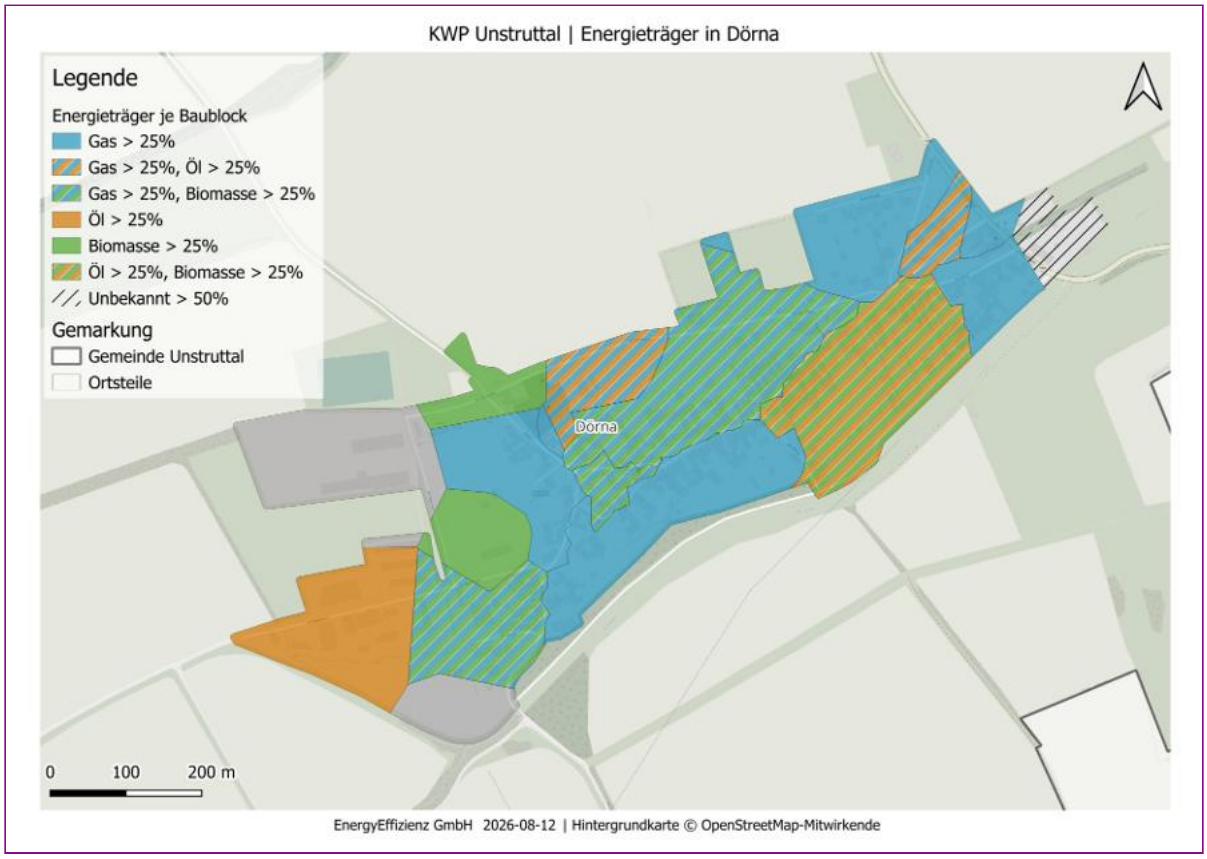


Abbildung Anhang 21: Ortsteil Dörna: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

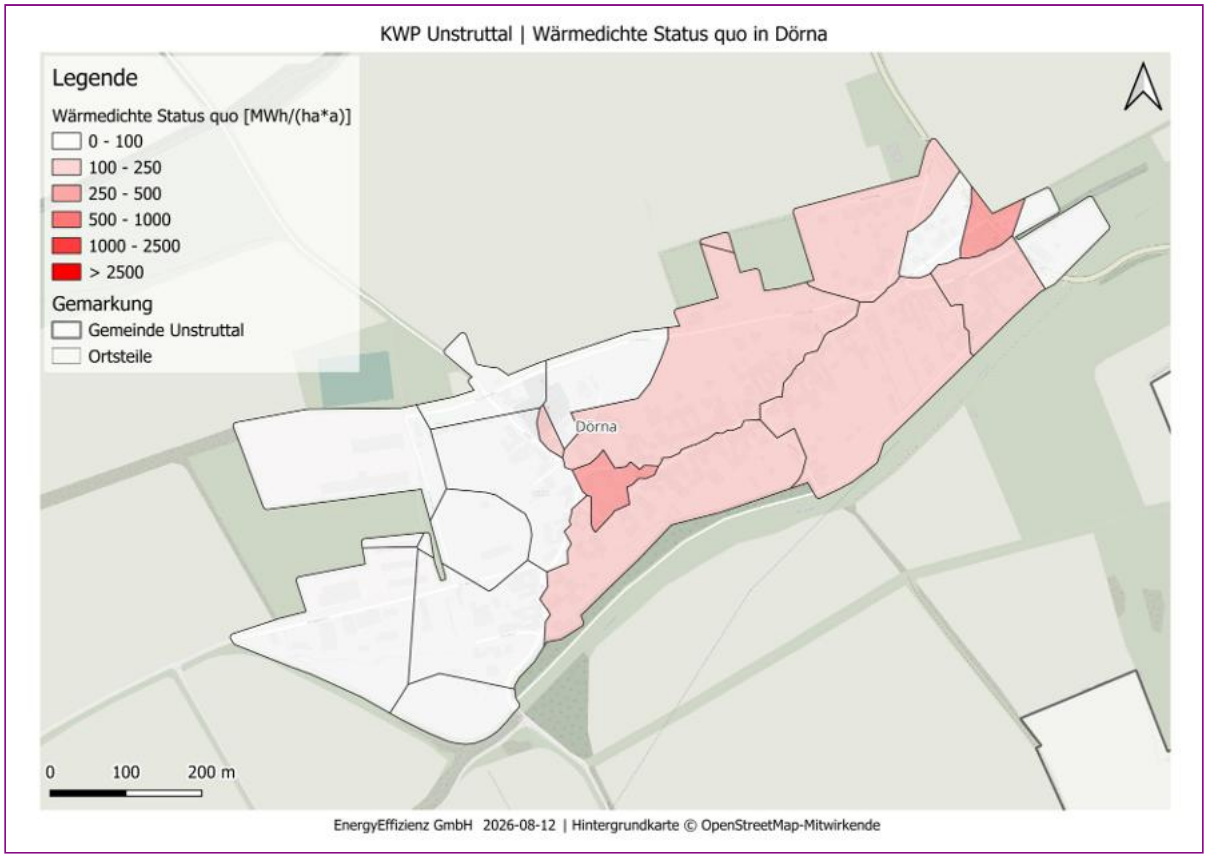


Abbildung Anhang 22: Ortsteil Dörna: Wärmedichte je Baublock im Status quo

Abbildung Anhang 23: Ortsteil Dörna: Wärmeliniendichte im Status quo

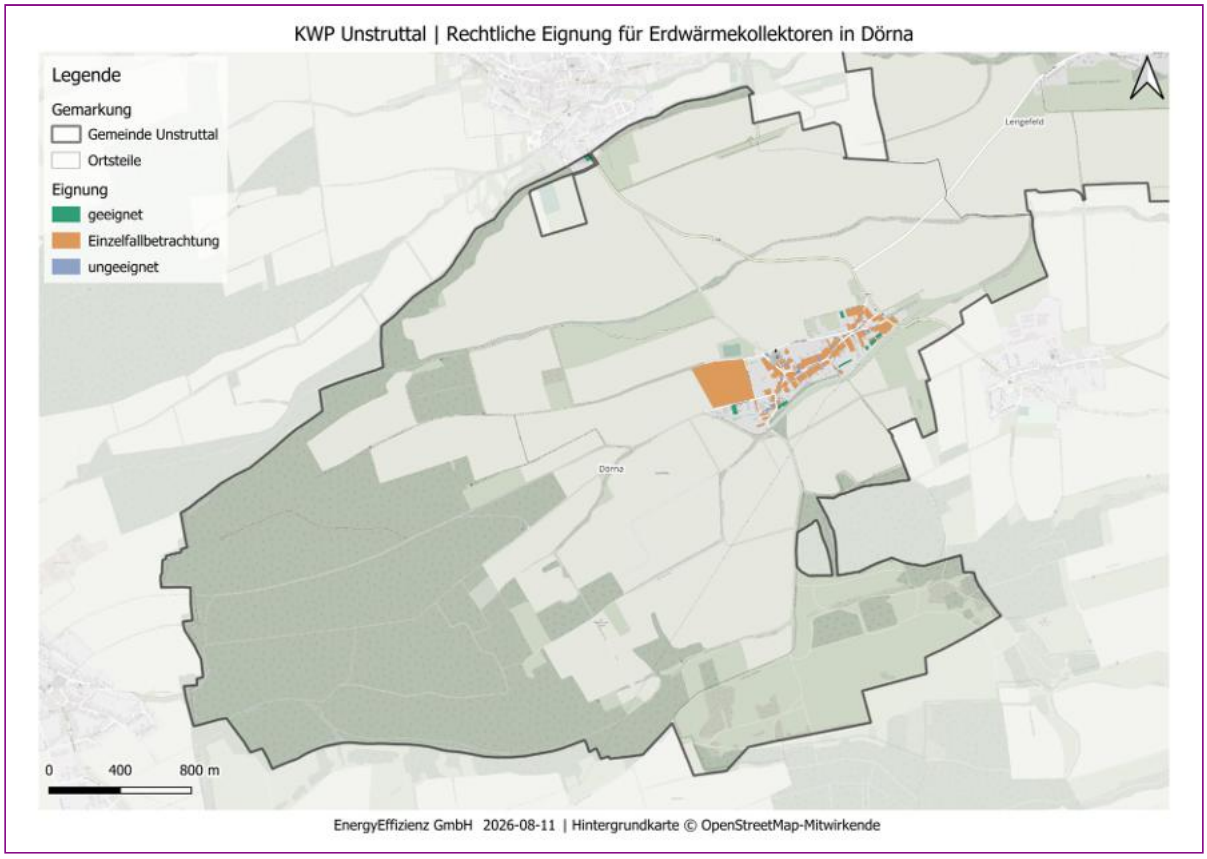


Abbildung Anhang 24: Ortsteil Dörna: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

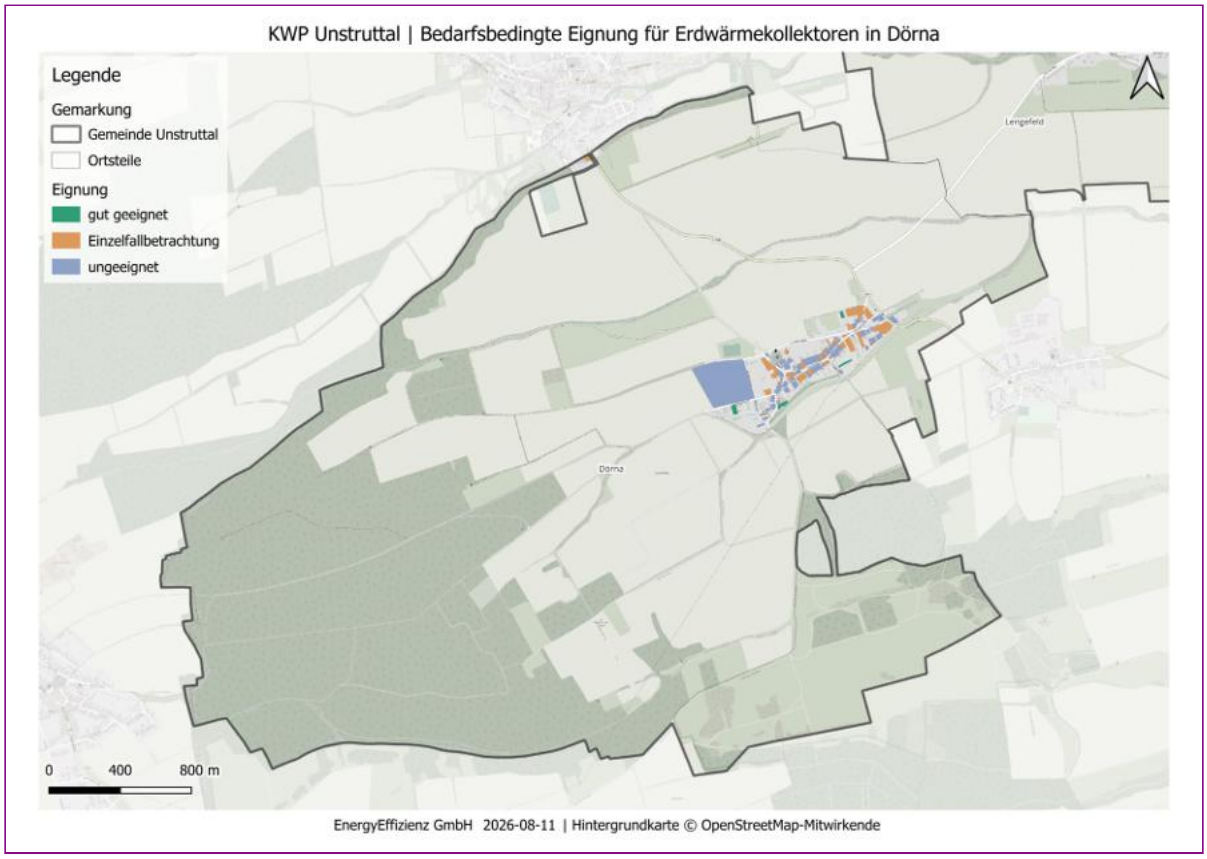


Abbildung Anhang 25: Ortsteil Dörna: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

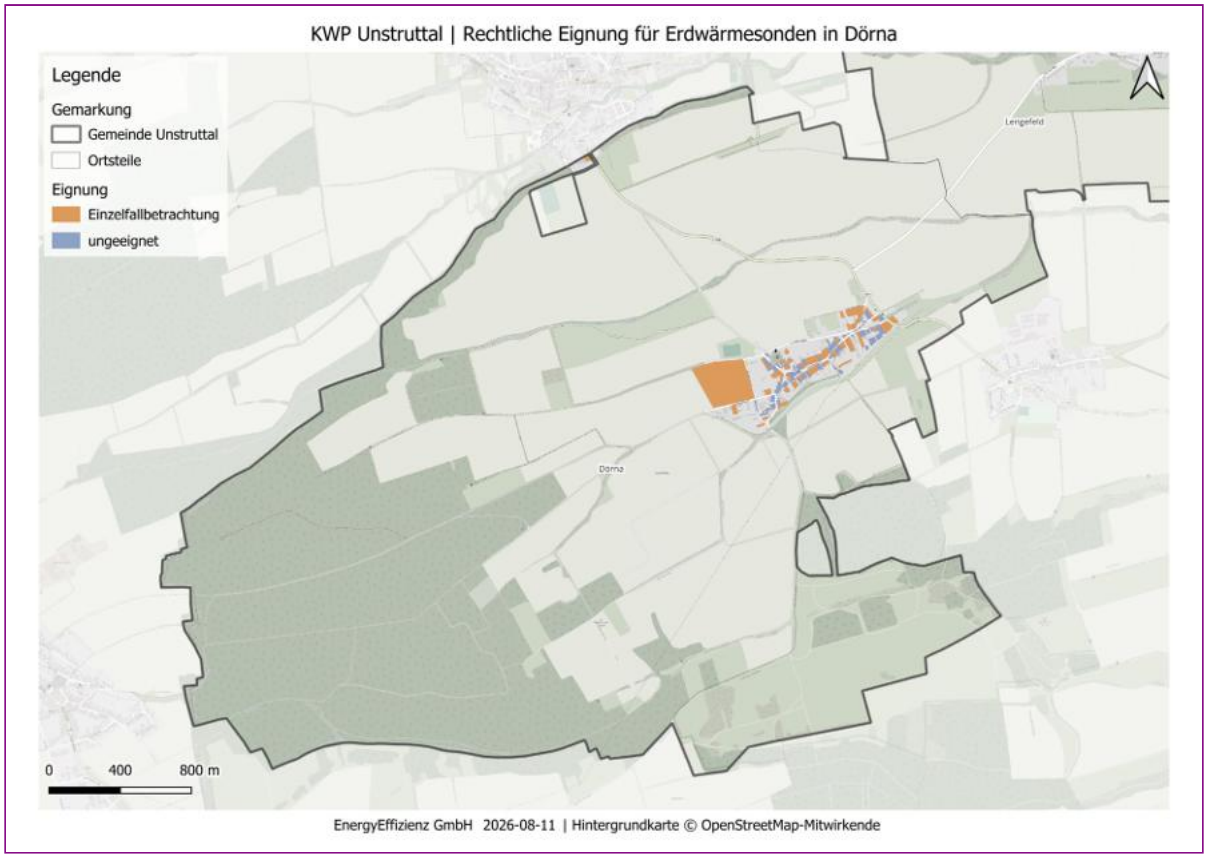


Abbildung Anhang 26: Ortsteil Dörna: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

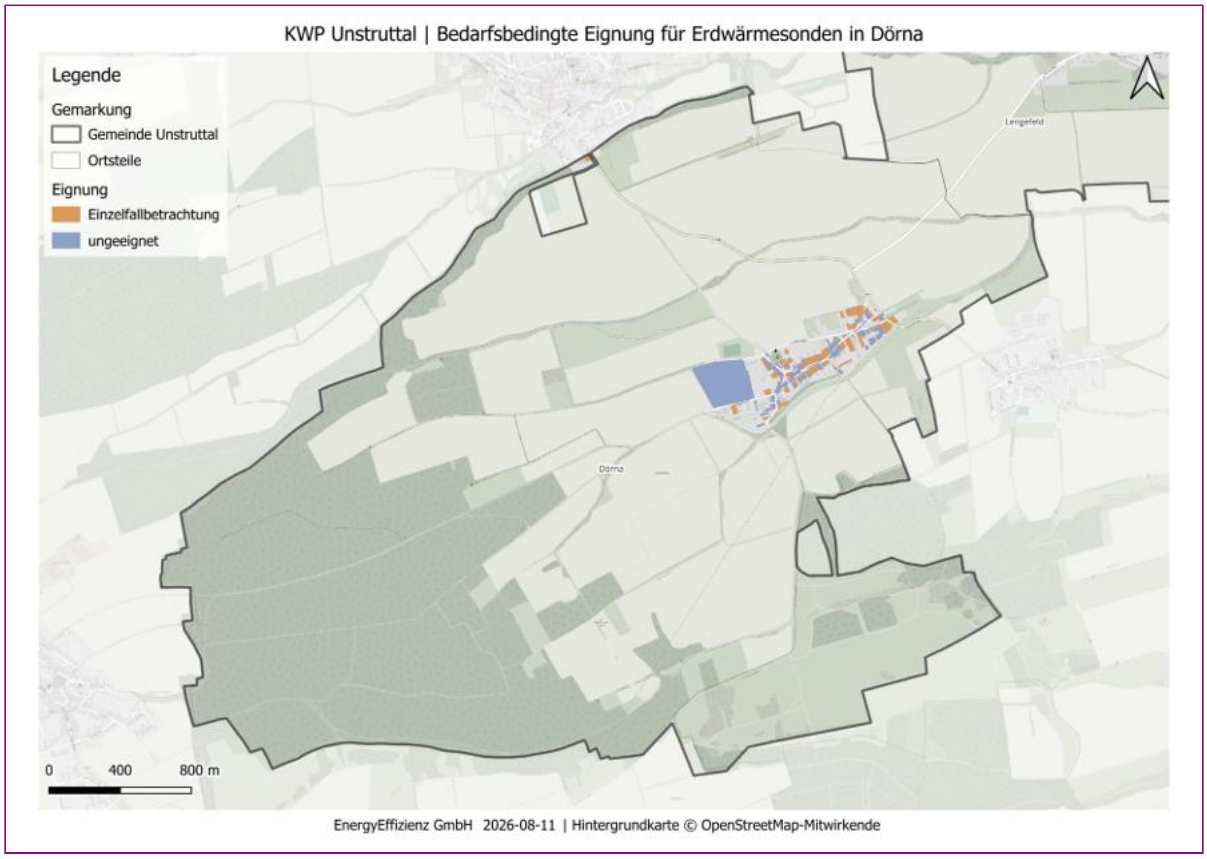


Abbildung Anhang 27: Ortsteil Dörna: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang E: Eigenrode

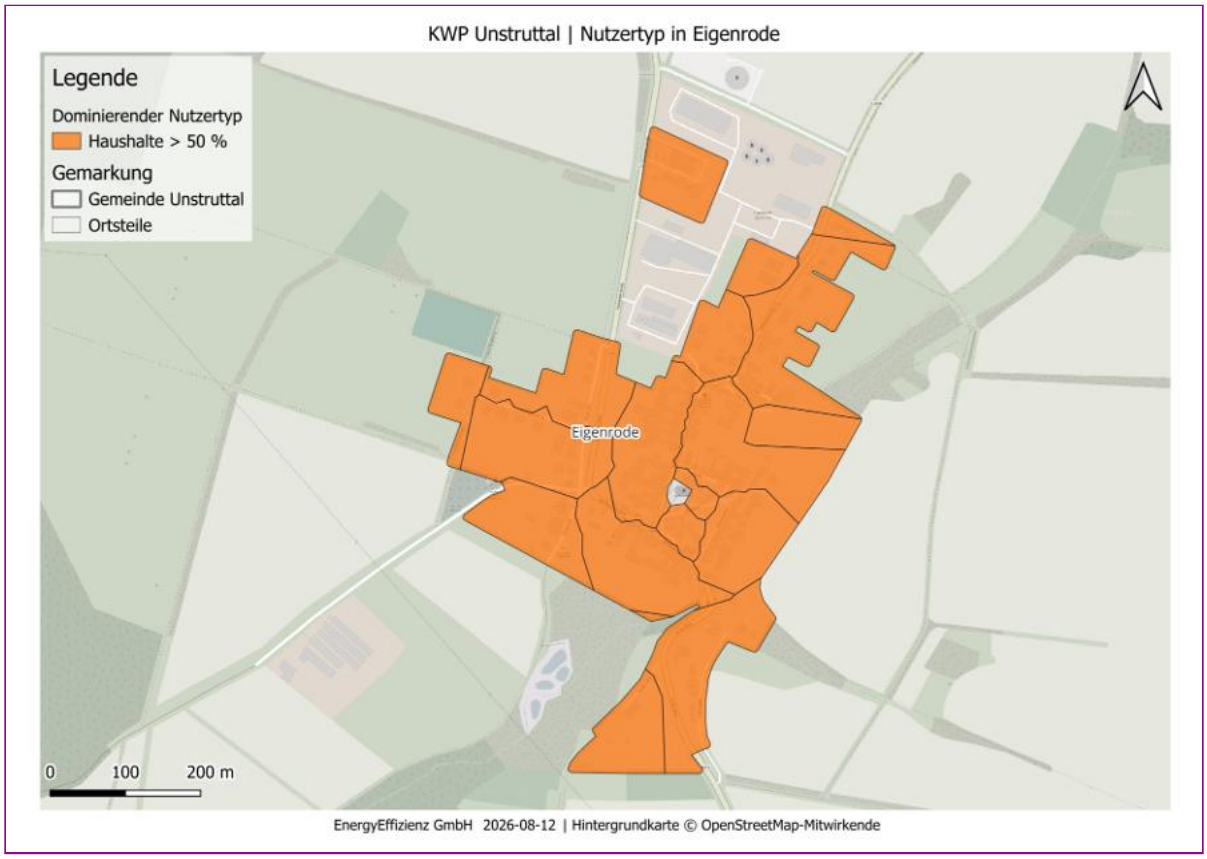


Abbildung Anhang 28: Ortsteil Eigenrode: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

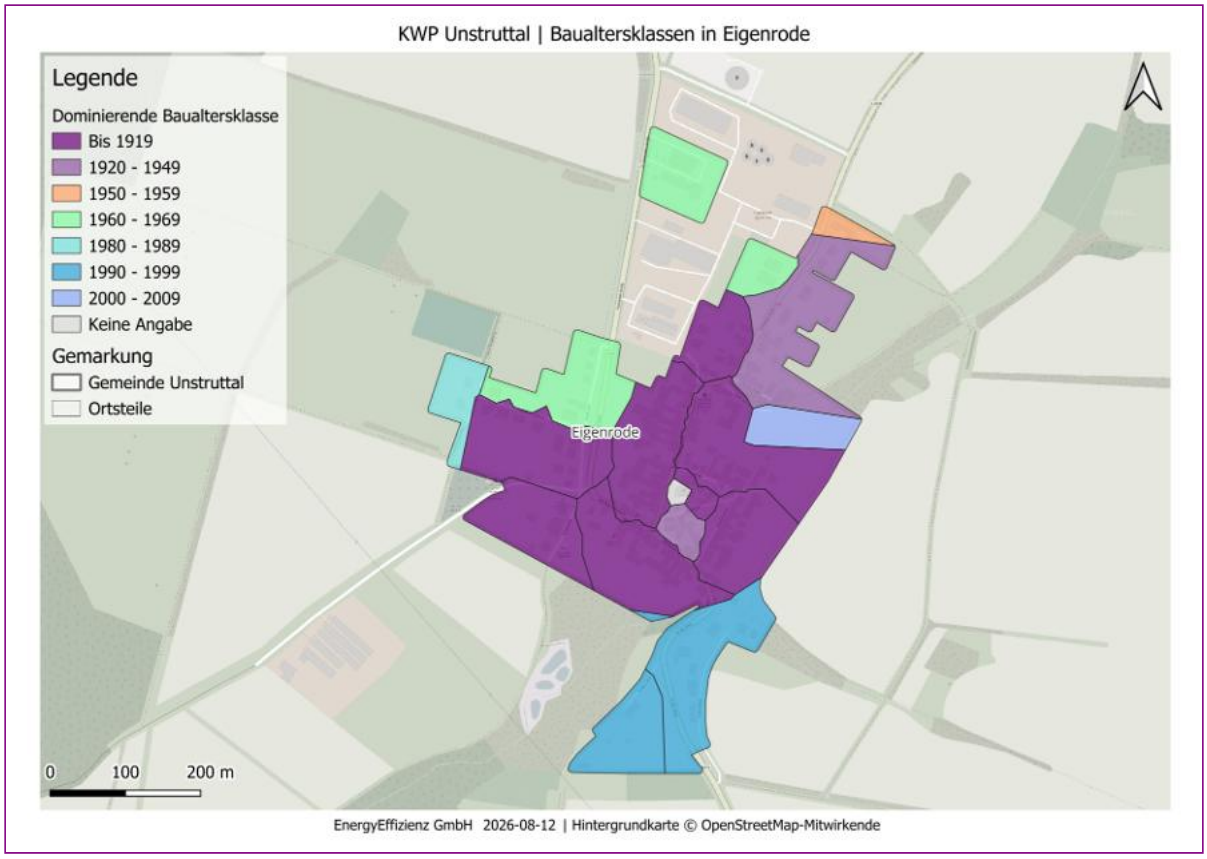


Abbildung Anhang 29: Ortsteil Eigenrode: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

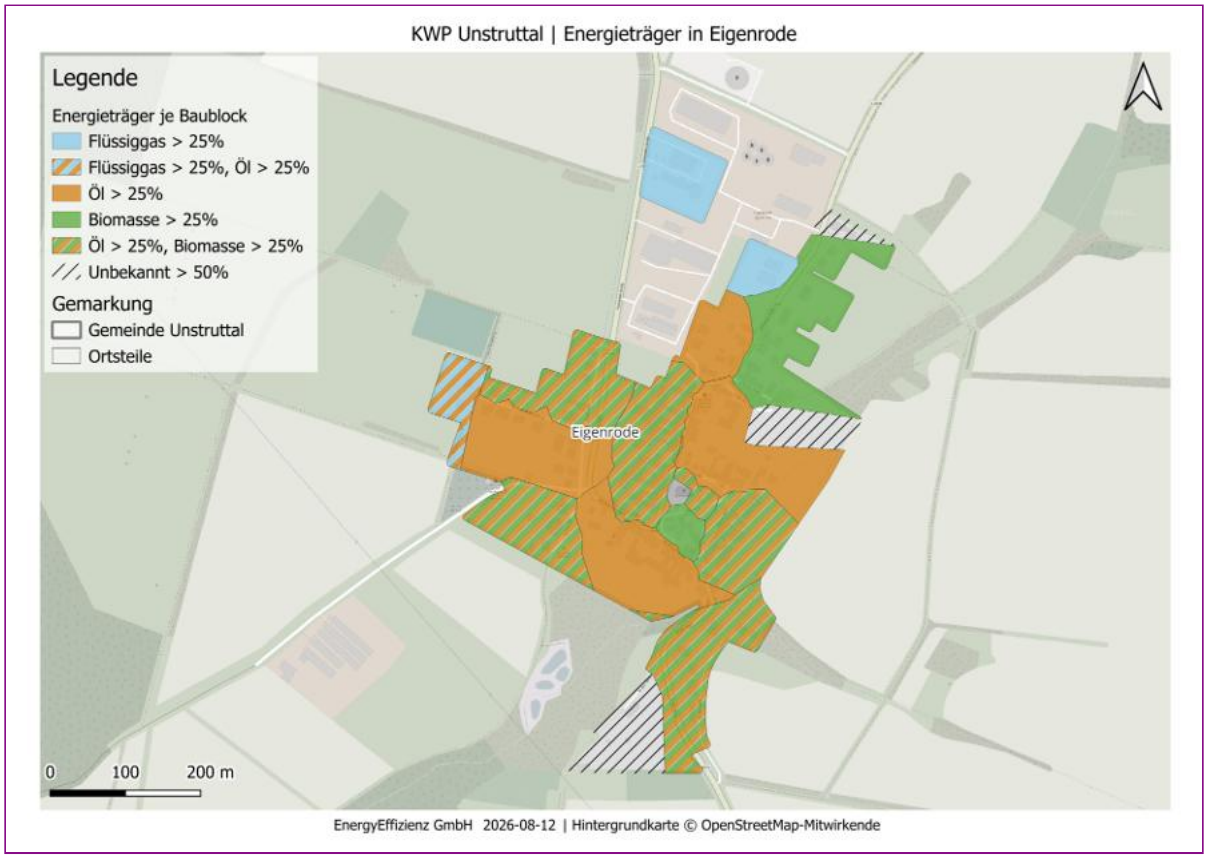


Abbildung Anhang 30: Ortsteil Eigenrode: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

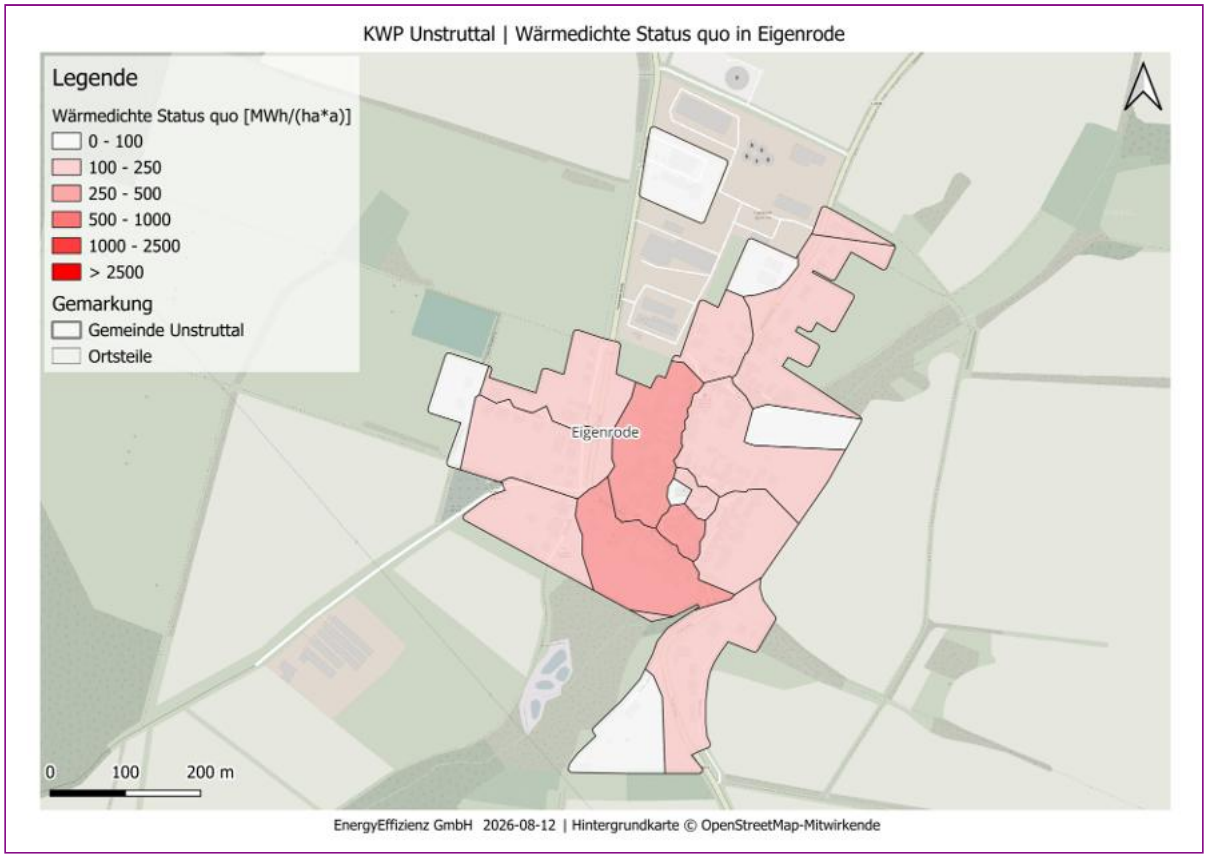


Abbildung Anhang 31: Ortsteil Eigenrode: Wärmedichte je Baublock im Status quo

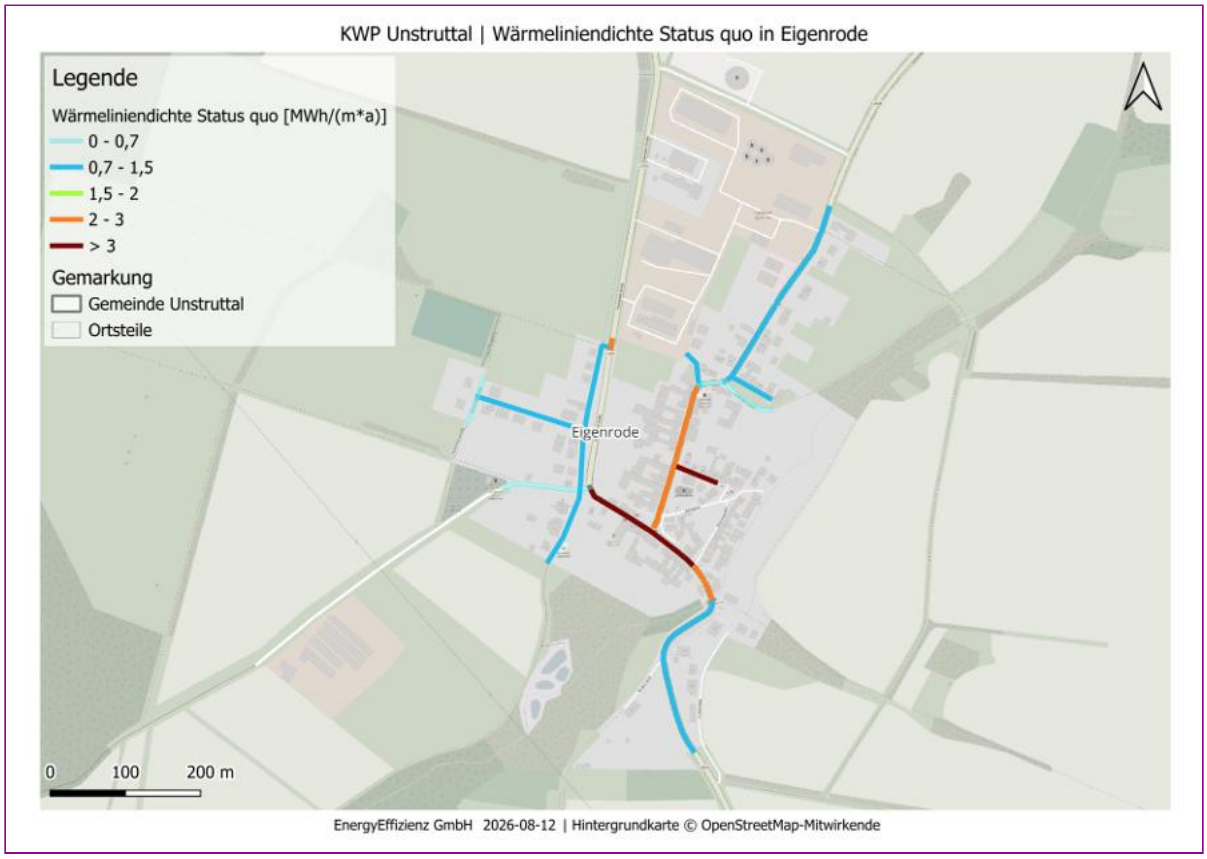


Abbildung Anhang 32: Ortsteil Eigenrode: Wärmeliniendichte im Status quo

Abbildung Anhang 33: Ortsteil Eigenrode: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

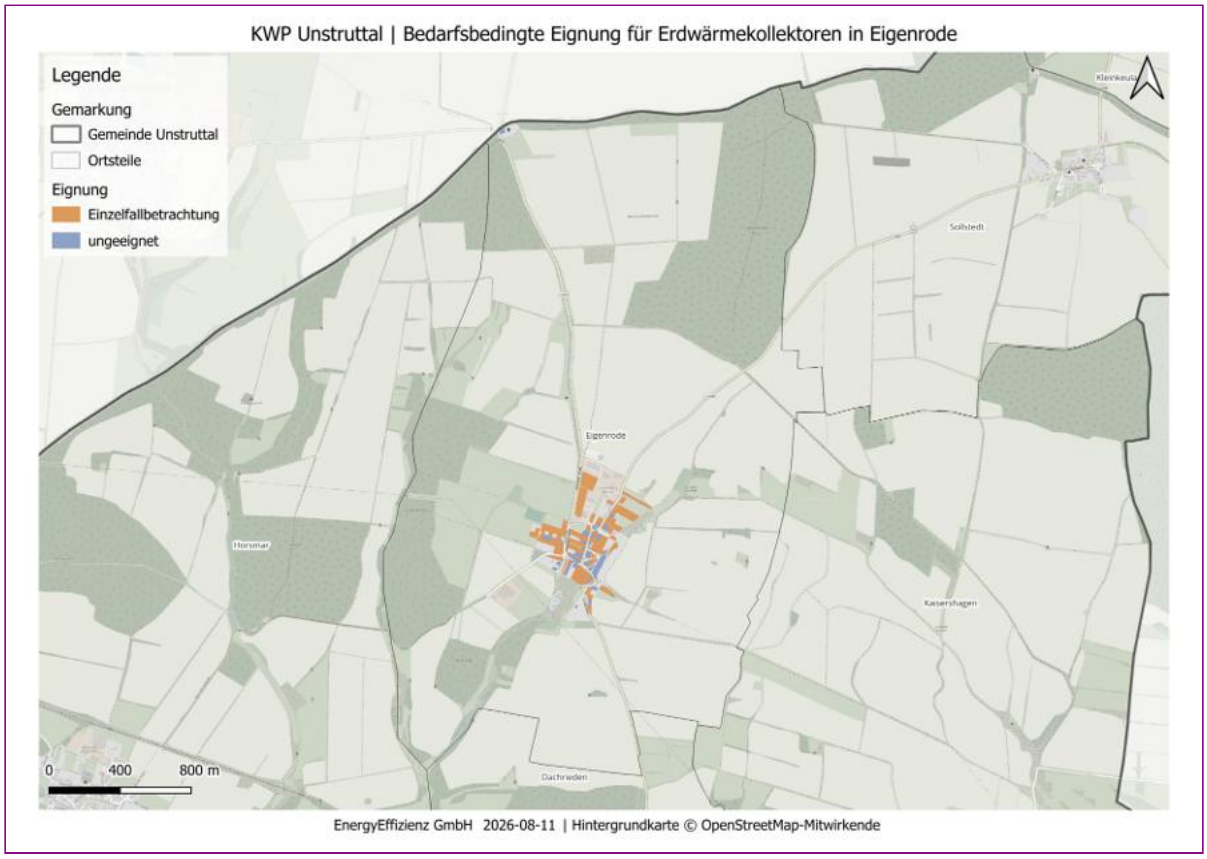


Abbildung Anhang 34: Ortsteil Eigenrode: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

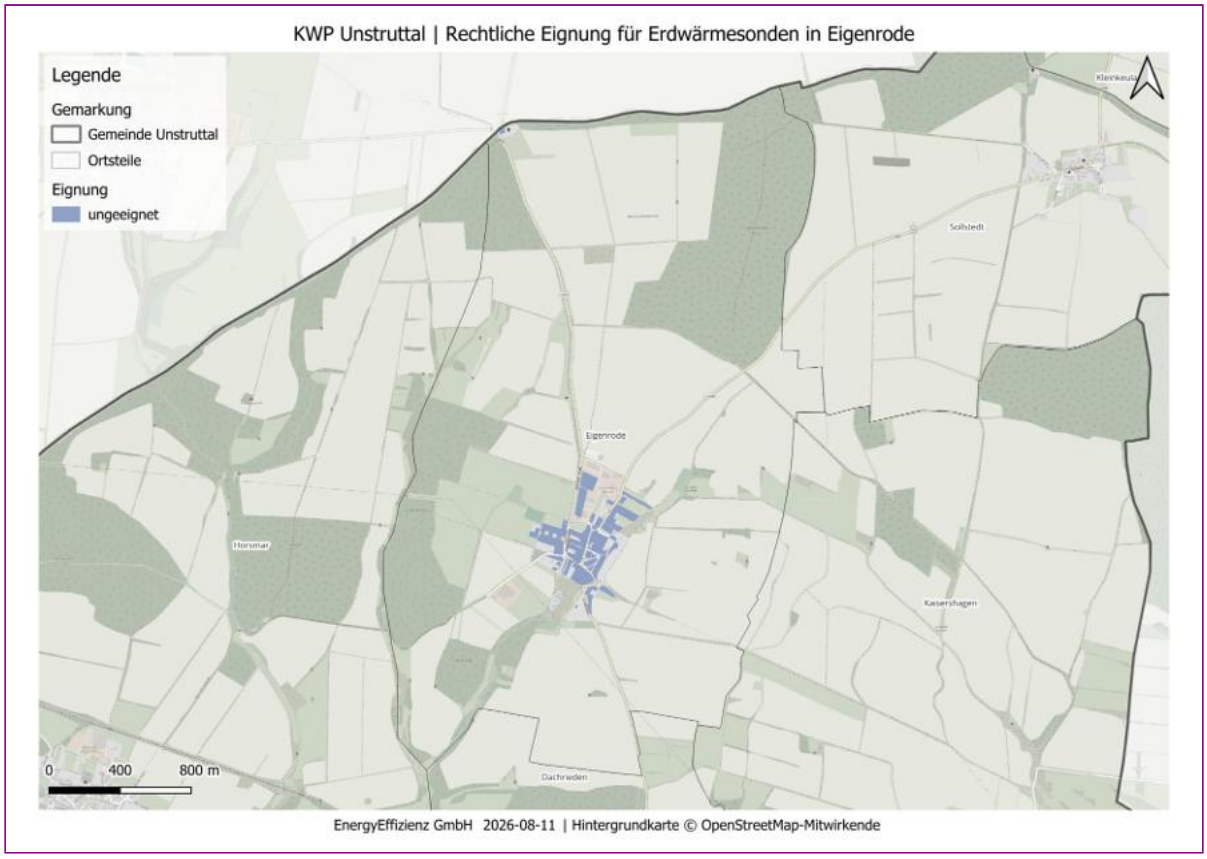


Abbildung Anhang 35: Ortsteil Eigenrode: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Abbildung Anhang 36: Ortsteil Eigenrode: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang F: Horsmar

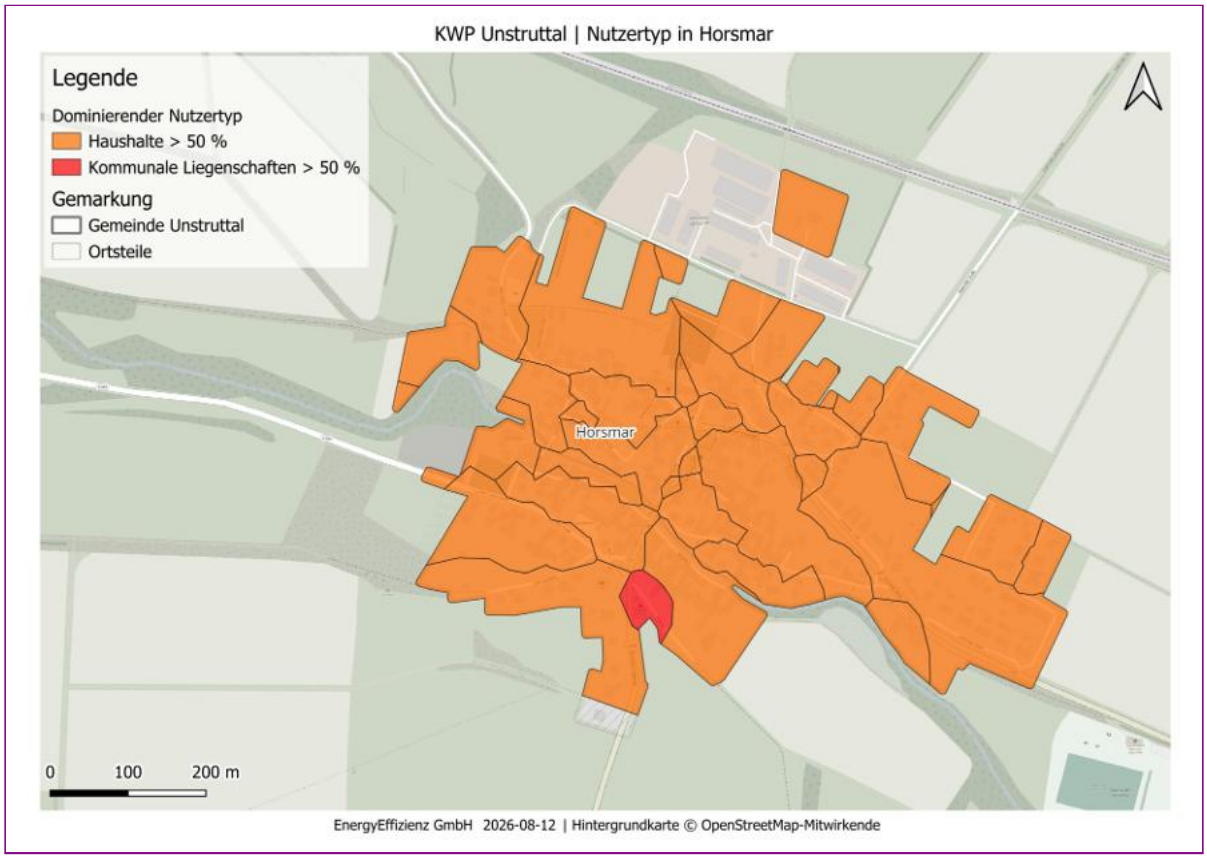


Abbildung Anhang 37: Ortsteil Horsmar: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

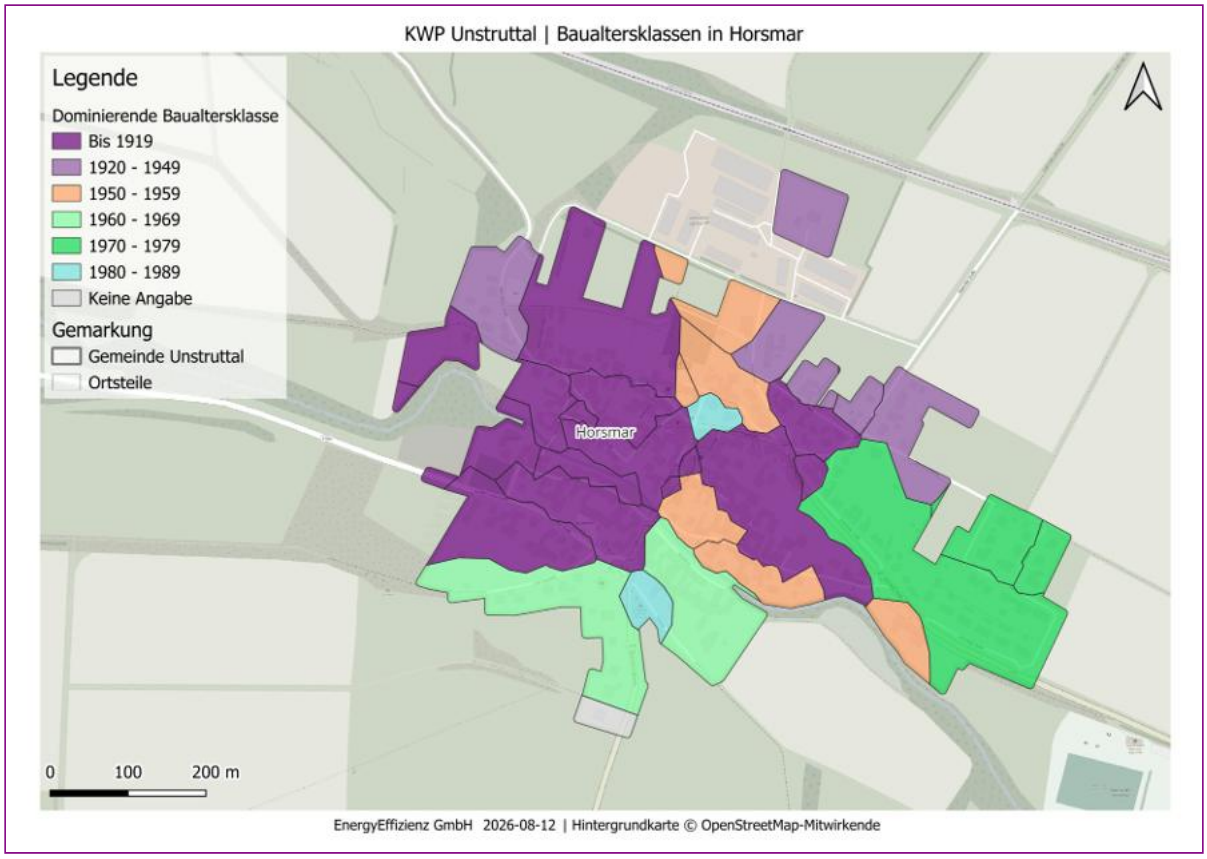


Abbildung Anhang 38: Ortsteil Horsmar: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

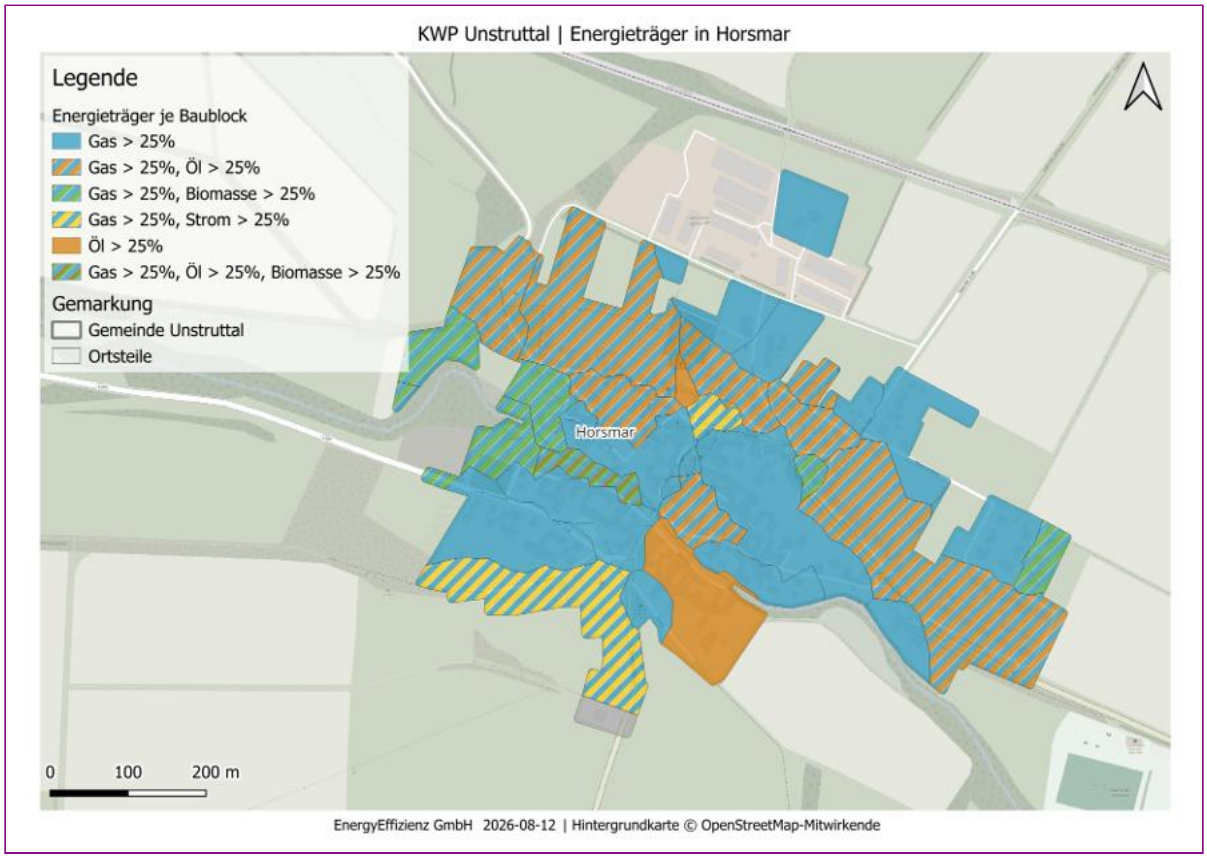


Abbildung Anhang 39: Ortsteil Horsmar: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

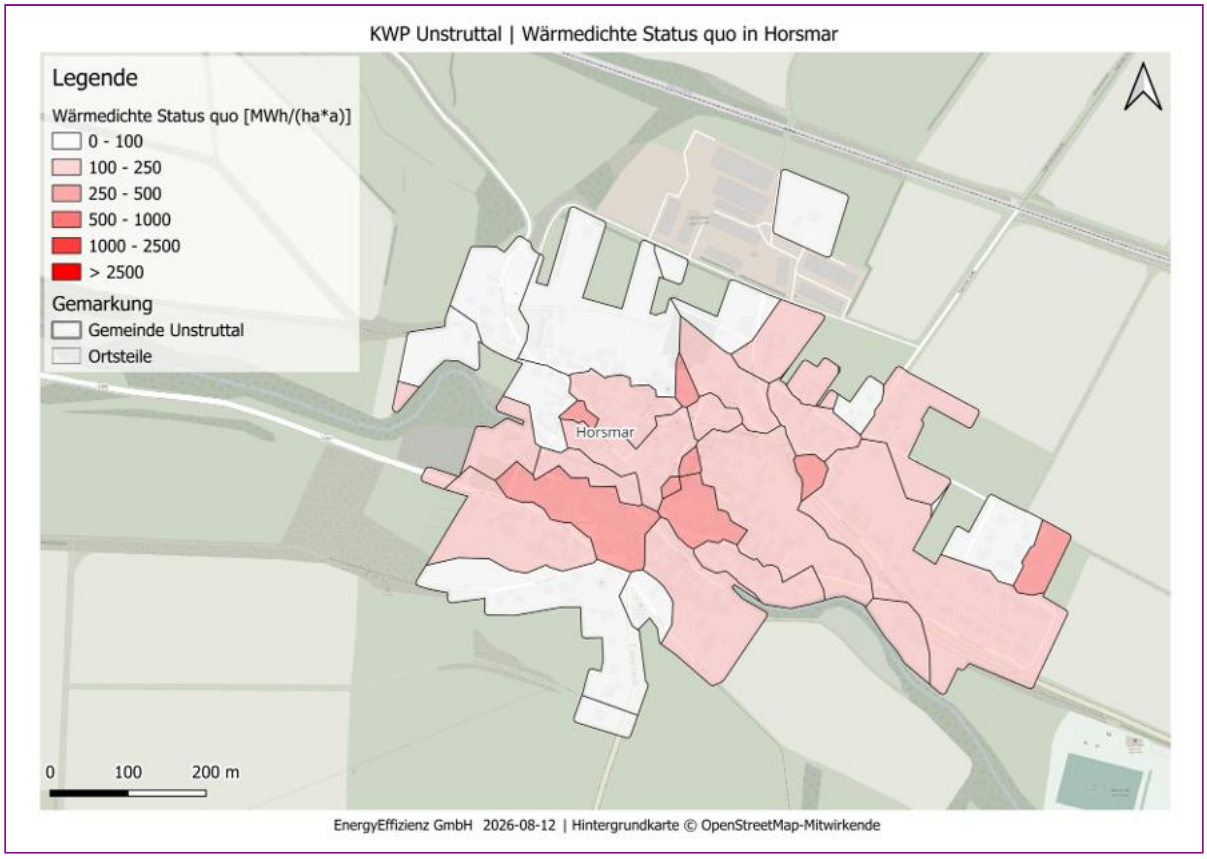


Abbildung Anhang 40: Ortsteil Horsmar: Wärmedichte je Baublock im Status quo

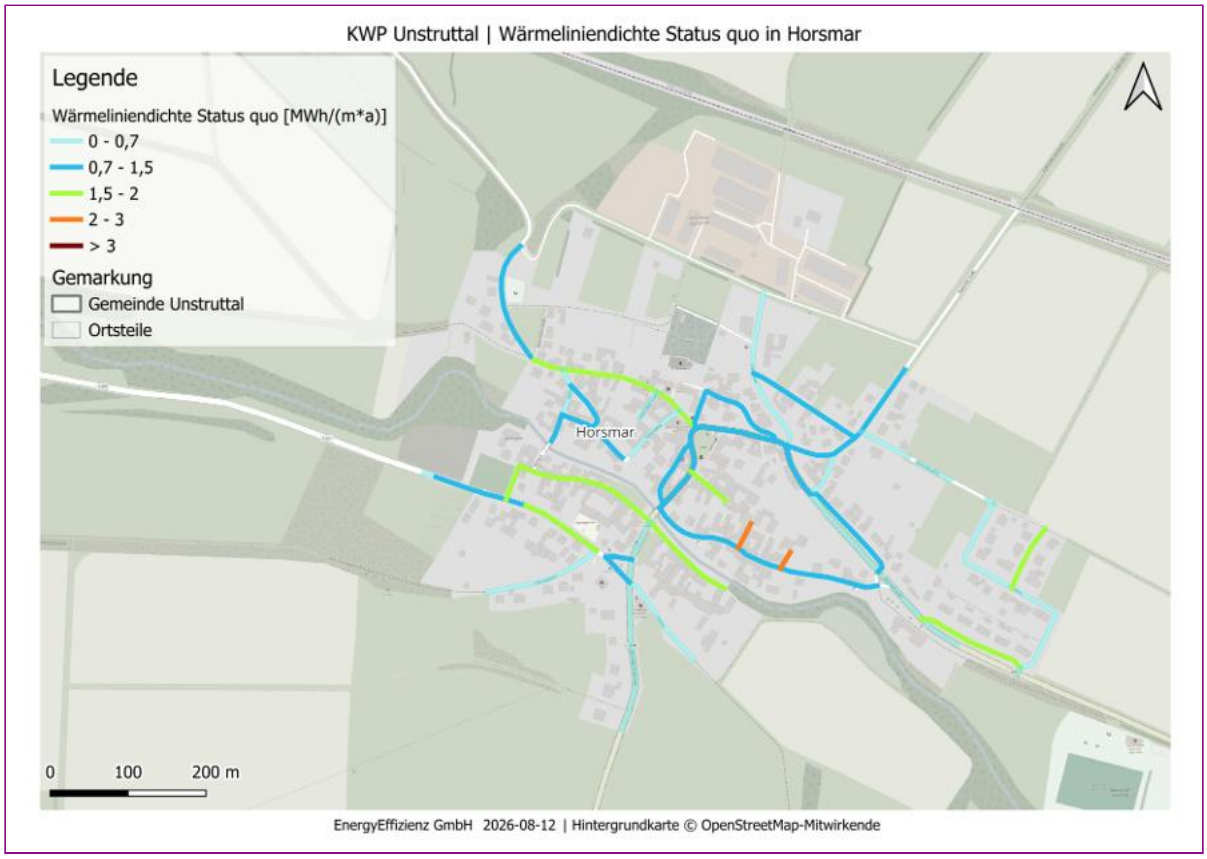


Abbildung Anhang 41: Ortsteil Horsmar: Wärmeliniendichte im Status quo

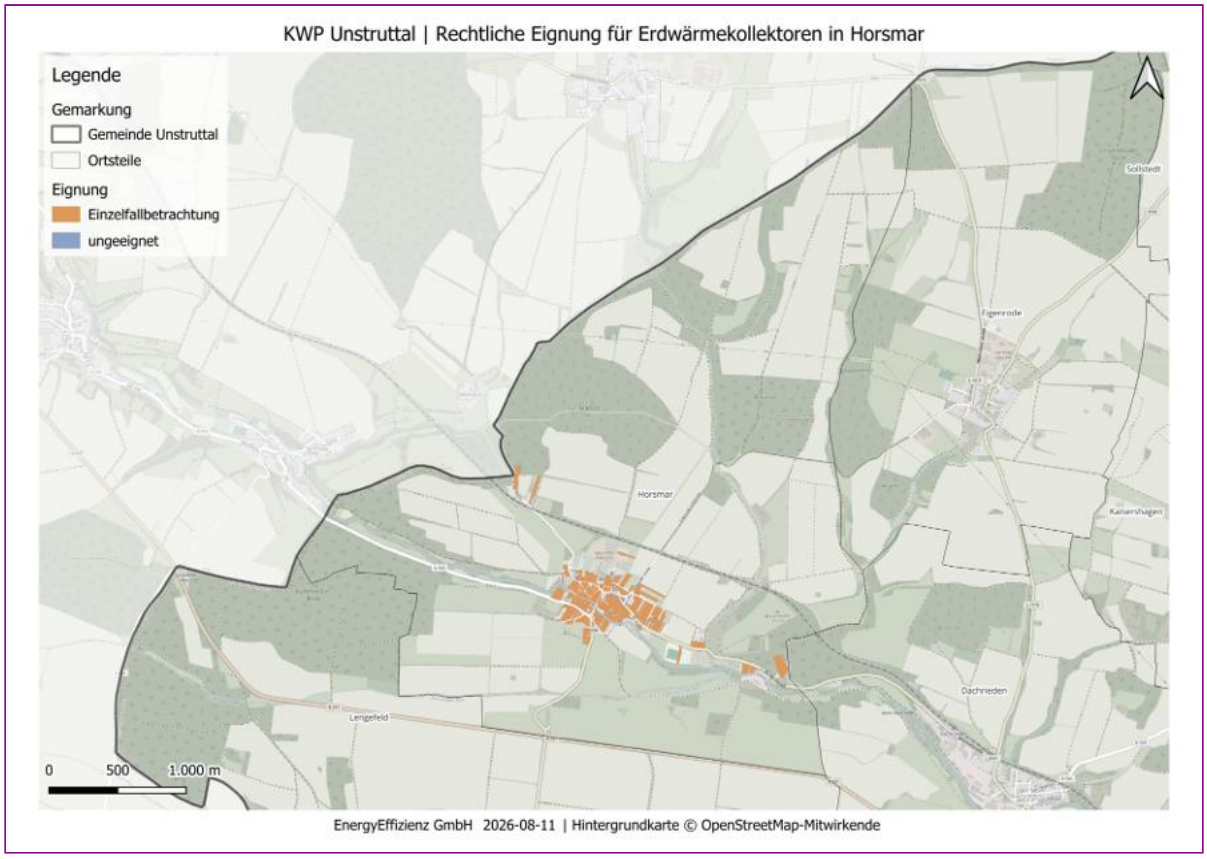


Abbildung Anhang 42: Ortsteil Horsmar: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

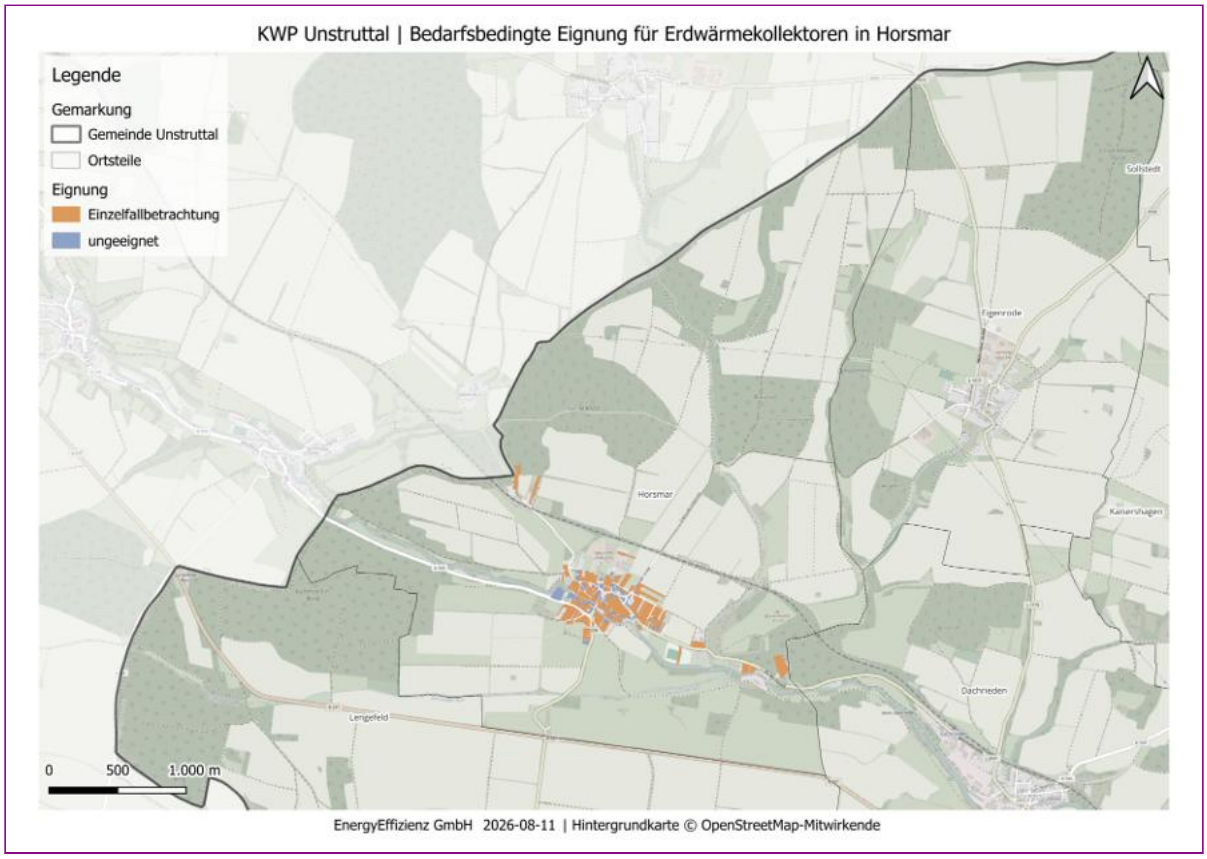


Abbildung Anhang 43: Ortsteil Horsmar: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

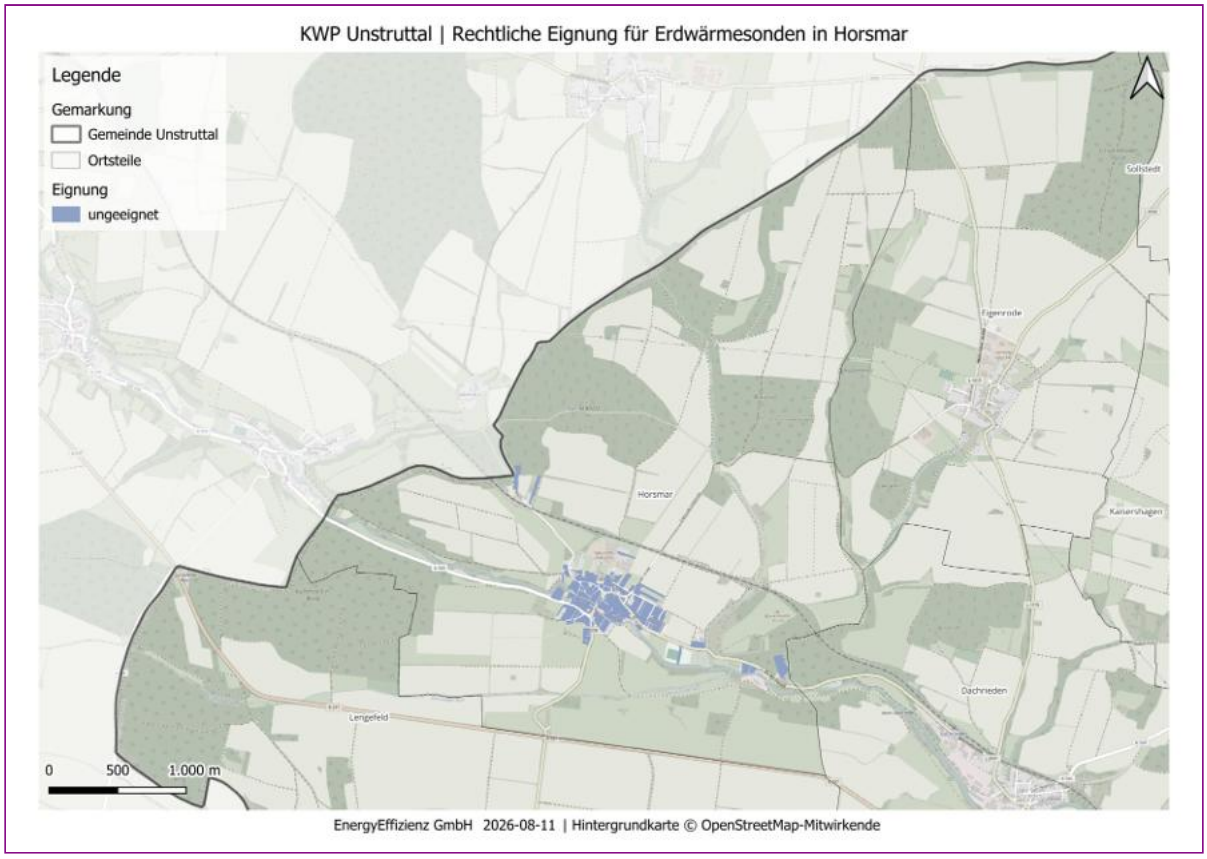


Abbildung Anhang 44: Ortsteil Horsmar: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

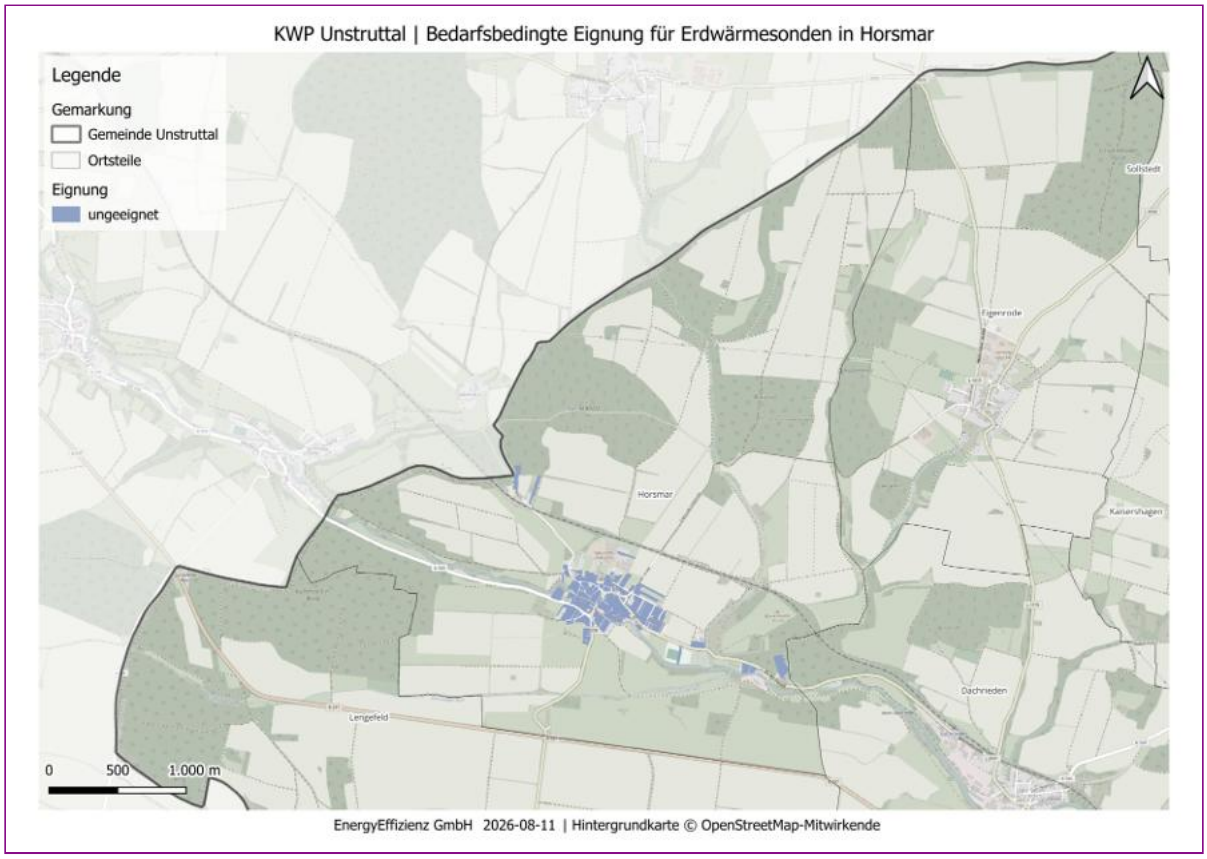


Abbildung Anhang 45: Ortsteil Horsmar: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang G: Kaisershagen

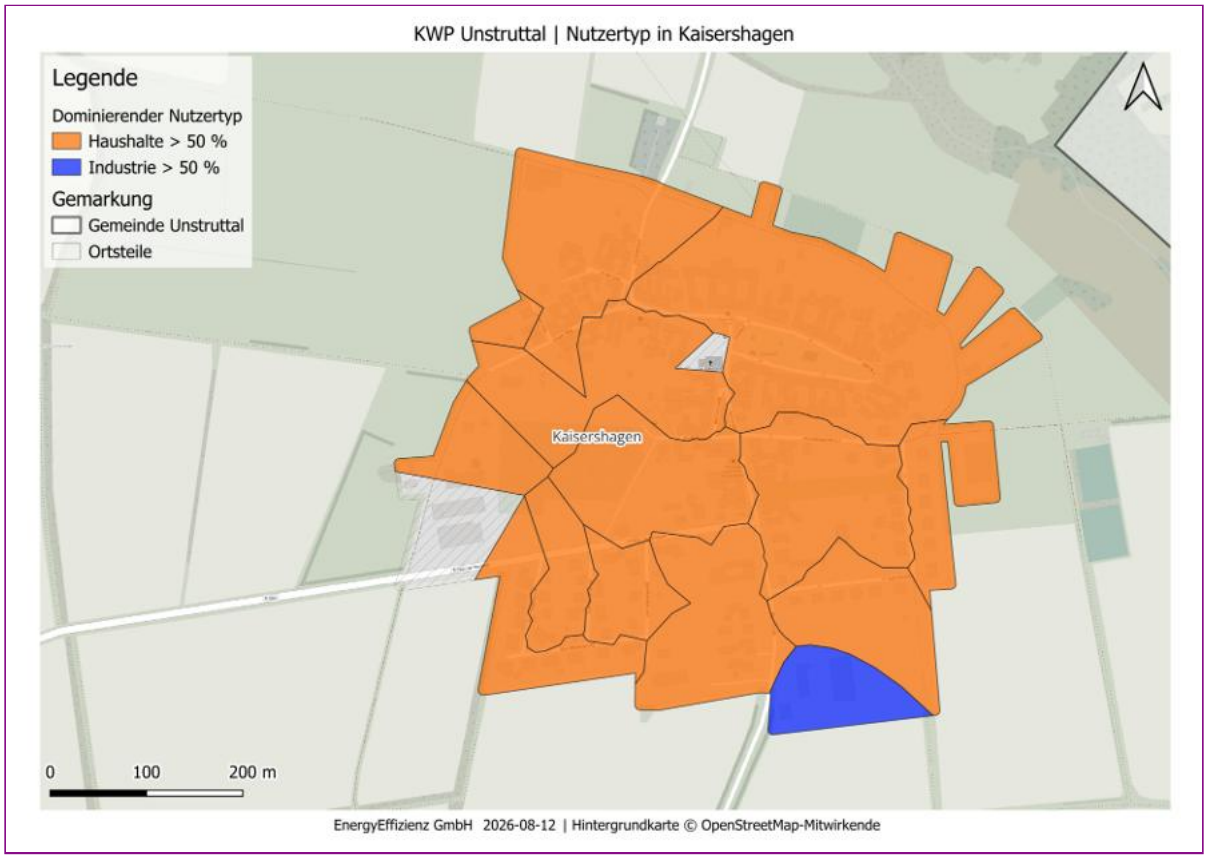


Abbildung Anhang 46: Ortsteil Kaisershagen: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

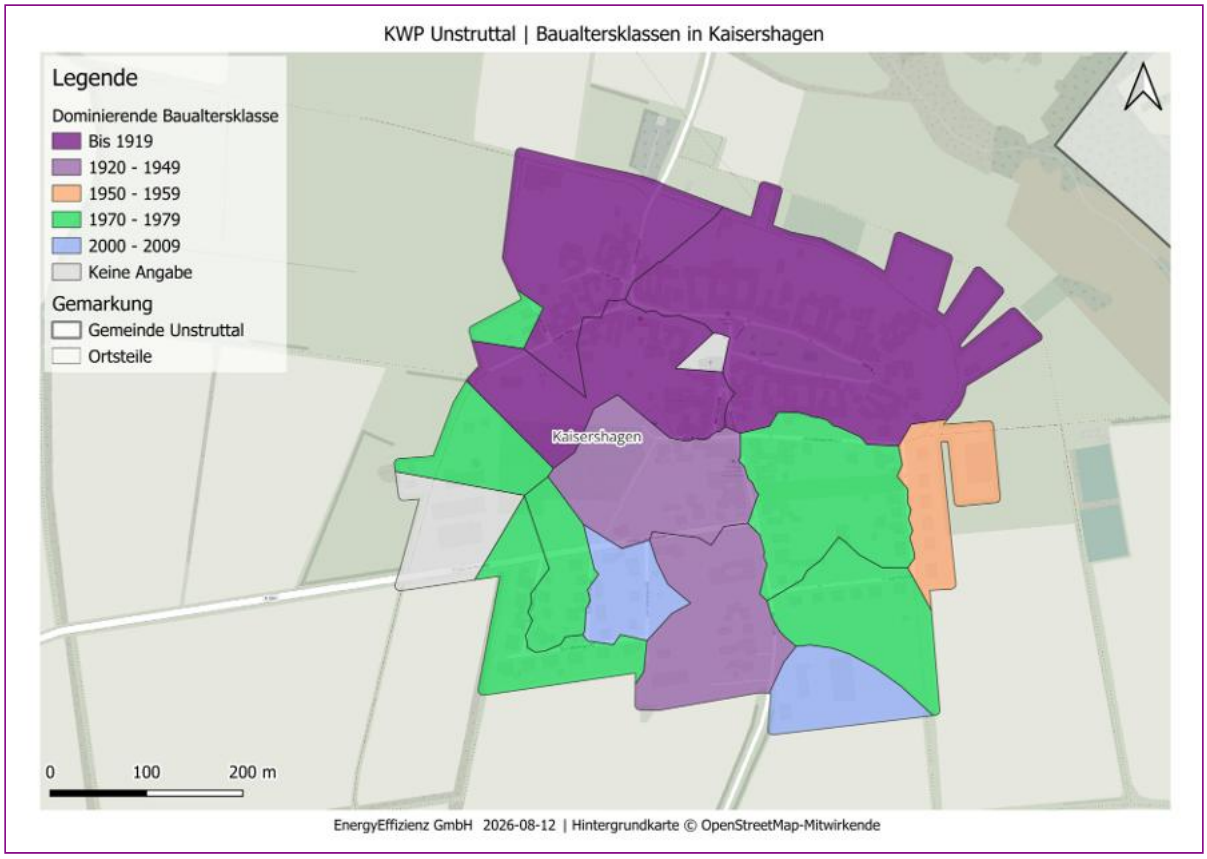


Abbildung Anhang 47: Ortsteil Kaisershagen: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

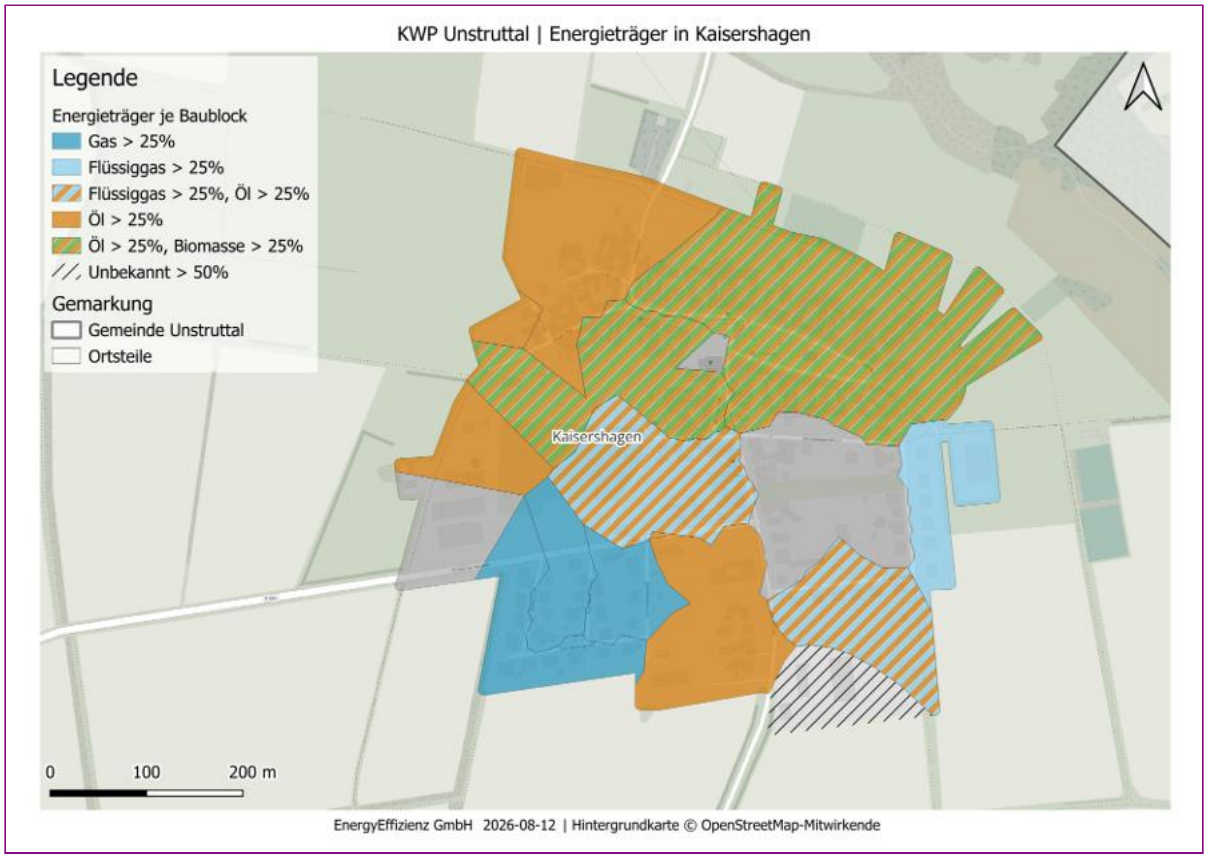


Abbildung Anhang 48: Ortsteil Kaisershagen: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

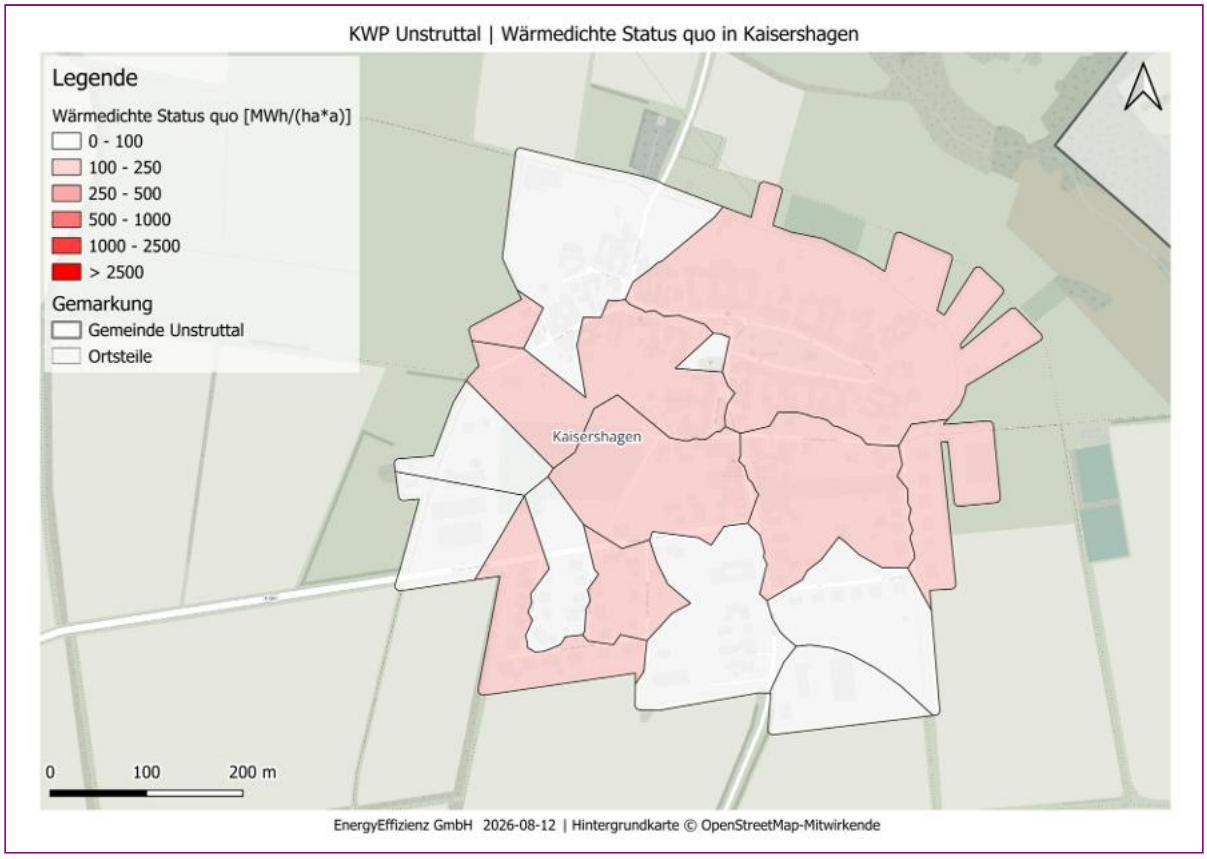


Abbildung Anhang 49: Ortsteil Kaisershagen: Wärmedichte je Baublock im Status quo

Abbildung Anhang 50: Ortsteil Kaisershagen: Wärmeliniendichte im Status quo

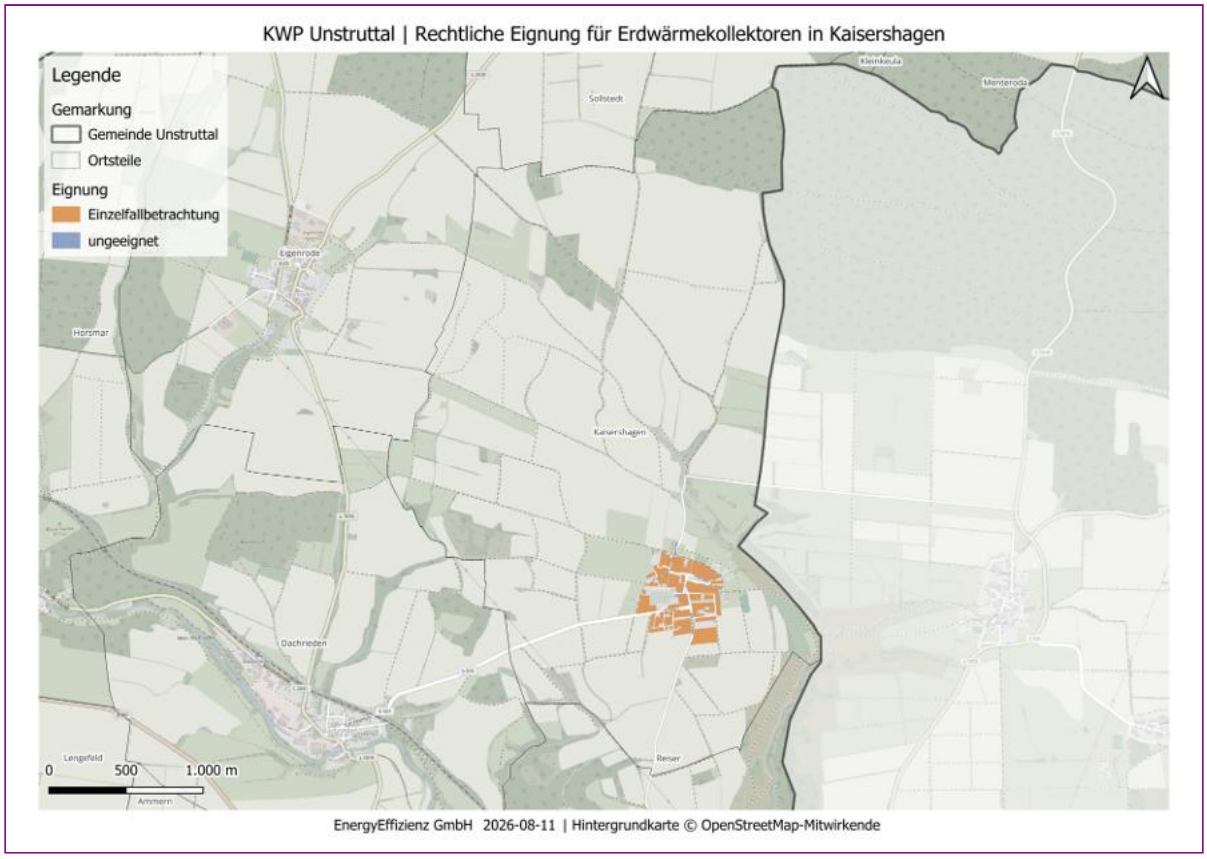


Abbildung Anhang 51: Ortsteil Kaisershagen: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

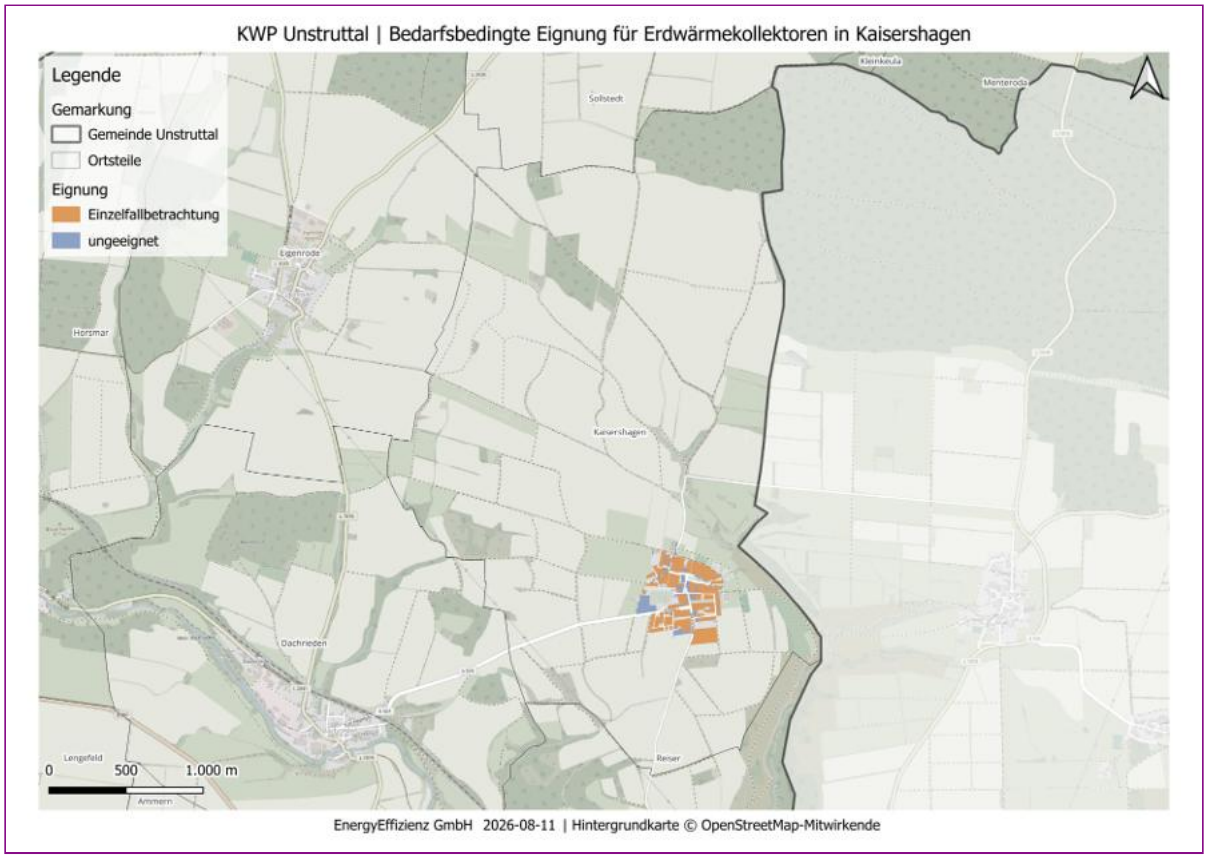


Abbildung Anhang 52: Ortsteil Kaisershagen: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

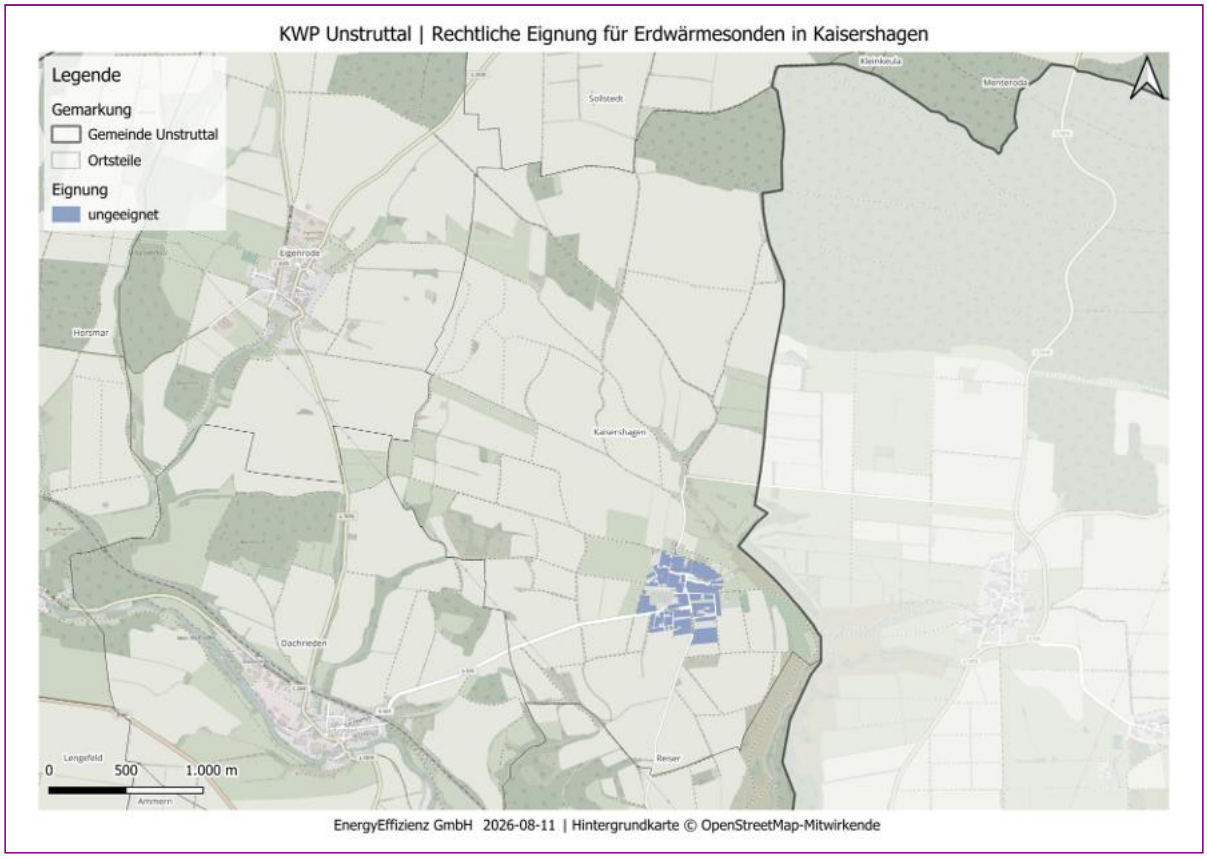


Abbildung Anhang 53: Ortsteil Kaisershagen: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

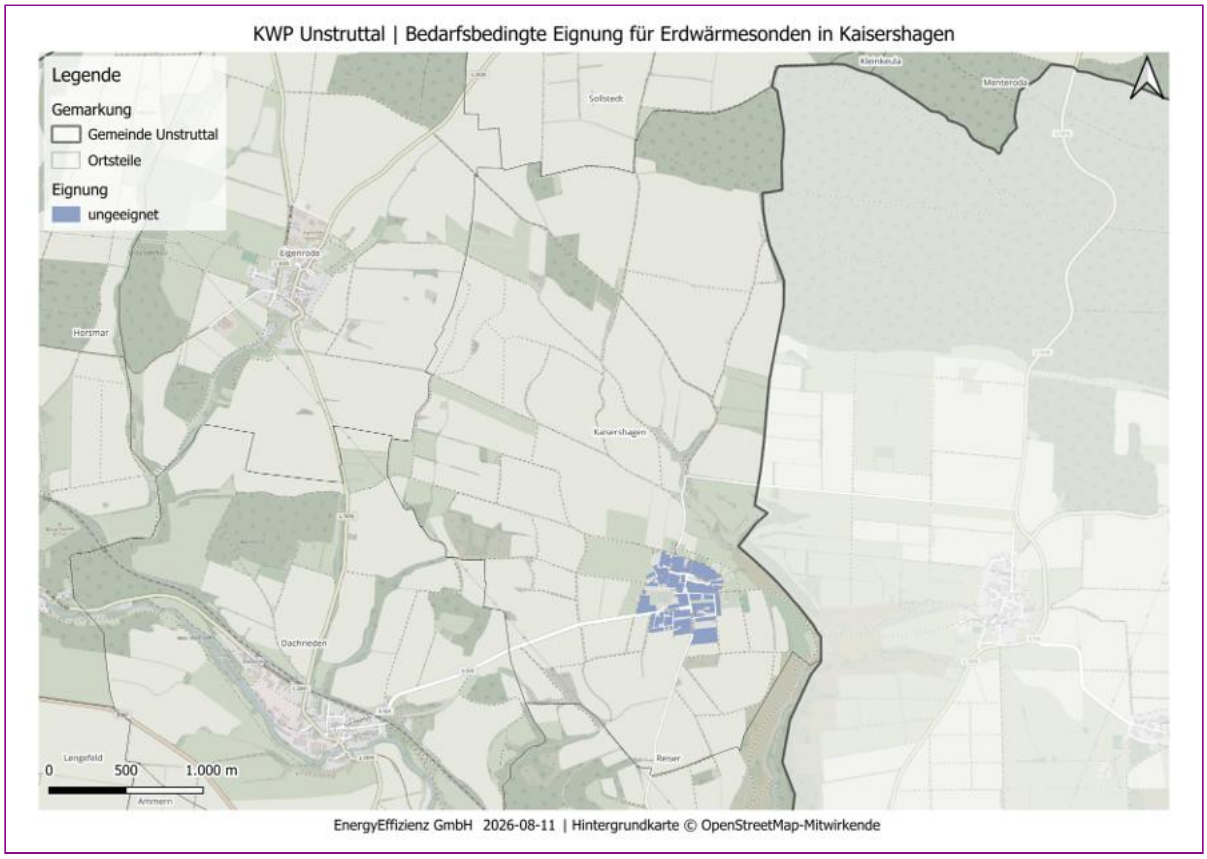


Abbildung Anhang 54: Ortsteil Kaisershagen: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang H: Kleinkeula

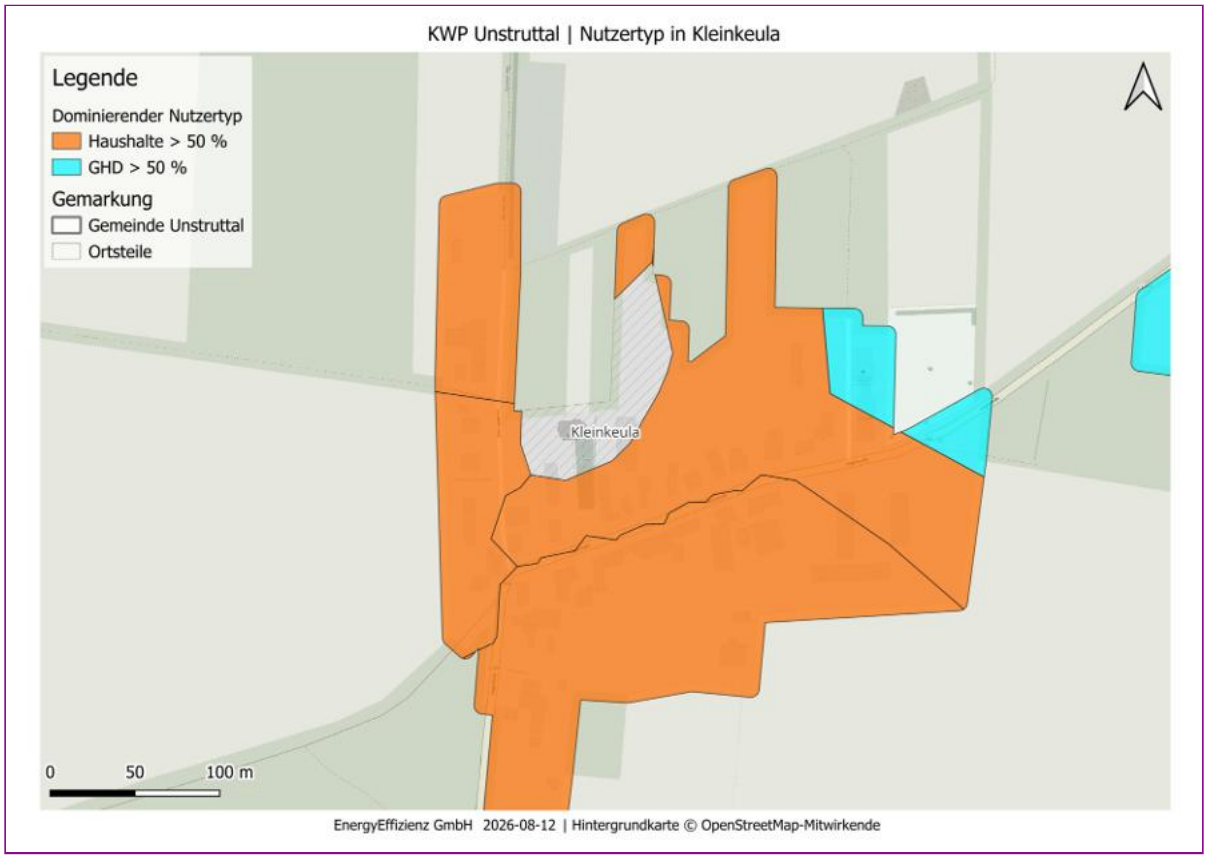


Abbildung Anhang 55: Ortsteil Kleinkeula: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

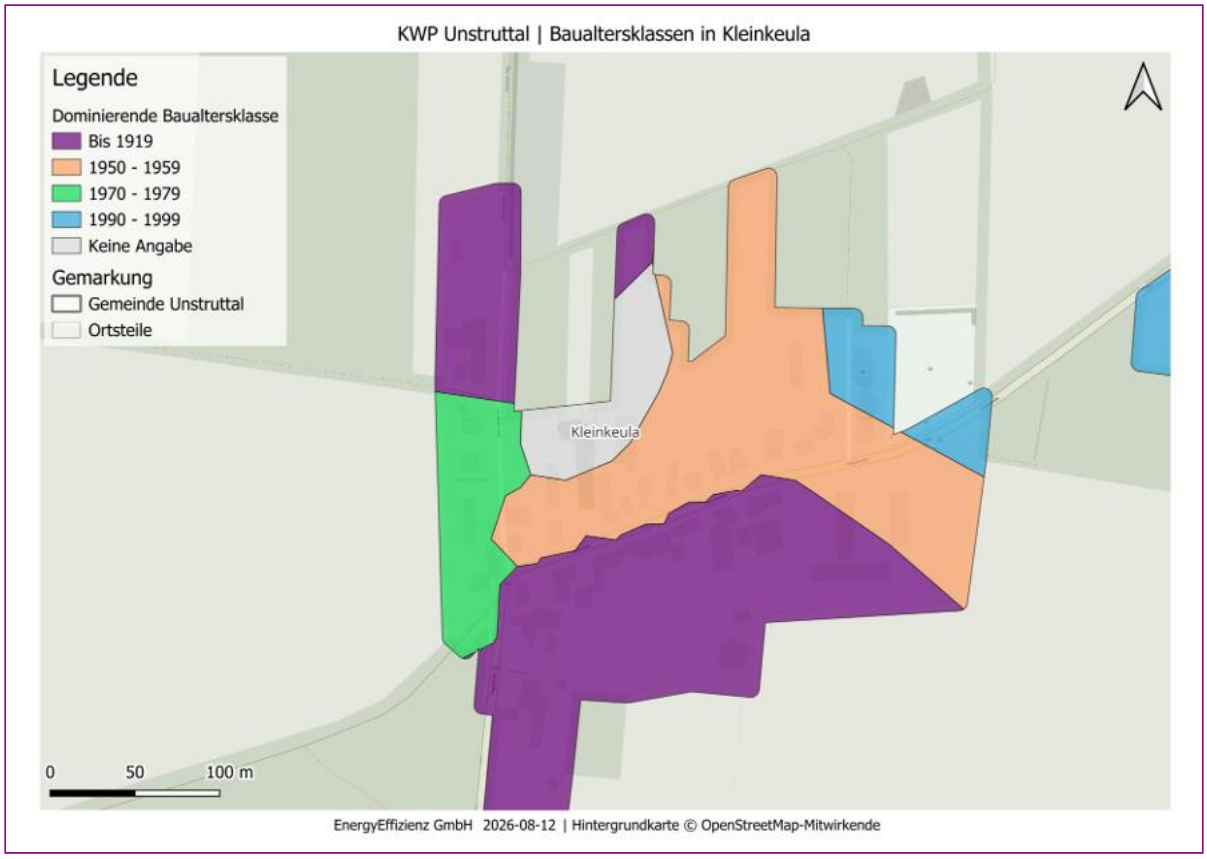


Abbildung Anhang 56: Ortsteil Kleinkeula: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

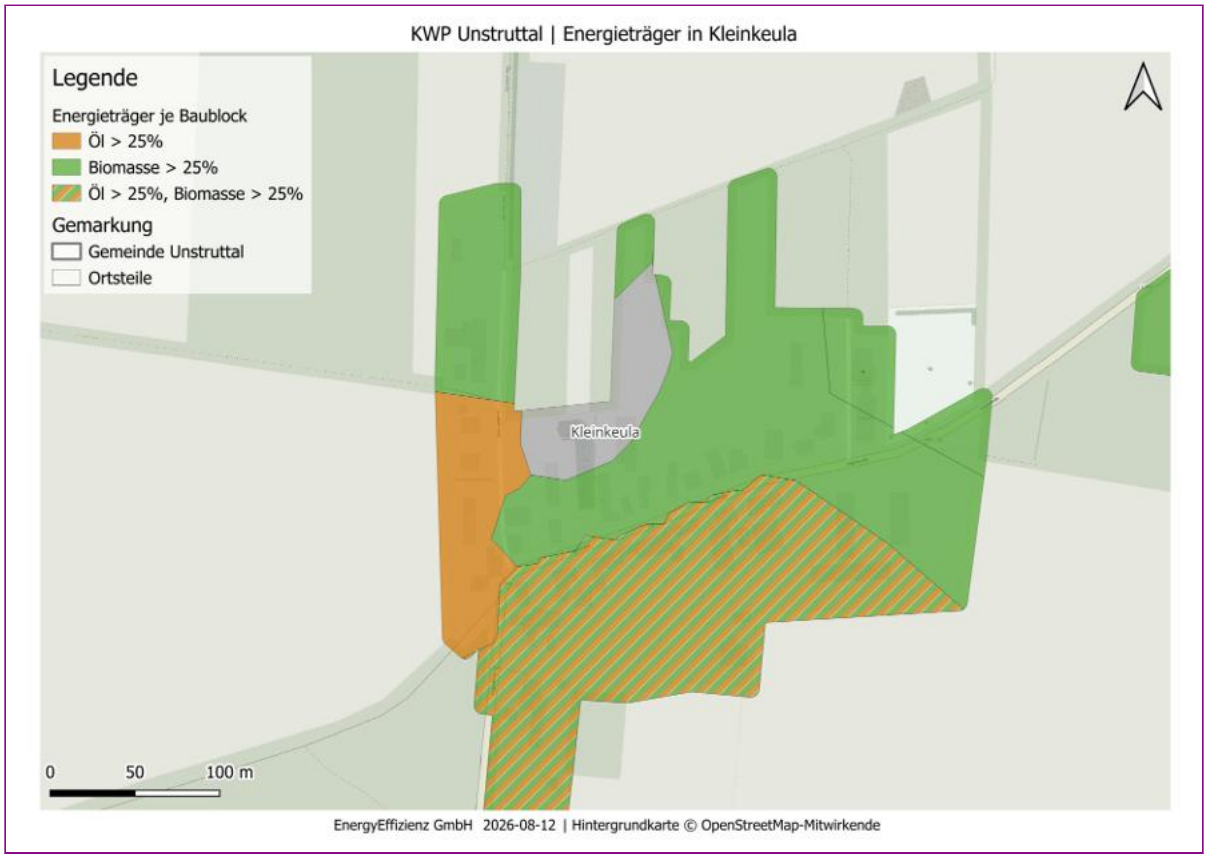


Abbildung Anhang 57: Ortsteil Kleinkeula: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

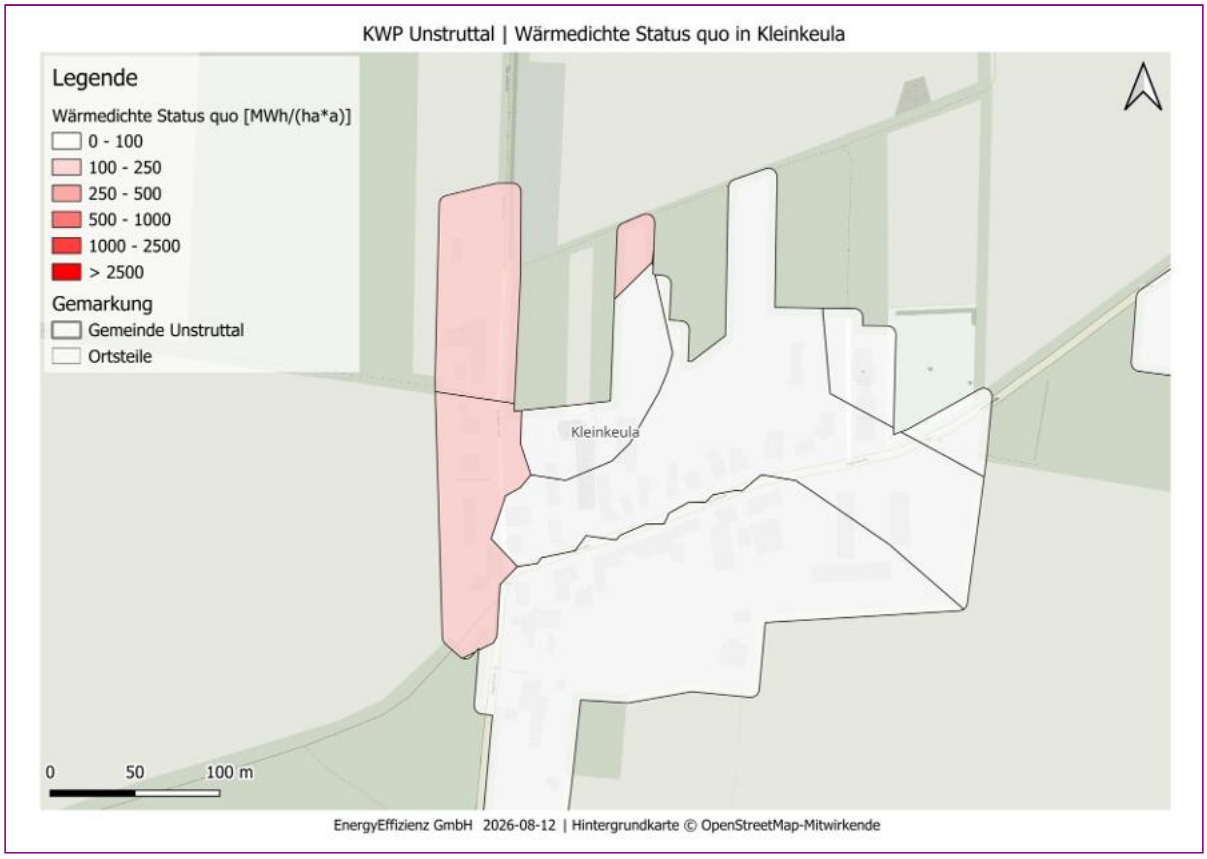


Abbildung Anhang 58: Ortsteil Kleinkeula: Wärmedichte je Baublock im Status quo

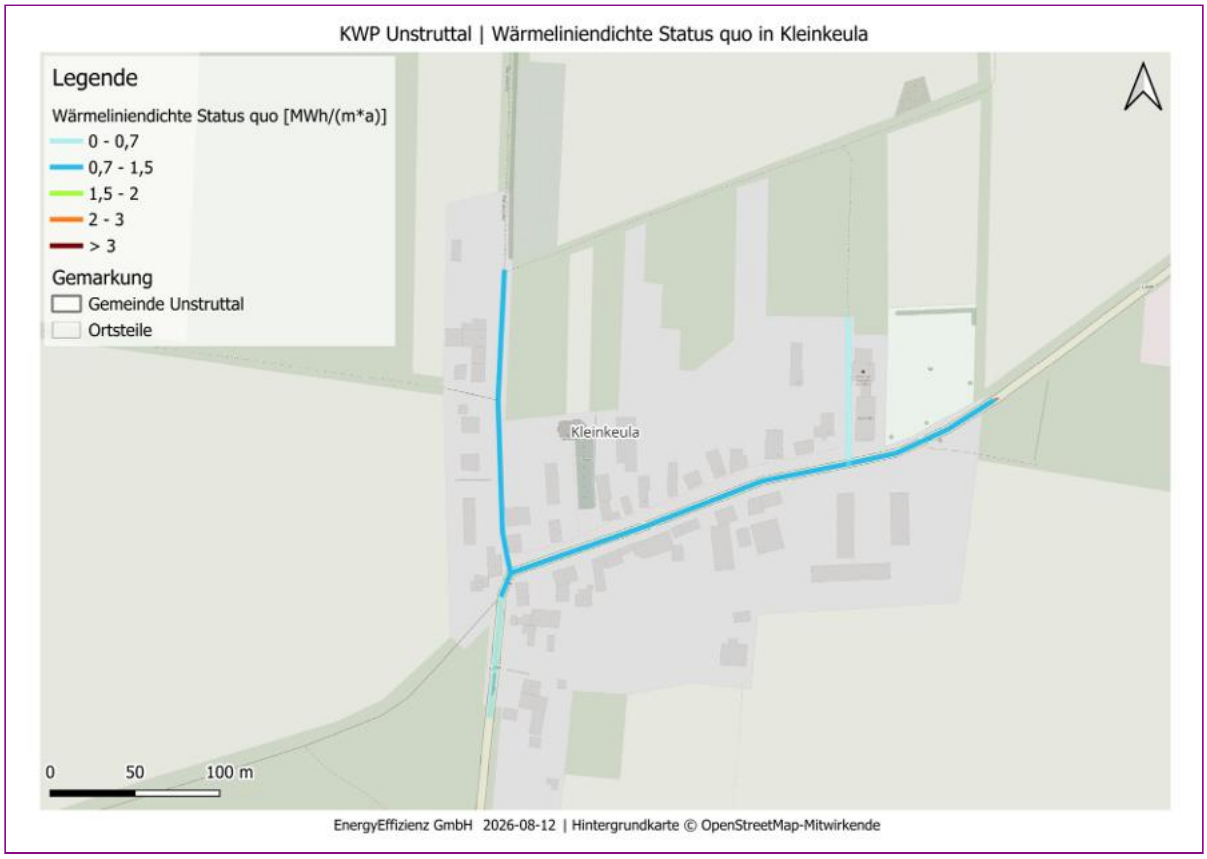


Abbildung Anhang 59: Ortsteil Kleinkeula: Wärmeliniendichte im Status quo

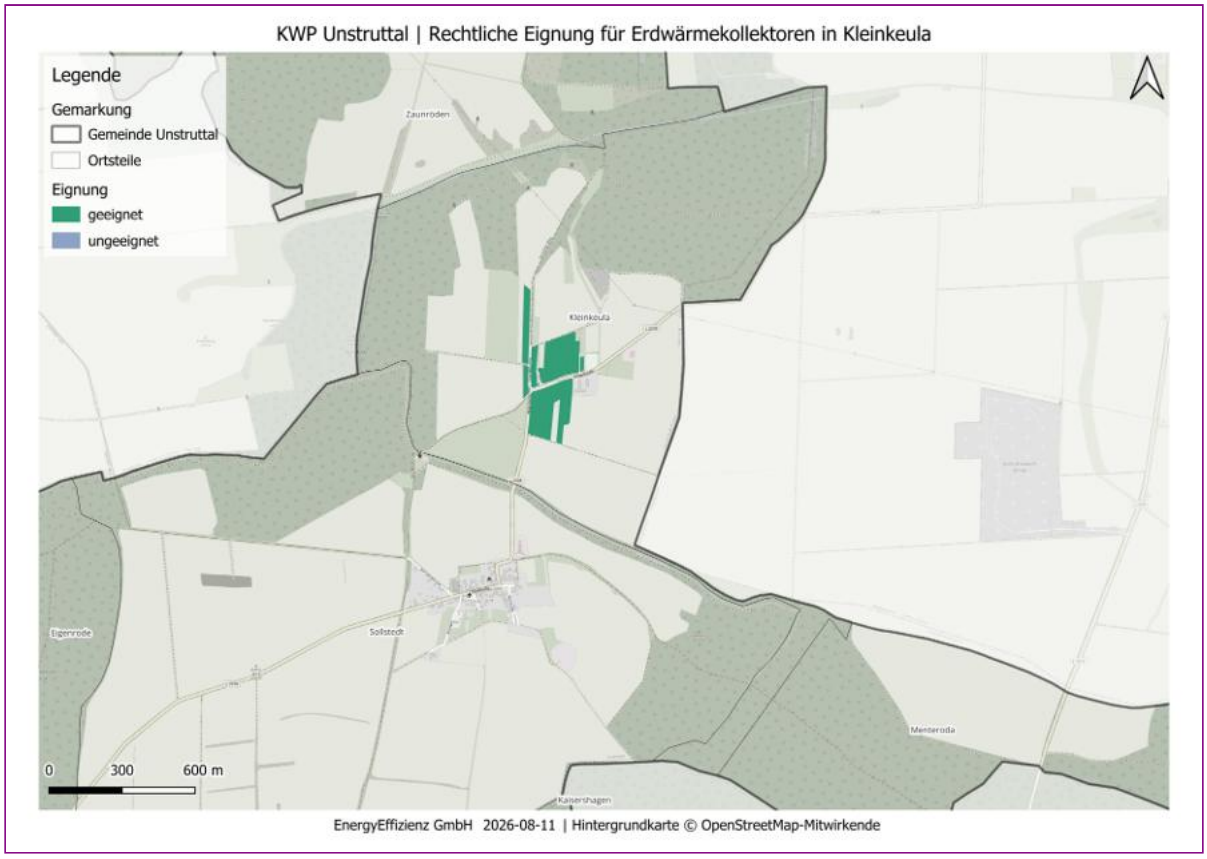


Abbildung Anhang 60: Ortsteil Kleinkeula: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

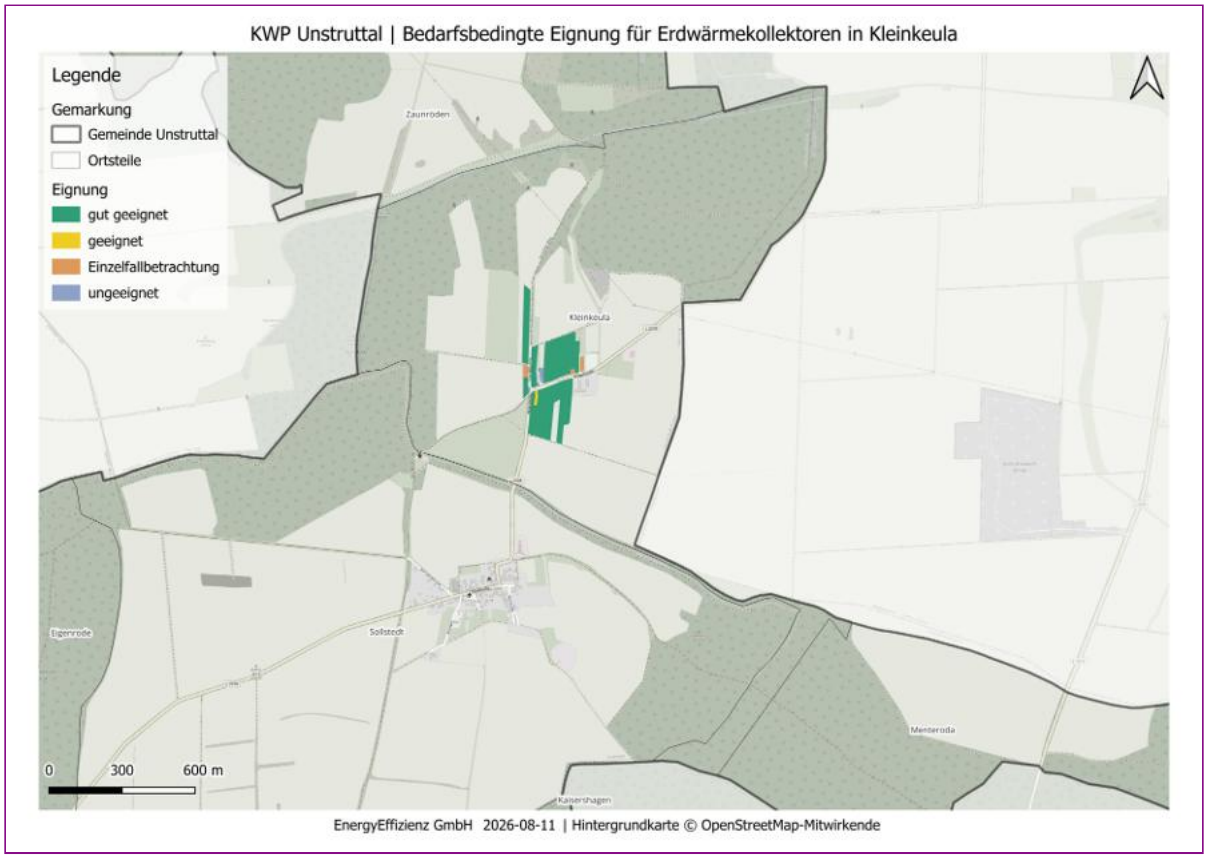


Abbildung Anhang 61: Ortsteil Kleinkeula: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

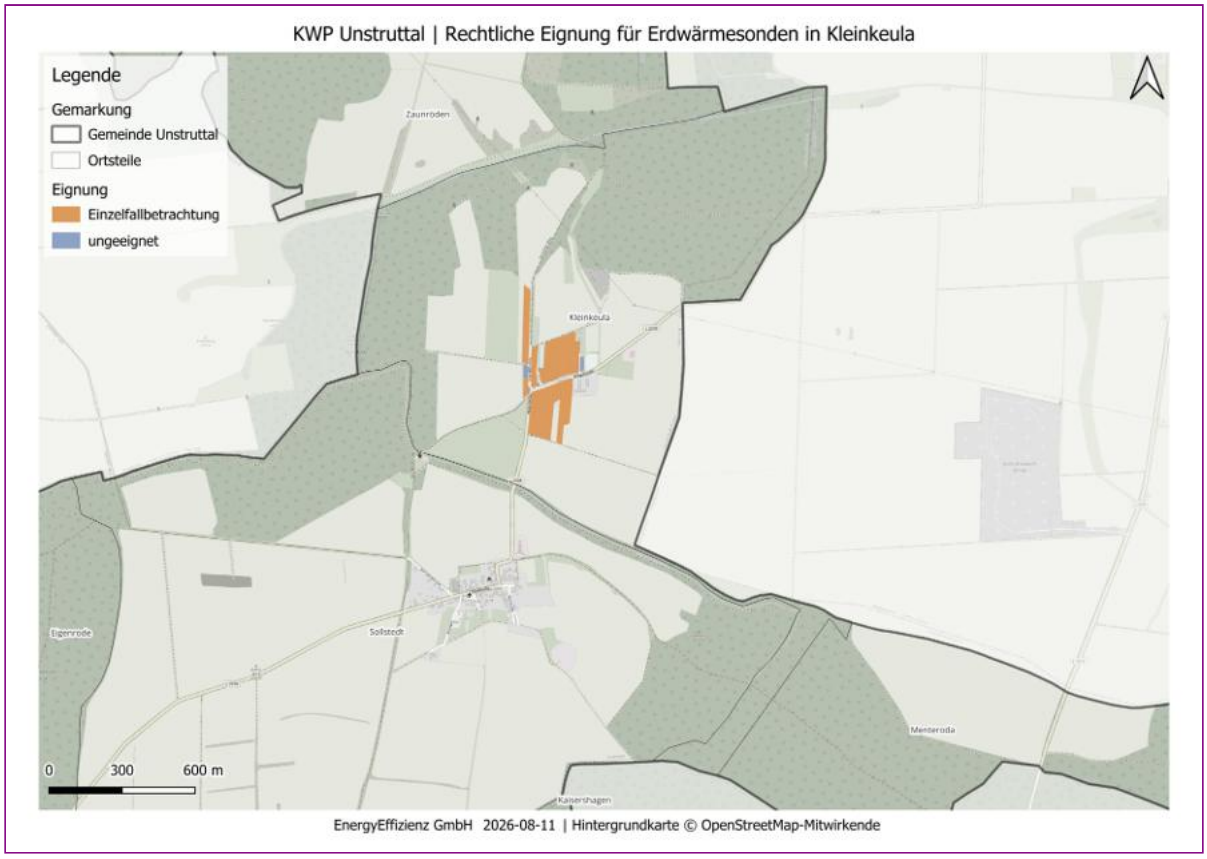


Abbildung Anhang 62: Ortsteil Kleinkeula: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

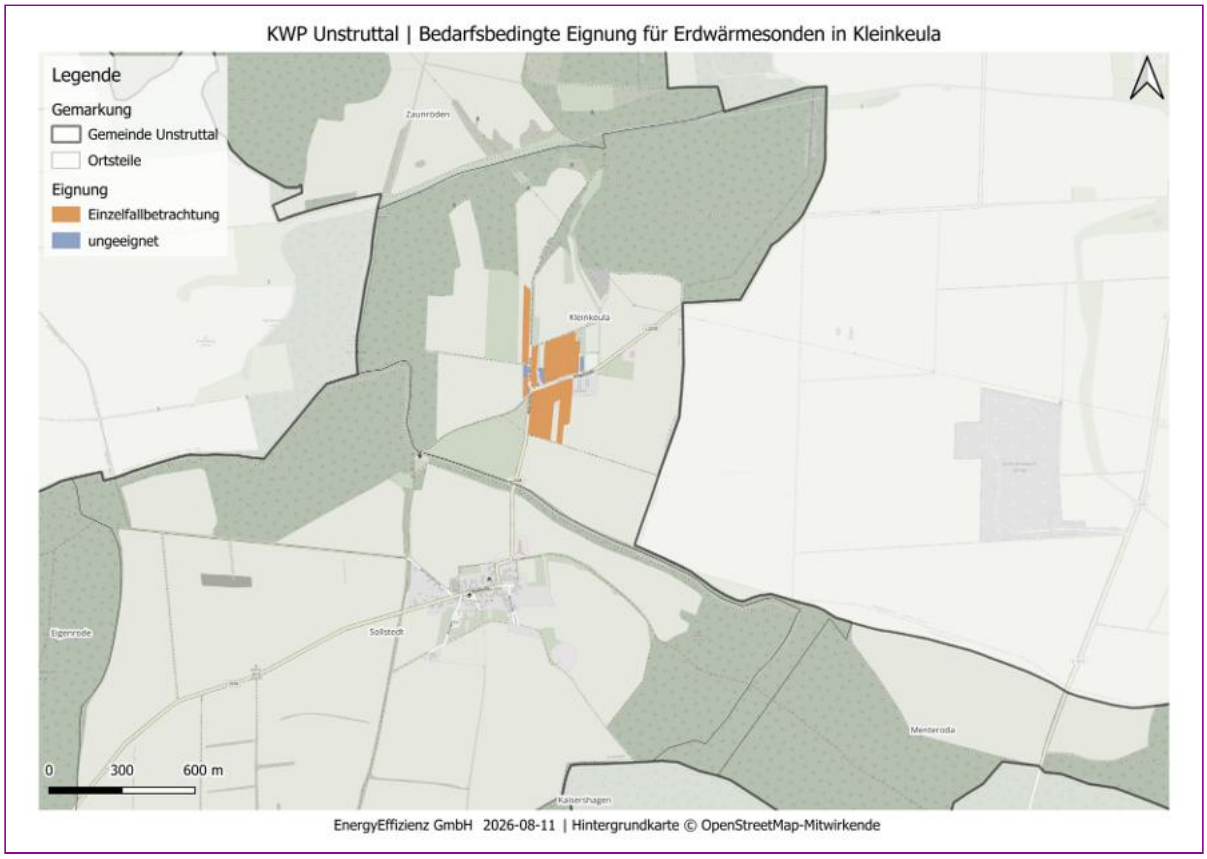


Abbildung Anhang 63: Ortsteil Kleinkeula: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang I: Lengefeld

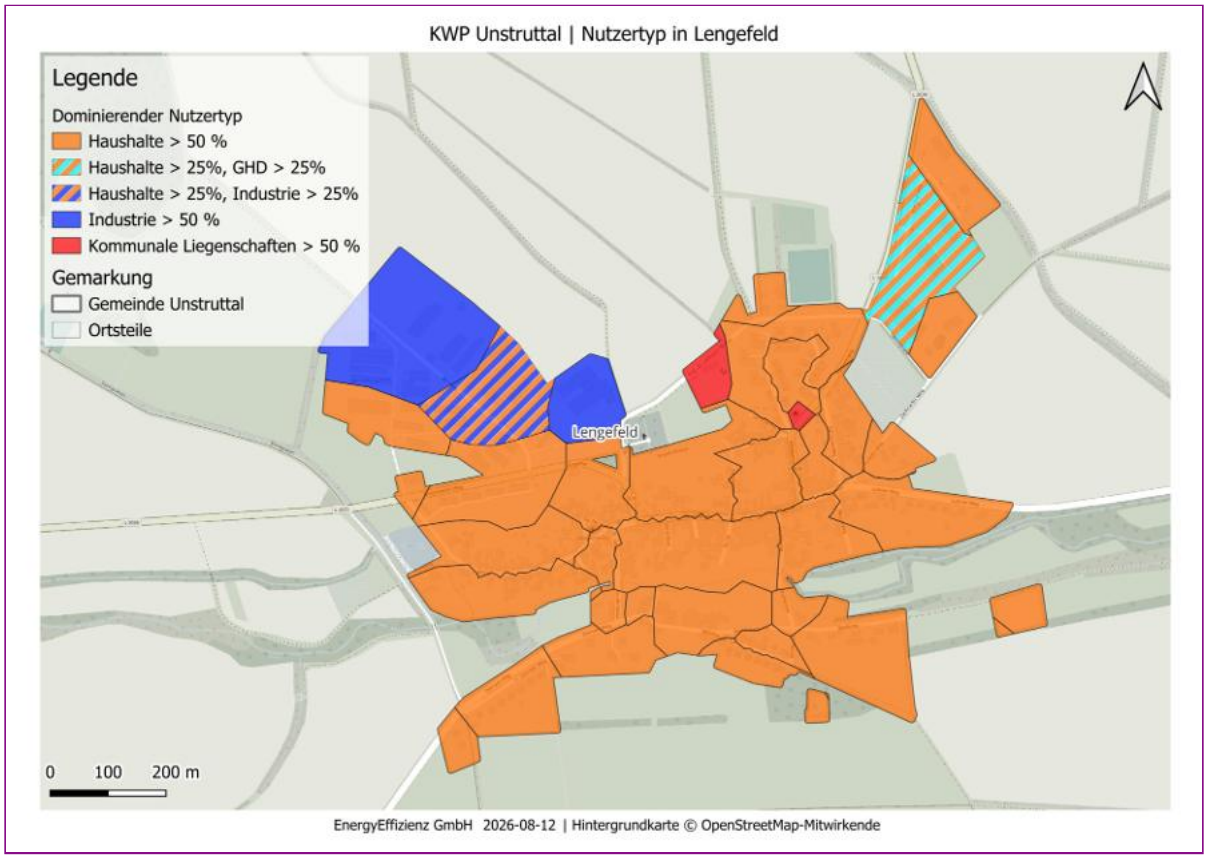


Abbildung Anhang 64: Ortsteil Lengefeld: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

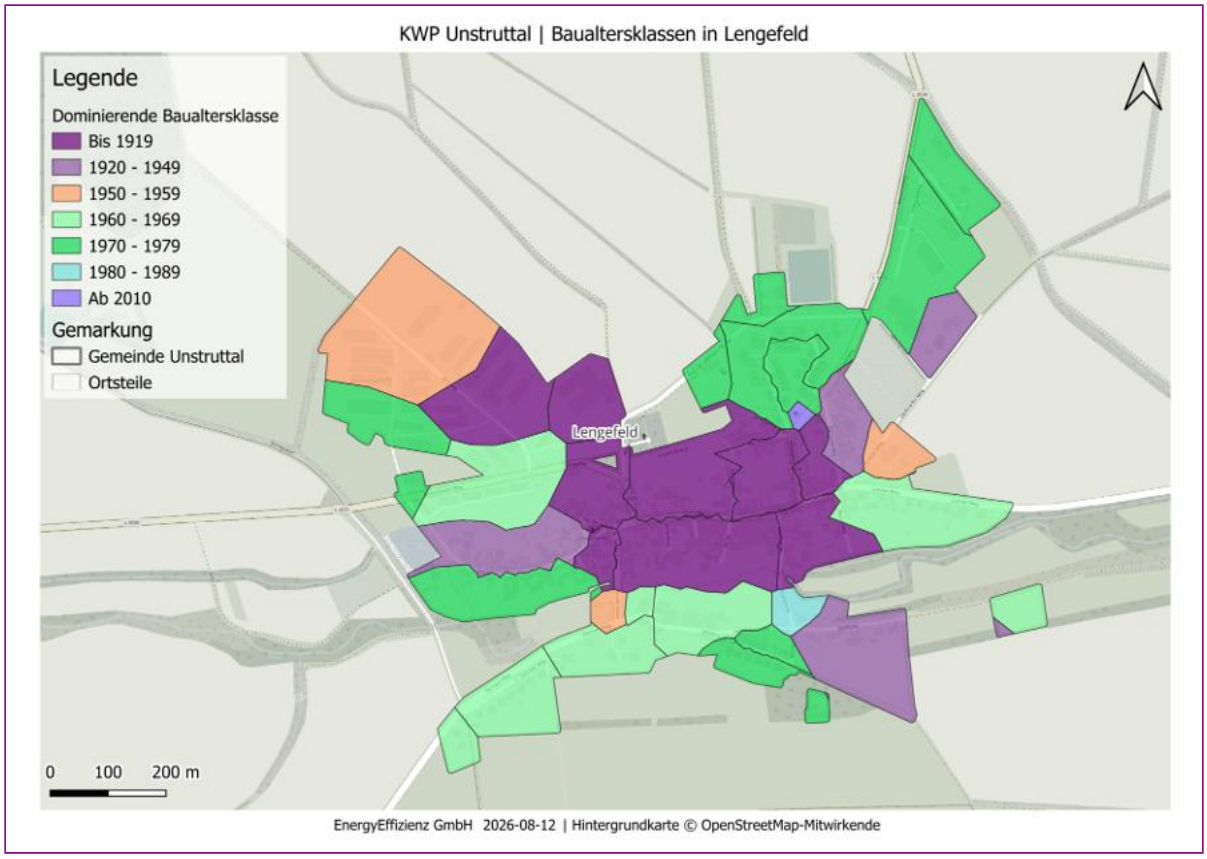


Abbildung Anhang 65: Ortsteil Lengefeld: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

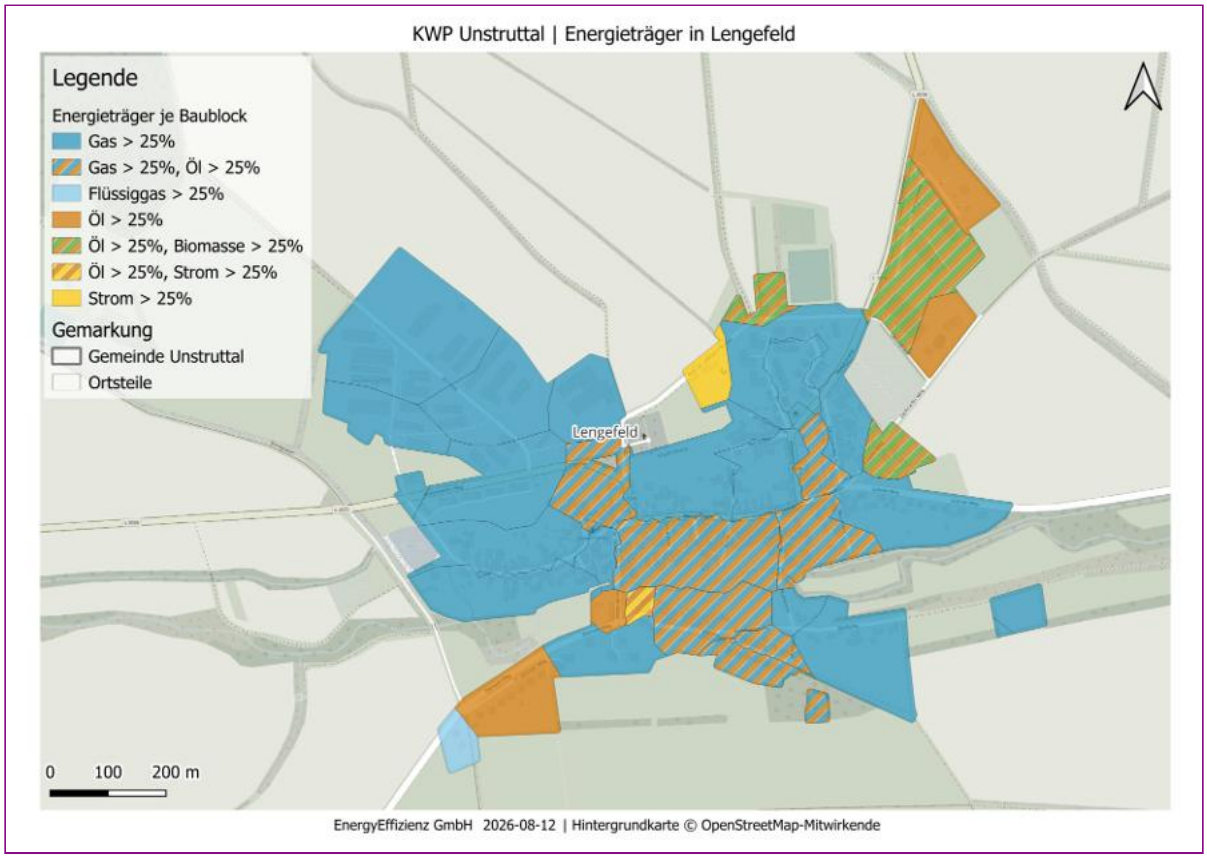


Abbildung Anhang 66: Ortsteil Lengefeld: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

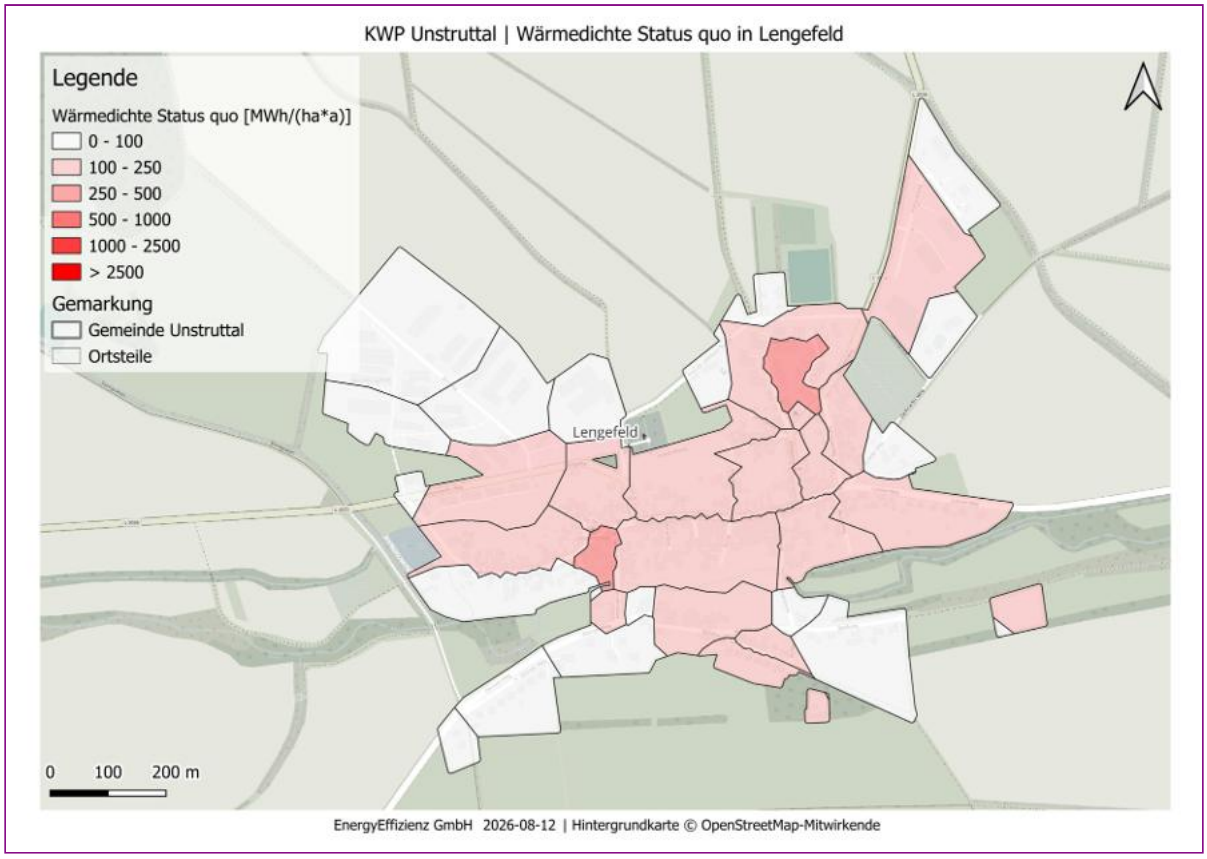


Abbildung Anhang 67: Ortsteil Lengefeld: Wärmedichte je Baublock im Status quo

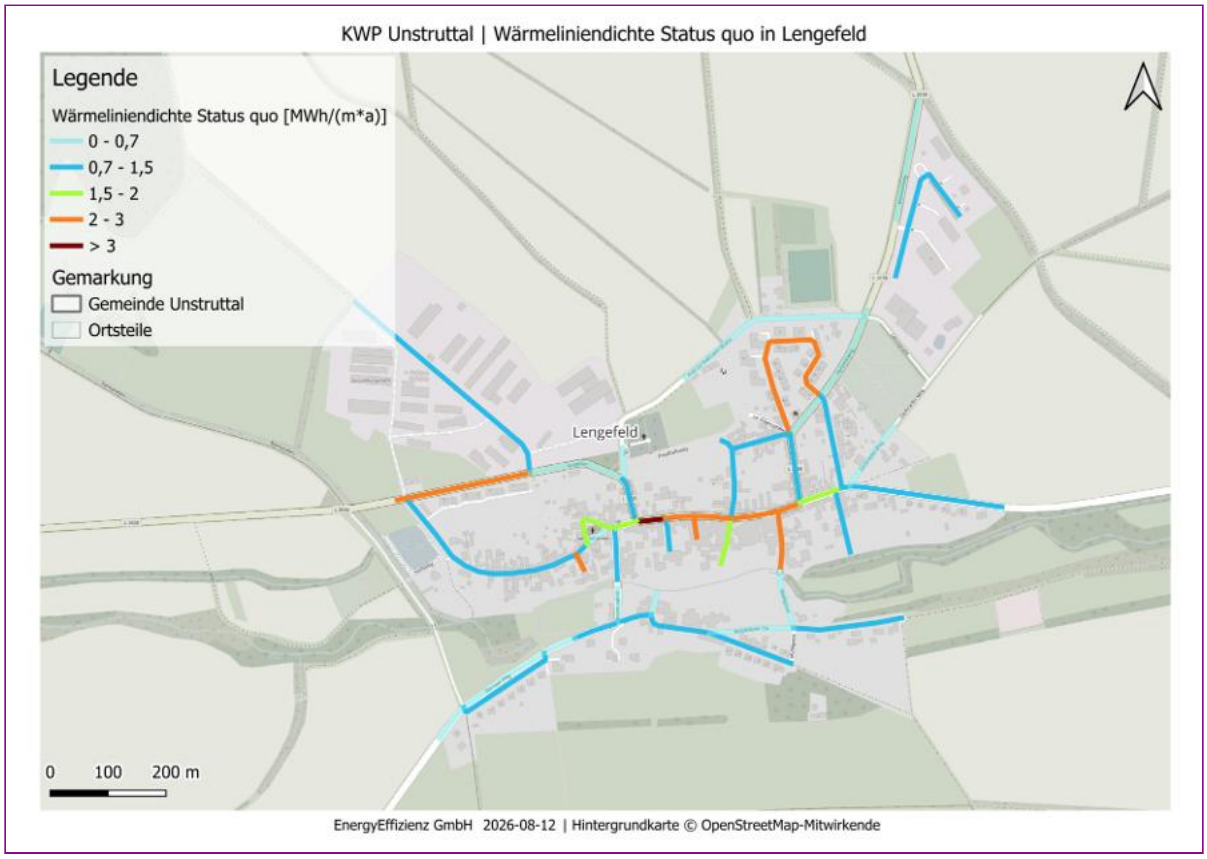


Abbildung Anhang 68: Ortsteil Lengefeld: Wärmeliniendichte im Status quo

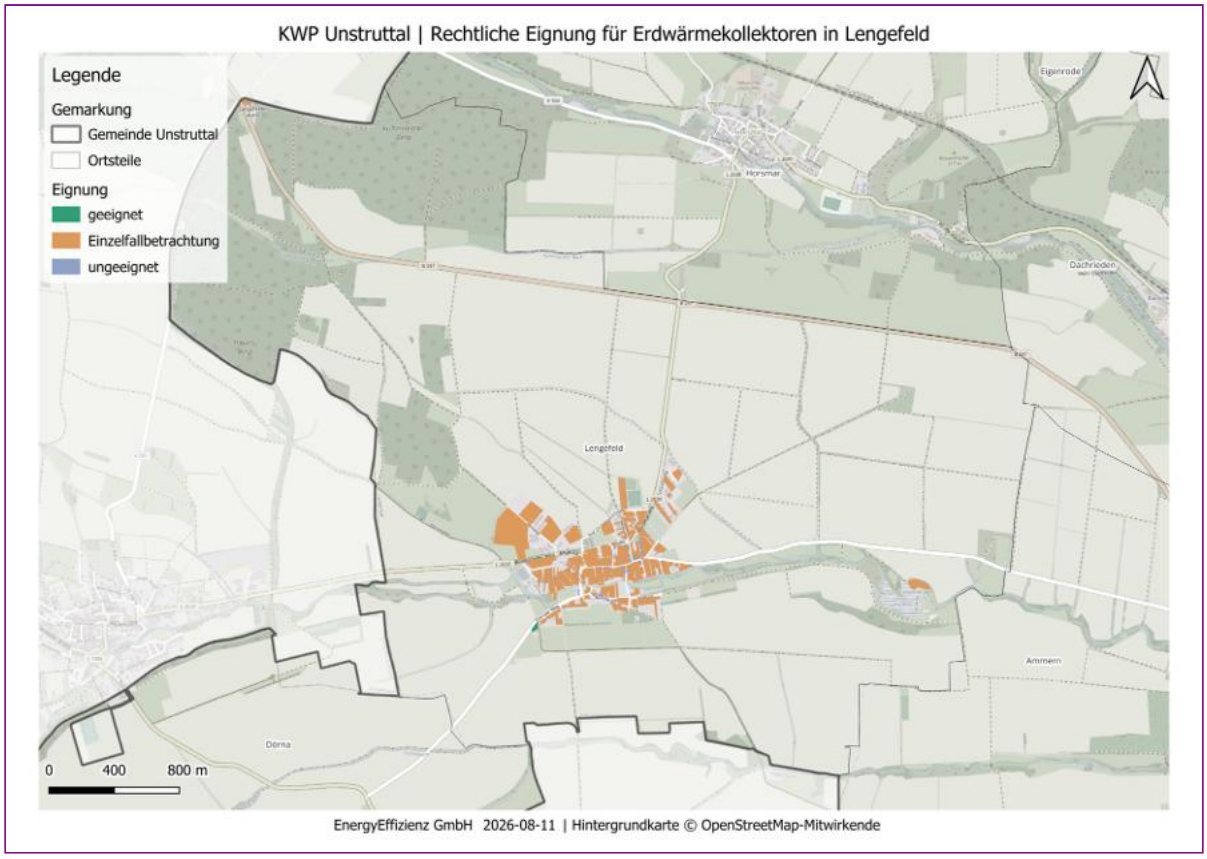


Abbildung Anhang 69: Ortsteil Lengefeld: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

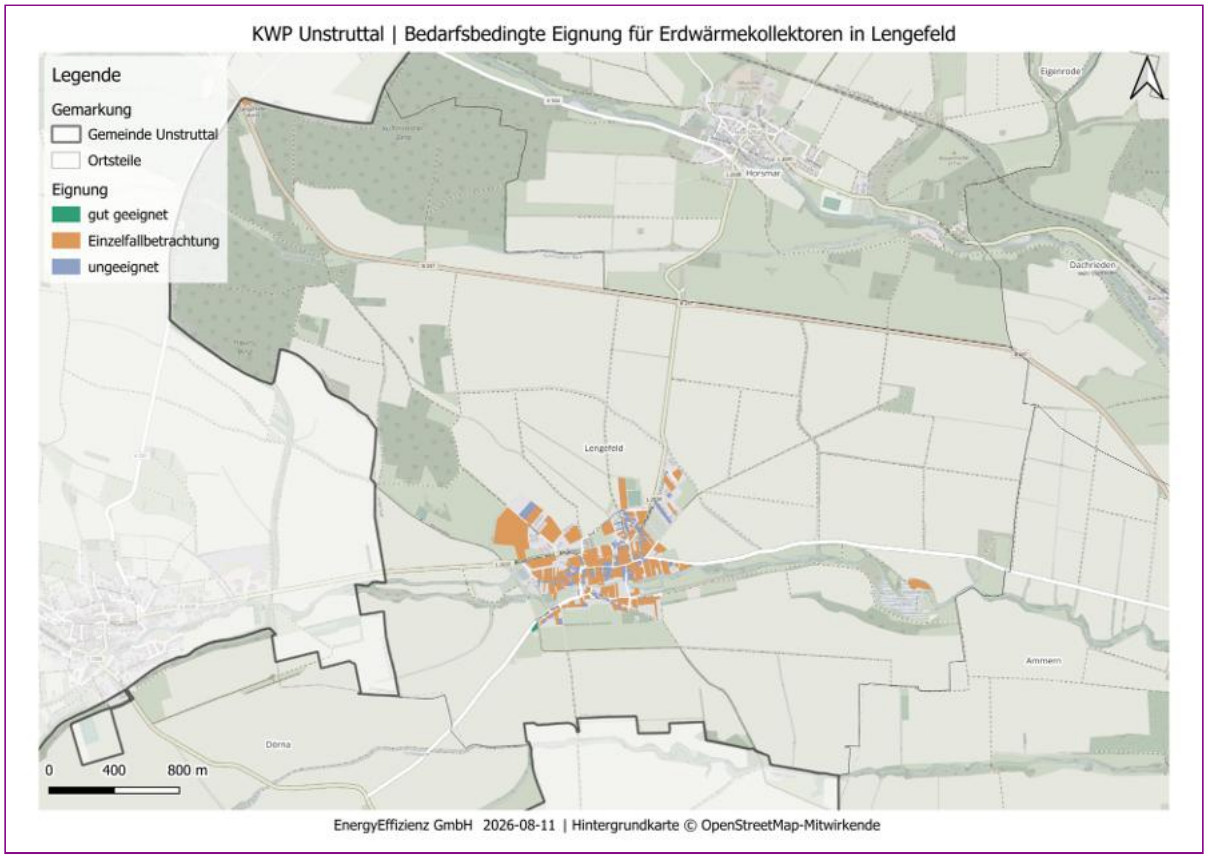


Abbildung Anhang 70: Ortsteil Lengefeld: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

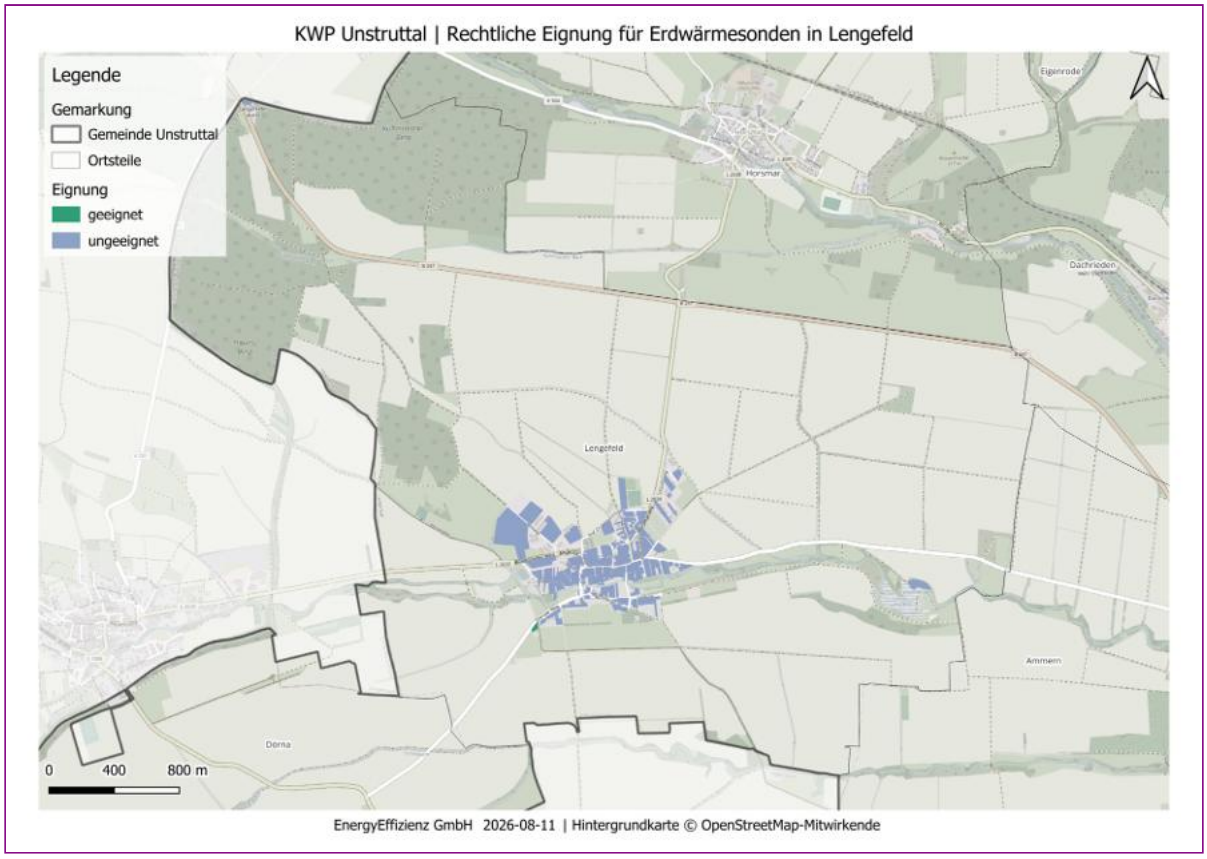


Abbildung Anhang 71: Ortsteil Lengefeld: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

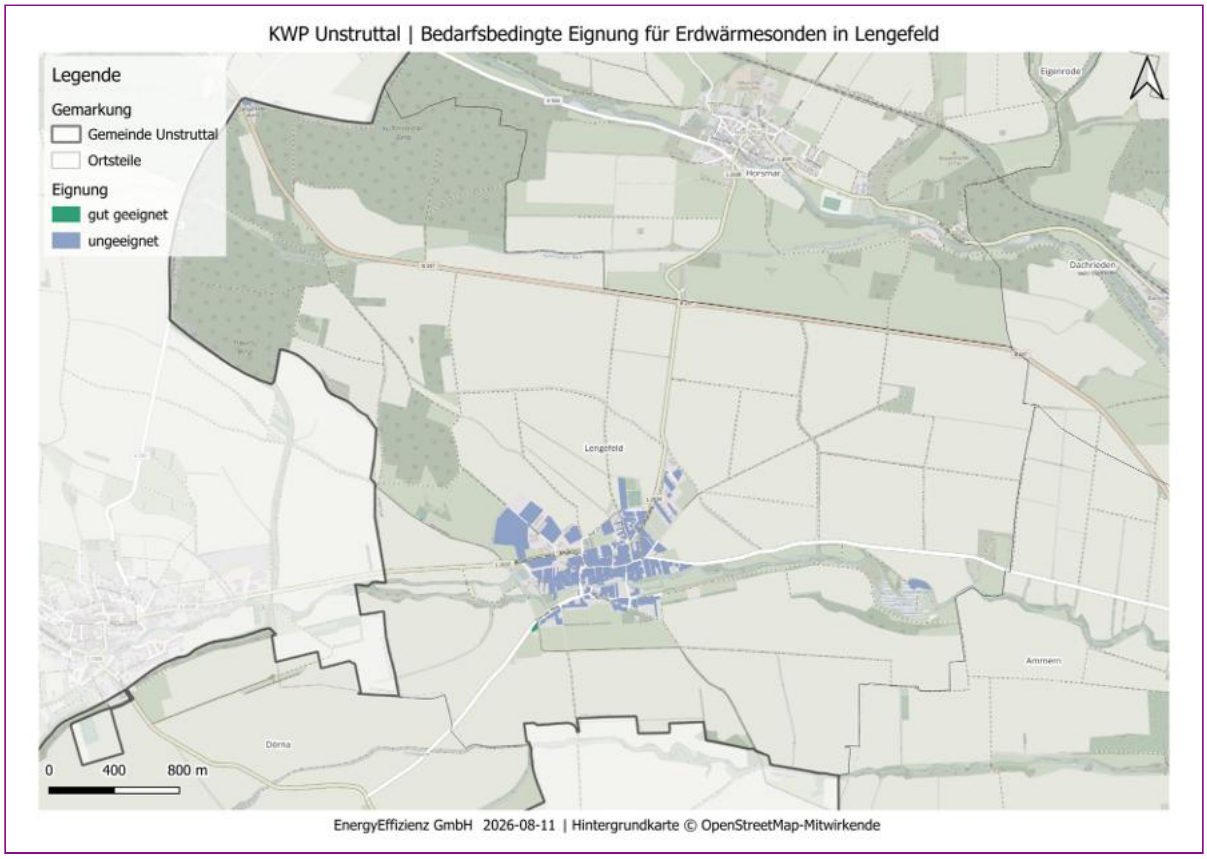


Abbildung Anhang 72: Ortsteil Lengefeld: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang J: Menteroda

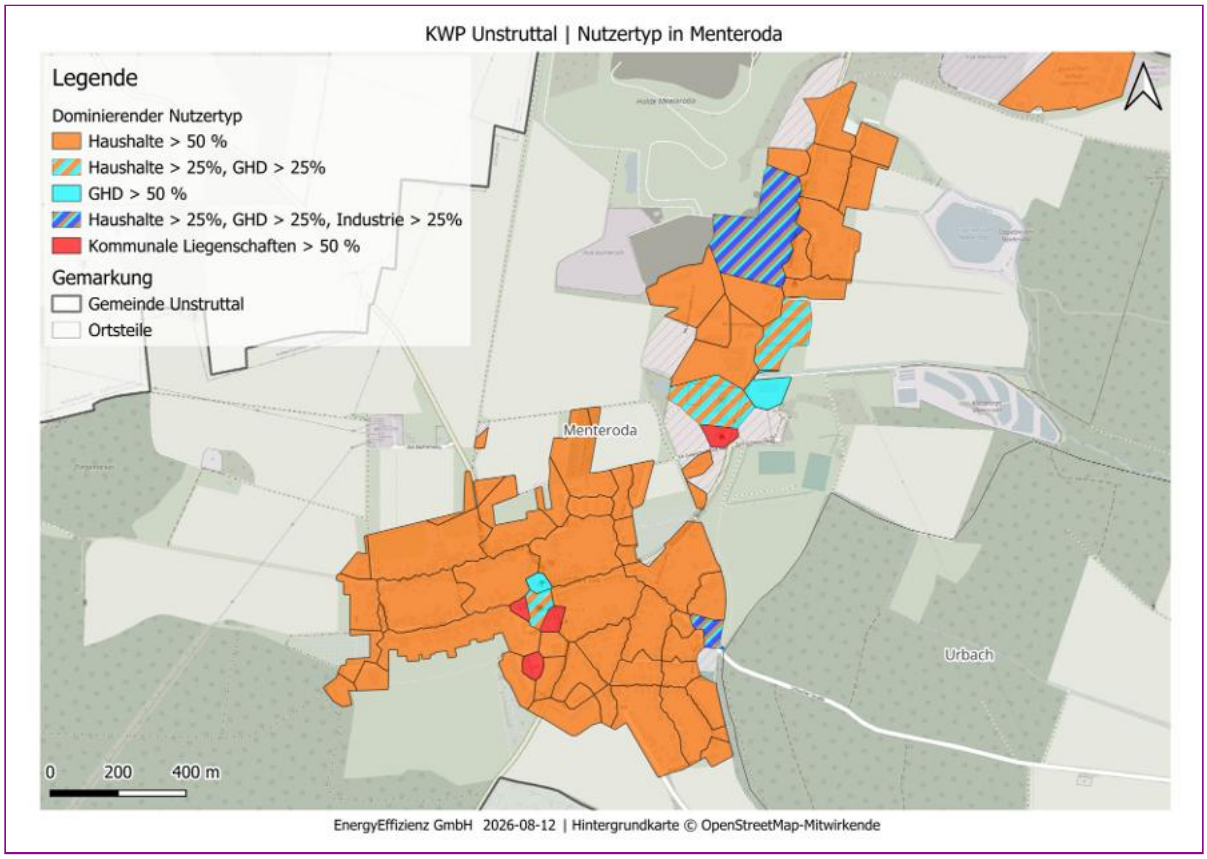


Abbildung Anhang 73: Ortsteil Menteroda: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

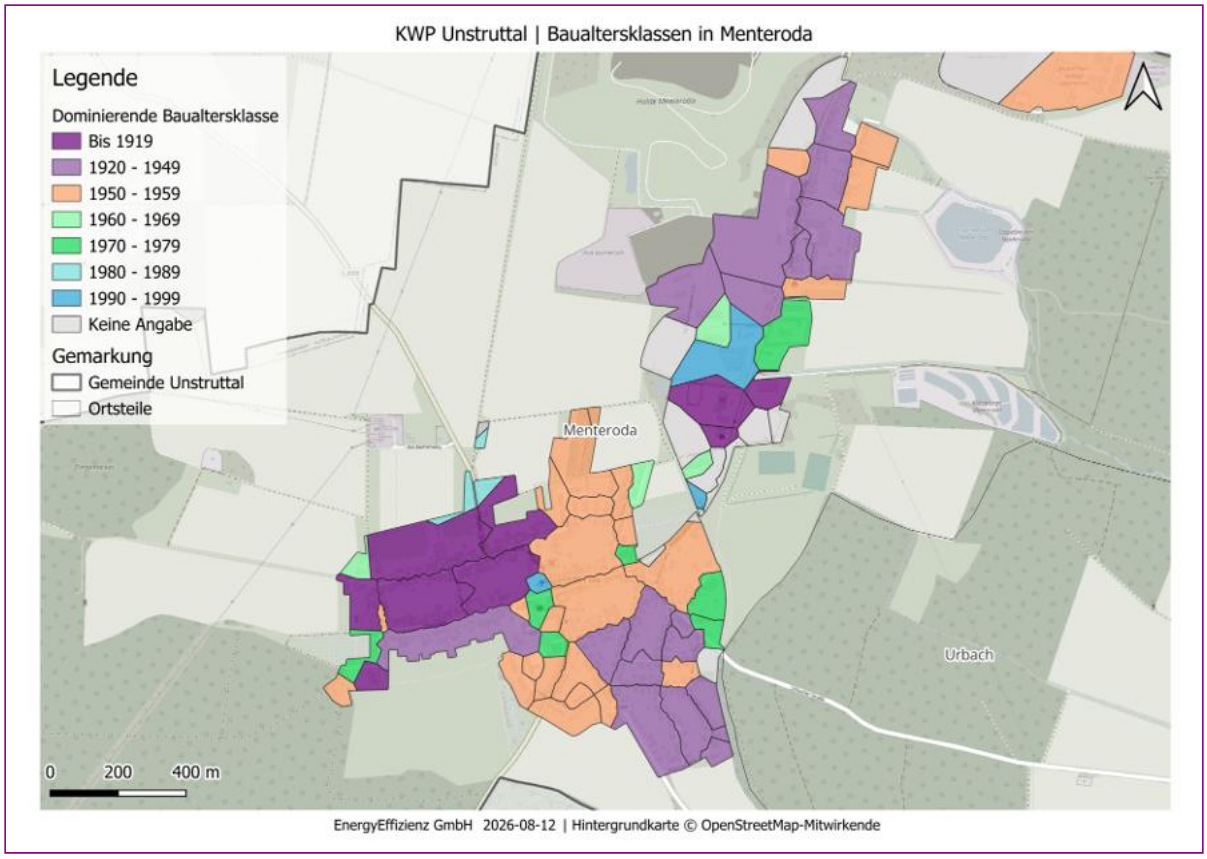


Abbildung Anhang 74: Ortsteil Menteroda: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

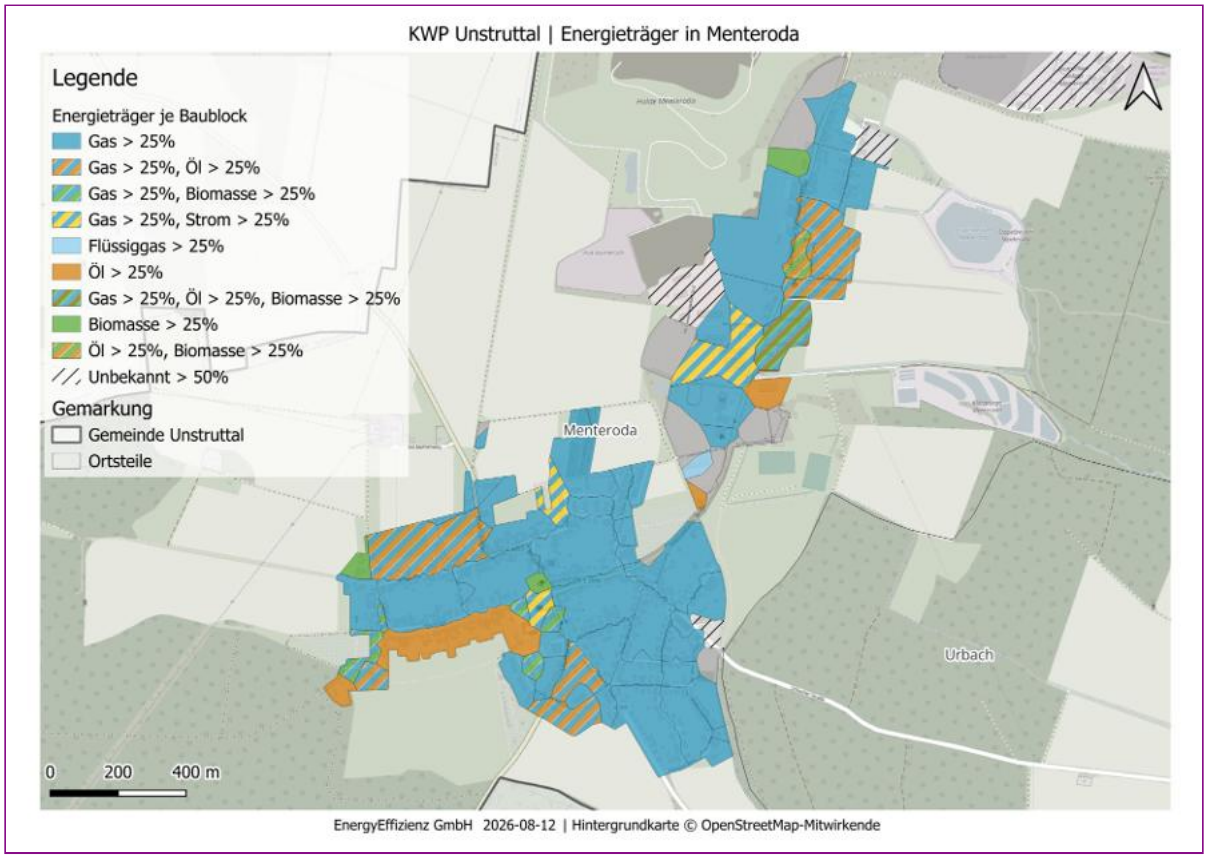


Abbildung Anhang 75: Ortsteil Menteroda: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

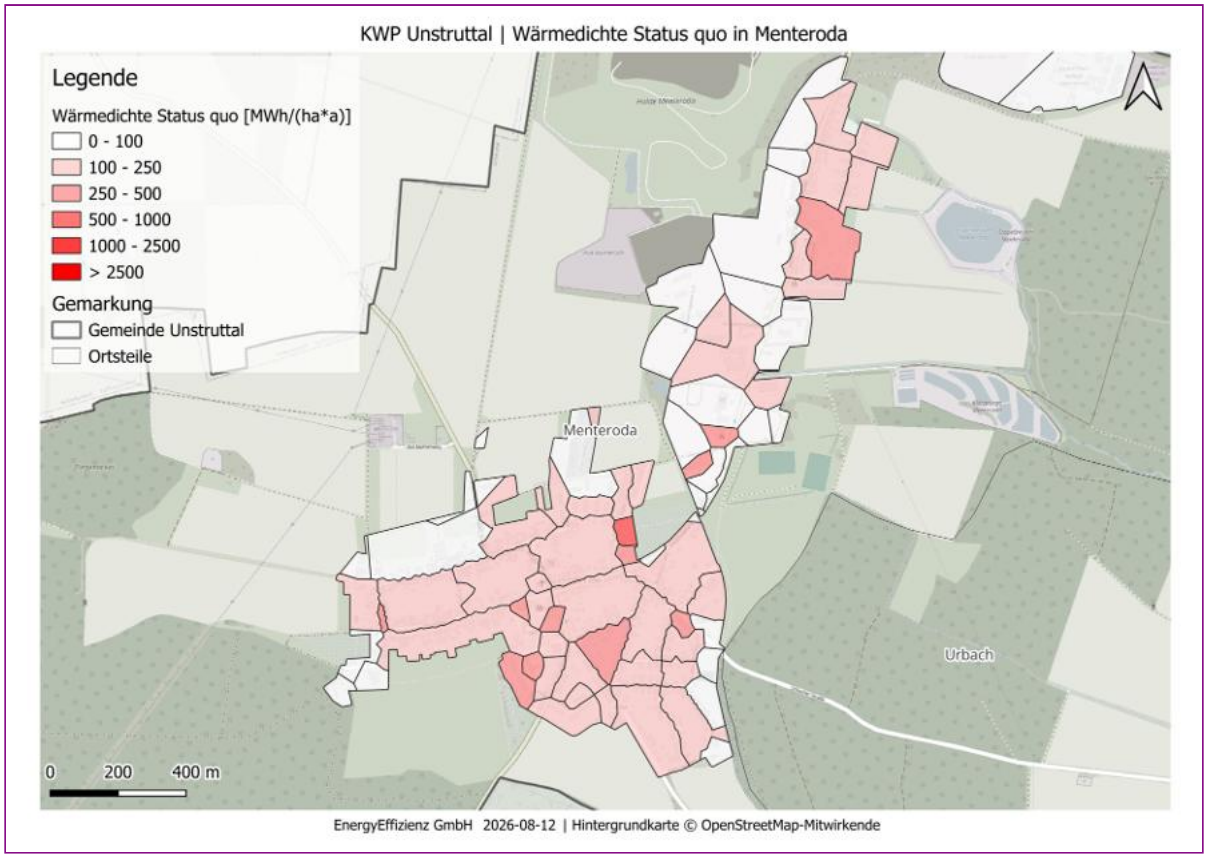


Abbildung Anhang 76: Ortsteil Menteroda: Wärmedichte je Baublock im Status quo

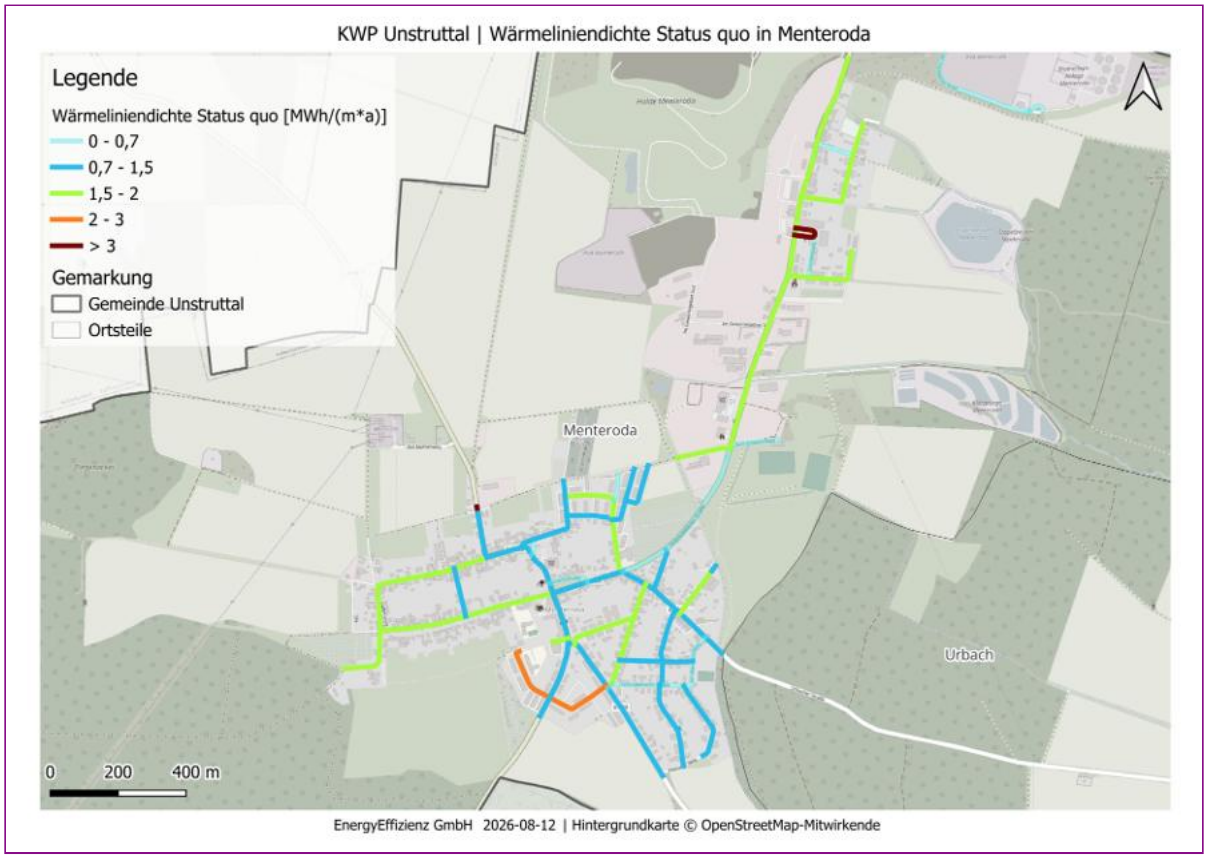


Abbildung Anhang 77: Ortsteil Menteroda: Wärmeliniendichte im Status quo

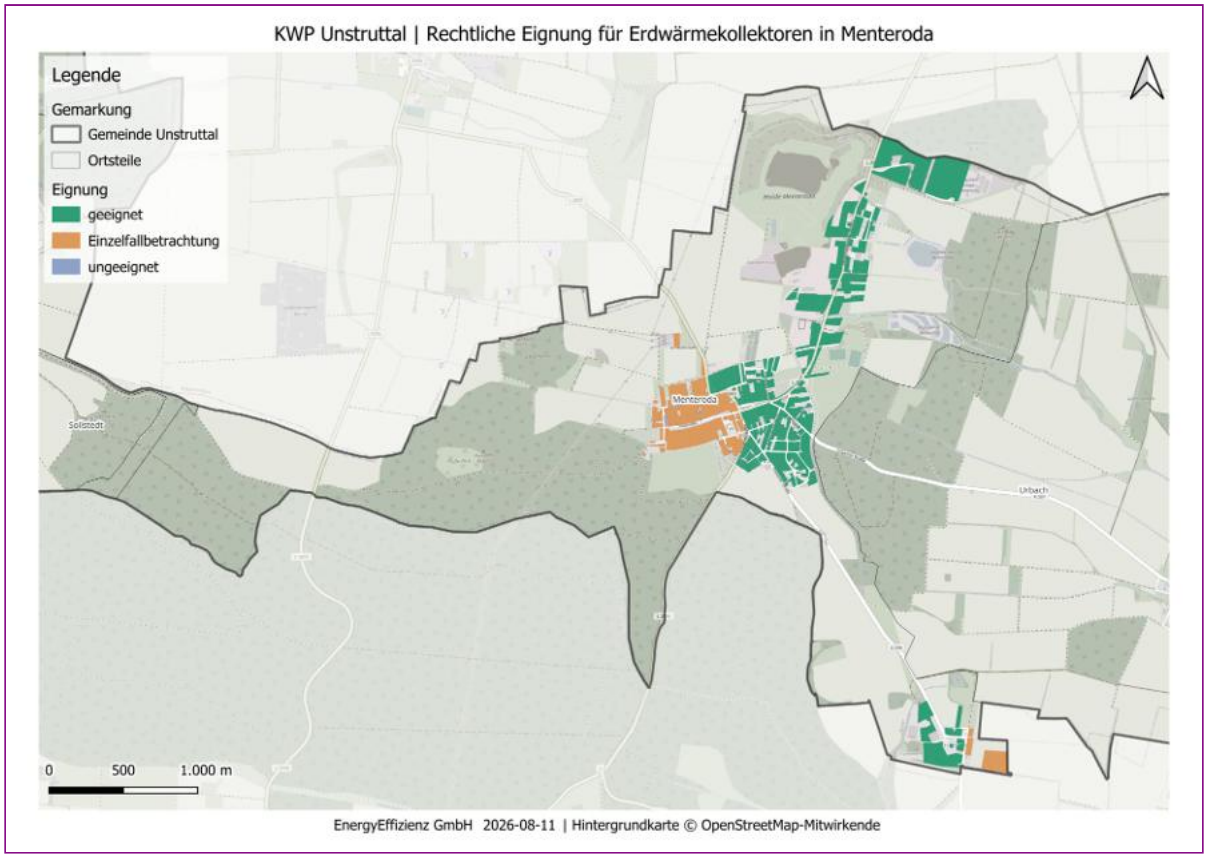


Abbildung Anhang 78: Ortsteil Menteroda: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

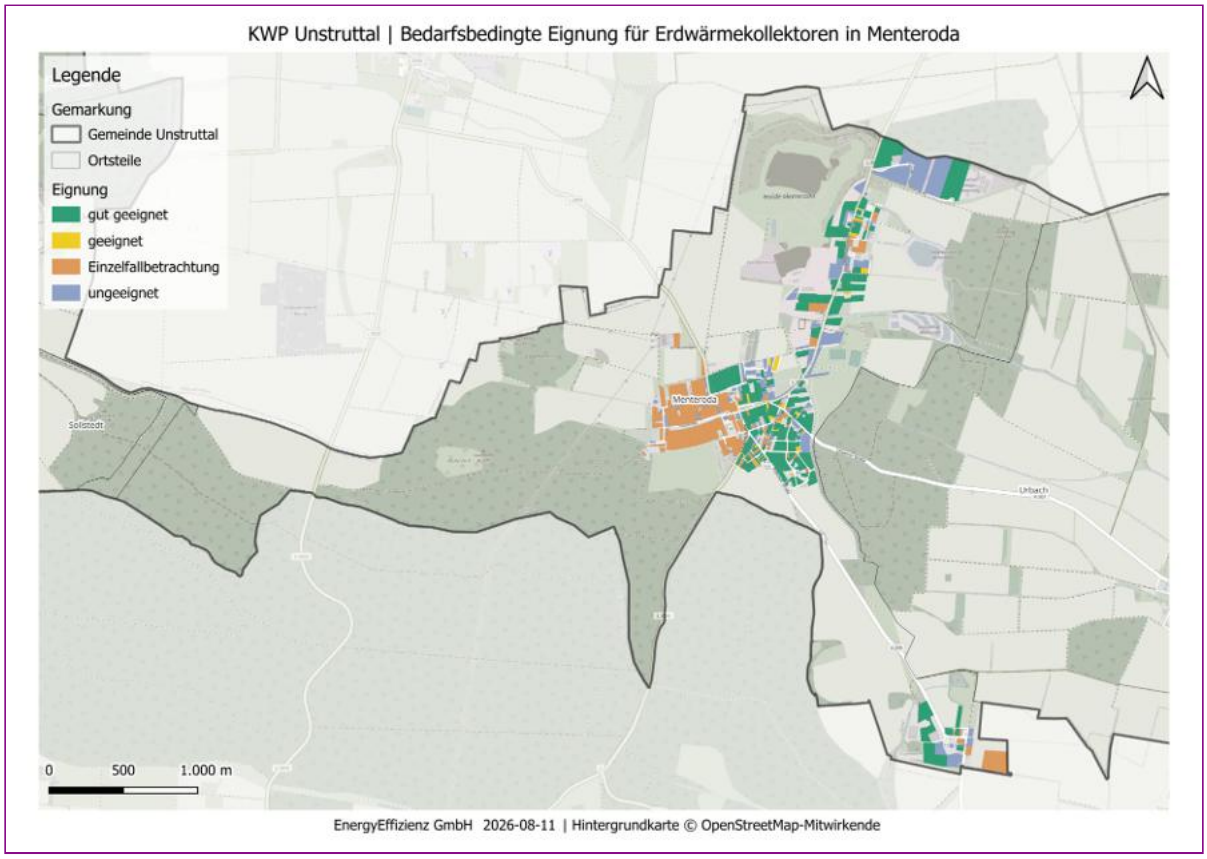


Abbildung Anhang 79: Ortsteil Menteroda: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

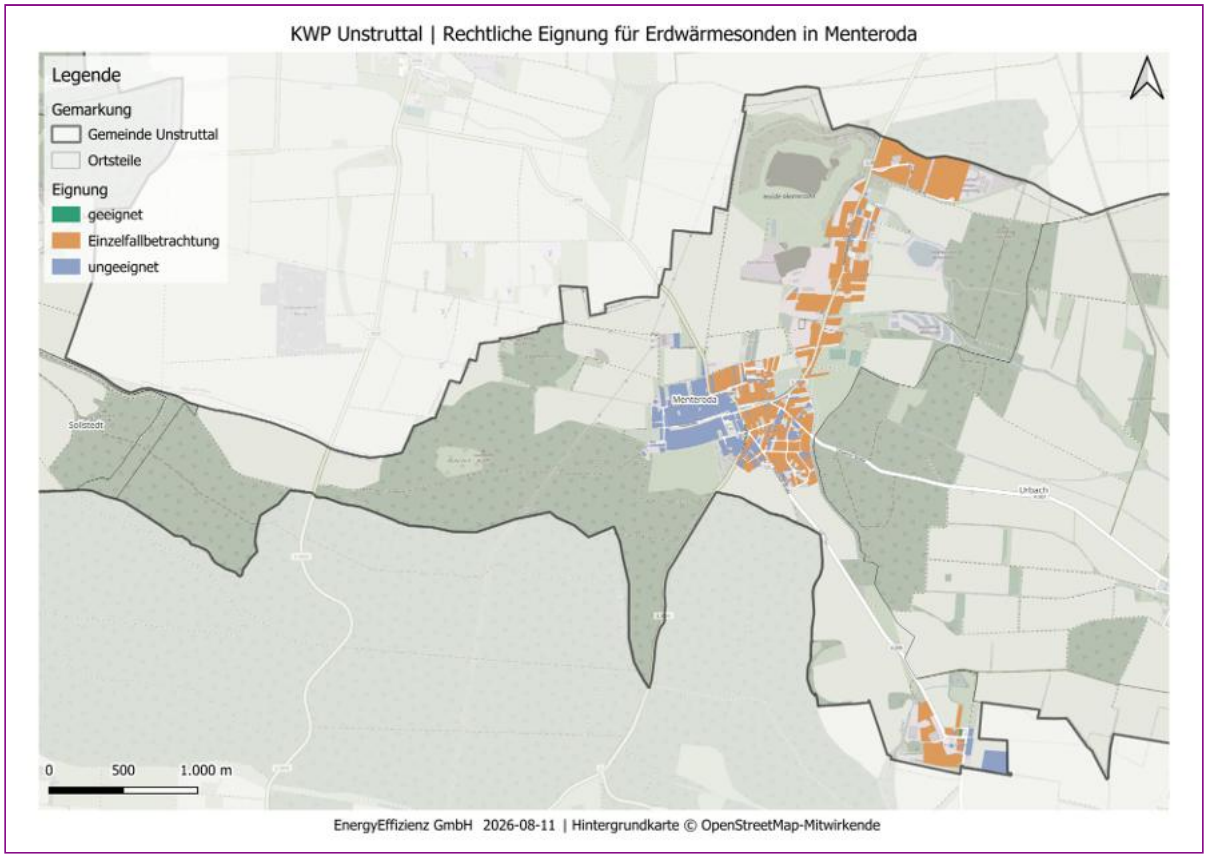


Abbildung Anhang 80: Ortsteil Menteroda: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

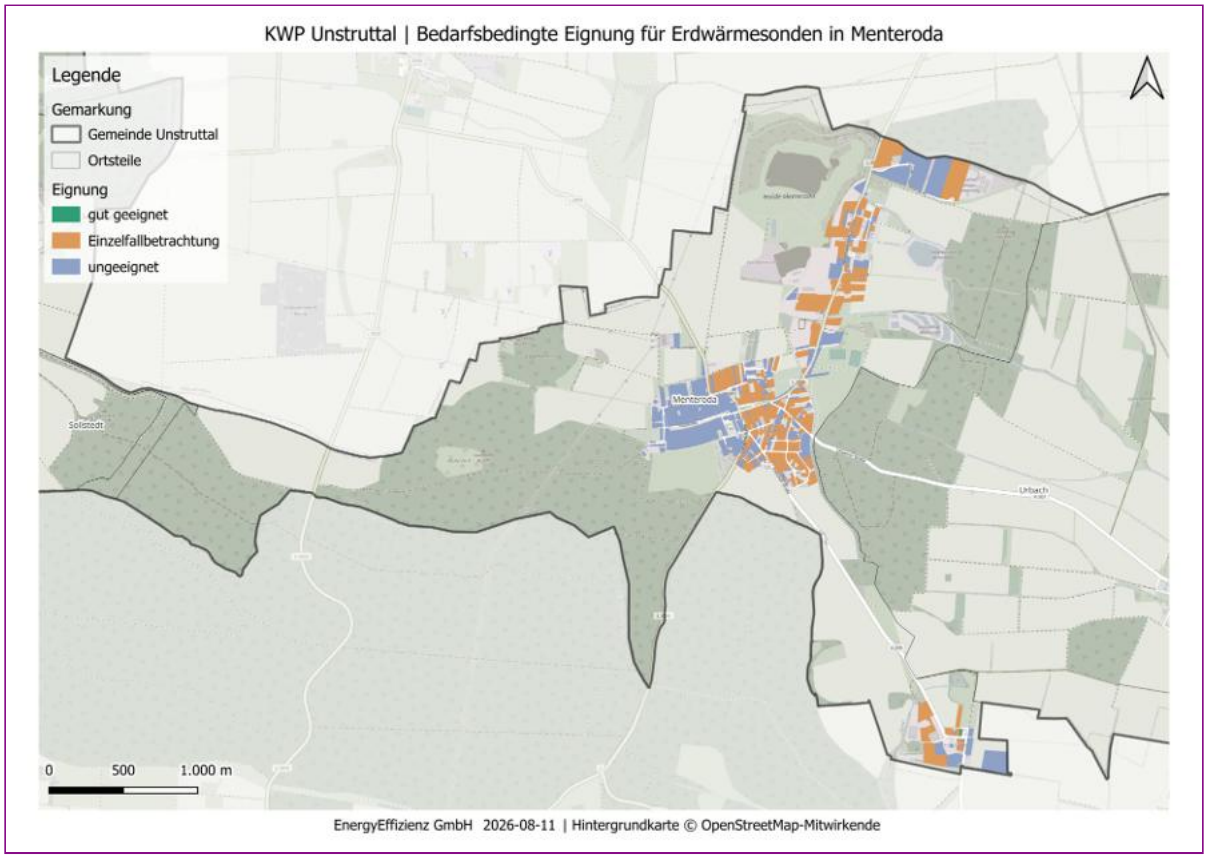


Abbildung Anhang 81: Ortsteil Menteroda: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang K: Reiser

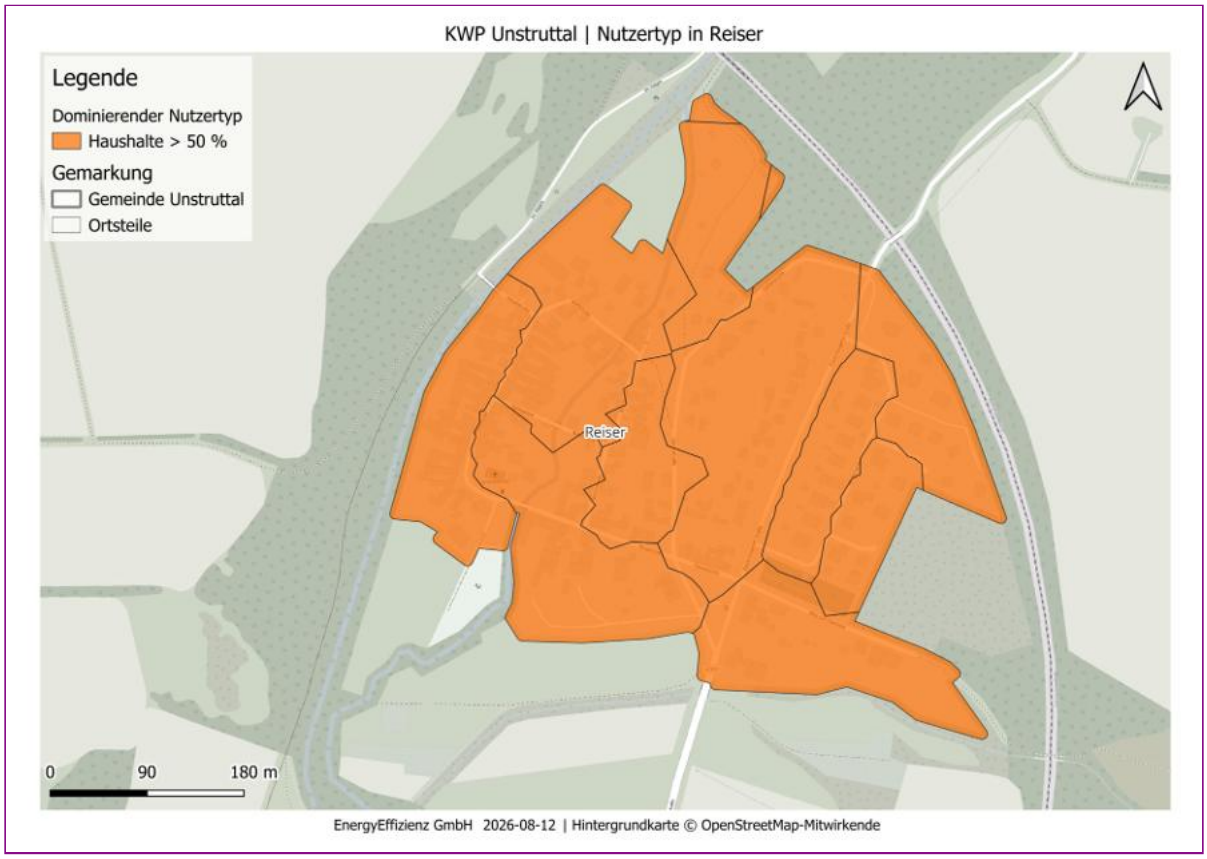


Abbildung Anhang 82: Ortsteil Reiser: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

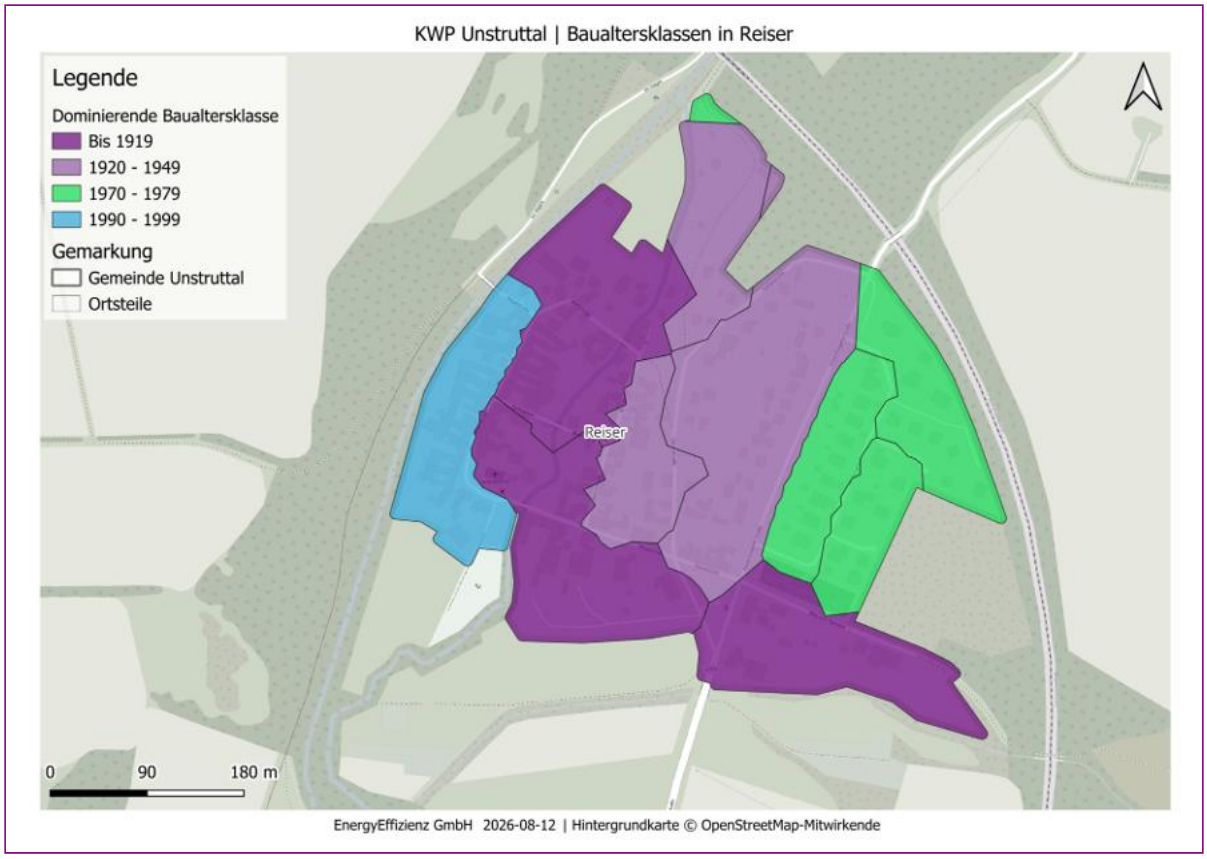


Abbildung Anhang 83: Ortsteil Reiser: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

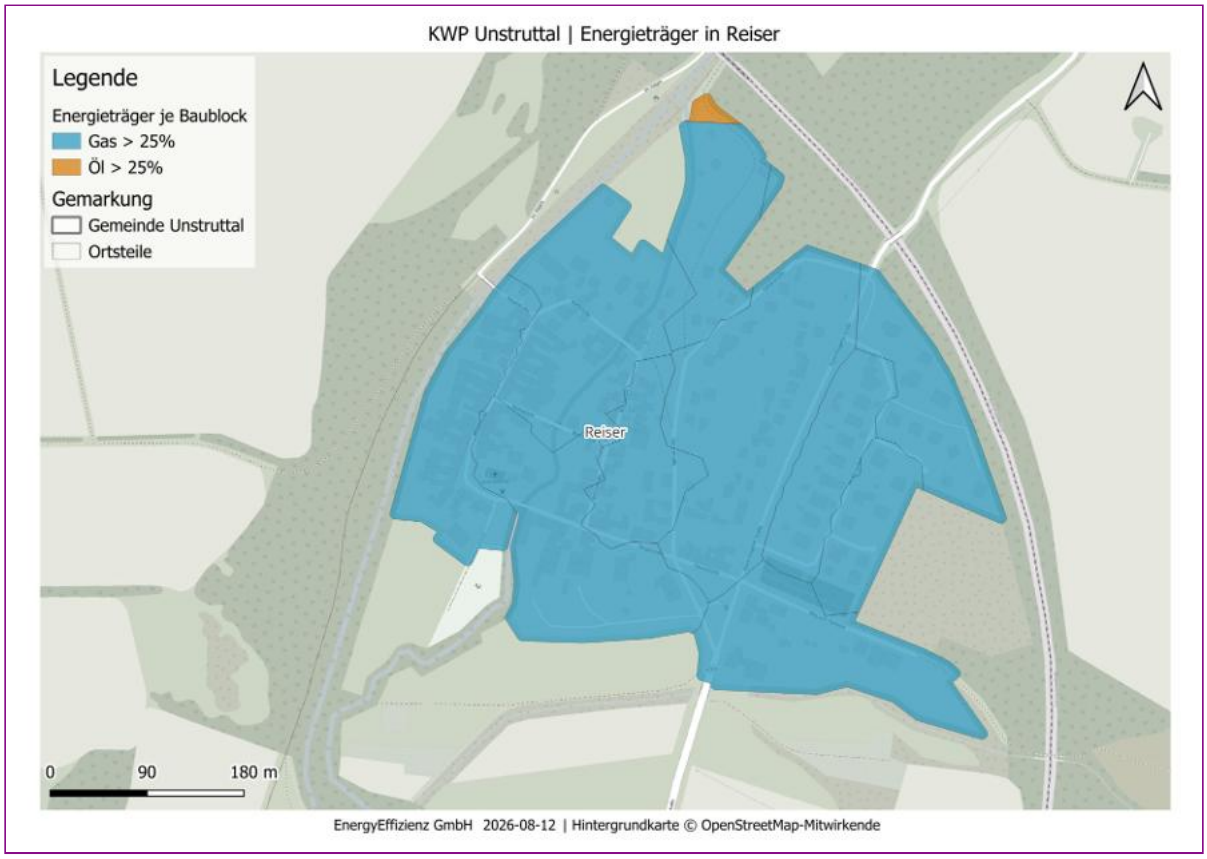


Abbildung Anhang 84: Ortsteil Reiser: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

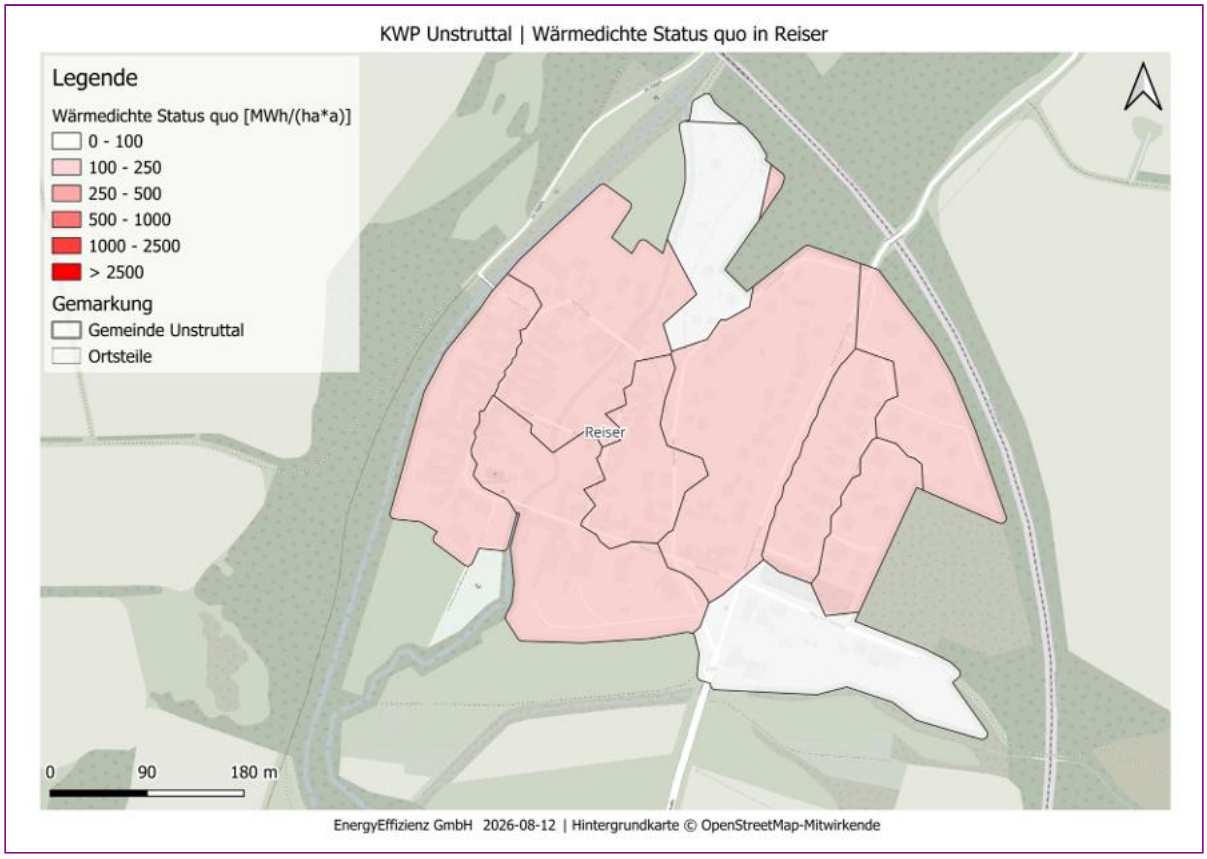


Abbildung Anhang 85: Ortsteil Reiser: Wärmedichte je Baublock im Status quo

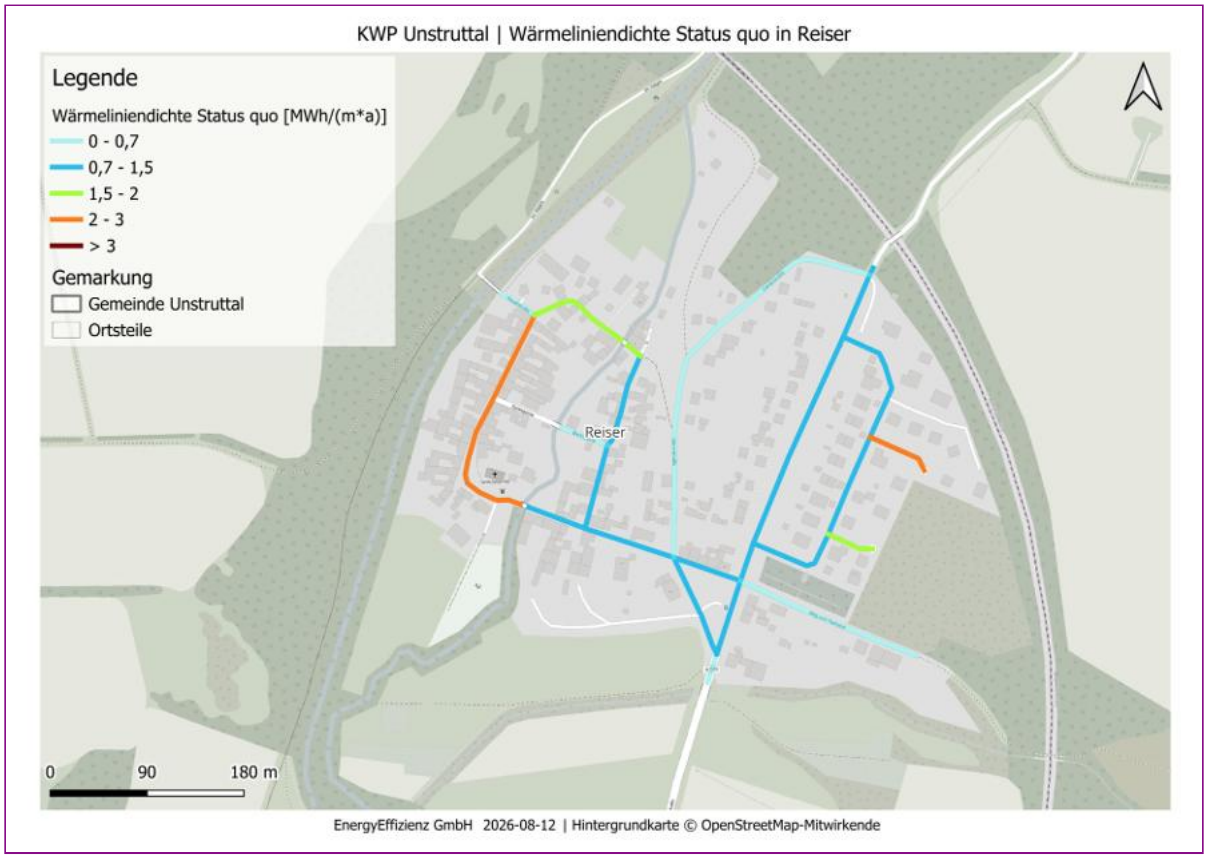


Abbildung Anhang 86: Ortsteil Reiser: Wärmeliniendichte im Status quo

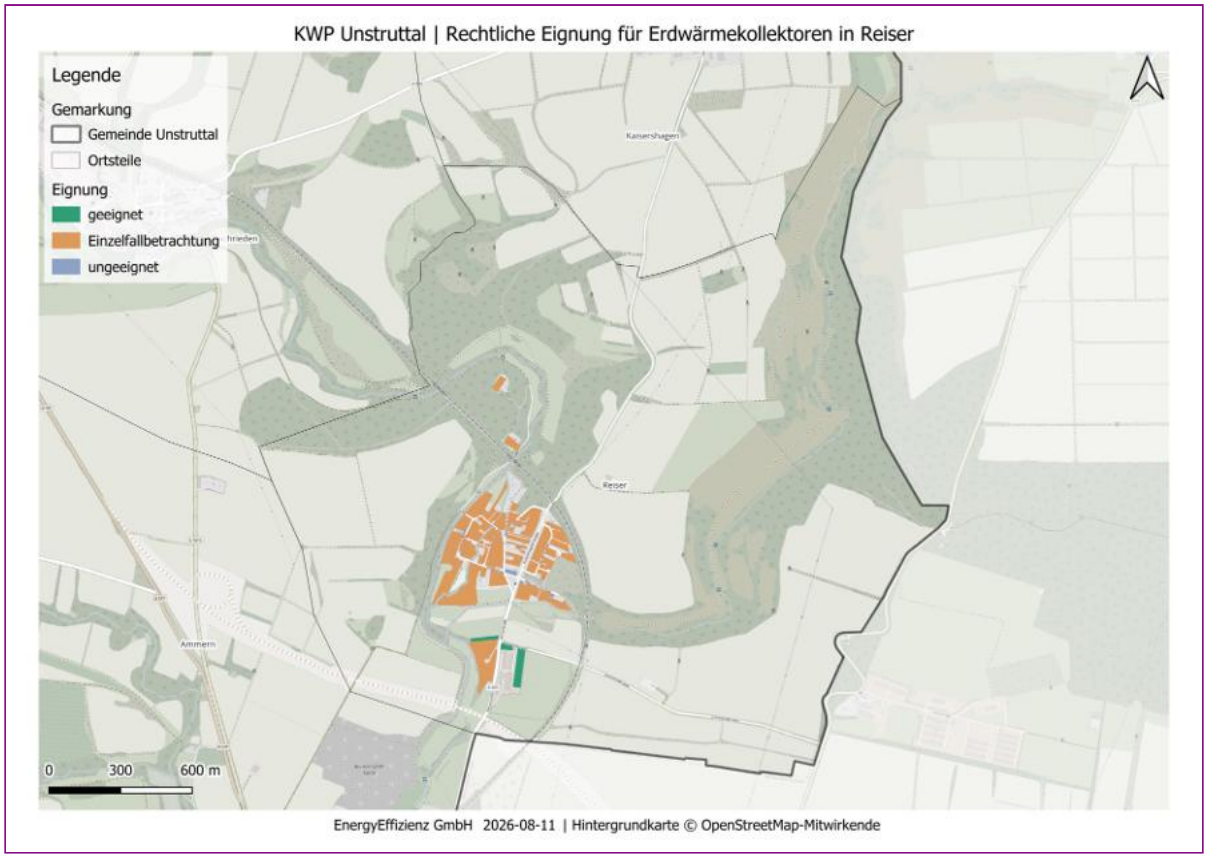


Abbildung Anhang 87: Ortsteil Reiser: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

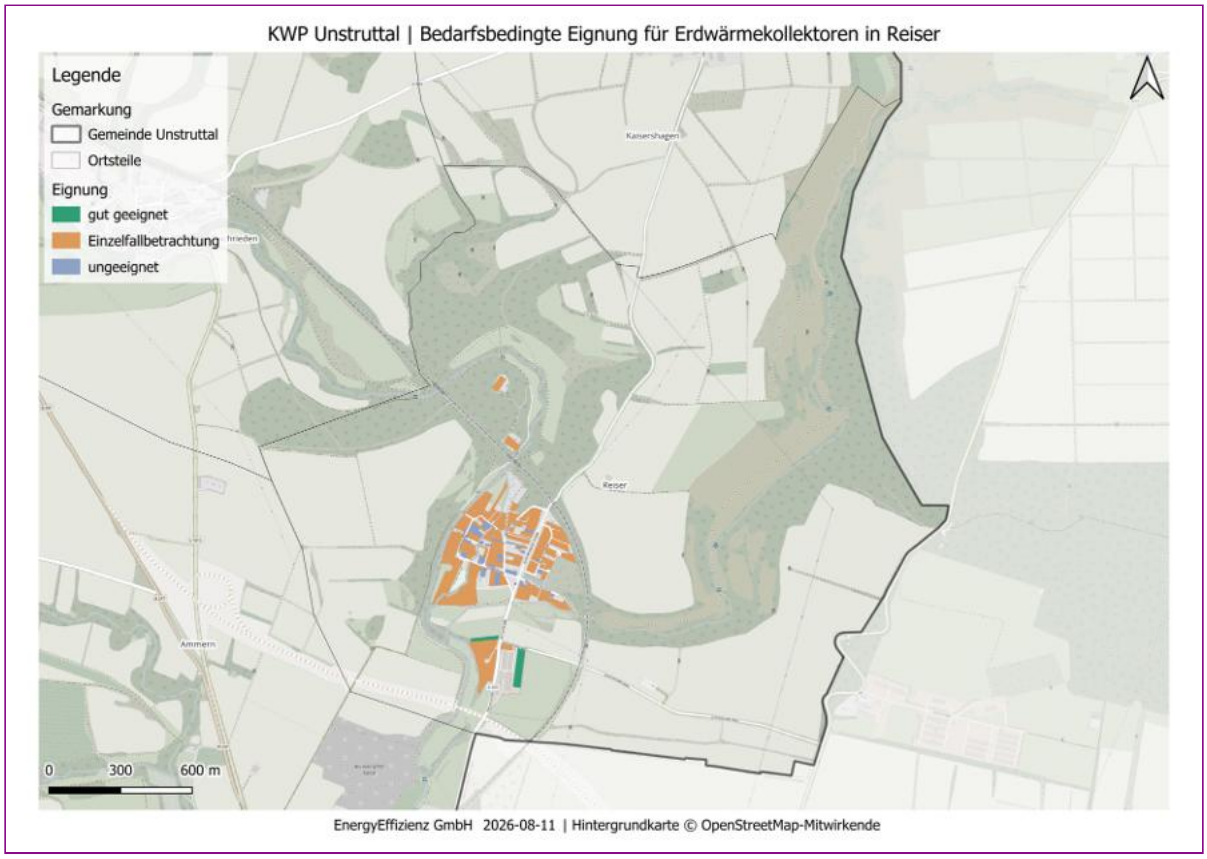


Abbildung Anhang 88: Ortsteil Reiser: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

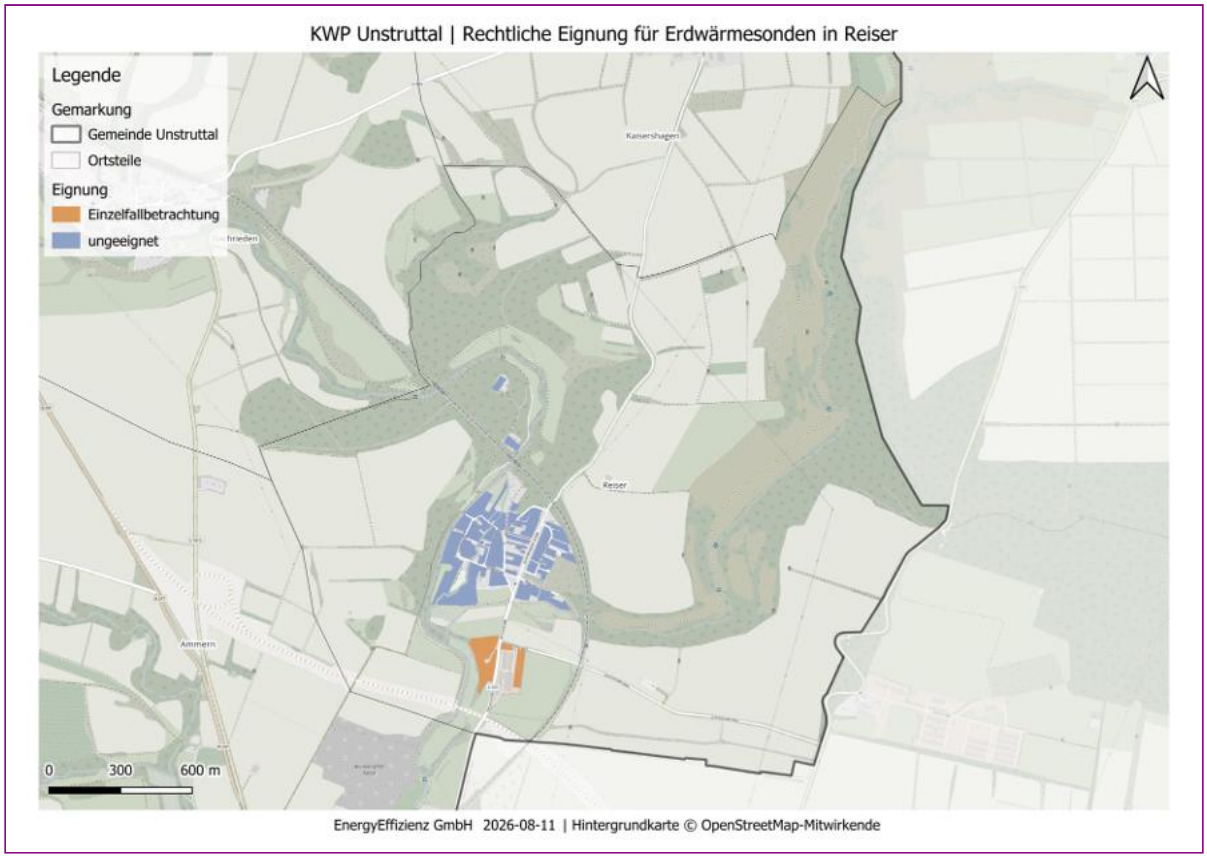


Abbildung Anhang 89: Ortsteil Reiser: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

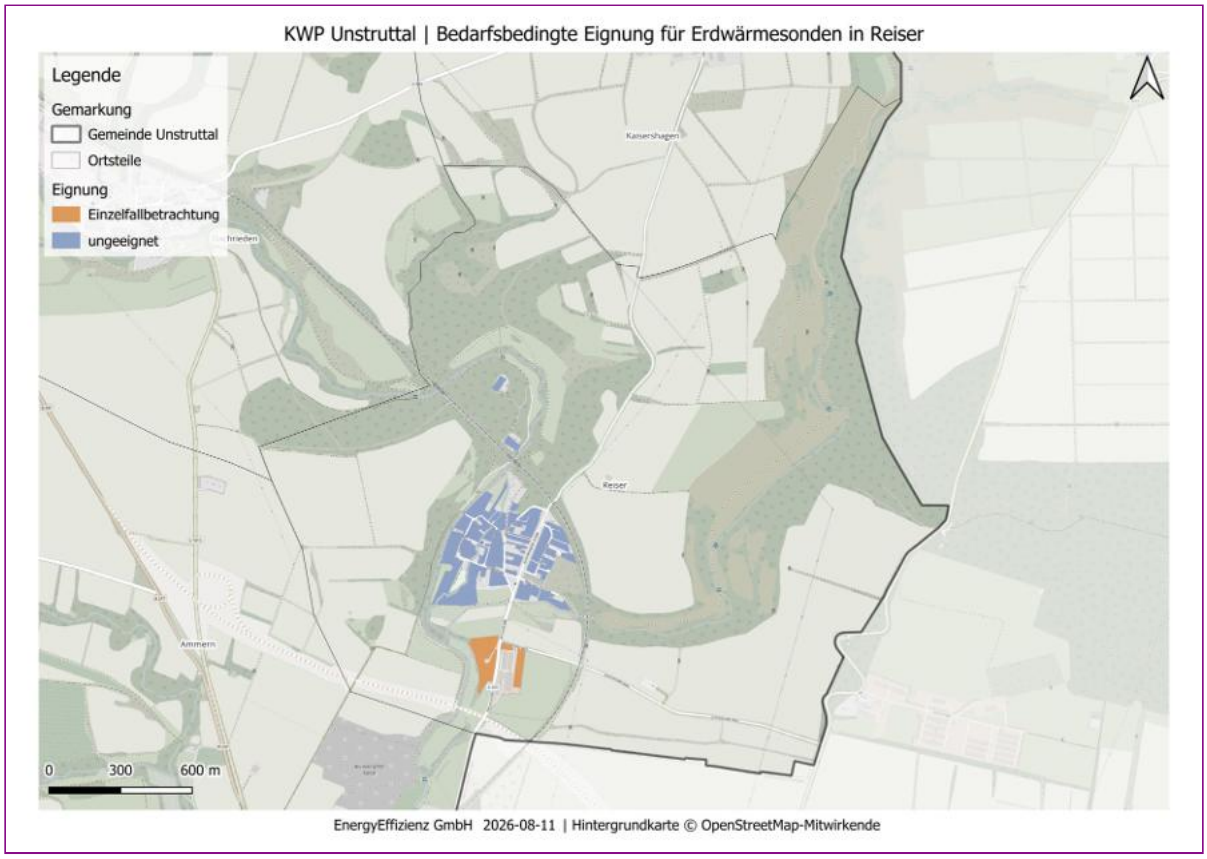


Abbildung Anhang 90: Ortsteil Reiser: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang L: Sollstedt

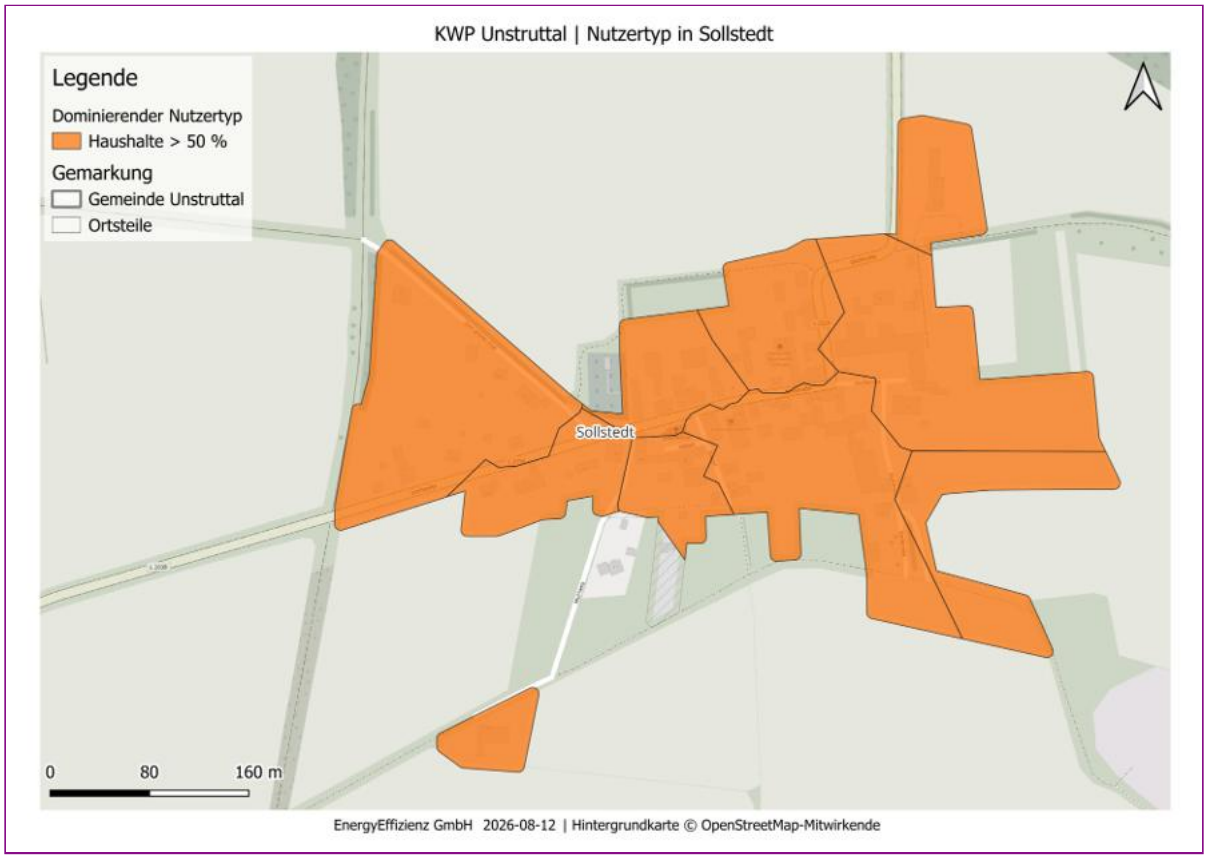


Abbildung Anhang 91: Ortsteil Sollstedt: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

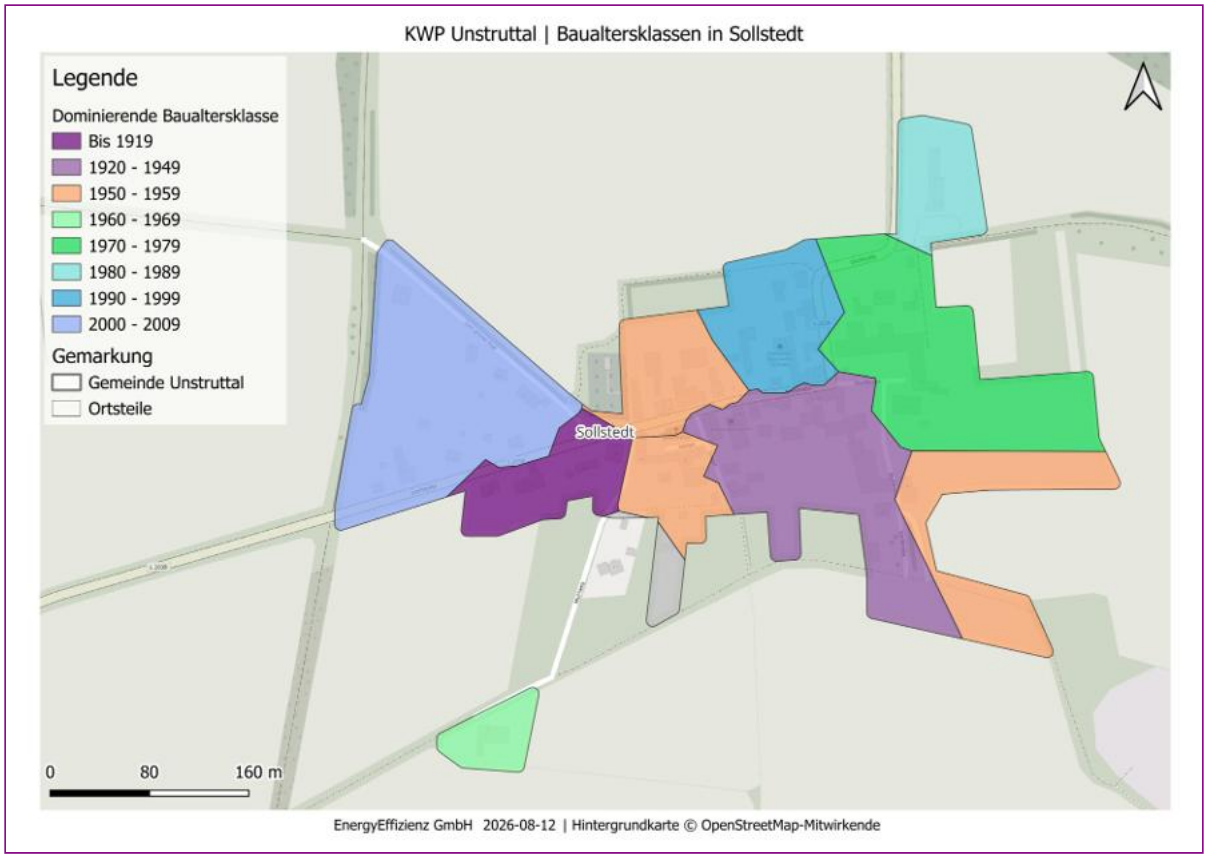


Abbildung Anhang 92: Ortsteil Sollstedt: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

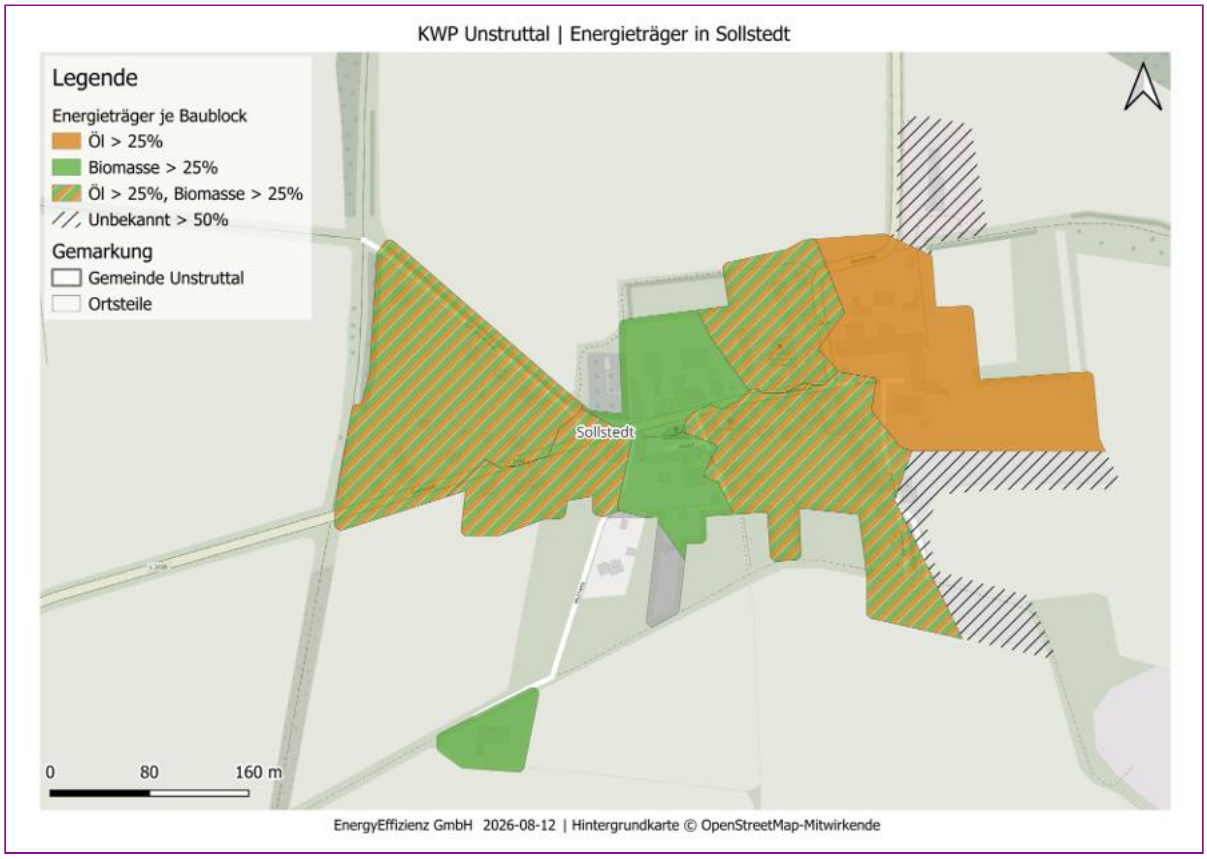


Abbildung Anhang 93: Ortsteil Sollstedt: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

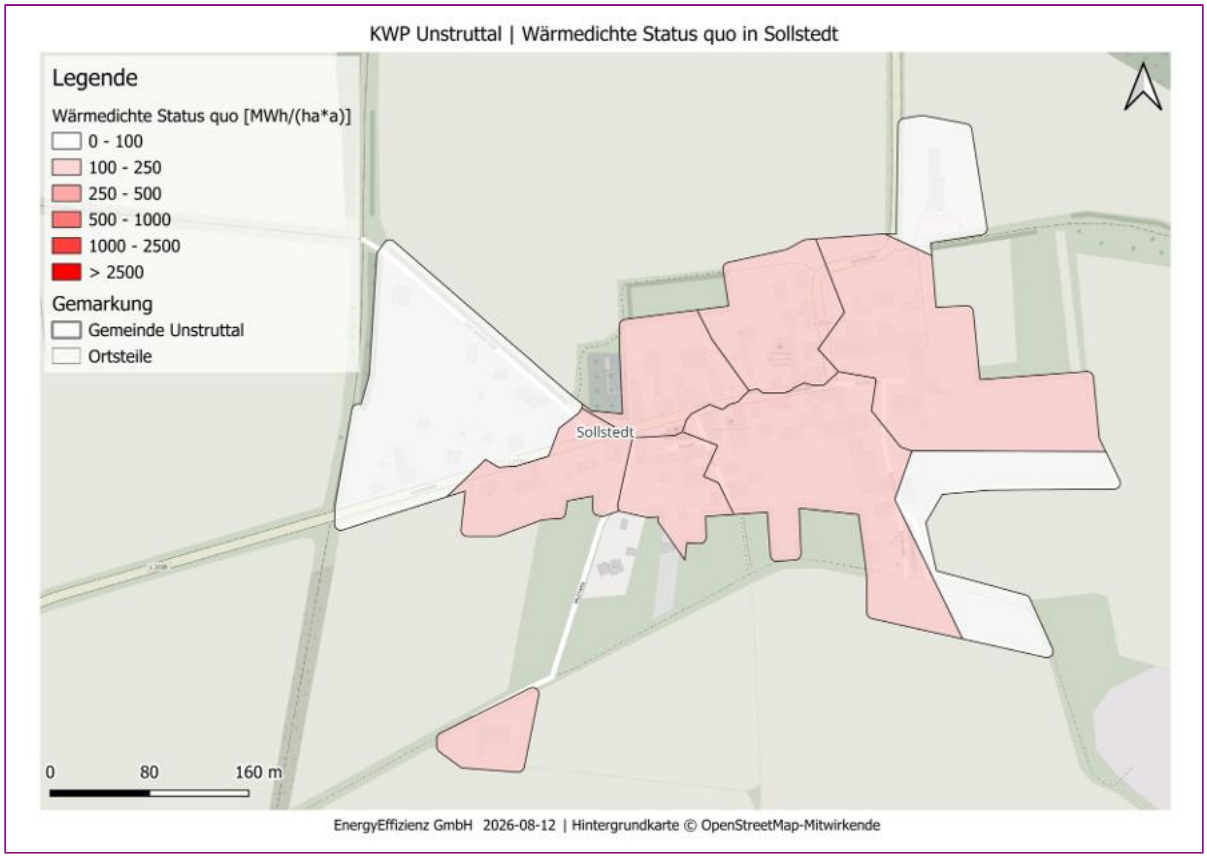


Abbildung Anhang 94: Ortsteil Sollstedt: Wärmedichte je Baublock im Status quo

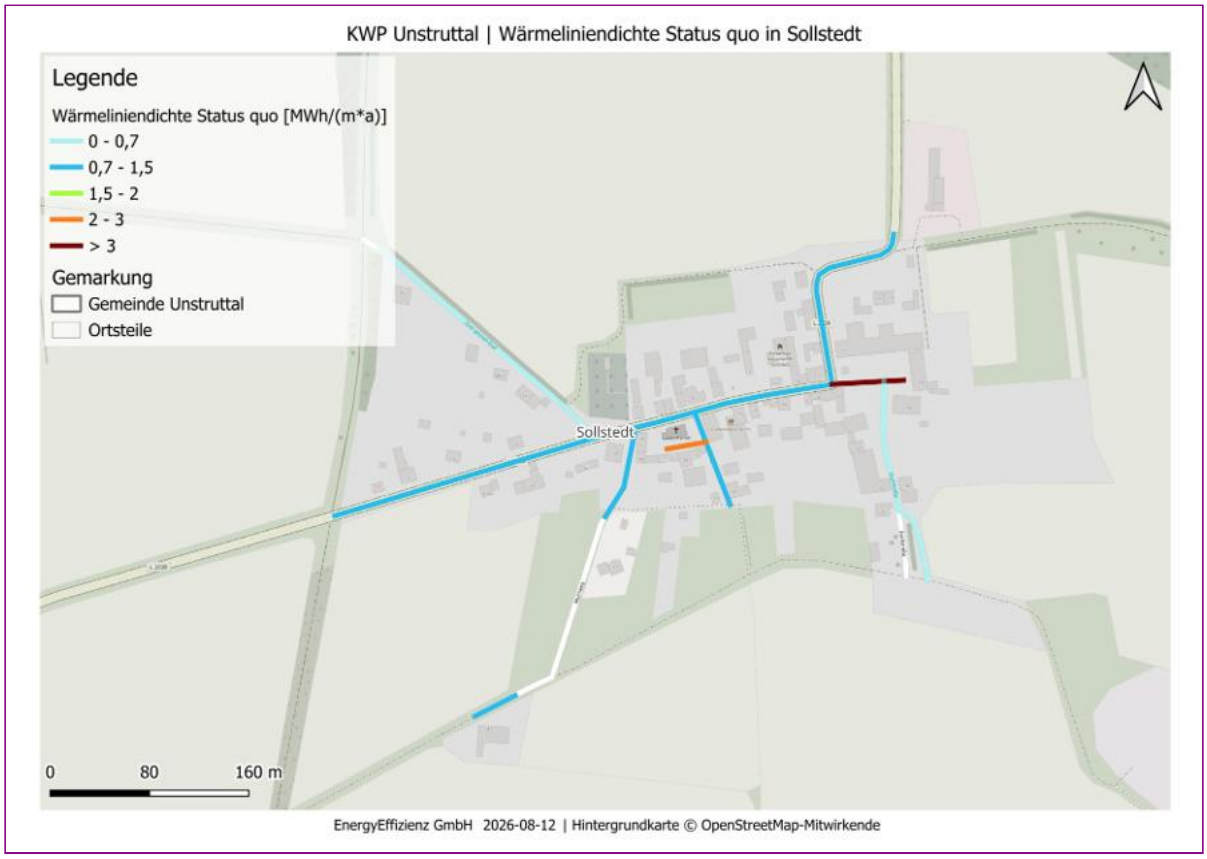


Abbildung Anhang 95: Ortsteil Sollstedt: Wärmeliniendichte im Status quo

Abbildung Anhang 96: Ortsteil Sollstedt: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

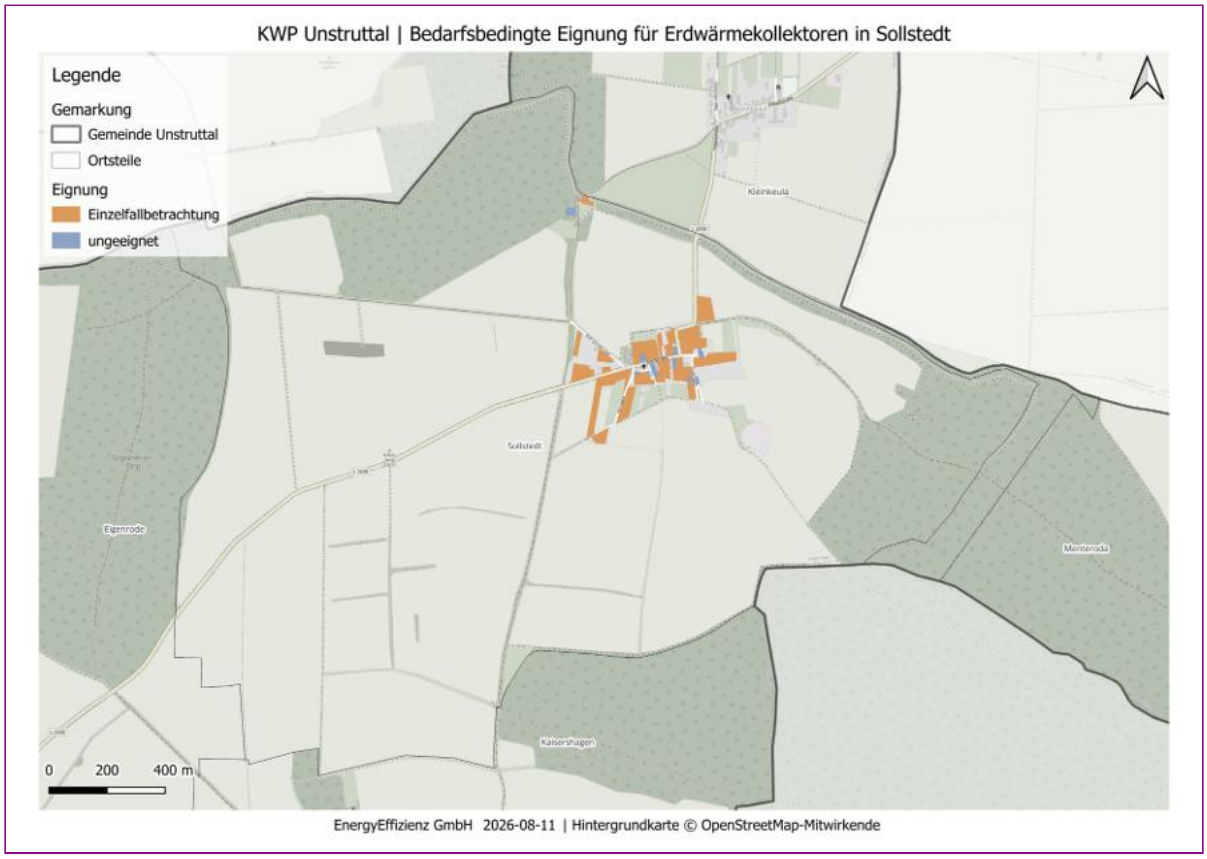


Abbildung Anhang 97: Ortsteil Sollstedt: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

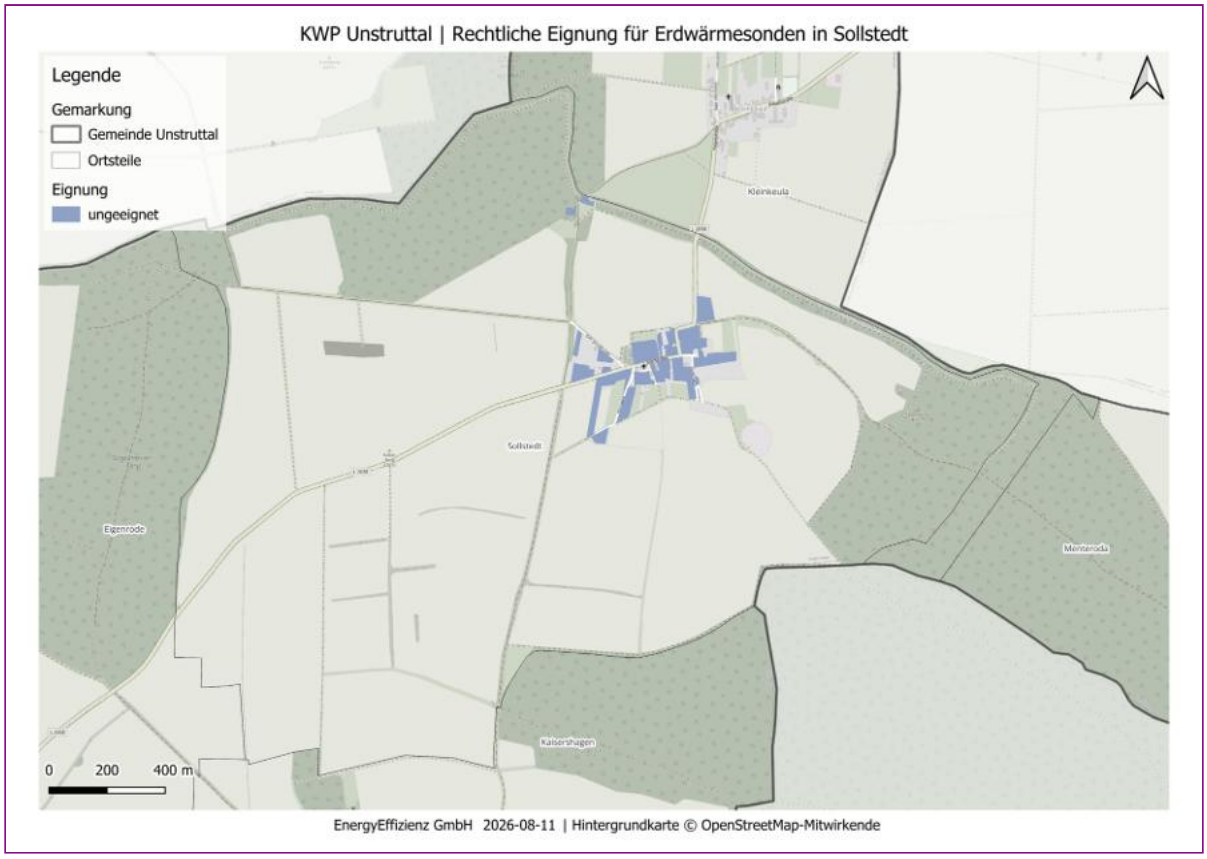


Abbildung Anhang 98: Ortsteil Sollstedt: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

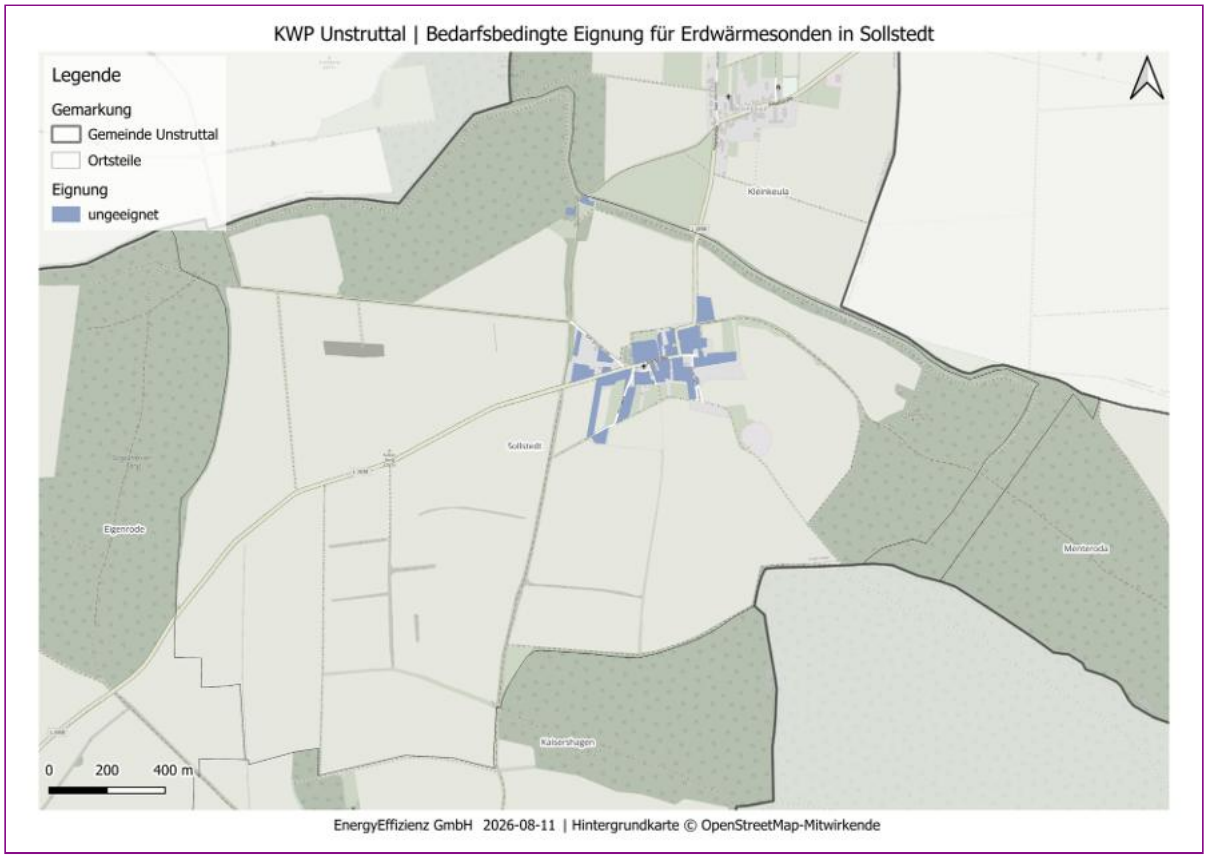


Abbildung Anhang 99: Ortsteil Sollstedt: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang M: Urbach

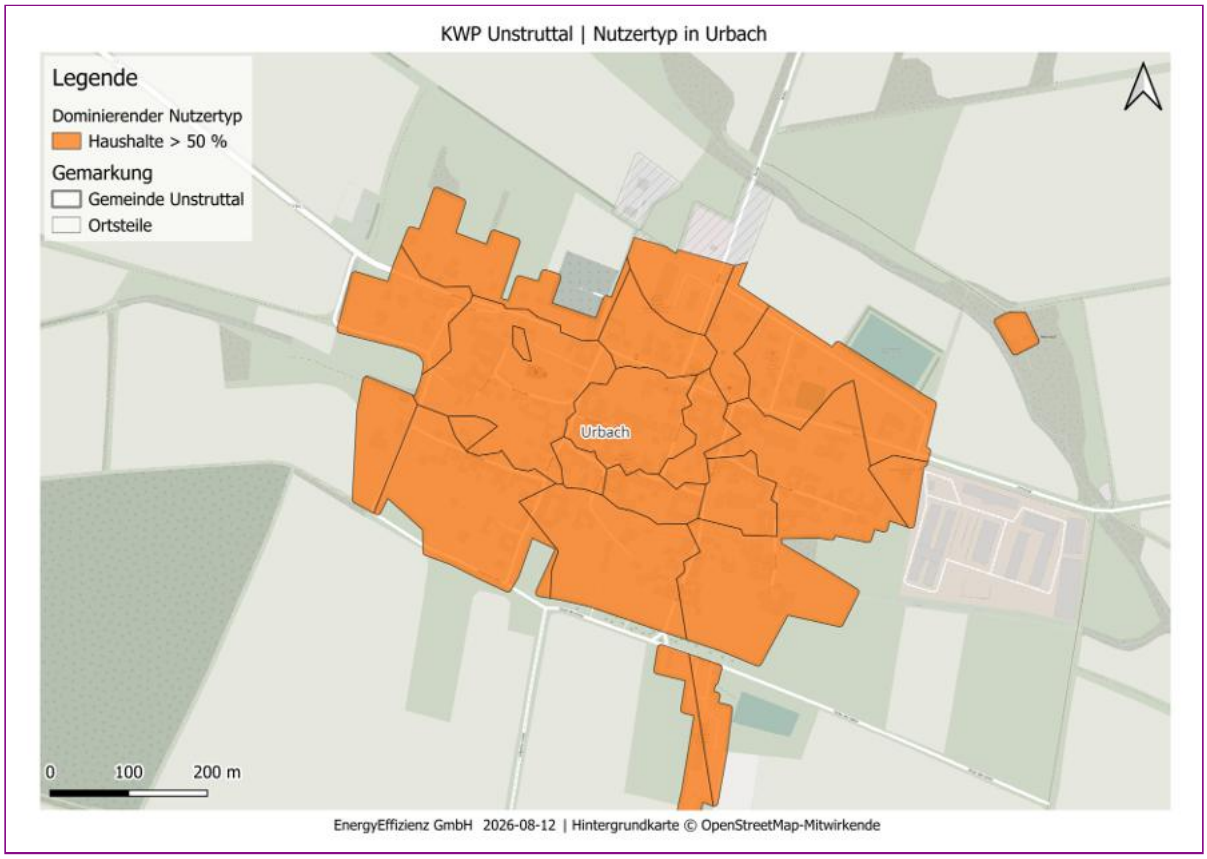


Abbildung Anhang 100: Ortsteil Urbach: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

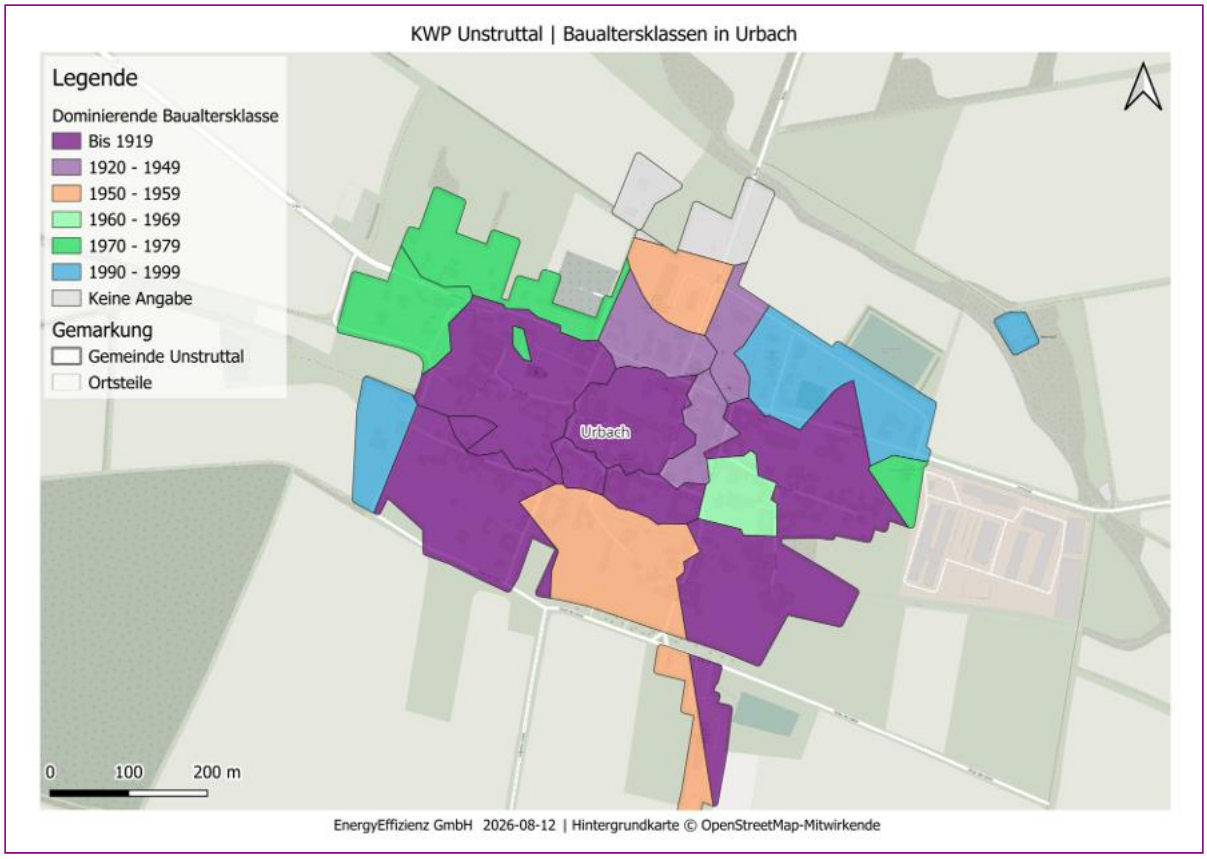


Abbildung Anhang 101: Ortsteil Urbach: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

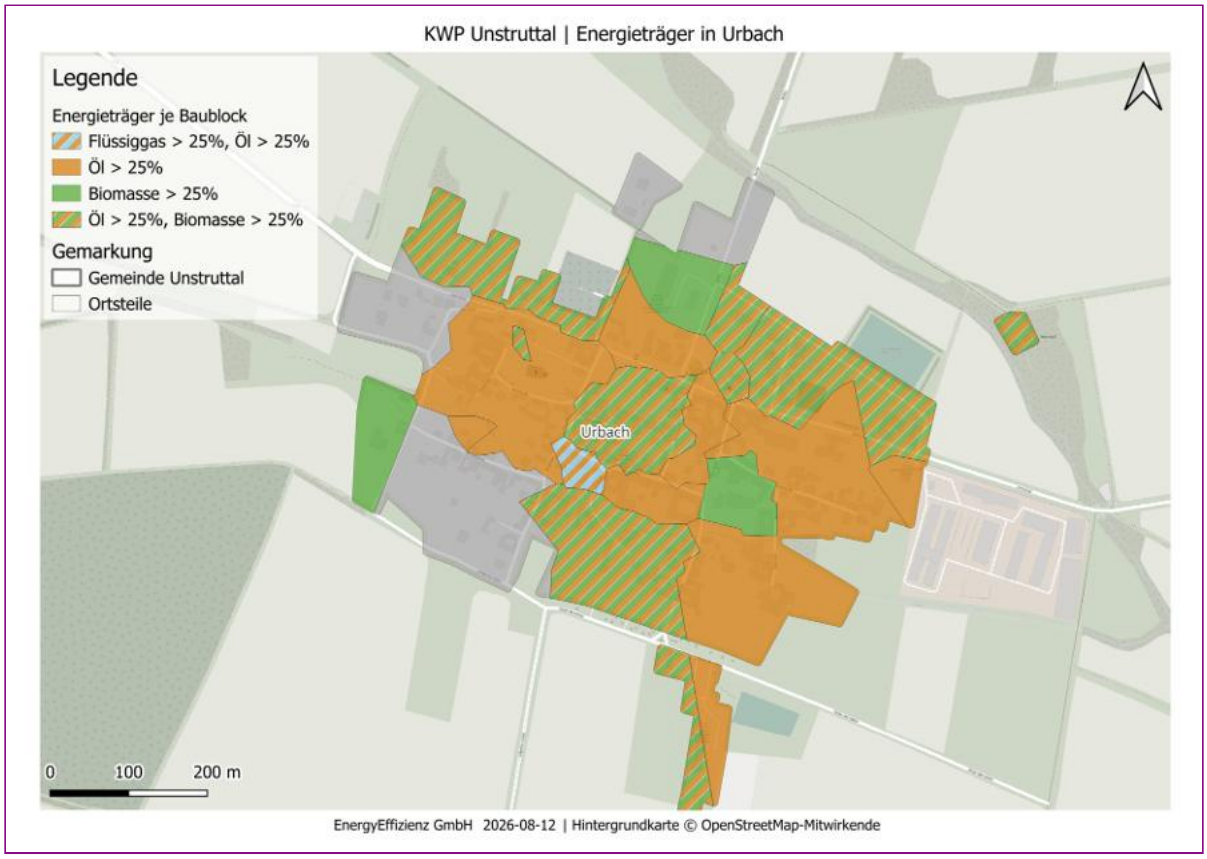


Abbildung Anhang 102: Ortsteil Urbach: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

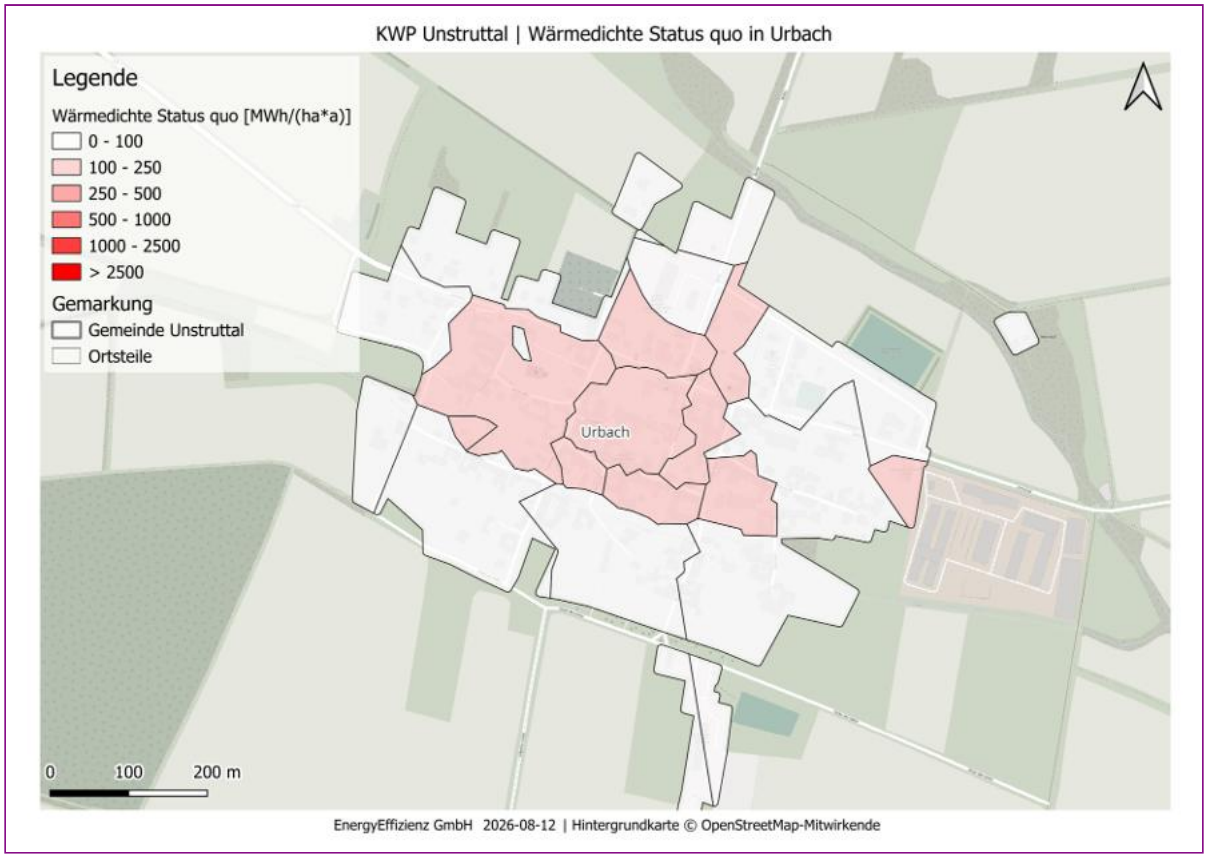


Abbildung Anhang 103: Ortsteil Urbach: Wärmedichte je Baublock im Status quo

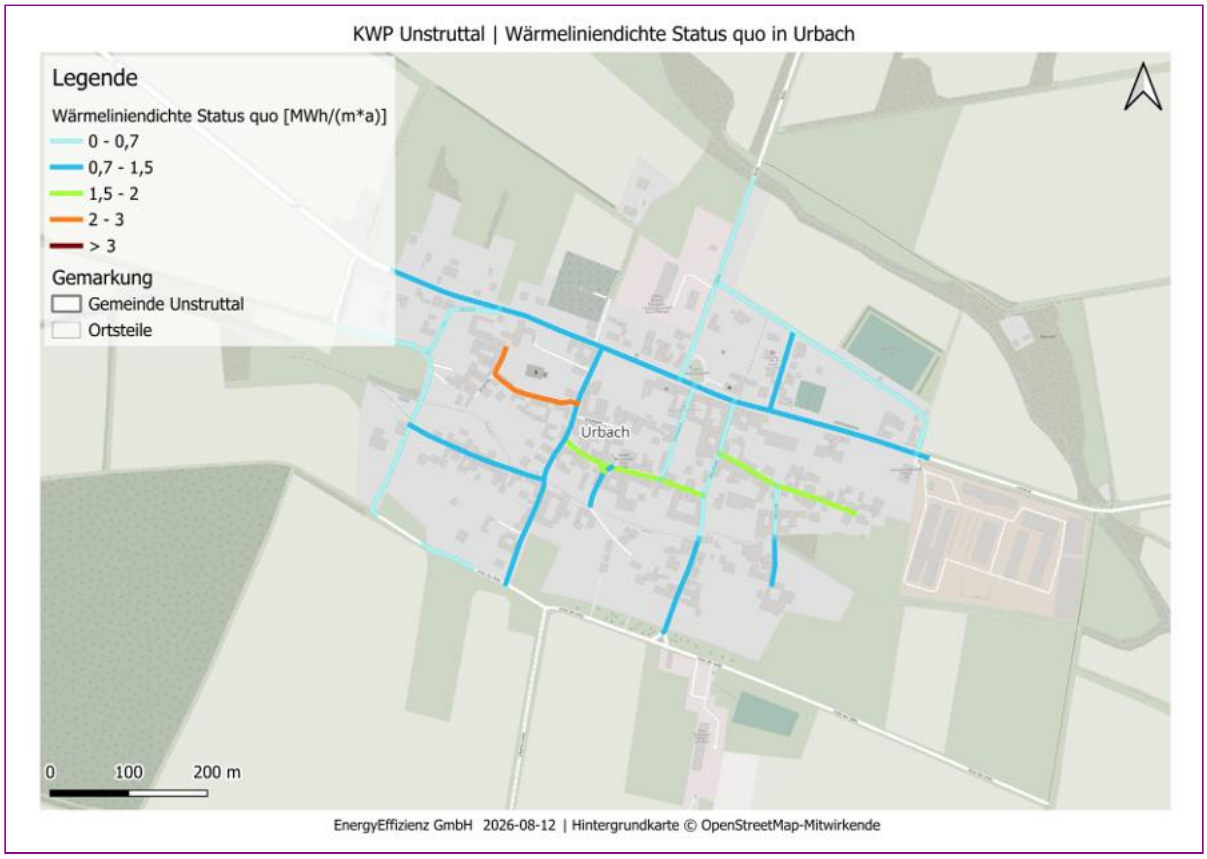


Abbildung Anhang 104: Ortsteil Urbach: Wärmeliniendichte im Status quo

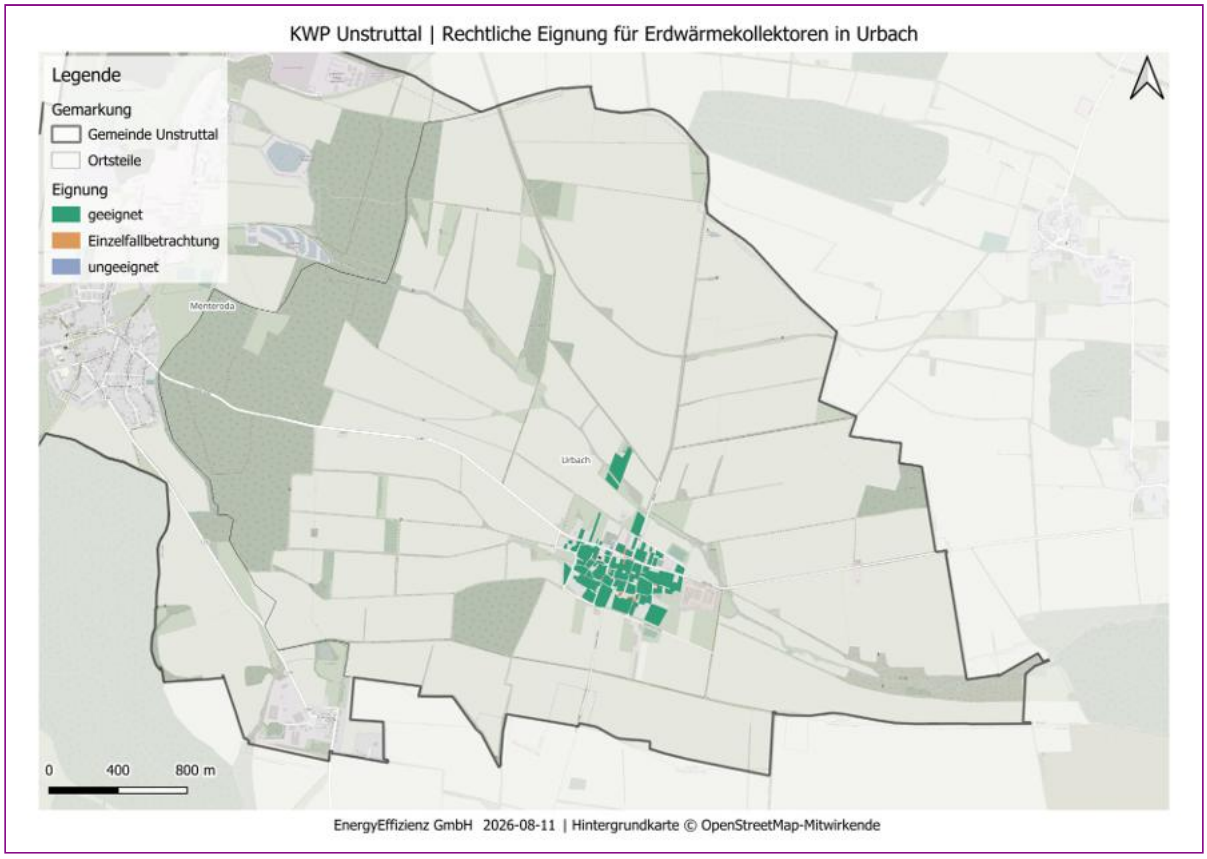


Abbildung Anhang 105: Ortsteil Urbach: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

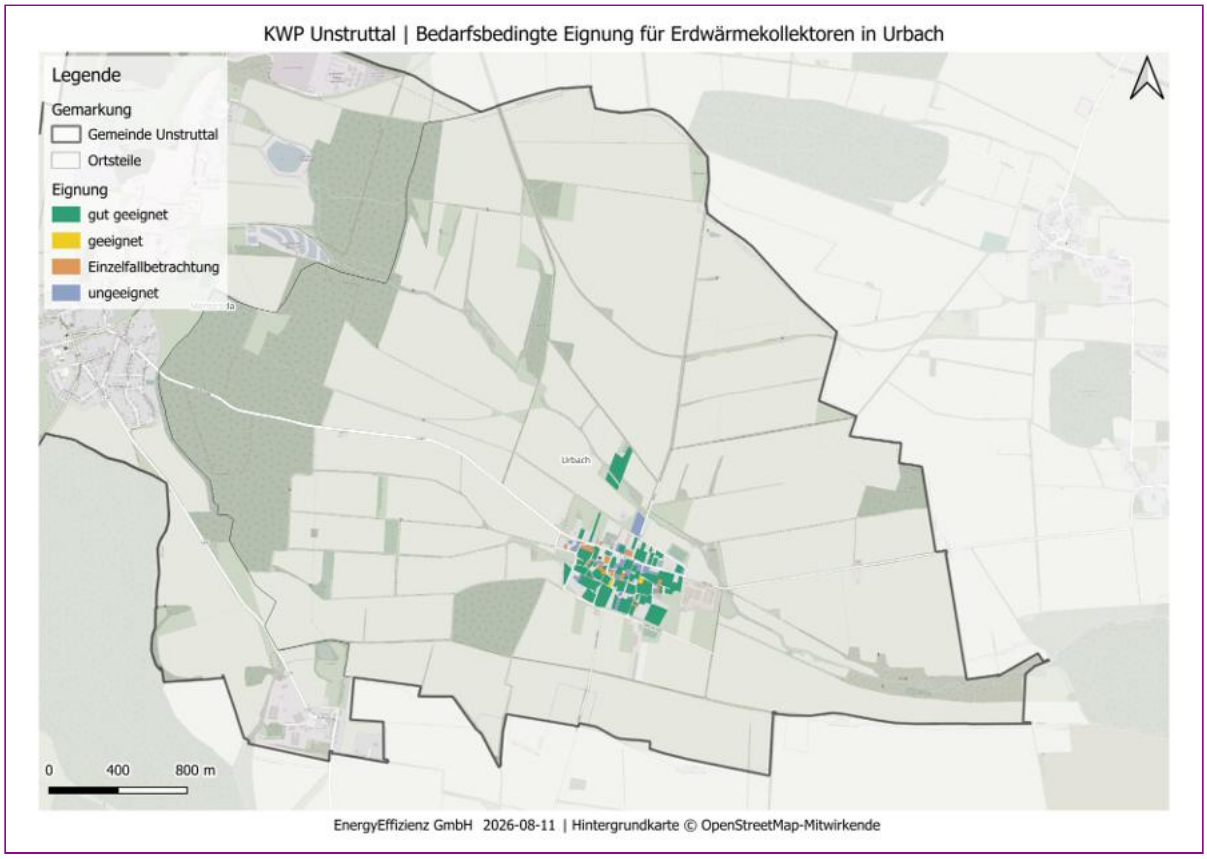


Abbildung Anhang 106: Ortsteil Urbach: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

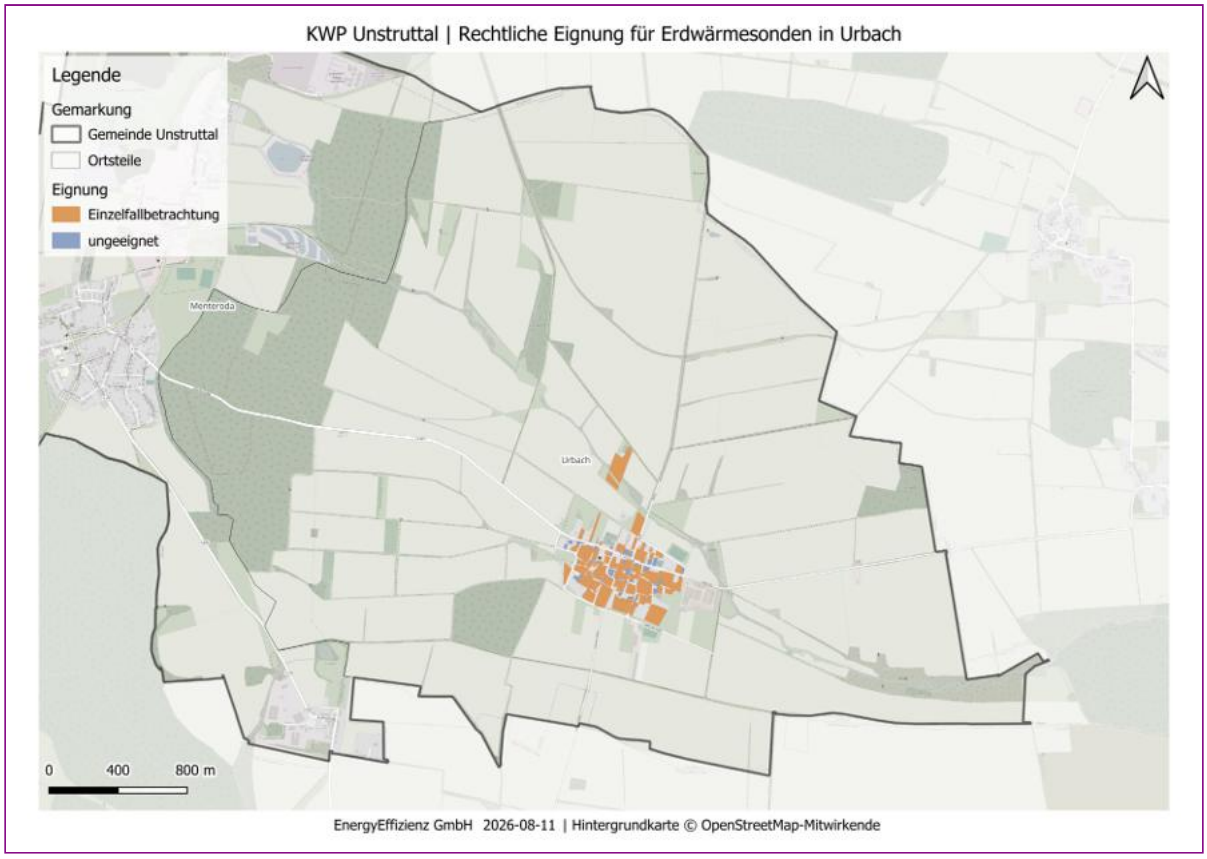


Abbildung Anhang 107: Ortsteil Urbach: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

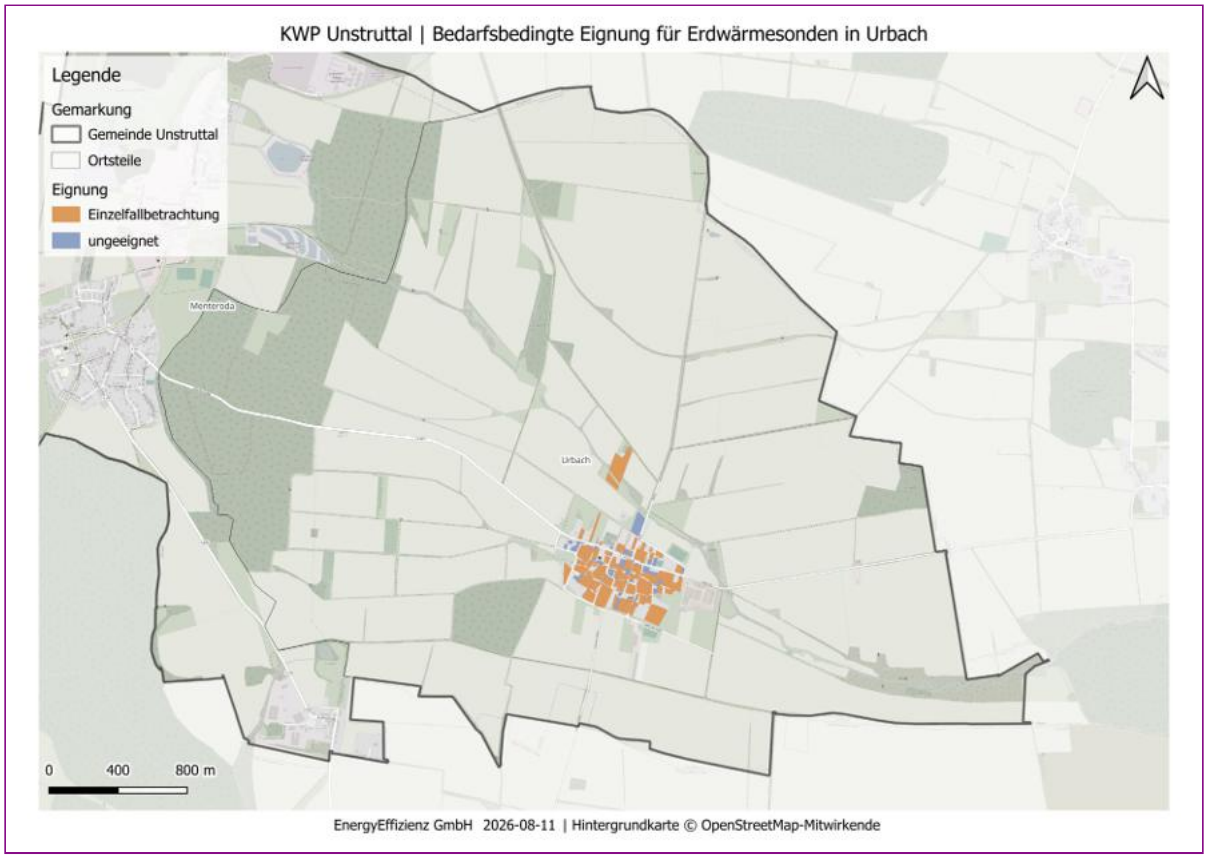


Abbildung Anhang 108: Ortsteil Urbach: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

Anhang N: Zaunröden

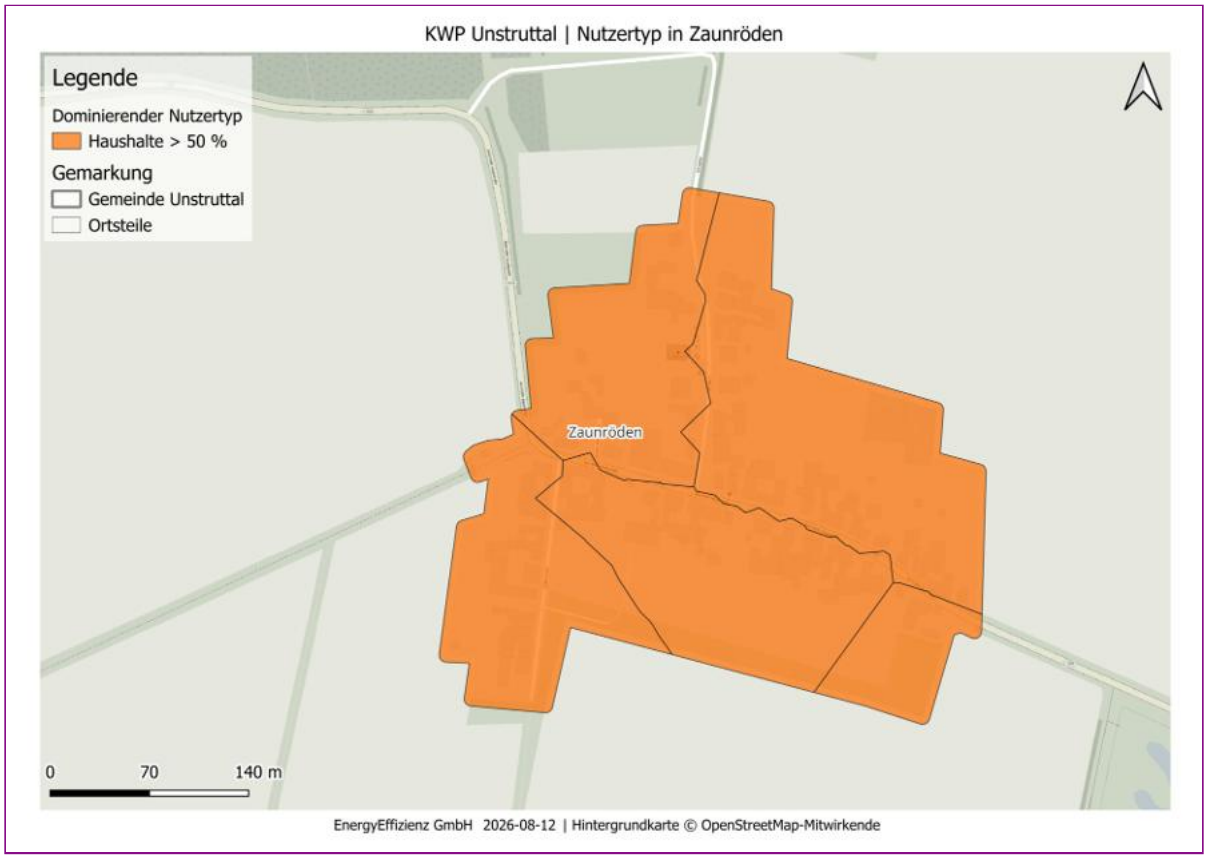


Abbildung Anhang 109: Ortsteil Zaunröden: Dominierende Sektoren auf Baublockebene

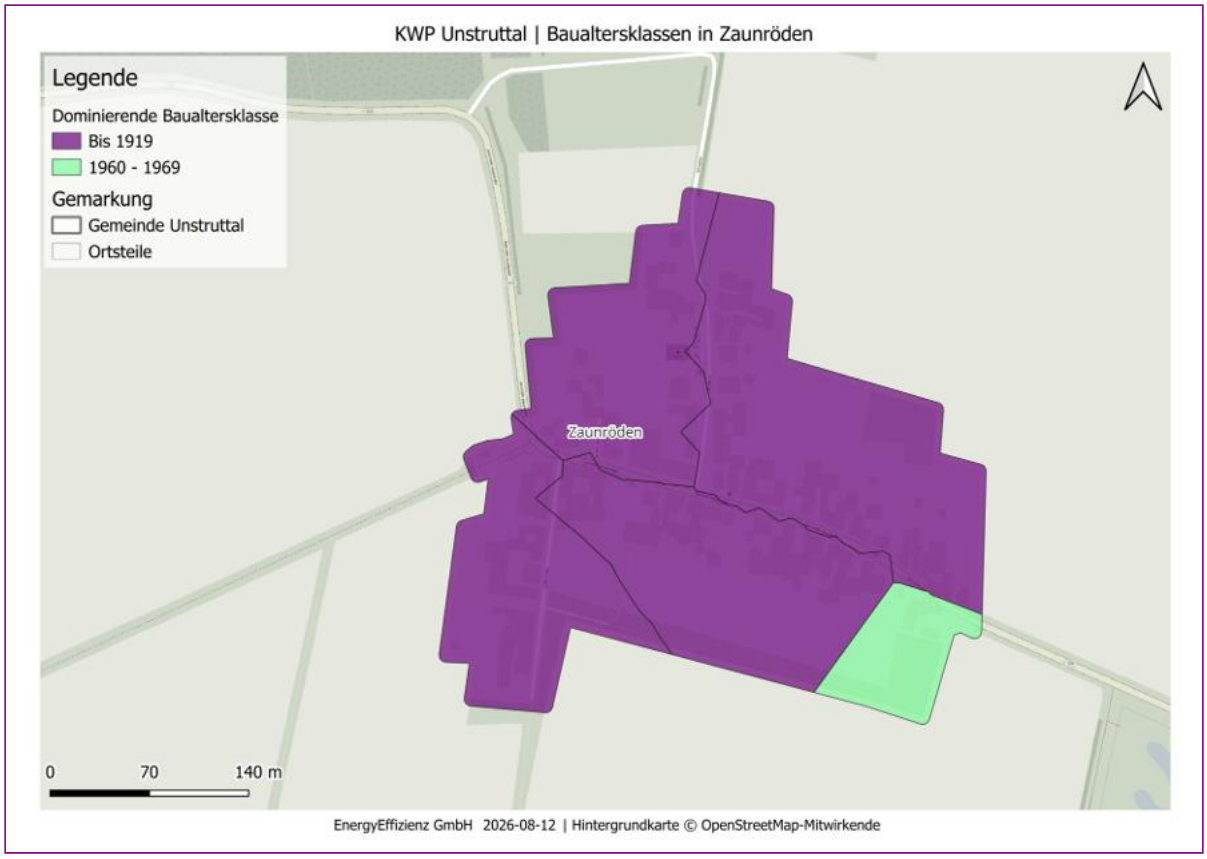


Abbildung Anhang 110: Ortsteil Zaunröden: Dominierende Baualtersklassen auf Baublockebene

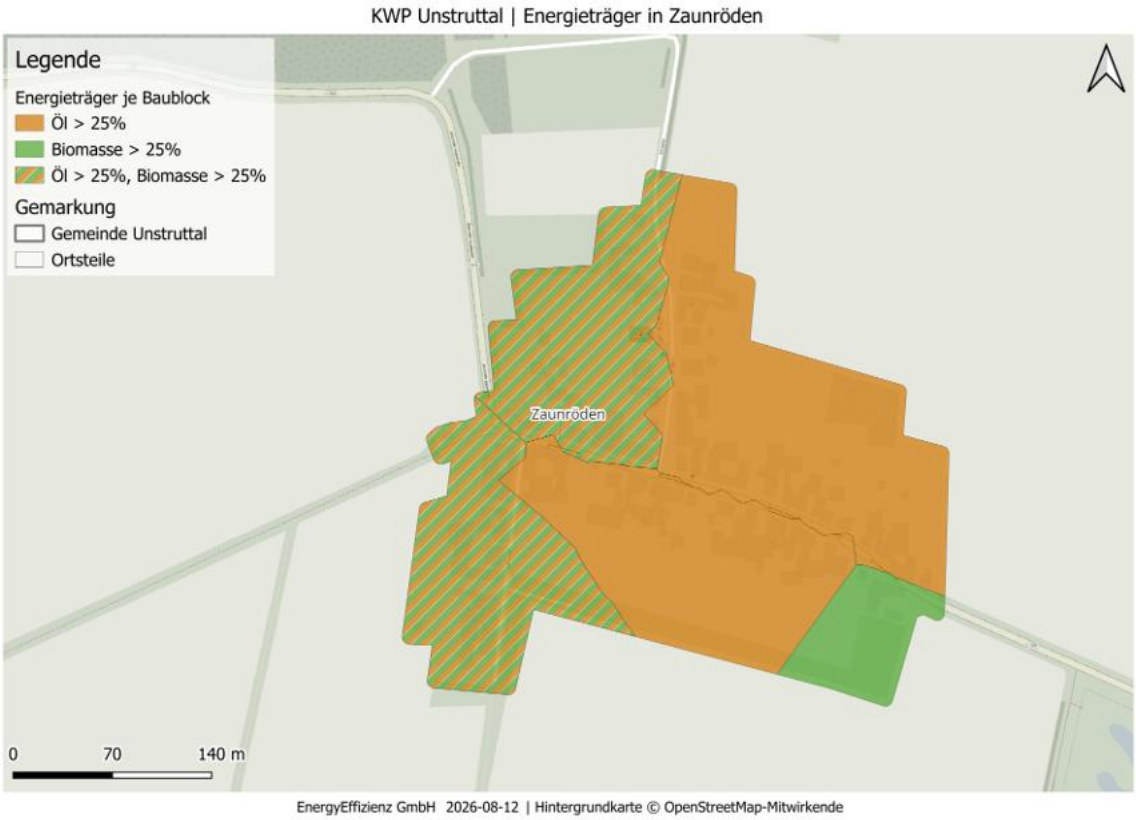


Abbildung Anhang 111: Ortsteil Zaunröden: Energieträger im Status quo auf Baublockebene

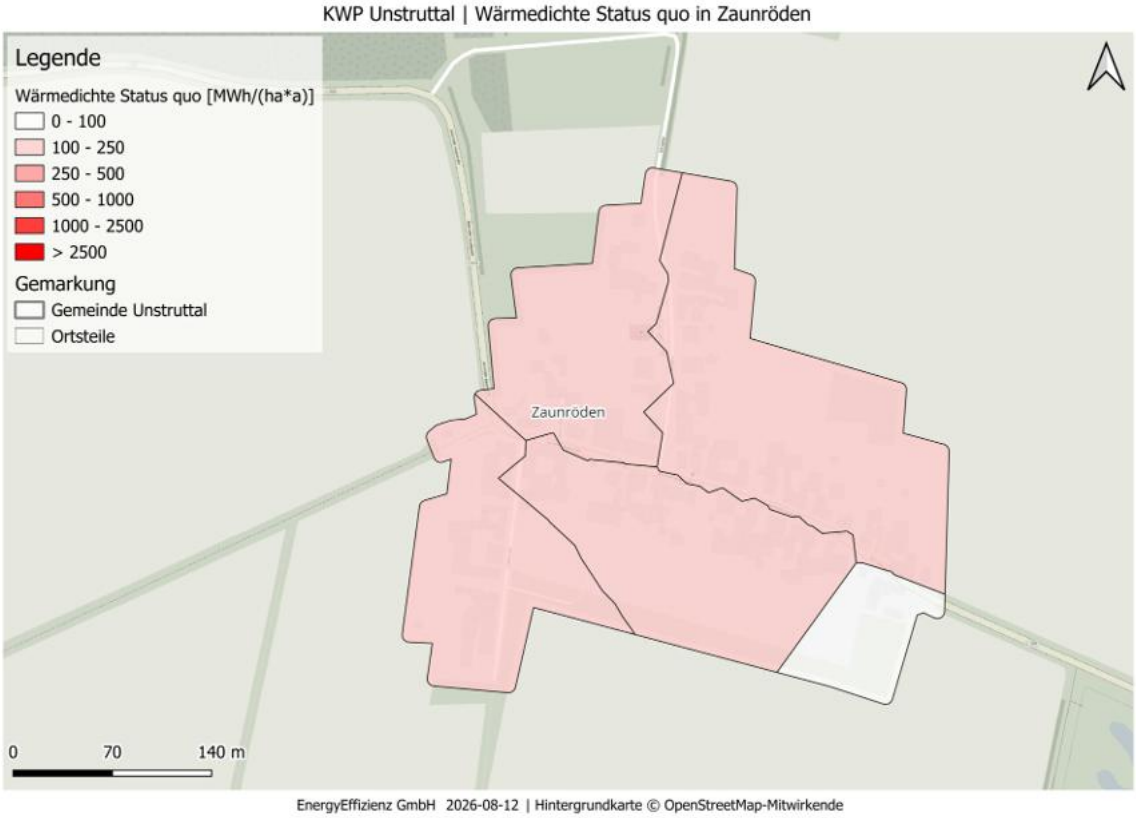


Abbildung Anhang 112: Ortsteil Zaunröden: Wärmedichte je Baublock im Status quo

Abbildung Anhang 113: Ortsteil Zaunröden: Wärmeliniendichte im Status quo

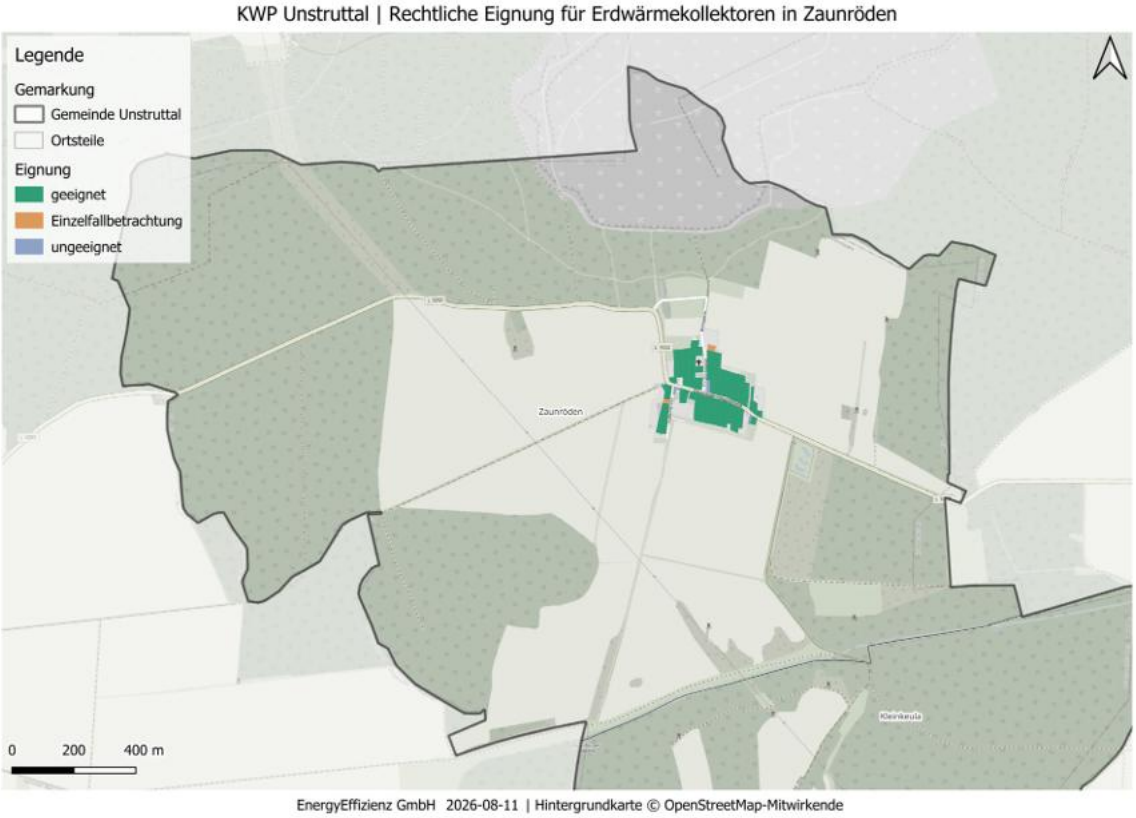


Abbildung Anhang 114: Ortsteil Zaunröden: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

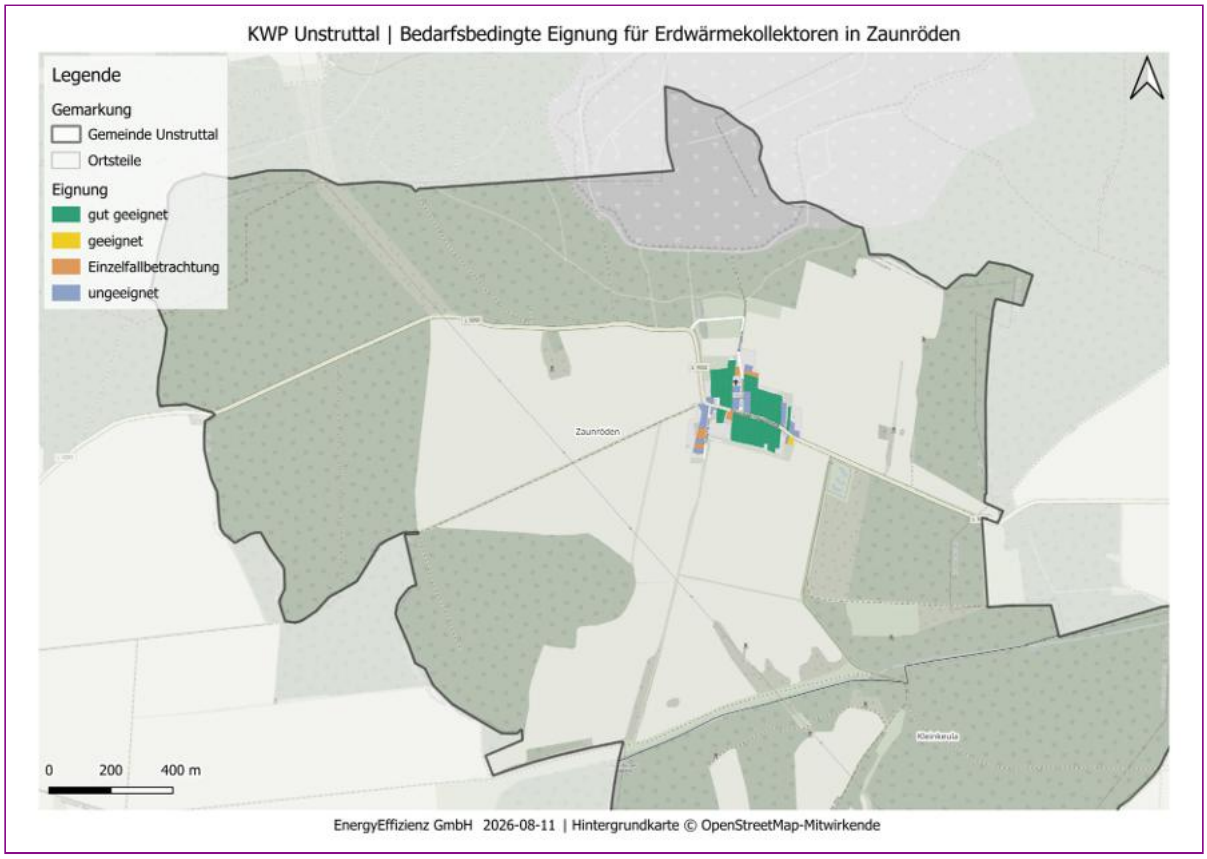


Abbildung Anhang 115: Ortsteil Zaunröden: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

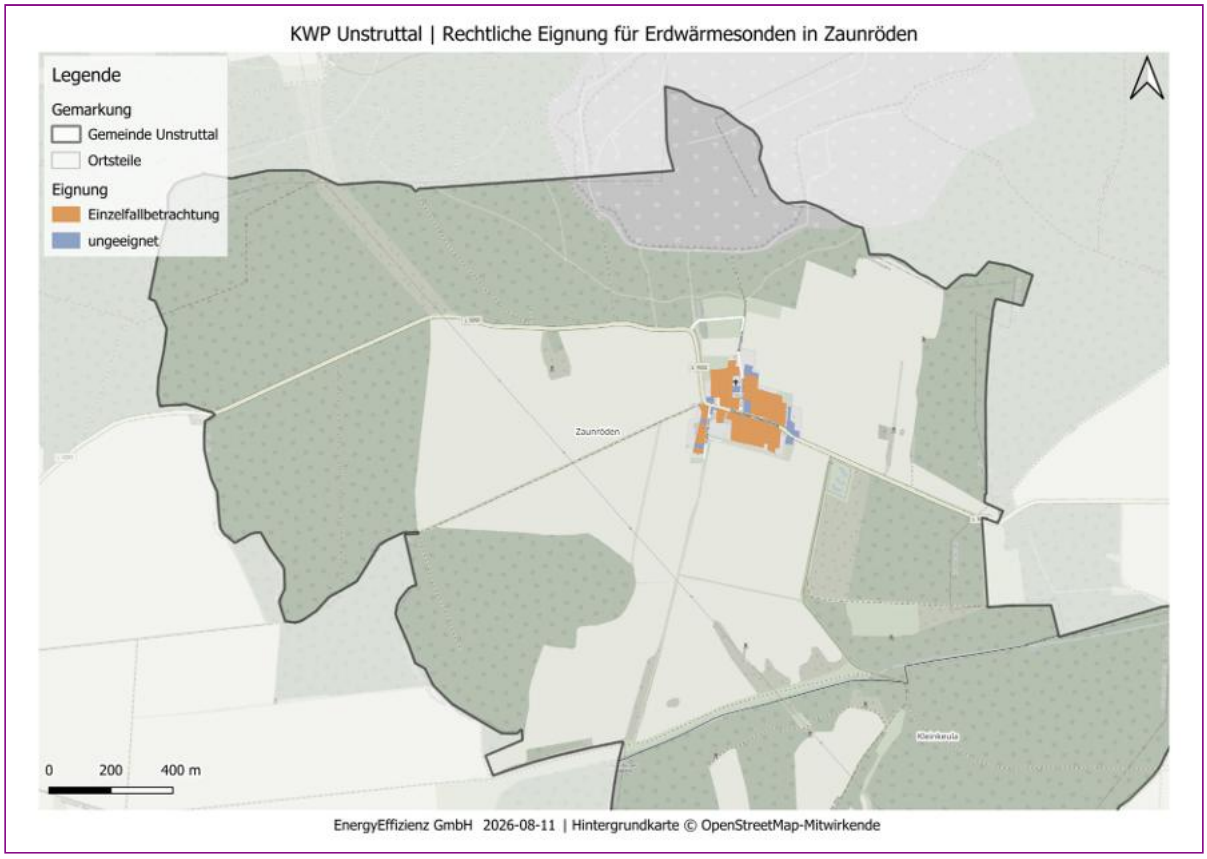


Abbildung Anhang 116: Ortsteil Zaunröden: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

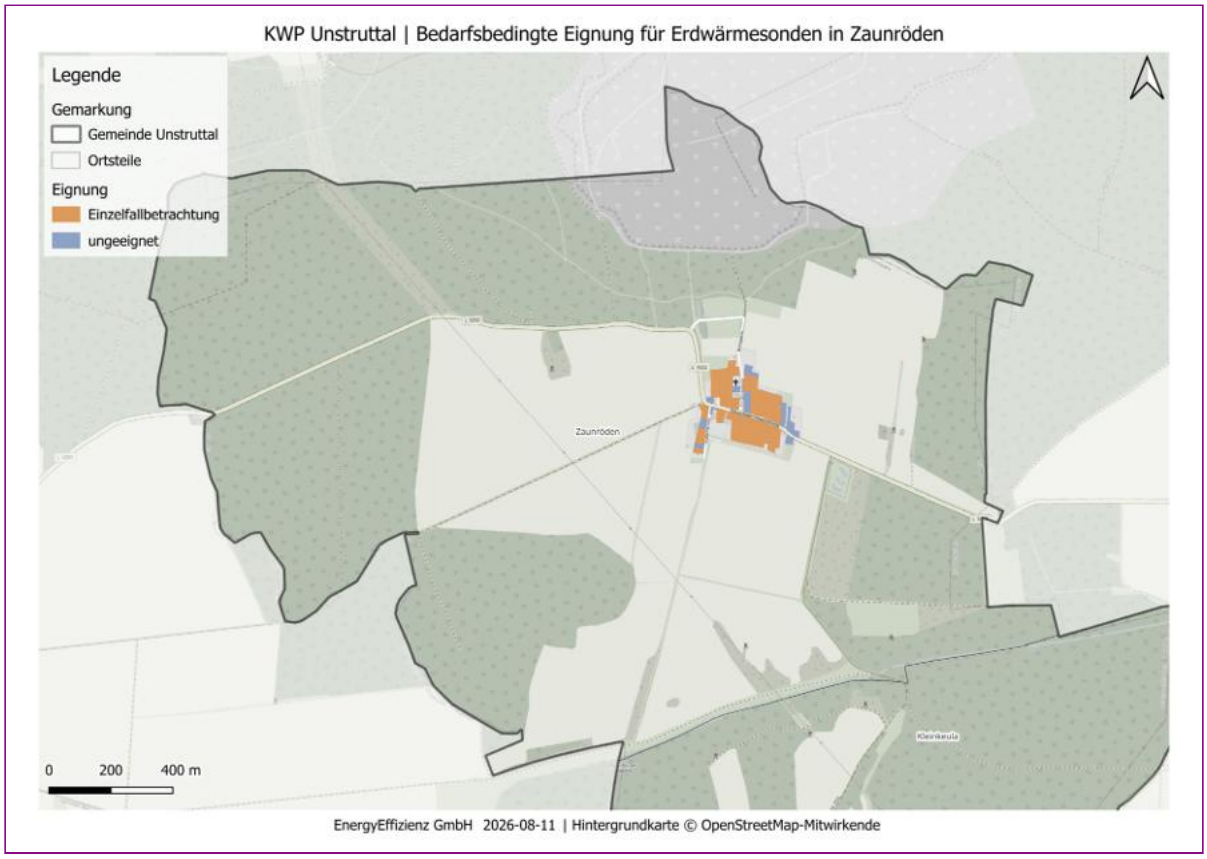


Abbildung Anhang 117: Ortsteil Zaunröden: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene