



Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Hagenbüchach

Zwischenbericht

Hagenbüchach / Lampertheim, 28. Juli 2026



Impressum

PROJEKTINFO		Impressum	
AUFTRAGGEBER*IN			
		Gemeinde Hagenbüchach Schulstraße 11 91469 Hagenbüchach Web: www.hagenbuechach.de	ANSPRECHPARTNER*IN Kommunale Allianz Aurach-Zenn e.V. Telefon: 09104 - 82 629 18 E-Mail: info@aurachzenn.de
AUFTRAGNEHMER*IN			
		EnergyEffizienz GmbH Gaußstraße 29a 68623 Lampertheim Telefon: 06206 30312717 E-Mail: a.juettner@e-eff.de Web: www.e-eff.de	PROJEKTLEITUNG Anne Jüttner, Dipl.-Ing. PROJEKTTEAM Silvia Drohner, B.Sc. Semen Pavlenko, M.A. Romina Hafner, M.Sc. Daniel Leißner, M.Sc. Lasse Ohlsen, M.Sc. Jonas John, M.Sc. Sophia Fuchs, M.Sc. Dr. Hans Henniger Dr. Carlo Licciulli Nelly-Marie Weingart, B. Eng.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Zusammenfassung	6
1.1. Hintergrund	6
1.2. Aufbau des 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.....	12
2.2.4. Wärmewendestrategie	13
2.3. Datenschutz.....	13
3. Bestandsanalyse	14
3.1. Betrachtungsstruktur.....	14
3.2. Gebäudenutzung.....	15
3.3. Baualtersklassen	17
3.4. Versorgungs- und Beheizungsstruktur.....	18
3.5. Wärmemengen und Wärmeliniendichten	20
4. Potenzialanalyse	23
4.1. Senkung des Wärmebedarfs.....	24
4.1.1. Hinweise und Einschränkungen.....	24
4.1.2. Potenzial	25
4.2. Zentrale Potenziale (Wärme)	26
4.2.1. Biomasse	26
4.2.2. Solarthermie auf Freiflächen	29
4.2.3. Agrothermie	33
4.2.4. Oberflächennahe Gewässer	36
4.2.5. Tiefengeothermie	39
4.2.6. Unvermeidbare Abwärme aus Industrie und Gewerbe.....	40
4.2.7. Abwärme aus Abwasser	41
4.2.8. Grüner Wasserstoff	42

4.3.	Dezentrale Potenziale (Wärme).....	43
4.3.1.	Luft/Wasser-Wärmepumpen	43
4.3.2.	Oberflächennahe Geothermie	43
4.3.3.	Biomasse	52
4.3.4.	Solarthermie auf Dachflächen	52
4.4.	Stromerzeugungspotenziale.....	53
4.4.1.	Photovoltaik auf Dachflächen	53
4.4.2.	Photovoltaik auf Freiflächen	54
4.4.3.	Photovoltaik auf Parkflächen	57
4.4.4.	Agri-PV	58
4.4.5.	Windkraft	62
4.5.	Nutzung der Potenziale für erneuerbare Energien.....	64
5.	Ausblick	66
	Tabellenverzeichnis	68
	Abbildungsverzeichnis	69
	Abkürzungsverzeichnis	70

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.

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.

Vor diesem Hintergrund sind die Kommunen Markt Erlbach, Hagenbüchach, Neuhof a. d. Zenn, Obernzenn, Trautskirchen und Wilhelmsdorf im Jahr 2026 gemeinsam in den Prozess der kommunalen Wärmeplanung eingestiegen. Die Erstellung des kommunalen Wärmeplans erfolgt im Rahmen eines interkommunalen Zusammenschlusses als Konvoi der Kommunalen Allianz Aurach-Zenn e. V. Die EnergyEffizienz GmbH aus Lampertheim im südhessischen Landkreis Bergstraße wurde mit der Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung für die Gemeinde Hagenbüchach beauftragt.

Die Wärmeplanung bildet die strategische Grundlage für die Gestaltung einer zukunftsfähigen Wärmeversorgung für die Gemeinde Hagenbüchach. Zugleich erfüllt die Gemeinde Hagenbüchach 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 Hagenbüchach (Bestandsanalyse).
- Kapitel 4 legt dar, welche Potenziale zur Energieeinsparung sowie zur Nutzung von erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme für die Gemeinde Hagenbüchach 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 Hagenbüchach.

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 Hagenbüchach 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 40,3 % auf fossilen Energieträgern, wobei der Wohnsektor den größten Anteil an Emissionen in der Wärmeversorgung ausmacht. In 2025 lag der bundesweite Durchschnitt des Anteils fossiler Energien im Wärmesektor bei 82 %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, 2025

2. Grundlagen

2.1. Methodik und Aufbau des Wärmeplans

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

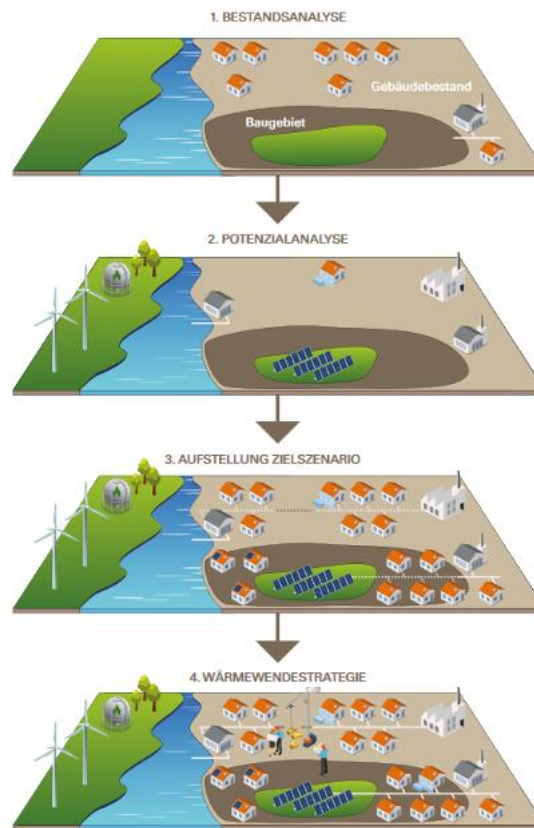


Abbildung 1: Ablauf der Kommunalen Wärmeplanung (KEA Baden-Württemberg, 2020, S. 22)

1. Bestandsanalyse

Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und -verbrauchs, 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 1 schematisch dargestellt sind. Mit eingeflossen sind dabei Geoinformationssystem (GIS)-Basisdaten der Gemeinde Hagenbüchach, Kehrbuschdaten (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 Technikatalog für die Kommunale Wärmeplanung entnommen, der im Auftrag des BMWK und des BMWSB erarbeitet wurde (vgl. Tabelle 14). 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 Hagenbüchach ist in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt. Auch die Topografie kann für Flächenpotenziale eine Restriktion darstellen.

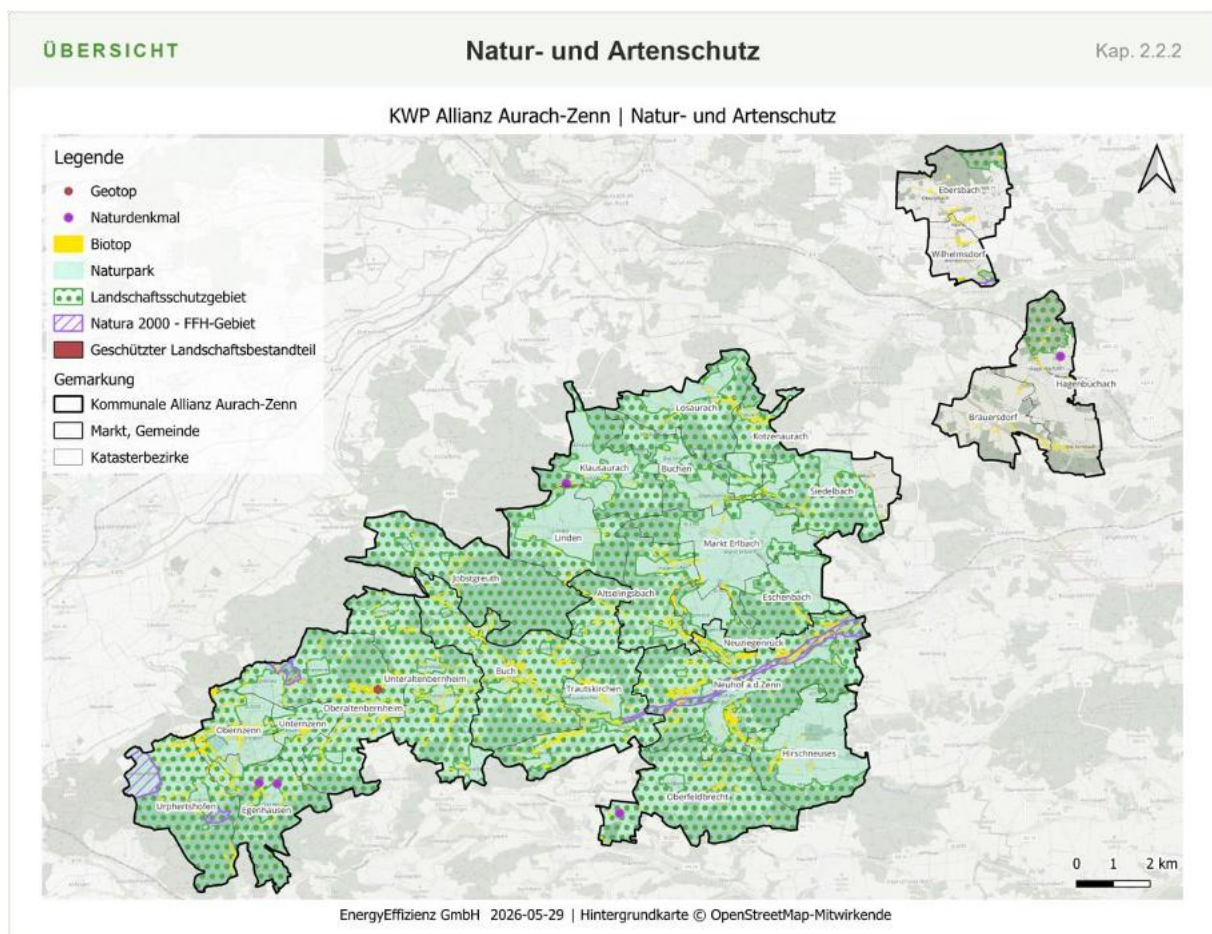


Abbildung 2: Natur- und Artenschutz als restriktives Element in der Kommunalen Allianz

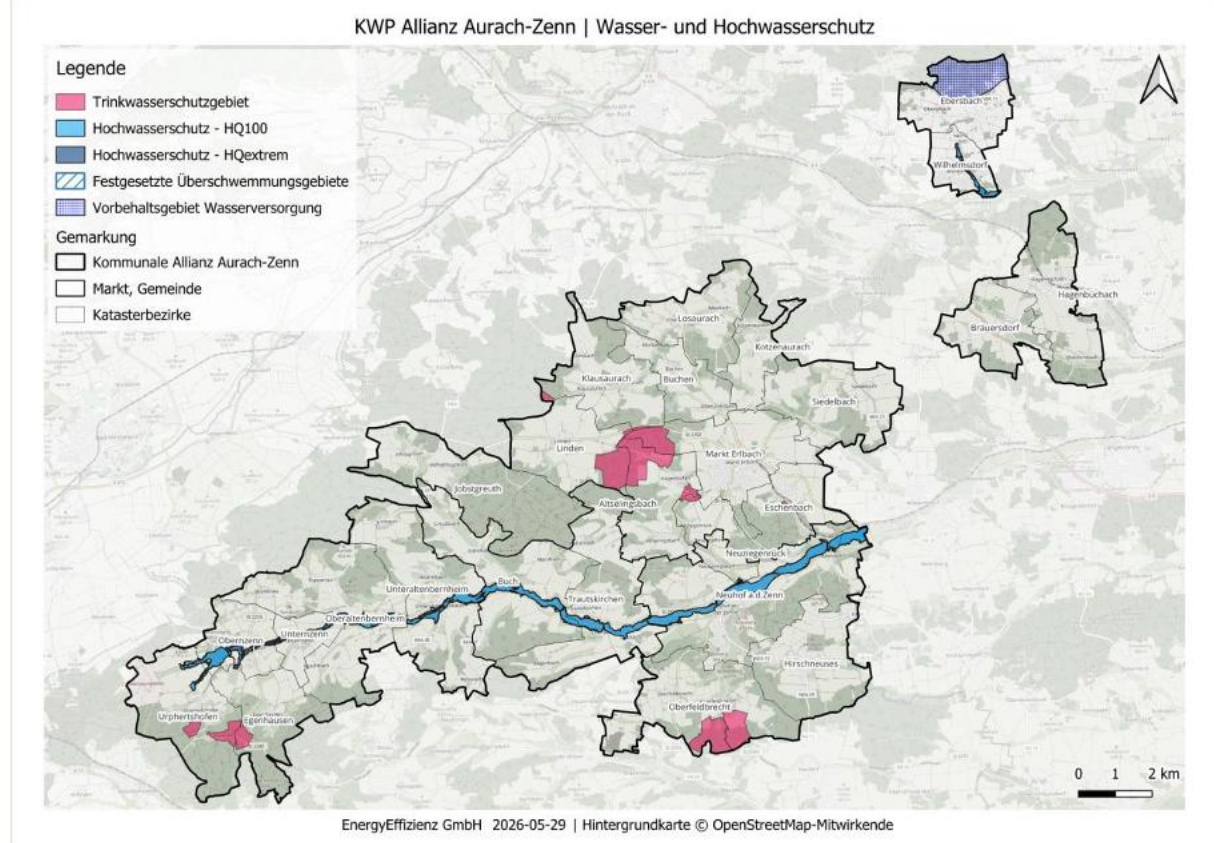


Abbildung 3: Trinkwasserschutz- und Überschwemmungsgebiete in der Kommunalen Allianz

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 Steckbriefe zusammenfassend 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 2025 verwendet. Das Plangebiet wird in sinnvolle Untersuchungsteilräume zergliedert, die künftig unterschiedliche Entwicklungen aufgrund des Ist-Zustands durchlaufen könnten. Für die Kommunale Allianz Aurach-Zenn bietet sich die Unterteilung der Kommunalen Allianz in Märkte/Gemeinden als Betrachtungseinheit an. Die Gebäudenutzungstypen, die Baualtersklassen sowie die Versorgungs- und Beheizungsstruktur spielen eine zentrale Rolle bei der energetischen Auswertung. Als Ergebnisse der Bestandsanalyse werden die Wärmedichten und Wärmelinienichten in Karten dargestellt.

3.1. Betrachtungsstruktur

Die Kommunale Allianz wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung entsprechend der oben benannten Märkte/Gemeinden analysiert. Diese administrative Gliederung bildet bereits sinnvolle Teilräume und ermöglicht eine effiziente Bearbeitung, wie in Abbildung 4 dargestellt.

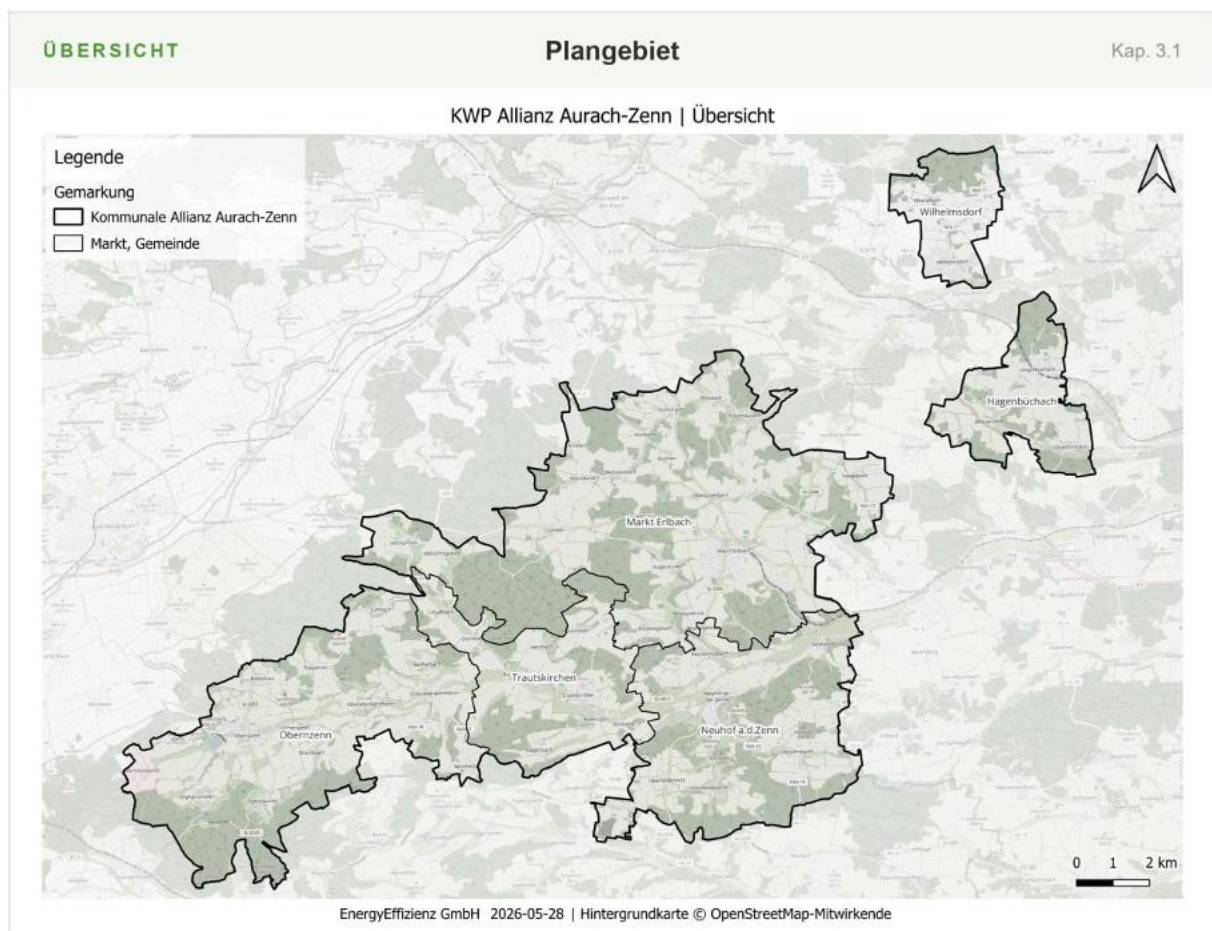


Abbildung 4: Übersicht des Gebiets der kommunalen Wärmeplanung für die Kommunale Allianz Aurach-Zenn

3.2. Gebäudenutzung

Im gesamten Plangebiet werden 98,7 % der Gebäude zu Wohnzwecken genutzt. Gebäude im Gewerbe, Handel, Dienstleistungssektor haben einen Anteil von 0,2 %, die der Industrie 0,5 %. Kommunale Gebäude spielen mit insgesamt 0,5 % eine weniger dominante Rolle. Bezogen auf die beheizte Fläche zeigt sich nur eine geringe Abweichung. Die Einteilung der Nutzertypen erfolgte auf Grundlage der infas 360 Daten. Die Verteilung wird in Abbildung 5 dargestellt.

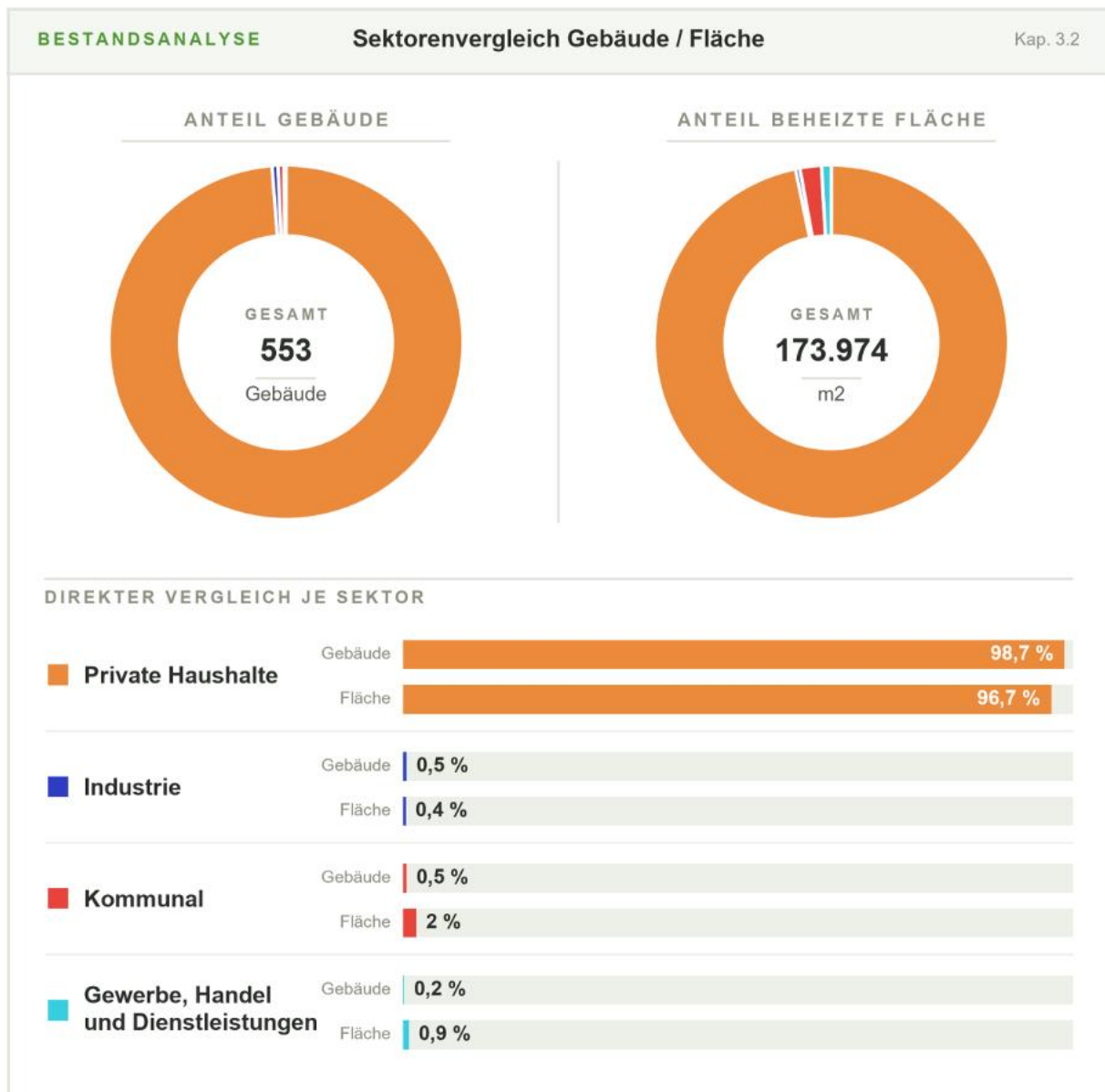


Abbildung 5: Gemeinde Hagenbüchach: Sektorenvergleich nach Gebäudeanzahl und beheizter Fläche

Zusätzlich zur Gesamtbilanz für die Gemeinde Hagenbüchach erfolgt eine kartografische Darstellung der dominierenden Nutzungstypen der Gebäude auf Baublockebene (vgl. Abbildung 6). Die Konzentration verschiedener Nutzungstypen ist dabei von hoher Bedeutung bei der Beurteilung, ob Abwärme zur Verfügung steht, erneuerbare Potenziale nutzbar gemacht werden können oder sich Wärmenetze eignen. Gewerbliche oder öffentliche Gebäude können Ankerakteure beim Ausrollen von Wärmenetzen sein. Die folgende Abbildung 6 zeigt das Kerngebiet von Hagenbüchach.

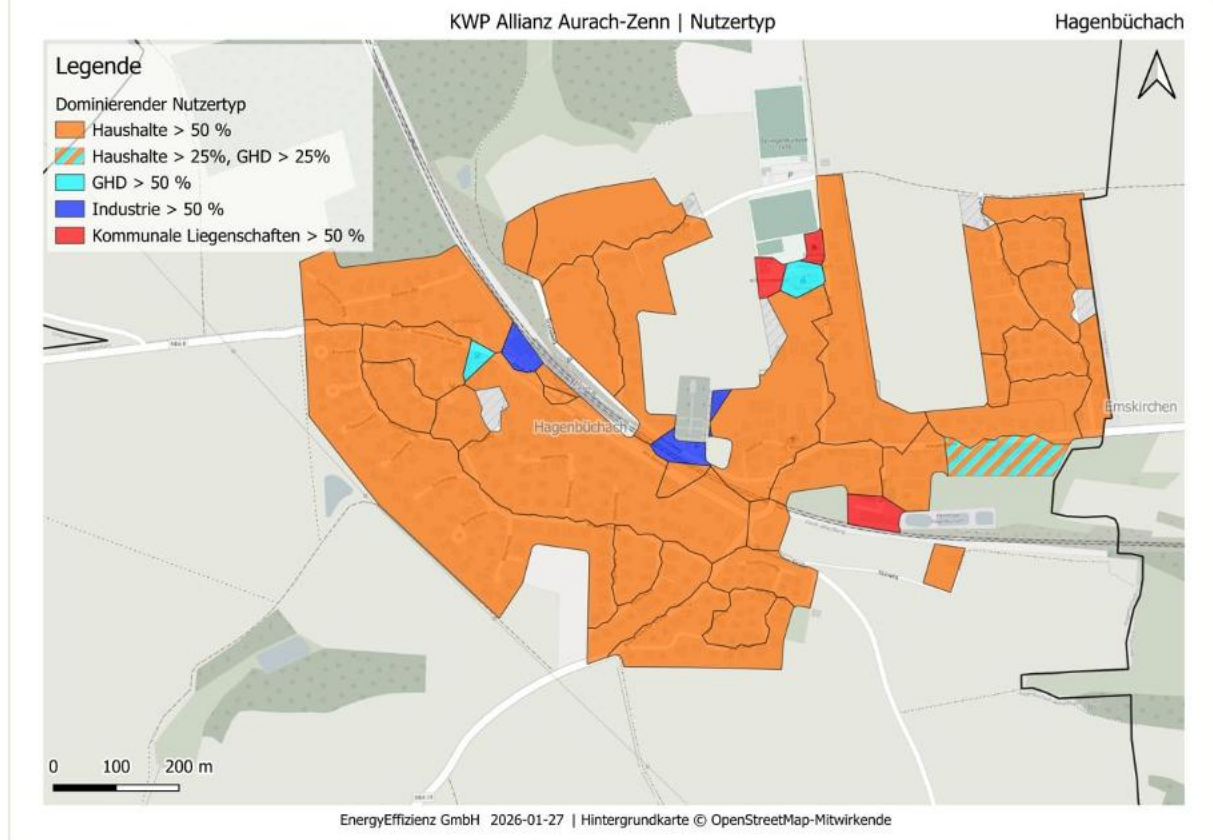


Abbildung 6: Kerngebiet Hagenbüchach: Dominierender Sektor

3.3. Baualtersklassen

Rund 5,4 % der Gebäude wurden vor 1949 errichtet und insgesamt 60 % stammen aus der Zeit vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1977. Diese Gebäude verfügen in der Regel über ein hohes Einsparpotenzial durch Hüllsanierungen. Die in Abbildung 7 dargestellte Verteilung der Baualtersklassen basiert auf den Daten des Zensus 2022 sowie den lizenzierten Daten der infas 360 GmbH.



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

Die dominierenden Baualtersklassen der Gebäude auf Baublockebene werden in Abbildungen veranschaulicht. Das Zentrum von Hagenbüchach wird durch Altbauten in dem historischen Ortskern geprägt. Das weitere Wachstum erfolgte hauptsächlich von den 50er bis in die 90er Jahre. Auch ein Neubaugebiet im Osten der Gemeinde Hagenbüchach ist deutlich sichtbar. Die Karte befindet sich aktuell in der Überarbeitung und wird schnellstmöglich aktualisiert.

3.4. Versorgungs- und Beheizungsstruktur

Die Verteilung der Energieträger der Hauptheizungen in der Gemeinde Hagenbüchach ist in der folgenden Abbildung 8 dargestellt. Die Wärmeversorgung in der Gemeinde Hagenbüchach weist bereits deutliche Anteile erneuerbarer beziehungsweise strombasierter Versorgungslösungen auf. Erneuerbare und strombasierte Wärmeerzeuger, Holz (26,8 %) und stromgeführte Heizungen (16,8 %), tragen bereits merklich zur Wärmeversorgung bei. Ergänzt wird die Struktur durch Heizöl (40,3 %). Der größere Anteil an unbekannten Energieträgern (16,1 %) liegt in Datenlücken der Kehr- und Verbrauchsdaten begründet. Ein weiterer Anteil entfällt auf Etagen- und Einzelraumheizungen, die durch die Clusterung von mehreren Gebäuden nicht gebündelt zugewiesen werden können. Demnach wird das Untersuchungsgebiet im Status quo zu mindestens 40,3 % durch fossile Energieträger versorgt.

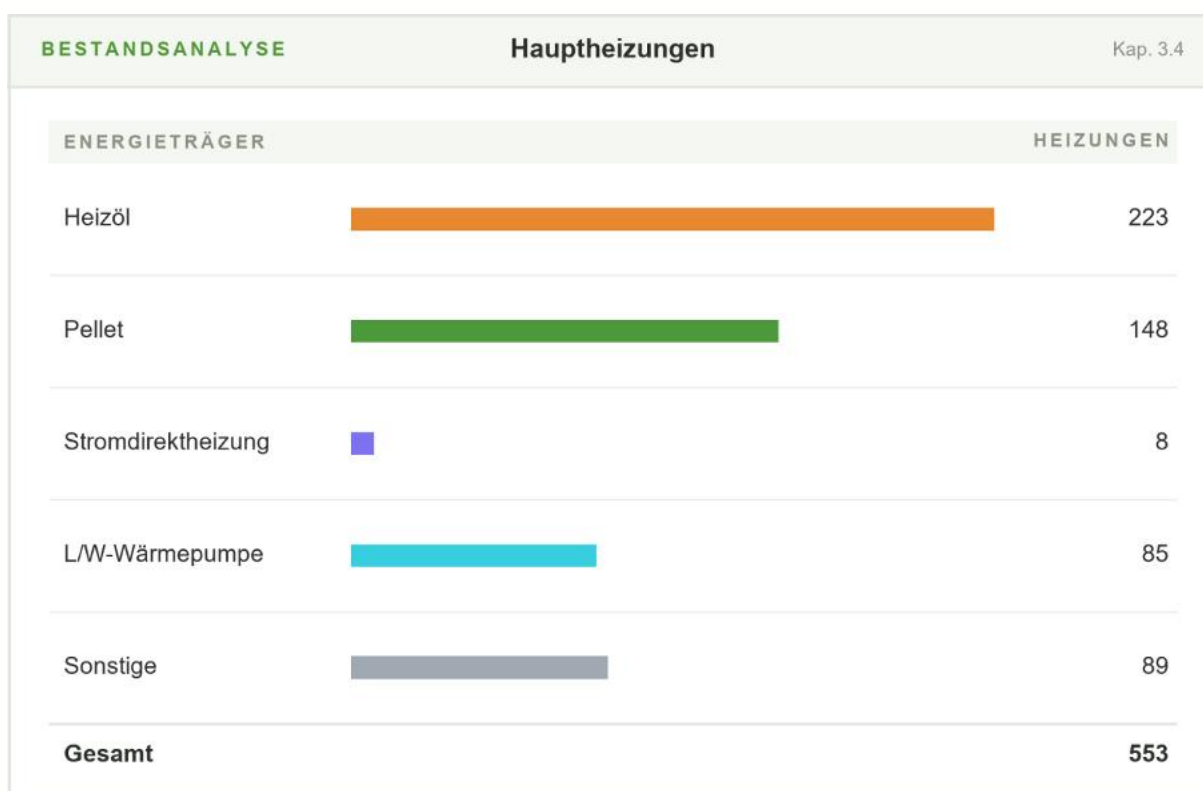


Abbildung 8: Gesamtes Plangebiet: Verteilung Energieträger. Quelle: Zensus 2022; Kehr- und Verbrauchsdaten 2022

Abbildung 9 unterstreicht in dem Kerngebiet der Gemeinde die Verteilung der Energieträger auf Baublockebene. Sobald ein Heizungstyp mehr als 25 % Anteil am Energiemix im Baublock hat, wird er abgebildet. Das Kartenmaterial ist hilfreich, um den Entwicklungsstand einzuschätzen und den räumlichen Handlungsdruck in Planungen mit einzubeziehen. Flüssiggas ist in der Kartendarstellung Gas zugeordnet. Insgesamt zeigt sich, dass der Gebäudebestand überwiegend durch einen Mix aus Biomasse und Heizöl geprägt ist. Einzelne Baublöcke weisen jedoch bereits relevante Anteile strombasierter Heizsysteme auf.

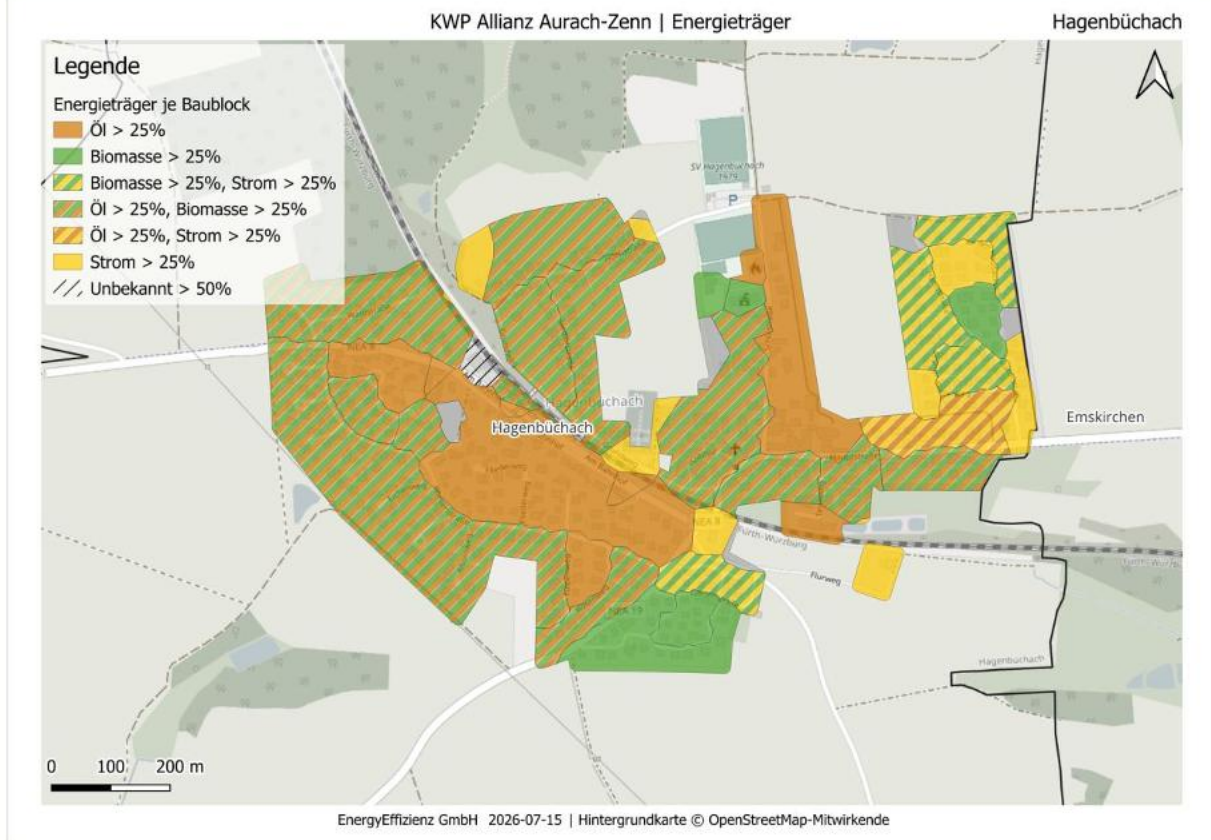


Abbildung 9: Kerngebiet Hagenbüchach: Dominierende Energieträger auf Baublockebene

3.5. Wärmemengen und Wärmelinieindichten

Aus den in Kapitel 2.2.1 dargestellten Merkmalen wurde für jedes Gebäude der Gemeinde Hagenbüchach der Wärmebedarf eines Jahres im Bestand ermittelt bzw. aus den Verbrauchsdaten übernommen. Zusammengefasst ergibt sich für die Gemeinde Hagenbüchach daraus eine **jährliche Wärmemenge von 15,7 Gigawattstunden (GWh/a)**.

Zur weiteren Analyse und Abschätzung von Entwicklungen sind Wärmedichte- und Wärmelinieindichtekarten notwendig. Die Wärmedichte gibt die innerhalb einer Fläche anfallende Wärmemenge in Megawattstunden pro Hektar an und wird auf Baublockebene aggregiert, während die Wärmelinieindichte die Wärmemenge entlang einer Straße in Megawattstunden pro Meter beschreibt. Ein Richtwert von über 1500 kWh/m*a bietet überschlägig laut Technikatalog Kommunale Wärmeplanung genügend Wärmeabnahme für ein konventionelles Wärmenetz (vgl. Tabelle 1).

Die angegebenen Richtwerte zeigen allerdings ausschließlich eine Eignung für konventionelle Wärmenetze. Für die Prüfung einer Eignung für kalte Nahwärmenetze kann die Wärmelinieindichte nur bedingt herangezogen werden. Demnach kann nicht ausschließlich über die Wärmelinieindichte auf festgelegte Wärmenetzzeignungsgebiete im Zielszenario geschlossen werden.

Tabelle 1: Einteilung der Wärmelinieindichte in Eignungskategorien nach Leitfaden der Wärmeplanung (Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; et al., 2024)

KLASSIFIKATION	Eignung nach Wärmelinieindichte	Kap. 3.5
WÄRMELINIEINDICHTE (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	● Hohe Wärmenetzeignung; 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 2: 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	

Abbildung 10 und Abbildung 11 stellen die Wärmeliniendichten/Wärmedichten des Ortskerns dar.

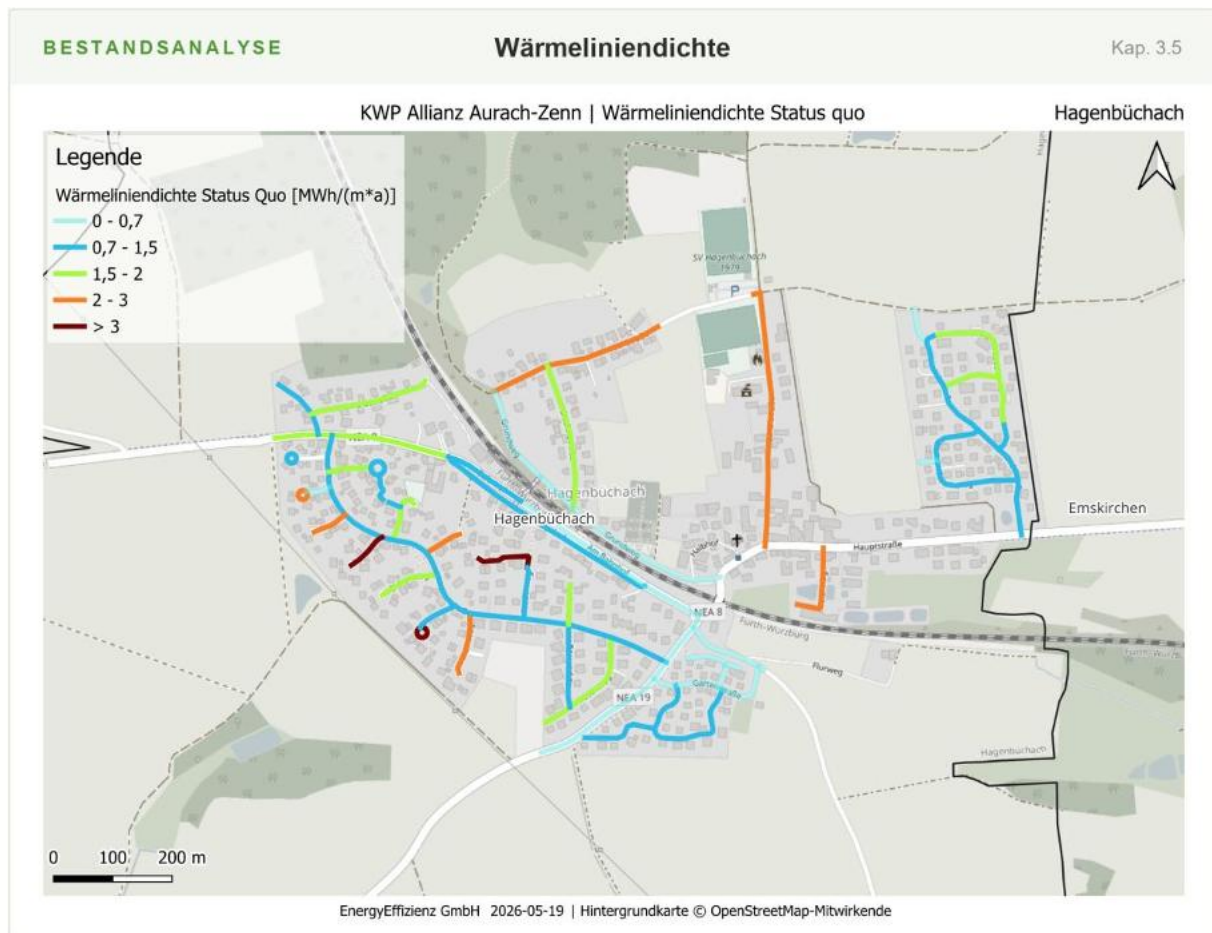


Abbildung 10: Kerngebiet Hagenbüchach: - Wärmeliniendichte Status quo

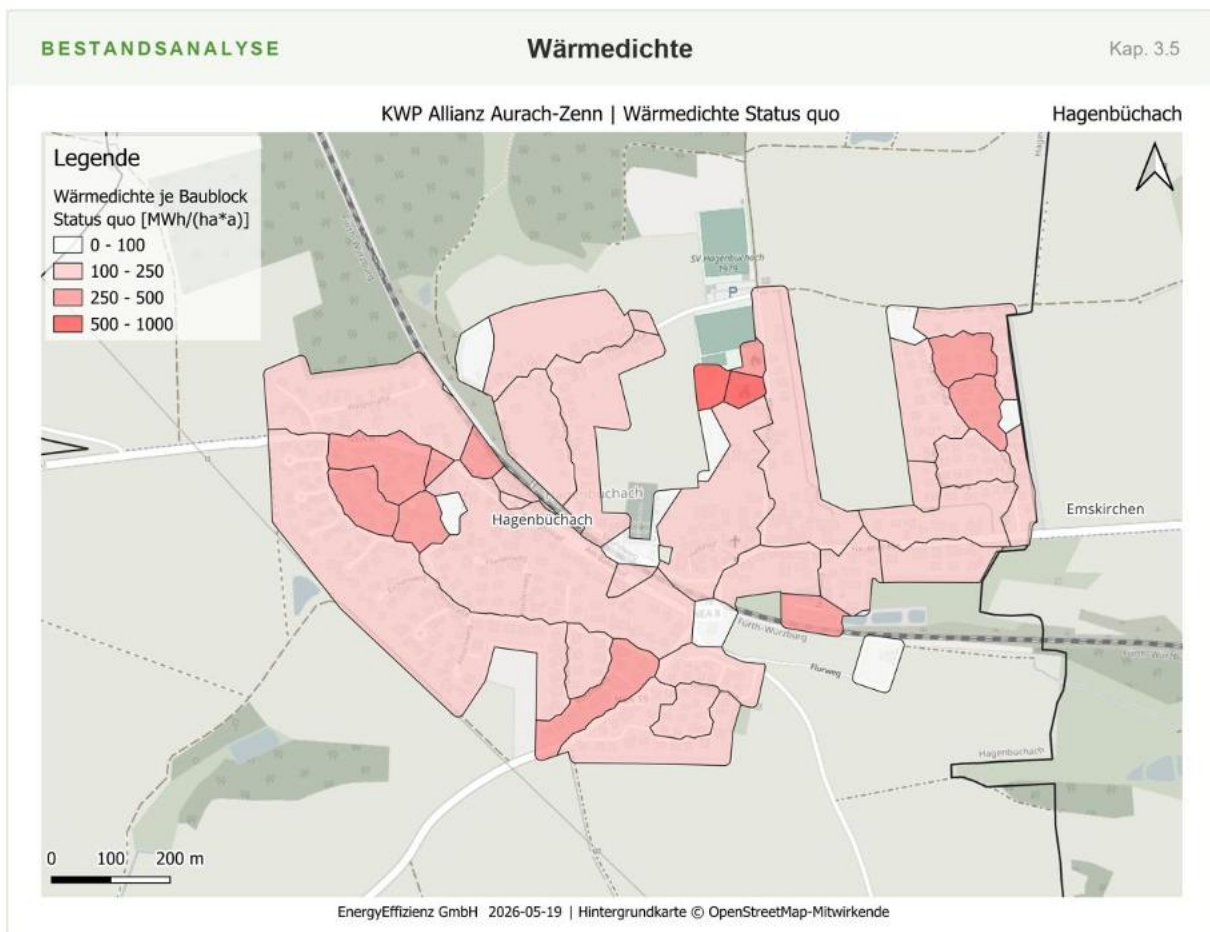


Abbildung 11: Kerngebiet Hagenbüchach: Wärmedichte Status quo

4. Potenzialanalyse

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

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

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	

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 BMWStB erstellt wurde (Anhang). 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 Hagenbüchach erreichbar scheint. Diese basiert auf dem RedEff-Szenario der Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland (Fraunhofer ISI et al., 2022). Es ist zu betonen, dass diese Sanierungsquote nicht nur technisch machbar, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll ist, um bis zum Jahr 2045 langfristig den Energieverbrauch zu senken und Betriebskosten einzusparen. Die jährliche Wärmebedarfsreduktion variiert je nach Nutzertyp und Baualtersklasse, da Gebäude mit bestimmter Nutzung oder eines bestimmten Baualters ein höheres oder niedrigeres Sanierungspotenzial aufweisen können als andere. Die Baualtersklassen mit dem höchsten Sanierungspotenzial sind demnach auch diejenigen, die die höchste jährliche Wärmebedarfsreduktion aufweisen. Die mittlere jährliche Reduktion des Wärmebedarfs stellt sicher, dass zum Zieljahr die angestrebte Senkung des Wärmebedarfs erreicht wird. Diese ist auch als absolute Zahl bezogen auf die beheizte Fläche im Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung angegeben. In den Berechnungen wird der Wärmebedarf der Gemeinde Hagenbüchach 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 14) kann bis 2045 eine Reduktion des Wärmebedarfs um 27,1 % erreicht werden. Damit sinkt die Wärmemenge der Gemeinde Hagenbüchach von derzeit 15,7 GWh auf 11,5 GWh.



Abbildung 12: Entwicklung des Wärmebedarfs bis Zieljahr 2045

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

4.2. Zentrale Potenziale (Wärme)

Im folgenden Kapitel werden die Technologien der Gemeinde Hagenbüchach 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 Wärmenetzplanung für ein bestimmtes Gebiet ergibt. Demzufolge kann es dazu kommen, dass ein Teil der nachfolgend errechneten Potenziale ungenutzt bleibt, sollte in der Nähe keine zentrale Wärmeversorgung aufgebaut werden können.

4.2.1. Biomasse

Als erneuerbarer Energieträger wird im Folgenden das 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 (CO₂)-Senken und Habitate gelten. Es gilt daher die Biomasse verträglich mit den Bedarfen des Klimaschutzes, der Klimaanpassung und des Naturschutzes zu nutzen. Es soll abgeschätzt werden, wie hoch das Potenzial für die Gemeinde Hagenbüchach ist, ohne die lokalen Ressourcen zu überlasten.

4.2.1.1. Hinweise und Einschränkungen

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

RESTRIKTIONEN		Biomasse	Kap. 5.2.1
■ AUSSCHLUSSKRITERIEN ausgeschlossen		■ RESTRIKTIVE FAKTOREN bedingt geeignet	
UNESCO-Kulturerbe		Landschaftsschutzgebiete	
Nationalparke, Naturdenkmäler		Natura 2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete), Naturparke	
Naturwaldreservate		Naturschutzgebiete	
Biosphärenreservate (Kernzonen)		Biosphärenreservate (Pflege- & Entwicklungszonen)	
Biotope		Geschützte Landschaftsbestandteile	
■ Geeignet = exkl. restriktiver Faktoren		■ Bedingt geeignet = inkl. restriktiver Faktoren	

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

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 13). 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.

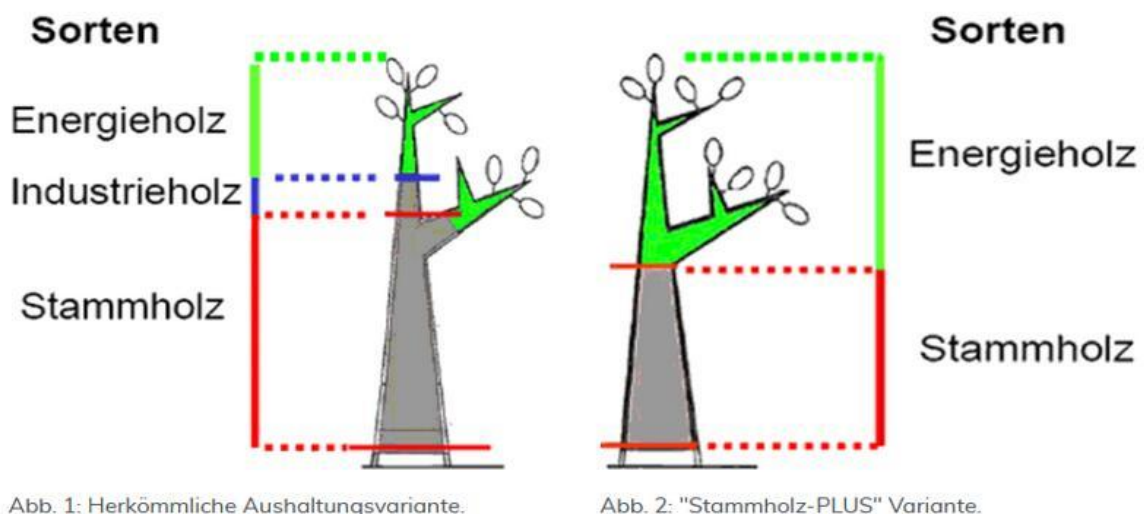


Abbildung 13: Darstellung der Aushaltungsvarianten zur Biomasse-Produktion²

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

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

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

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 **1,15 GWh/a** aus der Biomasse Holz, wiedergegeben in Tabelle 3.

Tabelle 3: Biomasse Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach

POTENZIAL		Biomasse (Wald)	Kap. 4.2.1
WALDFLÄCHE	344,7 ha	GESAMTPOTENZIAL	1,15 GWh/a
EIGNUNGSSTUFE		GWH/A	
● Geeignet		1,15	

Innerhalb der Gemarkung der Gemeinde Hagenbüchach sind einige zusammenhängenden Waldflächen ausgewiesen, dargestellt in Abbildung 14.

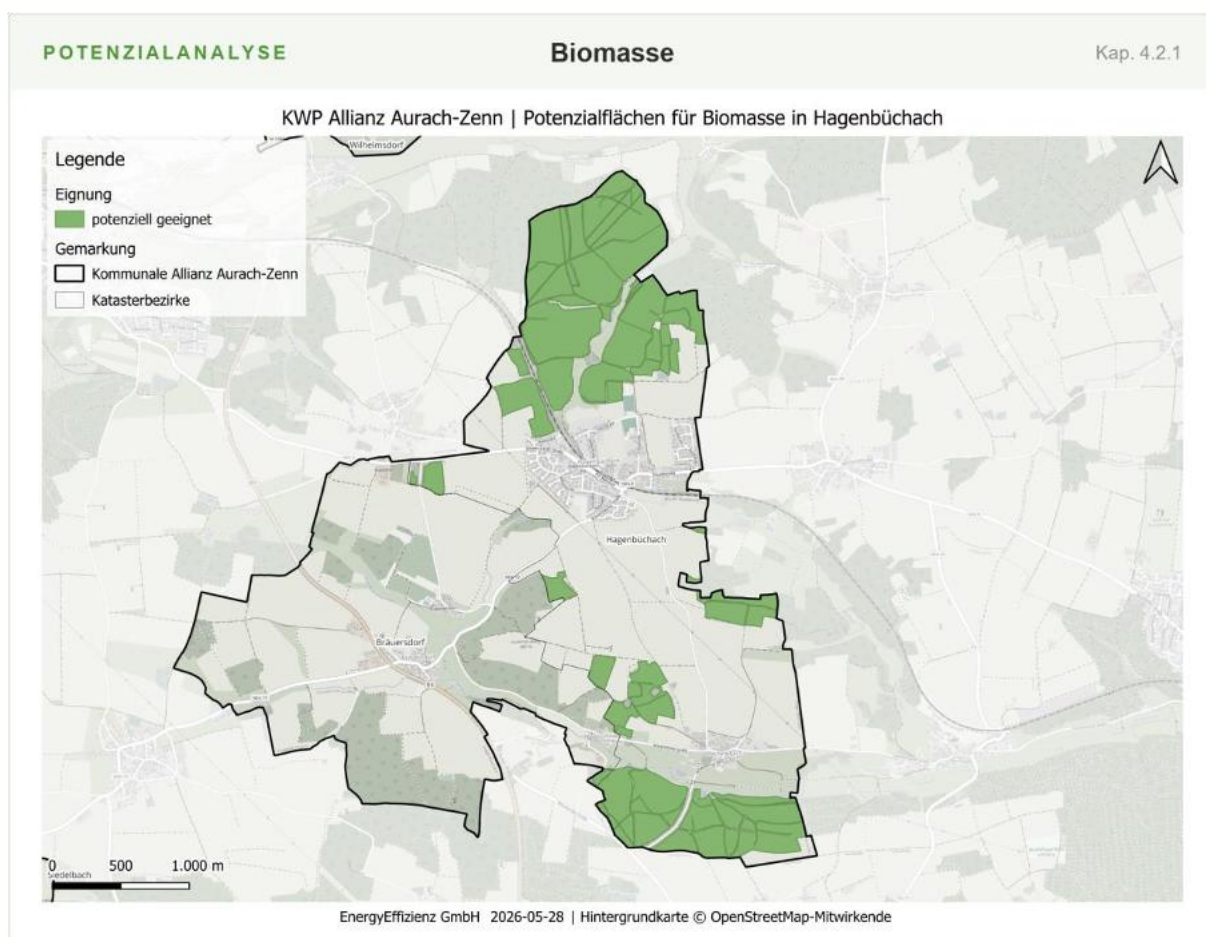


Abbildung 14: Biomasse Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach

Biomasse aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen

Die Ermittlung der Biomassepotenziale aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen ist zum derzeitigen Bearbeitungsstand noch nicht abgeschlossen. Insbesondere stehen noch Angaben zu den im Plangebiet vorhandenen Biogasanlagen aus. Die entsprechenden Daten wurden angefragt und werden nach Eingang ausgewertet. Die Ergebnisse werden im weiteren Verlauf der Wärmeplanung nachgereicht und spätestens im Endbericht berücksichtigt.

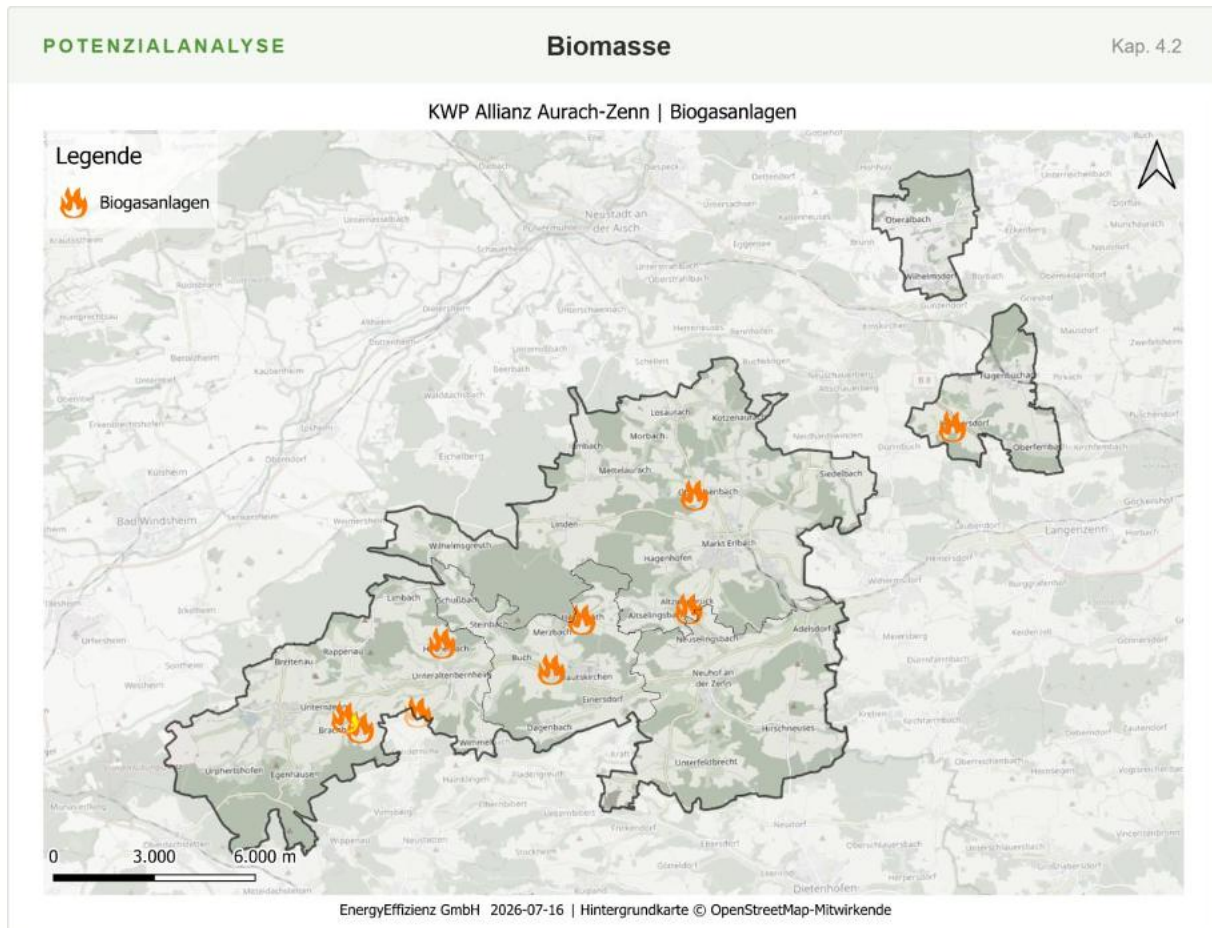


Abbildung 15: Biogasanlagen in der Kommunalen Allianz Aurach-Zenn

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 Solarthermiepoteziels auf Freiflächen werden zunächst geeignete Flächenkulissen bestimmt. Grundlage bilden die Vorgaben des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, insbesondere § 37 Abs. 1 bis 3 EEG. Bevorzugt berücksichtigt werden Flächen entlang von Autobahnen und mehrgleisigen Schienenwegen sowie Konversionsflächen und bereits versiegelte Bereiche.

FLÄCHENKULISSE	Solarthermie auf Freiflächen	Kap. 4.2.2
● BEVORZUGTE FLÄCHEN nach EEG		
500 m breiter Seitenstreifen entlang von mehrgleisigen Schienenwegen und Autobahnen davon 200 m planungsrechtlich privilegiert		
Konversionsflächen und bereits versiegelte Flächen		

Infobox 5: Flächenkulissen Solarthermie nach EEG

Bei der Berechnung von des Solarthermiepoteziels sind Restriktionen zu beachten. Diese unterteilen sich in Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren. Flächen, die von einem Ausschlusskriterium betroffen sind, werden nicht als Potenzialflächen berücksichtigt. Hierzu zählen beispielsweise Siedlungs-, Straßen- und Schienenflächen, Gewässer und Waldflächen, Naturschutzgebiete, Wasserschutzgebiete der Zonen I und II sowie Überschwemmungsgebiete.

Verbleibende Flächen ohne Ausschlusskriterien werden anhand ihrer Entfernung zu den Siedlungsflächen weiter differenziert. Flächen in einer Entfernung von bis zu 200 m werden als gut geeignet eingestuft, sofern keine restriktiven Faktoren vorliegen. Flächen in einer Entfernung von mehr als 200 m bis maximal 1.000 m gelten unter denselben Voraussetzungen als geeignet. Die Entfernung dient dabei als Näherungswert für den erforderlichen Leitungsweg zwischen der Solarthermieanlage und den potenziellen Wärmeabnehmern beziehungsweise einer Wärmenetz-Heizzentrale.

Überlagern sich grundsätzlich geeignete Flächen mit restriktiven Faktoren, erfolgt eine Einstufung als bedingt geeignet. Zu diesen Faktoren zählen unter anderem Natura-2000-Gebiete, Naturparke, Landschaftsschutzgebiete, regionale Grünzüge, Wasserschutzgebiete der Zone III sowie Überschwemmungsrisikogebiete. Eine Nutzung ist dort nicht grundsätzlich ausgeschlossen, muss jedoch im Einzelfall vertieft geprüft und mit den jeweiligen Schutz- und Planungsbelangen abgewogen werden. Infobox 6 fasst die bei der Ermittlung des Freiflächen-Solarthermiepoteziels berücksichtigten Ausschlusskriterien und restriktiven Faktoren für Bayern zusammen.

● AUSSCHLUSSKRITERIEN ausgeschlossen

Siedlungs-, Straßen- und Schienenflächen

Gewässer, Wald- und Forstflächen

Nationale Naturmonumente

Naturschutzgebiete, Nationalparke, Naturdenkmäler, Naturwaldreservate

Biosphärenreservate (Kernzone)

Geschützte Landschaftsbestandteile

Biotope

Wasserschutzgebiete Zone I – II

Heilquellschutzgebiete (qualitativ)

Überschwemmungsgebiete (HQ100)

Vorranggebiete Hochwasserschutz

Landwirtschaftliche Böden mit sehr hoher natürlicher Ertragsfähigkeit

Hangneigung > 20°

● RESTRIKTIVE FAKTOREN bedingt geeignet

Natura 2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete), Naturparke

Geotope, Bodendenkmäler

Landschaftsschutzgebiete

Regionale Grünzüge

Biosphärenreservate (Pflege- & Entwicklungszone)

Wasserschutzgebiete Zone III

Heilquellschutzgebiete (quantitativ)

Überschwemmungsrisikogebiete (HQextrem)

Vorrang- & Vorbehaltsgebiete Wasserversorgung

● 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 (Bayern) für Solarthermie auf Freiflächen
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 Hagenbüchach ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Potenzial für Freiflächen-Solarthermie in der Gemeinde Hagenbüchach

POTENZIAL Freiflächen-Solarthermie		Kap. 4.2.2
POTENZIALFLÄCHE 496,5 ha	GESAMTPOTENZIAL 993,0 GWh/a	
30 % 57 % 12 %		
EIGNUNGSSTUFE	GWH/A	
● Gut geeignet	301,84	
● Geeignet	568,29	
● Bedingt geeignet	122,90	

Insgesamt ergibt sich für die Gemeinde Hagenbüchach ein technisches Potenzial von **993 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 16 dargestellt. Die Integration dieser Potenziale beim Wärmenetzausbau ist im Detail zu prüfen.

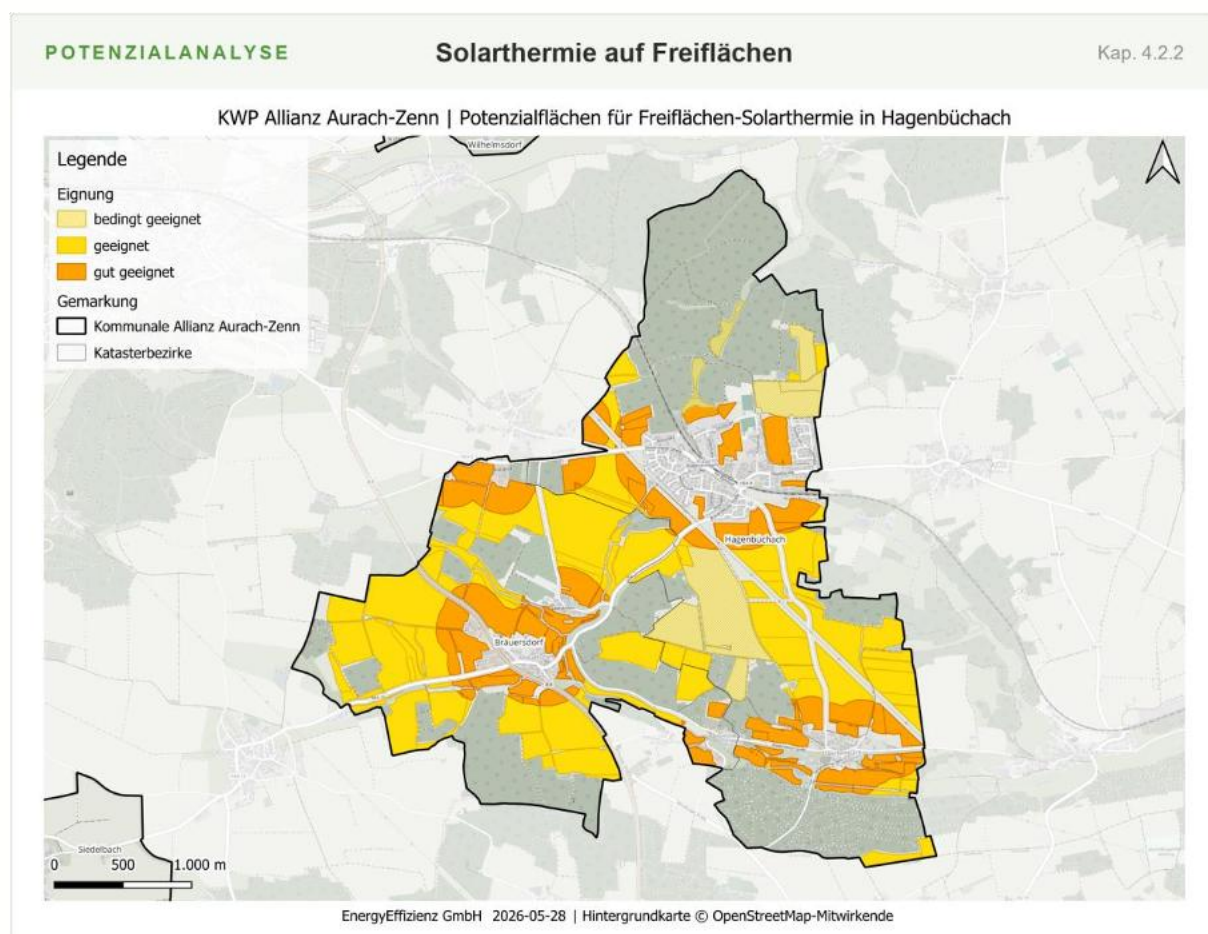


Abbildung 16: Potenzialflächen Freiflächen-Solarthermie der Gemeinde Hagenbüchach

4.2.3. Agrothermie

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

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

4.2.3.1. Hinweise und Einschränkungen

Bei der Berechnung des Agrothermiekpotenzials werden räumliche Restriktionen berücksichtigt, die sich in Ausschlusskriterien und restriktive Faktoren unterteilen. Ausschlusskriterien führen dazu, dass eine Fläche nicht als Potenzialfläche berücksichtigt wird. Hierzu zählen insbesondere Schutzgebiete, in denen die Verlegung von Erdwärmekollektoren aufgrund wasser-, natur- oder denkmalschutzrechtlicher Vorgaben nicht genehmigungsfähig ist. Ebenfalls ausgeschlossen werden Flächen mit einer Hangneigung von mehr als 20°, flachgründige Standorte und Flächen, die weiter als 2.000 m von einer Siedlungsfläche entfernt liegen. Bei größeren Entfernungen ist der technische Aufwand für die Wärmeerschließung und den Transport in der Regel zu hoch, sodass eine wirtschaftliche Nutzung nicht zu erwarten ist.

RESTRIKTIONEN

Agrothermie

Kap. 4.2.3

● AUSSCHLUSSKRITERIEN

ausgeschlossen

Nationale Naturmonumente

Naturschutzgebiete, Nationalparke, Naturdenkmäler, Naturwaldreservate

Biosphärenreservate (Kernzone)

Geschützte Landschaftsbestandteile

Biotope, Geotope, Bodendenkmäler

Wasserschutzgebiete

Heilquellschutzgebiete

Überschwemmungsgebiete (HQ100)

Vorranggebiete Hochwasserschutz

Hangneigung > 20°

Flachgründige Standorte

Max. 2.000 m Abstand zur Siedlungsfläche

hoher technischer Aufwand, nicht ökonomisch

● RESTRIKTIVE FAKTOREN

bedingt geeignet

Natura 2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete)

Naturparke

Landschaftsschutzgebiete

Regionale Grünzüge

Biosphärenreservate (Pflege- & Entwicklungszone)

Überschwemmungsrisikogebiete (HQextrem)

Vorrang- & Vorbehaltsgebiete Wasserversorgung

● Gut geeignet

= Dauergrünland, besonders geeignet für Agrothermie

● Geeignet

= exkl. restriktiver Faktoren

● Bedingt geeignet

= inkl. restriktiver Faktoren

Infobox 7: Restriktionen (Bayern) für Agrothermie

Flächen, die nicht von einem Ausschlusskriterium betroffen sind und keine restriktiven Faktoren aufweisen, werden grundsätzlich als geeignet eingestuft. Dauergrünland gilt aufgrund seiner vergleichsweise guten Voraussetzungen für die Verlegung von Erdwärmekollektoren als besonders geeignet und wird daher als gut geeignet betrachtet. Überlagern sich geeignete Flächen mit restriktiven Faktoren, erfolgt eine Einstufung als bedingt geeignet. Zu diesen Faktoren zählen beispielsweise Natura-2000-Gebiete, Naturparke, Landschaftsschutzgebiete, regionale Grünzüge, Pflege- und Entwicklungszonen von Biosphärenreservaten sowie Überschwemmungsrisikogebiete. Eine Nutzung ist auf diesen Flächen nicht grundsätzlich ausgeschlossen, erfordert jedoch eine vertiefte Prüfung und eine Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden. Zusätzlich zu den Restriktionen ist für die Wirtschaftlichkeit eines Projektes der Flächenzuschnitt, die Entzugsleistung des Bodens und die Nähe zum dem Siedlungsgebiet entscheidend. Bei der Potenzialanalyse wurden diese Aspekte soweit wie möglich berücksichtigt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass sich aufgrund von methodischen Einschränkungen Ungenauigkeiten ergeben können, und dass es in jedem Fall einer weiteren Fachplanung zur Flächenausweisung bedarf.

4.2.3.2. Potenzial

Es besteht die Möglichkeit, dass sich die betrachteten Flächen auch für andere Energieträger, zum Beispiel Agri-Photovoltaik eignen. Zum Teil kann auch eine Mehrfachnutzung der Fläche möglich sein. Dies ist allerdings im Einzelfall zu prüfen. Damit die erzeugte Wärme effizient genutzt werden kann, muss auch bei Agrothermie-anlagen die räumliche Nähe zu einer Heizzentrale gegeben sein. Die Einbindung in ein Wärmenetz ist daher im Einzelfall und im Rahmen der Wärmeplanung erst nach festgelegtem Zielszenario zu bewerten und unter Berücksichtigung weiterer Planungen zu entscheiden.

Für die Berechnung des möglichen Ertrags werden pro ha Fläche 400 MWh/a Ertrag angenommen (Professur für Agrarsystemtechnik der TU Dresden, Doppelacker GmbH, 2023). Die Jahresarbeitszahl (JAZ) beschreibt als Kennwert einer Wärmepumpe das Verhältnis der erzeugten Wärme zur benötigten Antriebsenergie bzw. dem benötigten Strom und wird mit 4 angenommen. Das Potenzial für Agrothermie für die Gemeinde Hagenbüchach ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Potenzial für Agrothermie in der Gemeinde Hagenbüchach

POTENZIAL		Agrothermie	Kap. 4.2.3
POTENZIALFLÄCHE	513,4 ha	GESAMTPOTENZIAL	273,8 GWh/a
		88 %	12 %
EIGNUNGSSTUFE		GWH/A	
● Geeignet		240,44	
● Bedingt geeignet		33,39	

Insgesamt ergibt sich für die Gemeinde Hagenbüchach ein technisches Potenzial von **273,8 GWh/a** (geeignet, bedingt geeignet) für die Wärmeerzeugung durch Agrothermie. Die Potenzialflächen der Agrothermie sind in der folgenden Abbildung 17 räumlich dargestellt für das gesamte Plangebiet.

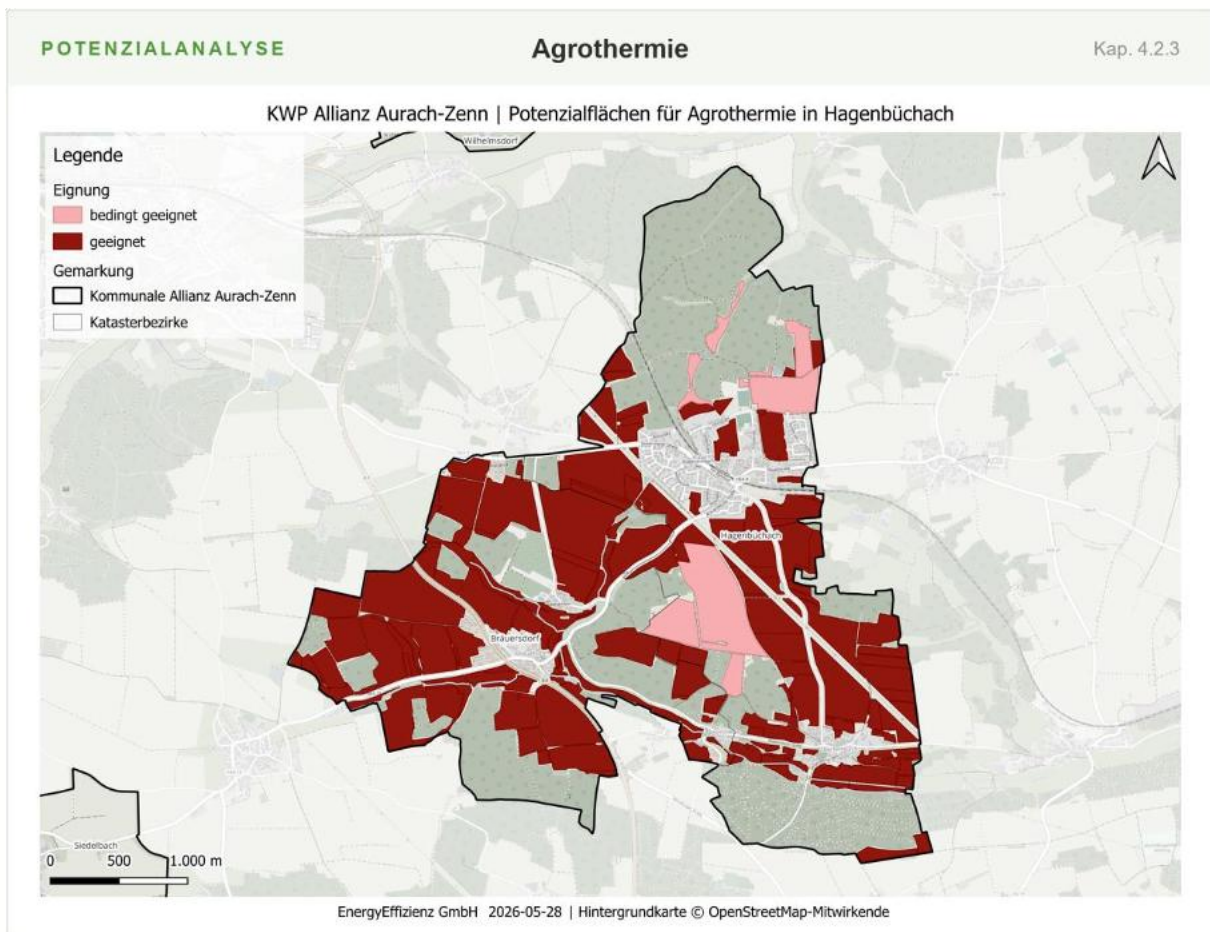


Abbildung 17: Potenzialflächen Agrothermie der Gemeinde Hagenbüchach

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

Auf der Gemarkung der Gemeinde Hagenbüchach sind aus den vorliegenden Daten keine geeigneten Fließgewässer mit nutzbarem Flusswärmepotenzial ausgewiesen.

Seethermie

Auf der Gemarkung der Gemeinde Hagenbüchach befinden sich geeignete Seeflächen mit einer Gesamtfläche von 0,1 ha. Nach Anhebung des Temperaturniveaus durch eine Wärmepumpe mit einem COP von 3, unter Annahme von 2.000 Volllaststunden und einer spezifischen Entzugsenergie von 40 kWh/(m²*a) steht eine Erzeugernutzwärme von 0,07 GWh/a zur Verfügung.

Tabelle 6: Potenzial aus Seethermie von der Gemeinde Hagenbüchach

POTENZIAL		Oberflächengewässer (See)	Kap. 4.2.4
GEWÄSSERFLÄCHE		GESAMTPOTENZIAL	
0,11 ha		0,07 GWh/a	
EIGNUNGSSTUFE			GWH/A
● Geeignet			0,07

Abbildung 18 zeigt die räumliche Lage der für eine seethermische Nutzung grundsätzlich verfügbaren Gewässer innerhalb der Gemeinde.

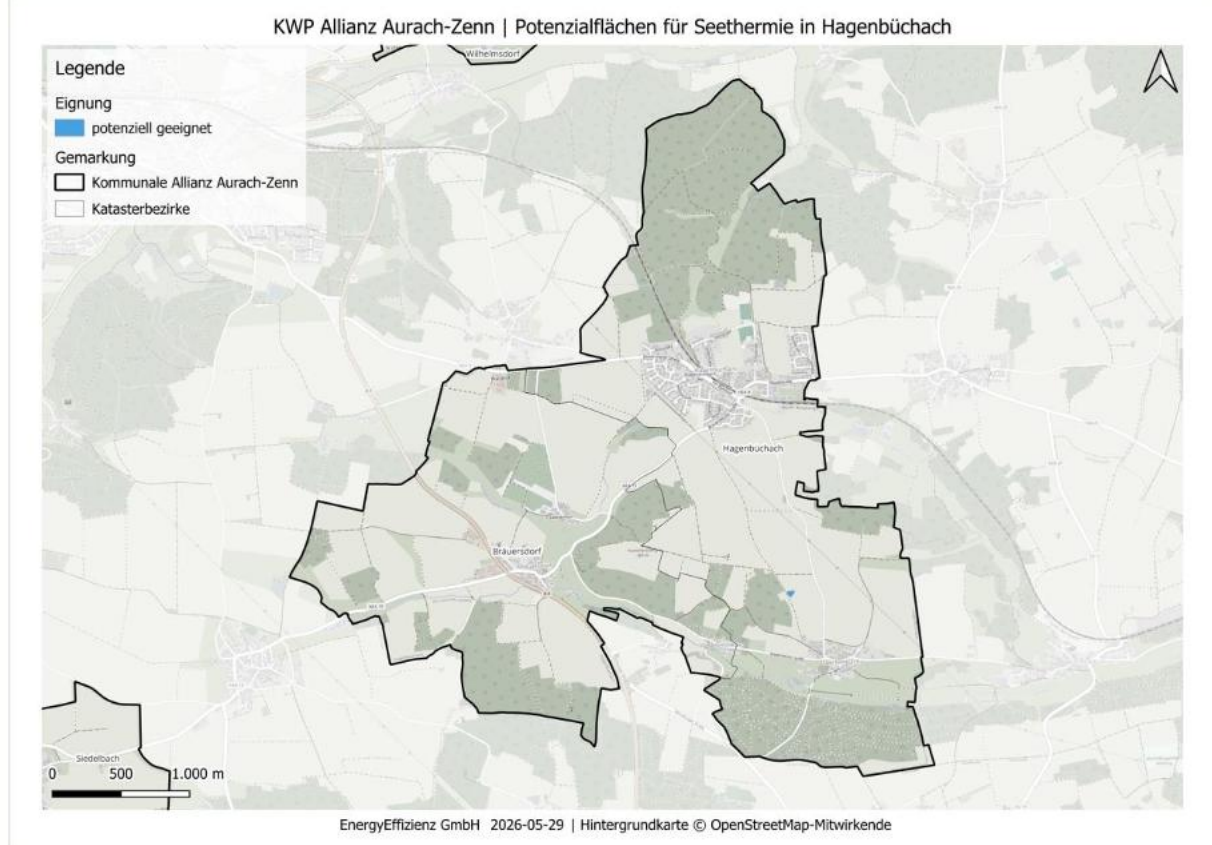


Abbildung 18: Potenzielle Gewässer für Seethermie der Gemeinde Hagenbüchach

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 Tiefengeothermieranlagen einen großen Schritt in Richtung klimaneutrale Wärmeversorgung bedeuten.

4.2.5.1. Hinweise und Einschränkungen

Eine umfassende Analyse der Realisierbarkeit einer tiefengeothermischen Bohrung kann erst nach einer 3D-seismologischen Untersuchung erfolgen. In Bayern herrschen innerhalb des Süddeutschen Molassebeckens günstige geologische Bedingungen für eine hydrothermale Wärme- und Stromgewinnung mittels Tiefengeothermie. Da sich die Kommunale Allianz Aurach-Zenn in einer Entfernung von ca. 120 km von diesem Gebiet befindet, ist davon auszugehen, dass keine günstigen geologischen Bedingungen für hydrothermale Tiefengeothermie vorliegen.

4.2.5.2. Potenzial

Aufgrund 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 19: 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.

4.2.6.2. Potenzial

Die Abwärmeplattform des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle weist kein Unternehmen mit registriertem Abwärmepotenzial aus. Damit ergibt sich kein quantifizierbares industrielles Abwärmepotenzial in der Gemeinde Hagenbüchach.

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 Minstdurchmesser der Kanäle von einem nominellen Rohrdurchmesser (DN) 800 vorliegen, was einem Durchfluss von 8-10 l/s und einem Einzugsgebiet von 7.000 Einwohner*innen entspricht. Die Entzugsleistung beträgt bei einer Länge von 1 m und einer Fläche von 1 m² etwa 2,5 Kilowattstunden (kWh) (für DN 800-1000). 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

Da die Mindestgröße von Kanälen und Kläranlagen nicht erfüllt ist, ergibt sich für die Gemeinde Hagenbüchach kein quantifizierbares Potenzial zur Nutzung von Abwärme aus Kläranlagen oder Abwasserkanälen

4.2.8. Grüner Wasserstoff

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

Nach Auskunft der N-ERGIE ist derzeit nicht belastbar absehbar, wann und ob eine flächendeckende Wasserstoffversorgung in der Region möglich sein wird. Das geplante Wasserstoffkernnetz verläuft außerhalb beziehungsweise am Rand des Netzgebiets und soll zunächst insbesondere energieintensive Industriebetriebe und Kraftwerksstandorte versorgen. Für eine Umstellung des örtlichen Gasverteilnetzes fehlen gegenwärtig ausreichend hohe und langfristig gesicherte Wasserstoffbedarfe. Zudem würden die kleinteiligen Netzstrukturen, die Einspeisung von Biomethan und die damit teilweise erforderliche parallele Leitungsinfrastruktur eine Umstellung technisch und wirtschaftlich erschweren. Für die kommunale Wärmeplanung ist Wasserstoff zur Versorgung von Wohngebäuden daher allenfalls in begründeten Ausnahmefällen zu berücksichtigen. Eine zukünftige Nutzung durch einzelne Industrieunternehmen oder gegebenenfalls zur Versorgung von Wärmenetzen bleibt davon unberührt.

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

4.3. Dezentrale Potenziale (Wärme)

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

4.3.1. Luft/Wasser-Wärmepumpen

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

4.3.1.1. Potenzial

Die Nutzung der Umgebungsluft ist grundsätzlich aufgrund der unbegrenzt vorkommenden Ressource nicht limitiert. Die Einsatzmöglichkeiten können allerdings durch Abstandsregelungen zu Gebäuden eingeschränkt sein. Im Vergleich zu den anderen Wärmepumpentypen weisen Luft/Wasser-Wärmepumpen den geringsten Wirkungsgrad auf. Lediglich Luft/Luft-Wärmepumpen können einen noch geringeren Wirkungsgrad verzeichnen. 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. Hinweise und Einschränkungen

Erdwärmekollektoren

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 von dem lokal anstehenden Boden unterscheiden kann. Außerdem wurden die versiegelten Flächen der Grundstücke bei den Berechnungen nicht berücksichtigt, sodass die zu realisierende Kollektorfläche abweichen kann.

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

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden sind in den Wasserschutzgebietszonen nicht zulässig. Die Berechnung der Entzugsleistungen sowie die Bewertung der Erdwärmesonden erfolgte unter der Annahme, dass die unbebauten Grundstücksflächen zum Bau von Erdwärmesonden vollständig entsiegelt werden können. Die Potenzialberechnungen können nicht dazu dienen, eine konkrete Dimensionierung von Erdwärmesonden für ein Grundstück vorzunehmen. Da die Bodenbeschaffenheit und die Entzugsleistung eines konkreten Bohrfeldes nur mithilfe einer Probebohrung und eines Thermal-Response Tests (TRT) ermittelt werden kann, ist darauf hinzuweisen, dass die angegebene Entzugsenergie teilweise stark von den tatsächlich zu erreichenden Werten abweichen kann. Insgesamt gilt es zu beachten, dass die Ausweisung des technischen Gesamtpotenzials keine Flächenkonkurrenz aufweist, da beim Potenzial der Erdwärmekollektoren nur Grundstücke berücksichtigt wurden, bei denen der Bau von Erdwärmesonden nicht möglich ist. Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren sind

konkurrierende Technologien, die die gleiche Energiequelle nutzen. Die Erdwärmesonden sind in diesem Fall zu bevorzugen, da diese aufgrund der ganzjährig stabilen Untergrundtemperaturen die effizientere Lösung darstellen. Bei Tiefbauarbeiten ist das Landesamt für Denkmalpflege sowie die höhere und untere Denkmalschutzbehörde zu beteiligen. Das Potenzial für oberflächennahe Geothermie kann durch das hohe Aufkommen an archäologischen Fundstellen eingeschränkt werden.

4.3.2.2. Potenzial

Erdwärmekollektoren

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 Hagenbüchach 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 7 wurde der Referenzdatensatz des Standortes Nürnberg genommen, da sich die Gemeinde Hagenbüchach nach DIN 4710 in der Klimazone 13 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.

Tabelle 7: Potenzial Erdwärmekollektoren in der Gemeinde Hagenbüchach

POTENZIAL		Erdwärmekollektoren (EWK)		Kap. 4.3.2	
GESAMTPOTENZIAL					
6,95 GWh/a					
71 %9 %20 %					
EIGNUNGSSTUFE				GWH/A	
● Gut geeignet				4,95	
● Geeignet				0,62	
● Einzelfallbetrachtung				1,39	

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

Erdwärmesonden

Das technische Potenzial für Erdwärmesonden wurde unter Beachtung der wasserschutzrechtlichen Restriktionen sowie der nachfolgend beschriebenen Einflüsse und Parameter ermittelt. Die Entzugsleistung wurde in Abhängigkeit der lokal vorherrschenden Wärmeleitfähigkeit sowie der Anzahl von benachbarten Sonden ermittelt. Anhand der unbebauten Grundstücksfläche konnte die maximale Sondenanzahl ermittelt werden. Es wurde von einer maximalen Bohrtiefe von 99 Metern ausgegangen. Anhand dieser Kennwerte, 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 Hagenbüchach ist in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Potenzial Erdwärmesonden in der Gemeinde Hagenbüchach

POTENZIAL		Erdwärmesonden (EWS)	Kap. 4.3.2
GESAMTPOTENZIAL			
5,58 GWh/a			
49 %14 %38 %			
EIGNUNGSSTUFE	GWH/A		
● Gut geeignet	2,71		
● Geeignet	0,76		
● Einzelfallbetrachtung	2,12		

4.3.2.3. Bewertung des Potenzials

Erdwärmekollektoren

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

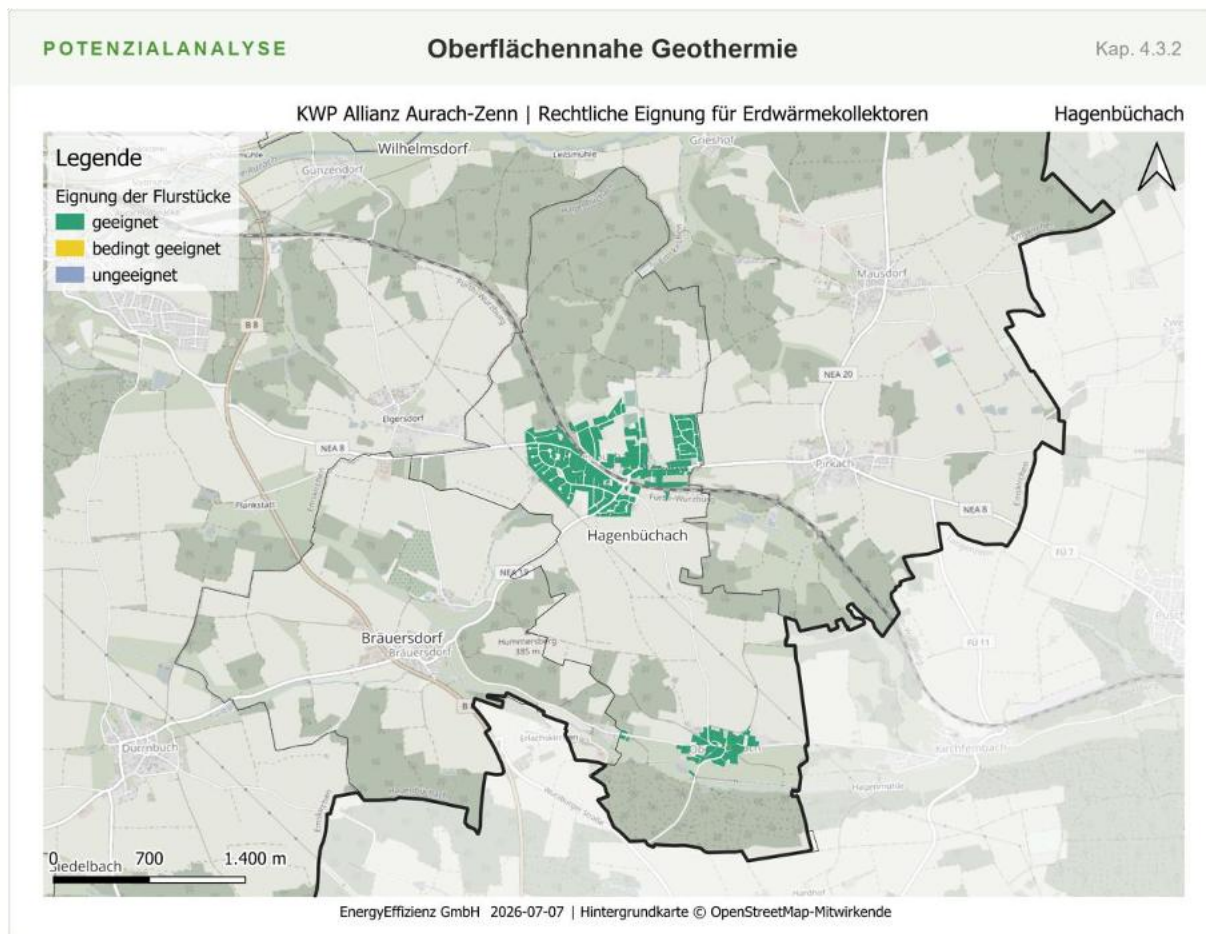


Abbildung 20: Kerngebiet Hagenbüchach: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren

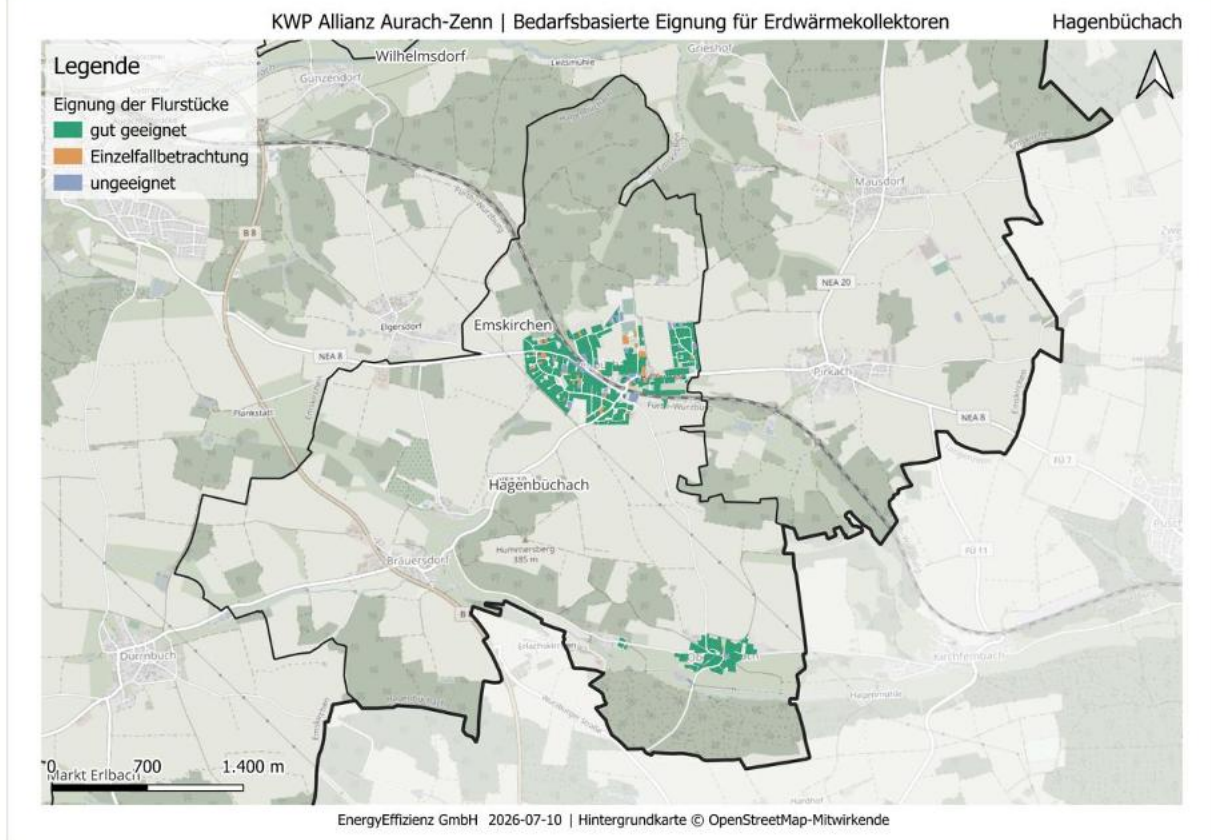


Abbildung 21: Kerngebiet Hagenbüchach: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren

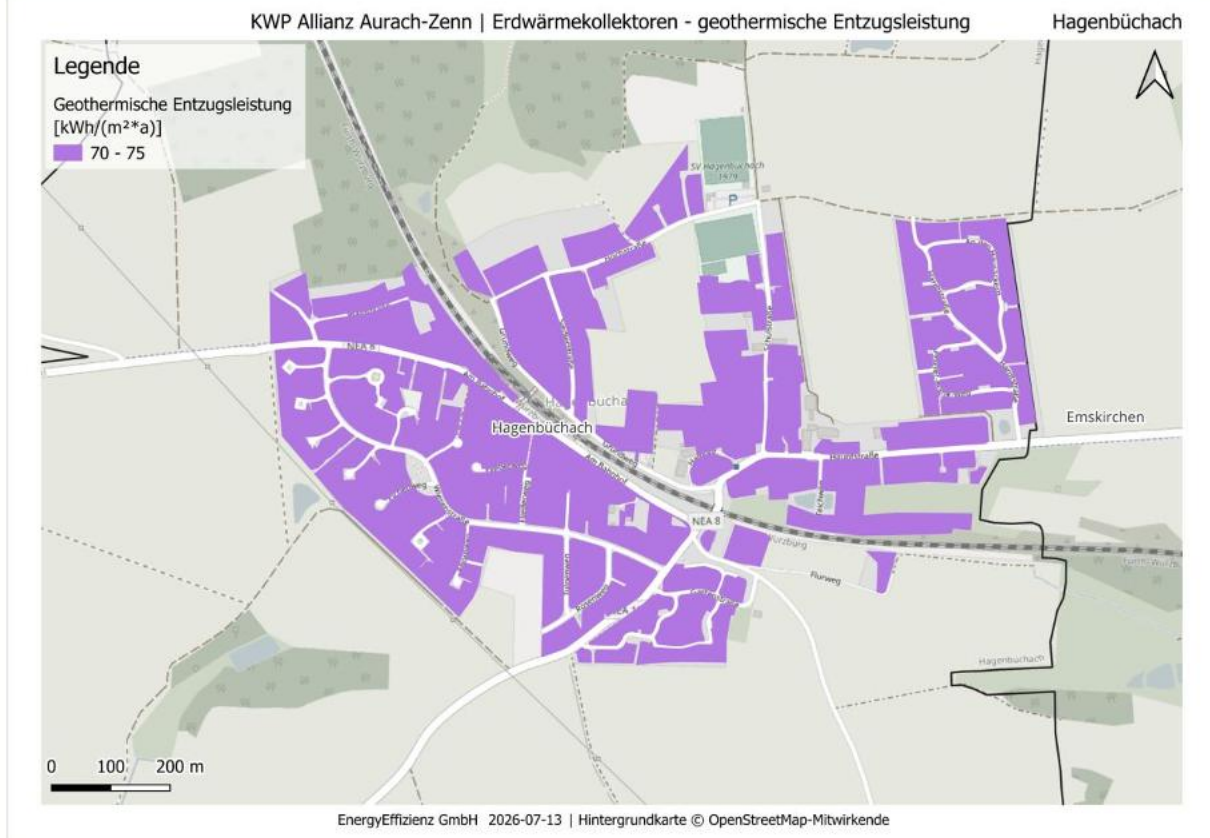


Abbildung 22: Kerngebiet Hagenbüchach: Geothermische Entzugsleistung von Erdwärmekollektoren

Die abschließende Bewertung erfolgte gebäude- bzw. grundstücksscharf. Entsprechend der in Abbildung 20 und Abbildung 21 dargestellten Legende wurden die Potenziale der Grundstücke guter Eignung, durchschnittlicher Eignung und Einzelfallbetrachtungen zu einem Gesamtpotenzial von **7 GWh/a** (nach Wärmepumpe) zusammengefasst. Dabei wurden Flächen, die sich für Erdwärmesonden eignen, nicht als Potenziale für Erdwärmekollektoren betrachtet. Abbildung 22 bildet die geothermische Entzugsleistung räumlich ab.

Erdwärmesonden

Für die Bewertung des Potenzials wurde die spezifische Entzugsleistung auf die realisierbare Sondenanzahl eines Grundstücks bezogen und dem in der Bestandsanalyse berechneten Wärmebedarf des zu versorgenden Gebäudes gegenübergestellt. Auf diese Weise konnte ein Deckungsfaktor ermittelt werden, der abbildet, wie gut der Wärmebedarf mithilfe der maximalen Sondenanzahl gedeckt werden könnte.

Die abschließende Bewertung erfolgte gebäude- bzw. grundstücksscharf. Entsprechend der in Abbildung 23 und Abbildung 24 dargestellten Legende, wurden die Potenziale der Grundstücke mit guter und bedingter Eignung zu einem Gesamtpotenzial von **5,6 GWh/a** (nach Wärmepumpe) zusammengefasst.

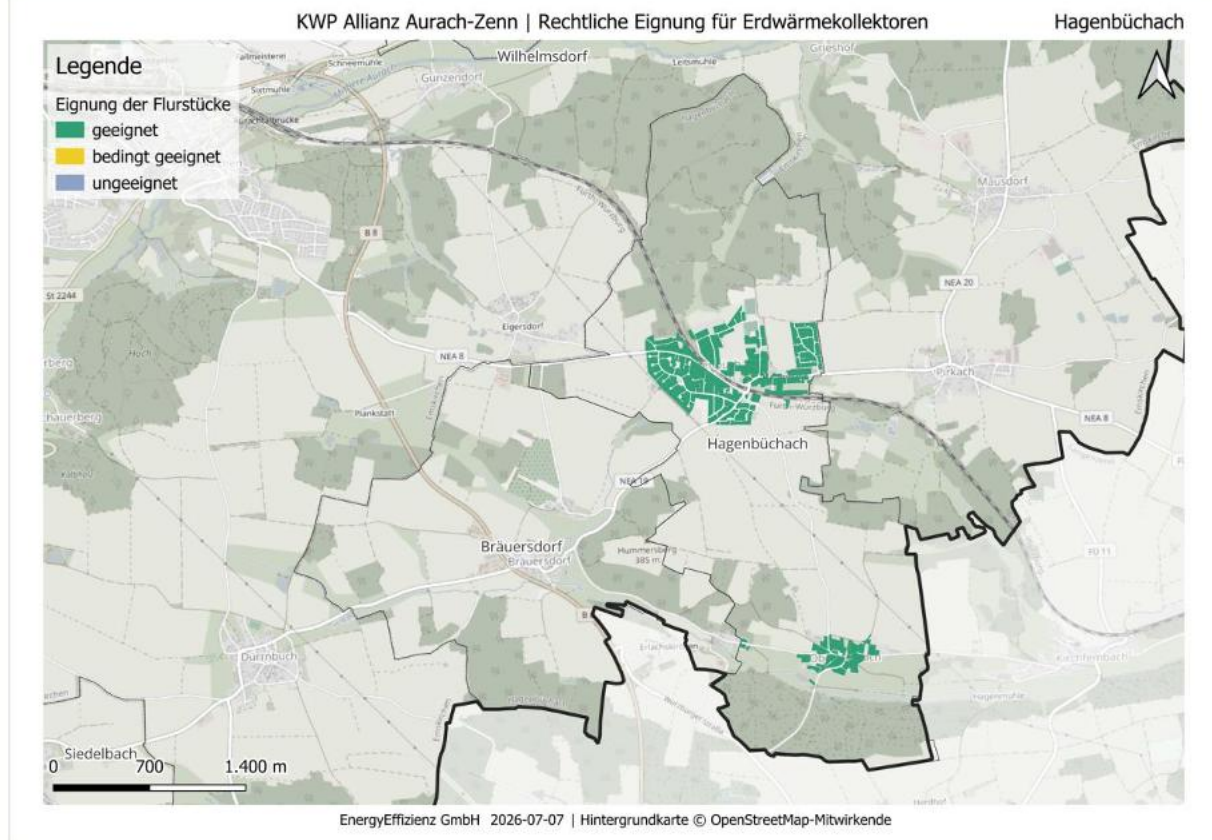


Abbildung 23: Kerngebiet Hagenbüchach: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden

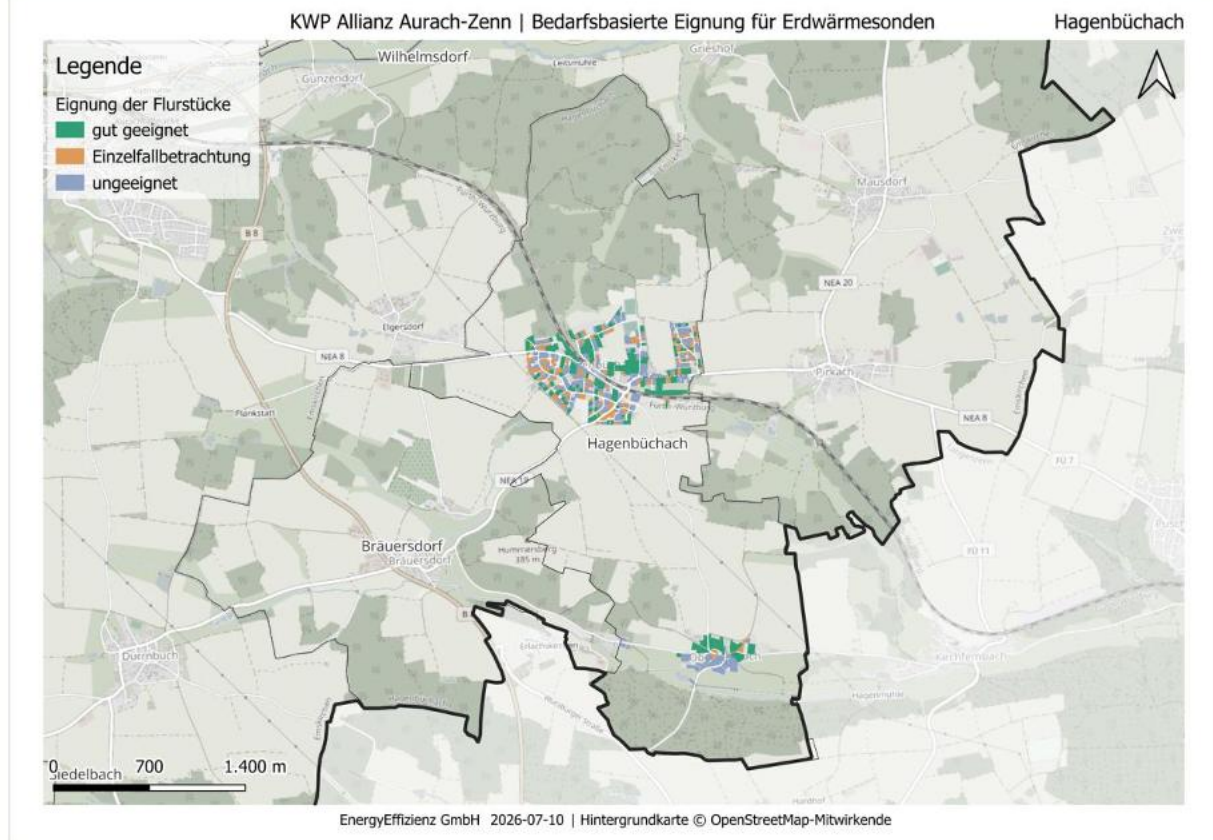


Abbildung 24: Kerngebiet Hagenbüchach: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden

4.3.3. Biomasse

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

4.3.4. Solarthermie auf Dachflächen

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

4.3.4.1. Hinweise und Einschränkungen

Als geographische Eingrenzung dienen hierbei sämtliche Gebäude, wobei das technische Potenzial berücksichtigt wird und gebäudebezogene Einschränkungen aufgrund des Denkmalschutzes unberücksichtigt bleiben. Datengrundlage ist der Energieatlas Bayern.

4.3.4.2. Potenzial

Potenziale für einzelne Gebäude können aus dem Energieatlas Bayern abgerufen werden. Die Auswertung zeigt, dass eine Wärmemenge von 1,5 GWh/a erzeugt werden könnte mit Solarthermie auf Dachflächen.

Tabelle 9: Dachflächen-Solarthermiefpotenzial in der Gemeinde Hagenbüchach

POTENZIAL		Dachflächen-Solarthermie	Kap. 4.3.4
GESAMTPOTENZIAL			
1,49		GWh/a	
EIGNUNGSSTUFE		GWH/A	
● Geeignet		1,49	

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 9,9 GWh/a erzeugt werden könnte. Potenziale für einzelne Gebäude können aus dem Energieatlas Bayern abgerufen werden. Im Status quo ist bereits ein Umsetzungsgrad von 28,3 % erreicht.

Tabelle 10: Dachflächen-PV Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach

Dachflächen-PV		Kap. 4.4.1
POTENZIAL		
UMSETZUNGSGRAD BESTAND	GESAMTPOTENZIAL	
28,3 %	9,88 GWh/a	
EIGNUNGSSTUFE		GWH/A
● Geeignet		9,88

4.4.2. Photovoltaik auf Freiflächen

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

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

4.4.2.1. Hinweise und Einschränkungen

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

FLÄCHENKULISSE	Photovoltaik auf Freiflächen	Kap. 4.4.2
● BEVORZUGTE FLÄCHEN nach EEG Konversionsflächen aus wirtschaftlicher, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung 500-m-Streifen längs Autobahnen oder mehrgleisiger Schienenwege gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn; davon 200 m planungsrechtlich privilegiert Acker- oder Grünflächen in landwirtschaftlich benachteiligten Gebieten gemäß Bestimmung des Bundeslandes aufgrund von Bodenqualität, Klima oder Topografie für die Landwirtschaft weniger geeignet		

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. Hierzu zählen unter anderem Siedlungs-, Straßen- und Schienenflächen, Gewässer, Wald- und Forstflächen, besonders geschützte Natur- und Landschaftsbereiche, Wasserschutzgebiete der Zonen I und II, Überschwemmungsgebiete sowie landwirtschaftliche Böden mit einer sehr hohen natürlichen Ertragsfähigkeit. Auch Flächen mit einer Hangneigung von mehr als 20° werden ausgeschlossen.

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. Zu diesen Faktoren zählen beispielsweise Natura-2000-Gebiete, Naturparke, Landschaftsschutzgebiete, regionale Grünzüge, Pflege- und Entwicklungszonen von Biosphärenreservaten, Wasserschutzgebiete der Zone III sowie Überschwemmungsrisikogebiete. Eine Nutzung ist auf diesen Flächen nicht grundsätzlich ausgeschlossen, bedarf jedoch einer vertieften Prüfung der jeweiligen Schutz- und Planungsbelange.

RESTRIKTIONEN		Photovoltaik auf Freiflächen		Kap. 4.4.2
● AUSSCHLUSSKRITERIEN ausgeschlossen		● RESTRIKTIVE FAKTOREN bedingt geeignet		
Siedlungs-, Straßen- und Schienenflächen		Natura 2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete), Naturparke		
Gewässer, Wald- und Forstflächen		Geotope, Bodendenkmäler		
Biosphärenreservate (Kernzone)		Landschaftsschutzgebiete		
Nationale Naturmonumente		Regionale Grünzüge		
Naturschutzgebiete, Nationalparke, Naturdenkmäler, Naturwaldreservate		Biosphärenreservate (Pflege- & Entwicklungszone)		
Geschützte Landschaftsbestandteile		Wasserschutzgebiete Zone III		
Biotope		Heilquellschutzgebiete (quantitativ)		
Wasserschutzgebiete Zone I – II		Überschwemmungsrisikogebiete (HQextrem)		
Heilquellschutzgebiete (qualitativ)		Vorrang- & Vorbehaltsgebiete Wasserversorgung		
Überschwemmungsgebiete (HQ100)				
Vorranggebiete Hochwasserschutz				
Landwirtschaftliche Böden mit sehr hoher natürlicher Ertragsfähigkeit				
Hangneigung > 20°				
● Geeignet = exkl. restriktiver Faktoren		● Bedingt geeignet = inkl. restriktiver Faktoren		

Infobox 10: Restriktionen (Bayern) für Freiflächen-Photovoltaik

Zusätzlich zu den Restriktionen ist für die Wirtschaftlichkeit eines Projektes der Flächenzuschnitt und die Sonneneinstrahlung entscheidend. Die Potenzialflächen können durch Schutzstreifen zu Versorgungseinrichtungen und -leitungen betroffen sein. Dieses Ausschlusskriterium ist bei konkreter Projektentwicklung mit den jeweilig betroffenen Unternehmen abzustimmen.

4.4.2.2. Potenzial

Die betrachteten Flächen eignen sich grundsätzlich sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermieanlagen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei Solarthermie-Freiflächenanlagen 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 25 veranschaulichen die Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik.

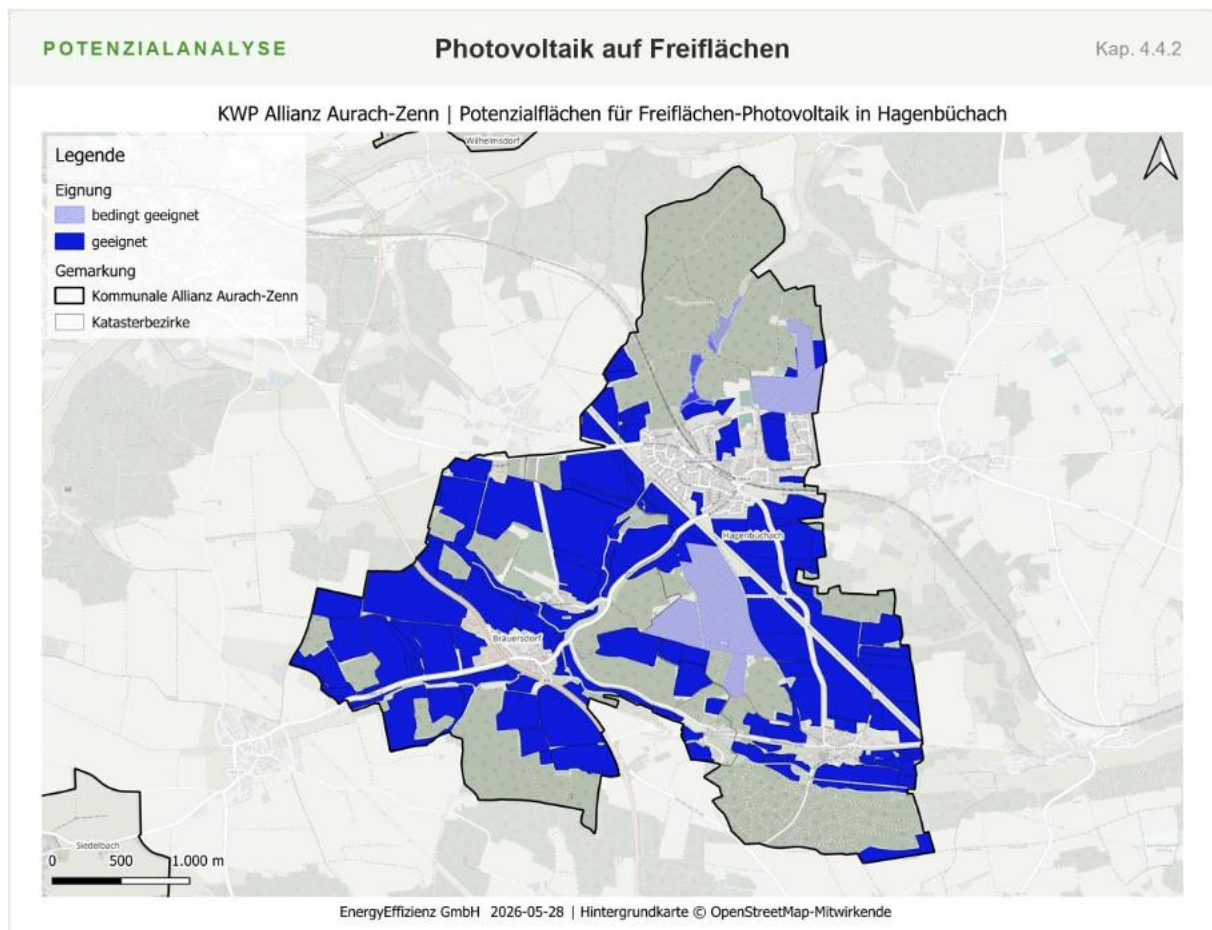


Abbildung 25: Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik der Gemeinde Hagenbüchach

Für die Berechnung des möglichen Ertrags werden pro ha Fläche 950 MWh/(ha*a) Ertrag für Photovoltaik angenommen. Dies ergibt ein Gesamtpotenzial von **627,3 GWh/a** (geeignet und bedingt geeignet), dargestellt in Tabelle 11.

Tabelle 11: Freiflächen-PV Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach

POTENZIAL Freiflächen-PV		Kap. 4.4.2
POTENZIALFLÄCHE 660,3 ha	GESAMTPOTENZIAL 627,3 GWh/a	
89 % 11 %		
EIGNUNGSSTUFE	GWH/A	
● Geeignet	557,89	
● Bedingt geeignet	69,42	

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 Hagenbüschach analysiert. Bei der Ausweisung des PV-Potenzials wurden die folgenden Ausschlusskriterien betrachtet:

RESTRIKTIONEN Photovoltaik auf Parkflächen		Kap. 4.4.3
■	AUSSCHLUSSKRITERIEN	ausgeschlossen
Ausschluss von Parkplätzen mit einer Neigung > 10°		
Wirtschaftliche Mindestgröße: vier aneinandergereihte Stellplätze		

Infobox 11: Ausschlusskriterien für Photovoltaik auf Parkflächen

Zur Ermittlung des Potenzials wurden Annahmen zu Hochrechnungen des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme herangezogen³. 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 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

³ (Fraunhofer-Institut Solare Energiesysteme, 2023)

Klimaschutz der Gemeinde Hagenbüchach 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.

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 0,2 ha innerhalb der Gemarkung.

Zur Abbildung der standortspezifischen Potenziale für die Gemeinde Hagenbüchach wird eine Globalstrahlung von 1.200 kWh/(m²*a) bei einem Bedeckungsgrad von 60 %, einem Wirkungsgrad von 20 % und eine Performance Ratio von 87 % herangezogen. Somit ergibt sich ein technisches Gesamtpotenzial von **0,4 GWh/a** (Geeignet).

Tabelle 12: Parkplatz-PV Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach

POTENZIAL		Parkplatz-PV	Kap. 4.4.3
POTENZIALFLÄCHE		GESAMTPOTENZIAL	
0,21 ha		0,43 GWh/a	
EIGNUNGSSTUFE		GWH/A	
● Geeignet		0,43	

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 2023		
Ackerflächen mit gleichzeitigem Nutzpflanzenanbau		
Ackerflächen mit gleichzeitigem Anbau von Dauerkulturen oder mehrjährigen Kulturen		
Grünland mit gleichzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung als Dauergrünland		

Infobox 12: Flächenkulissen Agri-PV nach EEG

Untersucht werden Ackerflächen, Rebflächen, Grünland, Gartenland, Obst- und Nussstrauchplantagen. Streuobstwiesen werden dagegen nicht als Potenzialflächen berücksichtigt. Bei der Berechnung des Agri-PV-Potenzials wird zwischen Ausschlusskriterien und restriktiven Faktoren unterschieden. Ausschlusskriterien führen dazu, dass eine Fläche nicht in die Potenzialkulisse aufgenommen wird. Dazu zählen unter anderem besonders sensible Natur- und Schutzflächen, Wasserschutzgebiete der Zonen I und II, Überschwemmungsgebiete, Vorranggebiete für den Hochwasserschutz sowie Flächen mit einer Hangneigung von mehr als 20°. Auch Biotope und andere schutzbedürftige Naturflächen werden aufgrund ihrer ökologischen Bedeutung und des erhöhten Planungs- und Abstimmungsaufwands ausgeschlossen, auch wenn eine Agri-PV-Nutzung dort nicht in jedem Fall grundsätzlich unmöglich wäre.

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. Hierzu zählen beispielsweise Natura-2000-Gebiete, Naturparke, Landschaftsschutzgebiete, regionale Grünzüge sowie Wasserschutzgebiete der Zone III. Eine Nutzung ist auf diesen Flächen nicht grundsätzlich ausgeschlossen, erfordert jedoch eine vertiefte Prüfung und eine Abwägung der jeweiligen Schutz- und Planungsbelange. Eine besondere Bedeutung kommt den Landschaftsschutzgebieten zu. Da Agri-PV-Anlagen in der Regel aufgeständert errichtet werden, können sie das Landschaftsbild stärker beeinflussen als bodennah ausgeführte Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Zu berücksichtigen ist auch, dass eine Flächenkonkurrenz zwischen Agri-PV-Anlagen und Freiflächen-Anlagen bestehen kann, da sich die Flächenkulisse in Teilen überschneidet.

RESTRIKTIONEN		Agri-PV	Kap. 4.4.4
Berücksichtigt werden Ackerflächen, Rebflächen, Grünland, Gartenland, Obst- und Nussstrauchplantagen			
● AUSSCHLUSSKRITERIEN ausgeschlossen		● RESTRIKTIVE FAKTOREN bedingt geeignet	
Nationale Naturmonumente		Natura 2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete), Naturparke	
Naturschutzgebiete, Nationalparke, Naturdenkmäler, Naturwaldreservate		Geotope, Bodendenkmäler	
Biosphärenreservate (Kernzone)		Landschaftsschutzgebiete	
Geschützte Landschaftsbestandteile		Regionale Grünzüge	
Biotope		Biosphärenreservate (Pflege- & Entwicklungszone)	
Wasserschutzgebiete Zone I – II		Wasserschutzgebiete Zone III	
Heilquellschutzgebiete (qualitativ)		Heilquellschutzgebiete (quantitativ)	
Überschwemmungsgebiete (HQ100)		Überschwemmungsrisikogebiete (HQextrem)	
Vorranggebiete Hochwasserschutz		Vorrang- & Vorbehaltsgebiete Wasserversorgung	
Hangneigung > 20°			
● Geeignet = exkl. restriktiver Faktoren		● Bedingt geeignet = inkl. restriktiver Faktoren	

Infobox 13: Restriktionen (Bayern) für Agri-Photovoltaik

4.4.4.2. Potenzial

Für die Berechnung des möglichen Ertrags werden pro ha Fläche 570 MWh/ha/a Ertrag für Agri-PV angenommen (Trommsdorff, Dr. M. et al., 2024). Für die Gemeinde ergibt sich ein technisches Potenzial von **287,1 GWh/a** (geeignet, bedingt geeignet) für die Stromerzeugung durch Agri-PV.

Tabelle 13: Agri-PV Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach

POTENZIAL		Agri-PV	Kap. 4.4.4
POTENZIALFLÄCHE 503,6 ha		GESAMTPOTENZIAL 287,1 GWh/a	
			
EIGNUNGSSTUFE		GWH/A	
● Geeignet		252,02	
● Bedingt geeignet		35,03	

Die folgende Abbildung 26 verdeutlicht die Verteilung der Potenzialflächen für Agri-Photovoltaik innerhalb der Gemarkung.

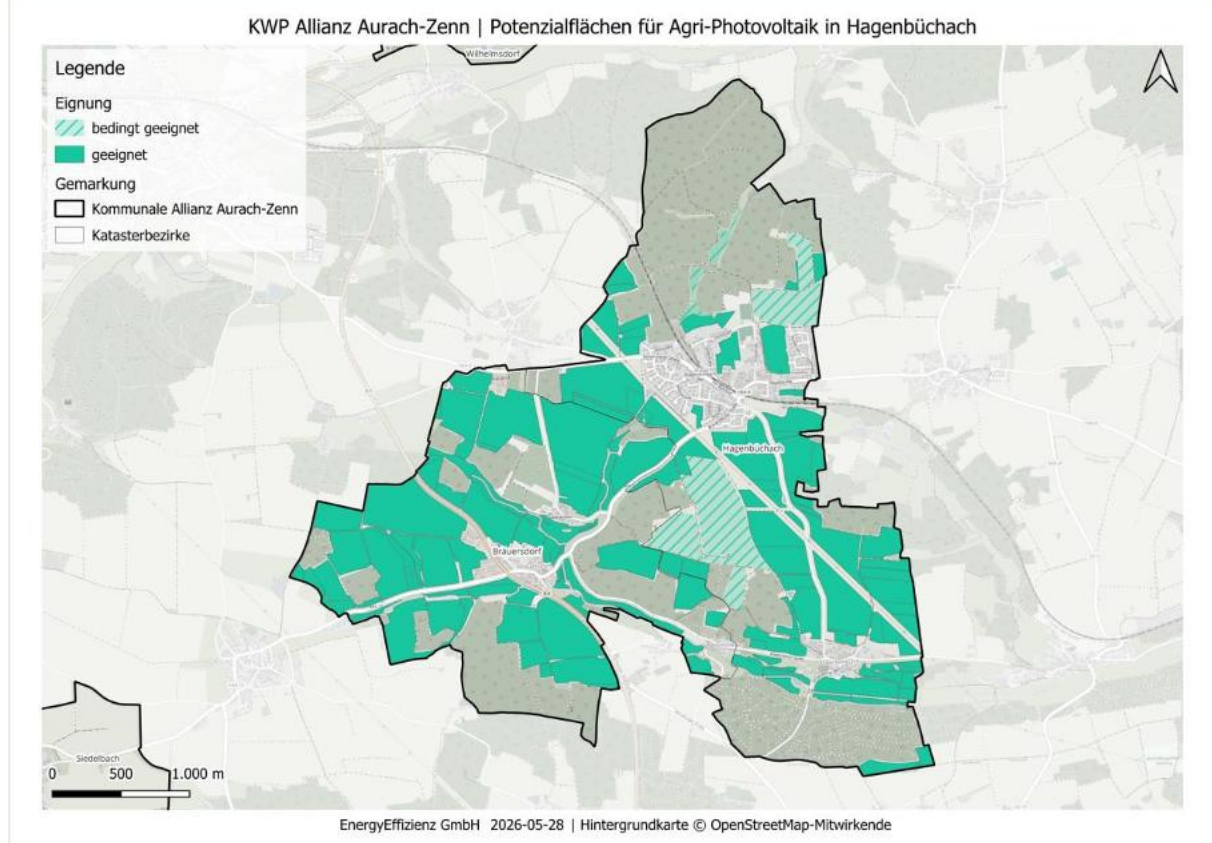


Abbildung 26: Potenzialflächen Agri-PV der Gemeinde Hagenbüchach

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 ABSTANDSFLÄCHEN	Ausschließlich Auswahl von ertragsreichen und wirtschaftlichen Standorten	
Mind. 800 m Abstand innerhalb von Ortslagen		
Mind. 400 m Abstand außerhalb von Ortslagen		
Verschiedene Abstandsflächen zu Verkehrswegen		
Art. 82 BayBO: 10-facher Abstand der Anlagenhöhe zur Wohnbebauung, soweit keine Ausnahme greift		

Infobox 14: Gesetzliche Abstandsflächen für Windkraft

Auf Bundesebene soll der Ausbau der Windenergie weiter beschleunigt werden. Für Bayern bedeutet das nach dem Windenergieflächenbedarfsgesetz, dass bis Ende 2027 in jeder Planungsregion 1,1 % und bis Ende 2032 bayernweit 1,8 % der Fläche als Windenergiefläche gesichert werden müssen. Nach den Landesdaten des Energie-Atlas Bayern waren 2024 insgesamt 1.153 Windenergieanlagen mit 2.677 MW installiert; sie erzeugten rund 5,1 TWh Strom und deckten damit 8,5 % der bayerischen Bruttostromerzeugung. Planerisch bleibt Bayern aufgrund naturschutzrechtlicher Restriktionen, Schutzgebietskulissen, Dichtezentren kollisionsgefährdeter Vogelarten, Waldstandorten sowie alpiner und voralpiner Räume anspruchsvoll. Entscheidende landesrechtliche Grundlage ist dabei Art. 82 BayBO, der die Privilegierung von Windenergieanlagen im Außenbereich grundsätzlich an den 10-fachen Abstand zur Wohnbebauung knüpft. Zugleich wurden die Rahmenbedingungen in den letzten Jahren geöffnet: In ausgewiesenen Windenergiegebieten finden die bayerischen Mindestabstände keine Anwendung. Die Ausweisung der Flächen erfolgt über die 18 Regionalen Planungsverbände. Werden die regionalen Teilflächenziele bis zum 31.12.2027 nicht erreicht, sind Windenergieanlagen in den betroffenen Regionen nach § 35 Abs. 1 Nr. 5 BauGB privilegiert. Damit würden die Regionen Steuerungsmöglichkeiten verlieren, da Windenergieanlagen dann auch außerhalb gesondert ausgewiesener Flächen im Außenbereich zulässig sein können. Bei bayernweiter Zielverfehlung würde zudem der landesrechtliche Mindestabstand insgesamt entfallen.

RESTRIKTIONEN		Windkraft	Kap. 4.4.5.
● AUSSCHLUSSKRITERIEN ausgeschlossen		● RESTRIKTIVE FAKTOREN bedingt geeignet	
Nationale Naturmonumente, Bodendenkmäler		Natura 2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete), Naturparke	
Naturschutzgebiete, Nationalparke, Naturdenkmäler, Naturwald(-reservate)		Geotope	
Natura 2000 (FFH- & Vogelschutzgebiete) innerhalb von Landschaftsschutzgebieten		Landschaftsschutzgebiete	
Biosphärenreservate (Kernzone)		Biosphärenreservate (Pflege- & Entwicklungszone)	
Geschützte Landschaftsbestandteile		Wasserschutzgebiete Zone III	
Biotope		Heilquellschutzgebiete (quantitativ)	
Wasserschutzgebiete Zone I – II		Überschwemmungsgebiete (HQ100)	
Heilquellschutzgebiete (qualitativ)		Vorranggebiete Hochwasserschutz	
Hangneigung > 30 %		Vorrang- & Vorbehaltsgebiete Wasserversorgung	
● Geeignet = exkl. restriktiver Faktoren		● Bedingt geeignet = inkl. restriktiver Faktoren	

Infobox 15: Restriktionen (Bayern) für Windkraft

4.4.5.2. Potenzial

Aufgrund fehlender Vorranggebiete innerhalb der Gemarkung der Gemeinde, wurde kein Windkraftpotenzial innerhalb dieser Kommunalen Wärmeplanung ermittelt.

4.5. Nutzung der Potenziale für erneuerbare Energien

Die nachfolgende Abbildung 27 und Abbildung 28 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.

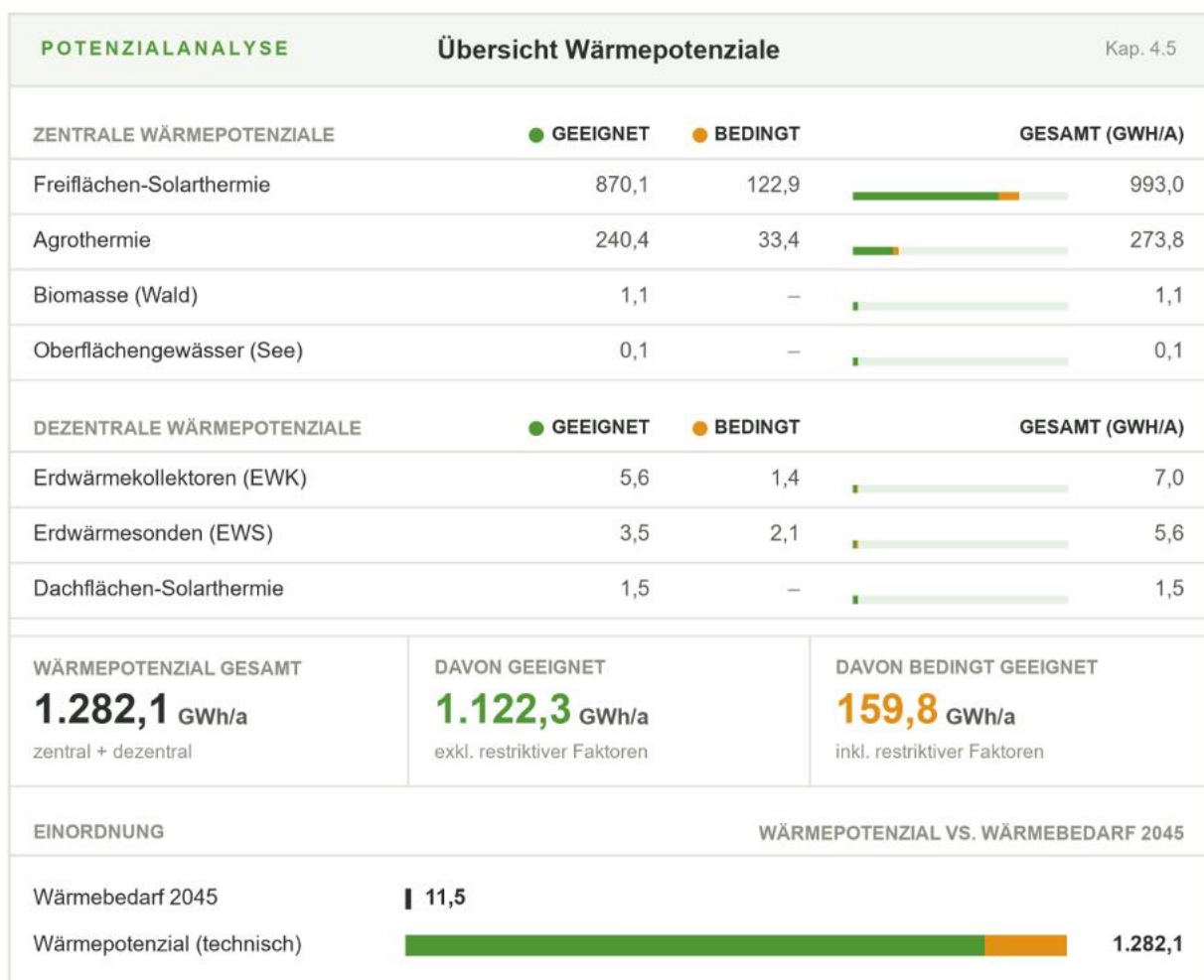


Abbildung 27: Wärmepotenziale (GWh/a) in der Gemeinde Hagenbüchach

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.



Abbildung 28: Strompotenziale (GWh/a) in der Gemeinde Hagenbüchach

Zusammenfassend zeigt die Potenzialanalyse, dass in Hagenbüchach 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 Geothermiefpotenzialen 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 Hagenbüchach bis 2045. Zudem werden prioritäre Maßnahmen benannt, mit denen die Umsetzung vorbereitet und schrittweise vorangetrieben werden kann.

Literaturverzeichnis

- BMWK. [2022]. *Geothermie für die Wärmewende-Bundeswirtschaftsministerium startet Konsultationsprozess.* Von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/11/20221111-geothermie-fuer-die-waermewende.html> abgerufen
- Bracke, R., & Huenges, E. (Februar 2022). *www.geothermie.de*. Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie & Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ). Von https://www.geothermie.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Roadmap_Tiefe_Geothermie_in_Deutschland_FhG_HGF_02022022.pdf abgerufen
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). [2007]. *Bodenarten in Oberböden Deutschlands.*
- Bundesverband Geothermie. [kein Datum]. Abgerufen am 20. 09 2023 von <https://www.geothermie.de/geothermie/einstieg-in-die-geothermie.html>
- 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.*
- 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.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BW. [2019]. *Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen.*

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung der Wärmelinien-dichte in Eignungskategorien nach Leitfaden der Wärmeplanung (Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; et al., 2024)	20
Tabelle 2: Einteilung der Wärmedichte in Eignungskategorien nach Leitfaden der Wärmeplanung (Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; et al., 2024)	20
Tabelle 3: Biomasse Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach.....	28
Tabelle 4: Potenzial für Freiflächen-Solarthermie in der Gemeinde Hagenbüchach	32
Tabelle 5: Potenzial für Agrothermie in der Gemeinde Hagenbüchach	35
Tabelle 6: Potenzial aus Seethermie von der Gemeinde Hagenbüchach	37
Tabelle 7: Potenzial Erdwärmekollektoren in der Gemeinde Hagenbüchach.....	45
Tabelle 8: Potenzial Erdwärmesonden in der Gemeinde Hagenbüchach.....	46
Tabelle 9: Dachflächen-Solarthermiefpotenzial in der Gemeinde Hagenbüchach	52
Tabelle 10: Dachflächen-PV Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach.....	54
Tabelle 11: Freiflächen-PV Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach	56
Tabelle 12: Parkplatz-PV Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach	58
Tabelle 13: Agri-PV Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach	60
Tabelle 14 Mittlere jährliche Reduktion des Wärmebedarfs auf Basis des Technikkatalogs Kommunale Wärmeplanung (ifeu gGmbH et al., 2024)	72

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 Kommunale Allianz Aurach-Zenn.....	14
Abbildung 5: Gemeinde Hagenbüchach: Sektorvergleich nach Gebäudeanzahl und beheizter Fläche..	15
Abbildung 6: Kerngebiet Hagenbüchach: Dominierender Sektor	16
Abbildung 7: Gesamtes Gemeindegebiet Hagenbüchach: Baualtersklassen. Quelle: Zensus 2022; infas 360 GmbH	17
Abbildung 8: Gesamtes Plangebiet: Verteilung Energieträger. Quelle: Zensus 2022; Kehrbuschdaten 2022	18
Abbildung 9: Kerngebiet Hagenbüchach: Dominierende Energieträger auf Baublockebene	19
Abbildung 10: Kerngebiet Hagenbüchach: - Wärmelinienindichte Status quo.....	21
Abbildung 11: Kerngebiet Hagenbüchach: Wärmedichte Status quo	22
Abbildung 12: Entwicklung des Wärmebedarfs bis Zieljahr 2045.....	25
Abbildung 13: Darstellung der Aushaltungsvarianten zur Biomasse-Produktion	27
Abbildung 14: Biomasse Potenzial in der Gemeinde Hagenbüchach	28
Abbildung 15: Biogasanlagen in der Kommunalen Allianz Aurach-Zenn.....	29
Abbildung 16: Potenzialflächen Freiflächen-Solarthermie der Gemeinde Hagenbüchach	32
Abbildung 17: Potenzialflächen Agrothermie der Gemeinde Hagenbüchach.....	36
Abbildung 18: Potenzielle Gewässer für Seethermie der Gemeinde Hagenbüchach	38
Abbildung 19: Temperaturniveau der Abwärme nach Industriezweigen Quelle: (Dunkelberg, 2023)	40
Abbildung 20: Kerngebiet Hagenbüchach: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren	47
Abbildung 21: Kerngebiet Hagenbüchach: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmekollektoren	48
Abbildung 22: Kerngebiet Hagenbüchach: Geothermische Entzugsleistung von Erdwärmekollektoren	49
Abbildung 23: Kerngebiet Hagenbüchach: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden	50
Abbildung 24: Kerngebiet Hagenbüchach: Bedarfsbedingte Eignung von Erdwärmesonden	51
Abbildung 25: Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik der Gemeinde Hagenbüchach.....	56
Abbildung 26: Potenzialflächen Agri-PV der Gemeinde Hagenbüchach.....	61
Abbildung 27: Wärmepotenziale (GWh/a) in der Gemeinde Hagenbüchach.....	64
Abbildung 28: Strompotenziale (GWh/a) in der Gemeinde Hagenbüchach.....	65

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr (anno)
Abb.	Abbildung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BauGB	Baugesetzbuch
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
B-Plan	Bebauungsplan
bzgl.	Bezüglich
°C	Grad Celsius
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DN	Nomineller Rohrdurchmesser
EE	erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EUR	Euro
etc.	et cetera
et al	und andere
e.V.	eingetragener Verein
FFH-Gebiet	Flora-Fauna-Habitat-Gebiet
GEG	Gebäudeenergiegesetz (Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden)
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geoinformationssystem
GWh	Gigawattstunde(n)
Hg.	Herausgeber
HQ100	100-jährliches Hochwasser
ha	Hektar
ID	Identifikation
inkl.	Inklusive
K	Kelvin

KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde(n)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kWp	Kilowatt peak
LB	Laubbäume
LED	Light Emitting Diode
m	Meter
m ²	Quadratmeter
MFH	Mehrfamilienhaus
Mio.	Millionen
MWh	Megawattstunde(n)
MW	Megawatt
MWp	Megawatt peak
neg.	Negativ
NSG	Naturschutzgebiet
OG	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

Anhang: Faktoren zur Wärmebedarfsreduktion durch Sanierungen

Tabelle 14 Mittlere jährliche Reduktion des Wärmebedarfs auf Basis des Technikcatalogs Kommunale Wärmeplanung (ifeu gGmbH et al., 2024)

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

Anhang: Bestands- & Potenzialkarten für Hagenbüchach

Teilgebiet Bräuersdorf

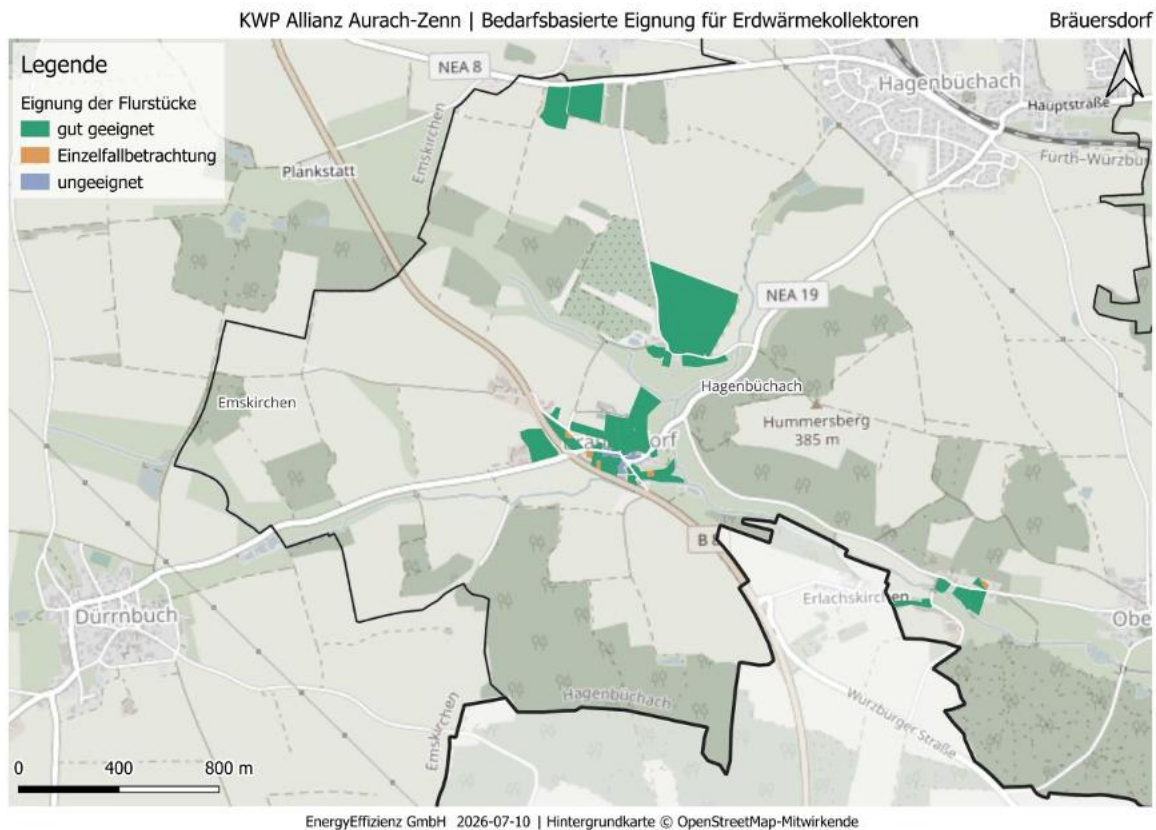


Abbildung 1: Teilgebiet Bräuersdorf (Kommune Hagenbüchach): Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

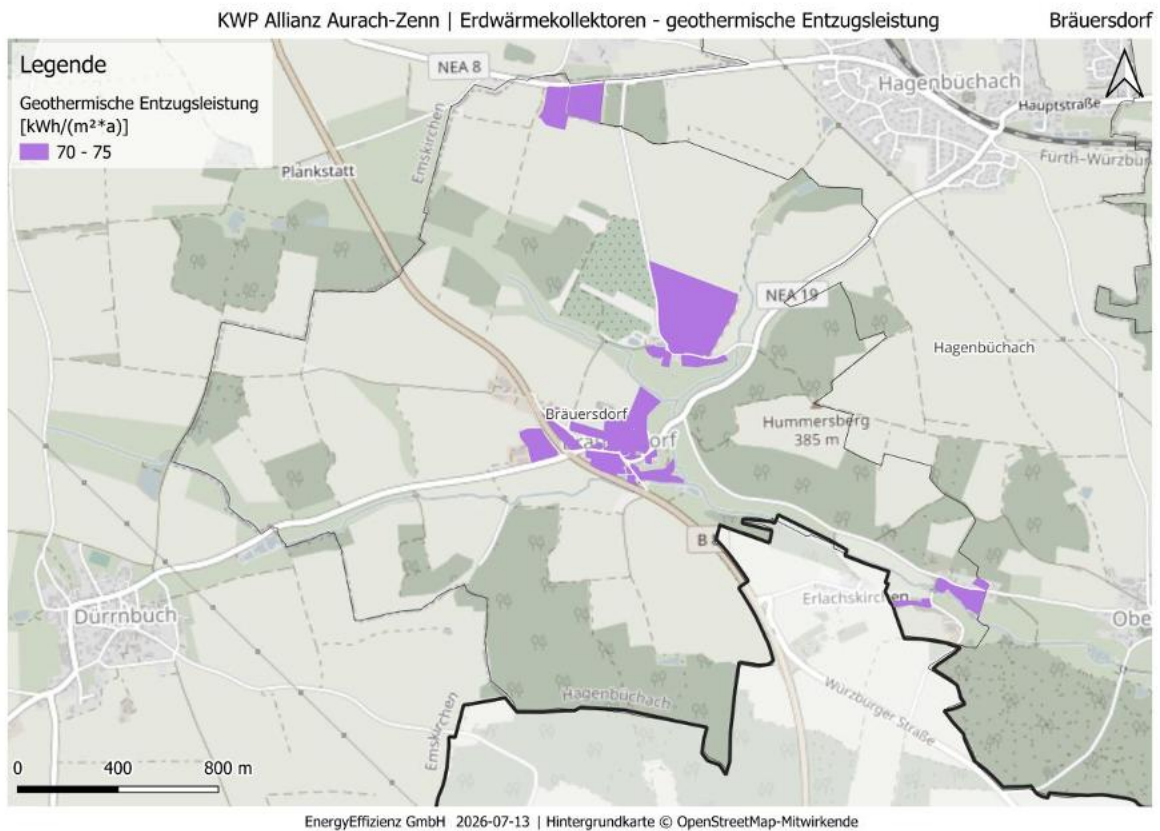


Abbildung 2: Teilgebiet Bräuersdorf (Kommune Hagenbüchach): Geothermisches Entzugspotenzial für Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

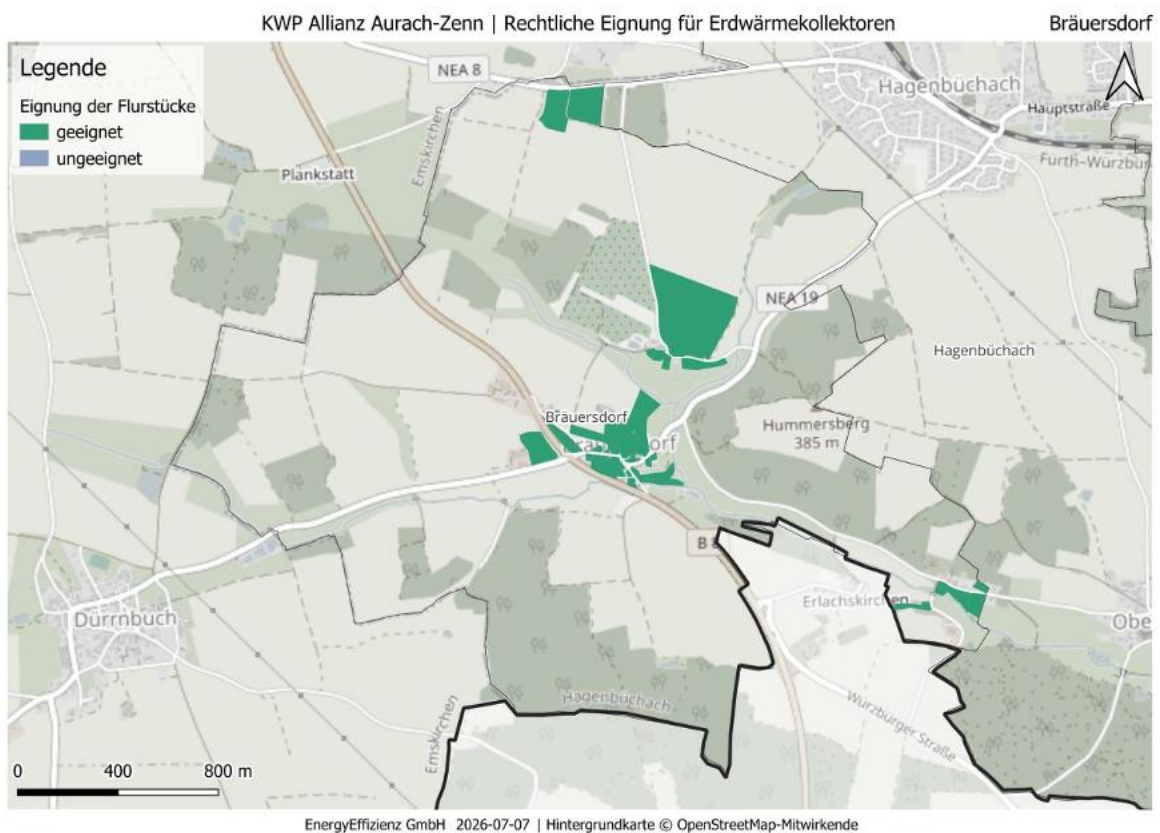


Abbildung 3: Teilgebiet Bräuersdorf (Kommune Hagenbüchach): Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

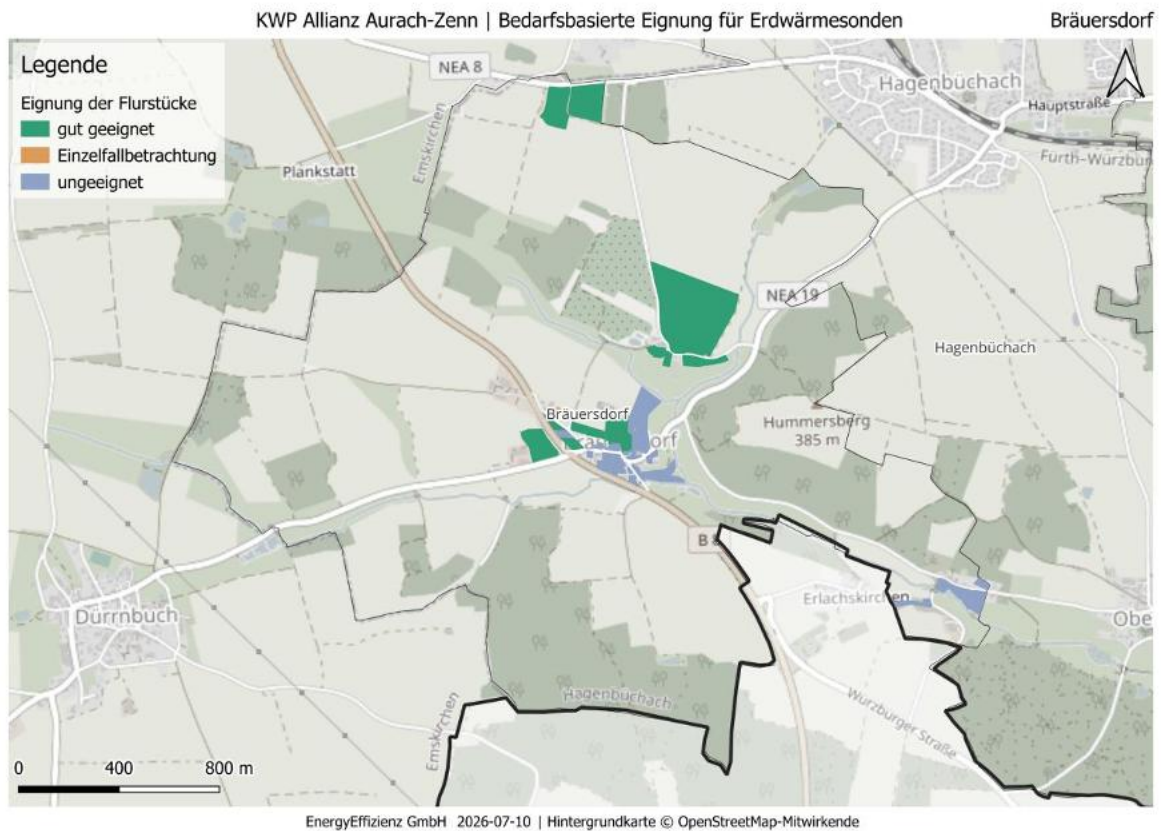


Abbildung 4: Teilgebiet Bräuersdorf (Kommune Hagenbüchach): Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

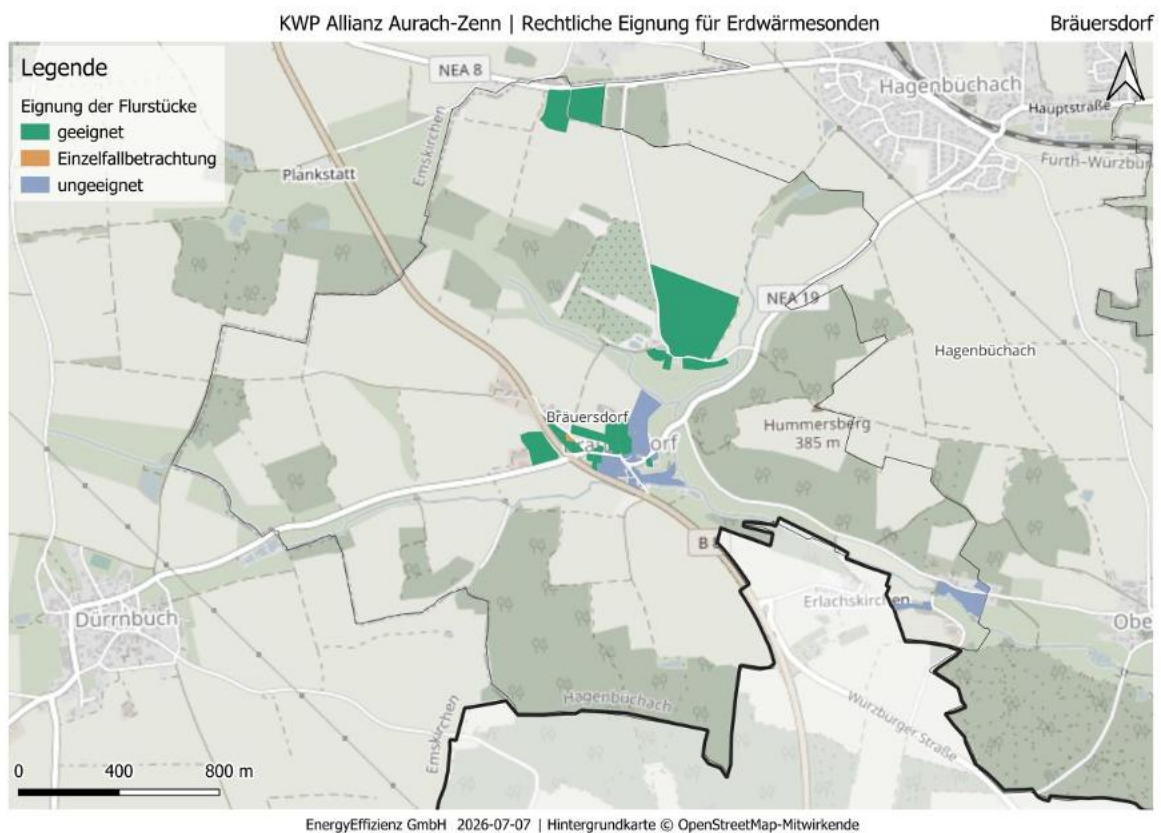


Abbildung 5: Teilgebiet Bräuersdorf (Kommune Hagenbüchach): Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

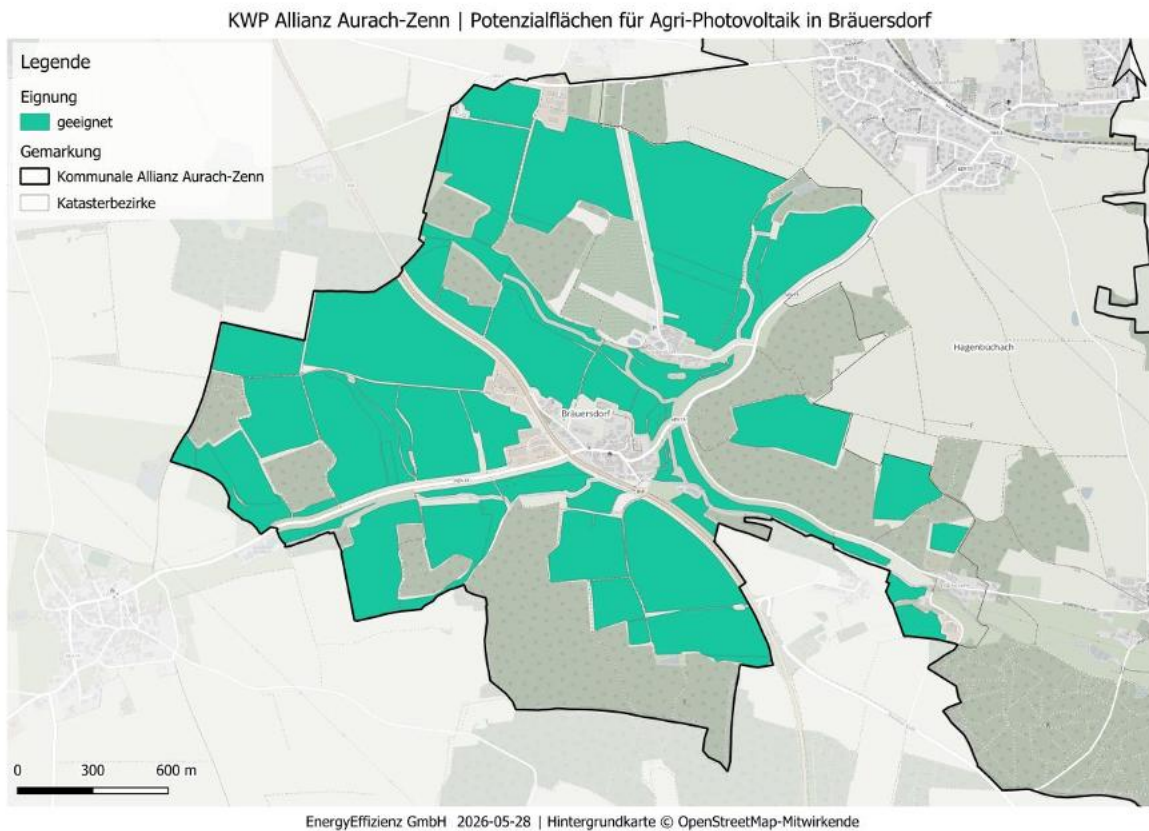


Abbildung 6: Teilgebiet Bräuersdorf (Kommune Hagenbüschach): Potenzialflächen für Agri-Photovoltaik

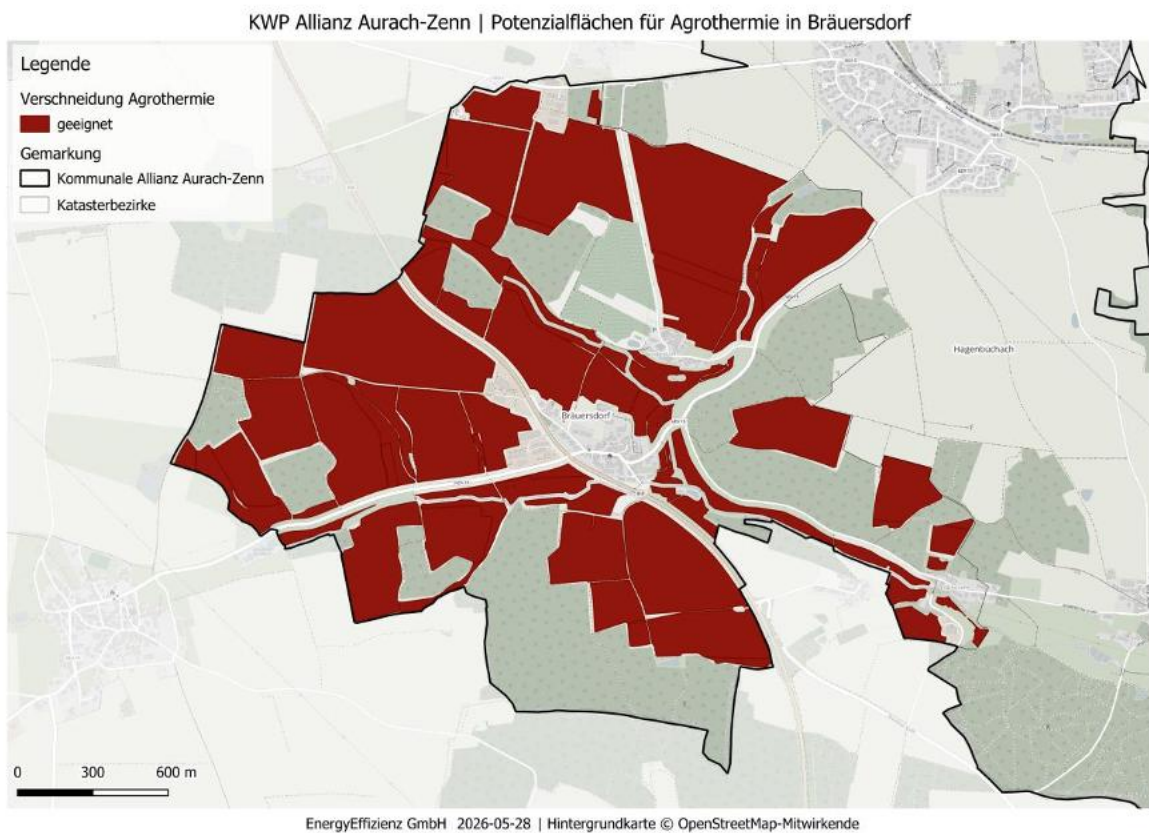


Abbildung 7: Teilgebiet Bräuersdorf (Kommune Hagenbüschach): Potenzialflächen für Agrothermie

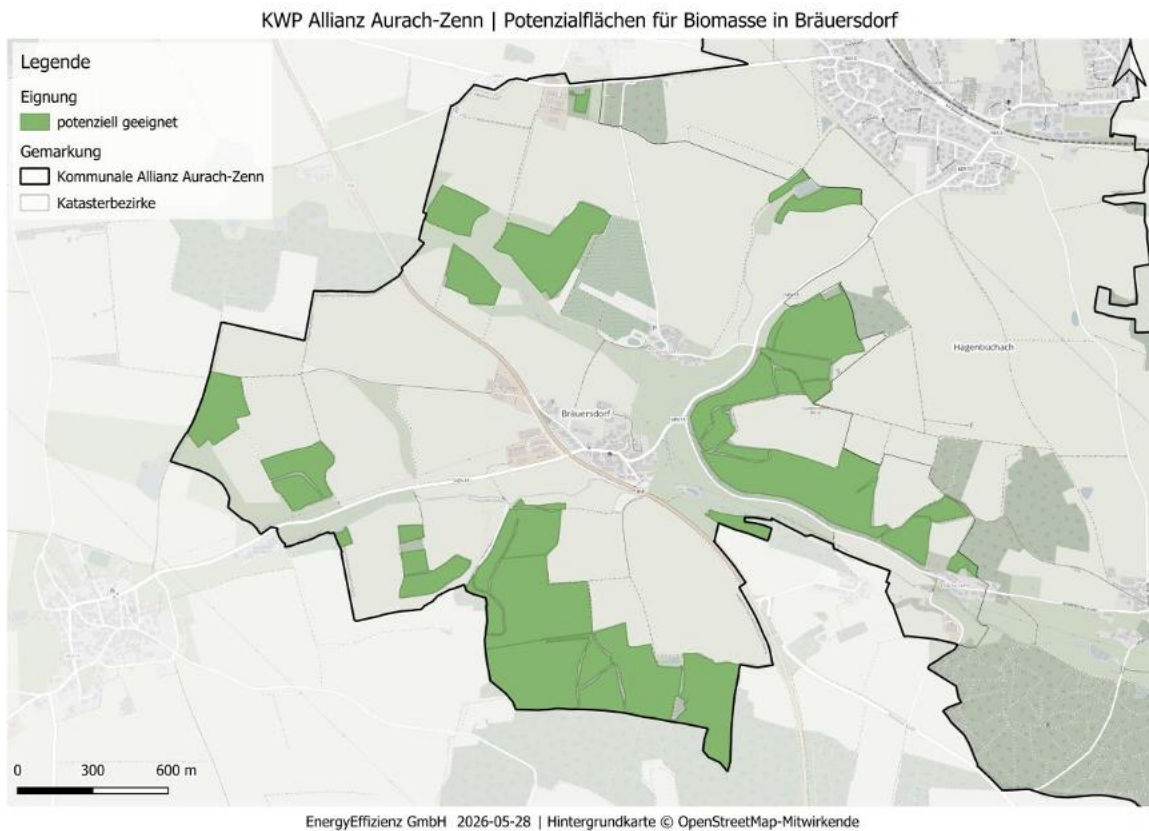


Abbildung 8: Teilgebiet Bräuersdorf (Kommune Hagenbüschach): Potenzialflächen für Biomasse

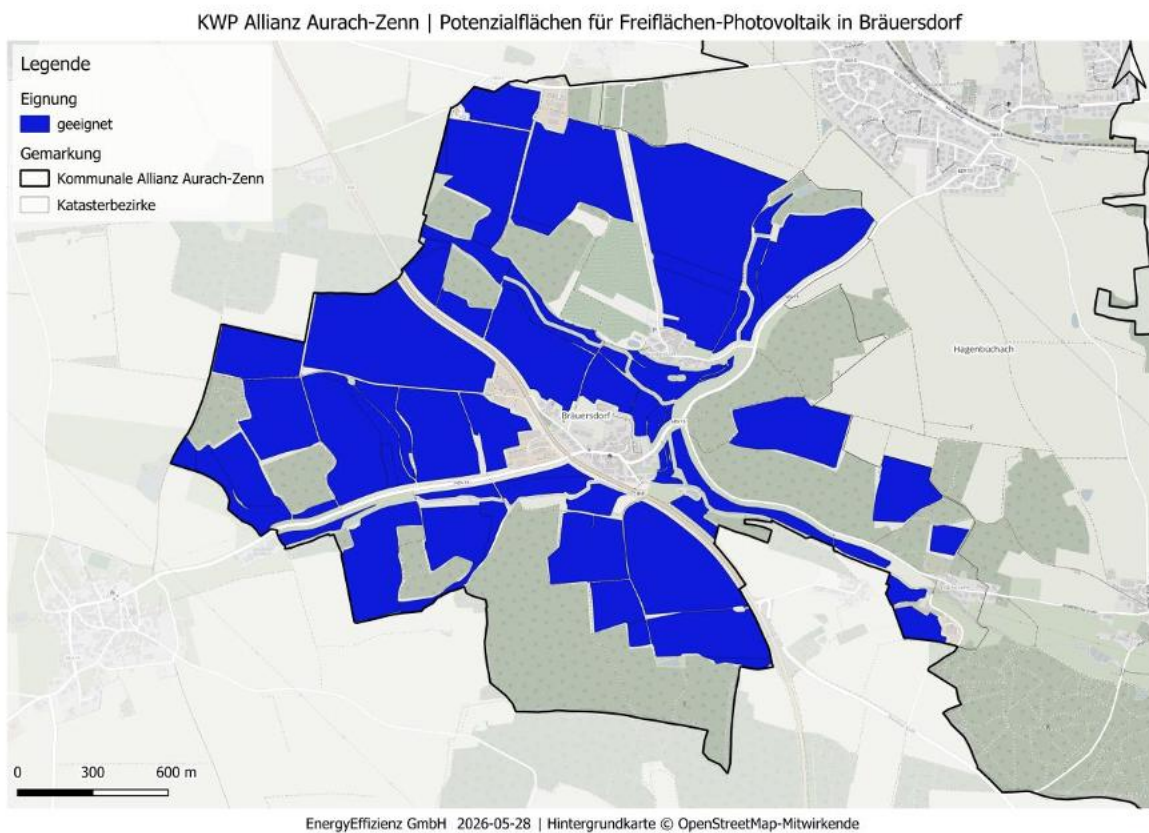


Abbildung 9: Teilgebiet Bräuersdorf (Kommune Hagenbüschach): Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik

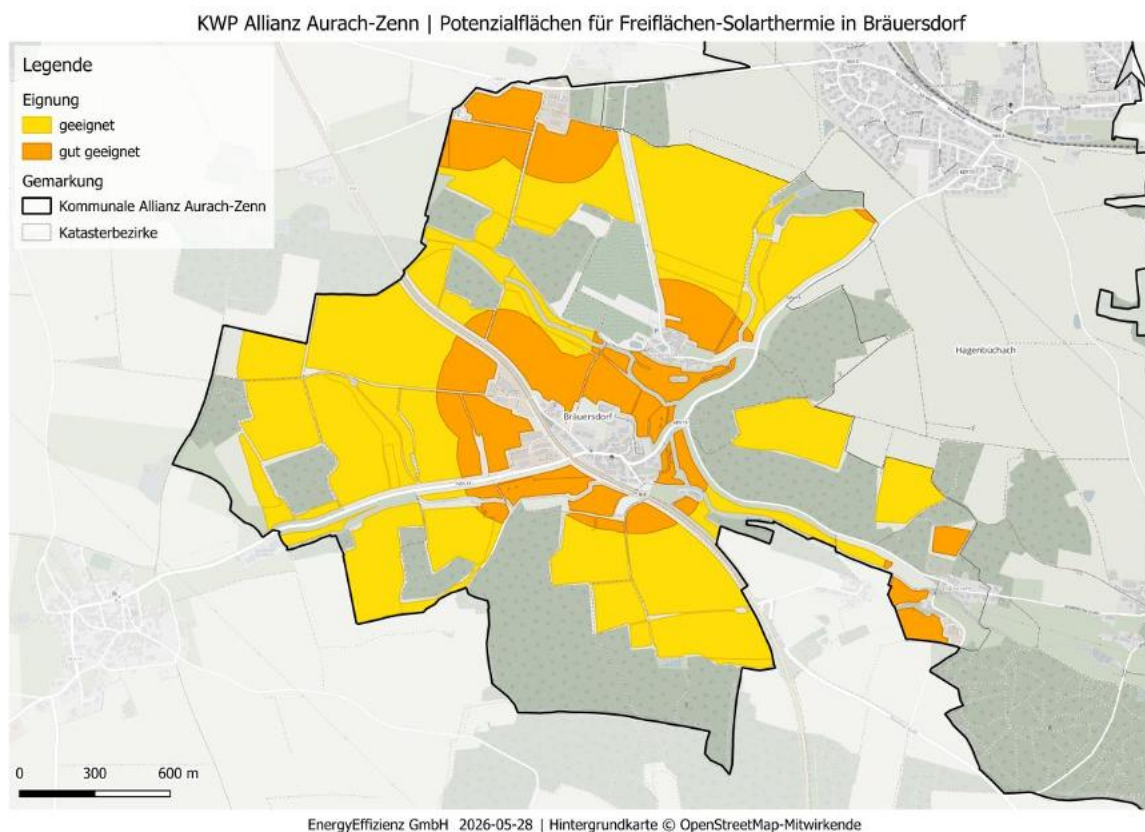


Abbildung 10: Teilgebiet Bräuersdorf (Kommune Hagenbüchach): Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie

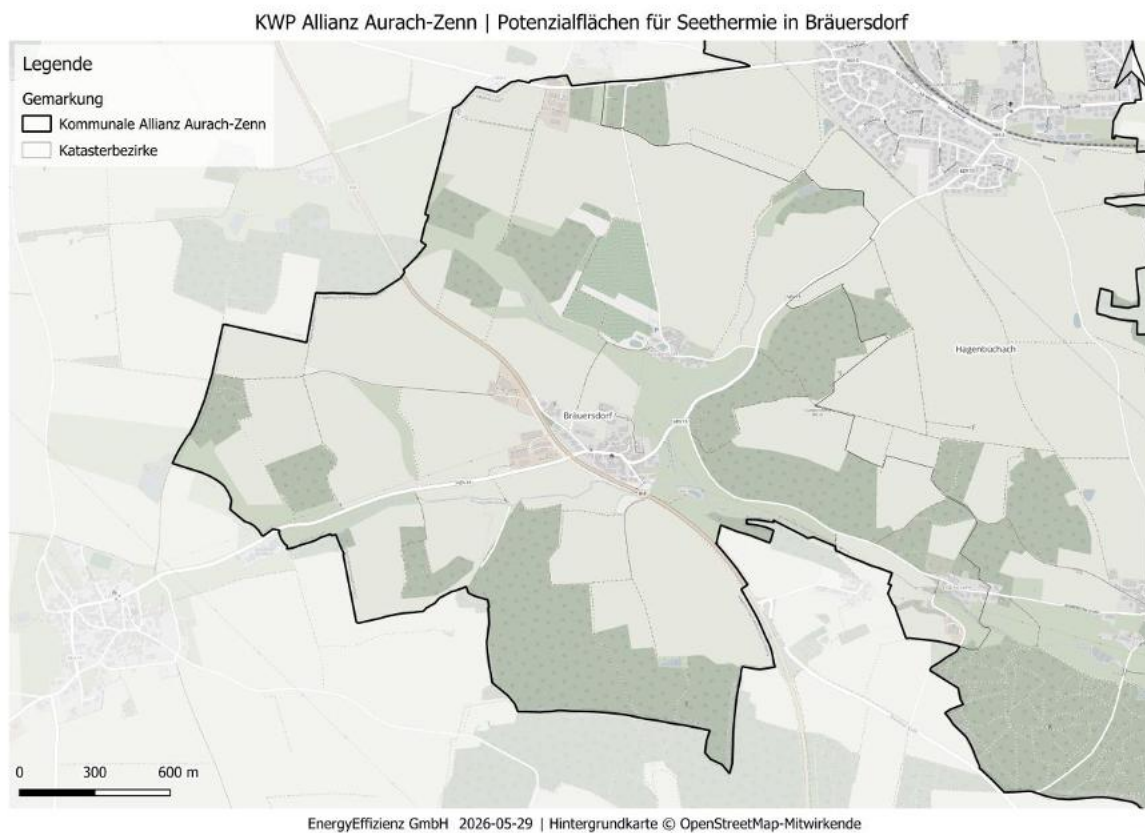


Abbildung 11: Teilgebiet Bräuersdorf (Kommune Hagenbüchach): Potenzialflächen für Seethermie

Teilgebiet: Hagenbüchach

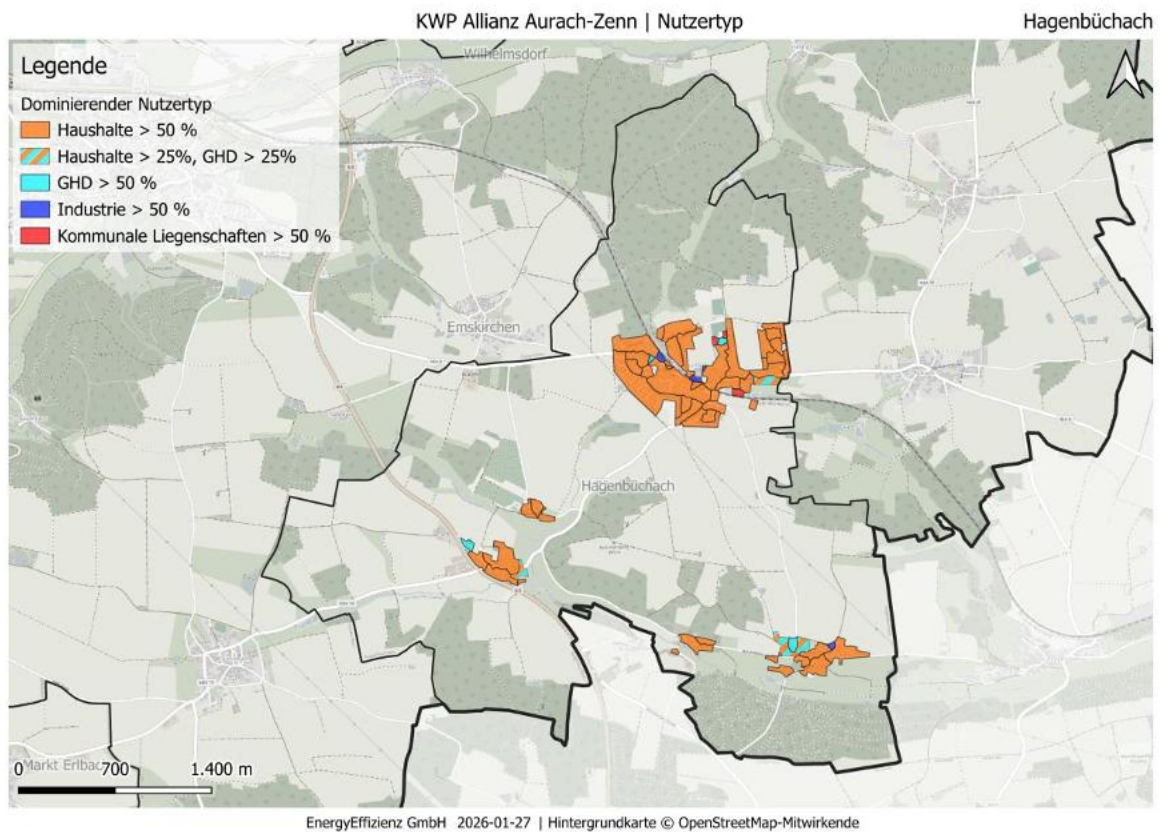


Abbildung 12: Teilgebiet Hagenbüchach: Dominierende Sektoren

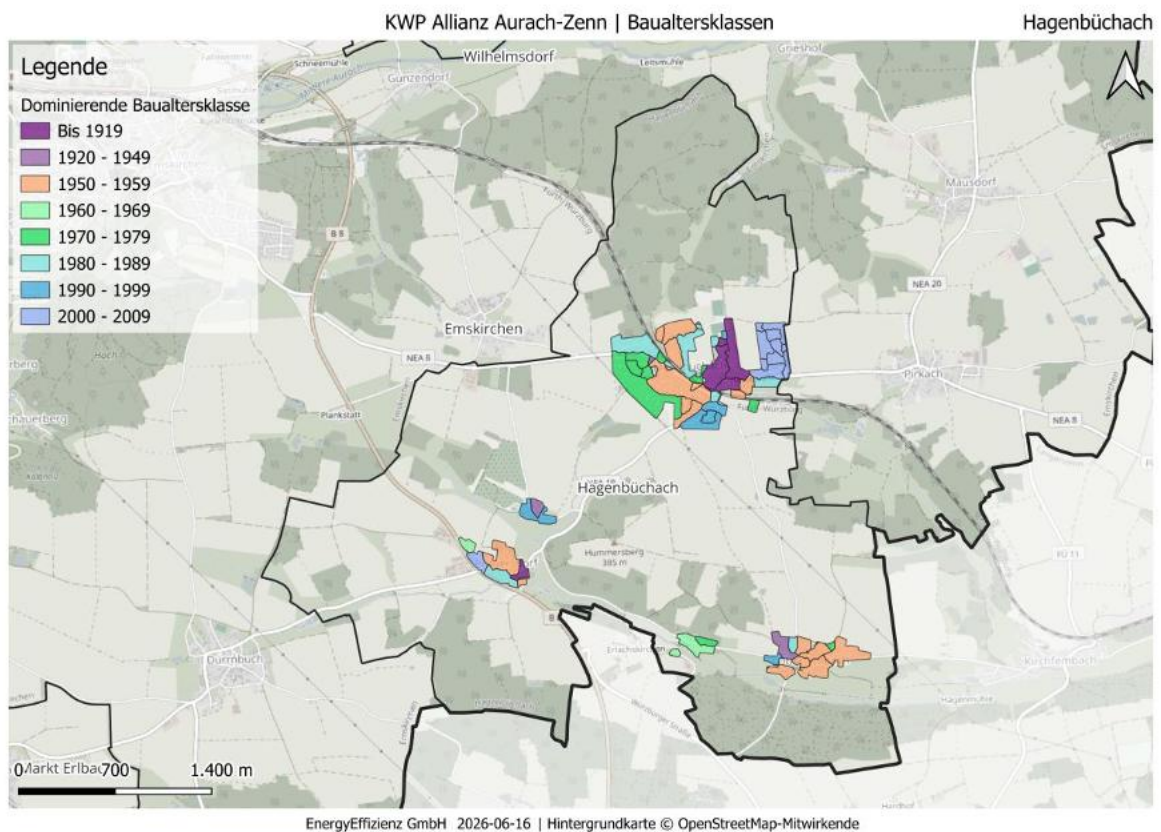


Abbildung 13: Teilgebiet Hagenbüchach: Baualtersklassen

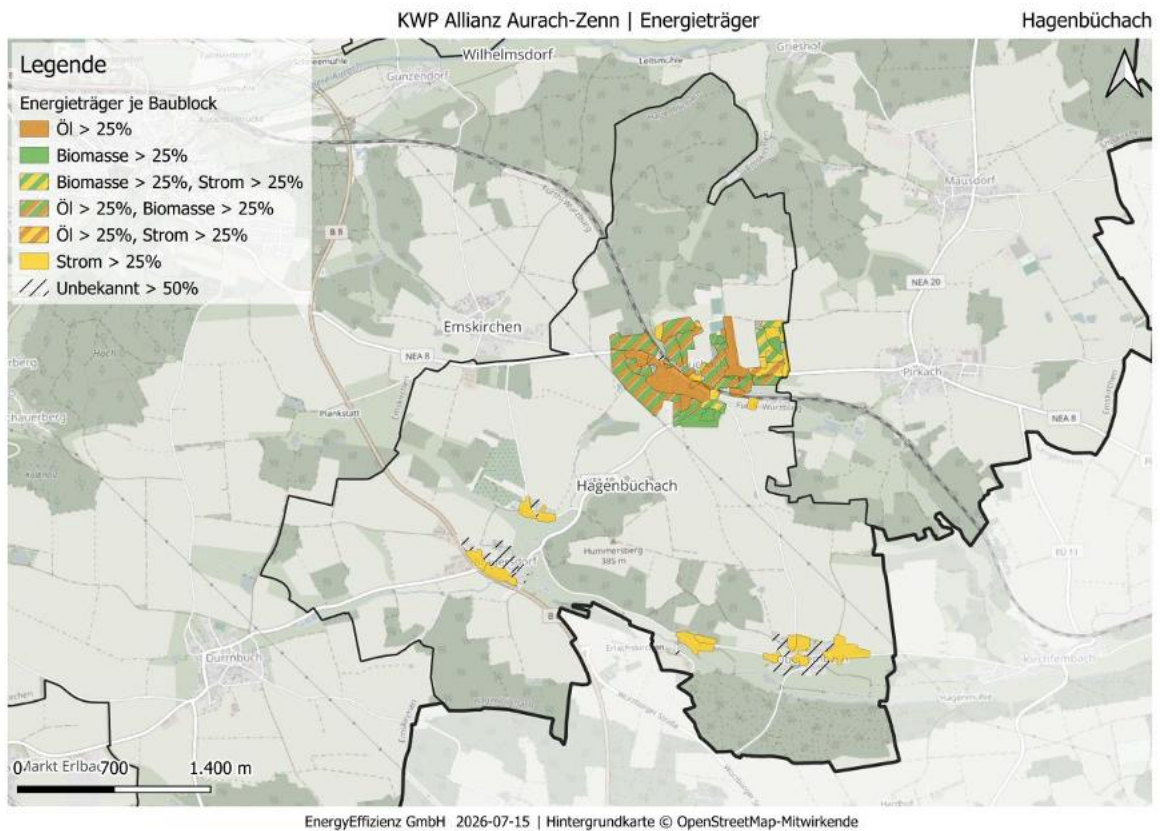


Abbildung 14: Teilgebiet Hagenbüschach: Energieträger im Status quo (2024)

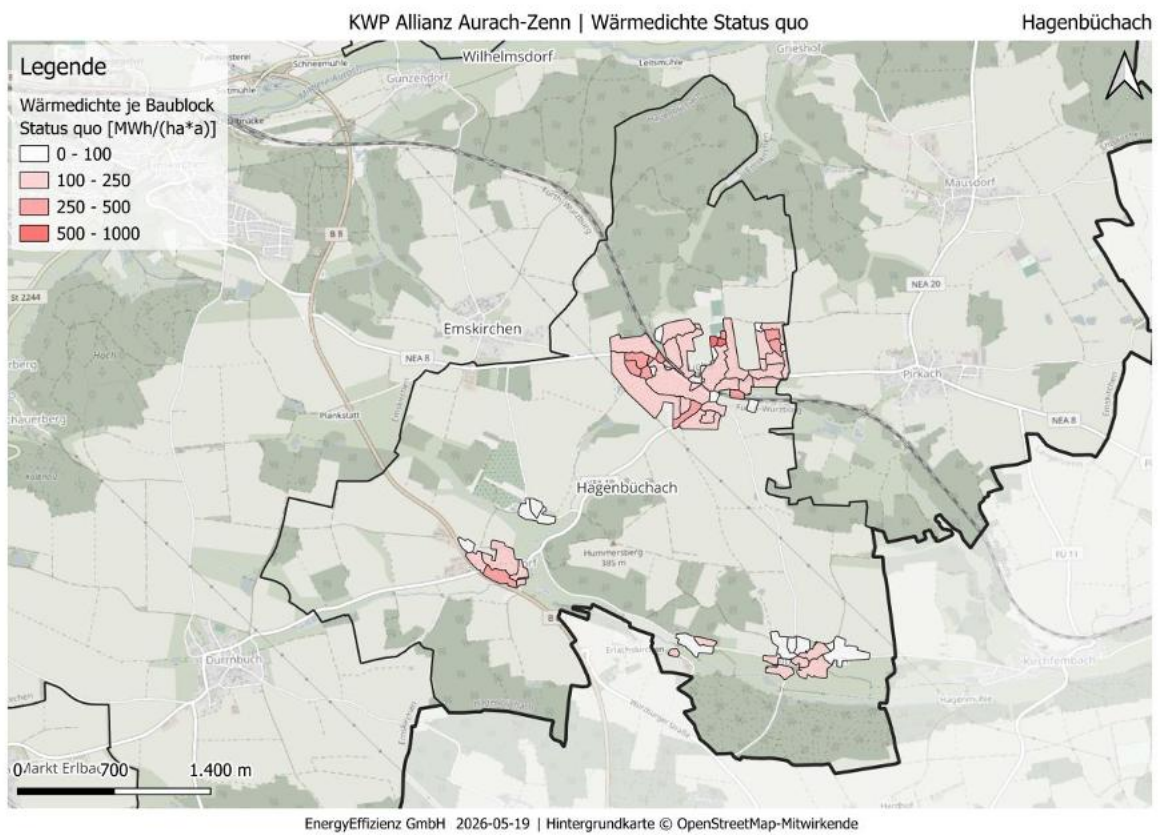


Abbildung 15: Teilgebiet Hagenbüschach: Wärmedichte im Status quo

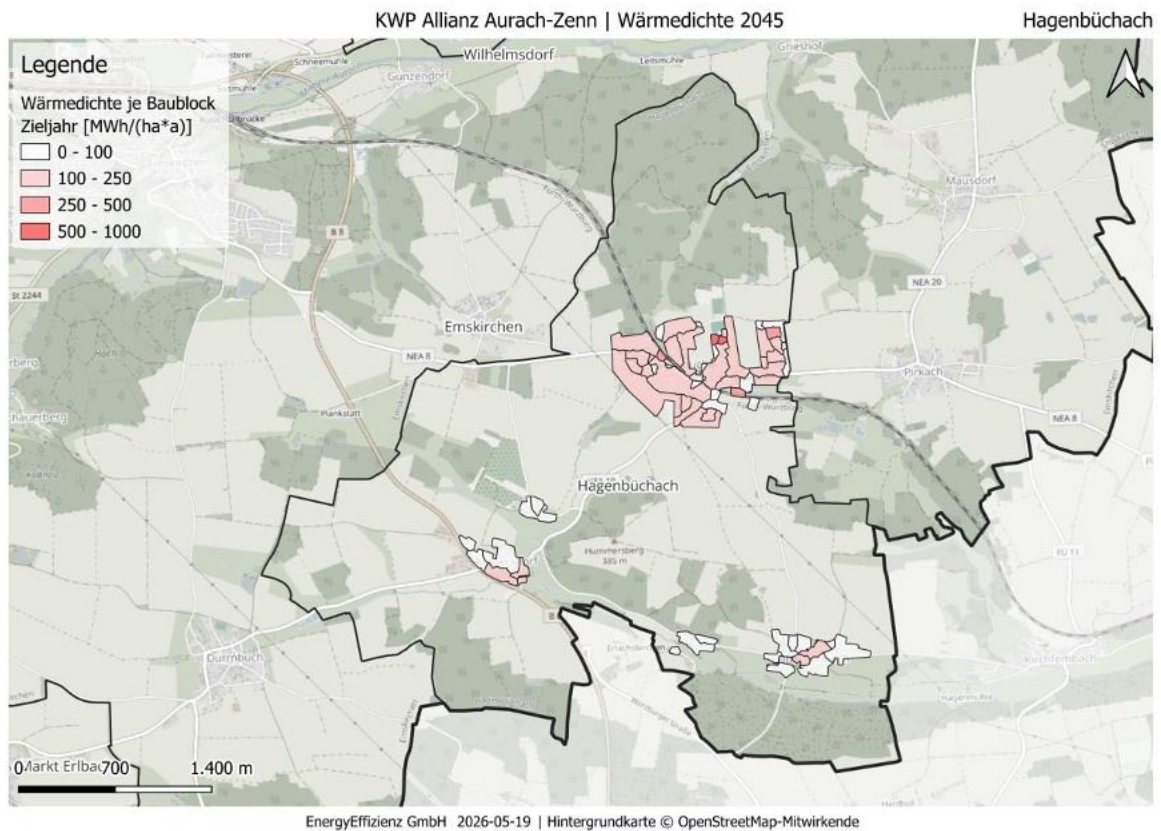


Abbildung 16: Teilgebiet Hagenbüschach: Wärmedichte im Zieljahr 2045

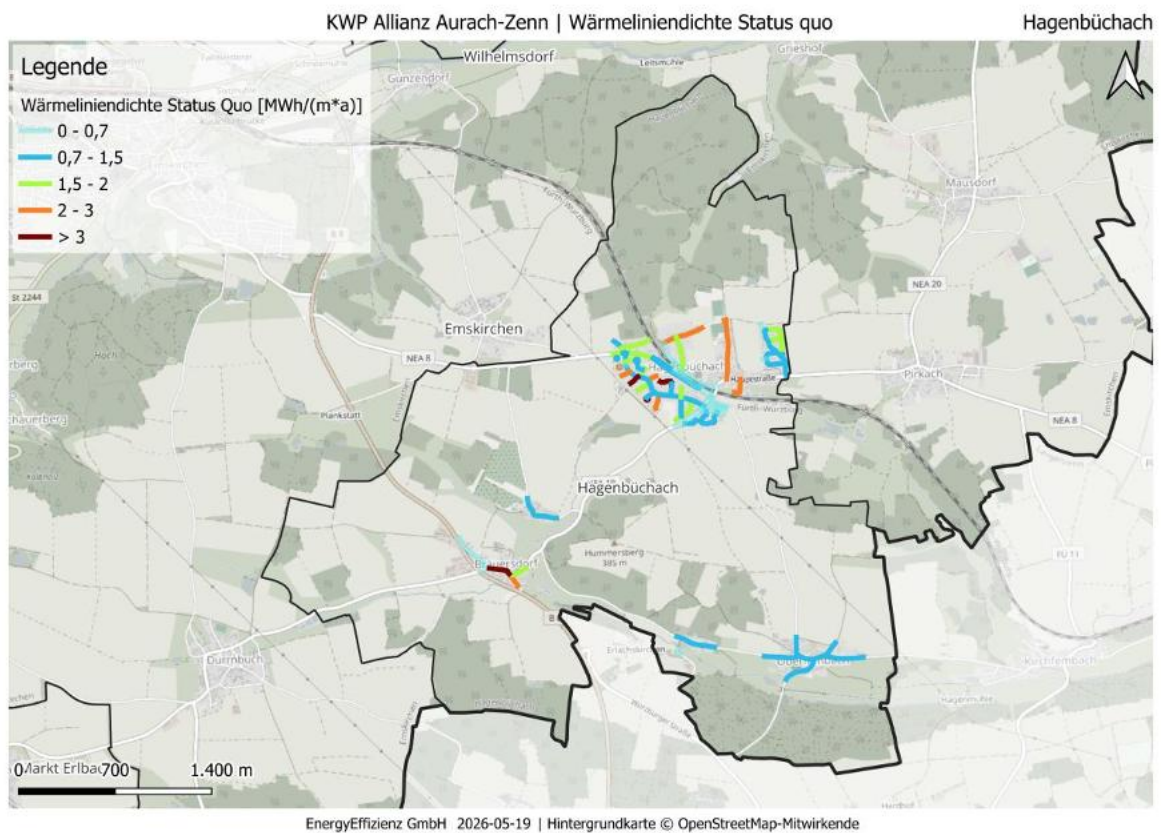


Abbildung 17: Teilgebiet Hagenbüschach: Wärmelinienendichte im Status quo

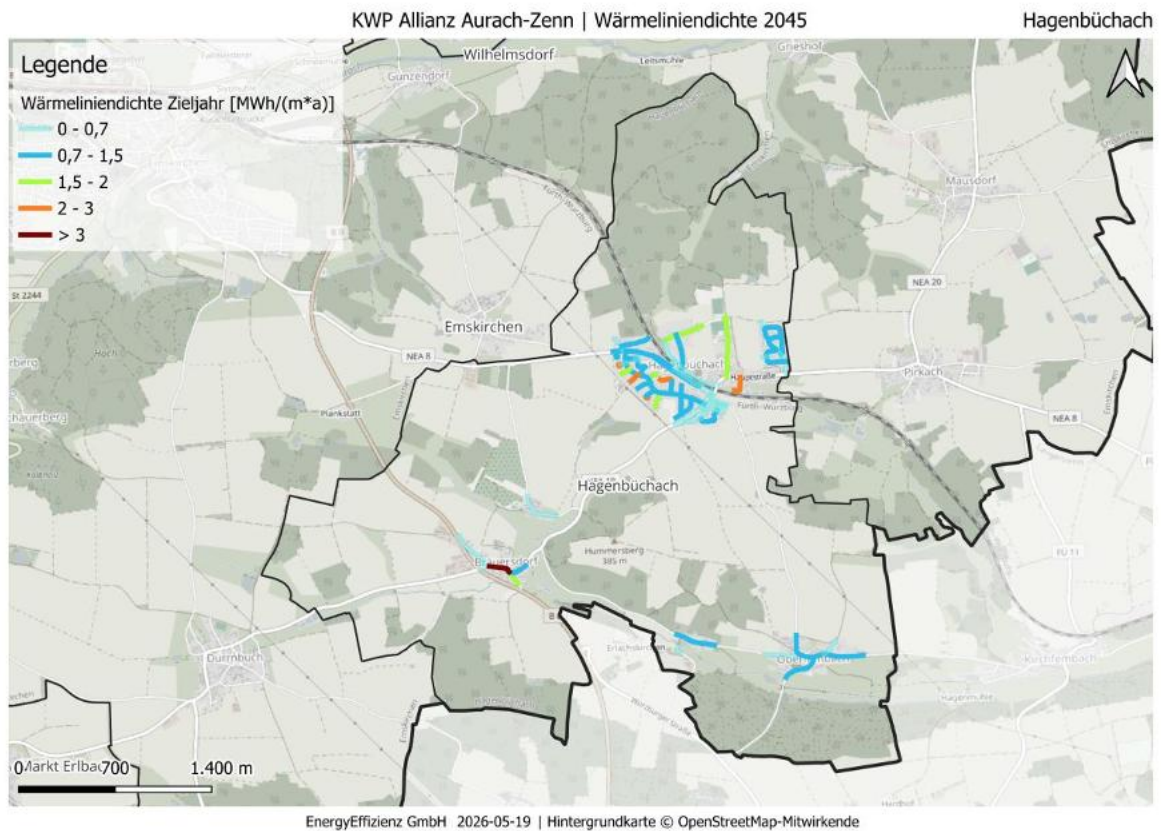


Abbildung 18: Teilgebiet Hagenbüchach: Wärmeliniendichte im Zieljahr 2045

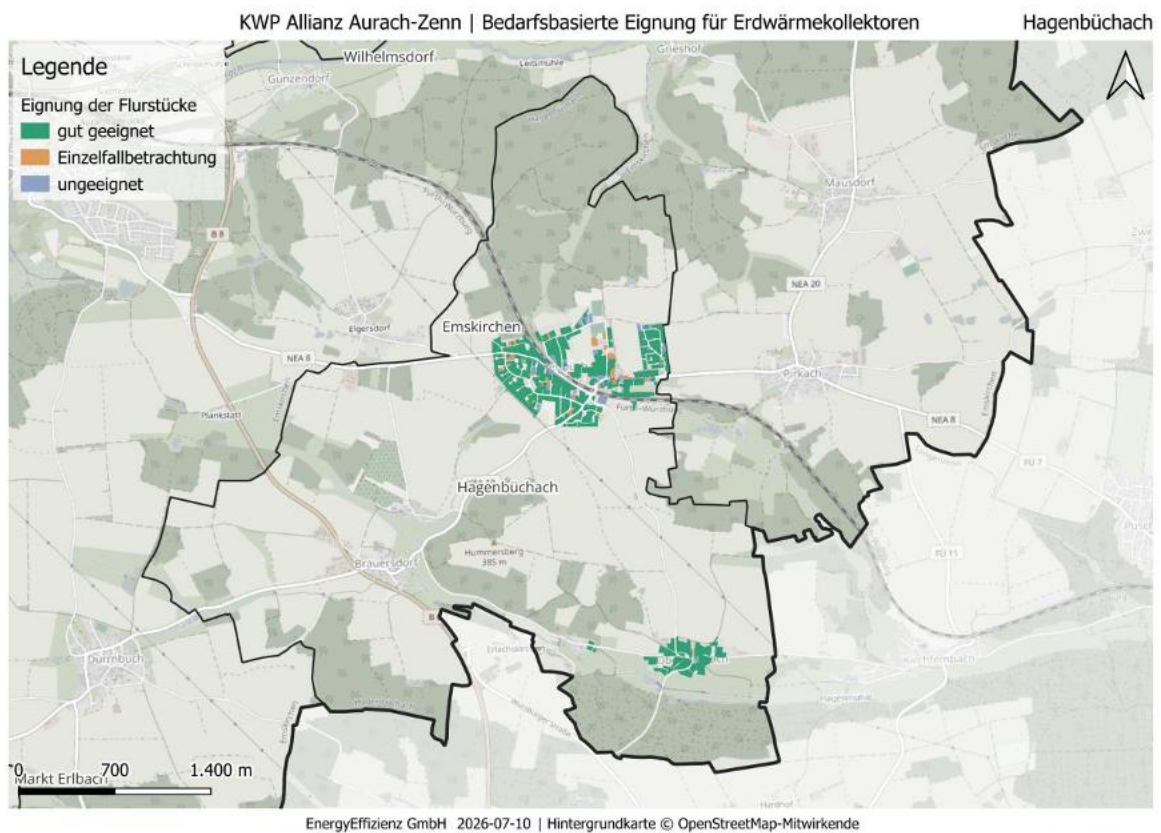


Abbildung 19: Teilgebiet Hagenbüchach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

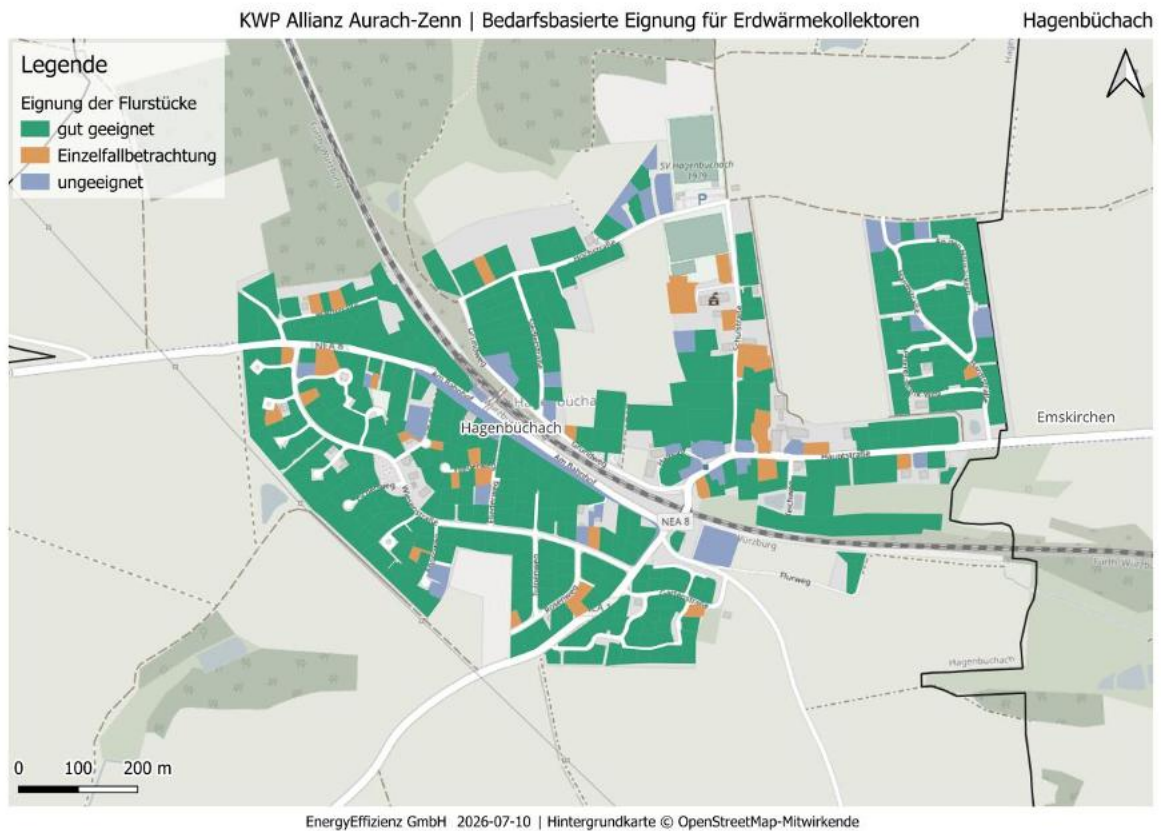


Abbildung 20: Teilgebiet Hagenbüschach – Kerngebiet: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren

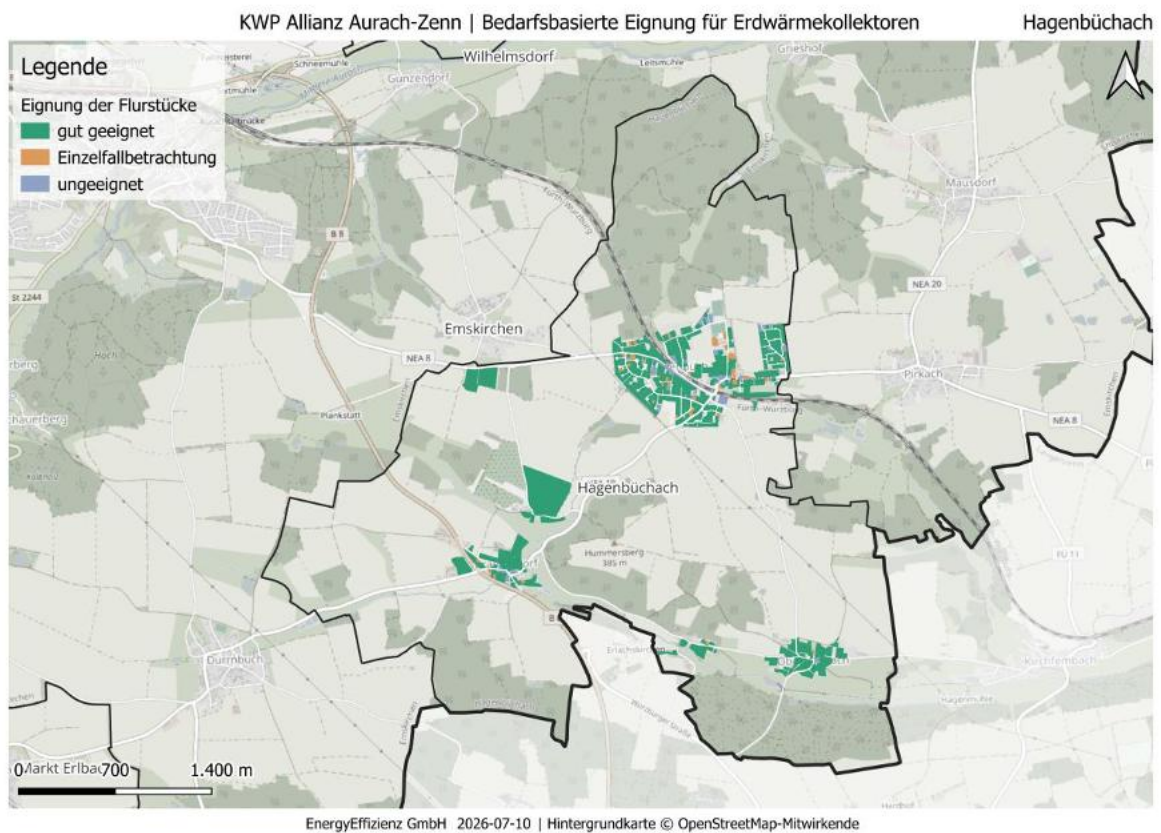


Abbildung 21: Teilgebiet Hagenbüschach (Kommune Hagenbüschach, Gesamtgebiet): Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmekollektoren

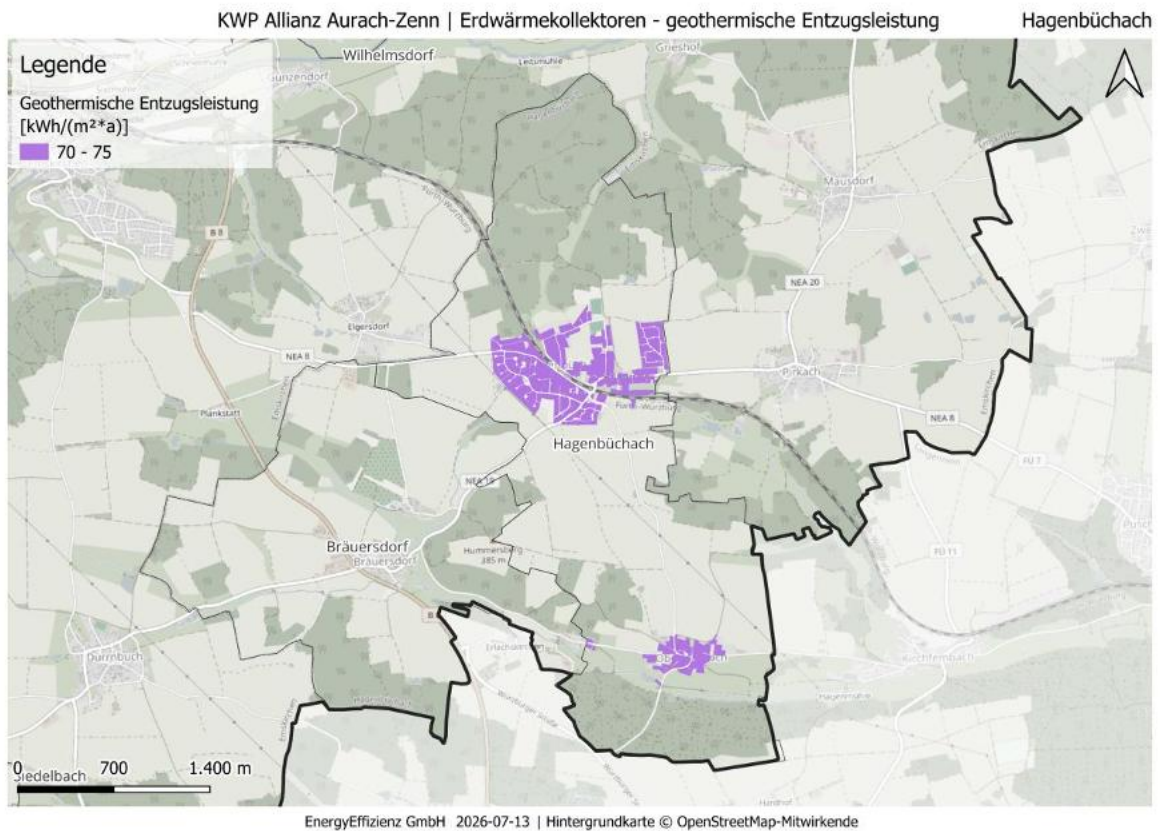


Abbildung 22: Teilgebiet Hagenbüchach: Geothermisches Entzugspotenzial für Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

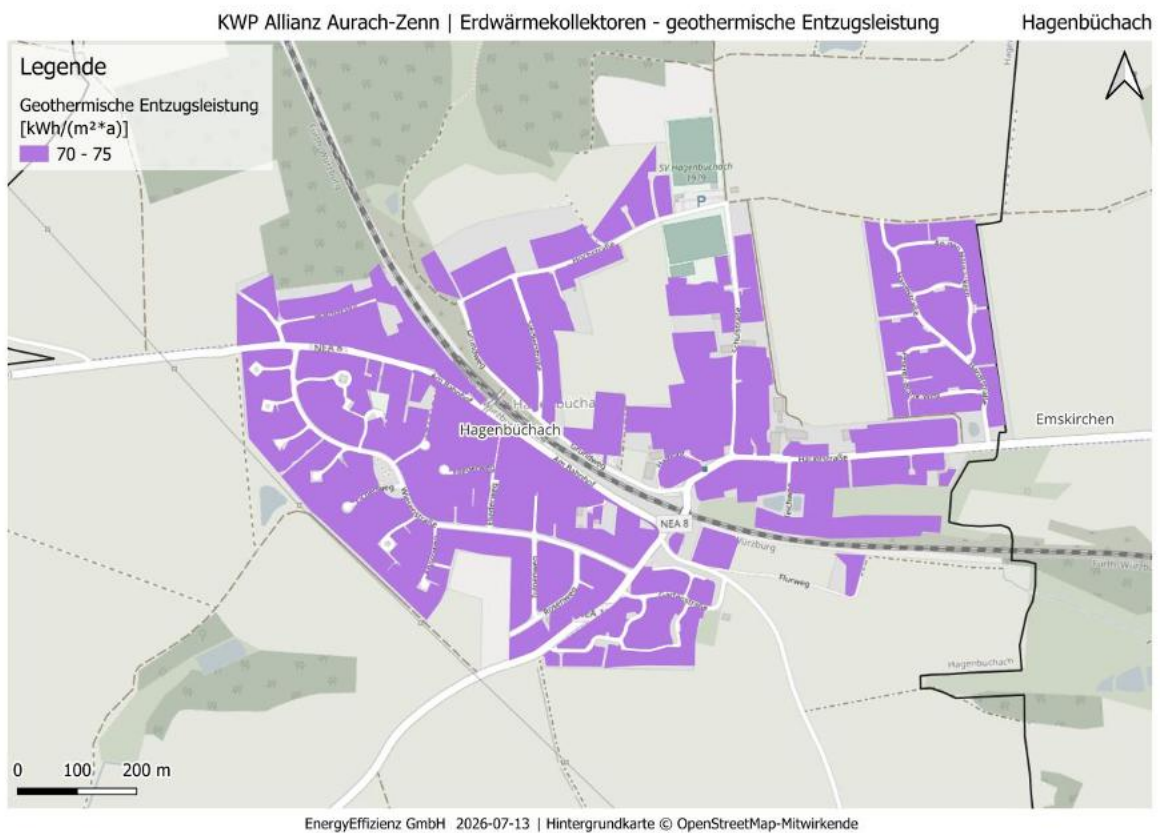


Abbildung 23: Teilgebiet Hagenbüchach – Kerngebiet: Geothermisches Entzugspotenzial für Erdwärmekollektoren

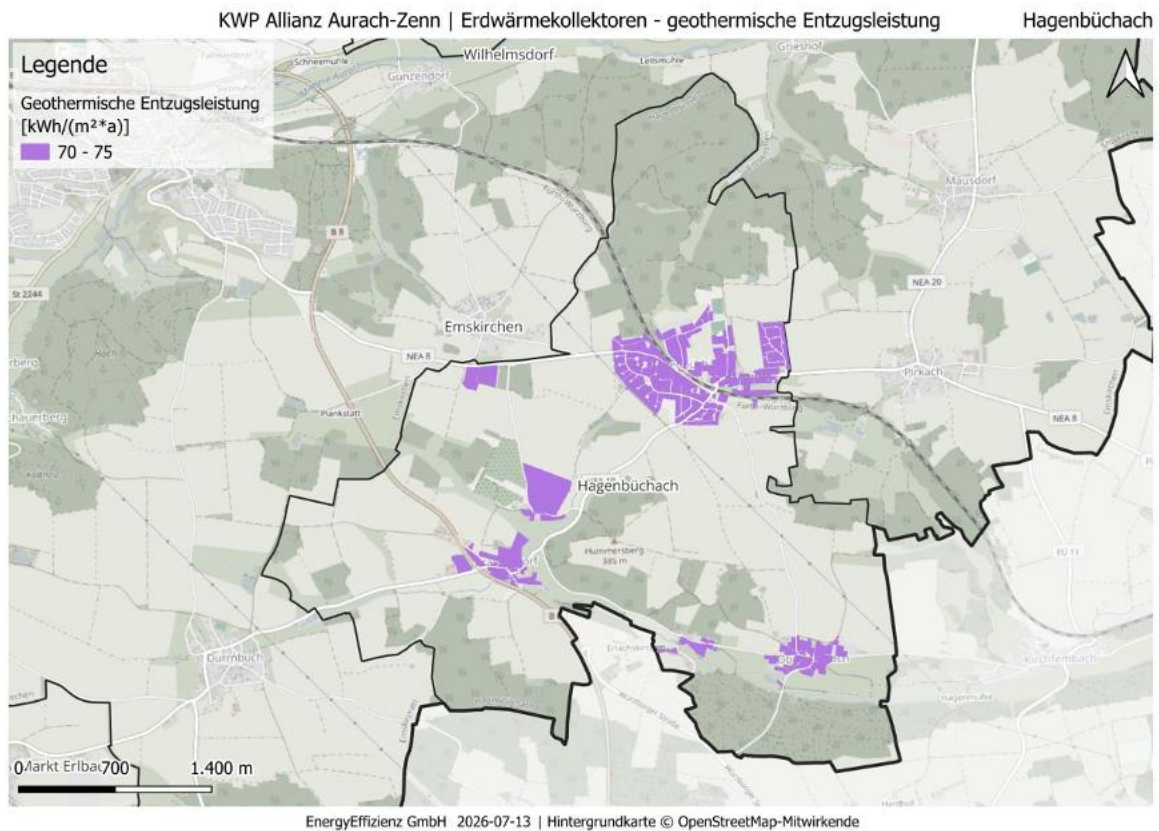


Abbildung 24: Teilgebiet Hagenbüschach (Kommune Hagenbüschach, Gesamtgebiet): Geothermisches Entzugspotenzial für Erdwärmekollektoren

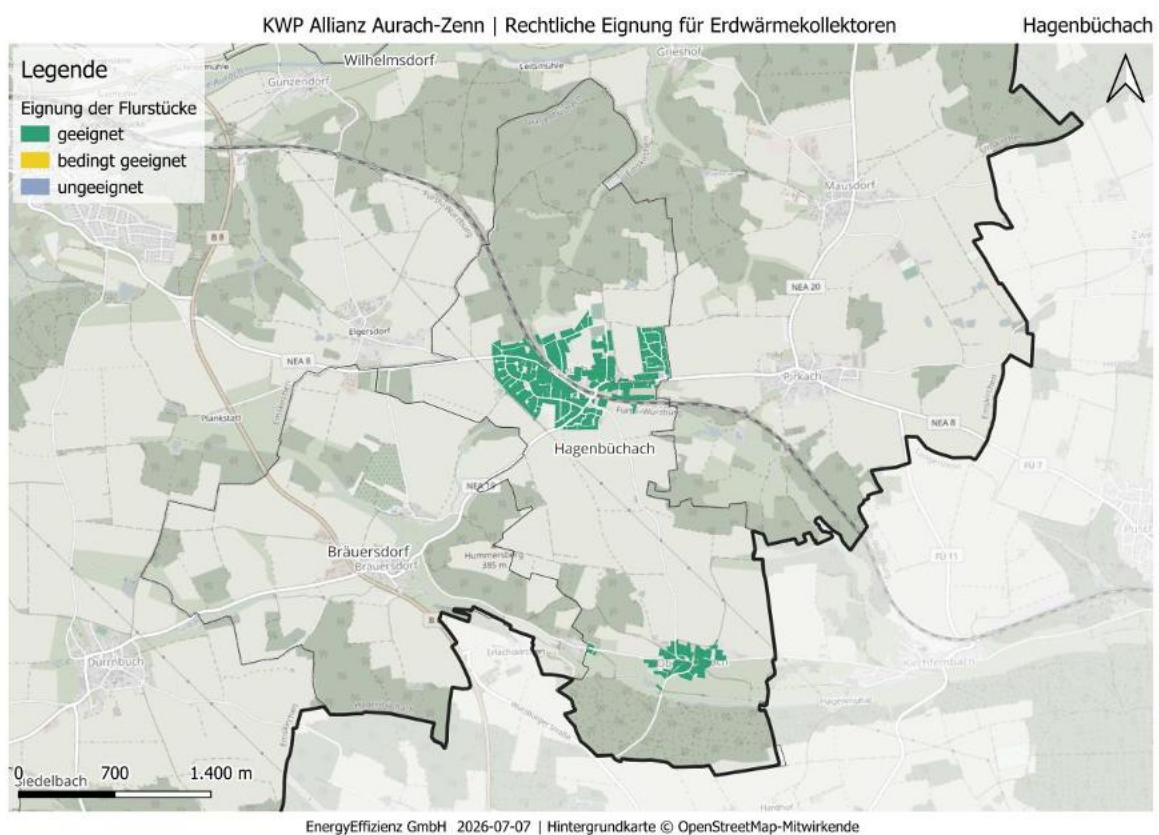


Abbildung 25: Teilgebiet Hagenbüschach: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren auf Flurstücksebene

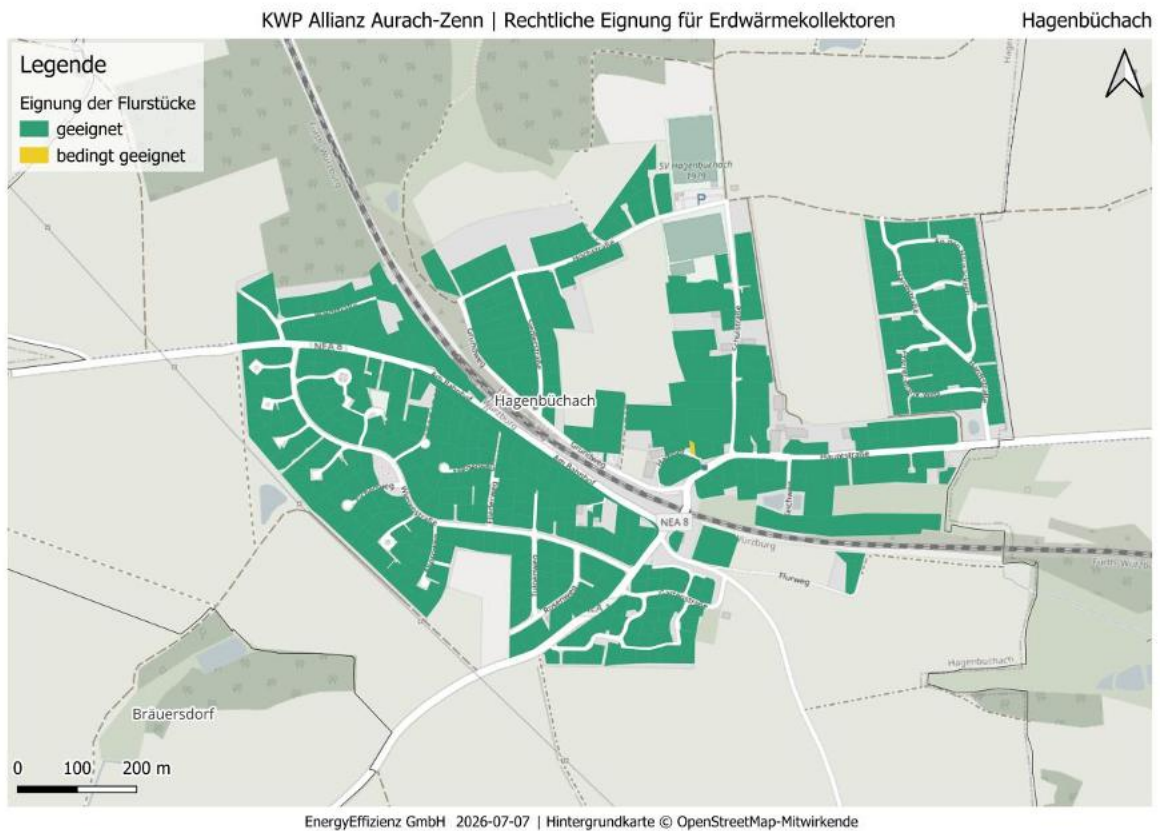


Abbildung 26: Teilgebiet Hagenbüchach – Kerngebiet: Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren

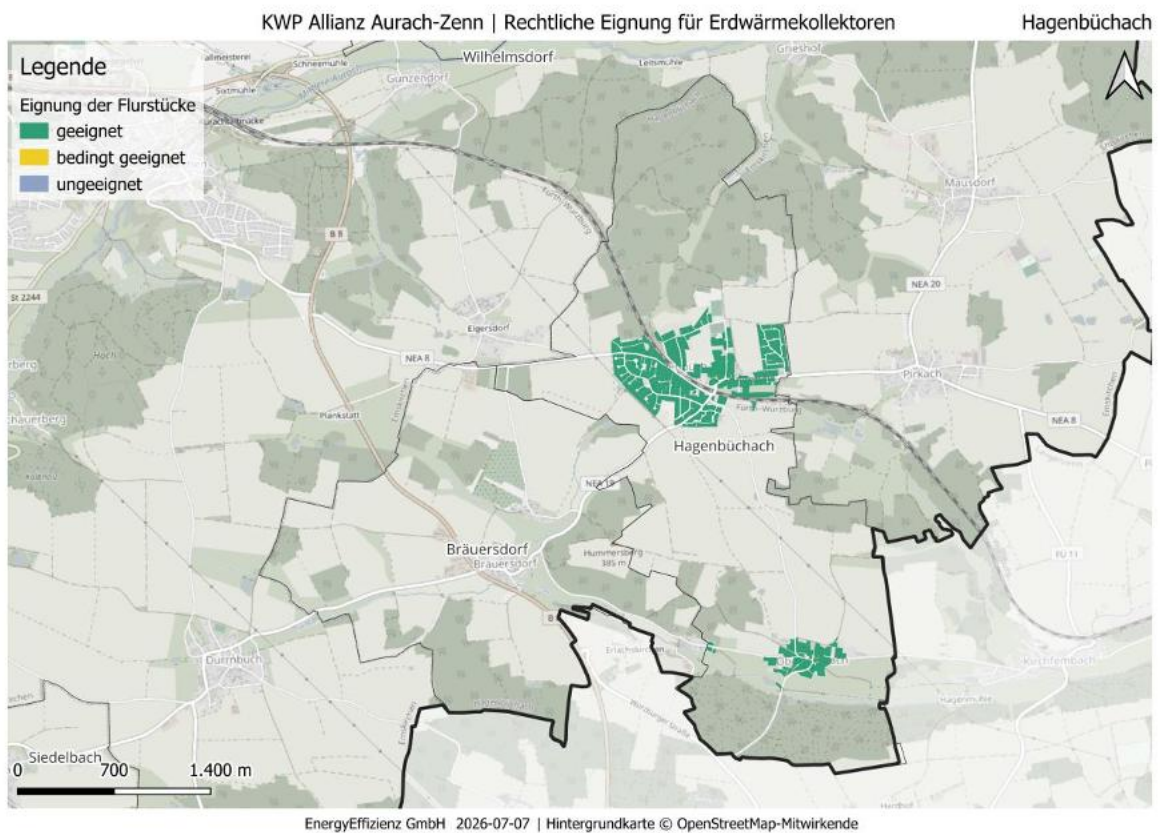


Abbildung 27: Teilgebiet Hagenbüchach (Kommune Hagenbüchach, Gesamtgebiet): Rechtliche Eignung von Erdwärmekollektoren

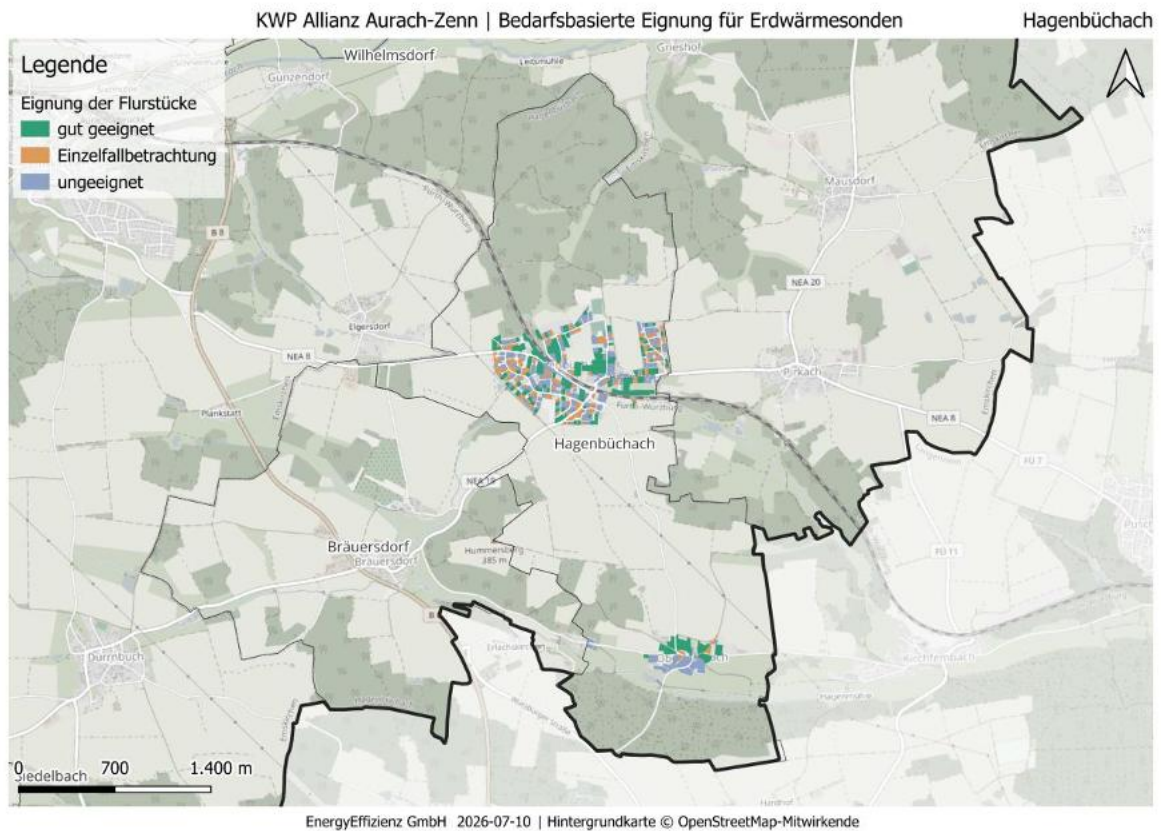


Abbildung 28: Teilgebiet Hagenbüchach: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene

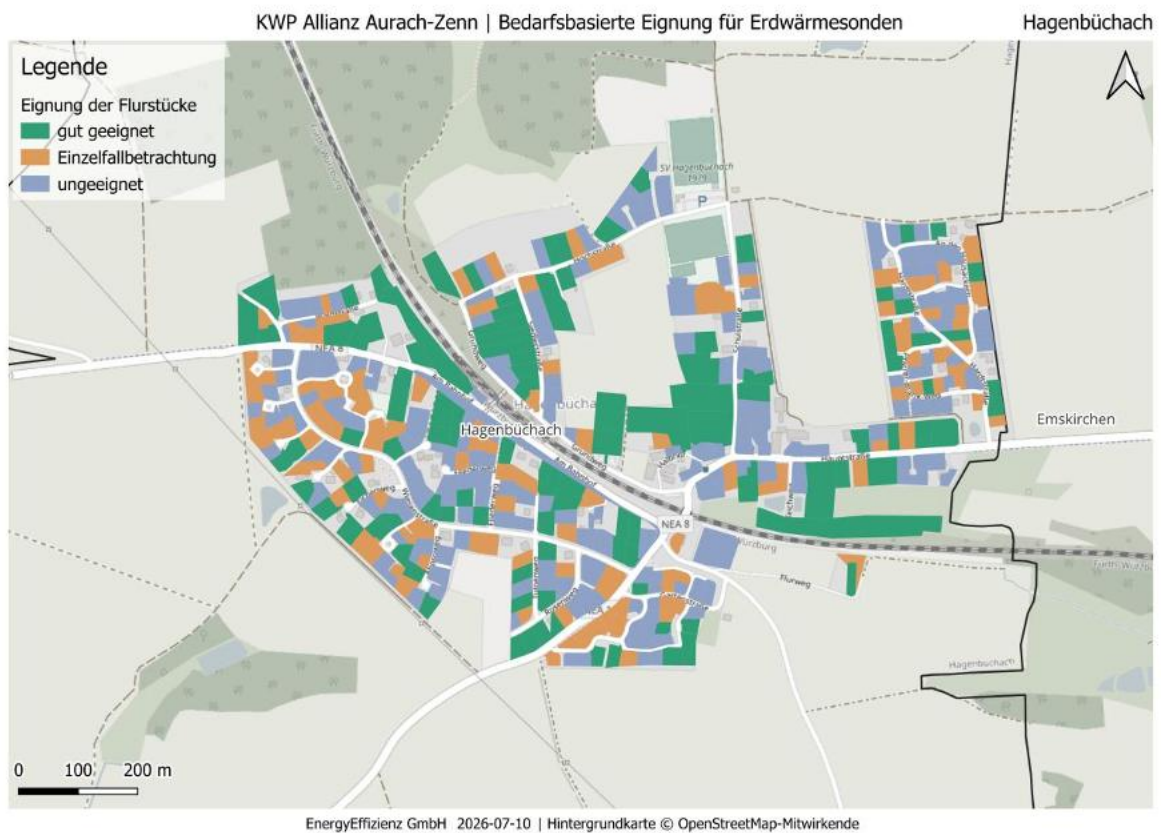


Abbildung 29: Teilgebiet Hagenbüchach – Kerngebiet: Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden

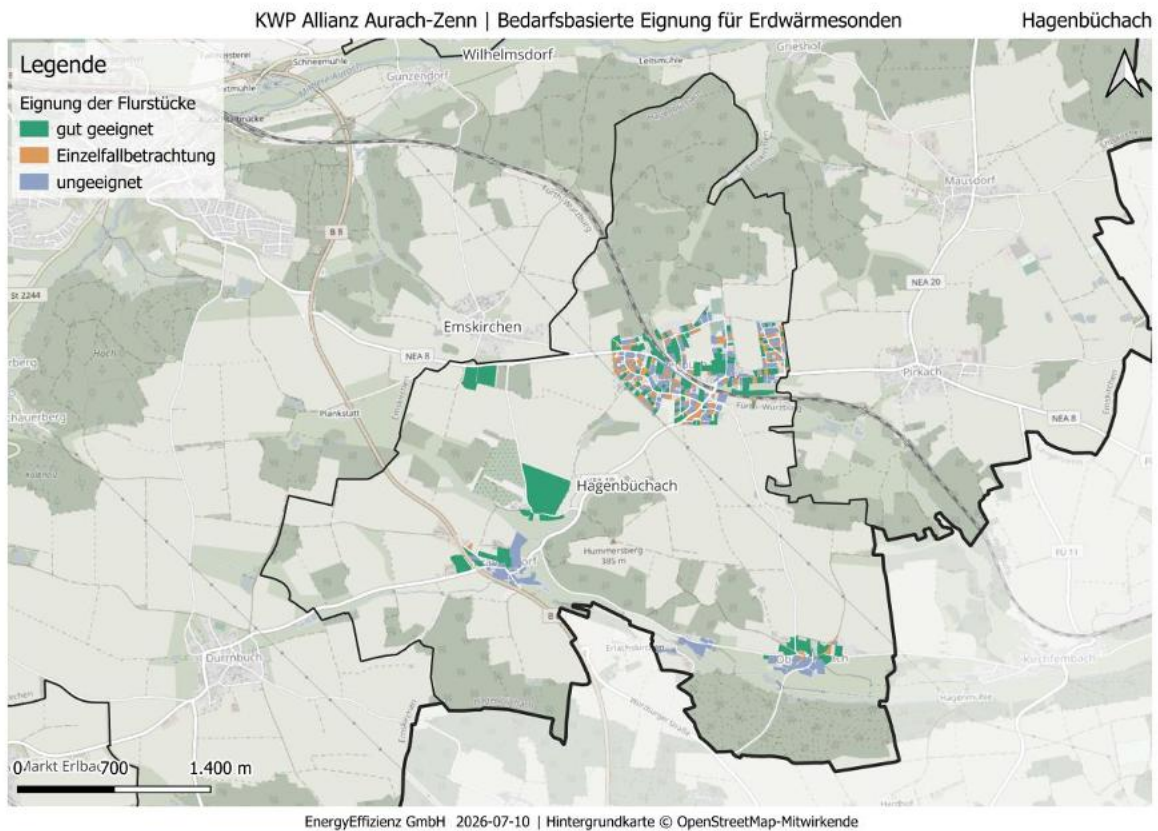


Abbildung 30: Teilgebiet Hagenbüschach (Kommune Hagenbüschach, Gesamtgebiet): Bedarfsbasierte Eignung von Erdwärmesonden

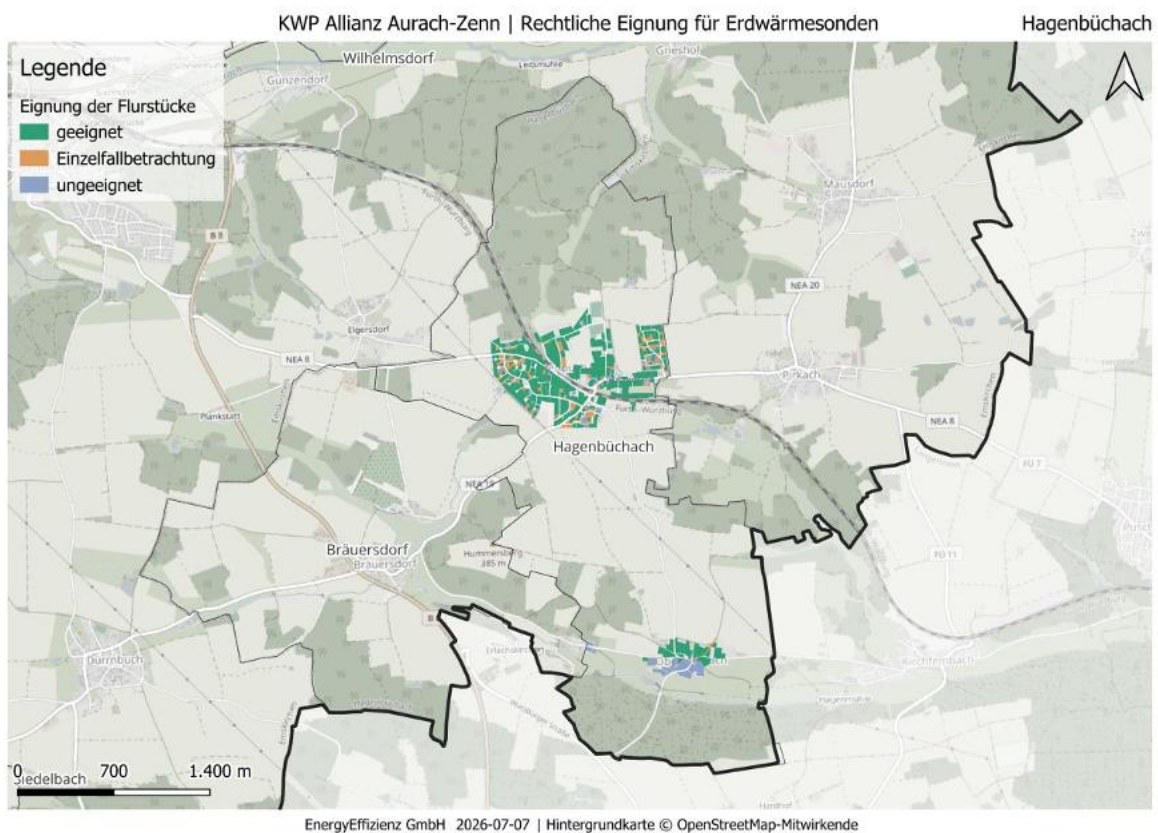


Abbildung 31: Teilgebiet Hagenbüschach: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden auf Flurstücksebene



Abbildung 32: Teilgebiet Hagenbüschach – Kerngebiet: Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden

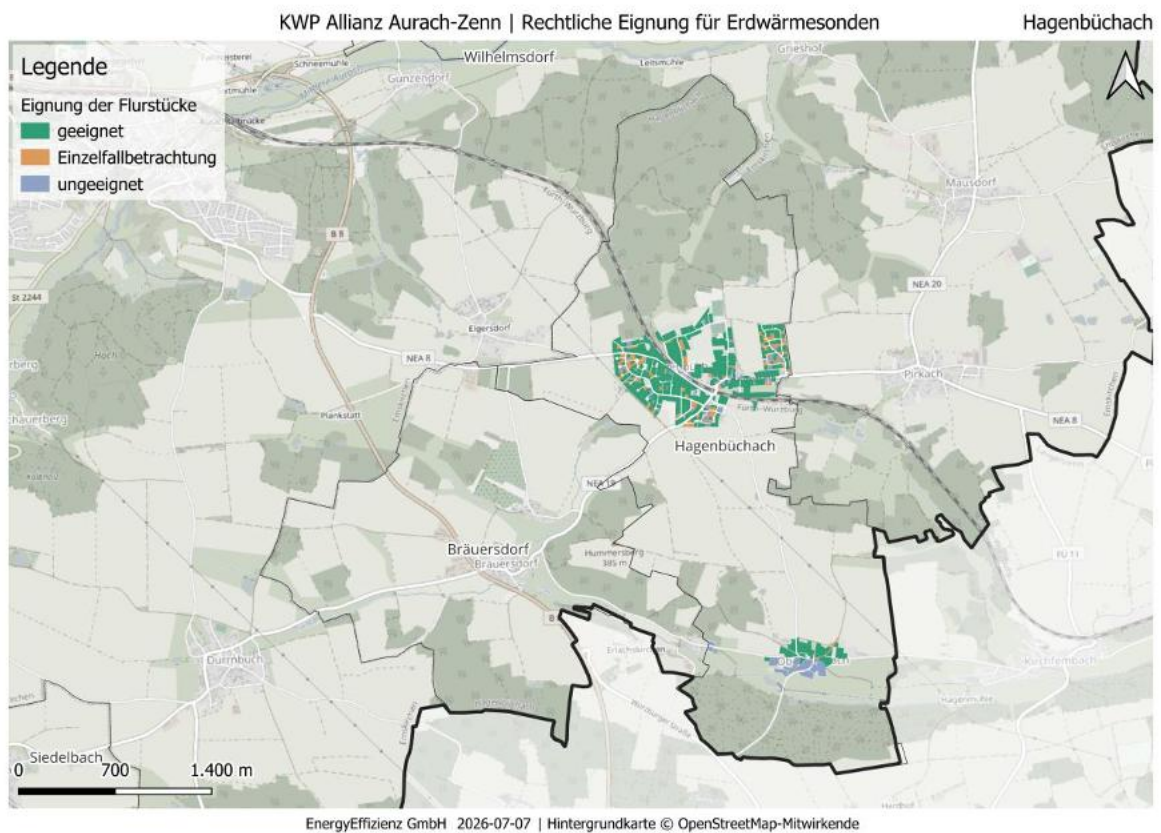


Abbildung 33: Teilgebiet Hagenbüschach (Kommune Hagenbüschach, Gesamtgebiet): Rechtliche Eignung von Erdwärmesonden

KWP Allianz Aurach-Zenn | Potenzialflächen für Agri-Photovoltaik in Hagenbüchach

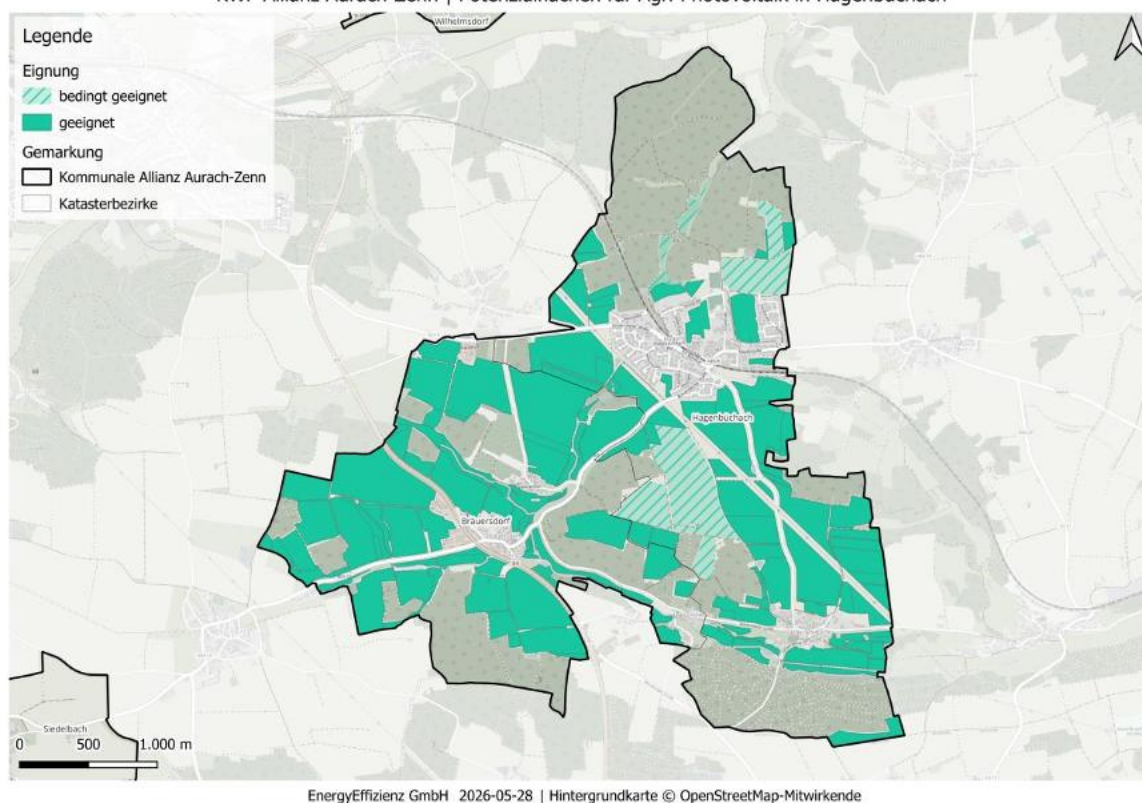


Abbildung 34: Teilgebiet Hagenbüchach: Potenzialflächen für Agri-Photovoltaik

KWP Allianz Aurach-Zenn | Potenzialflächen für Agrothermie in Hagenbüchach

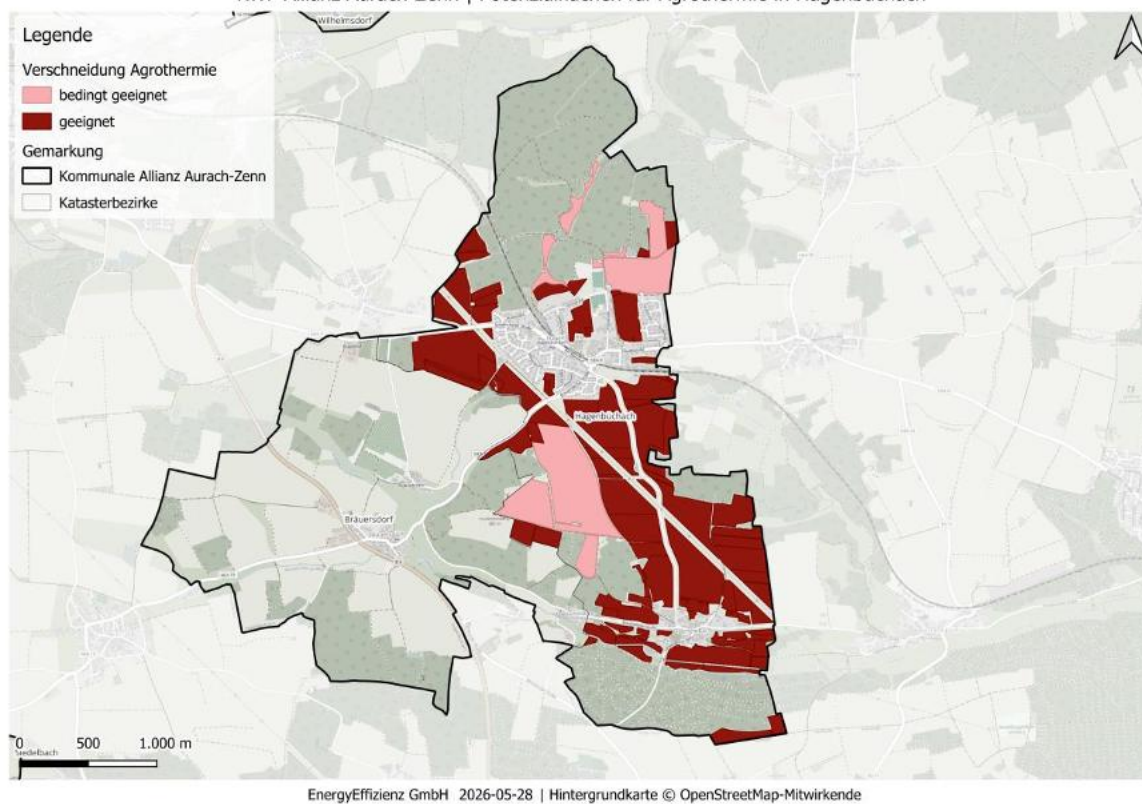


Abbildung 35: Teilgebiet Hagenbüchach: Potenzialflächen für Agrothermie

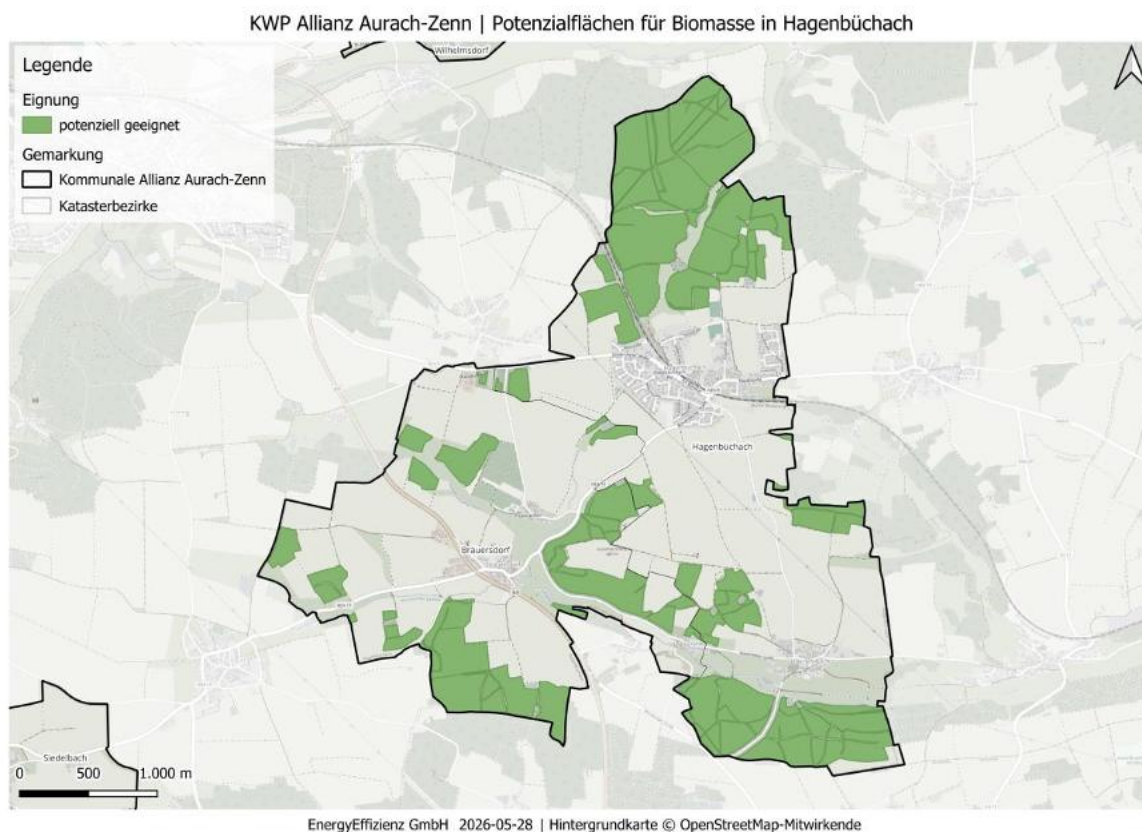


Abbildung 36: Teilgebiet Hagenbüchach: Potenzialflächen für Biomasse

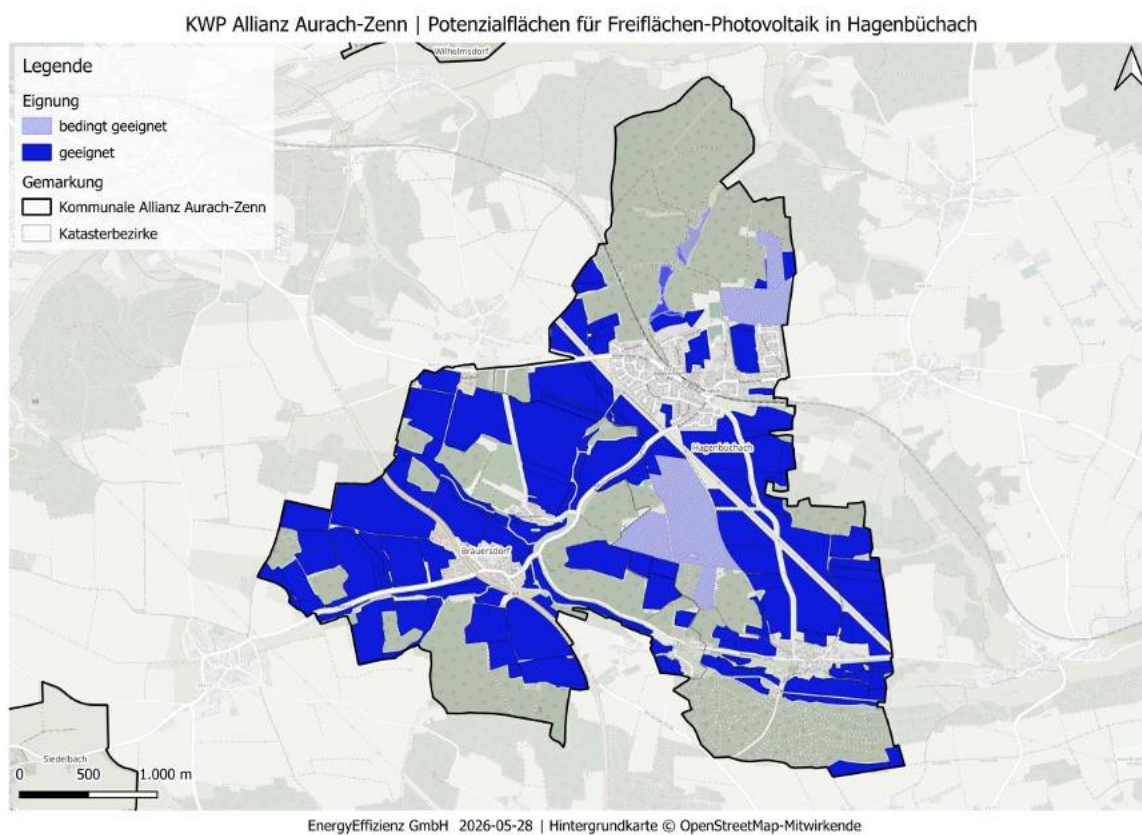


Abbildung 37: Teilgebiet Hagenbüchach: Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik

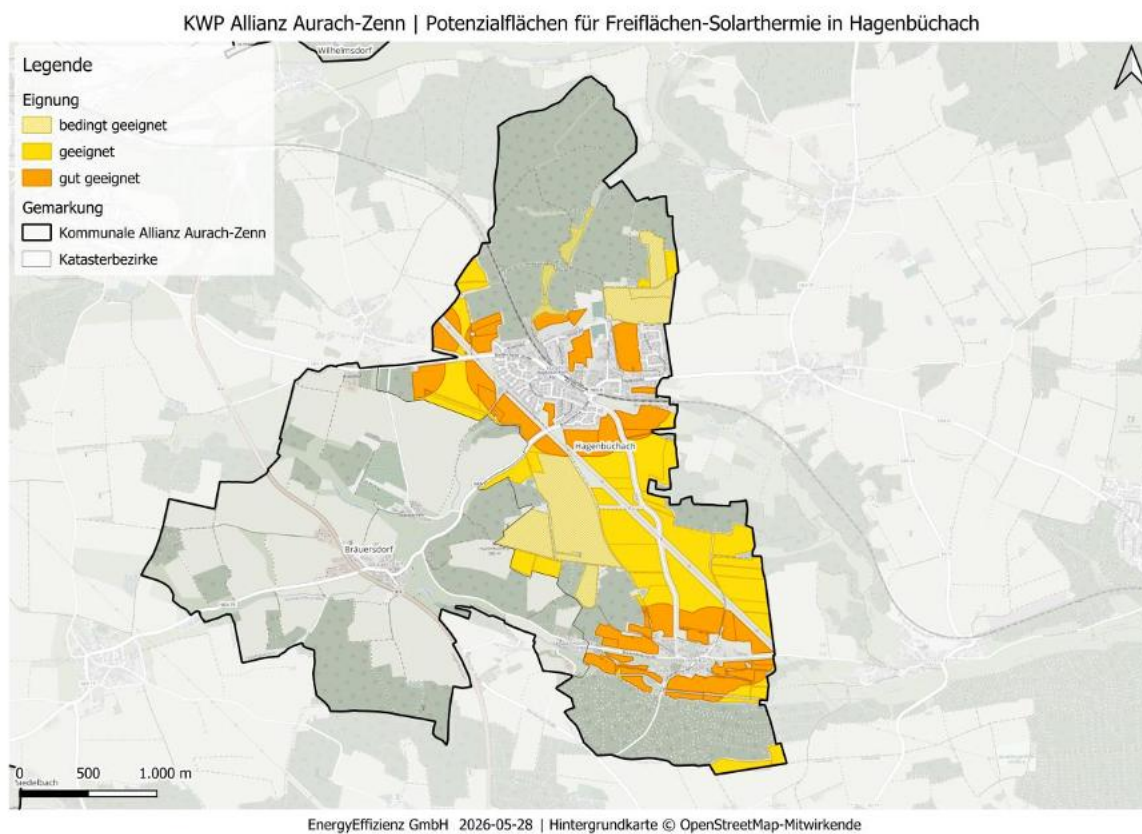


Abbildung 38: Teilgebiet Hagenbüchach: Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie

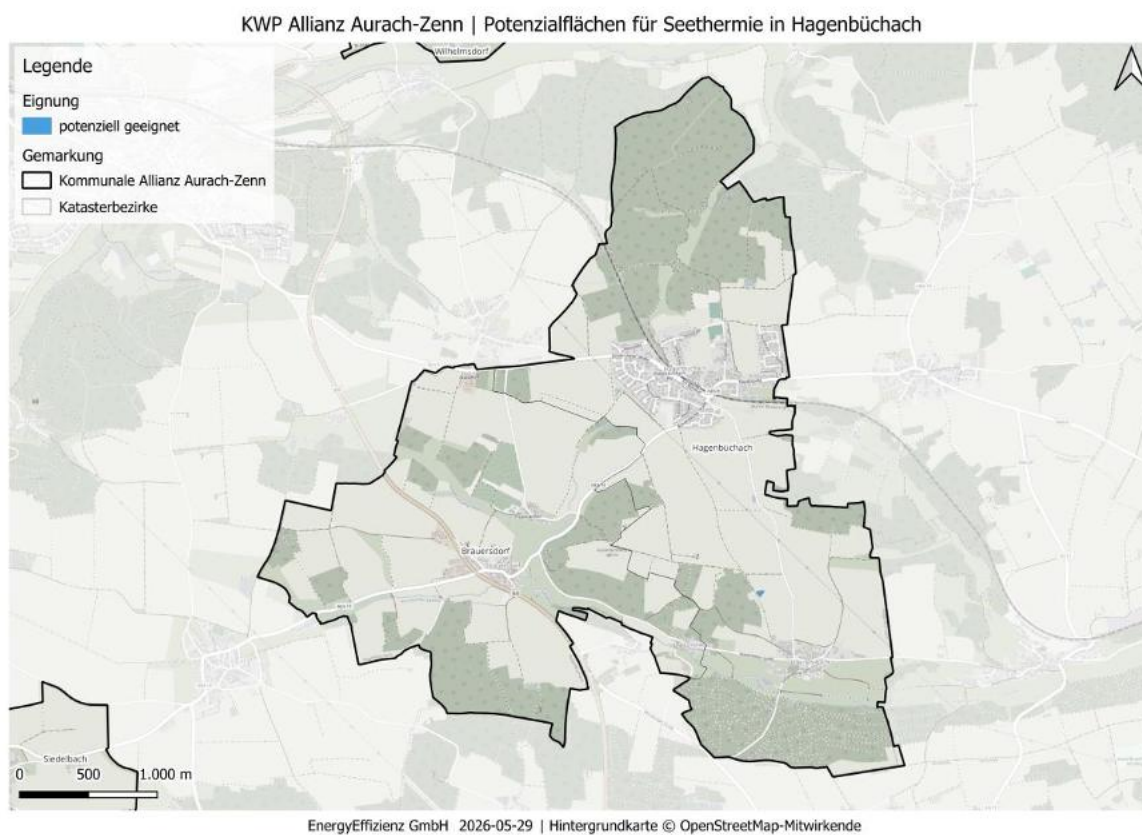


Abbildung 39: Teilgebiet Hagenbüchach: Potenzialflächen für Seethermie