nigl + mader

Abschlussbericht

Kommunale Wärmeplanung Thyrnau

Im Auftrag der ILE Abteiland

27.05.2026

Projektleitung: Sebastian Weisz / Matthias Obermeier

Bearbeitung: Eva Greindl

Auftraggeber / Bauherr	ILE Abteiland (vertreten durch Gemeinde Jandelsbrunn)

Auftragnehmer	Nigl + Mader GmbH Passauer Straße 6 94133 Röhrnbach
Projektleitung	Sebastian Weisz /Matthias Obermeier
Bearbeitung	Eva Greindl

Die Erstellung der Machbarkeitsstudie wurde im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative der Bundesregierung durch Mittel des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert.

Gefördert durch:

Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit

NATIONALE KLIMASCHUTZ INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Projektträger: Z-U-G gGmbH

Förderkennzeichen: 67K29064

Inhalt

Einleitung 5
A Bestandsanalyse Thyrnau 10
A.1 Analyse der Gebäude- und Siedlungsstruktur 10
A.1.1 Ermittlung des überwiegenden Gebäudetyps 10
A.1.2 Ermittlung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude 11
A.1.3 Analyse der Siedlungstypologien 12
A.2 Analyse der Energieinfrastruktur 14
A.2.1 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger in Gebäuden, einschließlich Hausübergabestationen 14
A.3 Ermittlung der Energiemengen im Bereich Wärme 16
A.3.1 Bedarfswerte Wärme 16
A.3.2 Verbrauchswerte Wärme 18
A.3.2.1 Erfassung und Darstellung des räumlich aufgelösten Wärmeverbrauchs 18
A.3.3 Endenergie Wärme 20
A.3.3.1 Erfassung und Darstellung des aktuellen jährlichen Endenergieverbrauchs Wärme 20
A.3.4 Kennzahlen zur Energienutzung im Bereich Wärme 24
A.4 Ermittlung der THG-Emissionen im Bereich Wärme 30
A.4.1 Analyse der aus der Endenergie Wärme resultierenden THG-Emissionen 30
A.5 Eignungsprüfung 33
A.5.1 Bewertung der Eignung von Teilgebieten für Wärmenetze 33
A.5.3 Definition von Gebieten, in denen eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden kann 35
B. Potenzialanalyse 36
B.1 Energieeinsparung / Effizienz 37
B.1.1 Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden 38
B.1.1.1 Analyse der Potenziale zur Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden 38
B.1.2 Effizienzsteigerung in industriellen und gewerblichen Prozessen 41
B.1.2.1 Analyse der Potenziale zur Energieeinsparung in industriellen und gewerblichen Prozessen 41
B.2 Nutzung unvermeidbarer Abwärme 42
B.2.1 Analyse der im beplanten Gebiet vorhandenen Potenziale zur Nutzung von unvermeidbarer Abwärme 42
B.3 Potenziale zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien 44
B.3.1 Ermittlung der im beplanten Gebiet vorhandenen Potenziale zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien . 45
B.5 Potenziale zur zentralen Wärmespeicherung 79
B.5.1 Ermittlung der vorhandenen Potenziale zur zentralen Wärmespeicherung 79
C Zielszenario 97
C.1 Zielszenarien und Pfade für die langfristige Entwicklung der Wärmeversorgung 97

C.2 Einteilung des beplanten Gebiets nach Wärmeversorgungsart und Einsparpotenzialen 100
C.2.1 Einteilung der Grundstücke und Baublöcke in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete 101
C.2.2 Ausweisung von Gebieten mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial 102
D Umsetzungsstrategie mit Maßnahmen 104
Erarbeitung einer Verstetigungsstrategie 111
Erstellung eines Controlling-Konzepts 112
ÖB Öffentlichkeitsbeteiligung 113
ÖB.1 Kommunikationsstrategie 113
ÖB.2 Durchführung für die wesentlichen Akteure 115
ÖB.3 Durchführung für die Bürgerschaft 116

Einleitung

Die ILE Abteiland hat im Rahmen ihrer strategischen Energie- und Klimaschutzaktivitäten eine kommunale Wärmeplanung erarbeitet, die den Weg zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung in den kommenden Jahrzehnten aufzeigt. Die Ausarbeitung erfolgte unter fachlicher Begleitung eines spezialisierten Planungsbüros und orientierte sich am bundesweit geltenden Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung der zuständigen Bundesministerien.

Als interkommunaler Zusammenschluss mehrerer Gemeinden ist die ILE Abteiland stark ländlich geprägt. Die räumliche Struktur mit weit gestreuten Siedlungsbereichen sowie umfangreichen Schutz- und Vorranggebieten stellt besondere Anforderungen an eine nachhaltige Wärmeinfrastruktur. Nutzungskonflikte und naturschutzrechtliche Vorgaben mussten daher frühzeitig in die planerischen Überlegungen integriert werden.

Im Zuge der Analysephase wurden vorhandene Versorgungsstrukturen, Energieverbräuche und lokale Ressourcen systematisch untersucht. Dabei zeigten sich insbesondere gute Voraussetzungen für den Ausbau solarthermischer Anwendungen, vor allem im Bereich dezentraler Versorgungslösungen. Darüber hinaus wurden gewerbliche Abwärmepotenziale sowie weitere erneuerbare Energiequellen hinsichtlich ihrer technischen und wirtschaftlichen Nutzbarkeit bewertet.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus Bestandsaufnahme, Potenzialermittlung, Szenarienentwicklung und Maßnahmenplanung wurden kontinuierlich mit den beteiligten Kommunen, relevanten Fachstellen sowie regionalen Energieakteuren abgestimmt. Auf dieser Grundlage entstand ein praxisnaher Orientierungsrahmen für die zukünftige, klimafreundliche Wärmeversorgung im Gebiet der ILE Abteiland.

Rechtliches Thema:

Mit dem Inkrafttreten des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) im Januar 2024 wurde die kommunale Wärmeplanung deutschlandweit zur Pflichtaufgabe der Städte und Gemeinden. Ziel des Gesetzes ist es, die Transformation der Wärmeversorgung strukturiert zu steuern und den schrittweisen Übergang zu erneuerbaren Energien im Hinblick auf die angestrebte Treibhausgasneutralität bis 2045 verbindlich zu organisieren.

Gemäß § 4 WPG sind alle Kommunen mit weniger als 100.000 Einwohnerinnen und Einwohnern verpflichtet, spätestens bis zum 30. Juni 2028 einen kommunalen Wärmeplan vorzulegen. Für Gemeinden unter 10.000 Einwohnern – wie sie in der ILE Abteiland überwiegend vertreten sind – sieht § 22 WPG ein vereinfachtes Verfahren vor. Dieses ermöglicht methodische Erleichterungen bei Datenerhebung und Ausarbeitung.

Zu den gesetzlich festgelegten Kernelementen zählen insbesondere eine systematische Bestandsanalyse der aktuellen Wärmeversorgung, eine Bewertung vorhandener Potenziale erneuerbarer Energien und Abwärmequellen, die räumliche Darstellung geeigneter Versorgungsgebiete sowie die Entwicklung eines Zielszenarios. Der Wärmeplan ist gemäß § 25 WPG alle fünf Jahre fortzuschreiben. Zudem ist nach § 13 WPG eine strukturierte Beteiligung der Öffentlichkeit vorgesehen. Ergänzend zum Bundesrecht regeln landesspezifische Vorschriften die konkrete Umsetzung. In Bayern wurde hierfür Anfang 2025 eine Anpassungsverordnung zur Ausführung energiewirtschaftlicher Bestimmungen erlassen, die insbesondere das vereinfachte Verfahren weiter konkretisiert.

Im Zusammenspiel mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) ergeben sich aus der Wärmeplanung mittelbar Fristen für den Einbau neuer Heizungsanlagen. Grundsätzlich schreibt das GEG vor, dass neu installierte Heizungen mindestens 65 % erneuerbare Energien nutzen müssen. Für Bestandsgebäude im Gebiet der ILE Abteiland gilt diese Verpflichtung ab dem 1. Juli 2028.

Der kommunale Wärmeplan selbst entfaltet jedoch keine unmittelbare Rechtswirkung in Bezug auf verbindliche Versorgungsgebiete. Er weist zunächst lediglich potenzielle Eignungsgebiete für Wärmenetze oder Wasserstoffnetze aus. Erst wenn die jeweilige Gemeinde auf Grundlage des Wärmeplans durch gesonderten Beschluss förmlich ein solches Gebiet festlegt, tritt eine Sonderregelung in Kraft: In diesen offiziell ausgewiesenen Gebieten greift die 65-Prozent-Vorgabe bereits im Monat nach dem entsprechenden Ratsbeschluss.

Partizipative Beteiligung

Der partizipative Beteiligungsprozess hat das Ziel, mit den an der späteren Umsetzung zuständigen Akteuren, akzeptierte Ergebnisse und Maßnahmen zu finden. Dazu zählen konkret die Stadtverwaltung als auch die Stadtwerke.

Das zentrale Format für die Kommunikation waren hierbei regelmäßige stattgefundene Besprechungstermine mit den Gemeinden. Hier wurden je nach Projektphase ca. quartalsweise die Zwischenstände vorgestellt und aktuelle Projektthemen diskutiert.

Zum Kommunikations- und Partizipationskonzept gehörte, je Projektphase die jeweils relevanten Akteure in die regelmäßigen Termine einzubeziehen.

Informative Beteiligung

Die Öffentlichkeit wurde zu Beginn im Rahmen einer öffentlichen Bekanntmachung über den Start und die Inhalte der kommunalen Wärmeplanung informiert.

Nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung ist es geplant in der Öffentlichkeitsveranstaltung die Ergebnisse der Öffentlichkeit vorzustellen. Nach einer Präsentation der Ergebnisse sollen an Thematischen relevanten Bereiche des anstehenden Transformationsprozesses der Öffentlichkeit nähergebracht werden.

Neben der Information der Öffentlichkeit spielt ebenfalls die Information des Gemeinderats und der kommunalpolitischen Gremien und Verwaltung sowie in Ausschüssen eine Rolle. Die Zwischenergebnisse wurden am 20.10.2025 vorgestellt. Dabei wurden die Ergebnisse der Bestands-, der Potenzialanalyse und des Zielfotos präsentiert. Ebenfalls wurde der Ausblick auf die letzte Projektphase vorgestellt. Ziel der Vorstellungen war es über die Relevanz der kommunalen Wärmeplanung und den aktuellen Stand zu informieren sowie das weitere Vorgehen zu erläutern. Dadurch konnten Fragen und Anmerkungen eingeholt und in die weitere Bearbeitung integriert werden. Besonders im Hinblick auf den Abschluss der kommunalen Wärmeplanung, der ein Beschluss im Gemeinderat von zwei bis drei Umsetzung bestimmten Maßnahmen vorsieht, ist die frühzeitige Information essenziell, um die Akzeptanz und Mitwirkung zu optimieren.

Die finale Präsentation im Gremium fand am 24.03.2026 statt.

Ziele und methodische Vorgehensweise

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung der ILE Abteiland wurde zunächst eine umfassende Bestandsanalyse durchgeführt. Ziel dieses Arbeitsschrittes war es, die bestehende Wärmeversorgungsstruktur systematisch zu erfassen und darauf aufbauend den aktuellen Energiebedarf sowie die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen im Wärmesektor zu ermitteln.

Hierfür wurden unter anderem die Gebäudestrukturen, Baualtersklassen und Nutzungsarten untersucht. Ebenso erfolgte eine Erhebung der vorhandenen Gas- und Wärmenetze, bestehender Heizzentralen, Speicheranlagen sowie dezentraler Heizsysteme. Auf Grundlage dieser Daten wurden der Wärmebedarf, der tatsächliche Wärmeverbrauch und die damit verbundenen Emissionen berechnet. Die Ergebnisse ermöglichen eine räumlich differenzierte und verursachergerechte Zuordnung der Energieverbräuche innerhalb der Mitgliedskommunen. Gleichzeitig bilden sie die fachliche Grundlage für die anschließende Potenzialanalyse, in der zukünftige Wärmebedarfe sowie mögliche Anteile erneuerbarer Energien an der Wärmedeckung abgeschätzt werden.

Die Aufbereitung, Verschneidung und kartografische Darstellung der Daten erfolgte mithilfe der Energiemanagement- und Kartierungssoftware ENEKA. Dadurch konnten gebäudescharfe Analysen erstellt und räumliche Zusammenhänge transparent abgebildet werden.

Rechtliche Grundlage und Datenschutz

Für die Erstellung einer belastbaren kommunalen Wärmeplanung ist die Verarbeitung zahlreicher Daten erforderlich. Aufgrund der Vorgaben der Datenschutz-Grundverordnung bedarf jede Erhebung, Speicherung und Nutzung von Daten einer klaren gesetzlichen Grundlage. Diese ist in § 10 Absatz 1 des Wärmeplanungsgesetzes geregelt. Demnach ist die planungsverantwortliche Stelle berechtigt, die für Bestands- und Potenzialanalysen erforderlichen Daten zu erheben und zu verarbeiten.

In Verbindung mit §§ 15 und 16 sowie Anlage 1 des Wärmeplanungsgesetzes wird konkretisiert, welche Datentypen zur Aufgabenerfüllung herangezogen werden dürfen. Hierzu zählen insbesondere Wärmeverbrauchs- und Bedarfsdaten, Angaben zu Gebäuden wie Lage, Nutzung, Baujahr und Nutzfläche, Informationen zu dezentralen Heizungsanlagen sowie Daten zu zentralen Infrastrukturen der Wärmeversorgung und den angeschlossenen Wärmeerzeugern.

Personenbezogene Daten sind dabei grundsätzlich ausgeschlossen. Verbrauchsdaten von Einfamilienhäusern dürfen ausschließlich in aggregierter, das heißt anonymisierter Form verarbeitet werden. Gleiches gilt für Informationen zu dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen mit Verbrennungstechnik sowie gebäudebezogene Detaildaten, sofern ein Personenbezug möglich wäre.

Nach § 6 Satz 2 des Wärmeplanungsgesetzes kann die planungsverantwortliche Stelle externe Fachbüros mit der Durchführung einzelner Arbeitsschritte beauftragen. In diesem Fall erhalten die beauftragten Dritten im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben Zugriff auf die erforderlichen Daten.

Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse sowie sensible Informationen zu kritischen Infrastrukturen sind gemäß § 11 Absatz 4 als vertraulich zu kennzeichnen und unterliegen einem besonderen Schutz. Eine Veröffentlichung solcher Daten ist ausgeschlossen. § 12 des Wärmeplanungsgesetzes regelt darüber hinaus die Mindestanforderungen an die Datensicherheit. Die Verarbeitung muss so erfolgen, dass ein angemessenes Schutzniveau gewährleistet ist. Veröffentlichungen erfolgen ausschließlich in anonymisierter und aggregierter Form, sodass Rückschlüsse auf einzelne Betriebe oder Einrichtungen wirksam ausgeschlossen werden können.

Daten der Kommunalverwaltungen

Zu Beginn des Planungsprozesses wurden in den Mitgliedskommunen der ILE Abteiland relevante Grundlagendaten erhoben und zusammengeführt. Diese wurden in den jeweiligen Fachabteilungen gesammelt und dem beauftragten Planungsbüro zur weiteren Bearbeitung bereitgestellt.

Ein zentraler Bestandteil war das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem, das unter anderem Informationen zu Gebäudegrundflächen, Nutzungsarten, Adressen sowie Flurstücken und Flächennutzungen enthält. Ergänzend wurden vorhandene Fachplanungen und Konzepte berücksichtigt, darunter Bebauungspläne, Energieberichte kommunaler Liegenschaften, bestehende Quartierskonzepte, geplante Neubaugebiete sowie kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte. Ebenso wurden Verzeichnisse denkmalgeschützter Gebäude, Listen kommunaler Liegenschaften sowie Daten zu bestehenden Wärmenetzen einbezogen. Diese Informationen bilden die strukturelle Grundlage für die räumliche Analyse der Wärmeversorgung.

Daten der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger

Die bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger verfügen über wesentliche Informationen zu Feuerungsanlagen und Heizsystemen in den Gebäuden des Projektgebiets. Das Wärmeplanungsgesetz schafft hierfür eine ausdrückliche Erhebungsgrundlage. Die bereitgestellten Daten lagen in digitaler, tabellarischer Form vor und konnten in die verwendete Analysesoftware importiert werden. Dadurch war eine gebäudescharfe Zuordnung möglich.

Übermittelt wurden insbesondere Angaben zur Adresse, zur Art und Nummer der Feuerstätte, zum eingesetzten Brennstoff, zur Nennwärmeleistung, zum Baujahr der Anlage, zu Heizwert- beziehungsweise Brennwertangaben sowie zur Art der Beheizung, etwa als Zentral- oder Einzelraumheizung. Diese Informationen ermöglichen eine differenzierte Bewertung der bestehenden Heizungsstruktur im Gebiet der ILE Abteiland.

Daten der Energieversorgungsunternehmen und Netzbetreiber

Eine wichtige Datengrundlage stellen die Verbrauchsdaten der leitungsgebundenen Energieträger dar. Diese bilden den tatsächlichen Energieeinsatz ab und erlauben eine realitätsnahe Einschätzung der aktuellen Versorgungssituation. Da Verbrauchswerte jedoch durch Witterung, Nutzungsänderungen oder Effizienzmaßnahmen schwanken können, wurden sie ergänzend zu berechneten Bedarfswerten ausgewertet und je nach Fragestellung getrennt oder kombiniert analysiert.

Die Netzbetreiber stellten gebäudebezogene beziehungsweise aggregierte Daten zu Strom-, Gas- und Wärmeverbräuchen zur Verfügung. Darüber hinaus wurden Informationen zu bestehenden und geplanten Infrastrukturen übermittelt. Hierzu zählen unter anderem Gas- und Wärmenetze, Wärmezentralen mit Angaben zu Temperaturniveau, Erzeugungsart, installierter Leistung und abgegebener Wärmemenge, installierte Kraft-Wärme-Kopplungsleistungen, elektrische Speicherkapazitäten sowie Photovoltaikanlagen mit Anzahl und Leistung. Zusätzlich wurden Daten zum Wärmestromverbrauch, differenziert nach Direktstrom und Wärmepumpenstrom, sowie Angaben zu Großverbrauchern und zum Abwassernetz berücksichtigt. Diese Informationen ermöglichen eine integrierte Betrachtung von Erzeugung, Verteilung und Verbrauch.

Ergänzende Datenerhebung

Neben den direkt bereitgestellten Informationen wurden weitere strukturelle und demografische Daten durch eigenständige Recherche zusammengetragen. Grundlage hierfür bildeten unter anderem amtliche Statistiken, Geodaten, Gebäudemodelle, das Marktstammdatenregister sowie Katasterdaten. Erfasst wurden beispielsweise Baujahre, Gebäudegrundflächen, Gebäudenutzungen, Gebäudehöhen, vorhandene Wärmeversorgungsarten, bestehende Versorgungsanlagen, Bevölkerungszahlen, Gebäudeadressen sowie die genaue Abgrenzung des Projektgebiets.

Durch die Zusammenführung dieser vielfältigen Datenquellen konnte für die ILE Abteiland eine belastbare, datenschutzkonforme und räumlich differenzierte Analyse der bestehenden Wärmeversorgung erstellt werden. Diese bildet

die fachliche Grundlage für die Entwicklung von Szenarien und Maßnahmen auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung.

A Bestandsanalyse Thyrnau

A.1 Analyse der Gebäude- und Siedlungsstruktur

Thyrnau zählt rund 4208 Einwohner und misst 33,70 km² Fläche, die sich auf 44 Gemeindeteile aufteilt: Aichet, Birket, Buchsee, Donauwetzdorf, Eggersdorf, Facklmühle, Fattendorf, Gastering, Gosting, Grafmühle, Grillenberg, Hitzing, Hörreut, Hundsdrof, Kapfham, Kelchham, Kellberg, Kernmühle, Kienzlmühle, Kienzlreuth, Leithen, Löwmühle, Maierhof, Mittermühle, Mitteröd, Panholz, Papiermühle, Pulvermühle, Raßbach, Satzbach, Schaibing(-Bahnhof), Schmiding, Schmölz, Schörgendorf, Stinglmühle, Stockethof, Thyrnau, Vocking, Waning, Weihermühle, Wingersdorf, Wolfersdorf, Zwecking und Zwölfling.

A.1.1 Ermittlung des überwiegenden Gebäudetyps

Anzahl der Gebäude	Gebäudetypen	Wärmeverbrauch
969	Einfamilienhaus	64,5 GWh/a
128	Gemischt genutzte Gebäude	11,0 GWh/a
29	Mehrfamilienhaus	4,4 GWh/a
81	Reihenhaus	6,6 GWh/a
99	Sonstige Wohngebäude	11,3 GWh/a
2.732	Nichtwohngebäude	81,6 GWh/a

Tabelle 1: Gebäudetyp mit der jeweiligen Anzahl

A.1.2 Ermittlung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude

Im vorliegenden Kartenausschnitt sind die überwiegenden Baualtersklassen der Baublöcke dargestellt. Diese Darstellung zeigt, aus welchen Zeiträumen der Großteil der Gebäude innerhalb der jeweiligen Baublöcke stammt. Dadurch lassen sich Rückschlüsse auf die städtebauliche Entwicklung sowie auf die zeitliche Abfolge der Bebauung im Untersuchungsgebiet ziehen. Die Analyse der Baualtersklassen liefert zudem wichtige Hinweise auf die Struktur, den Erhaltungszustand und mögliche Entwicklungs- oder Sanierungsschwerpunkte innerhalb des Bestands.

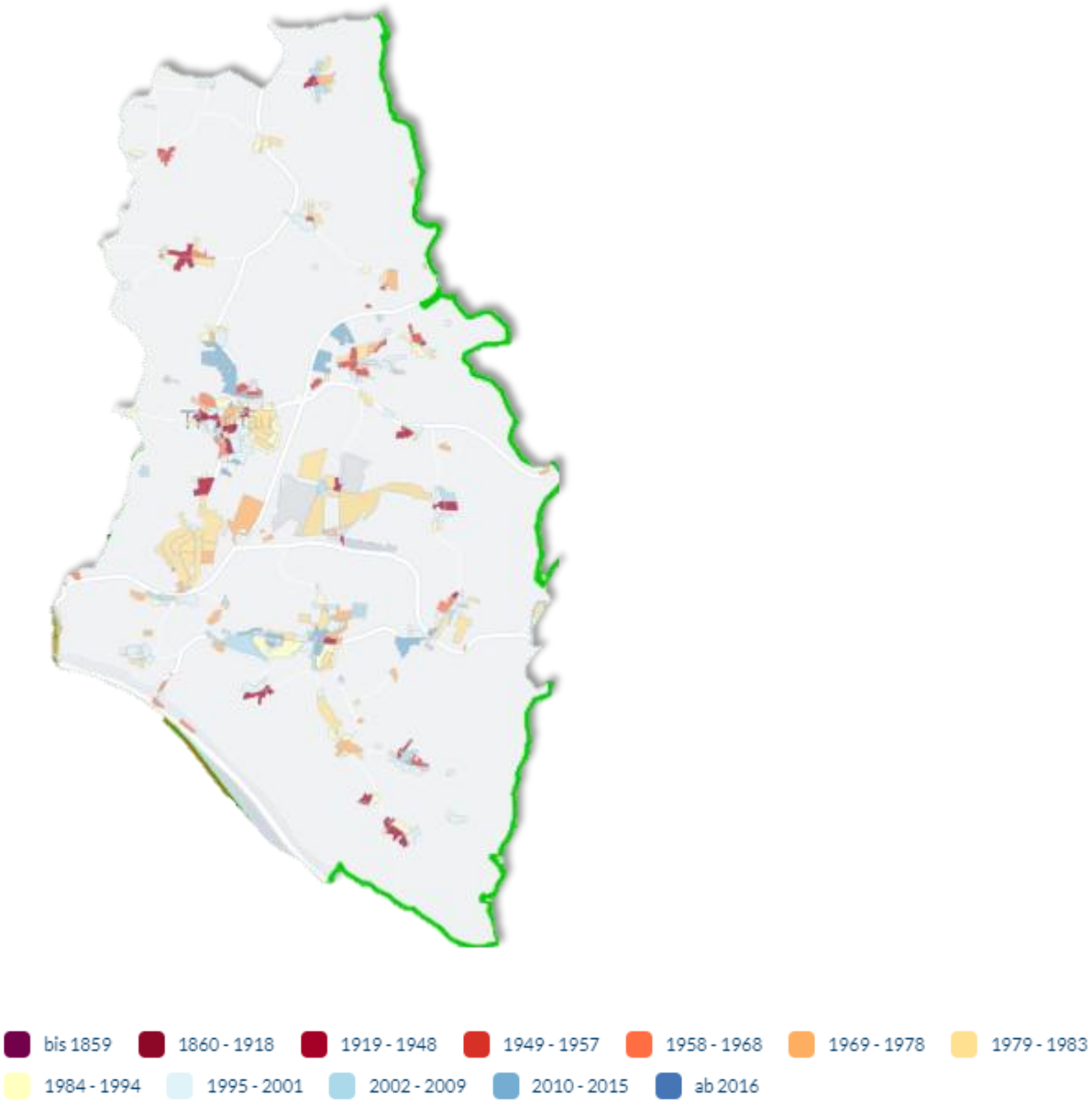


Abbildung 1: Baublockbezogene Darstellung Baualtersklassen

A.1.3 Analyse der Siedlungstypologien

In der folgenden Abbildung ist die Gebäudenutzung auf Baublockebene aggregiert dargestellt. Diese Darstellung gibt einen Überblick über die funktionale Gliederung des Untersuchungsgebiets und zeigt, welche Nutzungsarten in den einzelnen Baublöcken dominieren. Auf diese Weise lassen sich unterschiedliche Siedlungstypologien, wie reine Wohngebiete, Mischgebiete oder gewerblich geprägte Bereiche, klar voneinander abgrenzen. Die Analyse der Nutzungsverteilung bildet eine wichtige Grundlage.

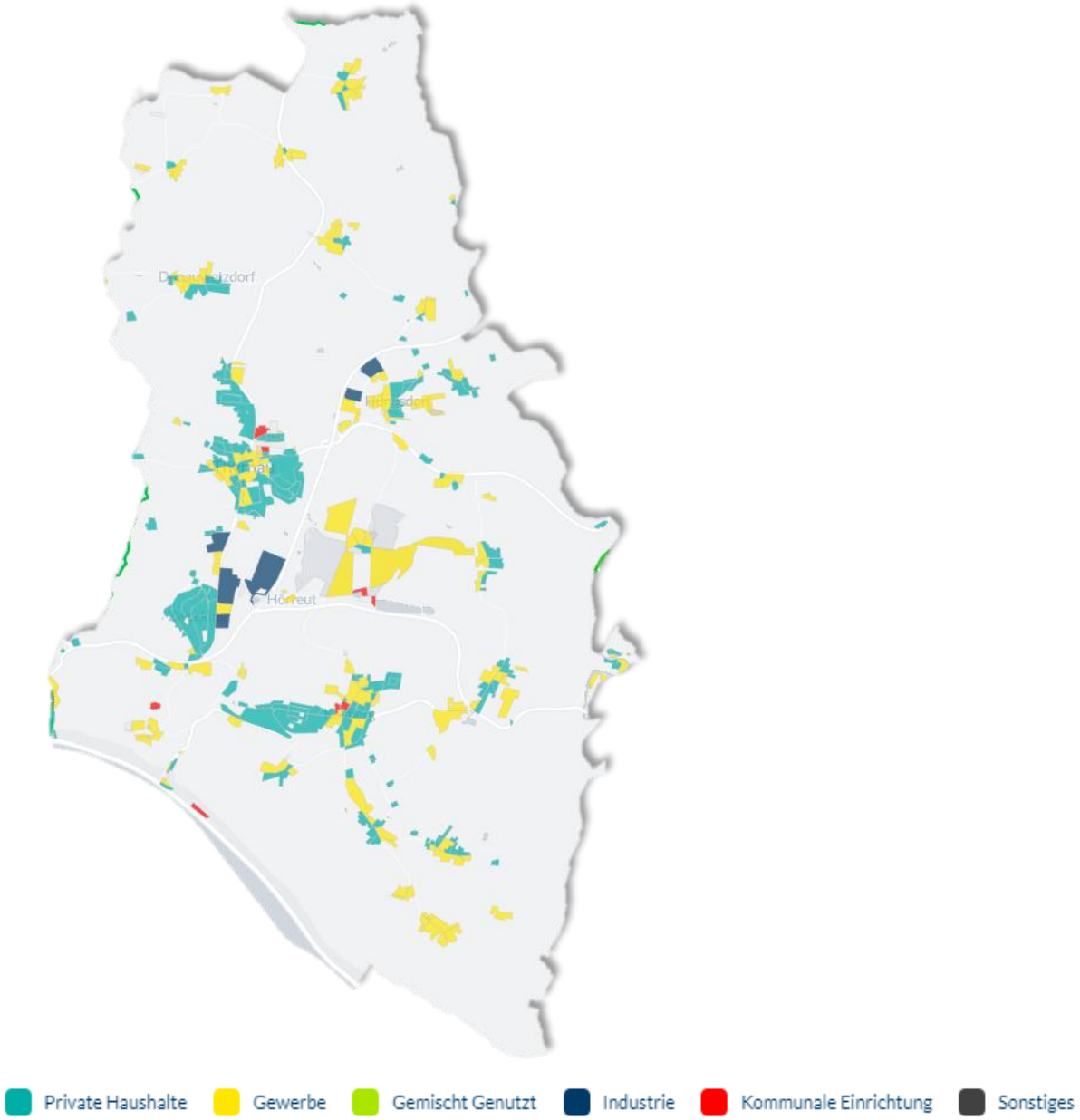


Abbildung 2: Baublockbezogene Darstellung des Siedlungstypen

Im folgenden Diagramm sind die Baualtersklassen der Gebäude nach Biskosektoren eingefärbt dargestellt. Die Darstellung verdeutlicht die zeitliche Entwicklung der Bebauung und zeigt, in welchen Bereichen ältere oder neuere Strukturen überwiegen.

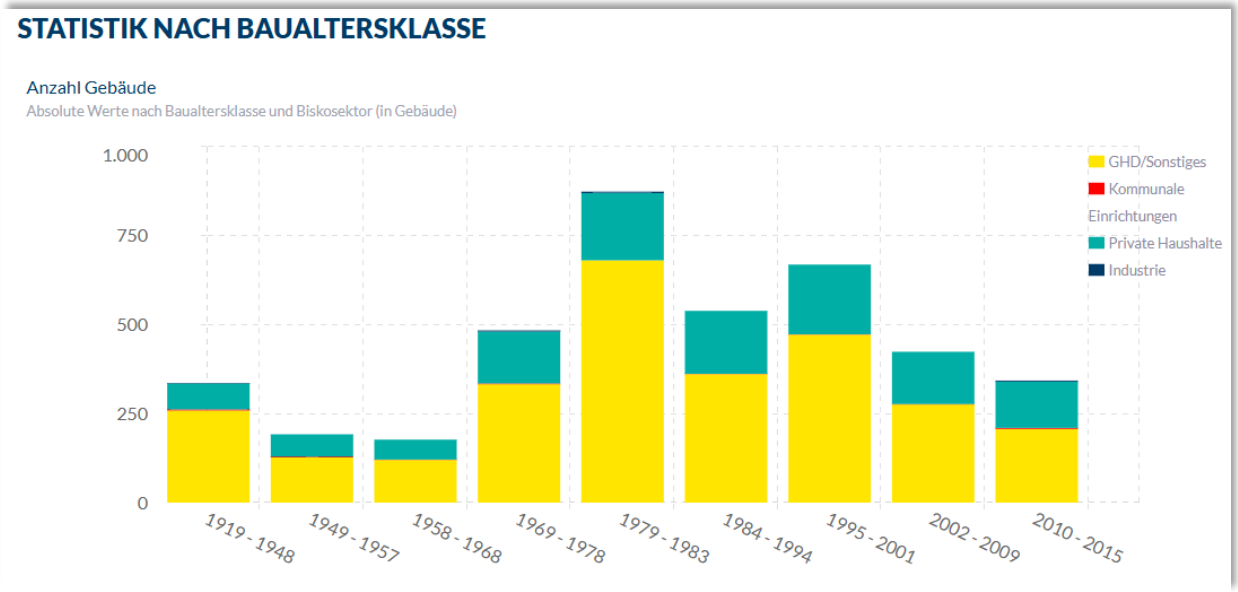


Abbildung 3: Anzahl der Gebäude nach Baualtersklassen

Anzahl der Gebäude	Sektor	Wärmeverbrauch
1.178	Private Haushalte	86,7 GWh/a
2.837	GHD/Sonstiges	82,0 GWh/a
10	Industrie	9,6 GWh/a
9	Kommunale Einrichtungen	1,1 GWh/a

Tabelle 2: Anzahl der Gebäude aufgeteilt auf Sektor und Wärmeverbrauch

A.2 Analyse der Energieinfrastruktur

A.2.1 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger in Gebäuden, einschließlich Hausübergabestationen

Die folgende Abbildung zeigt die Versorgungsarten auf Baublockebene. Dadurch wird ersichtlich, welche Heizsysteme in den einzelnen Bereichen dominieren und in welchem Umfang dezentrale Wärmeerzeuger oder Hausübergabestationen genutzt werden. Die Darstellung ermöglicht eine erste Einschätzung der bestehenden Wärmeinfrastruktur und ihrer räumlichen Verteilung im Untersuchungsgebiet.

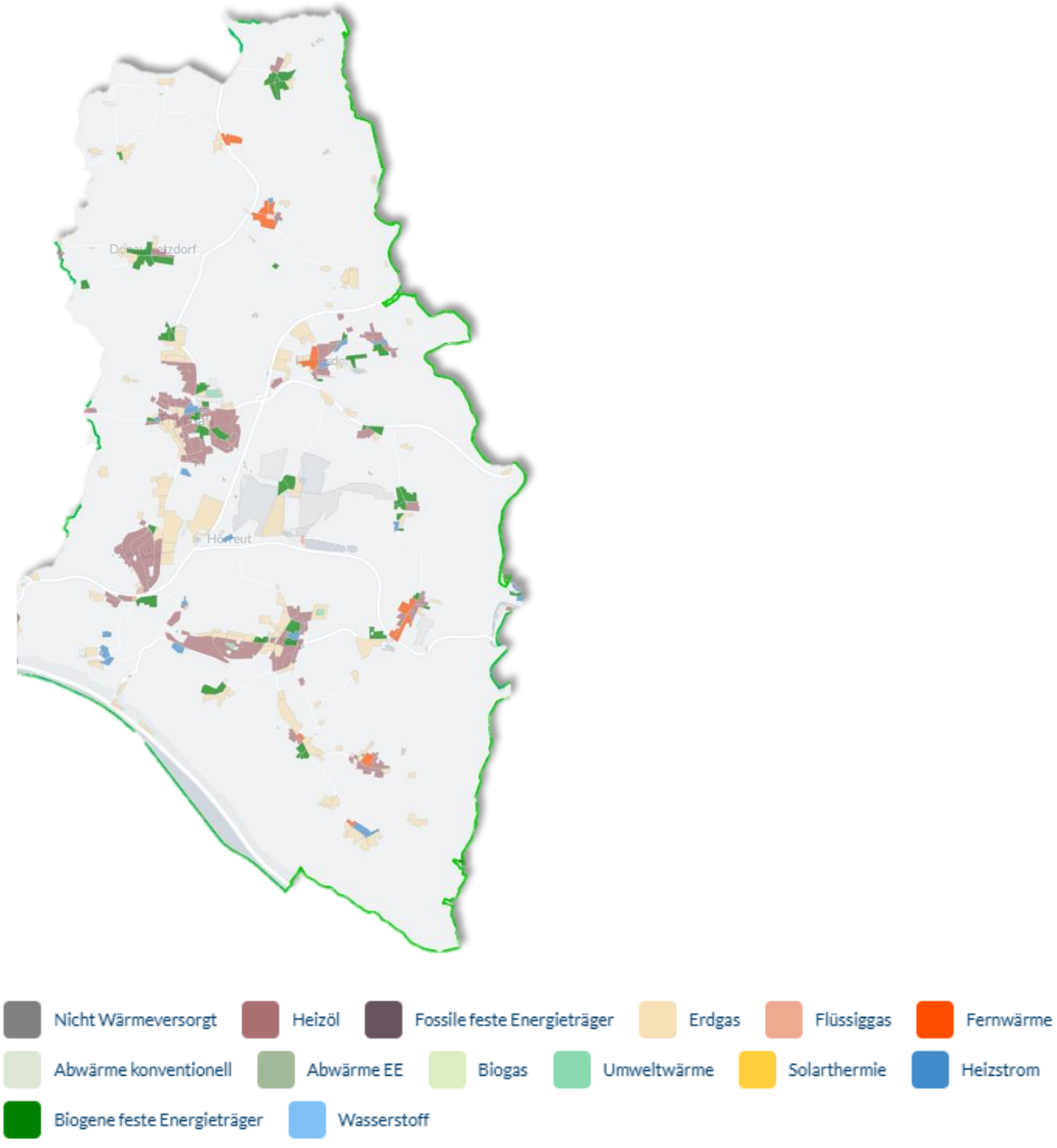


Abbildung 4: Baublockbezogene Darstellung nach Energieträgern

Art der Wärmeerzeuger	Anzahl der Wärmeerzeuger	Wärmeverbrauch
Heizöl	952	53,4 GWh/a
Erdgas	814	64,8 GWh/a
Flüssiggas	68	4,1 GWh/a
Heizstrom	103	7,6 GWh/a
Wärmepumpe	151	5,6 GWh/a
Biomasse (Holzpellets, Holzhackschnitzel, Scheitholz)	478	35,3 GWh/a
Fernwärme	100	8,5 GWh/a

Tabelle 3: Übersicht der Wärmeerzeuger nach Typ, Anzahl und Jahreswärmeverbrauch

A.3 Ermittlung der Energiemengen im Bereich Wärme

A.3.1 Bedarfswerte Wärme

A.3.1.1 Erfassung und Darstellung des räumlich aufgelösten Wärmebedarfs

Der Wärmebedarf für das gesamte projekt Gebiet wird auf Grundlage der in Kapitel 4.2 genannten Datengrundlagen sowie der berechneten Bedarfsdaten ermittelt. Diese berechneten Bedarfe werden unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren wie den Gebäudenutzungen, Gebäudegrundflächen, Baualtersklassen, Sanierungsständen, Wetterdaten und weiteren Parametern kalkuliert. Durch die hohe Diversität und Anzahl der Daten wird die Datengüte erheblich verbessert, was wiederum die gesamte Kommunale Wärmeplanung optimiert. Insgesamt ergibt sich für Thyrnau ein Wärmebedarf der Nutzenergie von **89,9 GWh/a** was auf die 4208 Einwohner gerechnet einen Wärmebedarf von **21,36 MWh/a pro Kopf** ergibt.

In der Nachfolgenden Abbildungen sieht man die Cluster und den Wärmebedarf der einzelnen Baublöcke

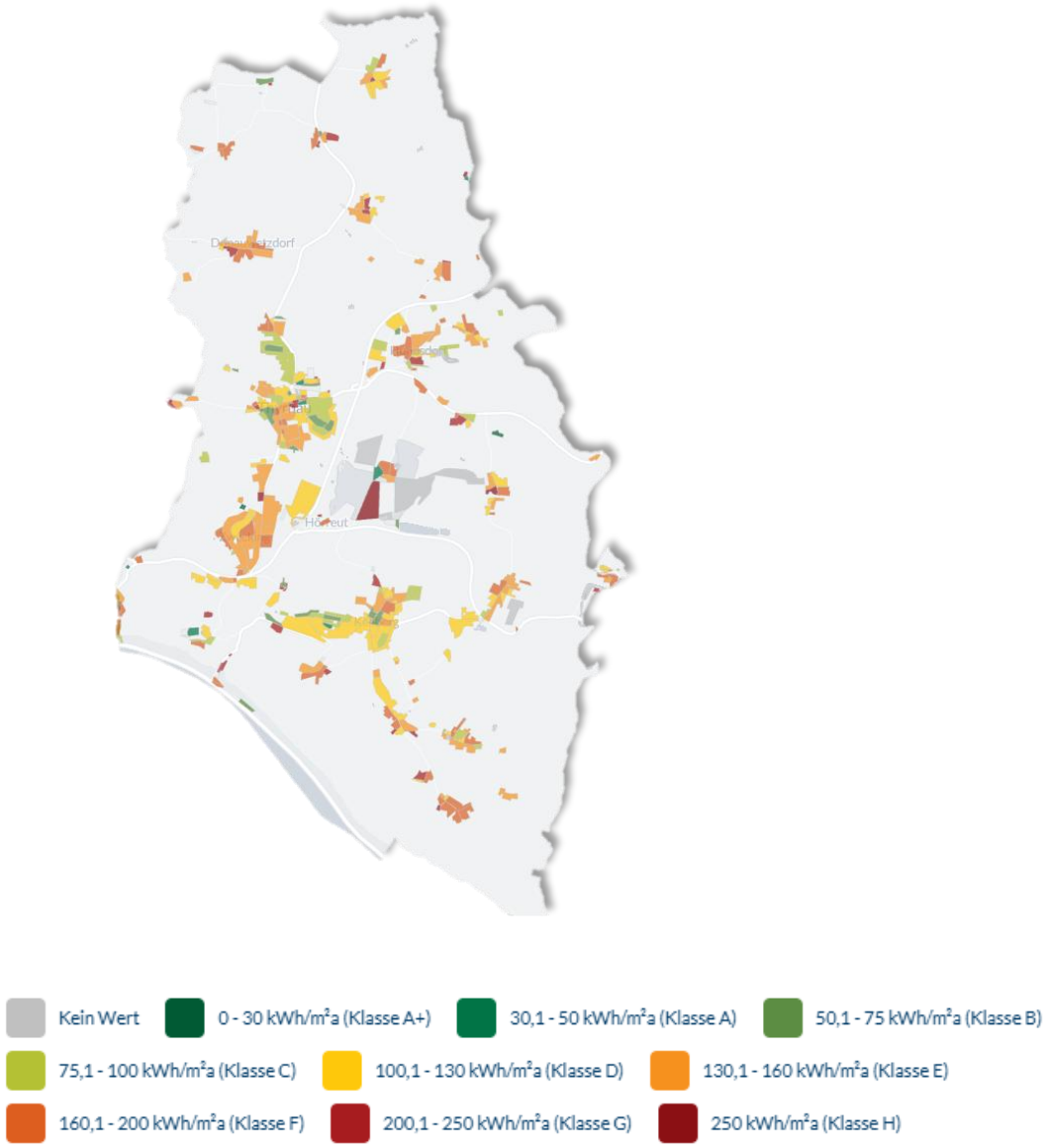


Abbildung 5: Wärmebedarf - Nutzenergie pro m² Gebäudenutzfläche

BISKO Sektor	Anzahl der Gebäude	Wärmebedarf (Nutzenergie)
Private Haushalte	1.178	43,4 GWh/a
Industrie	10	4,8 GWh/a
Kommunale Einrichtung	13	0,8 GWh/a
GHD /Sonstiges	2.837	41 GWh/a
Summe	4.038	89,9 GWh/a

Tabelle 4: Übersicht der Bisko-Sektoren aufgeteilt auf Anzahl und Wärmebedarf

A.3.2 Verbrauchswerte Wärme

A.3.2.1 Erfassung und Darstellung des räumlich aufgelösten Wärmeverbrauchs

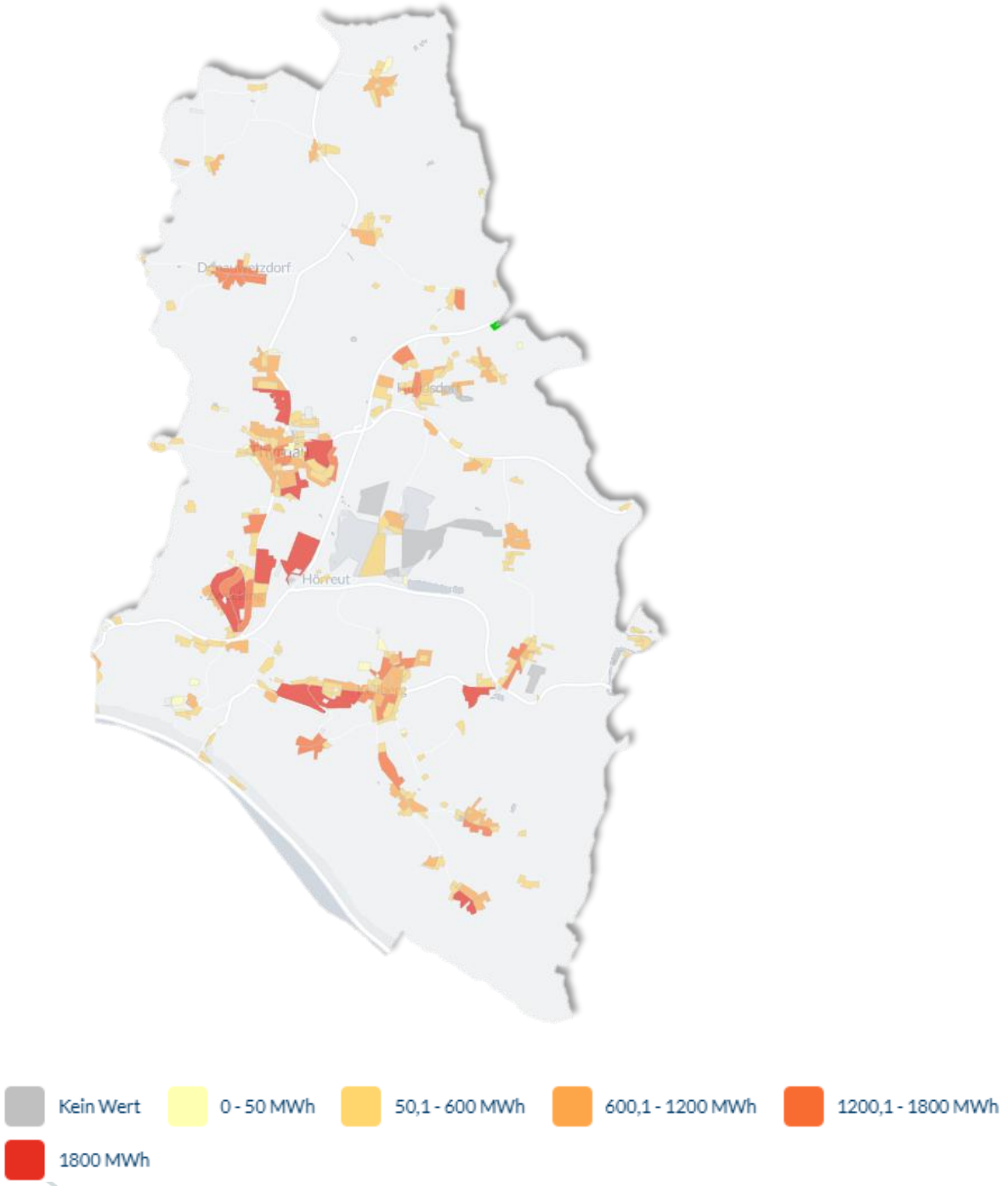


Abbildung 6: Wärmeverbrauch - Gemischt

Diese Abbildung veranschaulicht die räumliche Verteilung des Wärmeverbrauchs und ermöglich es, die Gebiete mit dem höchsten Wärmeverbrauch zu identifizieren. Ein höherer Wärmebedarf deutet zudem auf ein großes Einsparpotenzial hin.

In der folgenden Tabelle sind die Wärmeverbrauchswerte für das Gemeindegebiet Thyrnau nach den BISKO-Sektoren aufgeschlüsselt. Diese Aufteilung ermöglicht eine detaillierte Betrachtung des Wärmeverbrauchs in den einzelnen Nutzungsbereichen.

BISKO Sektor	Anzahl der Gebäude	Wärmeverbrauch
Private Haushalte	1.178	86,7 GWh/a
Industrie	10	9,6 GWh/a
Kommunale Einrichtung	13	1,1 GWh/a
GHD /Sonstiges	2.837	82 GWh/a
Summe	4.038	179,4 GWh/a

Tabelle 5: Übersicht der Bisko - Sektoren aufgeteilt auf Anzahl und Wärmeverbrauch

A.3.3 Endenergie Wärme

A.3.3.1 Erfassung und Darstellung des aktuellen jährlichen Endenergieverbrauchs Wärme

Für die Einschätzung des aktuellen Stands auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung sind die im Wärmesektor eingesetzten Endenergieträger von entscheidender Bedeutung. Das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung erfordert, dass fossile und damit erheblich emissionsintensive Energieträger durch zukunftsfähige, emissionsfreie Alternativen ersetzt werden.

Bedeutung der Bestandsanalyse

Um diese umfangreiche Transformationsaufgabe erfolgreich zu bewältigen, ist ein tiefgreifendes Verständnis der gegenwärtigen Energieträgerzusammensetzung unerlässlich. Die Bestandsanalyse liefert hierzu wichtige Erkenntnisse in zwei Hauptdimensionen:

1. **Einsatz in den Nutzungssektoren**: Dies zeigt auf, wie die verschiedenen Energieträger in unterschiedlichen Bereichen (z.B. Wohngebäude, Gewerbe, Industrie) genutzt werden.
2. **Verteilung nach Energieträgern**: Diese Perspektive gibt Aufschluss über den Anteil und die Bedeutung einzelner Energieträger am Gesamtenergiemix.

Diese detaillierte Analyse bildet die Grundlage für die Entwicklung zielgerichteter Strategien zur Umstellung auf klimaneutrale Wärmeversorgungssysteme. Sie ermöglicht es, Prioritäten zu setzen und maßgeschneiderte Lösungen für verschiedene Sektoren und Energieträger zu entwickeln.

In den folgendem Kreisdiagramm sind die Endenergiebedarfe im Bereich Wärme nach Biskosektoren dargestellt. Bei einem **Gesamtbedarf** von **104,9 GWh/a** nimmt der Sektor **Private Haushalte** den höchsten Anteil mit **51,1 GWh/a** ein der zweite Sektor **GHD/Sonstiges** nimmt **47,3 GWh/a** ein der dritte Sektor **Industrie** nimmt **5,6 GWh/a** ein. Der vierte und Letzte Sektor **Kommunale Einrichtungen** nimmt **0,9 GWh/a** ein.

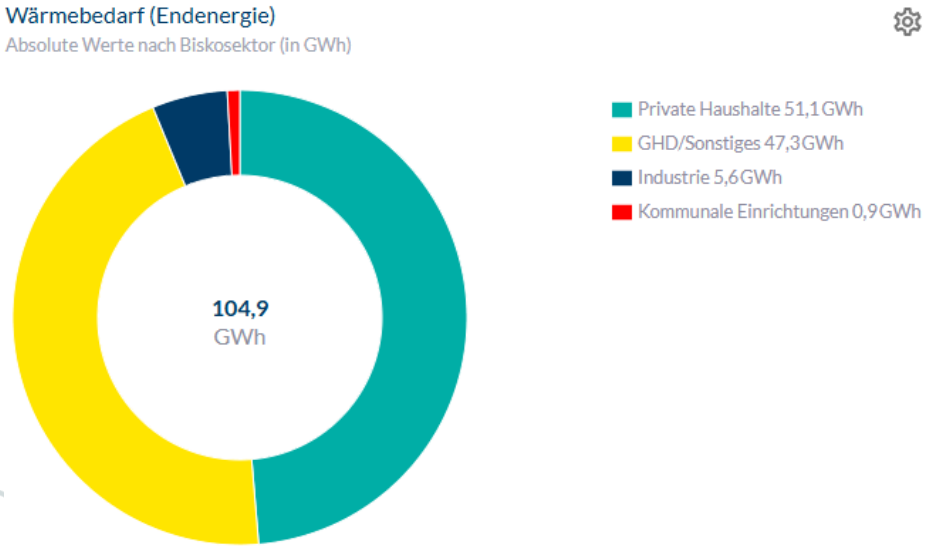


Abbildung 7:Wärmeverbrauch der Gemeinde Thyrnau

Kommunalen Einrichtungen

Thyrnau besitzt 13 kommunale Einrichtungen, die sich über das Projektgebiet verteilen. Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- Verwaltungsgebäude 6
- Feuerwehr 3
- Schulen 1
- Kindertagesstätten 2
- Rathaus 1

In der folgenden Abbildung sieht man rot markiert die Standorte der Einrichtungen.

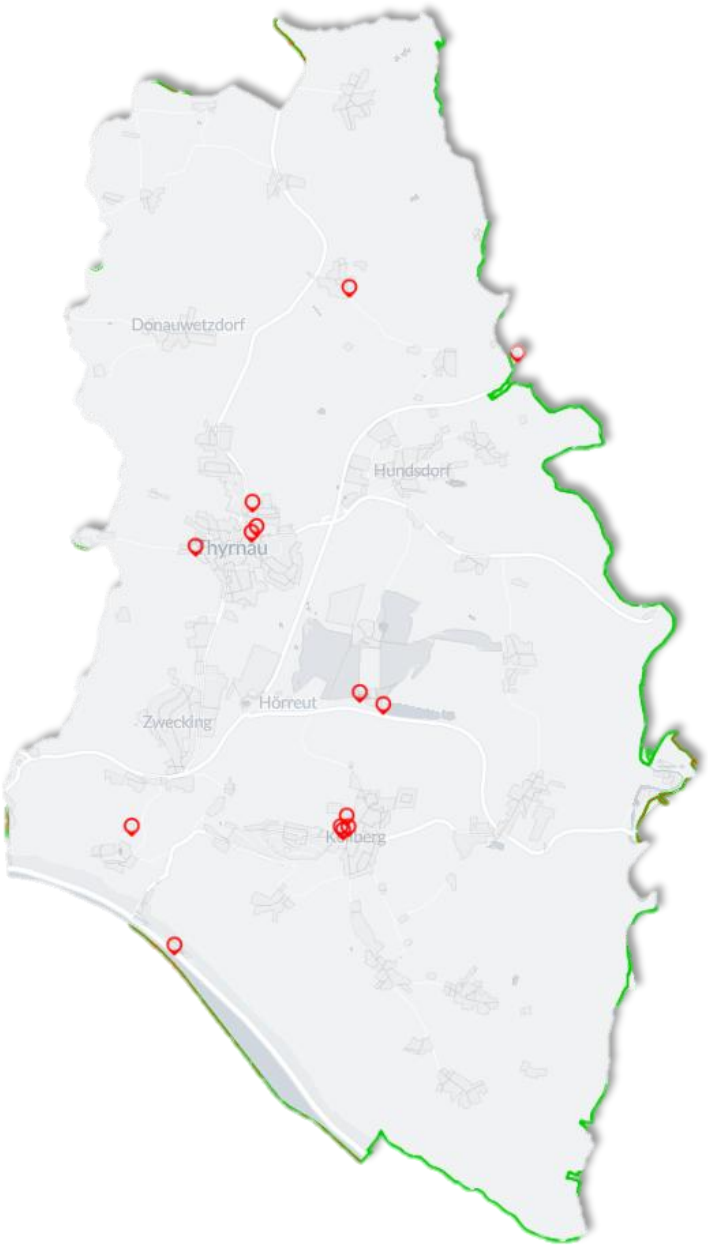


Abbildung 8: Karten mit den gekennzeichneten Kommunalen Liegenschaften

A.3.3.2 Erfassung und Darstellung des aktuellen jährlichen Endenergieverbrauchs Wärme

Die Analyse des Endenergieeinsatzes nach Energieträgern zeigt deutlich den weiterhin dominanten Anteil fossiler Energieträger am gesamten Endenergiebedarf.

Die folgende Tabelle zeigt die Endenergiemenge nach Versorgungsart der Gebäude in Thyrnau.

Versorgungsart Wärme		Endenergiemenge
Fernwärme	Heizwerk fossil 120°C	8,5 GWh/a
	Heizwerk fossil 90°C	0
	KWK fossil 90°C	0
	KWK Niedertemperatur tlw. aus EE	0
	KWK LowEX aus 100% EE	0
Erdgas		64,8 GWh/a
Heizstrom		7,6 GWh/a
Heizöl		53,4 GWh/a
Flüssiggas		4,1 GWh/a
Braunkohle		0
Biomasse (Holzpellets, Holzhackschnitzel, Scheitholz)		35,2 GWh/a
Umweltwärme	Wärmepumpe - Strommix	3,5 GWh/a
	Wärmepumpe - Ökostrom	2,1 GWh/a
	kalte Fernwärme (Geothermie und	0

	dezentrale Wärmepumpen)	
Biogas		0
Abwärme konventionell		0
Abwärme EE		0
Steinkohle		0

Tabelle 6: Übersicht der Versorgungsarten mit den jeweiligen Wärmeverbrauch

A.3.4 Kennzahlen zur Energienutzung im Bereich Wärme

A.3.4.1 Erstellung von Wärmedichte-Karten

Die Wärmebedarfsdichte ist ein wichtiger Indikator für die Eignung von Gebieten für eine zentrale (leitungsgebundene) Wärmeversorgung mit Wärmenetzen oder dezentrale Einzelheizungen.

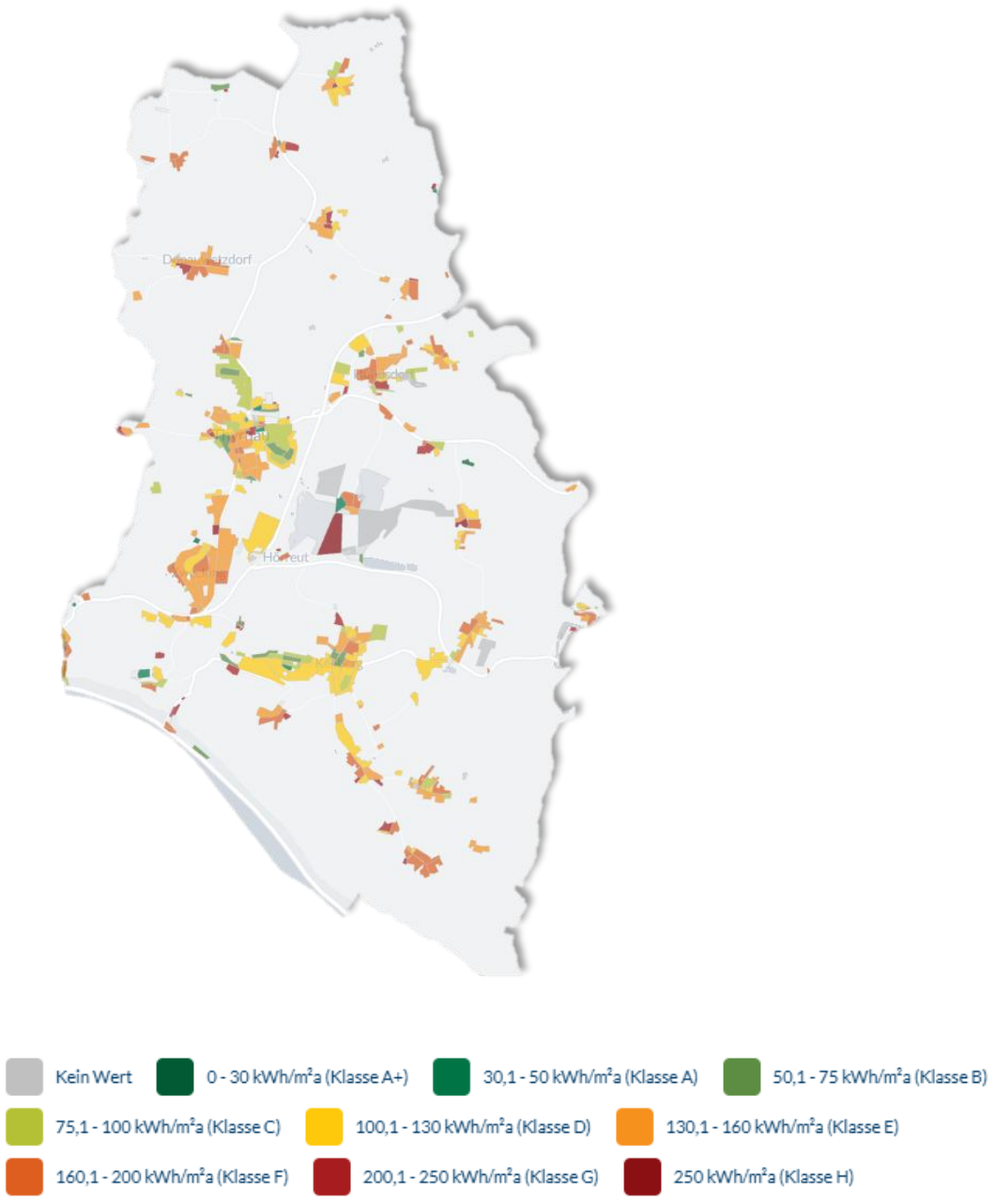


Abbildung 9: Baublockbezogene Darstellung des Wärmebedarfs

Wärmebedarfsdichte

Wärmesenken oder auch der Bedarf an Wärme kann in unterschiedlicher Form in Erscheinung treten. Entweder als Wärmeenergie für die Durchführung meist industrieller Prozesse (sog. Prozesswärme) oder als Heizenergie für die Erwärmung von Wohn-/Arbeitsräumen oder Brauch-/Trinkwarmwasser. Standorte, die einen nennenswerten Bedarf an Prozesswärme (Dampferzeuger, Trocknungsanlagen etc.) haben, kommen meist nur vereinzelt vor und sind in Ihrer räumlichen Verteilung eher wenig komplex. Die weiteren Betrachtungen konzentrieren sich daher spezielle auf den Bedarf an Raumwärme und Warmwasser auf Gebäudeebene.

Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Parameter zur Flächendichte in Thyrnau.

Parameter	Wert
Fläche von Thyrnau	33,71 km²
Anzahl der Gebäude	4038
Anzahl der Einwohner	4208
Wohnflächennachfrage	42 m² / Einwohner
durchschnittliche Wärmedichte [pro km²]	2,67 GWh/ km²

Tabelle 7: Parameter der Gemeinde Thyrnau

A.3.4.2 Erstellung von Wärmeliniendichte-Karten

Die folgende Abbildung zeigt eine Wärmeliniendichte-Karte von Thyrnau. Dargestellt wird der Wärmebedarf – Nutzenergie pro m Straßenabschnitt im Jahr

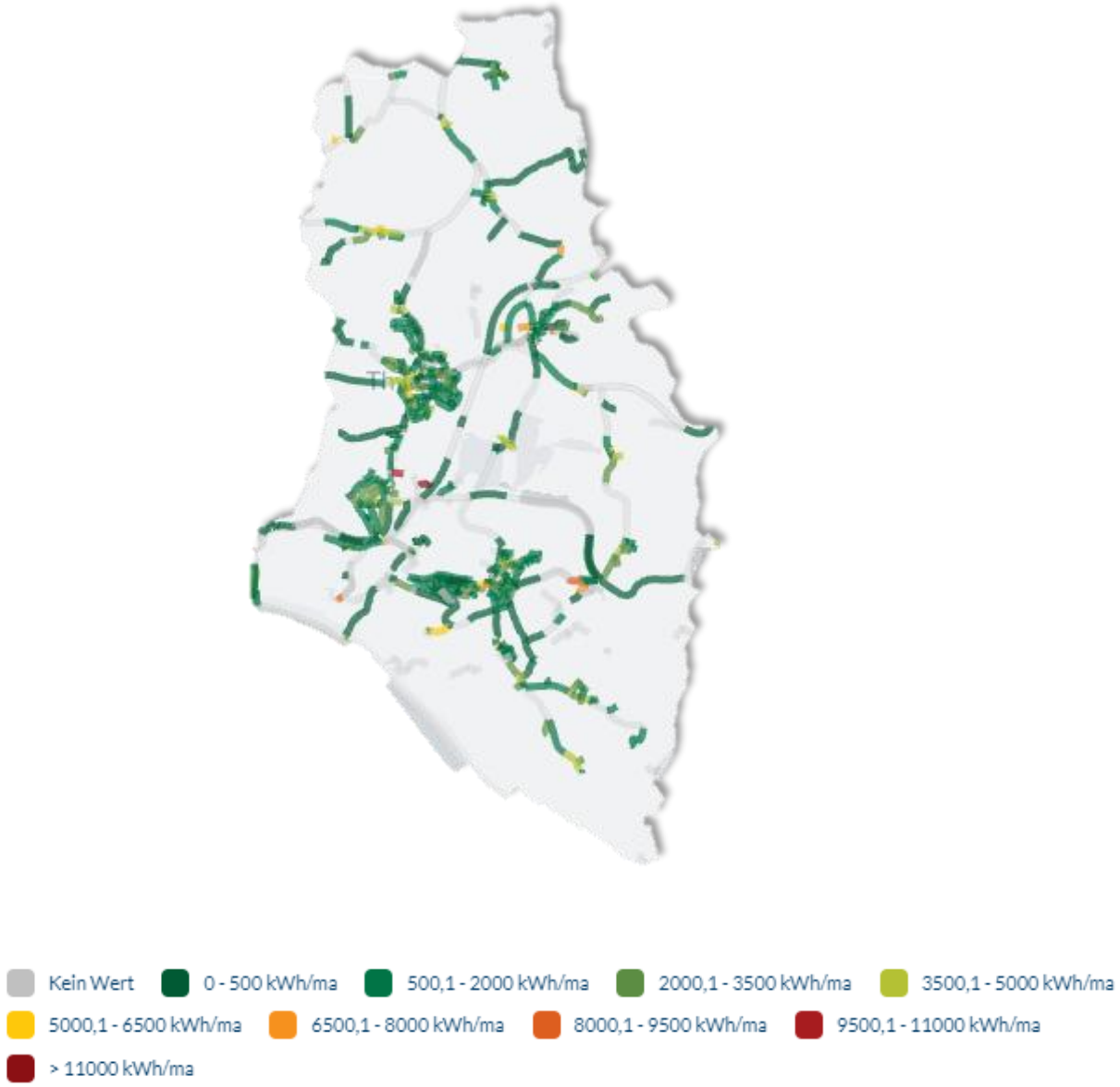


Abbildung 10: Straßenbezogene Darstellung des Wärmebedarfs

A.3.4.3 Identifikation potenzieller Großverbraucher

Nach dem Einspielen der in Abschnitt A Bestandsanalyse genannten Daten in die Software und in enger Abstimmung mit der Kommune konnten Großverbraucher identifiziert werden. Diese Großverbraucher wurden anschließend direkt kontaktiert, um potenzielle Abwärme- und Energieeffizienzpotenziale zu ermitteln. Dabei wurden sowohl Unternehmen aus dem Gewerbe und der Industrie als auch öffentliche Einrichtungen einbezogen. Sie wurden befragt, Angaben zu ihrem Energiebedarf, Wärmeenergiebedarf sowie -verbrauch zu machen und, wenn nötig, weitere spezifische Informationen zu liefern. In Thyrnau wird jedes Gebäude mit einem Wärmebedarf über 400 MWh/a als Großverbraucher angesehen.

Abbildung 11: Standortbezogene Darstellung der regionalen Großverbraucher

Folgende Abbildung zeigt die Standorte der Großverbraucher:

Adresse	Art	Wärmeverbrauch
Professor-Doktor-Schedel-Straße 2 & 6	GHD / Sonstiges	3,1 GWh/a
Am Sonnenhang 1	GHD/ Sonstiges	405 MWh/a
Gewerbepark 9	Industrie	700 MWh/a
Gewerbepark 5	Industrie	480 MWh/a
Graf-Zeppelin-Straße	Industrie	2,4 GWh/a
Am Kühlholz 4	Industrie	520 MWh/a

Tabelle 8: Auflistung der Großverbraucher mit den jeweiligen Wärmeverbrauch

A.3.4.4 Ermittlung relevanter Energiekennzahlen

Der Wärmeverbrauch für das gesamte kommunale Gebiet wird teilweise auf Grundlage der berechneten Bedarfsdaten ermittelt. Diese berechneten Bedarfe werden unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren wie den Gebäudenutzungen, Gebäudegrundflächen, Baualtersklassen, Sanierungsständen, Wetterdaten und weiteren Parametern kalkuliert. Durch die hohe Diversität und Anzahl der Daten wird die Datengüte erheblich verbessert, was wiederum die gesamte Kommunale Wärmeplanung optimiert. Insgesamt ergibt sich für Thyrnau ein Wärmeverbauch von 177,3 GWh/a was auf die 9.037 Einwohner gerechnet einen Wärmebedarf von 19,62 MWh/a pro Kopf ergibt.

Im folgenden Kartenausschnitt wird durch eine Heatmap-Darstellung der Wärmeverbrauch als Nutzenergie pro m² Gebäudenutzfläche visualisiert. Die Darstellung verdeutlicht, dass im Stadtkern der höchste Wärmebedarf vorliegt.

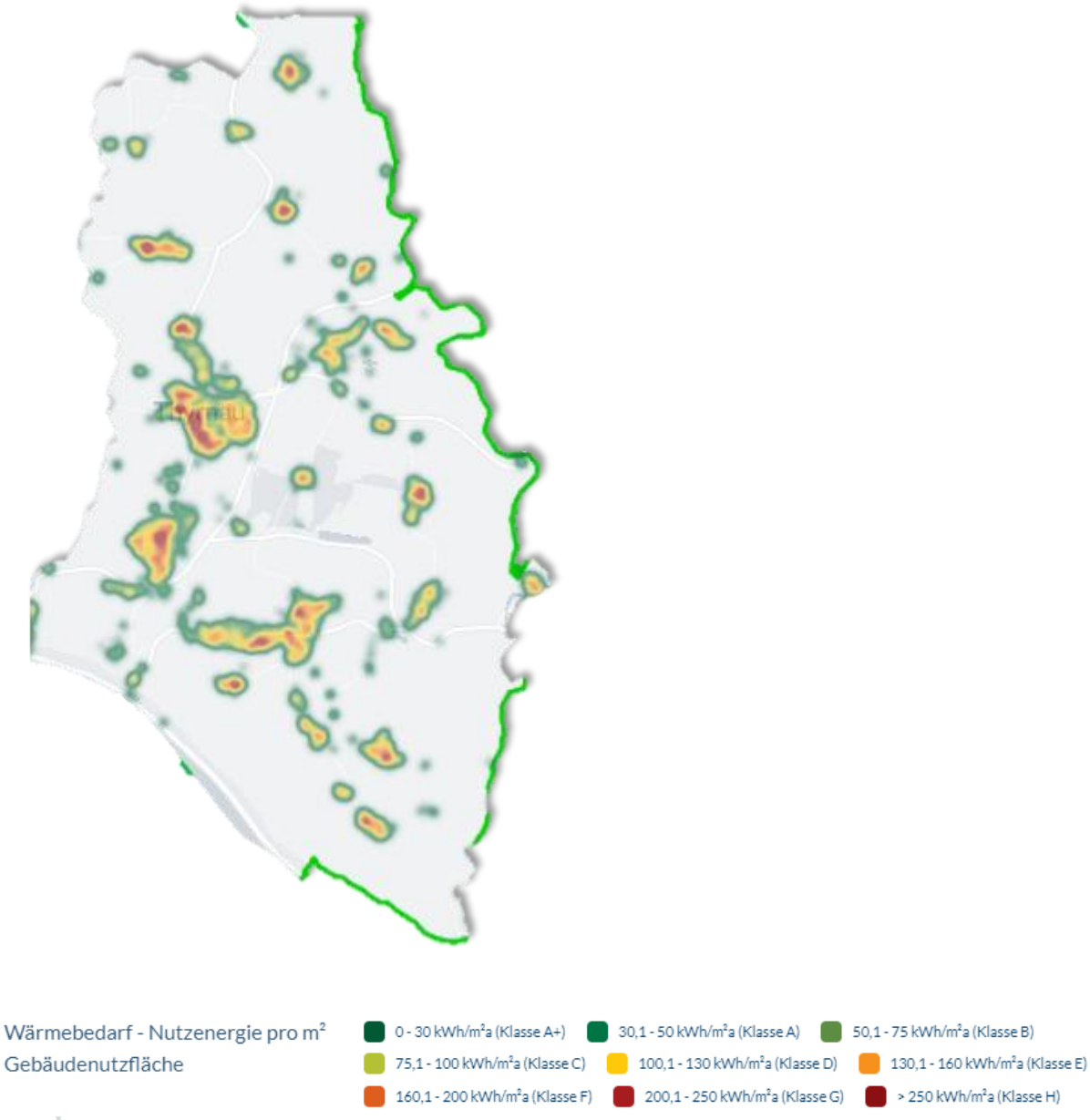


Abbildung 12: Heatmap der Gemeinde Thyrnau

A.4 Ermittlung der THG-Emissionen im Bereich Wärme

A.4.1 Analyse der aus der Endenergie Wärme resultierenden THG-Emissionen

In Thyrnau betragen die **CO_2-Emissionen** des **Wärmesektors** etwa 41,7 kt/a was eine pro Kopf CO_2-Emission von 9,9 t/a ausmacht. Die Verteilung der CO_2-Emissionen auf die Biskosektoren setzt ich wie im folgenden Kreisdiagramm dargestellt zusammen:

- Private Haushalte 20,4 kt/a
- GHD / Sonstiges 18,6 kt/a
- Kommunale Einrichtungen 0,3 kt/a
- Industrie 2,4 kt/a

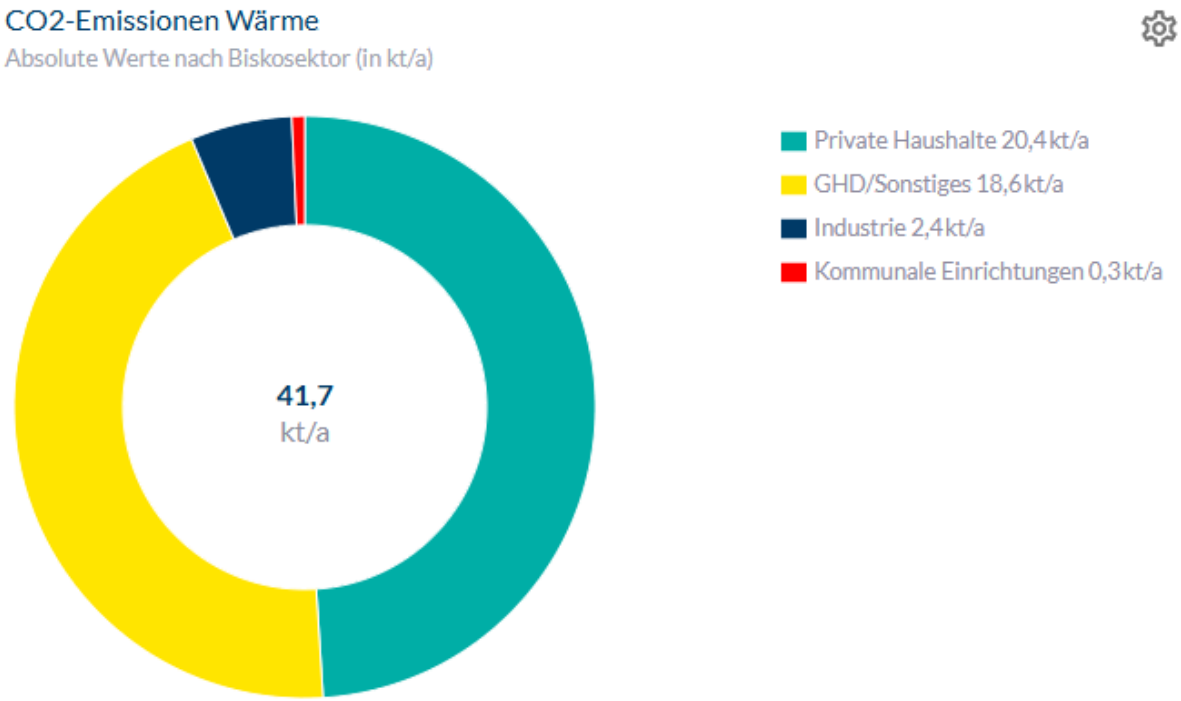


Abbildung 13: Darstellung der CO2 - Emissionen Wärme in t/a

In folgender Abbildung sieht man die CO_2-Emissionen von Thyrnau auf Baublockebene

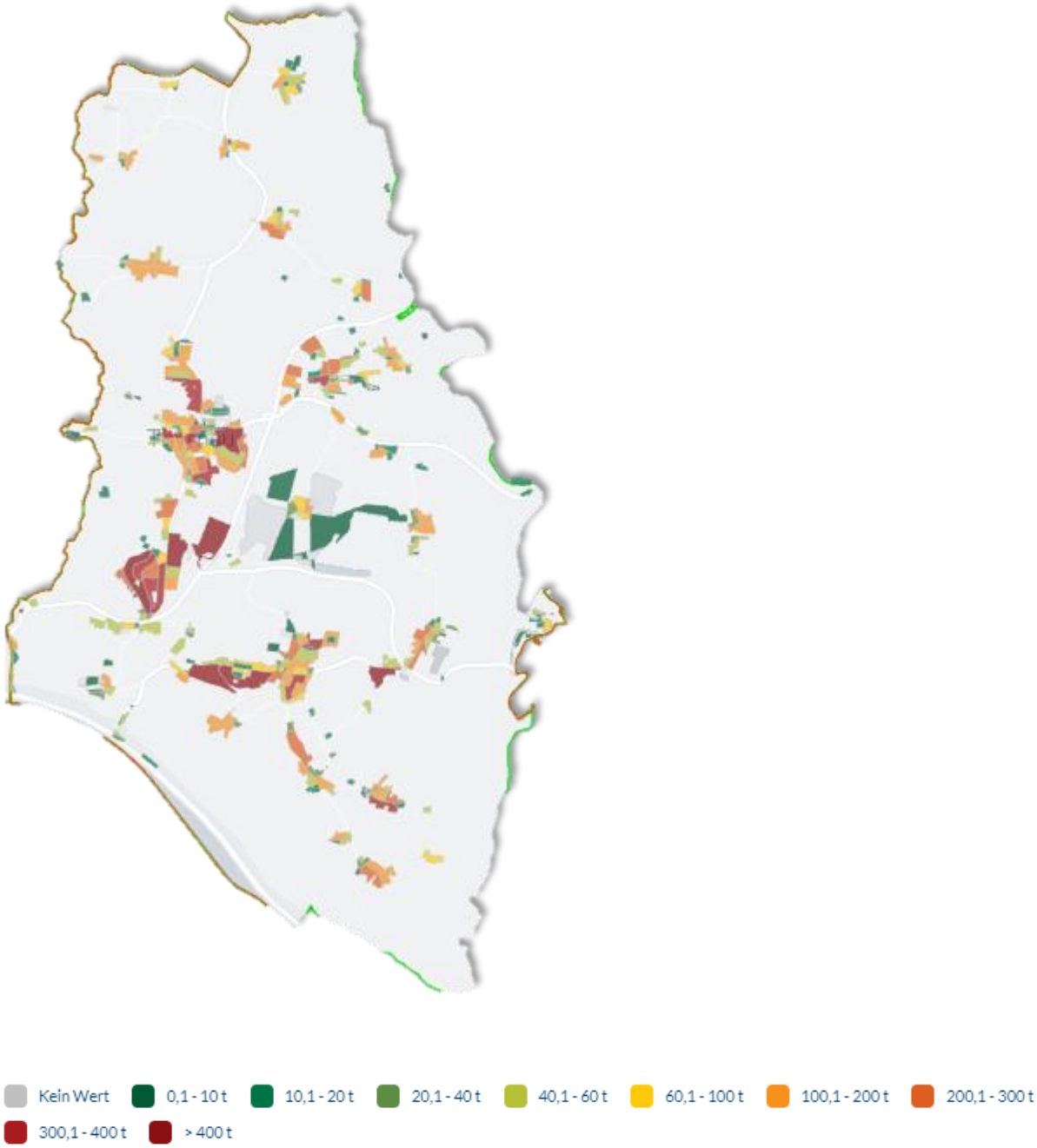


Abbildung 14: Baublockbezogene Darstellung der CO2 - Emissionen Wärme in t

Im folgenden Kartenausschnitt wurde eine Heatmap-Darstellung gewählt, um die räumliche Verteilung der Emissionen im Kommunalgebiet zu visualiesieren. Die Karte zeigt auf, dass sich speziell im Innenstadtbereich und in Industriegebieten aufgrund der höheren Wärmedichte Emissionsschwerpunkte herausbilden.

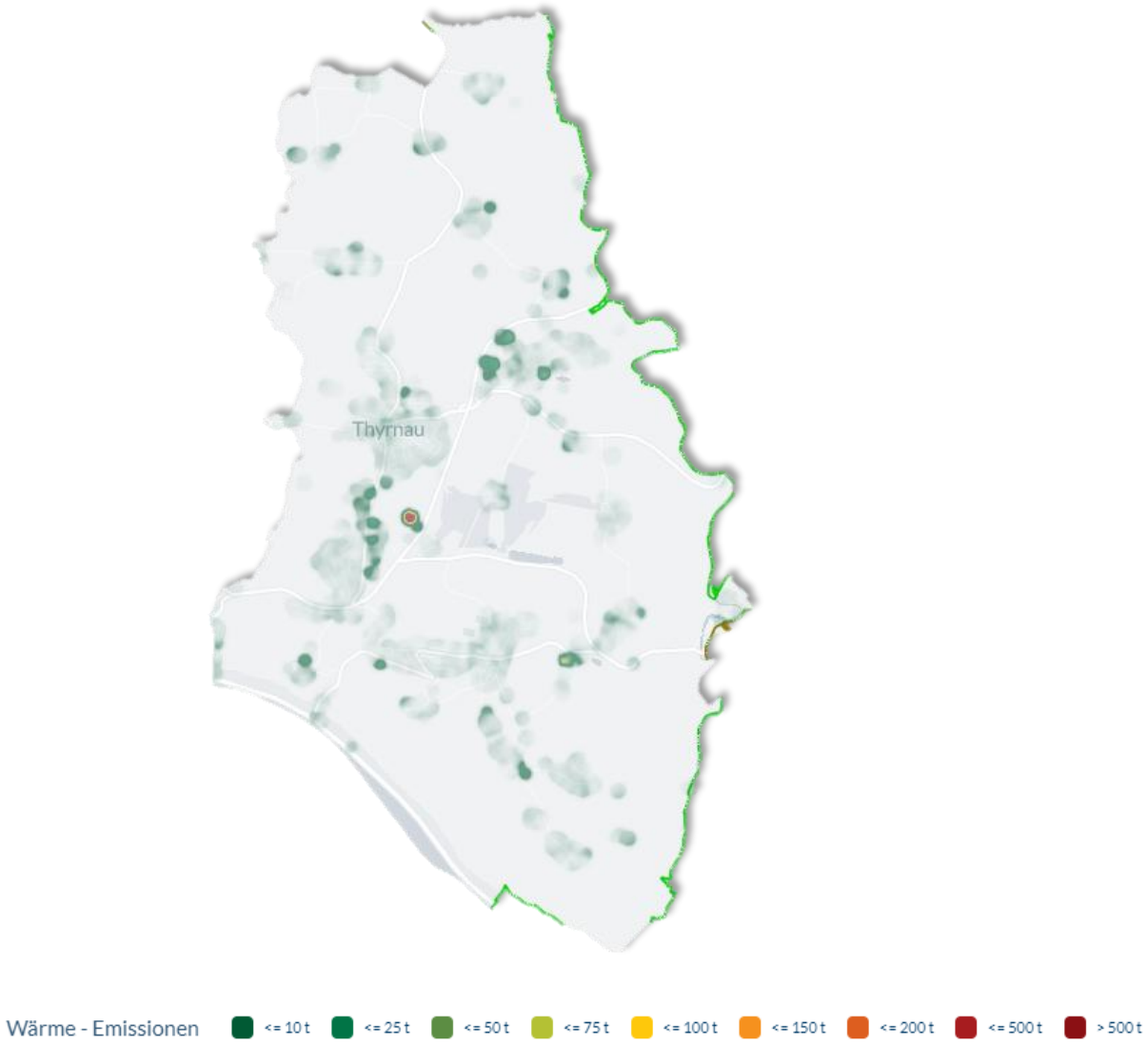


Abbildung 15: Heatmap Darstellung der CO2 - Emissionen Wärme in t

CO_2-Faktoren der eingesetzten Energieträger werden als CO_2-Äquivalent (also inkl. aller Treibhausgasemissionen) inkl. Vorketten verwendet. Diese Faktoren bilden zusammen mit dem Endenergiebedarf (jeweils Strom und Energieträger zur Wärmebedarfsdeckung) die CO_2-Emissionen des Gebäudes bzw. des Projektgebietes.

Je nach Energieträger werden die CO_2-Faktoren ausfolgenden Quellen bezogen:

- Strommix: Statista oder BMU

- Erdgas, Fernwärme, Heizöl, Flüssiggas, Braunkohle, Biomasse (Holzpellets), Steinkohle, Biogas, Abwärme: AGFW-Arbeitsblatt FW 309-Teil 1 (Stand: Mai 2021)

- Solarthermie, Umweltwärme: "Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2016 (Climate Change 23/2017)

Die konkreten Emissionsfaktoren sind im Anhang aufgeführt. Die mit diesem Verfahren ermittelte Menge repräsentiert die Treibhausgas-Emissionen, die in der Bestandsanalyse im Bereich der Wärmeversorgung erfasst wurde.

A.5 Eignungsprüfung

Die Analyse der Wärmebelegungsdichte im gesamten Gemeindegebiet Thyrnau zeigt, dass sich der Wärmebedarf vor allem im erweiterten Ortskern konzentriert. In den umliegenden Ortsteilen ist die Bebauung hingegen kleinteiliger und stärker verteilt. Diese Struktur bietet keine ausreichenden Voraussetzungen für eine wirtschaftlich sinnvolle Erschließung durch ein leitungsgebundenes Wärmenetz.

Darüber hinaus ist außerhalb des bestehenden Gasnetzes keine leitungsgebundene Infrastruktur vorhanden. Unter diesen Rahmenbedingungen erscheint auch eine zukünftige Versorgung mit Wasserstoff wirtschaftlich nicht realisierbar.

Vor diesem Hintergrund wurde entschieden, die weitere Planung auf das erweiterte Gemeindegebiet zu fokussieren und dieses vertieft zu untersuchen. Die außerhalb dieses Eignungsbereichs liegenden Ortsteile werden im kommunalen Wärmeplan als Gebiete für eine dezentrale Wärmeversorgung ausgewiesen. Seitens der Kommune sind dort keine Maßnahmen zum Aufbau eines zentralen Wärmenetzes oder einer Wasserstoffinfrastruktur vorgesehen.

Die Möglichkeit zur Errichtung privater Wärme- oder Wasserstoffnetze bleibt von dieser Planung unberührt und ist weiterhin zulässig.

A.5.1 Bewertung der Eignung von Teilgebieten für Wärmenetze

In Regionen der Gemeinde Thyrnau, in denen eine leitungsgebundene Wärmeversorgung aufgrund hoher Investitions- und Betriebskosten als wirtschaftlich nicht tragfähig eingeschätzt wird, bieten dezentrale Versorgungslösungen eine realistische und häufig vorteilhafte Alternative. Besonders in Gebieten mit niedriger Wärmebedarfsdichte erweisen sich dezentrale Systeme – wie beispielsweise Wärmepumpen oder Biomasseheizungen – als geeignete Optionen zur lokalen Deckung des Energiebedarfs.

- Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für Thyrnau wurde die Eignung einzelner Teilräume für eine dezentrale Wärmeversorgung anhand folgender Kriterien bewertet:
- Wärmebedarfsdichte: Als wesentlicher Faktor für die Entscheidung zwischen zentraler und dezentraler Versorgung.
- Vorhandensein von Ankergebäuden: Dazu zählen größere Liegenschaften mit überdurchschnittlichem Wärme- oder Prozesswärmebedarf.
- Siedlungsstruktur und Anteil denkmalgeschützter Bausubstanz: Diese Aspekte beeinflussen sowohl die technische Realisierbarkeit als auch die energetischen Möglichkeiten.
- Perspektiven zur Nutzung leitungsgebundener Infrastruktur: Einschätzung, ob mittelfristig ein Wärmenetz oder eine Wasserstoffanbindung sinnvoll erschlossen werden kann.

Auf Basis dieser Kriterien lässt sich abschätzen, in welchen Teilbereichen von Thyrnau eine dezentrale Wärmeversorgung nicht nur notwendig, sondern auch nachhaltig umsetzbar ist.

Eignungsgebiete für Fernwärme

Die Analyse zeigt, dass sich Eignungsgebiete für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung in Thyrnau im Wesentlichen auf kompakter bebaute Siedlungsbereiche mit erhöhter Wärmebedarfsdichte konzentrieren. Insbesondere das erweiterte Gemeindegebiet weist strukturelle Voraussetzungen auf, die eine wirtschaftliche Umsetzung von Wärmenetzen begünstigen können.

In diesen Bereichen ermöglichen eine höhere Bebauungsdichte, kurze Anschlusswege sowie das Vorhandensein geeigneter Ankergebäude grundsätzlich den Aufbau und Betrieb eines Wärmenetzes.

Demgegenüber sind die umliegenden, kleinteilig strukturierten Ortsteile aufgrund ihrer geringen Wärmebedarfsdichte und der dispers verteilten Bebauung nicht als Eignungsgebiete für Fernwärme einzustufen. Hier überwiegen die Vorteile dezentraler Versorgungslösungen.

Die Ausweisung der Eignungsgebiete dient als strategische Grundlage für die weitere Planung und Priorisierung von Maßnahmen im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung.

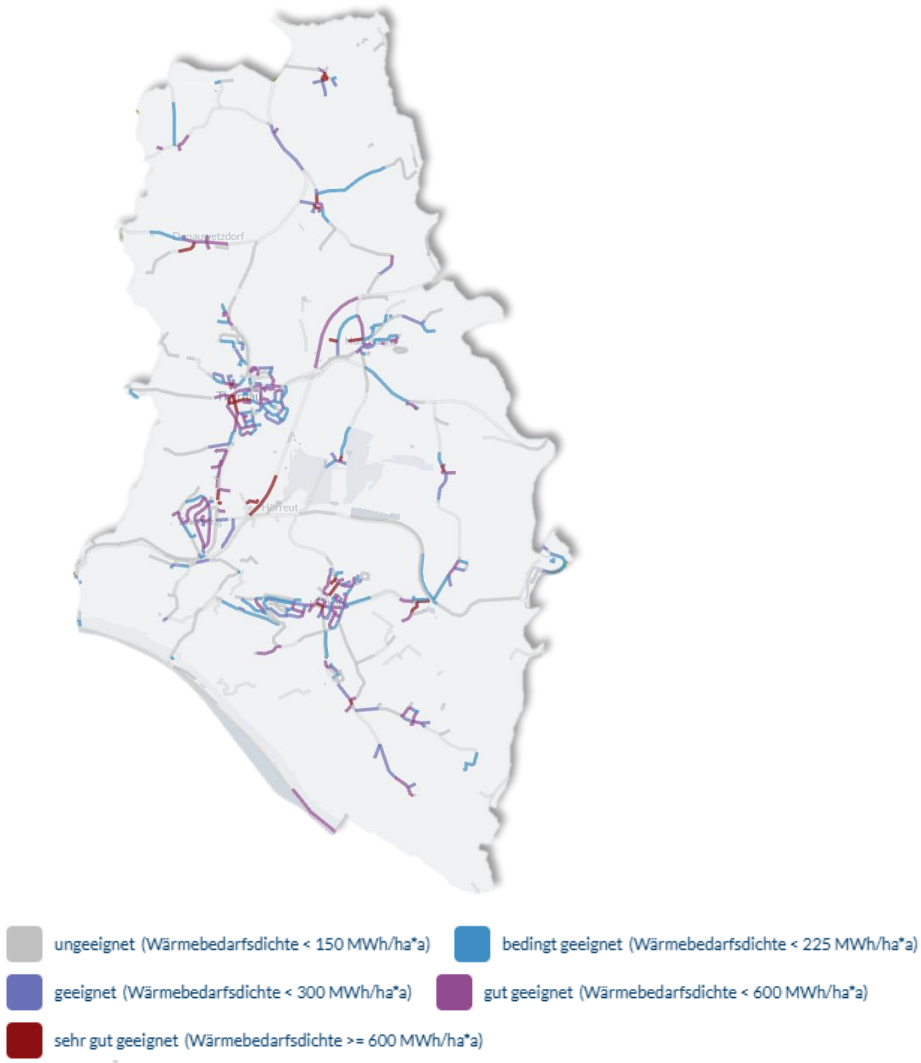


Abbildung 16: Fernwärmeeignungsgebiete

A.5.3 Definition von Gebieten, in denen eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden kann

Veröffentlichung Eignungsprüfung gemäß § 14 Wärmeplanungsgesetz (WPG)

Im Rahmen der Eignungsprüfung nach § 14 WPG wurden für die Gemeinde Thyrnau die Gebiete hinsichtlich ihrer Eignung für ein Wärmenetz sowie für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung untersucht.

Dabei wurde festgestellt, dass insbesondere der Hauptort von Thyrnau sowie der Ortsteil Kellberg aufgrund ihrer Siedlungsstruktur, vorhandener Infrastrukturen und einer erhöhten Wärmedichte als potenziell geeignete Gebiete für den Aufbau zentraler Wärmenetze einzustufen sind.

Für diese Bereiche ist eine vertiefte Planung vorgesehen. Konkret umfasst dies den Neubau eines Wärmenetzes in Kellberg sowie die weitere Analyse und Planung eines Wärmenetzes im Ortskern von Thyrnau. Ergänzend wird im Ortsteil Hundsdorf der Aufbau eines kleinräumigen Mikronetzes geprüft und vorangetrieben, um auch in weniger dicht besiedelten Bereichen eine gemeinschaftliche Wärmeversorgung zu ermöglichen. Ziel ist eine wirtschaftlich tragfähige, klimafreundliche und langfristig stabile Wärmeversorgung.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Nutzung regional verfügbarer Energiequellen. Insbesondere ist der verstärkte Ausbau von Photovoltaikanlagen auf Gewerbegebäuden vorgesehen, auch in Kombination mit Power-to-Heat-Anwendungen zur Wärmeerzeugung. Darüber hinaus wird die Einbindung bestehender Biogasanlagen, insbesondere zur Versorgung von Mikronetzen wie in Hundsdorf, aktiv geprüft.

Zur Optimierung der Versorgungssysteme ist zudem die Integration von Speicherlösungen geplant. Der Einsatz von Pufferspeichern soll die Flexibilität der Wärmenetze erhöhen, Lastspitzen ausgleichen und eine effizientere Nutzung von erneuerbaren Stromüberschüssen ermöglichen. Dadurch kann die Gesamteffizienz der Systeme gesteigert und die Versorgungssicherheit verbessert werden.

Für die übrigen Gemeindeteile von Thyrnau wird eine verkürzte Wärmeplanung gemäß § 14 Abs. 6 WPG durchgeführt, da dort aufgrund der kleinteiligen und dispers verteilten Siedlungsstruktur sowie der geringen Wärmedichte derzeit keine ausreichenden Voraussetzungen für ein wirtschaftlich tragfähiges, flächendeckendes Wärmenetz bestehen. In diesen Bereichen steht weiterhin die dezentrale Wärmeversorgung im Vordergrund.

B. Potenzialanalyse

Die heutige Wärmeversorgung basiert überwiegend auf fossilen, importierten Energieträgern wie Erdgas und Heizöl. Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wird untersucht, in welchem Umfang diese durch lokal verfügbare erneuerbare Energiequellen ersetzt, werden können. Dabei kommen sowohl zentrale Versorgungsstrukturen (z. B. Wärmenetze) als auch dezentrale Lösungen auf Gebäude- oder Quartiersebene in Betracht. Ergänzend wird geprüft, welche Potenziale zur erneuerbaren Stromerzeugung bestehen, um eine künftig stärker elektrifizierte Wärmeversorgung zu unterstützen.

Ein wesentlicher Bestandteil der Wärmewende ist neben der Substitution fossiler Energieträger auch die Reduzierung des Endenergiebedarfs. Maßnahmen zur Effizienzsteigerung im Gebäudebestand sowie die Optimierung bestehender Versorgungsstrukturen tragen maßgeblich zur Zielerreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung bei.

Im Rahmen der Potenzialanalyse wird zwischen vier Bewertungsstufen unterschieden:

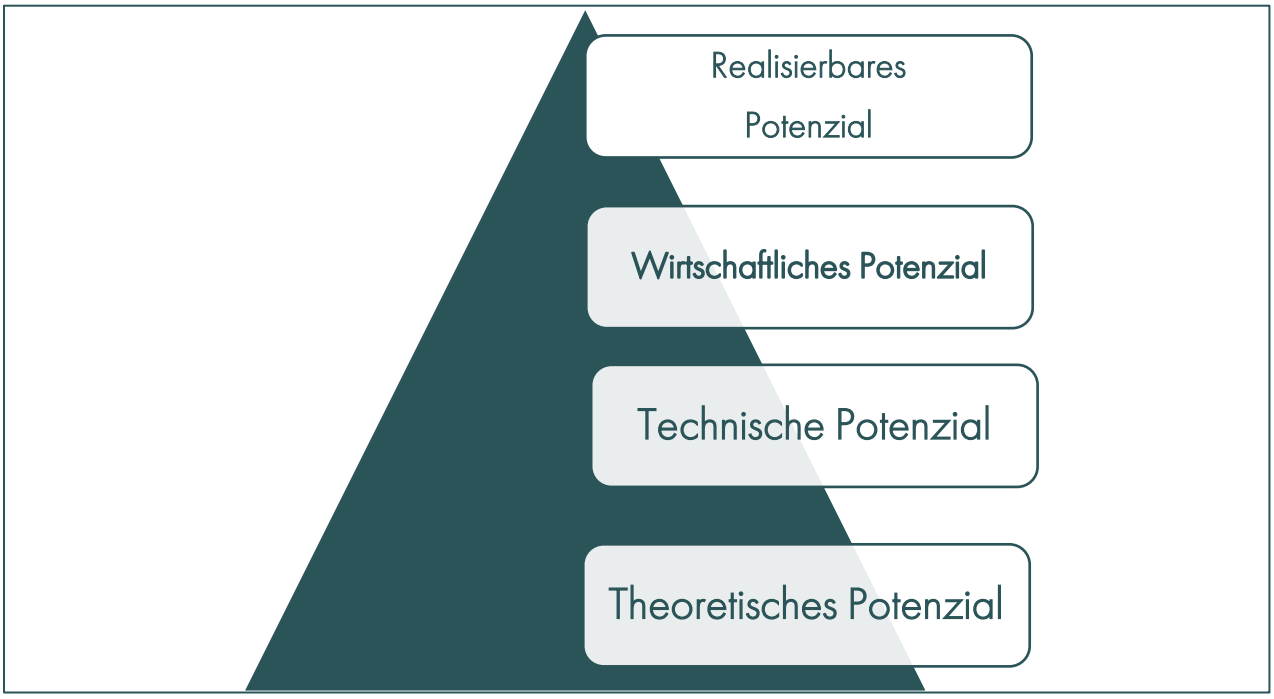


Abbildung 17: Darstellung der Potenziale

Das theoretische Potenzial beschreibt die grundsätzlich verfügbare Energiemenge aus erneuerbaren Quellen innerhalb eines Untersuchungsraums, unabhängig von technischen oder wirtschaftlichen Einschränkungen.

Das technische Potenzial reduziert diese Menge auf den Anteil, der unter den gegebenen räumlichen, infrastrukturellen und technischen Bedingungen tatsächlich erschließbar ist. Hierbei werden beispielsweise bauliche Restriktionen, geologische Gegebenheiten oder vorhandene Infrastrukturen berücksichtigt.

Das wirtschaftliche Potenzial bewertet darüber hinaus die ökonomische Umsetzbarkeit der identifizierten technischen Optionen. Entscheidend sind hierbei Investitions- und Betriebskosten, verfügbare Fördermechanismen sowie die Wirtschaftlichkeit im Verhältnis zu alternativen Versorgungsoptionen.

Das realisierbare Potenzial stellt die tatsächlich umsetzbare Energiemenge unter Berücksichtigung regulatorischer, planerischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen dar. Neben Genehmigungsprozessen spielen hierbei auch lokale Akzeptanz und Umsetzungsstrategien eine zentrale Rolle.

In der kommunalen Wärmeplanung erfolgt die Bewertung in der Regel bis zur Ebene des technischen Potenzials. Hintergrund ist die eingeschränkte Datenverfügbarkeit auf Gebäudeebene sowie die damit verbundene Unsicherheit bei wirtschaftlichen Einzelbewertungen. Eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsanalyse ist daher häufig erst im Rahmen konkreter Projektentwicklungen möglich.

Ziel der Potenzialanalyse nach §16 WPG ist es, die verfügbaren erneuerbaren Energiequellen sowie nutzbare Abwärmepotenziale systematisch zu erfassen und in eine strategische Entscheidungsgrundlage zu überführen. Neben erneuerbaren Wärmequellen werden auch sektorübergreifende Synergien, insbesondere zwischen Strom- und Wärmesektor, berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Analyse bilden die Grundlage für die Ableitung geeigneter Versorgungsstrategien und unterstützen eine priorisierte, schrittweise Transformation hin zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung. Dabei ist die Einbindung relevanter lokaler Akteure ein wesentlicher Faktor, um Umsetzbarkeit und Planungssicherheit langfristig zu gewährleisten.

B.1 Energieeinsparung / Effizienz

Die Reduktion des Wärmebedarfs in Gebäuden kann auf zwei Wegen erreicht werden:

1. Sanierung der Gebäudehülle: Durch Dämmung von Wänden, Dachflächen, Kellerdecken und den Austausch alter Fenster werden die Transmissionswärmeverluste verringert. Dadurch sinkt der Heizenergiebedarf und die CO_2-Emissionen werden reduziert.
2. Effizienzsteigerung der Anlagentechnik: Moderne Heizsysteme, optimierte Regelungen und effiziente Pumpen reduzieren den Energieverbrauch. Auch in gewerblichen und industriellen Prozessen kann durch Prozessoptimierung und Nutzung von Abwärme Energie eingespart werden.

Beide Ansätze ergänzen sich und sind zentrale Bausteine einer nachhaltigen kommunalen Wärmeplanung.

B.1.1 Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden

B.1.1.1 Analyse der Potenziale zur Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden

Das Sanierungspotenzial spiegelt den baulichen Zustand jedes einzelnen Gebäudes wider. Dieser wird vereinfacht in den Kategorien "unsaniert", "teilsaniert" und "vollsaniert" ausgedrückt. Hinter jeder Kategorie steht eine für den Gebäudetyp und Baualtersklasse typische Bauteilbeschaffenheit von Fassade, Fenster, Dach, Kellerdecke (alle Bauteile der Gebäudehülle) und Belüftung.

Um das Sanierungspotenzial ermitteln zu können muss zuerst der aktuelle Sanierungstand aufgezeigt werden. Von den 43.398 Gebäuden in Abteiland sind 1.270 Gebäude voll-, 25.196 teil- und 16.932 Gebäude unsaniert.

Die folgende Abbildung zeigt den Aktuellen Sanierungsstand der Gebäude Baublock aggregiert auf gebäudescharfen Berechnungen.

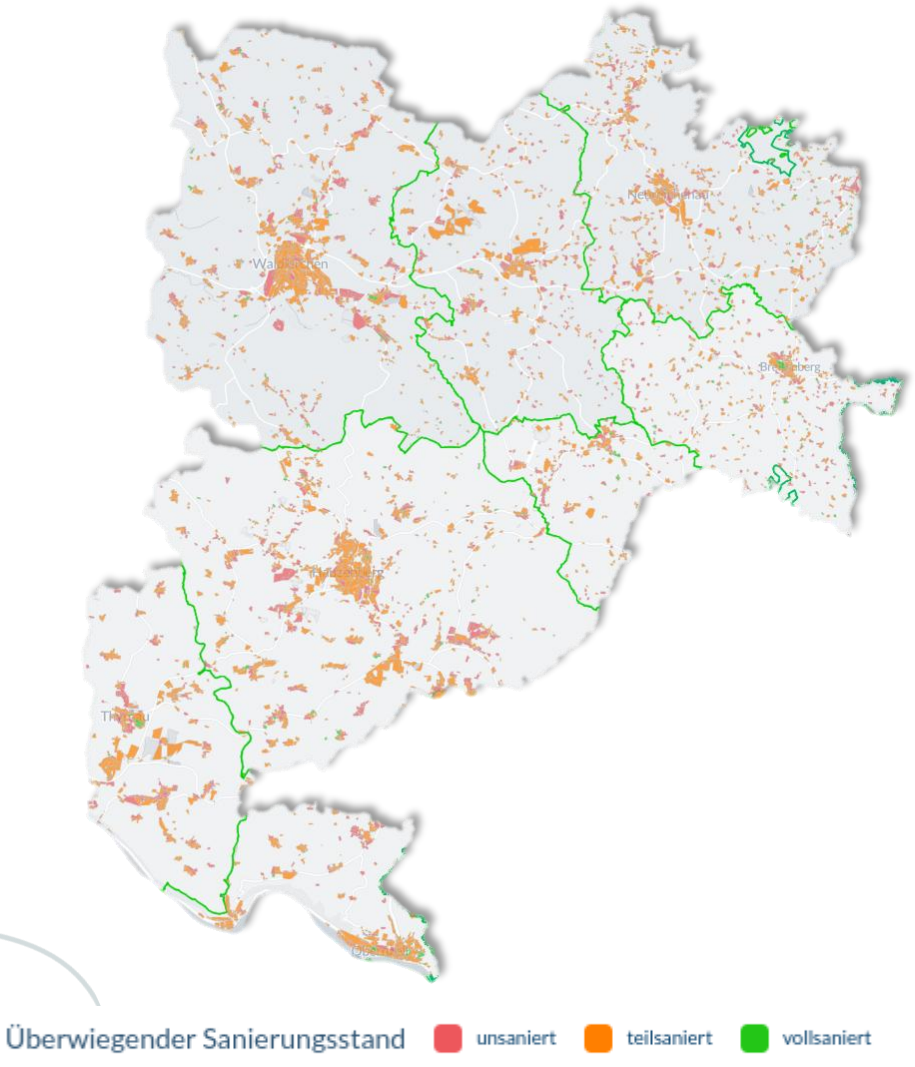


Abbildung 18: Sanierungsstand IST-Zustand

Im Gegensatz zu herkömmlichen Ansätzen wird hier keine Prognose für ein konkretes Jahr erstellt, die auf der Annahme basiert, dass großflächige Sanierungen der schlechtesten Gebäude durchgeführt werden, um anschließend den Wärmebedarf neu zu berechnen. Stattdessen wird ein Reduktionspotenzial ermittelt, das durch Sanierungen der Gebäudehülle und Optimierung der Lüftung in verschiedenen Stufen für das gesamte Gebiet erzielt werden kann. Ob und wann dieses Potenzial unter realistischen Rahmenbedingungen tatsächlich erreicht werden kann, bleibt vorerst unklar. Dennoch werden die räumlichen Veränderungen visualisiert, sodass sie auch unabhängig als Entscheidungsgrundlage für zukünftige Maßnahmen dienen können.

Der folgende Kartenausschnitt zeigt das Sanierungspotenzial durch eine prozentual angegebene möglich Energieeinsprung.

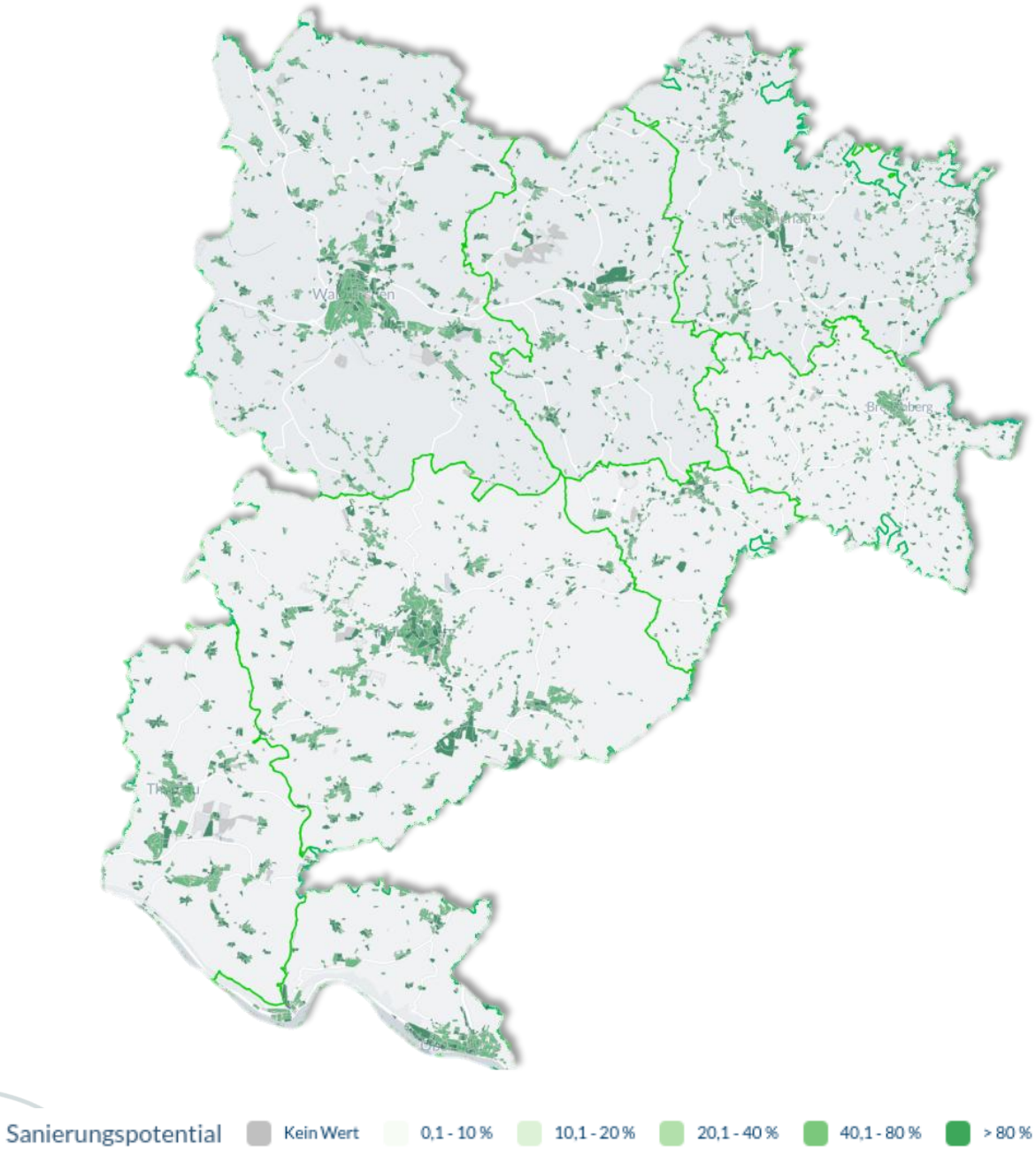


Abbildung 19: Mögliches Sanierungspotenzial

Durch die vollständige Ausschöpfung der Sanierungspotenziale im Bestand reduziert sich der Wärmebedarf im Projektgebiet, differenziert nach Gebäudetypen. Die maximal möglichen Sanierungspotenziale ergeben sich aus den derzeit bestmöglichen Energiestandards (U-Werte) der Bauteile, wie es die Förderbedingungen des BAFA (Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen) vorgeben.

BAFA-Bauteilrichtlinien:

- Dachkonstruktion / Oberste Geschossdecke U-Wert 0,14 W/(m²·K)
- Außenwand U-Wert 0,20 W/(m²·K)
- Fenster U-Wert 0,95 W/(m²·K)
- Boden gegen Erdreich U-Wert 0,25 W/(m²·K)

Fazit – Sanierungspotenzial Gebäudehülle in der ILE Abteiland

Die Analyse der Gebäude in der ILE Abteiland zeigt ein sehr hohes Einsparpotenzial durch die energetische Sanierung der Gebäudehülle. Besonders unsanierte und teilsanierte Gebäude bieten große Möglichkeiten zur Reduzierung der Transmissionswärmeverluste.

Auf Basis der gebäudescharfen Bewertung können Gebäude mit besonders hohem Modernisierungsbedarf gezielt identifiziert und priorisiert werden. Unter Anwendung der aktuellen Standards des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) ergibt sich ein theoretisches Reduktionspotenzial von rund 77 % des aktuellen Wärmebedarfs.

Damit stellt die energetische Sanierung der Gebäudehülle in der ILE Abteiland einen zentralen Hebel zur nachhaltigen Senkung des Wärmebedarfs und zur Unterstützung der Wärmewende dar.

B.1.2 Effizienzsteigerung in industriellen und gewerblichen Prozessen

B.1.2.1 Analyse der Potenziale zur Energieeinsparung in industriellen und gewerblichen Prozessen

Im Rahmen der Analyse der Unternehmen in der ILE Abteiland wird davon ausgegangen, dass diese aufgrund gesetzlicher Vorgaben verpflichtet sind, ein Energiemanagementsystem einzuführen. Diese Vorgaben sehen eine kontinuierliche Verbesserung der Energieeffizienz von etwa 1 % pro Jahr vor. Auf Grundlage dieser Annahme wird davon ausgegangen, dass alle betrachteten Unternehmen die genannten Anforderungen erfüllen.

Folglich wird angenommen, dass auch die Unternehmen in der ILE Abteiland entsprechende Energiemanagementsysteme implementiert haben. Durch die systematische Erfassung, Überwachung und Optimierung von Energieverbräuchen ist davon auszugehen, dass Effizienzsteigerungen in den industriellen Prozessen realisiert werden. Diese Verbesserungen resultieren insbesondere aus optimierten Produktionsabläufen, dem Einsatz energieeffizienterer Technologien sowie einer erhöhten Transparenz der Energieverbräuche.

In der weiteren Betrachtung werden daher Effizienzsteigerungen in den Industrieprozessen der ILE Abteiland berücksichtigt, die sich aus der kontinuierlichen Umsetzung der Energiemanagementsysteme ergeben.

Fazit – Energieeinsparpotenziale in industriellen Prozessen der ILE Abteiland:

Die Einführung von Energiemanagementsystemen ermöglicht den Unternehmen in der ILE Abteiland eine kontinuierliche Steigerung der Energieeffizienz von etwa 1 % pro Jahr. Effizienzgewinne entstehen vor allem durch optimierte Produktionsabläufe, den Einsatz moderner Technologien und eine verbesserte Transparenz der Energieverbräuche.

Praktisch wird das Einsparpotenzial überwiegend im Winterbetrieb direkt genutzt, während im Sommer vorhandene Überschüsse oft nicht benötigt werden. Insgesamt ist das Energieeinsparpotenzial zwar vorhanden, jedoch nur begrenzt extern nutzbar.

B.2 Nutzung unvermeidbarer Abwärme

B.2.1 Analyse der im beplanten Gebiet vorhandenen Potenziale zur Nutzung von unvermeidbarer Abwärme

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in der ILE Abteiland werden alle relevanten Abwärmequellen systematisch erfasst – sowohl räumlich als auch in Bezug auf ihr technisches Potenzial. Die Bestimmung eines nutzbaren Abwärmepotenzials gestaltet sich jedoch schwierig, da kein eindeutiger Grenzwert für Wärmemenge oder Abwärmeniveau existiert.

Abwärmequellen unterscheiden sich insbesondere nach Art, Temperaturniveau, zeitlichem Profil, Lage zu Wärmekunden, Vorhandensein eines Wärmenetzes, Eigentümerstruktur und Größe der Kommune. Liegt Abwärme vor, die nicht innerbetrieblich genutzt oder vermieden werden kann und sich technisch-wirtschaftlich für ein Wärmenetz erschließen lässt, sollte sie Teil der lokalen Wärmewendestrategie sein. Besonders bei großen Abwärmemengen kann auch eine interkommunale Planung sinnvoll sein. Entscheidend für die Erschließung eines Abwärmepotenzials ist immer die Kooperationsbereitschaft der Betriebe.

Je nach Temperaturniveau ergeben sich unterschiedliche Erschließungsmöglichkeiten:

- Nieder- und mittelkalorische Quellen: Nutzung über Groß-Wärmepumpen oder kalte Nahwärmenetze mit dezentralen Wärmepumpen
- Hochkalorische Quellen: Direkteinspeisung in bestehende Wärmenetze

Auf Grundlage der gebäudescharfen Wärmebedarfe und Informationen zu Branchen und Prozessen können erste Abschätzungen zum Abwärmepotenzial getroffen werden. In einem weiteren Schritt wurden die Unternehmen in der ILE Abteiland kontaktiert, um Daten zu Wärmeträger, Leistung, Menge, Abnehmer, Auskopplungsaufwand, Verfügbarkeit und Temperaturniveau zu erfassen. Hinweise auf größere potenzielle Abwärmequellen liefern vor allem große Strom- und Gasverbraucher.

Grundsätzlich verfügen lokale Industriebetriebe über Abwärmepotenziale, die theoretisch die kommunale Wärmeversorgung unterstützen könnten. Praktisch bestehen jedoch zeitliche Einschränkungen, da die Abwärme häufig zu anderen Zeiten anfällt als der Bedarf der Wärmenetze.

Weitere zu klärende Punkte sind:

- Art und Menge der verfügbaren Abwärme (z. B. Prozesswärme, Kühlanlagen, Produktionsabfälle)
- Technische Schnittstellen zur Einspeisung in bestehende oder geplante Wärmenetze
- Wirtschaftliche Machbarkeit, einschließlich Investitions- und Betriebskosten sowie mögliche Förderungen
- Rechtliche und organisatorische Rahmenbedingungen wie Verträge, Eigentumsrechte und Verantwortlichkeiten

Auf Grundlage dieser Untersuchung kann geprüft werden, ob sich die Abwärme durch Speicherlösungen, zeitliche Verschiebung oder Hybridkonzepte sinnvoll in die lokale Wärmeversorgung der ILE Abteiland integrieren lässt. Eine erfolgreiche Nutzung würde die Energieeffizienz der Betriebe steigern und die kommunale CO_2-Bilanz verbessern, auch wenn die Umsetzung aktuell noch technisch und organisatorisch eingeschränkt ist.

Fazit – Potenzial zur Nutzung unvermeidbarer Abwärme in der ILE Abteiland:

Die Analyse zeigt, dass lokale Abwärmequellen in der ILE Abteiland grundsätzlich ein bedeutendes Potenzial für die kommunale Wärmeversorgung darstellen. Insbesondere größere Industriebetriebe verfügen über Abwärme, die theoretisch in Wärmenetze eingespeist werden könnte.

Praktisch bestehen jedoch zeitliche, technische und organisatorische Einschränkungen: Die Abwärme fällt häufig zu anderen Zeiten an als der Bedarf in den Wärmenetzen, und ihre Nutzung erfordert technische Schnittstellen, Speicherlösungen oder zeitliche Verschiebungen.

Trotz dieser Herausforderungen kann die Nutzung unvermeidbarer Abwärme in der ILE Abteiland die Energieeffizienz der Betriebe erhöhen und die kommunale CO_2-Bilanz verbessern, sofern geeignete Konzepte entwickelt und Kooperationen mit den Unternehmen umgesetzt werden.

B.3 Potenziale zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien

Basierend auf den Ergebnissen der Bestandsanalyse wird im Rahmen der Potenzialanalyse dargestellt, welche Nutzungsmöglichkeiten erneuerbarer Energien und klimaneutraler Wärmequellen bis zum Zieljahr realisierbar sind. Durch die Substitution fossiler Energieträger mit erneuerbaren Quellen sinken die spezifischen, treibhausgasrelevanten Emissionen aufgrund der besseren Emissionswerte der erneuerbaren Energien.

Regional betrachtet führt die verstärkte Nutzung lokaler Ressourcen wie Sonne, Wasser, Wind, Biomasse und Erdwärme zu einer erhöhten Wertschöpfung, insbesondere in Form von positiven Beschäftigungseffekten. Darüber hinaus verringert sich durch den Einsatz erneuerbarer Energien die Importabhängigkeit, wodurch fossile Ressourcen für die zunehmend wichtige stoffliche Verwertung in der Industrie gesichert bleiben.

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Potenziale für die Nutzung klimaneutraler Wärme innerhalb der Kommune analysiert und im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung bewertet.

Folgende Potenziale der erneuerbaren Energien wurden analysiert:

- Außenluft
- Biomasse
- Geothermie
- Solarthermie
- Umweltwärme aus Gewässern und Abwasser

B.3.1 Ermittlung der im beplanten Gebiet vorhandenen Potenziale zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien

Außenluft:

Das Potenzial der Außenluft als Wärmequelle ist grundsätzlich fast überall nutzbar, insbesondere für Gebäude mit niedrigem Wärmebedarf. Voraussetzung für einen effizienten Betrieb ist ein hoher energetischer Standard der Gebäudehülle, idealerweise kombiniert mit Flächenheizungen.

Außenluft-Wärmepumpen entziehen der Umgebungsluft Wärme und heben diese in einem thermodynamischen Prozess auf ein für Heizung oder Warmwasser geeignetes Temperaturniveau an. Sie können auch bei niedrigen Außentemperaturen effektiv arbeiten. In der kommunalen Wärmeplanung wird die Nutzung von Außenluft grundsätzlich als technisch machbar betrachtet, wobei insbesondere Luft-Luft-Wärmepumpen für Gebäude ohne zentrale Heizungsanlage relevant sind.

Die Bewertung der Eignung von Gebäuden für Wärmepumpen erfolgte auf Basis des spezifischen Wärmebedarfs. Nichtwohngebäude sowie Gebäude mit sehr hohem Wärmebedarf nach einer Vollsanierung (>150 kWh/m²a) wurden von der Bewertung ausgeschlossen. Die Technologieauswahl bleibt dabei offen; es wird keine bevorzugte Wärmepumpen- oder Wärmequellenart festgelegt.

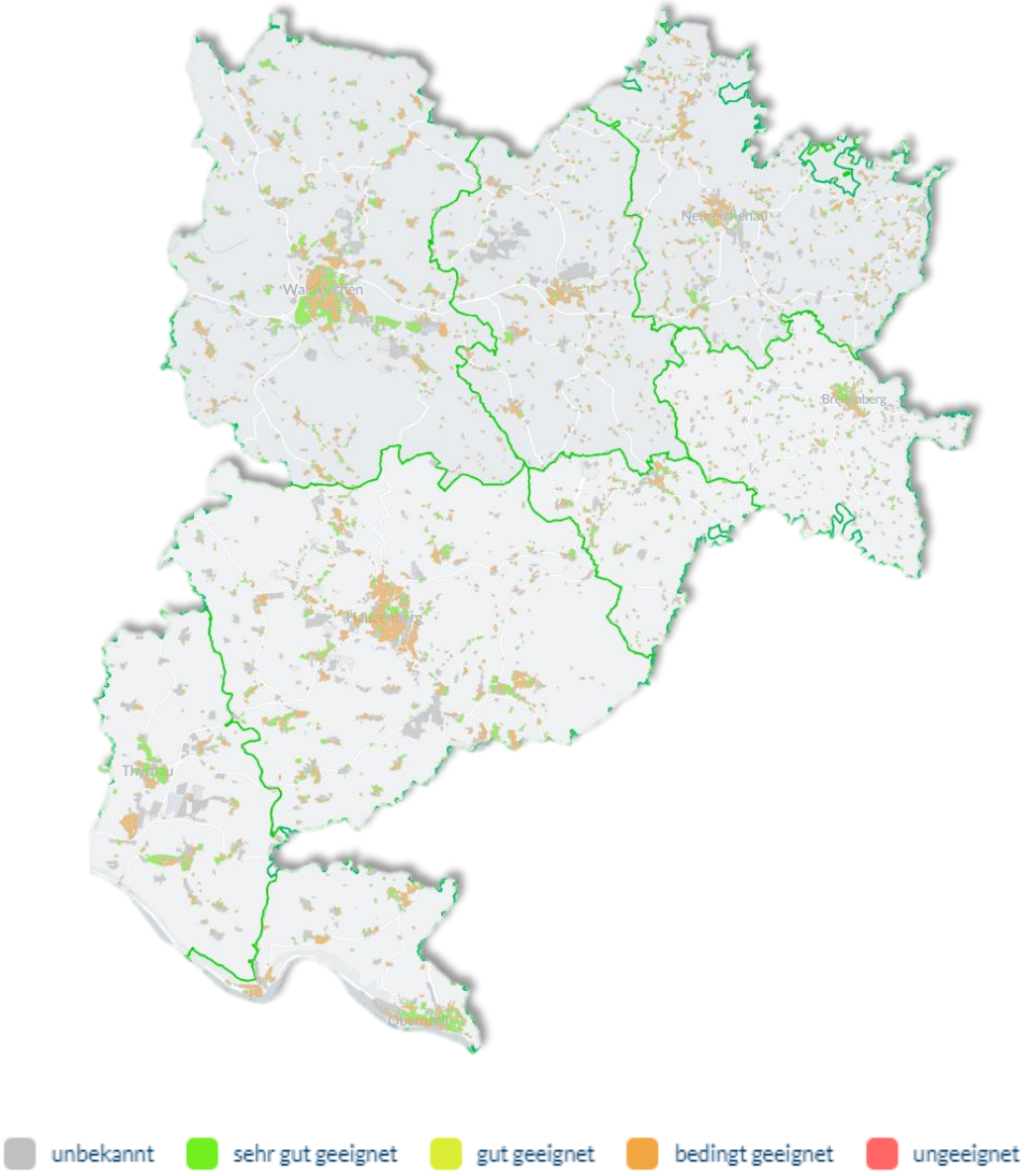


Abbildung 20: Mögliche Wärmepumpeneignung

Das Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpen wurde anhand gebäudespezifischer Merkmale wie Flurstücksgröße, spezifischem Wärmebedarf und Gebäudetyp sowie technischer Parameter wie Jahresarbeitszahl, Vollaststunden und Wärmeentzug des Bodens bewertet. Die Gebäude wurden in fünf Kategorien von „sehr gut geeignet" bis „nicht geeignet" eingestuft. Für die Bewertung des Potenzials von Außenluft-Wärmepumpen wurde ausschließlich die Kategorie „sehr gut geeignet" herangezogen.

Außenluft-Wärmepumpen entziehen der Umgebungsluft Wärme und heben diese mithilfe eines thermodynamischen Prozesses auf das für Heizung oder Warmwasser erforderliche Temperaturniveau an. Im Rahmen der Potenzialanalyse wird grundsätzlich von einer technischen Machbarkeit ausgegangen. Ausgenommen sind stark verdichtete Innenstadtbereiche oder Standorte mit hohen Prozesstemperaturen, da dort die Aufstellflächen begrenzt sind und zusätzliche Anforderungen an Schall- und Immissionsschutz zu beachten sind.

Fazit – Potenzial Außenluft

Die Analyse zeigt, dass **Außenluft-Wärmepumpen** grundsätzlich eine technisch umsetzbare Lösung für die **dezentrale Wärmeversorgung** in der ILE Abteiland darstellen. Sie eignen sich besonders für Wohngebäude mit niedrigem Wärmebedarf, während stark verdichtete Innenbereiche oder Gebäude mit hohen Prozesstemperaturen von der Nutzung ausgeschlossen werden müssen.

Auf Basis gebäudespezifischer Parameter lassen sich die „sehr gut geeigneten" Gebäude gezielt identifizieren, bei denen der Einsatz von Außenluft-Wärmepumpen effizient und wirtschaftlich sinnvoll ist. Insgesamt bieten diese Systeme eine flexible Möglichkeit, den Anteil erneuerbarer Wärme in der Region zu erhöhen – insbesondere in **Einzelversorgungsgebieten ohne Anschluss an zentrale Wärme- oder Fernwärmenetze**.

Biomasse

Abfall- und Reststoffe

Das Wärmepotenzial von Biomasse aus Abfall und Reststoffen bietet eine vielversprechende Möglichkeit, erneuerbare Energiequellen zu nutzen und gleichzeitig die Menge an nicht verwertbaren Abfällen zu reduzieren. Abfälle aus der Landwirtschaft, der Lebensmittelindustrie sowie aus Haushalten und Gewerbe enthalten wertvolle organische Stoffe, die durch Verbrennung oder Vergärung in Wärmeenergie umgewandelt werden können. Diese Reststoffe, die ansonsten auf Deponien landen oder unsachgemäß entsorgt werden, stellen eine nachhaltige Ressource dar, um die Energieversorgung zu diversifizieren und die CO_2-Emissionen zu verringern. Die Nutzung von Abfall und Reststoffen als Biomasse zur Wärmeproduktion trägt so nicht nur zur Reduzierung von Abfallmengen bei, sondern leistet auch einen Beitrag zur Energiewende, indem sie eine umweltfreundliche und zuverlässige Wärmequelle bereitstellt. In dieser Analyse wird das Potenzial dieser Biomassequelle untersucht und als alternative Wärmequelle im Kontext einer nachhaltigen Energieversorgung beleuchtet.

Laut den Daten des Bayrischen Landesamt für Umwelt (LfU, 2023) ergibt sich eine Gesamtmenge Biomasse Privatmüll von **230 kg pro Kopf**, dieser setzt sich wie folgt zusammen:

- 144,6 kg Bioabfälle pro Einwohner
- 81,4 kg Altpapier und Altholz pro Einwohner
- 4 kg Alttextilien pro Einwohner

Auf das gesamte Projektgebiet bezogen (42.155 EW) ergibt sich eine **Gesamtmenge** an Bioabfällen aus dem Privaten Sektor von **8.465,5 t** die sich wie folgt zusammensetzt:

- 5.551,5 t Bioabfälle
- 2.760,4 t Altpapier und Altholz
- 153,6 t Alttextilien

Neben den Abfall- und Reststoffen aus dem privaten Bereich sind auch die Biomasseabfälle und - Reststoffe aus dem Gewerbe- und Industriesektor nicht zu vernachlässigen. Allerdings liegen die Daten des LfU lediglich in einer landesweiten Gesamtsumme für das Jahr 2021 vor. Daher wurde die Menge auf die Einwohnerzahl Bayerns heruntergebrochen, was zu einem Wert von **402 kg** Biomasseabfällen **pro Kopf** in Bayern führt der sich wie folgt zusammensetzt:

- 201 kg Abfälle pro Einwohner aus Landwirtschaft, Gartenbau, Teichwirtschaft, Forstwirtschaft und Herstellung und Verarbeitung von Nahrungsmitteln

- 134 kg Abfälle pro Einwohner aus der Holzbearbeitung und der Herstellung von Platten, Möbeln, Zellstoffen, Papier und Pappe
- 67 kg Abfälle aus der Leder-, Pelz- und Textilindustrie

Auf das ganze Projektgebiet bezogen (42.155 EW) ergibt sich eine **Gesamtmenge** an Bioabfällen und Reststoffen aus dem Gewerbe- und Industriesektor von **15.433,6 t** die sich wie folgt zusammensetzt:

- 7.716,8 t Abfälle aus Landwirtschaft, Gartenbau, Teichwirtschaft, Forstwirtschaft und Herstellung und Verarbeitung von Nahrungsmitteln
- 5.144,5 t Abfälle aus der Holzbearbeitung und der Herstellung von Platten, Möbeln, Zellstoffen, Papier und Pappe
- 2.572,3 t Abfälle aus der Leder-, Pelz- und Textilindustrie

Laut dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg können pro Tonne Bioabfall etwa 85 bis 130 m³ Biogas gewonnen werden. Da die Ermittlung der Güte dieser Abfälle sehr komplex und aufwendig ist, gehen wir vom unteren Wert von 85 m³ Biogas pro Tonne Bioabfall aus. In diese Kategorie fallen die **Bioabfälle** aus dem privaten Bereich sowie Abfälle aus Landwirtschaft, Gartenbau, Teichwirtschaft, Forstwirtschaft und der Herstellung und Verarbeitung von Nahrungsmitteln. Daraus ergibt sich ein jährliches Potenzial von etwa 1.127.806 m³ Biogas. Der typische Heizwert von Biogas liegt bei etwa 6 kWh/m³. Wenn wir nun die Menge an Biogas in einem fiktiven Brennwertkessel mit einem Wirkungsgrad von 90 % zur Wärmeerzeugung nutzen, ergibt sich ein Wärmepotenzial von etwa **6.090,2 MWh/a** für Abteiland.

Der Heizwert von **Holz, Papier und Abfällen aus der Möbel- und Plattenherstellung** kann je nach Art leicht variieren. Deshalb nehmen wir auf Grundlage von Erfahrungswerten einen Heizwert von 4,2 kWh/kg an, bei einem Wirkungsgrad der Verbrennungsanlagen von 80 %. Daraus ergibt sich ein Potenzial von etwa **26.560,5 MWh/a**.

Der Heizwert von **Alttextilien sowie Abfällen aus der Leder-, Pelz- und Textilindustrie** variiert stark und liegt zwischen 3,06 und 6,32 kWh/kg. Wir nehmen einen durchschnittlichen Heizwert von 4,3 kWh/kg an und gehen von einem Wirkungsgrad von 60 % aus. Daraus ergibt sich ein Potenzial von etwa **7.032,8 MWh/a**.

Das **gesamte Potenzial** der **„Biomasse Abfälle und Reststoffe"** beträgt somit **39.683,5 MWh/a**, was ein Wärmedeckungspotenzial von 3,85 % ausmacht.

Fazit Potenzial Biomasse:

Die Analyse zeigt, dass Biomasse aus Abfällen und Reststoffen im Gebiet der ILE Abteiland ein erhebliches Potenzial für die Wärmeversorgung bietet. Aus privaten Haushalten, Gewerbe und Industrie könnten jährlich rund 39.700 MWh Wärme gewonnen werden, was etwa 3,85 % des regionalen Wärmebedarfs entspricht. Ein Teil dieses Potenzials wird bereits genutzt, beispielsweise durch bestehende Verbrennungsanlagen.

Darüber hinaus besteht ein zusätzliches, langfristig nutzbares Potenzial aus der regionalen Wald- und Forstwirtschaft. Die aktuellen Wachstumsraten der Wälder übersteigen den derzeitigen Holzverbrauch, sodass kontinuierlich nachwachsende Rohstoffe für die Wärmeproduktion verfügbar sind.

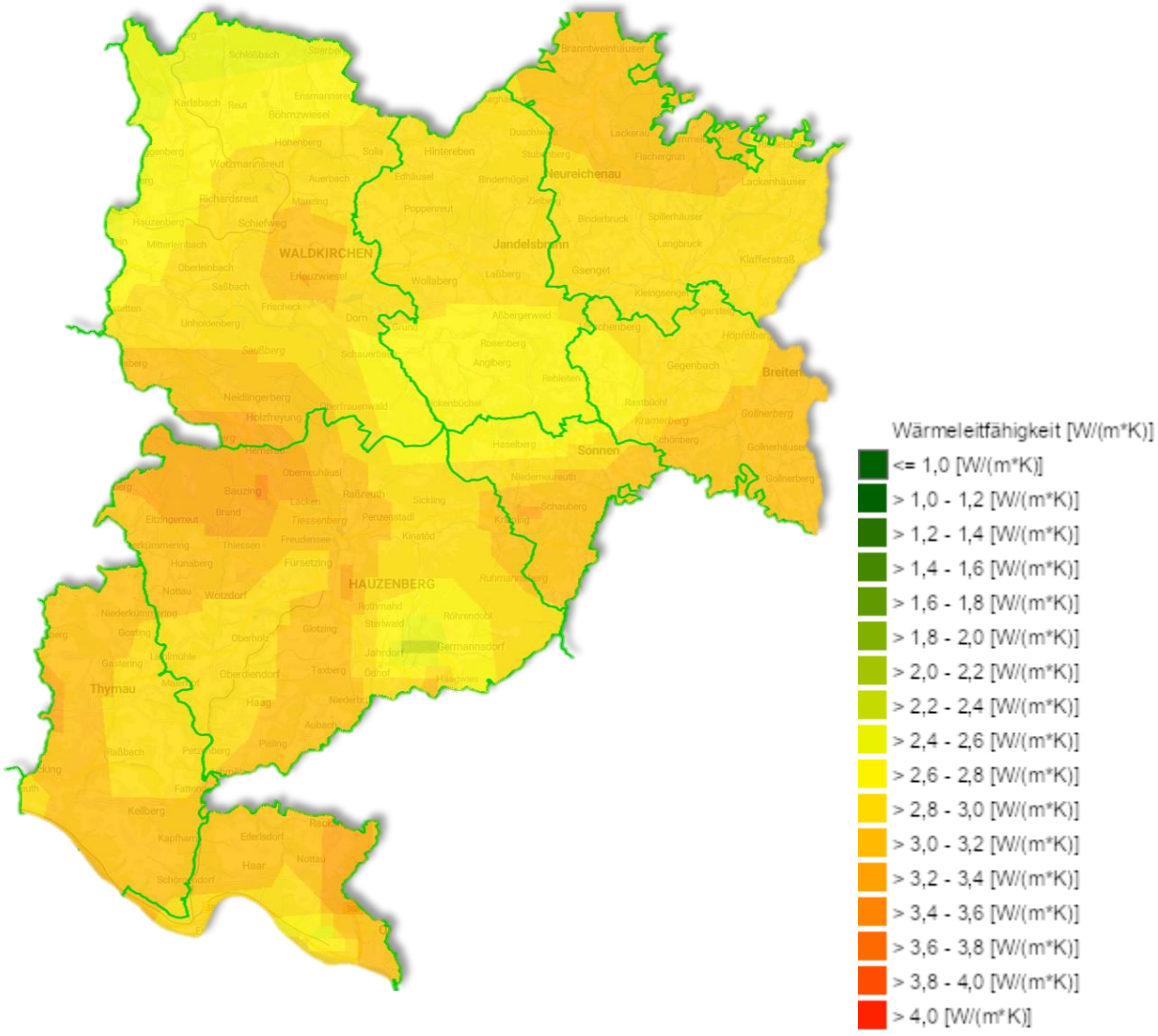
Die Nutzung von Abfällen, Reststoffen und Forstbiomasse stellt somit nicht nur eine effiziente und CO_2-arme Ergänzung zur Wärmeversorgung dar, sondern bietet auch eine nachhaltige, planbare Ressource, die die regionale Energieautonomie stärkt und die Wärmewende in der ILE Abteiland unterstützt.

Geothermie

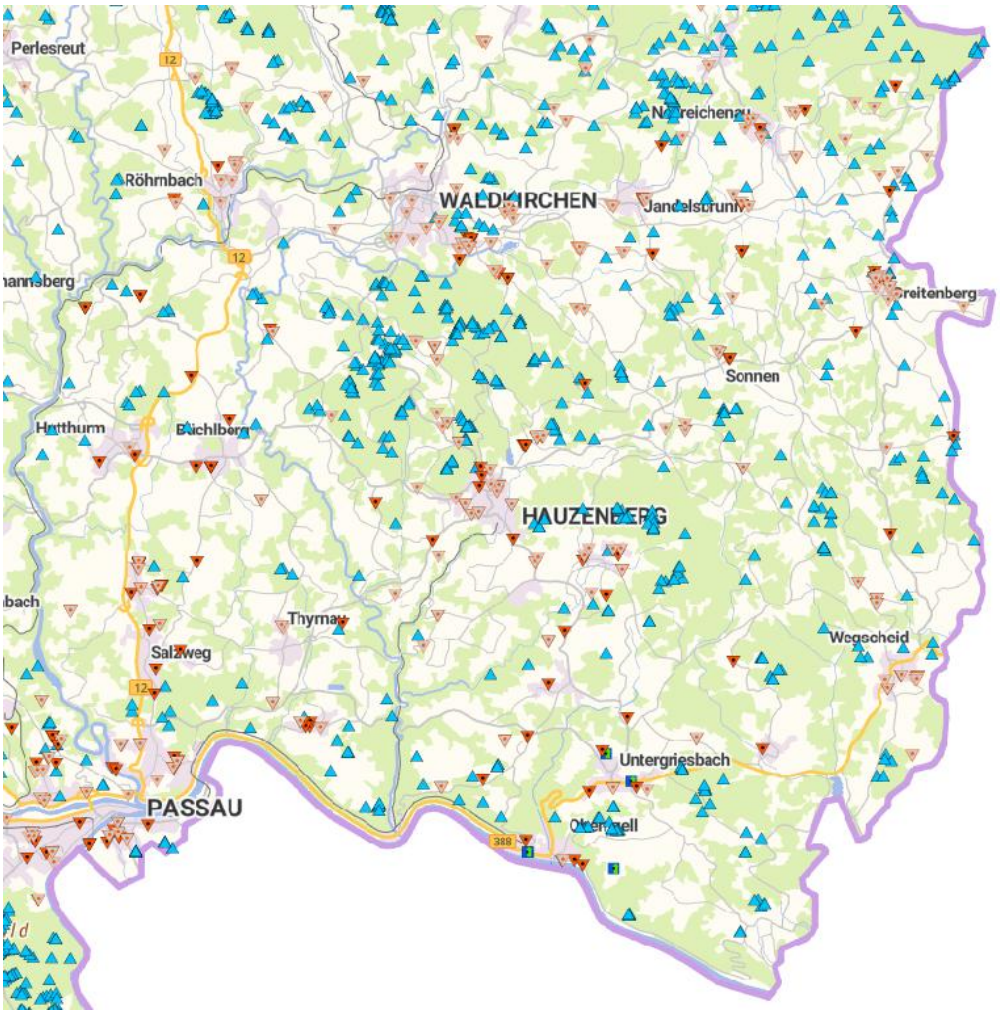
Geothermie, auch als Erdwärme bekannt, ist eine erneuerbare Energieform, die die natürliche Wärme aus dem Erdinneren nutzt. Diese Wärme entsteht hauptsächlich durch den Zerfall radioaktiver Elemente in der Erdkruste und dem Erdmantel sowie durch die Restwärme aus der Entstehungszeit der Erde. Je tiefer man in die Erde vordringt, desto höher ist die Temperatur. Geothermische Energie wird primär für die Wärmeversorgung genutzt. Dabei unterscheidet man zwischen oberflächennaher Geothermie, die meist für Heizzwecke in Gebäuden eingesetzt wird, und Tiefengeothermie, die aufgrund höherer Temperaturen für größere Wärmeversorgungssysteme geeignet ist. Die Nutzung von Geothermie bietet den Vorteil, dass sie weitgehend unabhängig von Wetter und Tageszeit verfügbar ist und somit eine zuverlässige, umweltfreundliche Alternative zu fossilen Brennstoffen für Heizzwecke darstellt.

Da es verschiedene Möglichkeiten gibt Geothermie in die Wärmeversorgung einzubinden werden hier verschiedene Lösungen aufgezeigt. Genauer untersucht wird das Potenzial der zentralen Kollektoren, der dezentralen Soden, der zentralen Sonden und des Grundwassers. In Bayern wird die Erdwärmenutzung aus Gründen des Grundwasserschutzes sehr sensibel gehandhabt. Dies gilt insbesondere in den ausgewiesenen Wasserschutzgebieten sowie in geologisch und hydrogeologisch kritischen Gebieten. Hier kann der Bau einer Erdwärmesondenanlage untersagt werden oder ist nach Einzelfallprüfung unter Auflagen möglich. Um das Geothermie Potenzial zu bestimmen, muss zuerst die Bodenbeschaffenheit geprüft werden. Die Kenntnis der geologischen und hydrogeologischen Standortverhältnisse erlaubt eine optimierte Dimensionierung von Erdwärmesondenanlagen. Ein wichtiger Parameter für die Berechnung des geothermischen Potenzials ist die spezifische Wärmeleitfähigkeit in W/(m*K).

Die am Standort voraussichtlich zu erwartenden mittleren Wärmeleitfähigkeitswerte werden räumlich in der folgenden Abbildung dargestellt. Der Wertebereich beginnt bei geringen Wärmeleitfähigkeiten < 1,0 W/(m*K) und reicht bis zu den höchsten Wärmeleitfähigkeiten > 4,0 W/(m*K).


WALDKIRCHEN
Jandelsbrunn
Neureichenau
Hinterleiten
Sonnen
Breiten
HAUZENBERG
Thyrnau
Wolfmannsreut
Richardsreut
Schiefweg
Holzfreyung
Bauzing
Raßreuth
Penzenstadt
Kinatöd
Thiessen
Freudensee
Fürsetzing
Nottau
Wotzdorf
Glotzing
Oberhotz
Oberdiendorf
Haag
Germannsdorf
Taxberg
Rothmahd
Sterlwald
Röhrendobl
Jahrdorf
Pfeling
Raßbach
Kellberg
Edelsdorf
Haar
Wollaberg
Laßberg
Gsenget
Binderhügel
Binderbruck
Spillerhäuser
Langbruck
Klafferstraß
Gegenbach
Rastbüchl
Gollnerberg
Gollnerhäuser
Schauberg
Niedermeureuth
Hasselberg
Rehleiten
Angiberg
Rosenberg
Aßbergerweid
Poppenreut
Edhäusel
Auerbach
Mauzing
Schlößbach
Kohlbach
Böhmzwiesel
Hohenberg
Solla
Dusch
Lackerau
Fischergrün
Lackenhäuser
Branntweinhäuser
Wüstenberg
Zieglau
Mitterleibach
Oberleinbach
Saßbach
Frischeck
Unholdenberg
Seußberg
Neidlingerberg
Erlauzwiesel
Dorn
Schnauern
Ulrichsberg
Ulrichsberg
Ulrichsberg

Der folgende Kartenausschnitt zeigt schon bestehende Bohrungen, Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen in Abteiland.



Legende Fachdaten

Bohrungen

- Endteufe: 0-10m, SVZ: ja, Bohrgut: nicht vorh.
- Endteufe: 0-10m, SVZ: nein, Bohrgut: nicht vorh.
- Endteufe: 10-40m, SVZ: ja, Bohrgut: nicht vorh.
- Endteufe: 10-40m, SVZ: nein, Bohrgut: nicht vorh.
- Endteufe: 40-100m, SVZ: ja, Bohrgut: nicht vorh.
- Endteufe: 40-100m, SVZ: nein, Bohrgut: nicht vorh.
- Endteufe: 100-400m, SVZ: ja, Bohrgut: nicht vorh.

Erdwärmesonden

- Erdwärmesonden mit Schichtdaten
- Erdwärmesonden ohne Schichtdaten

Grundwasserwärmepumpen

- Förder- bzw. Schluckbrunnen

Abbildung 22: Bestehende Bohrung der ILE Abteiland; Quelle: Umweltatlas Bayern

Ermittlung der potenzielen Flächen:

Das gesamte Gemeindegebiet von Abteiland umfasst 270,080 km². Da vor allem landwirtschaftliche Flächen als geeignete Freiflächen genutzt werden können, werden drei verschiedene Szenarien angenommen, dass 15 %, 10 % und 5 % der in den Gemeinden vorhandenen landwirtschaftlichen Fläche für die Nutzung als Freifläche in Anspruch genommen werden. Diese Szenarien stellen sicher, dass ausreichend landwirtschaftliche Fläche für die Nahrungsmittelproduktion erhalten bleibt, um die Lebensmittelversorgung der Region weiterhin zu gewährleisten. Die folgende Tabelle zeigt die einzelnen Gemeinden, deren landwirtschaftliche Flächen sowie den entsprechenden Anteil von 15 %, 10 % und 5 %.

Gemeinde	Fläche in km²	Landwirtschaftliche Fläche in km²	15 % in km²	10 % in km²	5 % in km²
Breitenberg	29,9	18,75	2,8125	1,875	0,9375
Hauzenberg	82,82	30,65	4,5975	3,065	1,5325
Jandelsbrunn	42,40	22,03	3,3045	2,203	1,1015
Neureichenau	46,40	22,26	3,339	2,226	1,113
Obernzell	18,25	5,74	0,861	0,574	0,287
Sonnen	16,48	7,85	1,1775	0,785	0,3928
Thyrnau	33,68	15,46	2,319	1,546	0,773
Waldkirchen	80,0	31,93	4,7895	3,193	1,5965
Gesamt	349,93	154,67	23,2005	15,467	7,7335

Tabelle 9: Darstellung der angenommenen Szenarien

Der folgende Kartenausschnitt zeigt zur Visualisierung die Fläche des Projektgebiets und die Flächen der angenommenen Freiflächen (15 %, 10 % und 5 %).

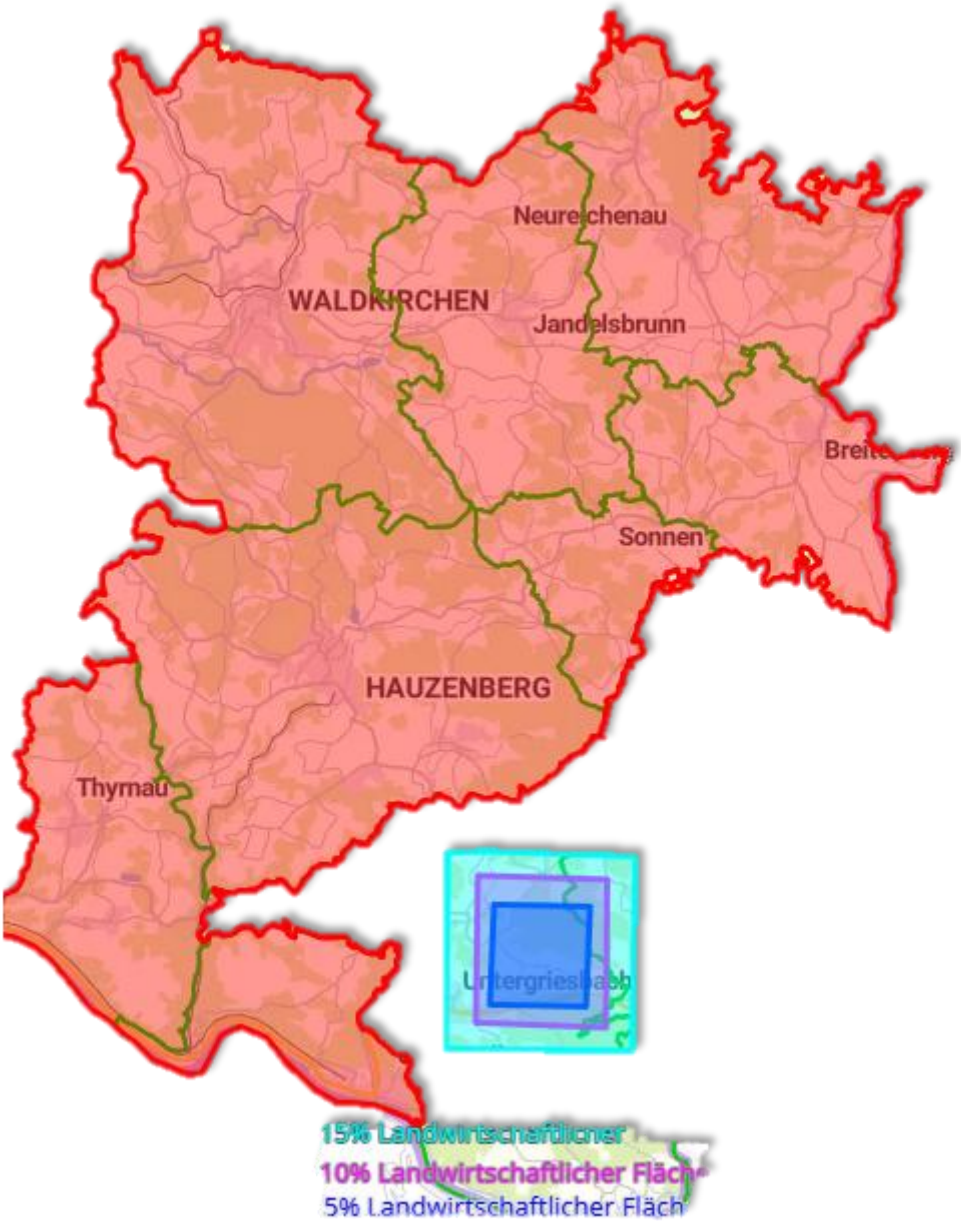


Abbildung 23: Darstellung der 5%, 10%, 15% auf das Gebiet; Quelle: Energieatlas Bayern

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden theoretisch hohe Flächenanteile von 15 %, 10 % und 5 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen angesetzt, um das maximale mögliche Erzeugungspotenzial erneuerbarer Energien aufzuzeigen. In der praktischen Umsetzung ist die Nutzung dieser Flächen jedoch durch landwirtschaftliche Bewirtschaftung, Naturschutzvorgaben und Akzeptanzfragen deutlich eingeschränkt. Das Zielszenario und der Maßnahmenkatalog berücksichtigen daher realistisch verfügbare Flächen, die durch energetische Sanierungen, dezentrale Lösungen und Clusterbetrachtungen optimiert werden, um Synergien zu nutzen und den tatsächlichen Flächenbedarf für erneuerbare Energieerzeugung zuverlässig abzuschätzen.

Geothermie – Kollektoren zentral:

Im Rahmen der Potenzialanalyse wird die **Erschließung von Erdwärme über Flächenkollektoren auf Freiflächen im Außenbereich** betrachtet. Im Gegensatz zu Erdwärmesonden liegen Flächenkollektoren in geringen Tiefen von **1 bis 3 Metern** im Erdreich und dienen als Wärmetauscher, die dem Boden Wärme entziehen. Die gewonnene Energie wird anschließend mithilfe von **Wärmepumpen** auf das benötigte Temperaturniveau für Heizzwecke angehoben.

Für die Analyse wurde eine **Bodentemperatur von 10 °C** angenommen, sowie eine **Entzugsleistung von 25 W/m²** gemäß VDI 4640 für die Versorgung über Wärmepumpen.

Auf Basis dieser Annahmen ergeben sich folgende Potenziale für die landwirtschaftlichen Flächen in der ILE Abteiland:

- **15 % der landwirtschaftlichen Fläche**: 580,01 MW × 1.800 Betriebsstunden → **1.044 GWh/a**, entspricht einem **Wärmedeckungspotenzial von rund 100 %**
- **10 % der landwirtschaftlichen Fläche**: 386,68 MW × 1.800 Betriebsstunden → **696 GWh/a**, entspricht einem **Wärmedeckungspotenzial von rund 66,7 %**
- **5 % der landwirtschaftlichen Fläche**: 193,34 MW × 1.800 Betriebsstunden → **384 GWh/a**, entspricht einem **Wärmedeckungspotenzial von rund 33,4 %**

Damit zeigt sich, dass die Nutzung von Flächenkollektoren auf landwirtschaftlichen Flächen in der ILE Abteiland ein **erhebliches Potenzial zur Wärmeversorgung** bietet und je nach Anteil der genutzten Fläche eine signifikante Deckung des regionalen Wärmebedarfs möglich ist.

Fazit – Geothermie zentrale Kollektoren:

Die Analyse zeigt, dass Flächenkollektoren auf landwirtschaftlichen Freiflächen ein erhebliches Potenzial für die Wärmeversorgung der ILE Abteiland bieten. Bereits die Nutzung kleiner Anteile der landwirtschaftlichen Fläche kann einen signifikanten Beitrag zur Deckung des regionalen Wärmebedarfs leisten: So könnten 5 % der Flächen rund 33 % des Bedarfs abdecken, 10 % rund 67 % und 15 % sogar nahezu den gesamten Wärmebedarf.

Damit stellen zentrale Flächenkollektoren eine flexible, nachhaltige und erneuerbare Wärmequelle dar, die besonders in landwirtschaftlich geprägten Regionen effektiv zur Wärmewende beitragen kann.

Geothermie – Sonden dezentral

Dezentrale Erdwärmesonden sind vertikale Bohrungen mit Tiefen von etwa 40 bis 100 Metern, in denen eine Wärmeträgerflüssigkeit (Sole) zirkuliert. Diese entzieht dem umgebenden Erdreich Wärme und transportiert sie zur Oberfläche, wo sie mithilfe einer Wärmepumpe auf ein für Heizzwecke nutzbares Temperaturniveau angehoben wird.

Im Vergleich zu oberflächennahen Systemen sind Erdwärmesonden weniger von saisonalen Temperaturschwankungen abhängig und benötigen weniger Fläche. Dadurch eignen sie sich besonders für dicht bebaute Gebiete oder Grundstücke mit begrenztem Platzangebot.

Die Effizienz der Anlagen wird maßgeblich durch die Bodenbeschaffenheit, die Bohrtiefe sowie eine fachgerechte Dimensionierung bestimmt.

Die Folgende Tabelle zeigt die Spezifische Wärmeentzugsleistung von Erdwärmesonden je Bodenart.

Tab. 1: Mögliche spezifische Entzugsleistungen von Erdwärmesonden (Tabelle nach VDI 4640 Blatt 2)		
Geologischer Untergrund	spezifische Entzugsleistungen in W/m	
	für 1800 h	für 2400 h
Kies, Sand, trocken	< 25	< 20
Kies, Sand, wasserführend	65 bis 80	55 bis 65
Kies, Sand mit starkem Grundwasser-fluss (nur für Einzelanlagen)	80 bis 100	80 bis 100
Ton, Lehm, feucht	35 bis 50	30 bis 40
Kalkstein (massiv)	55 bis 70	45 bis 60
Sandstein	65 bis 80	55 bis 65
saure Magmatite (z. B. Granit)	65 bis 85	55 bis 70
Gneis	70 bis 85	60 bis 70

Tabelle 10: Entzugsleistungen

Für die Ermittlung des Potenzials der **„Geothermie – Sonden dezentral"** wurden drei Szenarien entwickelt, die unterschiedliche Anteile von Gebäuden mit Erdwärmesonden berücksichtigen:

- **Szenario 1 (100 %)**: Jede Einheit erhält eine Bohrung – maximale theoretische Ausnutzung des Potenzials ohne Berücksichtigung praktischer Einschränkungen.
- **Szenario 2 (75 %)**: 75 % der Gebäude erhalten eine Bohrung – realistisches, aber ambitioniertes Potenzial.
- **Szenario 3 (50 %)**: 50 % der Gebäude erhalten eine Bohrung – moderates Potenzial für die am besten geeigneten Gebäude.

Die Berechnung basiert auf einer **Bohrtiefe von 100 m**, **1.800 Betriebsstunden pro Jahr** und einer **spezifischen Wärmeentzugsleistung von 45 W/m**. Die Szenarien liefern differenzierte Aussagen über das Potenzial, wobei neben geologischen und baulichen Bedingungen auch wirtschaftliche und praktische Aspekte berücksichtigt werden.

Die ermittelten Werte je Szenario:

Szenario	Szenario 1 (100%)	Szenario 2 (75%)	Szenario 3 (50%)
Anzahl Bohrungen	43.398	32.549	21.699
Potenzial in MWh/a	351.523	263.646	175.761
Wärmedeckungspotenzial	33,7 %	25,3 %	16,8 %

Tabelle 11: Wärmedeckungspotenzial der jeweiligen Szenarien

Fazit – Geothermie Sonden dezentral

Die Analyse zeigt, dass dezentrale Erdwärmesonden ein erhebliches Potenzial für die Wärmeversorgung von Gebäuden bieten. Unter optimalen Bedingungen (Szenario 1) könnten bis zu **33,7 % des Wärmebedarfs** durch Erdwärme gedeckt werden. Realistisch betrachtet (Szenario 2 und 3) liegt das Potenzial zwischen **16,8 % und 25,3 %**, abhängig von der Anzahl der Bohrungen und der Eignung der Gebäude. Damit stellen Erdwärmesonden eine **effiziente und flächensparende Option** dar, insbesondere für dicht bebaute oder platzbegrenzte Grundstücke, und können einen wichtigen Beitrag zur **lokalen Energiewende** leisten.

Geothermie – Sonden zentral

Im Rahmen der Potenzialanalyse „Geothermie – Sonden zentral" wird die Wärmegewinnung über zentrale Erdwärmesondenfelder betrachtet. Ein Sondenfeld besteht aus mehreren vertikalen Bohrungen (40–100 m), in denen Sole zirkuliert und Wärme aus dem Erdreich aufnimmt. Die gewonnene Wärme wird über eine zentrale Wärmepumpe auf ein nutzbares Temperaturniveau für Heizzwecke gebracht.

Zentrale Sondenfelder ermöglichen eine effiziente Nutzung der Erdwärme, da mehrere Sonden gebündelt betrieben werden können. Sie eignen sich besonders für größere Gebäude oder Nahwärmenetze. Die Effizienz hängt von geologischen Bedingungen, Bohrtiefe und korrekter Dimensionierung ab.

Für die Berechnung des theoretischen Potenzials in der ILE Abteiland wurden 15 %, 10 % und 5 % der landwirtschaftlichen Fläche als nutzbar angenommen. Unter der Annahme eines orthogonalen Rasters mit 10 m Bohrabstand lässt sich daraus die maximale Anzahl der Bohrungen bestimmen.

Somit lässt sich folgende Formel ableiten:

$$n = \frac{A}{s^2}$$

n = Anzahl Bohrungen

A = Nutzbare Freiflächen

s = ist der benötigte Bohrabstand von 10 m

- ⇨ $n = \frac{18{,}411}{10^2} \cdot \frac{10^6 m}{m}$
- ⇨ $\frac{A}{100}$
- ⇨ = 232.000 Bohrungen bei 15 % der Landwirtschaftlichen Fläche
- ⇨ = 154.670 Bohrungen bei 10 % der Landwirtschaftlichen Fläche
- ⇨ = 77.340 Bohrungen bei 5 % der Landwirtschaftlichen Fläche

Diese Berechnung basiert auf der Annahme einer idealisierten quadratischen Fläche. In der Realität setzt sich die verfügbare Fläche aus einzelnen Grundstücken mit unterschiedlichen Geometrien zusammen. Aufgrund dieser Heterogenität in der Flächenverteilung und -nutzung kann die tatsächlich realisierbare Anzahl an Bohrungen von der theoretischen Berechnung abweichen.

Für die Berechnung des Potenzials wird anschließend noch eine Bohrtiefe von 100 m und eine spezifische Wärmentzugsleistung des Bodens von 45 W/m angenommen.

Die Wärmeleistung einer Sondenanlage ergibt sich durch die Multiplikation der Sonden Länge und der spezifischen Entzugsleistung des Bodens. In diesem Fall 100 m * 45 W/m = 4.500 W pro Sonde 4.500 W * 232.200 = 1.044 MW. Im Anschluss muss man die Betriebsstunden (Annahme 1800 h) noch Multiplizieren ➔ 1.879.200 MWh/a

Somit hat „Geothermie - Sonden dezentral" ein Potenzial:

Bei 15 % der Landwirtschaftlichen Fläche von rund 1.879.200 MWh/a. Was einen Wärmedeckungspotenzial von 180,1% ergibt.

Bei 10 % der Landwirtschaftlichen Fläche von rund 1.252.827 MWh/a. Was einen Wärmedeckungspotenzial von 120,1% ergibt.

Bei 5 % der Landwirtschaftlichen Fläche von rund 626.454 MWh/a. Was einen Wärmedeckungspotenzial von 60,1% ergibt.

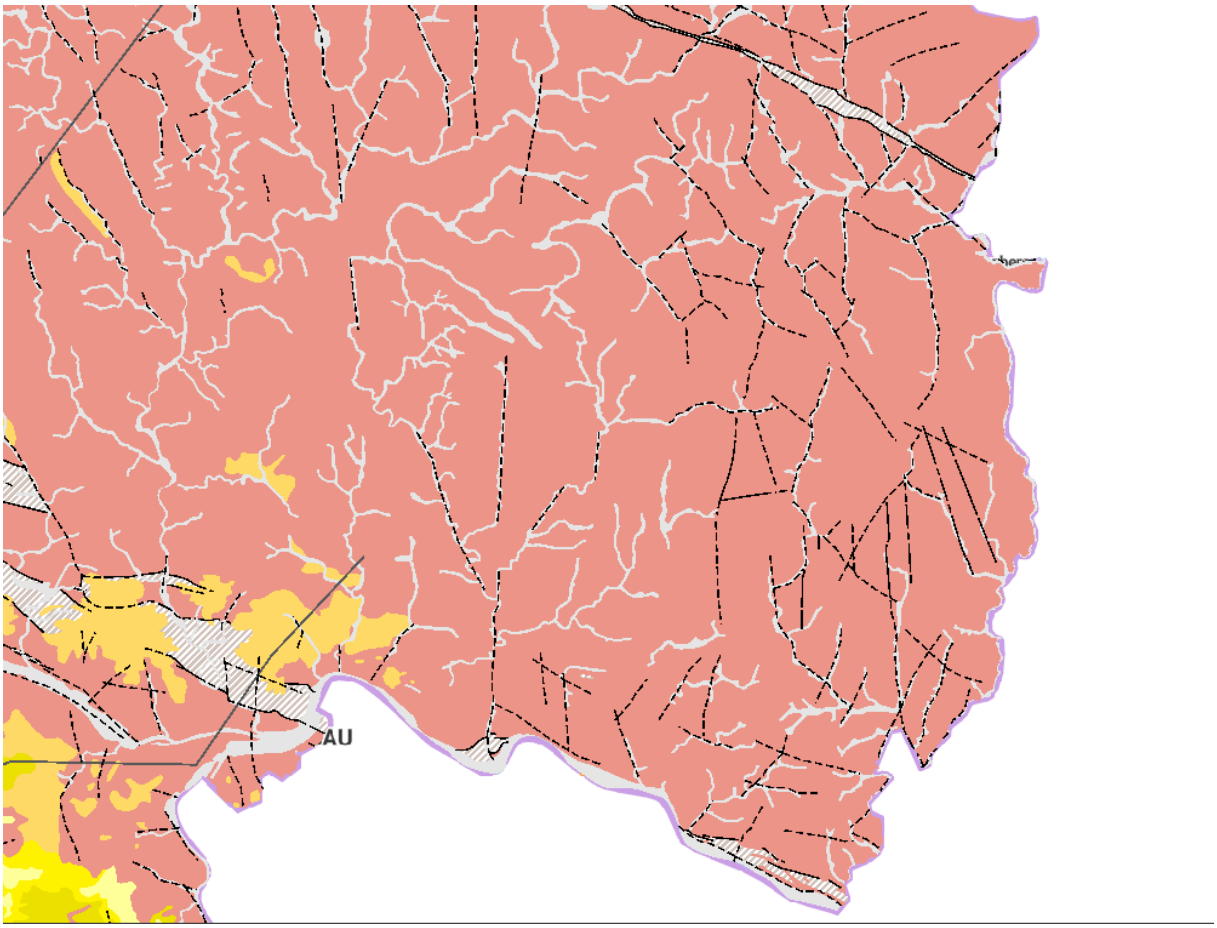
Fazit – Geothermie über zentrale Sondenfelder

Die Analyse zeigt, dass zentrale Erdwärmesondenfelder in der ILE Abteiland ein erhebliches theoretisches Potenzial zur Wärmeversorgung besitzen. Selbst bei der konservativen Annahme von nur 5 % der landwirtschaftlichen Fläche könnten rund 626.000 MWh/a bereitgestellt werden, was etwa 60 % des Wärmebedarfs deckt. Bei 10 % bzw. 15 % der Fläche steigt das Potenzial auf 1,25 MWh/a (120 %) bzw. 1,88 MWh/a (180 %), wodurch theoretisch der gesamte Wärmebedarf mehr als gedeckt werden könnte.

Aufgrund der heterogenen Grundstücksgeometrien und realen Flächenverfügbarkeit ist in der Praxis allerdings mit einer geringeren Anzahl an Bohrungen zu rechnen. Dennoch zeigt die Analyse, dass zentrale Sondenfelder insbesondere für größere Gebäudekomplexe oder Nahwärmenetze eine effiziente, flächensparende und zukunftsfähige Option für die lokale Wärmeversorgung darstellen.

Geothermie – Grundwasser

Grundwasser kann als Umweltwärmequelle für Wärmepumpen genutzt werden, entweder zentral über Großwärmepumpen in Wärmenetzen oder dezentral in einzelnen Gebäuden. Das abgekühlte Wasser wird anschließend über Injektionsbrunnen wieder in den Untergrund zurückgeführt. Für die Nutzung sind die hydrogeologischen Gegebenheiten entscheidend, insbesondere der Grundwasserleitertyp, die Gesteinsdurchlässigkeit, die hydraulische Situation (Flurabstand, Fließrichtung) sowie die Mächtigkeit des Grundwassers.



Hydrogeologie

digitale Hydrogeologische Karte 1:100.000 (dHK100)

dHK100 Stützpunkte Grundwassergleichen

dHK100 Stützpunkte Grundwassergleichen

- Quartär (Täler)
- Tertiär

dHK100 Grundwassergleichen

- Quartär, oberflächennah verbreitet
- Quartär, vermutet und/oder überdeckt bzw. tiefer liegend
- Tertiär, oberflächennah verbreitet
- Tertiär, vermutet und/oder überdeckt bzw. tiefer liegend
- Tertiär (Ortenburger Schotterabfolge), oberflächennah verbreitet
- Tertiär (Ortenburger Schotterabfolge), vermutet und/oder überdeckt bzw. tiefer liegend

dHK100 Störungen

- Störung
- Störung, vermutet
- Störung, im tieferen Untergrund

dHK100 Profilschnitte

- Profillinie

dHK100 Deckschichten

- Deckschicht aus Lockergestein (bindig) mit äußerst geringer bis sehr geringer Porendurchlässigkeit
- Deckschicht aus Lockergestein (nicht bindig) mit mäßiger bis sehr hoher Porendurchlässigkeit
- Deckschicht aus Lockergestein mit (stark) variabler Porendurchlässigkeit bzw. gering mächtig und/oder lückenhaft
- Deckschicht aus Lockergesteinen mit hohem Wasserspeichervermögen, jedoch geringen Durchlässigkeiten (Moore)
- Bereiche besonders tiefgründiger Verwitterung (Zersatzdecken bis 30 m)

dHK100 Hydrogeologische Einheiten

Hydrogeologische Einheiten

- Quartär (fluviatile Ablagerungen)
- Flussschotter und -sande (Südbayern)
- Flussschotter und -sande mit höherem Feinkornanteil (Nordbayern)
- Flussschotter und -sande mit höherem Feinkornanteil (Südbayern)
- Bach- oder Flussablagerungen mit hohem Feinkornanteil (Südbayern)
- Schotter und Sande des intrakristallinen Tertiärs
- Sedimente der Tertiärbuchten und Feinsedimente des intrakristallinen Tertiärs
- Jüngere Obere Süßwassermolasse (Hangendserie, Mischserie, Moldanubische Serie, Obere Serie)
- Südliche Vollschotter
- Quarzrestschotter
- Nördliche Vollschotterabfolge
- Fluviatile Süßwasserschichten
- Limnische Untere Serie
- Ortenburger Schotterabfolge
- Obere Brackwasser-/Ältere Obere Süßwassermolasse (Obere Brackwassermolasse + Limnische Untere Serie/Limnische Süßwasserschichten)
- Glaukonitsande und Blättermergel
- Neuhofener Schichten
- Oberkreide, ungegliedert
- Jura, ungegliedert
- Saure bis intermediäre Plutonite
- Saure bis intermediäre Gänge
- Saure bis intermediäre Metamorphite, katazonal (Gneise, Granulite)
- Basische Metamorphite
- Homogenisierte Ultrametamorphite mit granitischem Gefüge (Diatexite)
- Tektonite

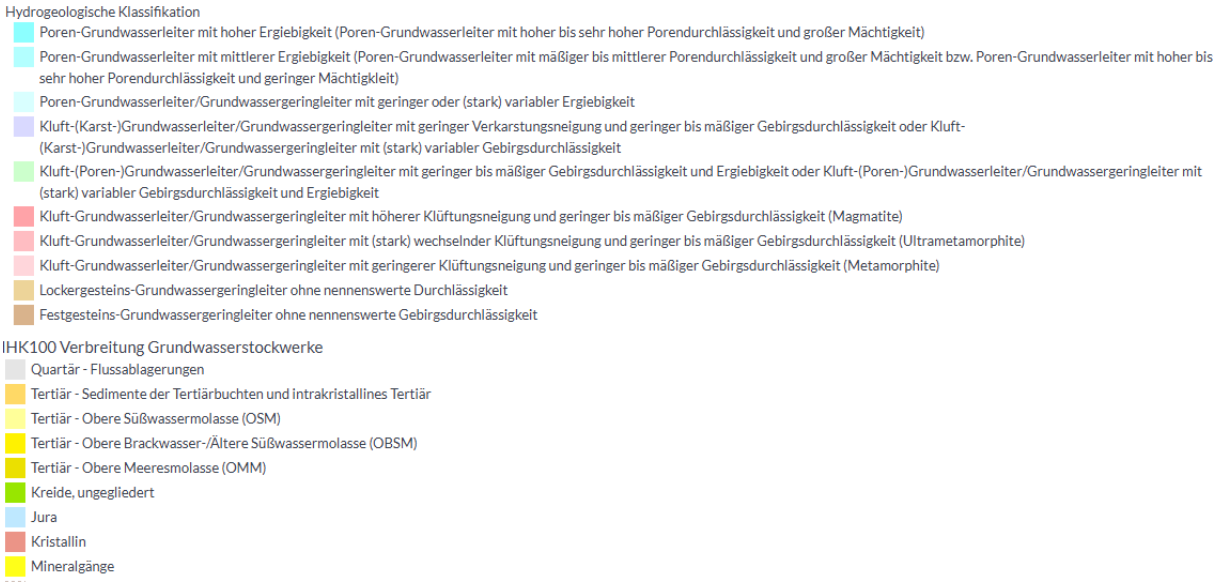


Abbildung 24: Darstellung hydrogeologischen Einheiten; Quelle: Umweltatlas Bayern

Ein großer Teil der **ILE Abteiland** liegt im hydrogeologischen Bereich des **kristallinen Grundgebirges**, das aus Graniten, Gneisen, Granodioriten und Gangmagmatiten besteht. Das Grundgebirge ist hydraulisch sehr heterogen und weist überwiegend eine geringe Grundwasserführung über Klüfte und Störungen auf, mit einer mittleren Transmissivität von etwa $2{,}0 \cdot 10^{-5}$ m²/s. Der Kluftanteil liegt zwischen 0,1 und 2 %.

Die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen gestaltet sich in diesem Gebiet herausfordernd: Geringe Ergiebigkeit, stark variierende hydraulische Eigenschaften und die hohe Gesteinsfestigkeit beeinflussen sowohl die Effizienz als auch die Installationskosten. In lokal stärker geklüfteten Bereichen oder entlang von Störungszonen können jedoch bessere Bedingungen auftreten. Zusätzlich müssen Wasserchemie und Tiefenabhängigkeit berücksichtigt werden. Stimulationsmaßnahmen zur Verbesserung der Wasserführung bergen das Risiko induzierter Seismizität.

Für die Planung ist eine sorgfältige standortspezifische Untersuchung unerlässlich. Auf Basis geologischer und hydrologischer Daten sowie digitaler Geländemodelle wurde eine Karte erstellt, die die Entzugsleistung von Grundwasserwärmepumpen in Brunnenpaaren abschätzt.

Abbildung 25: Entzugsleistung bei Brunnen – potenzielle Flächen; Quelle: Energieatlas Bayern

Die potenziell nutzbare Fläche für Grundwasserwärme wurde mithilfe eines Polygonzugs aus der Karte des Energieatlas ermittelt. Zur Vereinfachung wird die Fläche wie bei der Analyse „Geothermie – Sonden zentral" als Quadrat angenommen. Die Anzahl der Bohrungen pro Seite ergibt sich aus der Division der Seitenlänge durch den Bohrabstand (10 m bzw. 100 m). Unter der Annahme eines orthogonalen Rasters ergibt sich die Gesamtzahl der Bohrungen als Produkt der Bohrungen in x- und y-Richtung. Da Grundwasserwärme in Brunnenpaaren entnommen wird, wird die Gesamtzahl der Bohrungen durch zwei geteilt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt das Grundwassernutzungspotenzial sowie die geschätzte Anzahl möglicher Brunnenpaare je Gemeinde unter Berücksichtigung der Bohrabstände laut Bayrischem Landesamt für Umwelt (LfU).

Gemeinde	Fläche in km²	Anzahl der Brunnenpaare bei einem Abstand von 10 m	Anzahl der Brunnenpaare bei einem Abstand von 100 m
Breitenberg	3,27	32.700	327
Hauzenberg	8,01	80.100	801
Jandelsbrunn	4,51	45.100	451
Neureichenau	6,37	63.700	637
Obernzell	2,13	21.300	213
Sonnen	0,73	7.300	73
Thyrnau	3,66	36.600	366
Waldkirchen	9,83	98.300	983
Gesamt	38,51	385.100	3.851

Tabelle 12: Anzahl der Brunnenpaare pro Gemeinde

Die folgende Tabelle zeigt die flächenanteilig ermittelte Entzugsleistung pro Brunnenpaar je Gemeinde und das daraus resultierende Wärmepotenzial.

Gemeinde	Entzugsenergie pro Brunnenpaar in GWh/a (Abstand 10 m)	Entzugsenergie pro Brunnenpaar in GWh/a (Abstand 100 m)	Wärmepotenzial in GWh/a (Brunnen Abstand von 10 m)	Wärmepotenzial in GWh/a (Brunnen Abstand von 100 m)
Breitenberg	11.445	114,5	11.445	114,5
Hauzenberg	28.035	280,4	28.035	280,4
Jandelsbrunn	15.785	157,9	15.785	157,9
Neureichenau	22.295	223,0	22.295	223
Obernzell	7.455	74,6	7.455	74,6
Sonnen	2.555	25,6	2.555	25,6
Thyrnau	12.810	128,1	12.810	128,1
Waldkirchen	34.405	344,1	34.405	344,1
Gesamt	134.785	1.348	134.785	1.348

Tabelle 13: Entzugsenergie pro Gemeinde

Daraus ergibt sich ein Wärmedeckungspotenzial von 27 % bei einem Brunnenabstand von 10 m und ein Wärmedeckungspotenzial von 0,27 % bei einem Abstand von 100 m. Jedoch ist die vorliegende hydrologische Einheit „Homogenisierte Ultrametamorphite mit granitischem Gefüge (Diatexite)", wie zuvor ausführlich erläutert, nicht prädestiniert für die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen.

Fazit – Grundwasser:

Die Analyse der ILE Abteiland zeigt, dass ein großer Teil der Fläche im Kristallinen Grundgebirge liegt, insbesondere in der hydrogeologischen Einheit „Homogenisierte Ultrametamorphite mit granitischem Gefüge (Diatexite)". Diese Einheit weist nur eine geringe Grundwasserführung, niedrige Transmissivität und einen sehr niedrigen Kluftanteil auf, was die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen stark einschränkt.

Theoretisch ergibt die Potenzialabschätzung für Brunnenpaare:

- Bei einem Brunnenabstand von 10 m könnte bis zu ~27 % des Wärmebedarfs der ILE Abteiland gedeckt werden.
- Bei einem Abstand von 100 m sinkt das Potenzial auf unter 1 %.

In der Praxis ist das nutzbare Wärmepotenzial deutlich geringer, da die hydrogeologischen Bedingungen die Entzugsleistung stark begrenzen. Insbesondere die geringe Ergiebigkeit, die heterogenen hydraulischen Eigenschaften und die hohe Gesteinsfestigkeit erschweren die wirtschaftliche und effiziente Nutzung.

Schlussfolgerung:
Die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen in der ILE Abteiland ist nur sehr eingeschränkt möglich. Eine standortspezifische Untersuchung ist zwingend erforderlich, um geeignete Standorte zu identifizieren, wobei alternative regenerative Wärmequellen wie Erdwärmesonden oder oberflächennahe Geothermie möglicherweise effizienter und wirtschaftlicher sind.

Tiefengeothermie

Tiefengeothermie nutzt die im tiefen Untergrund gespeicherte Wärme in Tiefen von mehreren hundert bis mehreren tausend Metern. Aufgrund der hohen Temperaturen eignet sie sich für großflächige Wärmeversorgung, industrielle Anwendungen, Nahwärmenetze und – bei ausreichend heißen Reservoiren – auch für die Stromerzeugung.

Es werden zwei Verfahren unterschieden:

- Hydrothermale Geothermie: Nutzung von Heißwasser-Aquiferen über mindestens zwei Bohrungen (Dublette). Das Wasser kann direkt oder über Wärmepumpen genutzt werden; bei Temperaturen über ca. 80 °C ist auch Stromerzeugung möglich.
- Petrothermale Geothermie (Enhanced Geothermal Systems, EGS): Nutzung der im Gestein gespeicherten Wärme, z. B. in Granitgesteinen. Natürliche oder künstliche Risse werden hydraulisch aktiviert, um Wärme über ein geschlossenes Wassersystem zu gewinnen.

In Bayern sind hydrothermale Ressourcen vor allem im Süden verfügbar, petrothermale Reservoire sind meist schwer abschätzbar, da Daten zu Gesteinsformationen, Störungszonen und thermischen Eigenschaften fehlen.

Für das ILE Abteiland gilt: Das Gebiet liegt weder im Fränkischen Becken noch im Südbayerischen Molassebecken – den Regionen mit voraussichtlich guten Tiefengeothermiebedingungen. Daher ist das Nutzungspotenzial sehr gering und eine konkrete Bewertung nur mit detaillierten geologischen und thermodynamischen Untersuchungen möglich.

Das Südbayrische Molassebecken:

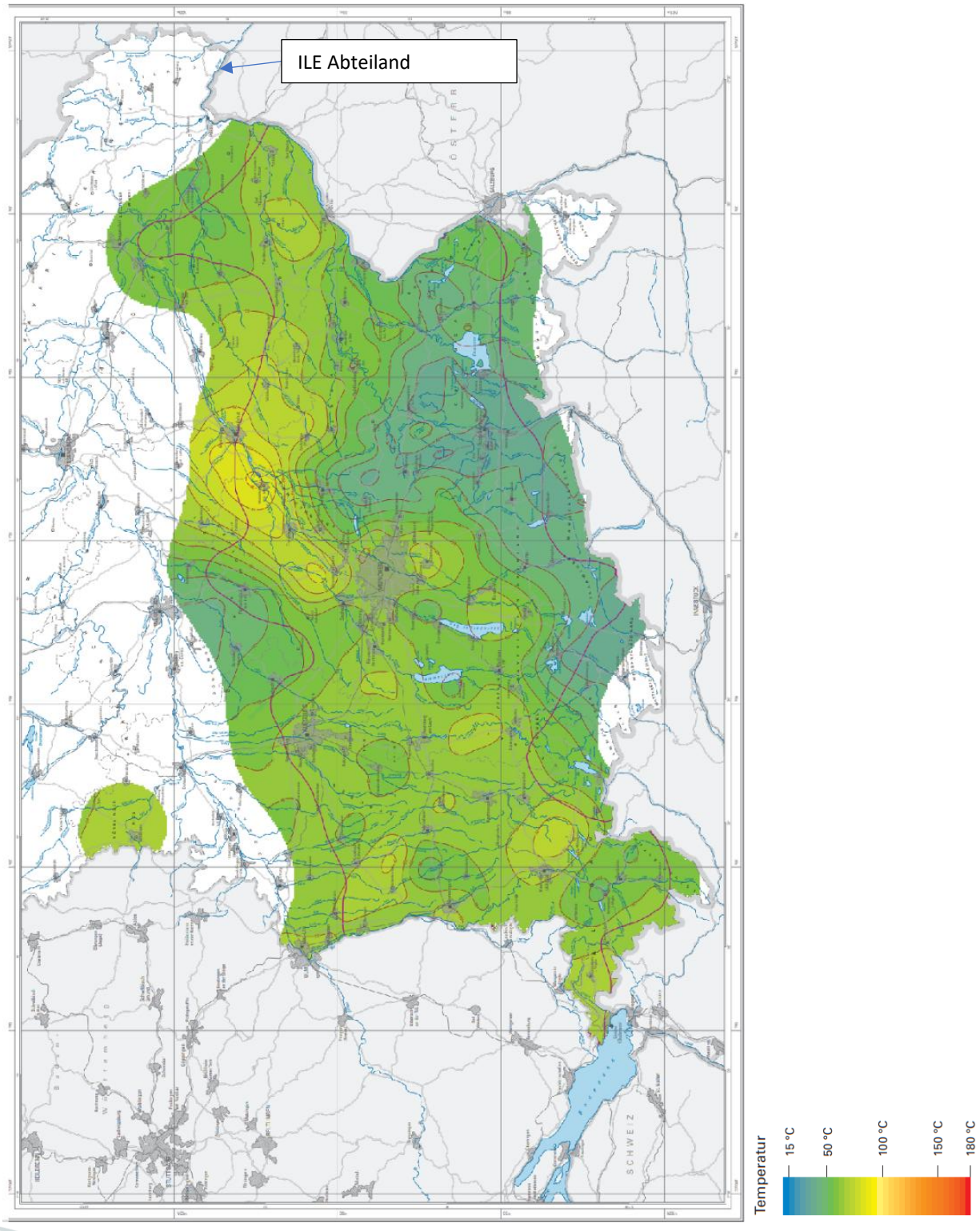


Abbildung 26: Geothermie Atlas; Quelle: Bayrischer Geothermieatlas, Landesamt für Umwelt

Die Abbildung zeigt den Untergrundtemperatur in 1000 m unter NHN.

Die Abbildung zeigt die Untergrundtemperatur in 1.000 m Tiefe unter NHN. In Nordbayern ist das hydrothermale Potenzial nur gering ausgeprägt. Alternativ könnte das petrothermale Potenzial der Festgesteine genutzt werden, das grundsätzlich deutlich höhere Energiemengen für Wärme- und Stromerzeugung erschließt als die hydrothermale Geothermie. Bisher existieren jedoch noch keine wirtschaftlich realisierten Projekte in diesem Bereich.

Quelle: Bayrischer Geothermieatlas, Landesamt für Umwelt

Link: Tiefengeothermie - Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Fazit Tiefengeothermie:

Die Tiefengeothermie bietet grundsätzlich Potenzial für die Gewinnung von Wärme und Strom aus tiefengeologischen Formationen. Für die ILE Abteiland ist das hydrothermale Potenzial jedoch sehr gering, da geeignete Thermalwasseraquiferen kaum vorhanden sind. Auch die Nutzung petrothermaler Systeme in Festgesteinen ist aufgrund fehlender Daten zur Geologie, Störungszonen und thermodynamischen Leitfähigkeit sowie bisher nicht realisierter Projekte wirtschaftlich und technisch unsicher. Somit kann Tiefengeothermie in ILE Abteiland derzeit nur als theoretisches Potenzial betrachtet werden, eine praktische Umsetzung ist kurzfristig nicht realistisch.

Solarthermie:

Solarthermie – dezentral

Dezentrale Solarthermieanlagen bestehen aus Solarkollektoren, die auf Dächern oder Fassaden installiert werden, um Sonnenenergie direkt in Wärme umzuwandeln. Die Kollektoren verfügen über spezielle Absorberflächen, die die Sonnenstrahlung aufnehmen und in thermische Energie umwandeln. Die erzeugte Wärme wird in einem Pufferspeicher gespeichert und kann sowohl für die Warmwasserbereitung als auch zur Unterstützung der Heizung genutzt werden.

Die Vorteile dezentraler Solarthermie liegen unter anderem in:

- erhöhter Energieautarkie und Unabhängigkeit,
- einfacher Integration in bestehende Gebäude,
- Nutzung im gesamten BISKO-Sektor,
- Zugriff auf verschiedene Förderprogramme.

Die folgende Abbildung zeigt das Potenzial der dezentralen Solarthermie und stellt baublockbezogen dar, welchen Anteil des eigenen Wärmebedarfs eine Solaranlage theoretisch decken kann.

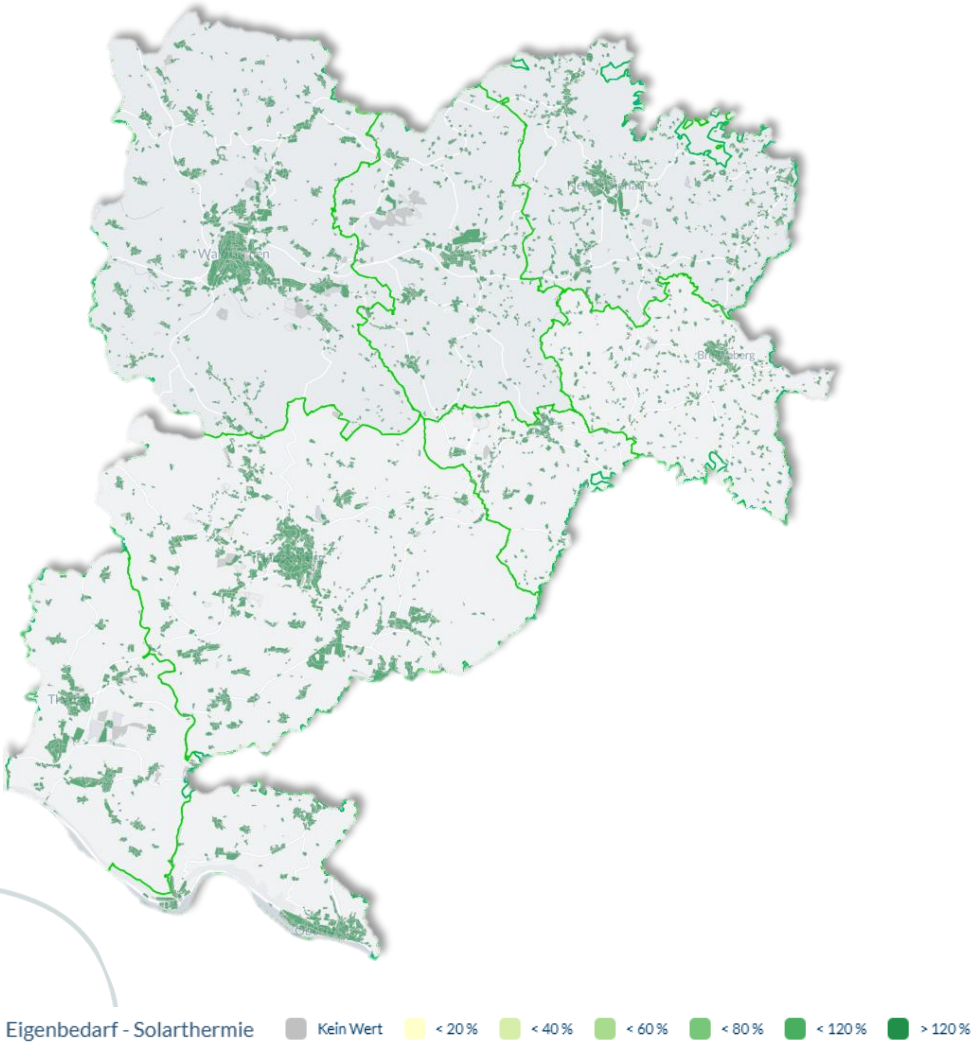


Abbildung 27: Eigenbedarf Solarthermie

Aus dieser Abbildung lässt sich das große Potenzial der dezentralen Solarthermie in Abteiland ableiten, da die meisten Baublöcke mehr als 120 % ihres Eigenverbrauchs durch Solarthermieanlagen auf ihren Dächern erzeugen können.

Die Dachflächen, Ausrichtung, Dachform, Dachaufbauten und geografische Lage wurden gebäudescharf von der INFAS 360 GmbH bereitgestellt und in die Berechnung mit einbezogen.

Fazit – Dezentrale Solarthermie:

Die Potenzialanalyse zeigt, dass die dezentrale Solarthermie auf den Dächern der Gebäude in der ILE Abteiland eine besonders hohe energetische Relevanz hat. Die meisten Baublöcke könnten ihren Eigenverbrauch vollständig oder sogar zu über 120 % durch Solarthermieanlagen decken. Damit stellt die Nutzung von Solarthermie auf allen geeigneten Gebäuden eine effiziente, umweltfreundliche und sofort umsetzbare Möglichkeit dar, den Wärmebedarf der Region zu reduzieren. Die tatsächliche Umsetzung hängt dabei von baulichen Gegebenheiten wie Dachfläche, Ausrichtung und Aufbau sowie von wirtschaftlichen und organisatorischen Faktoren ab.

Solarthermie – zentral

Zentrale Solarthermieanlagen werden überwiegend als Freiflächenanlagen realisiert und können große Wärmemengen in ein Wärmenetz einspeisen. Neben der direkten Versorgung von Gebäuden können solche Anlagen auch zur Regeneration von Kaltwärmenetzen oder zur Effizienzsteigerung von Erdwärmesonden beitragen. Überschüssige Wärme, die vor allem in den Sommermonaten erzeugt wird, kann in Groß- oder saisonalen Speichern zwischengespeichert werden. So lässt sich der Wärmedeckungsanteil über das Jahr erhöhen, indem die gespeicherte Energie bei Bedarf direkt genutzt oder mittels Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau des Netzes angehoben wird.

Zur Ermittlung des Wärmepotenzials werden Wärmebedarf und Bereitstellungspotenzial bilanzierend gegenübergestellt. Durch die Verwendung von Monatsbilanzen lassen sich die zeitlichen Unterschiede zwischen Erzeugung und Verbrauch präzise abbilden. Für die Flächenwahl der Freiflächenanlagen können grundsätzlich die gleichen Flächen wie für geothermische Anlagen herangezogen werden. Für die Berechnung wird ein Wirkungsgrad von 60 % angesetzt, wie er für Vakuumröhrenkollektoren üblich ist.

Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau eines Vakuumröhrenkollektors (Quelle: solarnlage-ratgeber.de).

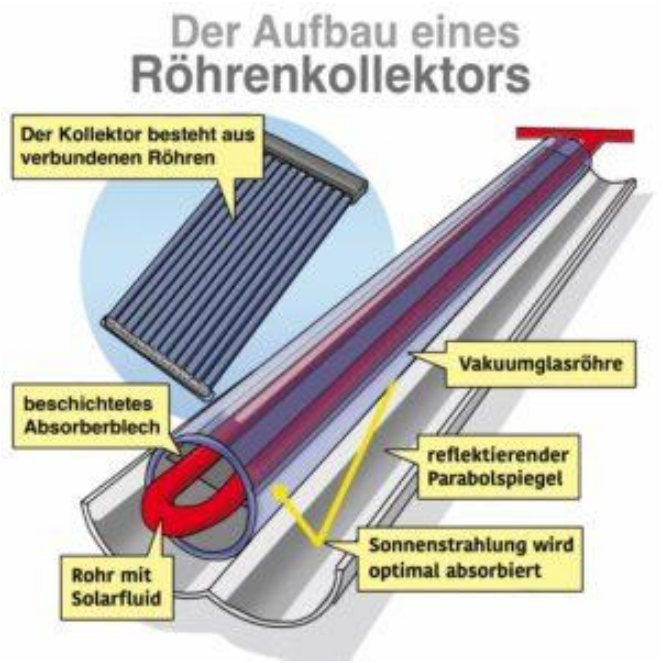


Abbildung 28: Aufbau eines Röhrenkollektors

Die folgende Tabelle zeigt die Globalstrahlung im Jahr 2024 in Kinzesberg (Nähe Abteiland) laut LfU.

Link: Globalstrahlung: Jahresgrafik Kinzesberg

Monat	Globalstrahlung in Summe Wh/m²	Wärmepotenzial auf 15 % der Lf. in GWh	Wärmepotenzial auf 10 % der Lf. in GWh	Wärmepotenzial auf 5 % der Lf. in GWh
Januar	28.028	390,16	260,10	130,05
Februar	39.278	546,76	364,5	182,25
März	91.849	1.278,56	852,37	426,19
April	127.062	1.768,74	1.179,16	589,58
Mai	156.297	2.175,70	1.450,47	725,23
Juni	168.635	2.347,44	1.564,96	782,48
Juli	175.517	2.443,25	1.628,83	814,42
August	165.217	2.299,87	1.533,25	766,62
September	99.729	1.388,25	925,50	462,75
Oktober	63.512	884,11	589,41	294,70
November	29.184	406,24	270,83	135,41
Dezember	24.690	343,69	229,13	114,56
Gesamt	1.168.996	16.272,78	10.848.,52	5.424,26

Tabelle 14: Globalstrahlung 2014 Standort Kinzesberg

Da in dieser Berechnung noch keine Abstandsflächen berücksichtigt wurden werden diese in folgender Tabelle mit einem Faktor von 0,7 mit einberechnet.

Monat	Wärmepotenzial auf 15 % der Lf. in GWh	Wärmepotenzial auf 10 % der Lf. in GWh	Wärmepotenzial auf 5 % der Lf. in GWh
Januar	273,11	182,07	91,04
Februar	382,73	255,15	127,58
März	894,99	596,66	298,33
April	1.238,12	825,41	412,71
Mai	1.522,99	1.015,33	507,66
Juni	1.643,21	1.095,47	547,74
Juli	1.710,27	1.140,18	570,09
August	1.609,91	1.073,27	536,64
September	971,78	647,85	323,93
Oktober	618,88	412,58	206,29
November	284,37	189,58	94,79
Dezember	240,59	160,39	80,20
Gesamt	11.390.,94	7.593,96	3.796,98

Tabelle 15: Wärmepotenzial auf die jeweiligen Flächen

Das theoretische Potenzial für „Zentrale Solarthermie" in ILE Abteiland ergibt sich wie folgt:

- Bei Nutzung von 15 % der landwirtschaftlichen Fläche: rund 11.391 GWh/a
- Bei Nutzung von 10 % der landwirtschaftlichen Fläche: rund 7.594 GWh/a
- Bei Nutzung von 5 % der landwirtschaftlichen Fläche: rund 3.797 GWh/a

In der Praxis ist dieses Potenzial jedoch nicht vollständig realisierbar, da in dieser vereinfachten Berechnung wichtige Einflussfaktoren unberücksichtigt bleiben:

- Verschattung durch Gebäude, Bäume oder andere Objekte
- Wärmeverluste in Leitungen und Speichern

Diese Aspekte führen dazu, dass das tatsächlich nutzbare Solarthermie-Potenzial deutlich geringer ausfallen würde.

Fazit – Zentrale Solarthermie:

Das theoretische Potenzial der zentralen Solarthermie in der ILE Abteiland ist erheblich, insbesondere durch die Nutzung größerer landwirtschaftlicher Flächen. Allerdings steht die gewonnene Solarwärme überwiegend in den Sommermonaten zur Verfügung, während der Hauptwärmebedarf der Gebäude in den Wintermonaten liegt.

Um die saisonale Differenz zwischen Erzeugung und Bedarf auszugleichen, wären große Wärmespeicher oder saisonale Speichersysteme notwendig. Ohne solche Speicher kann das Potenzial im Winter nur teilweise genutzt werden. Zusätzlich schränken praktische Faktoren wie Verschattung, Wärmeverluste in Leitungen und Speichern sowie die Flächenverfügbarkeit das realistisch nutzbare Potenzial weiter ein.

Insgesamt bleibt das Potenzial der zentralen Solarthermie in der ILE Abteiland daher vor allem theoretisch. Es kann nur unter optimalen Bedingungen und mit geeigneten Speichersystemen in einem begrenzten Maßstab realisiert werden.

Umweltwärme aus Gewässern

Durch die ILE Abteiland fließt die Donau, die ihren Ursprung im Schwarzwald hat und an der Gemeinde Obernzell vorbeiführt. Die Erlau entspringt in der Nähe von Hauzenberg und verläuft in südwestlicher Richtung. Auf ihrem Weg durchquert sie unter anderem die Orte Waldkirchen und Hauzenberg, bevor sie nach etwa 30 Kilometern bei Obernzell in die Donau mündet.

Diese Flüsse bieten die Möglichkeit, ihr Wärmepotenzial mittels Wärmepumpen zu nutzen. Wichtige Informationen zur Umsetzbarkeit sowie zur verfügbaren Leistung liefern unter anderem das Wasserwirtschaftsamt Deggendorf und der Gewässerkundliche Dienst Bayern, der Zeitreihen zu Pegelständen, Abflussmengen und Wassertemperaturen bereitstellt. Diese Daten sind sowohl für die Potenzialbewertung als auch für die Umsetzung gemäß den Vorgaben des Wasserwirtschaftsamtes erforderlich.

Für die Berechnung des Flusswasserpotenzials orientieren wir uns an bereits realisierten und geplanten Flusswärmepumpenprojekten. Dabei gehen wir von einer Wasserentnahme von 200 l/s sowie einer maximalen Abkühlung des Flusswassers um 5 °C aus.

Abfluss Ilzstadt /Donau

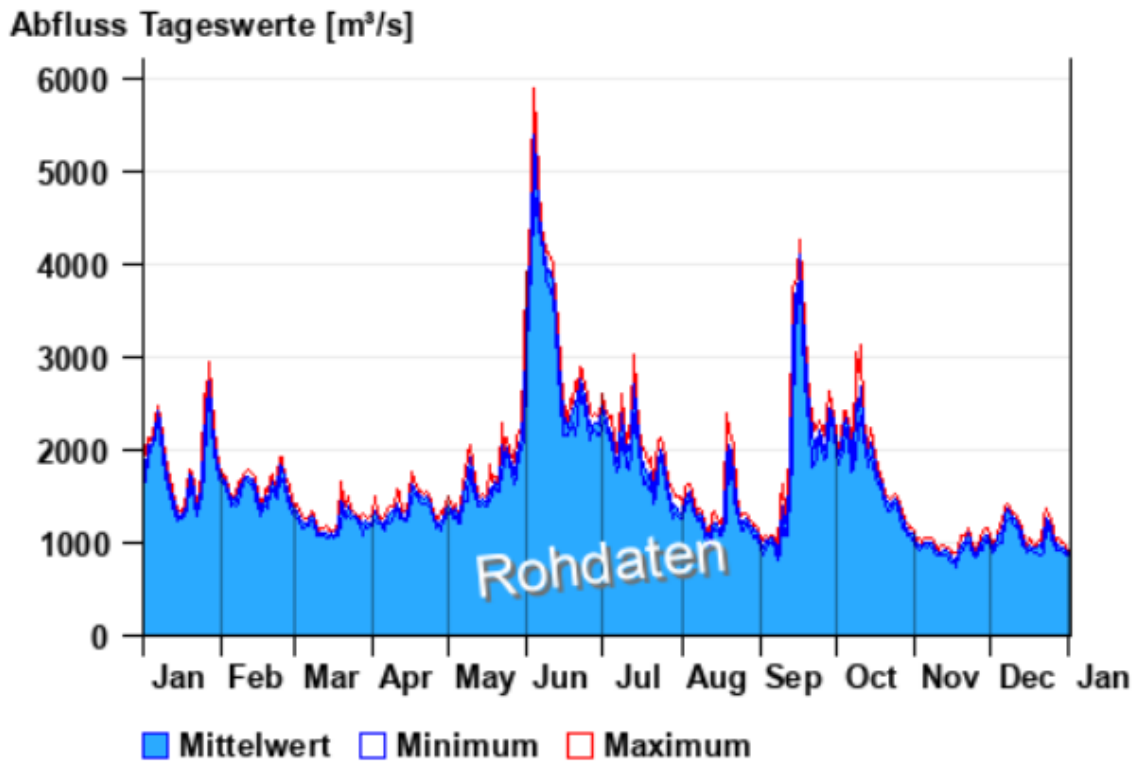


Abbildung 29: Abflussmenge der Donau; Quelle: Gewässerkundlicher Dienst Bayern

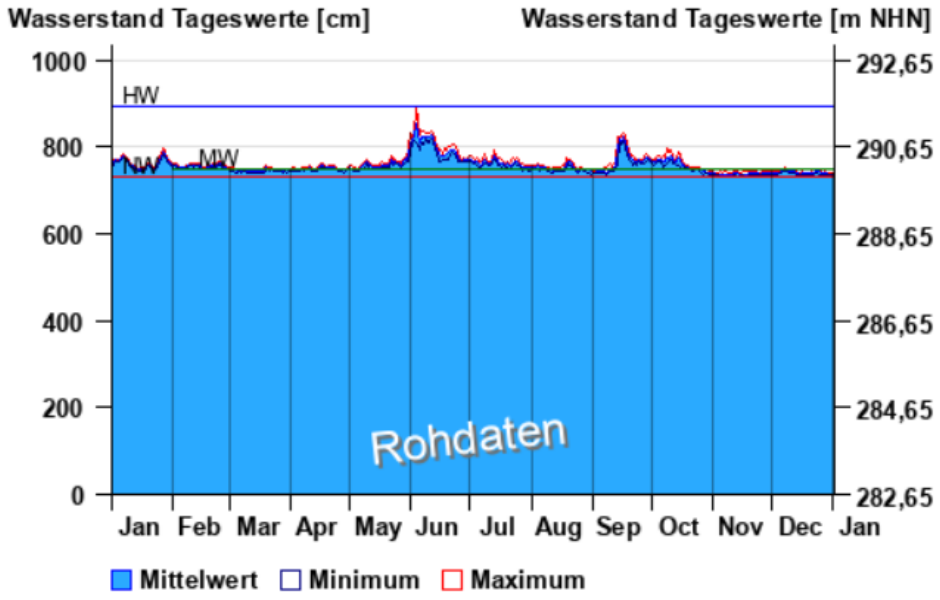


Abbildung 30: Wasserstand der Donau; Quelle: Gewässerkundlicher Dienst Bayern

Wassertemperatur

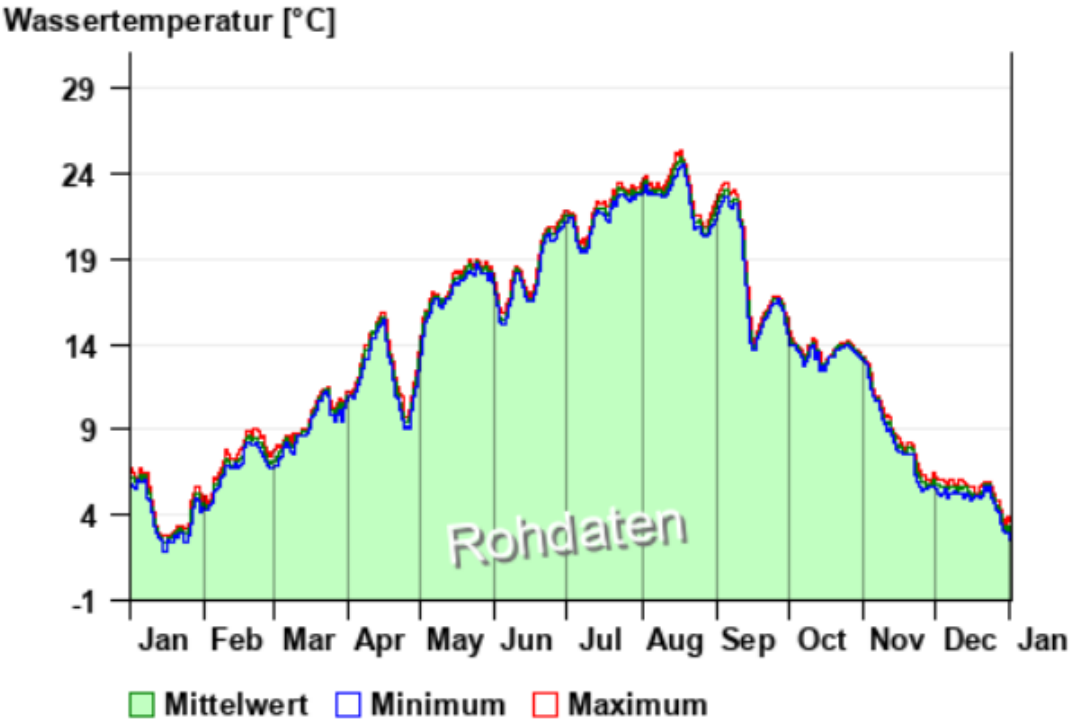


Abbildung 31: Wassertemperatur der Donau; Quelle: Gewässerkundlicher Dienst Bayern

Rechnung der Potenziellen Wärmeleistung des Ilz $Q° = m° * c_p * \Delta T$

- c_p = 4,18 kJ/kg*K
- ΔT = max. 5 K
- m° = Der Massenstrom von 200 l/s

Die folgende Tabelle zeigt die Monatsmittelwerte der möglichen Abkühlung und die daraus resultierenden Wärmeleistungen.

Monat	Mögliche Abkühlung im Mittel in K	Wärmeleistung in kW
Januar	0,54	453,07
Februar	2,06	1726,36
März	4,17	3489,23
April	4,95	4146,93
Mai	5,00	4186,00
Juni	5,00	4186,00
Juli	5,00	4186,00
August	5,00	4186,00
September	5,0	4186,00
Oktober	5,0	4186,00
November	3,19	2667,88
Dezember	0,45	378,18

Tabelle 16: Mögliche Abkühlungen des jeweiligen Monats

Da die Wasserentnahme nur bei Temperaturen über 5 °C erfolgen darf, ergeben sich anhand der Daten des Gewässerkundlichen Dienstes Bayern (bezogen auf 2024) folgende mögliche Betriebsstunden.

Monat	Mögliche Betriebsstunden	Potenzial in MWh
Januar	408	184,85
Februar	696	1201,55
März	744	2595,99
April	720	2985,79
Mai	744	3114,38
Juni	720	3013,92
Juli	744	3114,38
August	744	3114,38
September	720	3013,92
Oktober	744	3114,38
November	720	1920,87
Dezember	696	1920,87
Gesamt	8400	27.637,65

Tabelle 17: Berechnungen der Betriebsstunden des jeweiligen Potenzials

Das Wärmepotenzial der Donau beträgt rund 27.637 MWh/a pro Entnahmestelle, was ein Wärmedeckungspotenzial von 2,65% zur Folge hat.

Fazit – Umweltwärme aus Gewässern:

Das Wärmepotenzial der Donau bei Obernzell ist mit rund 27.637 MWh/a pro Entnahmestelle zwar vorhanden, kann jedoch nur einen geringen Anteil von etwa 2,65 % des gesamten regionalen Wärmebedarfs decken. Die Nutzung ist technisch möglich, erfordert aber Wärmepumpen und saisonale Speicher, um die ganzjährige Versorgung sicherzustellen. Insgesamt leistet die Donau somit einen begrenzten, aber stabilen Beitrag zur Wärmeversorgung der ILE Abteiland.

Technisch ist die Nutzung von Flusswasserwärme vor allem als LowEx-Lösung für Nahwärmenetze sinnvoll, da die Wassertemperaturen in der Regel nicht hoch genug für eine direkte Wärmeverteilung sind. Die Wärme muss daher über Wärmepumpen auf das benötigte Temperaturniveau angehoben werden, entweder zentral für ein Nahwärmenetz oder dezentral in einzelnen Gebäuden. Gleichzeitig begrenzen die saisonalen Schwankungen von Abfluss und Wassertemperatur die ganzjährige Nutzung, sodass Pufferspeicher oder Zwischenspeicher erforderlich sind, um Versorgungsspitzen auszugleichen.

Fazit: Obwohl das theoretische Wärmepotenzial der Donau beträchtlich ist, kann es in der Praxis nur eingeschränkt und unter Einsatz von Wärmepumpen genutzt werden.

Umweltwärme aus Abwasser

Die Nutzung von Abwasser als Wärmequelle ist grundsätzlich an drei Stellen möglich: innerhalb von Gebäuden mit hohem Abwasseranfall (z. B. Krankenhäuser, Hallenbäder), aus größeren Abwasserkanälen sowie direkt an Kläranlagen. Die Abwasserwärme lässt sich über Wärmetauscher zurückgewinnen und über Wärmepumpen auf nutzbare Temperaturniveaus anheben.

In der Praxis ist die Nutzbarmachung jedoch sehr aufwendig und stark eingeschränkt:

- Eine Abwasserwärmenutzung erfordert ausreichend große Mengen (z. B. Kanalstränge ≥ 0,8 m Durchmesser, über 10.000 Einwohnergleichwerte).
- Die Entfernung zwischen Wärmequelle und Nutzern sollte möglichst gering sein (max. 200 m für kleine Leistungen, bis 2 km für Großanlagen).
- Nach jeder Anlage muss eine „Erholungsstrecke" von ca. 2–3-facher Anlagenlänge eingeplant werden, um die thermische Regeneration zu gewährleisten.
- Abwasserkanäle und Kläranlagen in ILE Abteiland sind stark verteilt, die notwendigen Daten für genaue Berechnungen liegen nicht vor.

Aus diesen Gründen ist das theoretische Potenzial zwar vorhanden, aber praktisch nur sehr begrenzt nutzbar. Für die ILE Abteiland lässt sich daher feststellen, dass Abwasserwärme kein aussichtsreicher Beitrag zur kommunalen Wärmeversorgung darstellt.

B.5 Potenziale zur zentralen Wärmespeicherung

B.5.1 Ermittlung der vorhandenen Potenziale zur zentralen Wärmespeicherung

Um das Potenzial zur zentralen Wärmespeicherung zu ermitteln, muss zuerst geklärt werden welche Wärmemenge der ILE Abteiland in der Heizperiode benötigt dies erfolgt durch eine Prozentuale Aufteilung des Jahreswärmebedarfs nach Erfahrungswerten. Die folgende Tabelle zeigt diese Aufteilung ausgehend von einem Jahreswärmebedarf von 1.031,6 GWh/a.

Monat	Wärmebedarf in MWh
Januar	145.496
Februar	127.918
März	102.158
April	68.126
Mai	34.053
Juni	17.547
Juli	8.253
August	8.253
September	30.948
Oktober	77.370
November	102.158
Dezember	137.175

Tabelle 18: Berechnung des Wärmespeichers

Für die Dimensionierung eines zentralen Wärmespeichers wird der monatliche Wärmebedarf der ILE Abteiland dem Solarthermie-Potenzial gegenübergestellt. Das Solarthermie-Potenzial wurde gewählt, da es den größten Überschuss liefert, d.h. die meiste Wärme in einen fiktiven Großwärmespeicher eingespeist werden kann, und gleichzeitig die stärkste Fluktuation aufweist, während beispielsweise Geothermie eine relativ konstante Wärme liefert.

Die Fläche für das Solarthermie-Potenzial wurde so dimensioniert, dass der Wärmeüberschuss im Sommer ausreicht, um den Wärmebedarf über den Winter hinweg zu decken, sodass kein zusätzlicher Wärmespeicher erforderlich wäre. Die bilanzierte Kollektorfläche beträgt 23,2005 km² (15 % der landwirtschaftlichen Fläche), was einen Ertrag von ca. 13.920 GWh/a liefert.

Der Sommerüberschuss, der in den Monaten April bis September anfällt, beträgt ca. 500 GWh. Wird dieser Überschuss in einen saisonalen Großwärmespeicher eingespeist, der einen Wirkungsgrad von 90 % aufweist, kann die Wärme über den Winter genutzt werden.

Das „Potenzial zur zentralen Wärmespeicherung" zeigt somit, dass die ILE Abteiland über einen saisonalen Großwärmespeicher mit einer nutzbaren Speicherkapazität von ca. 450 GWh verfügt.

Die dafür benötigte Wassermenge kann mit der Formel $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$berechnet werden. Bei einer angenommenen Temperaturdifferenz von 80 K ergibt sich ein erforderliches Speicher-Volumen von etwa 4.849.000 m³. Zur Veranschaulichung könnte man den Speicher als Würfel darstellen, dessen Seitenlänge ca. 169 m beträgt.

Dieses Potenzial ist in der Praxis jedoch unrealistisch, zum Vergleich: Der größte Wärmespeicher in Deutschland (Berlin) besitzt eine Speicherkapazität von etwa 2,6 GWh. In dieser Berechnung wurden keine Verteilungsverluste berücksichtigt, und die Fläche von 23,2005 km² entspricht der reinen Kollektorfläche.

Fazit – Wärmespeicherung:

Die **ILE Abteiland** verfügt theoretisch über ein großes Potenzial für eine zentrale saisonale Wärmespeicherung durch Solarthermie. Im Sommer kann ein erheblicher Überschuss an Wärme erzeugt und für die Wintermonate gespeichert werden. Praktisch ist die Umsetzung eines Speichers mit der erforderlichen nutzbaren Kapazität von **ca. 450 GWh** jedoch unrealistisch: Der größte in Deutschland realisierte Wärmespeicher fasst lediglich **2,6 GWh**. Darüber hinaus wurden in der Berechnung weder Verteilungsverluste noch technische und wirtschaftliche Einschränkungen berücksichtigt. Das dargestellte Potenzial dient daher vor allem als **theoretischer Referenzwert** zur Abschätzung der möglichen Nutzung von Solarthermie Überschüssen über saisonale Speicher.

Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung

In der nachfolgenden Potenzialanalyse werden die verschiedenen Möglichkeiten zur erneuerbaren Stromerzeugung untersucht, insbesondere durch Photovoltaik und Windkraft. Dabei wird zwischen dezentraler Photovoltaik auf Dächern und zentraler Photovoltaik auf Freiflächen unterschieden. Zudem wird das Potenzial der Windkraft analysiert, um die bestmöglichen Standorte und Kapazitäten für eine nachhaltige Stromproduktion zu identifizieren. Ziel ist es, das Potenzial dieser Technologien zur Deckung des Strombedarfs und zur Reduktion von CO_2-Emissionen zu bewerten.

Photovoltaik – dezentral

Die Nutzung von Photovoltaik auf einzelnen Gebäuden stellt eine effiziente und unkomplizierte Möglichkeit dar, die Sektoren Wärme und Strom miteinander zu verknüpfen. Photovoltaik (PV) bezeichnet die Stromerzeugung durch Solarmodule, die in der Regel auf Dächern installiert werden. Der erzeugte Strom kann entweder direkt im Gebäude verwendet oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Bei einer direkten Nutzung des erzeugten Stroms kann auch eine Wärmepumpe betrieben werden, die mit erneuerbarem Strom klimaneutrale Wärme erzeugt. Aufgrund der fluktuierenden Stromproduktion von PV-Anlagen, die sich nach Tageszeit und Saison richtet, kann insbesondere in den kalten Wintermonaten, in denen der Wärmebedarf hoch ist, nur ein begrenzter Teil des für die Wärmepumpe benötigten Stroms durch die eigene PV-Anlage gedeckt werden.

Im Rahmen der Potenzialanalyse „Photovoltaik – dezentral" werden die Dachflächen, die für die Installation von Photovoltaik-Modulen geeignet sind, untersucht und quantitativ erfasst. Für die Bestimmung der geeigneten Flächen und des Strompotenzials wird auf den Energiekartografen ENEKA zurückgegriffen. Dieser enthält präzise Daten zur Eignung von Dachflächen für die Nutzung von Solarenergie, die in die Kategorien der Deckung des Eigenbedarfs in Prozent unterteilt sind. Die Eignung berücksichtigt Faktoren wie Neigung, Ausrichtung, Verschattung, Dachaufbauten und solare Einstrahlung.

Die maximal installierbare Leistung der Photovoltaikanlage wird anhand der potenziell nutzbaren Dachfläche, die auf der Rasterbasierten 3D-Modellierung basiert, bestimmt. Das PV-Potenzial ergibt sich aus der Multiplikation der maximal installierbaren Leistung mit dem entsprechenden, leistungsspezifischen Stromertrag.

Die folgende Abbildung zeigt den potenziell möglichen Deckungsgrad des Stromverbrauchs durch PV-Strom auf Baublockebene.

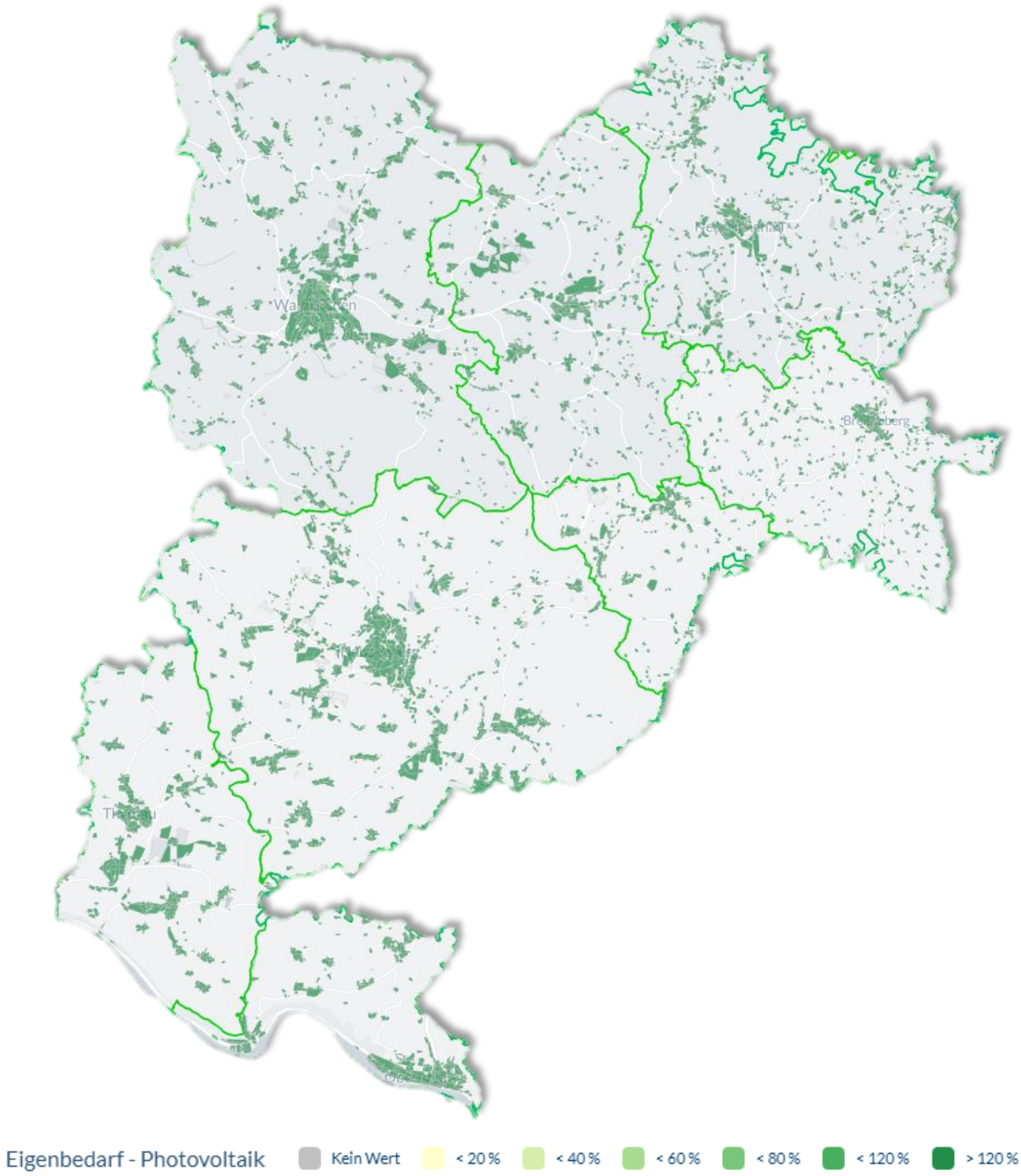


Abbildung 32: Photovoltaik Potenzial Eigenbedarf

Dieser Kartenausschnitt verdeutlicht das große Potenzial der dezentralen Photovoltaik auf Dachflächen, da der Großteil der Gebäude mit den vorhandenen Dachflächen problemlos seinen Eigenbedarf decken kann.

Fazit – Photovoltaik dezentral:

Die Analyse zeigt, dass die dezentrale Photovoltaik auf Dachflächen in der ILE Abteiland ein erhebliches Potenzial besitzt. Ein Großteil der Gebäude kann mit den vorhandenen Dachflächen einen bedeutenden Anteil seines Strombedarfs selbst decken. Besonders für den Eigenverbrauch, zum Beispiel zur Versorgung von Wärmepumpen, bietet dies die Möglichkeit, Strom klimaneutral zu erzeugen und die Abhängigkeit vom öffentlichen Netz zu reduzieren.

Gleichzeitig ist zu beachten, dass die Stromproduktion stark schwankt – insbesondere im Winter, wenn der Wärmebedarf hoch ist, kann nur ein begrenzter Anteil des Stroms aus der PV-Anlage genutzt werden. Dezentrale Photovoltaik ist daher ideal zur Eigenversorgung im Sommer und zur Reduktion des Netzbezugs, während ergänzende Technologien wie Speicher, Netzbezug oder alternative Energiequellen für eine ganzjährige Versorgung erforderlich sind.

Photovoltaik – zentral

Neben der dezentralen Photovoltaik gibt es die Möglichkeit, zentral über Freiflächenanlagen Strom zu erzeugen. Diese speisen in der Regel direkt ins Netz ein, können aber auch eine Wärmepumpe zur Einspeisung in ein Nahwärmenetz versorgen. Schwankungen in der Stromproduktion lassen sich bei größeren Anlagen effizient durch Großwärmespeicher, Power-to-X-Technologien oder Elektrolyseure ausgleichen. Da Freiflächenanlagen häufig auf landwirtschaftlichen Flächen installiert werden, ist die Flächennutzung eine Herausforderung, die durch überdachte Anlagen oder vertikale PV-Wände reduziert werden kann.

Für die Potenzialberechnung werden dieselben Flächen wie bei „Geothermie – zentral" und „Solarthermie – zentral" herangezogen (15 %, 10 % und 5 % der landwirtschaftlichen Fläche). Die Globalstrahlung in der IIE Abteiland wird aus dem Abschnitt „Solarthermie – zentral" übernommen. Als Wirkungsgrad wird 20 % für monokristalline Solarmodule angesetzt, und Abstandsflächen zwischen den Modulen werden mit einem Faktor von 0,7 berücksichtigt.

Die folgende Tabelle zeigt die Globalstrahlung im Jahr 2024 laut LfU.

Monat	Globalstrahlung in Summe Wh/m²	Potenzial für 15 % in GWh mit Wirkungsgrad und Abstandsflächen	Potenzial für 10 % in GWh mit Wirkungsgrad und Abstandsflächen	Potenzial für 5 % in GWh mit Wirkungsgrad und Abstandsflächen
Januar	28.028	91,03	60,69	30,34
Februar	39.278	127,57	85,05	42,52
März	91.849	298,33	198,89	99,44
April	127.062	412,70	275,14	137,56
Mai	156.297	507,65	338,44	169,21
Juni	168.635	547,73	365,16	182,57
Juli	175.517	570,08	380,06	190,02
August	165.217	536,62	357,76	178,87
September	99.729	323,92	215,95	107,97
Oktober	63.512	206,29	137,53	68,76
November	29.184	94,79	63,19	31,60
Dezember	24.690	80,19	53,46	26,73
Gesamt	1.168.996	3796,91	2531,32	1265,58

Tabelle 19: Photovoltaik Berechnung zentral

Das Potenzial „Photovoltaik – zentral" beträgt rund 3.800 GWh/a bei 15 % rund 2.500 GWh/a bei 10 % und rund 1.260 GWh/a bei 5 %.

Jedoch wurden bei dieser Berechnung mögliche Verschattungseffekte außer Acht gelassen. Diese würde das Potenzial reduzieren.

Fazit – Photovoltaik zentral:

Die Analyse zeigt, dass zentral installierte Freiflächen-PV in der ILE Abteiland ein erhebliches Potenzial zur Stromerzeugung besitzt. Bei Nutzung von 15 % der landwirtschaftlichen Fläche könnten theoretisch rund 3.800 GWh/a erzeugt werden, bei 10 % etwa 2.530 GWh/a und bei 5 % etwa 1.260 GWh/a.

Dieses Potenzial kann direkt ins Stromnetz eingespeist oder über Wärmepumpen in Nahwärmenetze integriert werden, wodurch sowohl Strom als auch Wärme bereitgestellt werden kann. Größere Anlagen ermöglichen zudem einen Ausgleich von Schwankungen in der Stromproduktion durch Speicherlösungen oder Power-to-X-Technologien.

Allerdings ist zu beachten, dass die Berechnung Verschattungseffekte und weitere praktische Einschränkungen nicht berücksichtigt. In der Praxis wird das tatsächlich nutzbare Potenzial daher deutlich geringer ausfallen. Freiflächenanlagen auf landwirtschaftlichen Flächen erfordern außerdem eine sorgfältige Planung, um Flächennutzungskonflikte zu minimieren.

Windkraft

Angesichts der zunehmenden Bedeutung erneuerbarer Energien für eine nachhaltige und klimafreundliche Stromversorgung, spielt auch die Windkraft eine zentrale Rolle in den Bestrebungen, den CO_2-Ausstoß zu reduzieren und die Energiewende voranzutreiben. Der ILE Abteiland, mit seiner geographischen Lage und den dort herrschenden Windverhältnissen, bietet nur wenig potenziell geeignete Flächen für die Errichtung von Windkraftanlagen.

Ziel dieser Potenzialanalyse ist es, die windtechnischen Gegebenheiten im Projektgebiet genau zu erfassen, die Eignung von Standorten zu bewerten und die ökologischen Auswirkungen einer Windnutzung zu untersuchen. Dabei werden unter anderem die Windgeschwindigkeiten, die Höhenlage und mögliche Einschränkungen durch Naturschutzgebiete untersucht.

Bayern muss laut dem Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) bis Ende 2027 1,1 % und bis Ende 2032 1,8 % der Landesfläche zu Windenergiegebieten ausweisen. Laut des Regionalen Planungsverband Donau-Wald liegen in Abteiland keine Potenzialflächen wie die folgende Abbildung zeigt (Quelle: Regionaler Planungsverband Donauwald, Karte Windenergie).

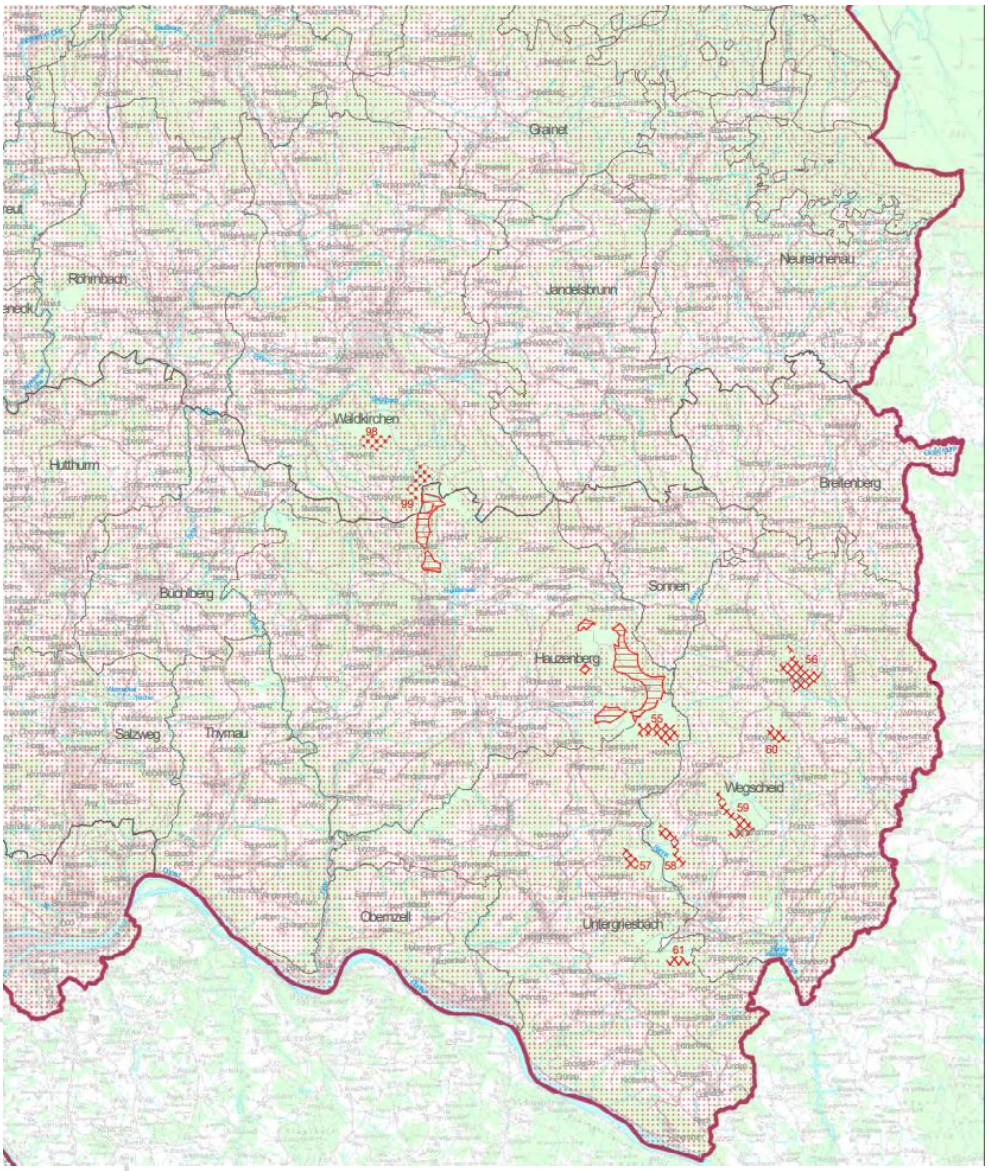
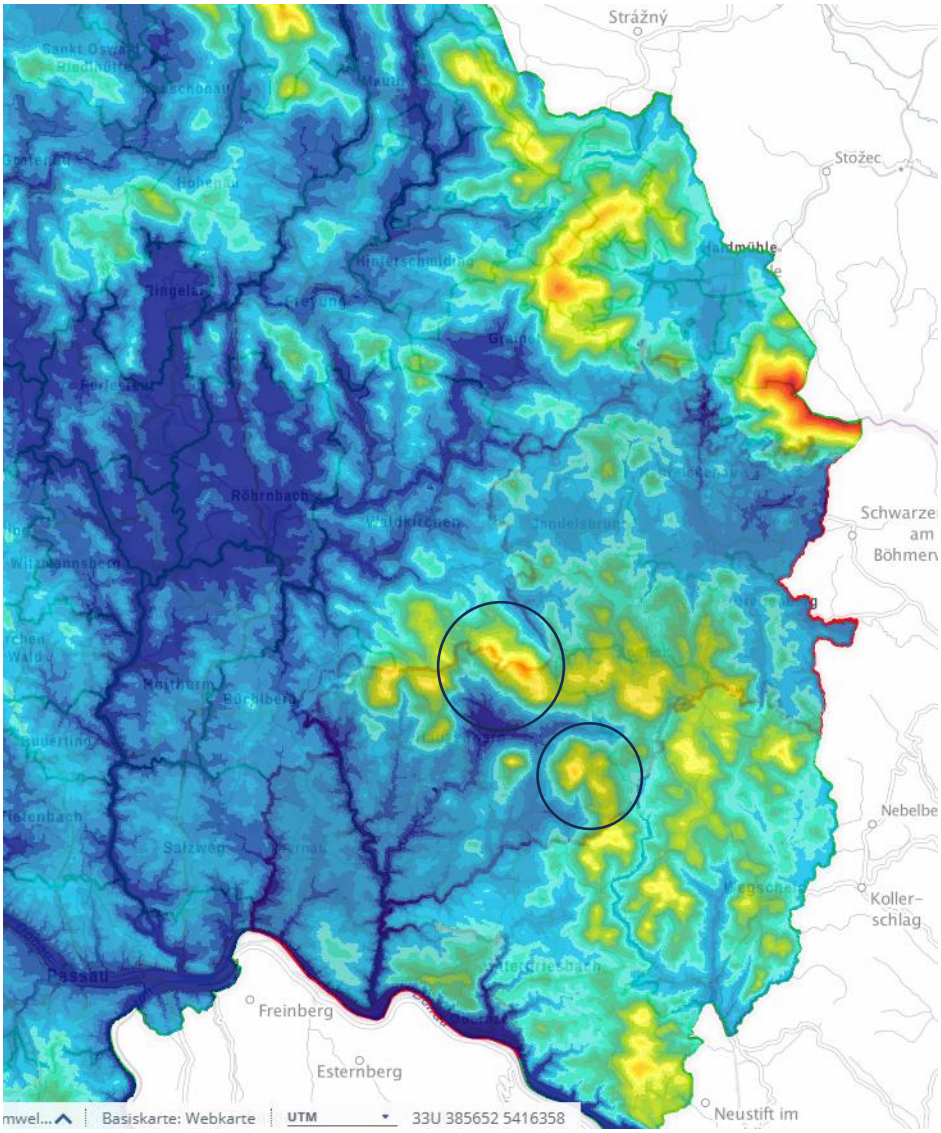


Abbildung 33: Photovoltaik Potenzial Eigenbedarf

Der folgende Kartenausschnitt zeigt den Standortertrag in 100 m Höhe einer möglichen Windkraftanlage.



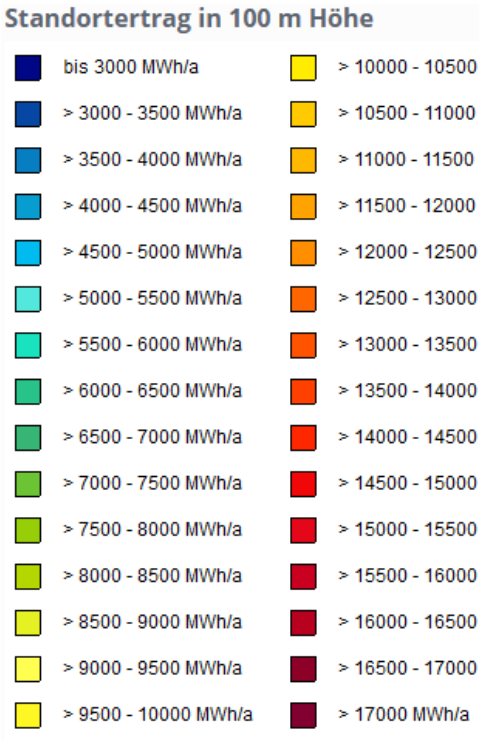


Abbildung 34: Mögliche Standorte in der ILE Abteiland

Wie in der Karte markiert, gibt es nur vier ertragreiche Standorte für ein Windkraftanlage.

Folgender Kartenausschnitt zeigt die Gebietskulisse Windkraft. Die Gebietskulisse Windkraft ist eine bayernweite Übersichtskarte, die Potenzialflächen zur Windenergienutzung zeigt. Basierend auf einer umfangreichen Datensammlung werden die Potenzialflächen nach Eignung unterschieden, was eine Erstbewertung der entsprechenden Flächen ermöglicht. Als Potenzialflächen gelten vorrausichtlich geeignete Flächen (hellgrün und dunkelgrün) und Restriktionsflächen (gelb und orange).

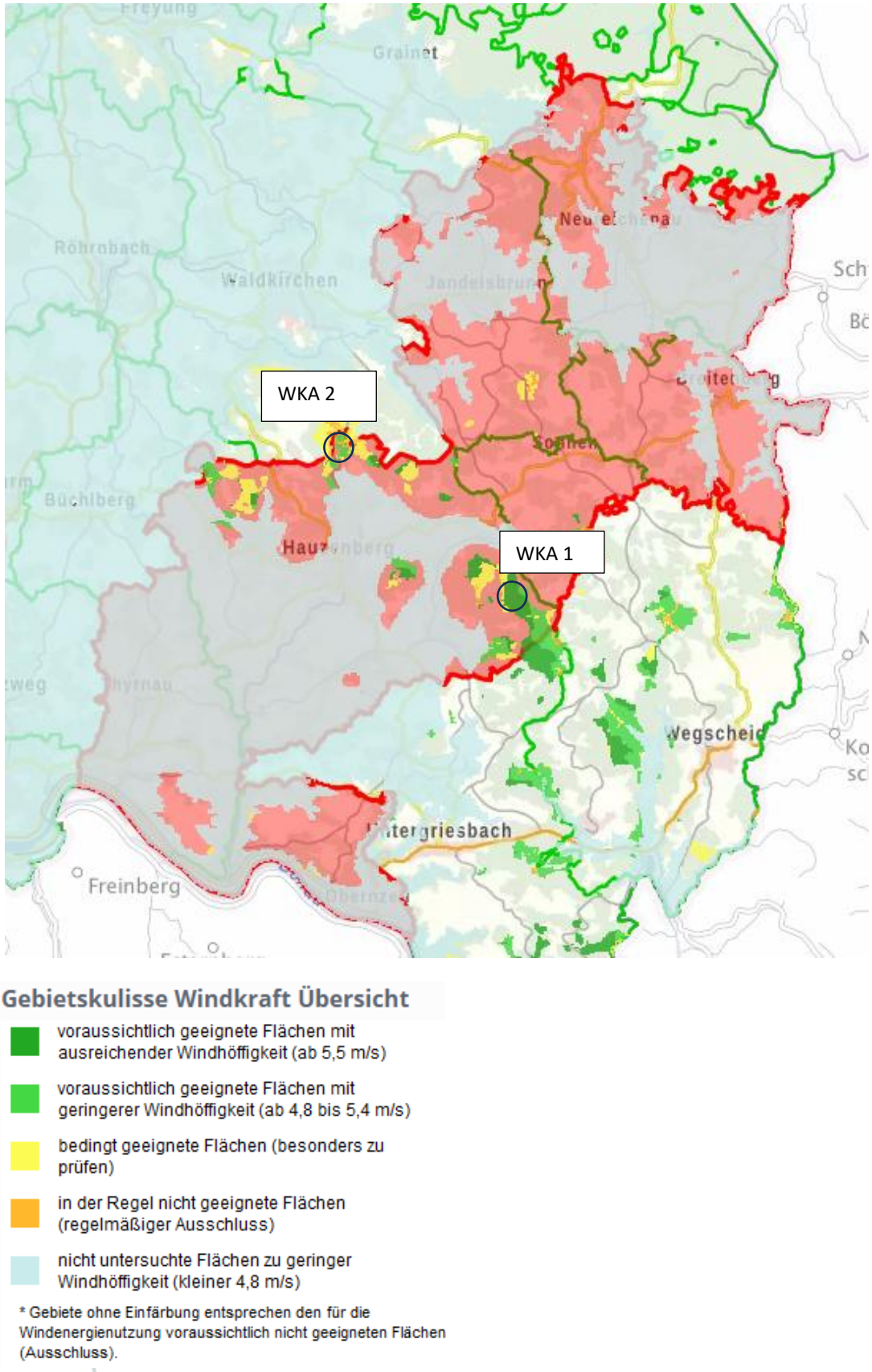


Abbildung 35: Darstellung zweier möglicher Windkraftanlagen; Quelle: Energieatlas Bayern

Wie der Kartenausschnitt zeigt, gibt es im Projektgebiet nur eine Fläche, die die Kategorie „voraussichtlich geeignete Fläche mit geringerer Windhöffigkeit (ab 4,8 bis 5,4 m/s)" erreicht und eine Fläche mit der Kategorie „voraussichtlich geeignete Fläche mit ausreichender Windhöffigkeit (ab 5,5m/s) (diese Flächen sind umkreist). Die anderen Flächen sind in ungünstigere Kategorien eingeordnet.

Die folgende Tabelle zeigt die vorherrschenden Parameter an den zwei ausgewählten Standorten.

Parameter	WKA 1	WKA 2
Mittlere Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe	4,42 m/s	4,18 m/s
Mittlere Windgeschwindigkeit in 120 m Höhe	4,65 m/s	4,42 m/s
Mittlere Windgeschwindigkeit in 140 m Höhe	4,88 m/s	4,64 m/s
Mittlere Windgeschwindigkeit in 160 m Höhe	5,12 m/s	4,85 m/s
Mittlere Windgeschwindigkeit in 180 m Höhe	5,35 m/s	5,04 m/s
Mittlere Windgeschwindigkeit in 200 m Höhe	5,59 m/s	5,23 m/s
Gekappte mittlere Windleistungsdichte in 100 m Höhe	106 W/m²	96 W/m²
Gekappte mittlere Windleistungsdichte in 120 m Höhe	128 W/m²	116 W/m²
Gekappte mittlere Windleistungsdichte in 140 m Höhe	152 W/m²	136 W/m²
Gekappte mittlere Windleistungsdichte in 160 m Höhe	178 W/m²	157 W/m²
Gekappte mittlere Windleistungsdichte in 180 m Höhe	203 W/m²	175 W/m²
Gekappte mittlere Windleistungsdichte in 200 m Höhe	230 W/m²	195 W/m²

Tabelle 20: Parameter der beiden Windkraftanlagen

Parameter	WKA1	WKA2
Standortertrag in 100 m Höhe	6.199 MWh/a	5.474 MWh/a
Standortertrag in 120 m Höhe	7.173 MWh/a	6.386 MWh/a
Standortertrag in 140 m Höhe	8.115 MWh/a	7.230 MWh/a
Standortertrag in 160 m Höhe	9.006 MWh/a	7.992 MWh/a
Standortertrag in 180 m Höhe	9.800 MWh/a	8.608 MWh/a
Standortertrag in 200 m Höhe	10.593 MWh/a	9.235 MWh/a

Tabelle 21: Standortertrag in den verschiedenen Höhen

Das folgende Diagramm zeigt die Startgeschwindigkeit, ab der eine Windkraftanlage (WKA) ihre Nennleistung erreicht, sowie die Windgeschwindigkeit, bei der sich eine WKA abschaltet.

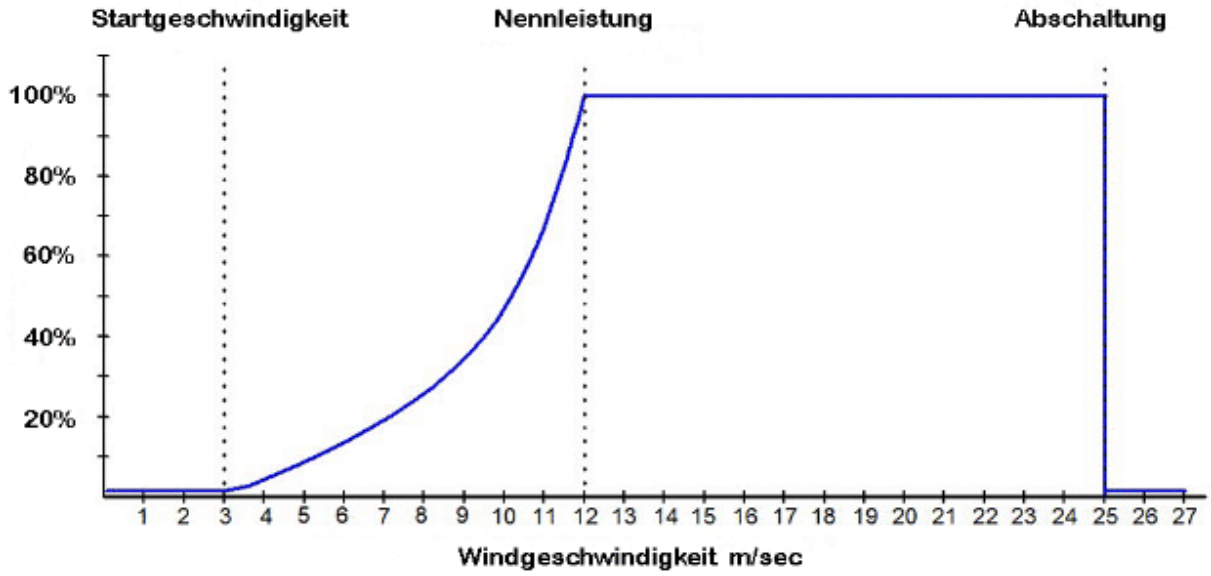


Abbildung 36: Darstellung der Startgeschwindigkeit einer Windkraftanlage

Diese Grafik verdeutlicht, dass das Abteiland kein optimaler Standort für eine Windkraftanlage (WKA) ist. Eine WKA erreicht ihre Nennleistung erst bei einer Windgeschwindigkeit von etwa 12 m/s, die im Projektgebiet im Durchschnitt bei weitem nicht erreicht wird. Dennoch könnte der Jahresertrag laut Bayernatlas am günstigsten Standort in einer Höhe von 200 m etwa 10.593 MWh/a betragen. Dies würde rund 11 % des gesamten Strombedarfs von Abteiland decken.

Laut der Bayerischen Bauordnung muss in Wäldern, in der Nähe von Gewerbegebieten sowie entlang von Autobahnen und Bahntrassen ein Mindestabstand von 1.000 Metern zur Wohnbebauung eingehalten werden. Da beide Potenzialflächen in Wäldern liegen, ist diese Regelung auch hier relevant. Bei der ertragreicheren Potenzialfläche wird der erforderliche Abstand nicht gewahrt, da die nächstgelegene Wohnbebauung in Atzing etwa 540 m entfernt ist wie folgende Grafik zeigt.

Auch die zweit Potenzialfläche unterschreitet diese 1.000 Meter Marke weit da die nächste Bebauung (Hartingerhof) nur rund 600 m entfernt ist, wie folgende Grafik zeigt.

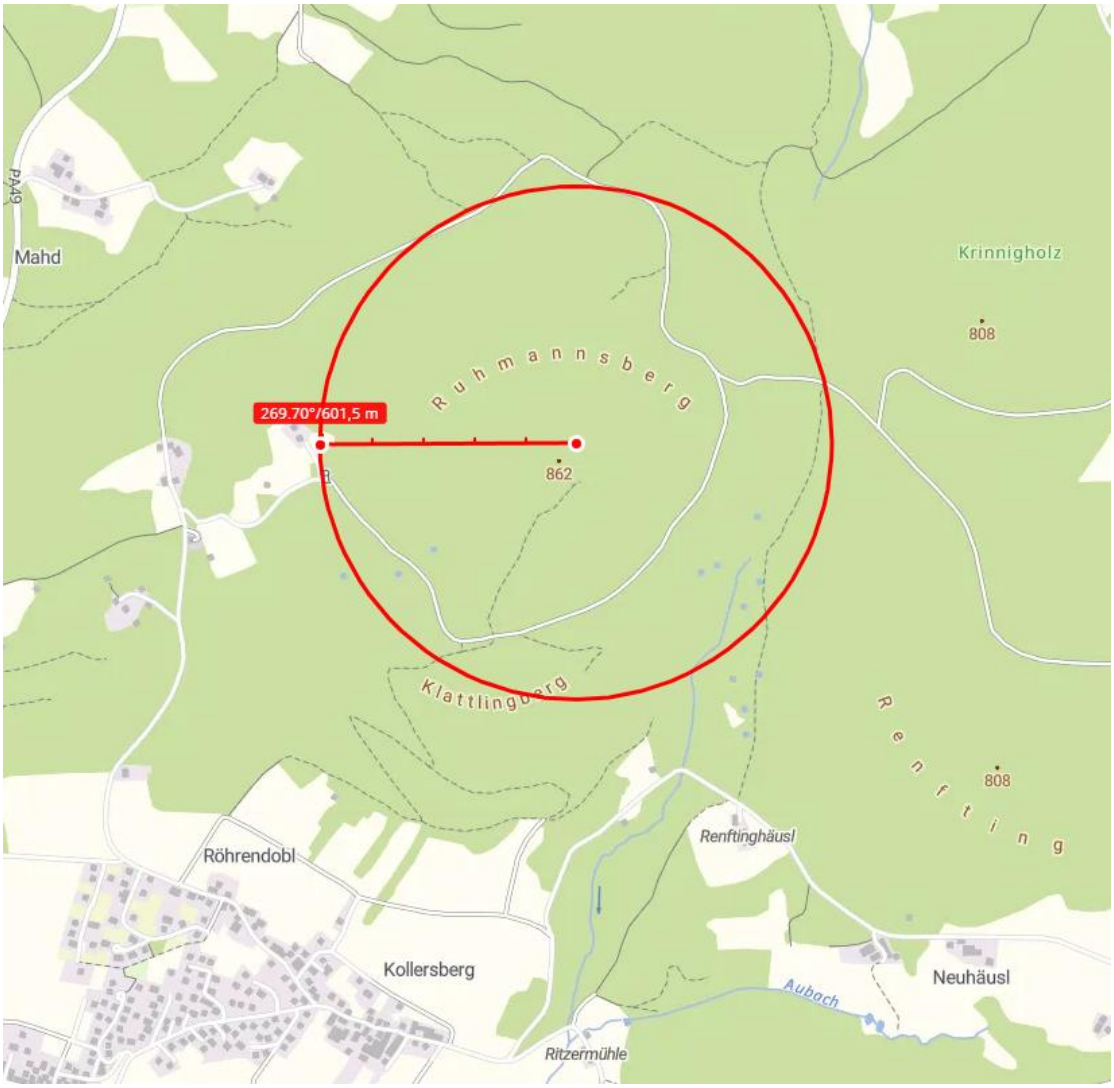


Abbildung 37: Darstellung der Entfernungen zur Windkraftanalage

Somit ist nach der aktuellen Gesetzgebung keine Windkraftanlage im Abteiland realisierbar.

Trotz des Potenzials der Windkraft ist deren Umsetzung mit Herausforderungen in den Bereichen Ökologie, Ökonomie und Soziales verbunden. Ein mögliches Windkraft-Projekt kann durch Naturschutzbehörden, das Militär (Flugbetrieb) und andere Institutionen verhindert werden. Auch die Wirtschaftlichkeit spielt eine zentrale Rolle bei der Realisierung des Projekts. Da die ILE Abteiland kein optimaler Standort ist und das Windrad nur selten mit Nennleistung betrieben würde, verschlechtert sich die ökonomische Bilanz. Zudem ist die Akzeptanz in der Bevölkerung von großer Bedeutung, da Bürgerbegehren und ähnliche Initiativen oft Windkraft-Projekte zum Scheitern bringen können.

Fazit – Windkraft:

Das Potenzial für Windkraft in der ILE Abteiland ist zwar theoretisch vorhanden, die praktische Umsetzung ist unter den aktuellen Rahmenbedingungen jedoch kaum realisierbar. Die wenigen potenziell geeigneten Standorte sind durch geringe Windgeschwindigkeiten, die gesetzlich vorgeschriebenen Mindestabstände zu Wohngebieten sowie ökologische Restriktionen stark eingeschränkt. Hinzu kommen wirtschaftliche Einschränkungen, da die Anlagen nur selten ihre Nennleistung erreichen, sowie soziale Hürden wie die Akzeptanz in der Bevölkerung. Insgesamt zeigt sich, dass Windkraft in der ILE Abteiland unter den gegebenen Bedingungen keine verlässliche und wirtschaftlich tragfähige Option für die Stromerzeugung darstellt.

Wasserkraft

Wasserkraft erzeugt Strom, indem die Energie von fließendem oder fallendem Wasser über Turbinen in mechanische Arbeit und anschließend von Generatoren in elektrische Energie umgewandelt wird. Das Potenzial zur Stromerzeugung aus Wasserkraft hängt dabei stark von den geografischen und hydrologischen Gegebenheiten ab, insbesondere von stabilen Abflüssen und ausreichenden Höhenunterschieden.

In der ILE Abteiland liegen mehrere kleinere Flüsse, wie die Ilz und die Donau, die theoretisch für Wasserkraftanlagen geeignet sind. Das derzeitige Potenzial kann exemplarisch berechnet werden: Bei einem mittleren Abfluss der Ilz von 5,17 m³/s, einer Fallhöhe von 6 m und einem Gesamtwirkungsgrad von 85 % ergibt sich ein theoretisches Leistungspotenzial von rund 264 kW pro Standort.

Das Potenzial von Wasserkraft für die Stromerzeugung lässt sich vereinfacht durch folgende Formel berechnen:

Fazit – Wasserkraft:

Die Wasserkraft in der ILE Abteiland liefert nur einen vergleichsweisen kleinen Beitrag zur regionalen Stromversorgung. Einzelne Standorte, wie entlang der Ilz, bieten zwar ein Potenzial von mehreren hundert Kilowatt, die tatsächliche Nutzung hängt jedoch stark von Abflussverlauf, Fallhöhe und ökologischen Rahmenbedingungen ab. Großflächige Stromversorgung ist daher nur begrenzt möglich. Wasserkraft eignet sich vor allem für die lokale Energieversorgung kleinerer Gemeinden oder als stabile Ergänzung zu fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen wie Photovoltaik oder Windkraft.

Biomasse

Biomasse und Power-to-X: Nutzung erneuerbarer Energien in der ILE Abteiland

Biomasse kann zur Stromerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen und organischen Abfällen genutzt werden, beispielsweise durch Biogasanlagen, Vergasung oder Fermentation. Für die Potenzialabschätzung werden ausschließlich Rohstoffe berücksichtigt, die nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stehen. In der ILE Abteiland wird angenommen, dass **25 % der landwirtschaftlichen Fläche** für Energiepflanzen genutzt werden.

Der Biogasprozess läuft in mehreren Phasen ab:

1. **Hydrolyse:** Kohlenhydrate, Proteine und Fette werden in ihre Grundbausteine zerlegt (Zucker, Aminosäuren, Fettsäuren).
2. **Versäuerung (Acidogenese):** Abbauprodukte werden zu niederen Fettsäuren, Alkoholen, Wasserstoff und CO_2 umgesetzt.
3. **Essigsäurebildung (Acetogenese):** Bildung von Essigsäure, Wasserstoff und CO_2.
4. **Methanbildung (Methanogenese):** Methan wird unter anaeroben Bedingungen aus Essigsäure oder CO_2 und Wasserstoff gebildet.

Mit einem angenommenen elektrischen Wirkungsgrad von **40 %** kann die in der Region verfügbare Biomasse in einer fiktiven Biogasanlage zur Stromproduktion genutzt werden, wobei sich die potenziell gewinnbare Energiemenge nach der Fläche und dem Rohstoffaufkommen richtet.

Power-to-X (PtX) bietet eine weitere Möglichkeit, erneuerbare Energie in nutzbare Energieträger umzuwandeln. Überschüssiger Strom aus Photovoltaik oder Windkraft kann in **Wasserstoff** umgewandelt werden. Aufgrund der geringen volumetrischen Energiedichte kann Wasserstoff nur teilweise direkt ins Erdgasnetz eingespeist werden. Alternativ kann er durch **Methanisierung** zu Methan (CH_4) verarbeitet werden, das als CO_2-neutraler Energieträger ins Erdgasnetz eingespeist werden kann:

$$CO_2 + 4\ H_2 \rightarrow CH_4 + 2\ H_2O$$

Eine weitere PtX-Variante ist die **Fischer-Tropsch-Synthese**, bei der aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff synthetische Kraftstoffe erzeugt werden. Diese ermöglichen eine effiziente Langzeitspeicherung, haben jedoch in der Region eine geringere Priorität, da Wärme- und Stromversorgung im Vordergrund stehen.

Für die **ILE Abteiland** ist eine **Hybridlösung aus Wasserstoffproduktion und Methanisierung** empfehlenswert: Überschüssiger Strom wird zunächst in Wasserstoff umgewandelt und soweit möglich ins Gasnetz eingespeist. Bei weiterem Überschuss erfolgt die Methanisierung, sodass das erzeugte Methan gespeichert und später genutzt werden kann. Dadurch wird die **Entkopplung von Stromproduktion und -verbrauch** ermöglicht, was die Flexibilität und Stabilität der Energieversorgung erhöht.

Vergleich Großwärmespeicher vs. Power-to-X:

- Großwärmespeicher:
    - Vorteil: Direkte Speicherung großer Wärmemengen, hohe Effizienz bei minimalen Umwandlungsschritten.
    - Nachteil: Sehr hoher Platzbedarf, hohe Investitionskosten, Infrastruktur (Tanks, Pumpen, Wärmetauscher) notwendig.
- Power-to-X-Verfahren:
    - Vorteil: Kompakte Speicherung mit hoher Energiedichte, flexible Nutzung über Strom- oder Gasnetz, vergleichsweise geringer Platzbedarf.
    - Nachteil: Mehrere Umwandlungsschritte (z. B. Elektrolyse, Methanisierung), wodurch der Gesamtwirkungsgrad sinkt.

Fazit:
Für die ILE Abteiland bieten Power-to-X-Verfahren eine flexible und kompakte Alternative zu klassischen Wärmespeichern, insbesondere um Überschüsse aus erneuerbaren Quellen zu speichern und später nutzbar zu machen. Großwärmespeicher sind direkt und effizient, stoßen jedoch in ländlichen Regionen durch Platzbedarf und Kosten schnell an Grenzen. Eine Kombination beider Technologien könnte die Versorgungssicherheit und Flexibilität der Region optimal erhöhen.

C Zielszenario

C.1 Zielszenarien und Pfade für die langfristige Entwicklung der Wärmeversorgung

Das Zielszenario ist ein zentrales Ergebnis der Wärmeplanung und bildet die Grundlage der Umsetzungsstrategie. Es beschreibt anhand definierter Indikatoren für das gesamte beplante Gebiet die langfristige Entwicklung hin zu einer Wärmeversorgung, die auf erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme basiert. Zudem steht das Zielszenario im Einklang mit der Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden für die ILE Abteiland verschiedene Zielszenarien entwickelt, die eine langfristig klimafreundliche und sichere Wärmeversorgung ermöglichen sollen. Diese Szenarien orientieren sich an den aktuell gültigen Klimaschutzzielen der Bundesregierung und berücksichtigen insbesondere die angestrebte Reduktion der Treibhausgasemissionen in den Jahren 2030, 2035, 2040 und 2045.

Grundlage der Szenarien bildet eine detaillierte Analyse des heutigen Wärmebedarfs sowie der regional verfügbaren Potenziale zur Energieeinsparung und zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Darauf aufbauend wurden mehrere mögliche Entwicklungspfade erarbeitet, die aufzeigen, wie eine klimaneutrale Wärmeversorgung Schritt für Schritt erreicht werden kann.

Diese Entwicklungspfade enthalten eine räumlich differenzierte Betrachtung der erforderlichen Maßnahmen – etwa zur energetischen Sanierung von Gebäuden oder zur Umstellung auf klimafreundliche Heizsysteme. Dabei wurden auch wirtschaftliche Aspekte wie die Wärmegestehungskosten, technische Umsetzbarkeit und Versorgungssicherheit berücksichtigt. Zusätzlich wurden Gebiete mit einem bestehenden Anschluss- und Benutzungszwang an zentrale Wärmenetze gesondert betrachtet.

Die Zielszenarien und Pfade zeigen auf, wie die Region sich in Richtung Klimaneutralität entwickeln kann – mit klaren Zwischenzielen und unter Berücksichtigung regionaler Gegebenheiten und Herausforderungen.

CO_2- Reduktion:

- 2030: 30%
- 2035: 60%
- 2040: 80%
- 2045: 100%

Sanierung der Gebäude aufgrund der Baujahre:

- Vor 1950: 2%
- 1951-1975: 3,0%
- 1976-1995: 2,0%
- 1996-2002: 1,0%
- 2003-2025: 0,5% (bis 2035)

Gemäß dem Wärmeplanungsgesetz in Verbindung mit dem Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) sollen die Treibhausgasemissionen bis 2045 so weit reduziert werden, dass eine Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird. Das Bayrische Klimaschutzgesetz (BayKlimaG) setzt dieses Ziel bereits für das Jahr 2040. Für die Kommunale Wärmeplanung wurde – aufgrund der Abkehr der Bayrischen Staatsregierung von diesem Ziel – das Jahr 2045 als Zieljahr festgelegt. Die in dieser Wärmeplanung dargestellten Zielszenarien basieren auf folgenden Annahmen

Ausgehend von der Bestands- und Potenzialanalyse sowie den Ergebnissen der Eignungsprüfung wurde für die ILE Abteiland ein maßgebliches Zielszenario für die zukünftige Wärmeversorgung entwickelt. Dieses Szenario beschreibt, wie die Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045 klimaneutral gestaltet werden kann – im Einklang mit den bundesweiten Klimazielen und den regionalen Rahmenbedingungen.

Die Entwicklung erfolgte unter Berücksichtigung der geplanten Einteilung des Gebiets in verschiedene Wärmeversorgungsgebiete. Für jedes dieser Gebiete wurde ermittelt, welche Wärmeversorgungsarten – wie z. B. Wärmenetze, Einzelversorgung durch Wärmepumpen oder andere Technologien – am besten geeignet sind. Das Zielszenario gibt dabei einen klaren Fahrplan vor, der die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 als Etappen auf dem Weg zur vollständigen Dekarbonisierung der Wärmeversorgung definiert.

Ein besonderer Fokus liegt auf dem effizienten und nachhaltigen Einsatz von Ressourcen. Biomasse – insbesondere aus Abfall- und Reststoffen – soll nur dann energetisch genutzt werden, wenn keine vertretbaren Alternativen vorhanden sind. Auch nicht-lokale Energieträger werden nur eingeplant, wenn sie wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll eingesetzt werden können. Ziel ist es, bevorzugt auf lokale, erneuerbare Energiequellen zu setzen und so die regionale Wertschöpfung zu stärken.

Das maßgebliche Zielszenario stellt somit eine fundierte, realistische und nachhaltige Perspektive für die Wärmewende in der ILE Abteiland dar und bildet die zentrale Grundlage für alle weiteren Planungsschritte.

Prozesswärme:

Die fortschreitende Elektrifizierung von Produktionsanlagen lässt grundsätzlich einen Rückgang des Prozesswärmebedarfs erwarten. Eine verlässliche Prognose für das Jahr 2045 ist jedoch aufgrund der dynamischen Entwicklung in bestehenden Betrieben und potenzieller Neuansiedlungen von Industrieunternehmen derzeit nicht möglich. Derzeit nicht möglich. Aus diesem Grund wurde beschlossen, die Prozesswärme nicht in das Zielszenario einzubeziehen. Eine vollständige regenerative und lokal gedeckte Versorgung mit Prozesswärme erscheint unter den aktuellen technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen unrealistisch. Es wird vielmehr davon ausgegangen, dass der zukünftige Energiebedarf für Prozesswärme auch weiterhin über externe Bezugsquelle gedeckt werden muss. Dabei richtet sich die Wahl der Energieform – sei es Wasserstoff, Biomethan oder Strom – nach den spezifischen Anforderungen der jeweiligen industriellen Prozesse.
Zielszenario 2045

Das Zielszenario beschreibt den Endzustand einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Basierend auf den angenommen Verbrauchsreduktion wurde für die Stadt Thyrnau ein Versorgungszenario 2045 entwickelt, bei dem die Wärmeversorgung gänzlich ohne den Einsatz von fossilem Energieträger erfolgt.

Es ergaben sich folgende Leitplanken der Szenarien Erstellung:
- Biomasse wird nur in Höhe des lokal verfügbaren Potenzials genutzt.
- Die Wärmenetze werden nur über regenerative Energien versorgt.
- Wasserstoff als stromintensiver und hochwertiger Energieträger soll nur dort, wo es keine Alternativen gibt, eingesetzt werden.

Für die reine Wärmeerzeuger ist Wasserstoff zu wertvoll und zu teuer in der Herstellung. Aufgrund Ihrer deutlich höheren Effizienz sind Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung vorzuziehen.

Entwicklung der Energieträger bis 2045

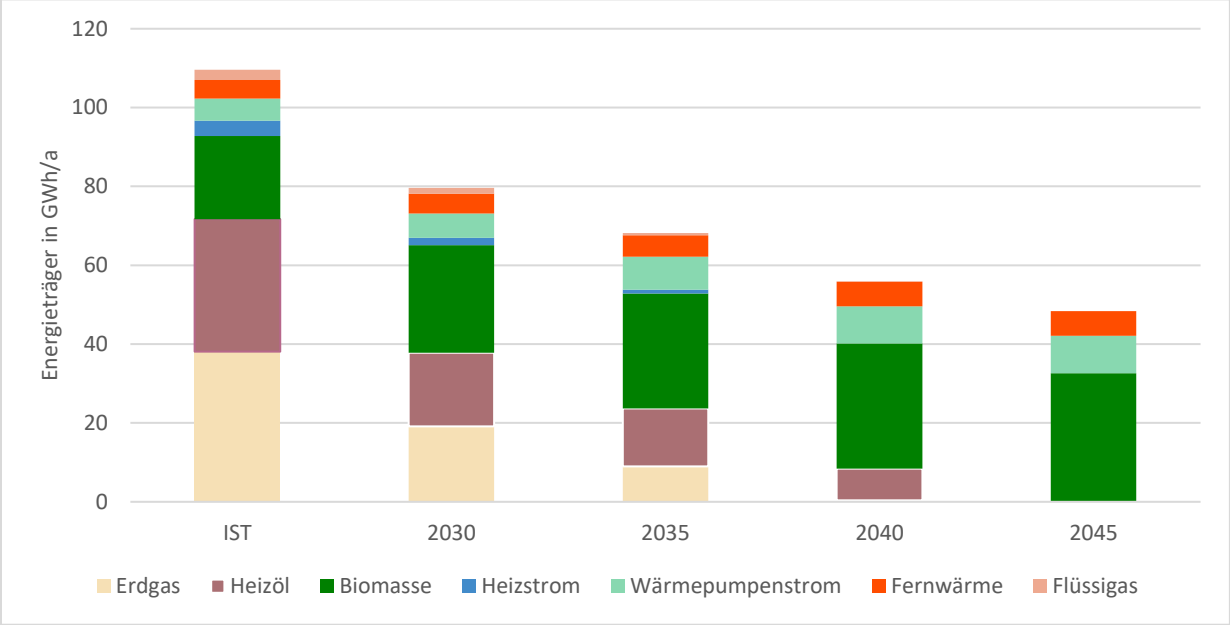


Abbildung 38: Entwicklung der Energieträger bis 2045

C.2 Einteilung des beplanten Gebiets nach Wärmeversorgungsart und Einsparpotenzialen

Die räumliche Darstellung der zukünftigen Wärmeversorgungsstruktur verdeutlicht, dass in Gebieten mit überwiegender Einfamilienhausbebauung künftig vor allem Umweltwärme in Kombination mit Wärmepumpen zum Einsatz kommen wird. In den ausgewiesenen Prüfgebieten hängt die zukünftige Ausgestaltung der Wärmeversorgung maßgeblich von den anstehenden Entscheidungen zur Realisierung von Wärmenetzen ab. Im Stadtzentrum ist aufgrund der bestehenden Bebauungs- und Versorgungsstruktur insbesondere mit dem Einsatz von Biomasse sowie mit der Nutzung von Fernwärme zu rechnen.

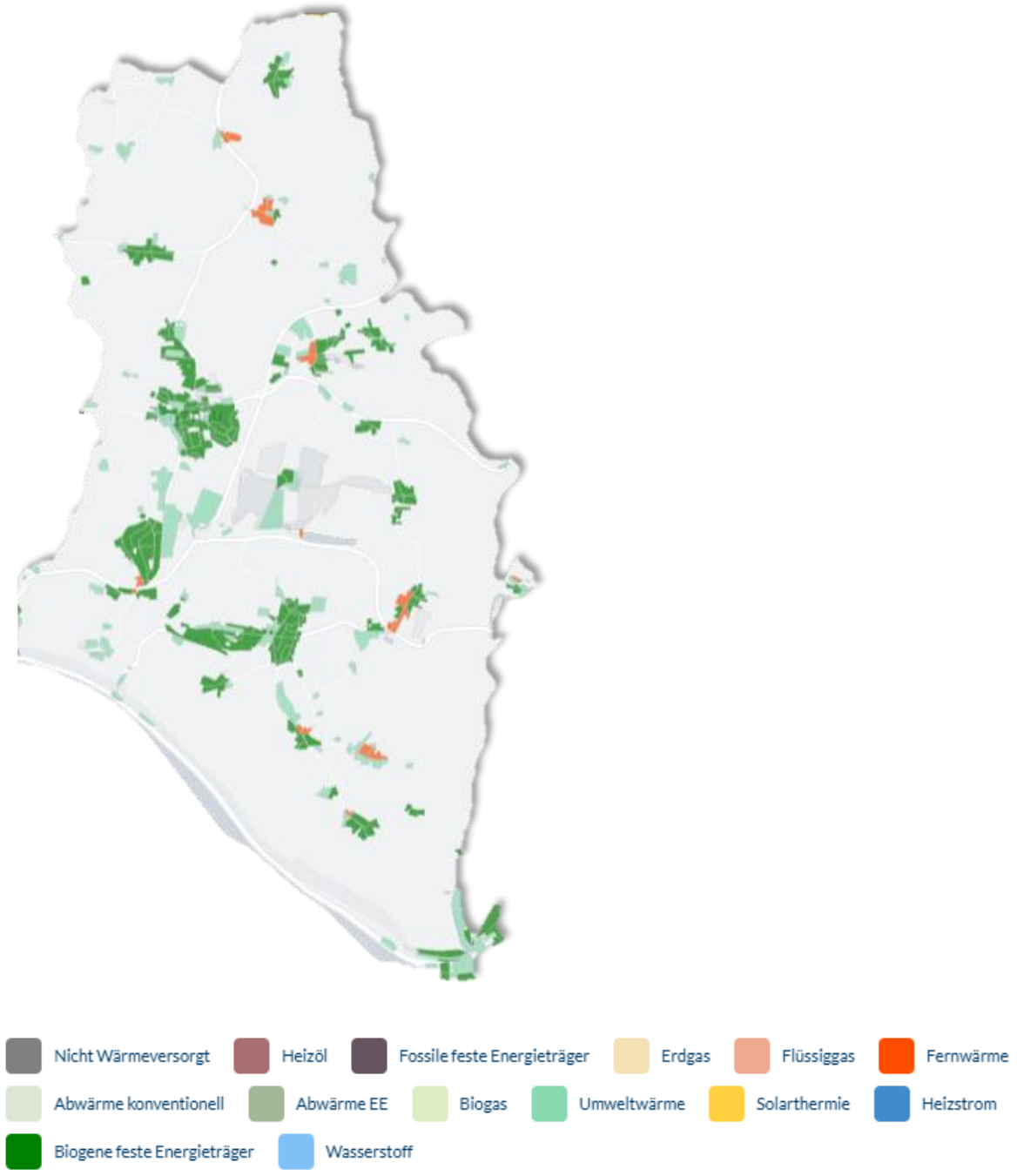


Abbildung 39: Baublockbezogene Darstellung der Energieträger 2045

C.2.1 Einteilung der Grundstücke und Baublöcke in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Für die weitere Planung sind zwei bis drei Fokusgebiete zu identifizieren, die kurz- bis mittelfristig prioritär im Hinblick auf eine klimafreundliche Wärmeversorgung behandelt werden soll.

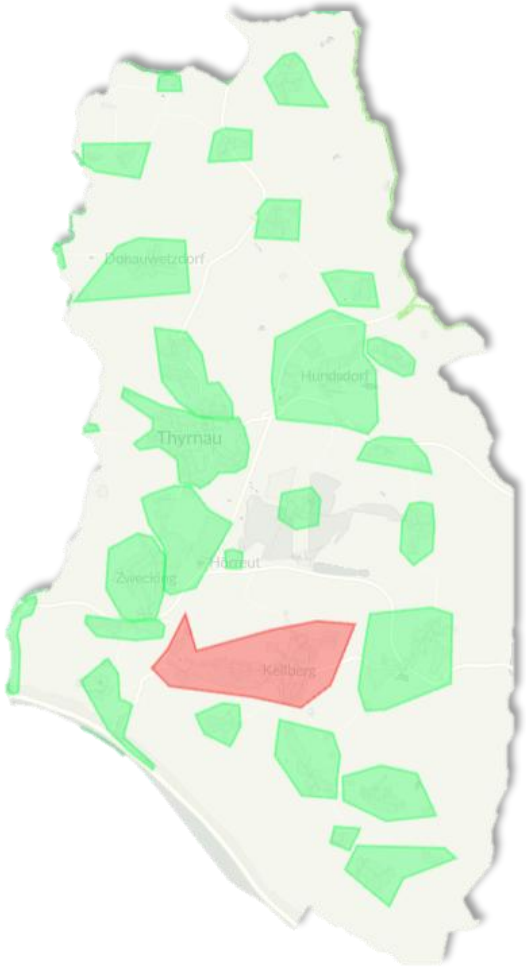


Abbildung 40: Darstellung der Cluster von Thyrnau

C.2.2 Ausweisung von Gebieten mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial

Zur Umsetzung der konservativen Annahmen des Zielszenarios ist eine teilweise energetische Sanierung des überwiegenden Gebäudebestands notwendig – beispielsweise durch Maßnahmen wie Dachdämmung oder den Austausch von Fenstern. Aus energetischer Sicht wäre eine flächendeckende und vollständige Sanierung des Gebäudebestands jedoch wünschenswert

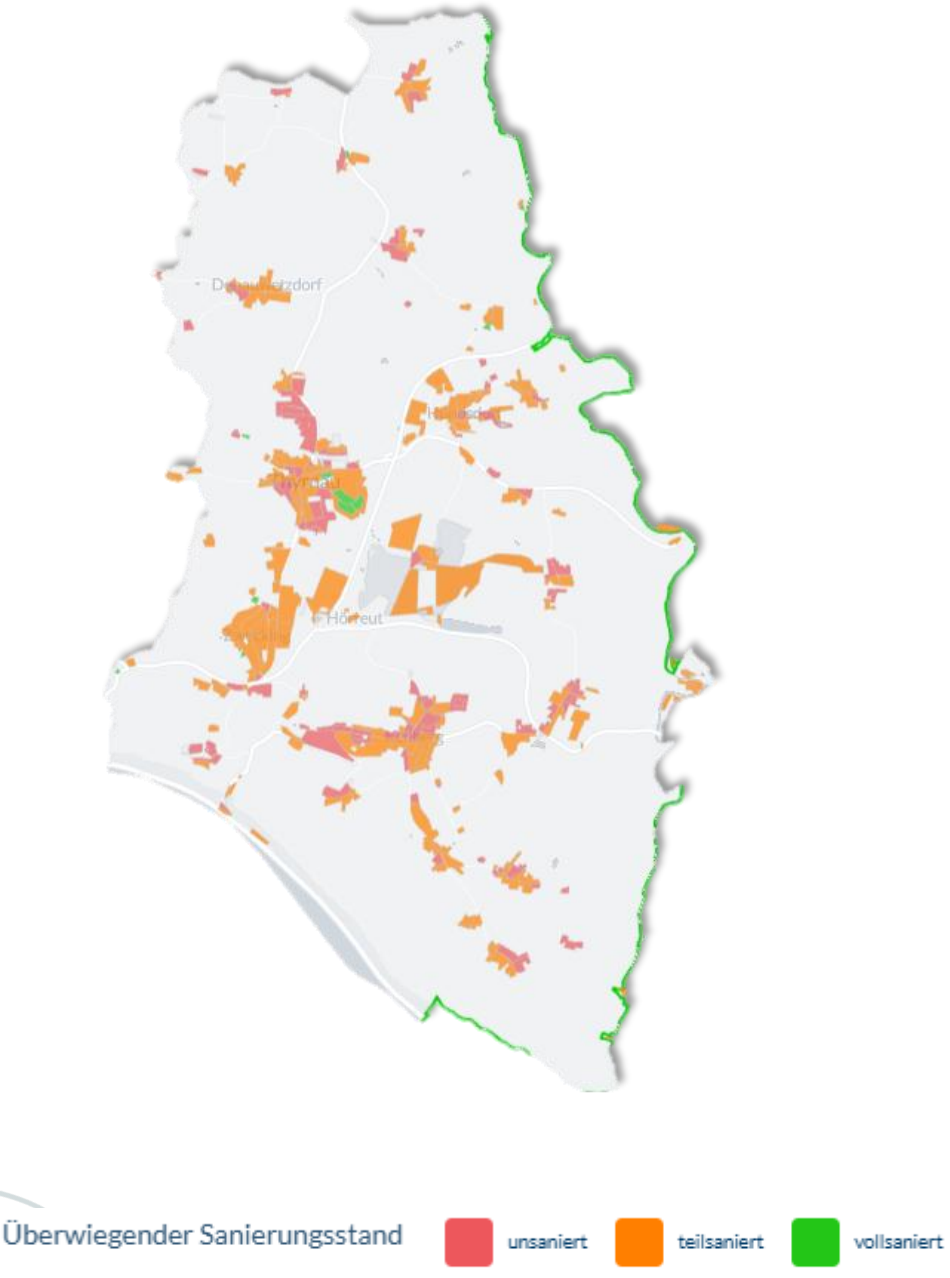


Abbildung 41: Darstellung Sanierungsstand IST-Zustand

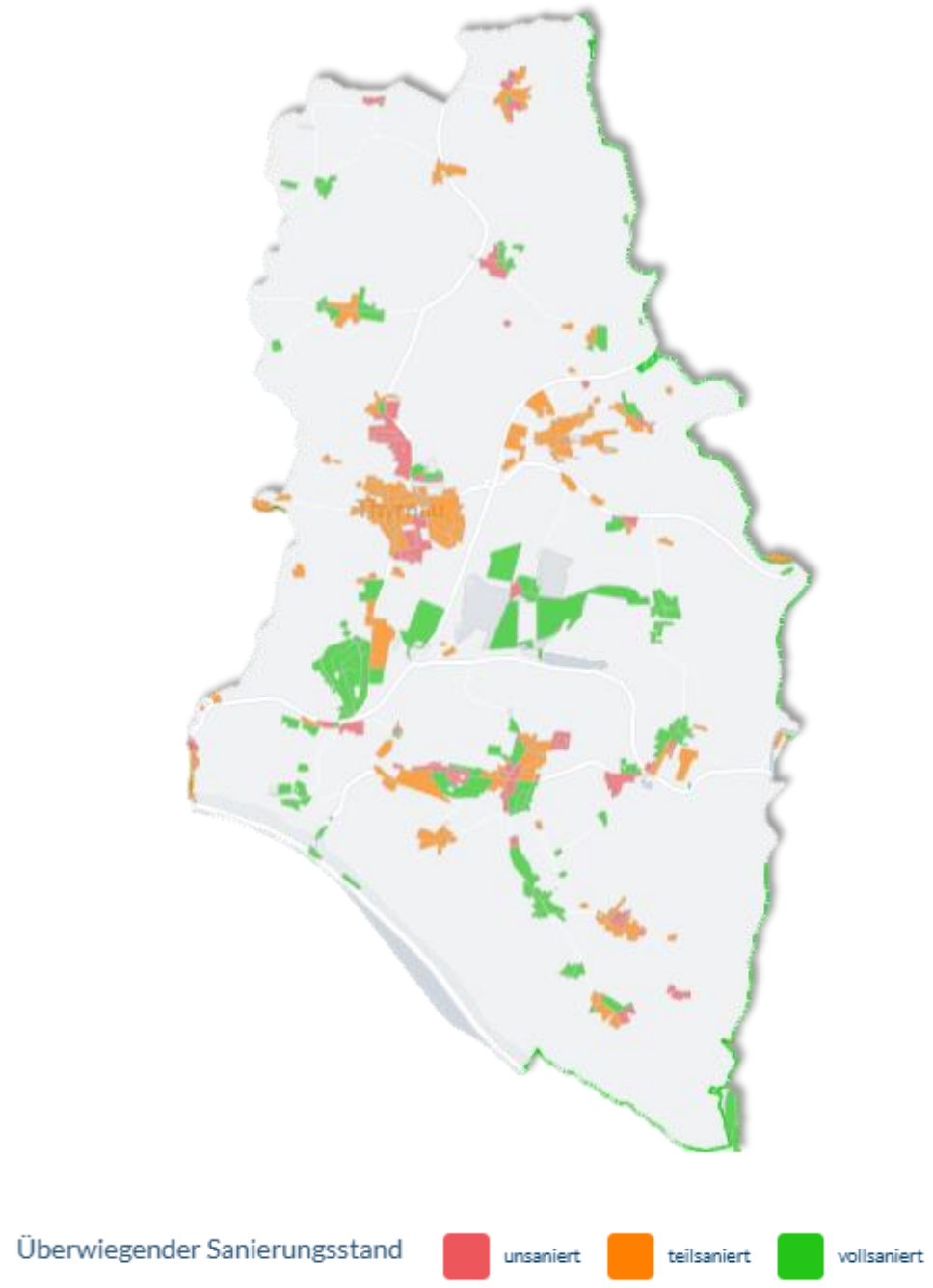


Abbildung 42: Darstellung Sanierungsstand 2045

D Umsetzungsstrategie mit Maßnahmen

Um das angestrebte Zielszenario möglichst effizient zu erreichen, ist im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ein Maßnahmenkatalog zu erstellen. Dieser soll aufzeigen, wie die erforderlichen Rahmenbedingungen für eine klimaneutrale Wärmeerzeugung auf kommunaler Ebene geschaffen werden können, um die Treibhausgasminderungsziele zu erreichen. Da für einen Großteil der Gebäude eine zentrale Wärmeversorgung derzeit nicht als wirtschaftlich sinnvoll einzuschätzen ist, besteht hier nur ein begrenzter kommunaler Gestaltungsspielraum. Eine direkte Einflussmöglichkeit hat die Kommune insbesondere bei den eigenen Liegenschaften, in denen sie eine Vorbildfunktion im Bereich Klimaschutz und Nachhaltigkeit einnehmen sollte, sowie in den ausgewiesenen Wärmenetz- und Prüfgebieten, in denen sie aktiv die Umsetzung geeigneter Versorgungsstrukturen fördern kann.

Maßnahme	Beschreibung	Zeithorizont	Priorität
Aufbau zentraler und dezentraler Wärmenetze	Wärmenetz Kellberg (Neubau) Wärmenetz Ortskern Thyrnau (Planung & Analyse) Aufbau Mikronetz Hundsdorf	Kurzfristig	Hoch
Nutzung regionaler Energiequellen (PV & Biogas)	PV-Ausbau auf Gewerbegebäuden (inkl. Power-to-Heat) Einbindung bestehender Biogasanlagen für Mikronetze (z. B. Hundsdorf)	Kurzfristig	Hoch
Speicherintegration & Systemoptimierung	Einsatz von Pufferspeichern Flexibilisierung und Effizienzsteigerung der Wärmenetze bessere Nutzung von Stromüberschüssen	Kurzfristig	Mittel

Abbildung 43: Darstellung der Maßnahmenkataloge

Maßnahme: 1	Handlungsfeld: Infrastruktur	Einführungszeitraum: mittelfristig (0-5 Jahre)

Aufbau zentraler und dezentraler Wärmenetze

Ziel/Strategie:

- Aufbau effizienter Wärmeinfrastruktur
- Versorgung von Siedlungsgebieten mit erneuerbarer Wärme
- Reduktion dezentraler fossiler Heizsysteme

Beschreibung:

Der Ausbau von Wärmenetzen in Kellberg, Thyrnau und Hundsdorf dient der Umstellung der Wärmeversorgung auf ein zentrales, effizienteres und klimafreundlicheres System. Im Ortskern von Thyrnau besteht eine gemischte Siedlungsstruktur aus überwiegend Einfamilienhäusern, ergänzt durch Mehrfamilienhäuser sowie öffentliche Gebäude wie Kindergarten, Schule, Altenheim und Kirche. Diese öffentlichen Einrichtungen bieten aufgrund ihres konstanten Wärmebedarfs gute Voraussetzungen als Ankerkunden für ein Wärmenetz.

Die aktuelle Wärmeversorgung erfolgt größtenteils dezentral über Öl-, Erdgas- und Biomasseheizungen. Durch den Aufbau eines Wärmenetzes können diese schrittweise ersetzt und die Energieeffizienz sowie der Anteil erneuerbarer Energien erhöht werden.

Konkrete Energiequellen sind derzeit noch nicht erschlossen, jedoch wurde in der Vergangenheit bereits eine Hackschnitzelanlage diskutiert, deren Umsetzung im Rahmen der weiteren Planung erneut geprüft werden kann. Für Thyrnau ist zunächst eine Machbarkeitsanalyse vorgesehen, um Wärmedichte, Anschlusspotenziale und geeignete Versorgungsstrukturen zu ermitteln.

Die Maßnahme befindet sich aktuell im Konzeptstadium und soll perspektivisch unter Nutzung von Förderprogrammen, insbesondere der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), weiterentwickelt und umgesetzt werden.

Initiator:	Akteure:
Gemeinde Thyrnau Kommunale Verwaltung	Kommunale Verwaltung Energieversorger / Netzbetreiber Planungsbüros Anwohner / Gebäudeeigentümer

Zeithorizont: 0-5 Jahre

Handlungsschritte:

- Machbarkeitsstudien (Kellberg, Thyrnau)
- Planung von Netzstrukturen
- Wirtschaftlichkeitsprüfung
- Bau der Netzinfrastruktur
- Anschluss von Gebäuden

Realistisch Nutzbare Potenziale:

- Hohe CO_2-Einsparung durch zentrale Versorgung
- Nutzung erneuerbarer Energien

• Skalierbarkeit
Kostenpunkte: • Tiefbauarbeiten • Rohrleitungsbau • Hausanschlüsse • Planungskosten
Treibhausgasminderungspotenzial • Ersatz fossiler Einzelheizungen • Effizientere Wärmebereitstellung

Maßnahme: 2	Handlungsfeld: Infrastruktur	Einführungszeitraum: mittelfristig (0-5 Jahre)

Nutzung regionaler Energiequellen (PV & Biogas)

Ziel/Strategie:

- Ausbau erneuerbarer Strom- und Wärmequellen
- Regionale Energieversorgung stärken
- Sektorenkopplung (Strom → Wärme)

Beschreibung:

Der Ausbau von Photovoltaikanlagen auf Gewerbegebäuden sowie die stärkere Einbindung bestehender Biogasanlagen sollen die lokale und erneuerbare Energieversorgung gezielt ausbauen. Insbesondere größere Dachflächen im Gewerbebereich bieten ein hohes Potenzial zur Stromerzeugung, das bislang häufig ungenutzt ist.

Der erzeugte Solarstrom kann sowohl direkt vor Ort genutzt als auch in das Energiesystem integriert werden. Überschüssige Strommengen können über Power-to-Heat-Technologien in Wärme umgewandelt und in Wärmenetze oder dezentrale Versorgungssysteme eingespeist werden. Dadurch wird eine flexible Kopplung von Strom- und Wärmesektor ermöglicht.

Parallel dazu können bestehende Biogasanlagen als kontinuierliche und steuerbare Energiequelle in die Wärmeversorgung eingebunden werden, insbesondere zur Grundlastabdeckung von Wärmenetzen. Insgesamt trägt die Maßnahme zur Erhöhung der regionalen Wertschöpfung, zur Reduktion fossiler Energieträger sowie zur Stabilisierung des Energiesystems bei.

Initiator:	Akteure:
Gemeinde Thyrnau Kommunale Verwaltung	Gewerbebetriebe Betreiber von Biogasanlagen Energieversorger Kommunale Verwaltung

Zeithorizont: 0-5 Jahre

Handlungsschritte:

- Identifikation geeigneter Dachflächen
- Ausbau von PV-Anlagen
- Integration von Power-to-Heat-Systemen
- Einbindung von Biogasanlagen in Wärmenetze

Realistisch Nutzbare Potenziale:

- Solarstromproduktion
- Flexible Wärmeerzeugung
- Regionale Wertschöpfung

Kostenpunkte:

- PV-Anlagen

• Power-to-Heat-Technologie • Netzintegration
Treibhausgasminderungspotenzial • Substitution fossiler Energie • Nutzung erneuerbarer Überschüsse

Maßnahme: 3	Handlungsfeld: Infrastruktur	Einführungszeitraum: mittelfristig (0-5 Jahre)

Speicherintegration & Systemoptimierung

Ziel/Strategie:

- Erhöhung der Systemflexibilität
- Optimierung der Energieausnutzung
- Integration fluktuierender erneuerbarer Energien

Beschreibung:

Durch den Einsatz von Wärmespeichern und intelligenten Steuerungssystemen kann die Effizienz und Flexibilität von Wärmenetzen deutlich gesteigert werden. Wärmespeicher ermöglichen es, überschüssige Energie – beispielsweise aus erneuerbaren Quellen oder aus Zeiten geringer Nachfrage – zwischenzuspeichern und bedarfsgerecht wieder abzugeben.

Dadurch können Lastspitzen im Netz ausgeglichen und die Erzeugungsanlagen gleichmäßiger betrieben werden, was sowohl die Betriebskosten als auch den Energieeinsatz reduziert. In Kombination mit digitalen Steuerungs- und Regelungssystemen kann die Wärmebereitstellung optimal an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden.

Insgesamt trägt die Maßnahme dazu bei, erneuerbare Energien besser zu integrieren, Energieverluste zu minimieren und die Gesamtleistung sowie Versorgungssicherheit der Wärmenetze nachhaltig zu verbessern.

Initiator:	Akteure:
Gemeinde Thyrnau Kommunale Verwaltung	Energieversorger Netzbetreiber Fachplaner Kommunale Verwaltung

Zeithorizont: 0-5 Jahre

Handlungsschritte:

- Planung von Speicherlösungen
- Integration in bestehende Netze
- Optimierung der Betriebsführung
- Digitalisierung und Steuerung

Realistisch Nutzbare Potenziale:

- Effizienzsteigerung
- Lastmanagement
- Bessere Nutzung erneuerbarer Energie

Kostenpunkte:

- Pufferspeicher
- Steuerungstechnik

• Integration in Netze
Treibhausgasminderungspotenzial • Reduktion von Energieverlusten • Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien

Erarbeitung einer Verstetigungsstrategie

Die kommunale Wärmeplanung in der ILE Abteiland, auch nach Beschluss durch die jeweiligen Stadträte oder Gemeinderäte, besitzt keine unmittelbare rechtliche Bindung. Sie dient vielmehr als empfehlendes Instrument, das der Orientierung und strategischen Steuerung der Wärmewende dient. Um die angestrebte Dekarbonisierung des Wärmesektors jedoch effektiv voranzubringen, sind eine konsequente Umsetzung, kontinuierliche Nachverfolgung sowie regelmäßige Aktualisierung der vorgesehenen Maßnahmen unerlässlich.

Ein entscheidender Erfolgsfaktor für die Wärmeplanung in der ILE Abteiland ist die dauerhafte Verankerung der Prozesse innerhalb der Verwaltung der jeweiligen Kommunen. Es ist notwendig, dass ein zentraler Ansprechpartner – beispielsweise im Rahmen des Klimaschutzmanagements – die Verantwortung für Steuerung, Koordination und Fortschreibung übernimmt und die Maßnahmen aktiv vorantreibt. Die Wärmeplanung ist dabei nicht als einmaliges Projekt zu verstehen, sondern als fortlaufender Prozess. Die initial erstellte Planung bildet sowohl die Bestandsaufnahme des Ist-Zustands als auch die Festlegung der Zielvorgaben für die zukünftige Wärmeversorgung.

Für die Gemeinden in der ILE Abteiland ist zu berücksichtigen, dass einzelne Städte und Gemeinden für die zusätzliche Aufgabe der kommunalen Wärmeplanung Fördermittel in Anspruch nehmen können. Da die Bezuschussung häufig nur einmalig vorgesehen ist, sollten dauerhafte Haushaltsmittel eingeplant werden, um die regelmäßige Fortschreibung und Verstetigung der Wärmeplanung zu sichern.

Ein Großteil der praktischen Umsetzung liegt zudem bei den jeweiligen Liegenschaftseigentümern, da in vielen Fällen eine dezentrale Wärmeversorgung die effizienteste Lösung darstellt. Die wesentlichen Akteure und ihre Aufgaben im Rahmen der Wärmeplanung sind daher:

Akteur	Aufgaben
Klimaschutzmanagement	Zentrale Ansprechperson; Organisation, Koordination, Monitoring und Controlling
Energieversorger, Netzbetreiber, Wärmelieferanten	Aufbau und Ausbau von Wärmenetzen; Bereitstellung von Daten; Nutzung erneuerbarer Wärmequellen und Abwärme; Ausbau der Stromnetzinfrastruktur
Stadt-/Gemeindeverwaltung	Öffentlichkeitsarbeit; Vergabe von Aufträgen und Machbarkeitsstudien; Verstetigung der Wärmeplanung
Kommunale Entscheidungsträger	Entscheidungen zu neuen Wärmenetzen und größeren Maßnahmen
Bauamt	Berücksichtigung des Maßnahmenkatalogs bei Bau- und Unterhalt kommunaler Liegenschaften
Liegenschaftseigentümer	Energetische Sanierung der Gebäude; Installation regenerativer Heizsysteme; Installation von PV-Anlagen

Tabelle 22: Beschreibung der Akteure

Zur Koordination der Akteure und Maßnahmen kann eine interne Steuerungsgruppe eingerichtet werden, die sich regelmäßig zur Abstimmung, Priorisierung und Kontrolle des Fortschritts trifft. Das Klimaschutzmanagement übernimmt hierbei eine leitende Rolle und bündelt alle relevanten Informationen für die operative Umsetzung.

Obwohl der Schwerpunkt zunächst auf der Erstellung der Wärmeplanung liegt, ist klar, dass deren erfolgreiche Umsetzung eine institutionelle Begleitung erfordert. Dazu zählt auch, dass bestehende Verwaltungsstrukturen fortgeführt oder bei Bedarf

ergänzt werden, um die Maßnahmen nachhaltig umzusetzen. Eine geordnete Abstimmung mit allen relevanten Akteuren sowie eine zielgerichtete interne und externe Kommunikation sichern die fachliche Einbindung.

Zusätzlich kann es sinnvoll sein, überregionale Informationen – beispielsweise vom Landkreis Passau oder von externen Beratungsangeboten – im Blick zu behalten, um bewährte Verfahren oder Erfahrungen bei Bedarf zu nutzen. Die in der Wärmeplanung erarbeiteten Grundlagen bilden dafür eine solide Ausgangsbasis für die weitere Umsetzung und Verstetigung in der ILE Abteiland

Erstellung eines Controlling-Konzepts

Für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung in Abteiland ist eine fortlaufende Überprüfung der festgelegten Ziele und Zwischenziele notwendig. So können Maßnahmen gezielt weiterentwickelt oder bei Bedarf frühzeitig angepasst werden. Ein strukturiertes Controlling ermöglicht es, den Fortschritt der Wärmewende in den Kommunen messbar zu machen. Die gewonnenen Daten dienen sowohl der internen Steuerung als auch der externen Kommunikation und Transparenz.

Besonders wichtig ist eine nutzerfreundliche Aufbereitung der Controlling-Daten, damit Verwaltung und politische Gremien der Städte und Gemeinden eine fundierte Entscheidungsgrundlage erhalten. Das Controlling orientiert sich dabei am PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act), der eine kontinuierliche Verbesserung der Maßnahmen sicherstellt.

Die Planung und Umsetzung der Maßnahmen basiert auf der Bestands- und Potenzialanalyse sowie dem Maßnahmenkatalog der kommunalen Wärmeplanung. Je nach Art und Umfang werden Maßnahmen vom Klimaschutzmanagement initiiert, von Fachabteilungen wie dem Bauamt oder externen Fachplanern konkret ausgearbeitet, von Entscheidungsträgern wie der Verwaltungsspitze oder dem Stadtrat beziehungsweise Gemeinderat beschlossen und die Finanzierung über die Kämmerei bereitgestellt.

Durch diese strukturierte Vorgehensweise kann die ILE Abteiland sicherstellen, dass die geplanten Maßnahmen zielgerichtet umgesetzt und deren Fortschritt systematisch überprüft wird, um die angestrebten Klimaziele effizient zu erreichen.

ÖB Öffentlichkeitsbeteiligung

ÖB.1 Kommunikationsstrategie

Eine frühzeitige, transparente und zielgruppengerechte Kommunikation ist eine zentrale Voraussetzung für den erfolgreichen Erstellungs- und Umsetzungsprozess der kommunalen Wärmeplanung in der ILE Abteiland. Ziel der Kommunikationsstrategie ist es, eine konsens- und unterstützungsorientierte Zusammenarbeit zwischen allen relevanten Akteursgruppen zu fördern, Akzeptanz für die Planungsergebnisse zu schaffen und eine aktive Mitwirkung sowohl während der Planerstellung als auch in der späteren Umsetzungsphase zu ermöglichen.

Die Kommunikationsstrategie verfolgt dabei insbesondere folgende Ziele:

- Information und Sensibilisierung der Öffentlichkeit für Ziele, Inhalte und Nutzen der kommunalen Wärmeplanung,
- frühzeitige Einbindung relevanter Akteure zur Nutzung lokalen Wissens und zur Erhöhung der Planungsqualität,
- Schaffung von Transparenz über Entscheidungsprozesse und Bewertungskriterien,
- Förderung der Akzeptanz und Umsetzungsbereitschaft bei Bürgerinnen und Bürgern sowie weiteren Stakeholdern.

a) Identifikation relevanter kommunaler Akteure (Akteursanalyse)

Im Rahmen einer Akteursanalyse werden alle für die kommunale Wärmeplanung relevanten Akteursgruppen in der ILE Abteiland systematisch identifiziert und hinsichtlich ihrer Interessen, Einflussmöglichkeiten und Betroffenheit bewertet. Grundlage hierfür bilden insbesondere die in § 7 WPG genannten Akteursgruppen.

Zu den relevanten kommunalen Akteuren zählen insbesondere:

- Kommunale Verwaltung (z. B. Bauamt, Umweltamt, Liegenschaftsverwaltung, Klimaschutzmanagement),
- Politische Entscheidungsträger (Stadtrat, Gemeinderat, Bürgermeister),
- Kommunale Unternehmen und Eigenbetriebe, insbesondere Stadtwerke und Energieversorger,
- Netzbetreiber (Wärme-, Gas- und Stromnetze),
- Wohnungswirtschaft (kommunale, genossenschaftliche und private Wohnungsunternehmen),
- Gewerbe-, Industrie- und Handwerksbetriebe mit hohem Wärmebedarf,
- Landwirtschaftliche Betriebe und Betreiber erneuerbarer Energieanlagen,
- Planungs- und Fachbüros, Verbände und Interessenvertretungen,
- Zivilgesellschaftliche Akteure, darunter Umwelt- und Klimaschutzinitiativen,
- Bürgerinnen und Bürger als zentrale Zielgruppe und zukünftige Umsetzer von Maßnahmen auf Gebäudeebene.

Die Akteursanalyse dient als Grundlage für die zielgerichtete Ansprache der einzelnen Gruppen und für die Auswahl geeigneter Beteiligungs- und Kommunikationsformate.

b) Beteiligungskonzept während der Erstellung der Wärmeplanung

Für den Zeitraum der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung in Abteiland wird ein mehrstufiges Beteiligungskonzept entwickelt, das sowohl die wesentlichen Akteure als auch die breite Öffentlichkeit einbindet.

Die Beteiligung der zentralen Akteure erfolgt insbesondere durch:

- bilaterale Fachgespräche mit Verwaltung, Stadtwerken und Netzbetreibern,
- regelmäßige Abstimmungstermine mit politischen Entscheidungsträgern.

Die Beteiligung der Bürgerschaft erfolgt über niedrigschwellige und transparente Formate, wie:

- öffentliche Informationsveranstaltungen und Bürgerversammlungen,
- digitale Beteiligungsformate (z. B. Online-Umfragen),
- Veröffentlichung von Zwischenergebnissen und Erläuterung zentraler Annahmen und Ergebnisse.

Ziel des Beteiligungskonzepts ist es, Hinweise und lokales Wissen frühzeitig in die Planung einzubeziehen, Erwartungen und Bedenken transparent zu machen und eine breite Akzeptanz für die kommunale Wärmeplanung zu schaffen. Die Ergebnisse der Beteiligungsprozesse werden dokumentiert und fließen – soweit fachlich und rechtlich möglich – in die weitere Planung ein.

Einordnung für die Umsetzungsphase

Die Kommunikationsstrategie endet nicht mit dem Abschluss der Planungsphase, sondern bildet die Grundlage für die anschließende Umsetzung in der ILE Abteiland. Durch kontinuierliche Information, zielgruppenspezifische Ansprache und transparente Kommunikation sollen Investitionsentscheidungen unterstützt und konkrete Maßnahmen begleitet werden.

Die Firma Nigl + Mader GmbH steht dabei auch weiterhin beratend zur Verfügung, insbesondere für Gebäudeeigentümer und größere Energieverbraucher. Dies umfasst unter anderem Fragestellungen zu energetischen Sanierungen, klimafreundlichen Heizsystemen, Photovoltaikanlagen sowie zur Planung und Umsetzung zukünftiger Wärmenetze und weiterer Maßnahmen.

ÖB.2 Durchführung für die wesentlichen Akteure

Durchführung der Beteiligung wesentlicher Akteure in der Kommunalen Wärmeplanung

Die erfolgreiche Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung erfordert die systematische Einbindung aller relevanten Akteure. Dies umfasst sowohl interne Verwaltungseinheiten, politische Gremien als auch externe Partner.

Beteiligung der Verwaltungseinheiten

Die Verwaltungseinheiten der Kommune werden regelmäßig informiert und aktiv in den Planungsprozess eingebunden. Der Auftragnehmer unterstützt hierbei durch die Teilnahme an Besprechungsterminen und stellt sicher, dass die beteiligten Stellen kontinuierlich über den Fortschritt der Wärmeplanung informiert sind.

Beteiligung der politischen Gremien

Die politischen Gremien werden durch die Verwaltung bei der Ausarbeitung von Sitzungsvorlagen unterstützt. Der Auftragnehmer bereitet Präsentationen vor und führt diese während der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung in den Gremien durch. Geplant ist hierbei ein Termin, um die politischen Entscheidungsträger frühzeitig und umfassend einzubeziehen.

Beteiligung externer wesentlicher Akteure

Wesentliche externe Akteure wie Energieunternehmen, Wohnungswirtschaft, Großverbraucher sowie Träger öffentlicher Belange wurden frühzeitig in den Planungsprozess eingebunden. Die Kommunen wurden durch die Umsetzungsstrategien auf geeignete Austauschformate hingewiesen, sodass die geplanten Maßnahmen gegenüber den Akteuren gezielt erläutert und deren Verbrauch sowie Perspektiven in die Planung einbezogen werden konnten. Da es insbesondere bei Großverbrauchern keine Pflicht zur Bereitstellung von Daten gibt, sind bislang nur vereinzelt Rückmeldungen eingegangen.

Auswertung der Stellungnahmen

Alle eingegangenen Stellungnahmen der beteiligten Akteure werden systematisch ausgewertet. Die Ergebnisse fließen in die weitere Planung, den Endbericht sowie den Planwerk ein. Die Bearbeiter der Firma Nigl + Mader GmbH integrieren zudem alle relevanten Daten und Unterlagen der Kommunen in die Projektunterlagen. Darüber hinaus unterstützt der Auftragnehmer bei der Erstellung und Auswertung eines Maßnahmenkatalogs, um unterschiedliche Interessen transparent darzustellen und in der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen.

Durch diese strukturierte Vorgehensweise wird gewährleistet, dass die kommunale Wärmeplanung fundiert, nachvollziehbar und unter Einbeziehung aller relevanten Akteure durchgeführt wird.

ÖB.3 Durchführung für die Bürgerschaft

Durchführung der Beteiligung der Bürgerschaft in der Kommunalen Wärmeplanung

Die Einbindung der Bürgerschaft ist ein zentraler Bestandteil der Kommunalen Wärmeplanung, um Transparenz zu gewährleisten und die Akzeptanz der Planungsentscheidungen zu fördern.

Information der Öffentlichkeit über den Beschluss zur Durchführung

Die Kommune informiert die Öffentlichkeit über den Beschluss zur Durchführung der Kommunalen Wärmeplanung. Der Auftragnehmer unterstützt die Verwaltung bei der Bekanntmachung, insbesondere über geeignete Kanäle wie die kommunale Website, gemäß § 13 Absatz 2 WPG.

Information der Öffentlichkeit über relevante Zwischenergebnisse

Die Bürgerschaft wird regelmäßig über die Ergebnisse der Eignungsprüfung sowie der Bestands- und Potenzialanalyse informiert. Der Auftragnehmer unterstützt die Verwaltung bei der Aufbereitung und Veröffentlichung der Informationen, unter anderem online, um den Planungsprozess transparent darzustellen (§ 13 Absatz 2 WPG).

Information der Öffentlichkeit über die Ergebnisse des Zielszenarios

Die Ergebnisse des entwickelten Zielszenarios werden der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Der Auftragnehmer leistet fachliche Zuarbeit, um die Möglichkeit zur Einsichtnahme der Ergebnisse und zur Abgabe von Stellungnahmen über einen Zeitraum von einem Monat zu gewährleisten (§ 13 Absatz 4 WPG).

Durchführung einer Informationsveranstaltung

Zur direkten Bürgerinformation unterstützt der Auftragnehmer die Verwaltung bei der Organisation und Durchführung einer Informationsveranstaltung. Ziel ist es, die Planung, die Vorgehensweise und die Ergebnisse des Zielszenarios verständlich zu präsentieren und den Bürgerinnen und Bürgern Gelegenheit zu Rückfragen zu geben.

Auswertung der Stellungnahmen der Bürgerschaft

Alle eingegangenen Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit werden systematisch ausgewertet. Die Ergebnisse fließen in die weitere Planung, den Endbericht und das Planwerk ein, sodass die Anregungen und Bedenken der Bürgerschaft angemessen berücksichtigt werden.

Durch diese strukturierte Informations- und Beteiligungsstrategie wird sichergestellt, dass die Bürgerschaft aktiv in den Planungsprozess eingebunden wird und die Ergebnisse der Kommunalen Wärmeplanung nachvollziehbar und transparent dargestellt werden.

Tabelle 1: Gebäudetyp mit der jeweiligen Anzahl 10
Tabelle 2: Anzahl der Gebäude aufgeteilt auf Sektor und Wärmeverbrauch 13
Tabelle 3: Übersicht der Wärmeerzeuger nach Typ, Anzahl und Jahreswärmeverbrauch 15
Tabelle 4: Übersicht der Bisko-Sektoren aufgeteilt auf Anzahl und Wärmebedarf 17
Tabelle 5: Übersicht der Bisko - Sektoren aufgeteilt auf Anzahl und Wärmeverbrauch 19
Tabelle 6: Übersicht der Versorgungsarten mit den jeweiligen Wärmeverbrauch 23
Tabelle 7: Parameter der Gemeinde Thyrnau 25
Tabelle 8: Auflistung der Großverbraucher mit den jeweiligen Wärmeverbrauch 28
Tabelle 9: Darstellung der angenommenen Szenarien 52
Tabelle 10: Entzugsleistungen 55
Tabelle 11: Wärmedeckungspotenzial der jeweiligen Szenarien 56
Tabelle 12: Anzahl der Brunnenpaare pro Gemeinde 63
Tabelle 13: Entzugsenergie pro Gemeinde 63
Tabelle 14: Globalstrahlung 2014 Standort Kinzesberg 71
Tabelle 15: Wärmepotenzial auf die jeweiligen Flächen 72
Tabelle 16: Mögliche Abkühlungen des jeweiligen Monats 76
Tabelle 17: Berechnungen der Betriebsstunden des jeweiligen Potenzials 76
Tabelle 18: Berechnung des Wärmespeichers 79
Tabelle 19: Photovoltaik Berechnung zentral 84
Tabelle 20: Parameter der beiden Windkraftanlagen 91
Tabelle 21: Standortertrag in den verschiedenen Höhen 91
Tabelle 22: Beschreibung der Akteure 111

Abbildung 1: Baublockbezogene Darstellung Baualtersklassen 11
Abbildung 2: Baublockbezogene Darstellung des Siedlungstypen 12
Abbildung 3: Anzahl der Gebäude nach Baualtersklassen 13
Abbildung 4: Baublockbezogene Darstellung nach Energieträgern 14
Abbildung 5: Wärmebedarf - Nutzenergie pro m² Gebäudenutzfläche 16
Abbildung 6: Wärmeverbrauch - Gemischt 18
Abbildung 7:Wärmeverbrauch der Gemeinde Thyrnau 20
Abbildung 8: Karten mit den gekennzeichneten Kommunalen Liegenschaften 21
Abbildung 9: Baublockbezogene Darstellung des Wärmebedarfs 24
Abbildung 10: Straßenbezogene Darstellung des Wärmebedarfs 26
Abbildung 11: Standortbezogene Darstellung der regionalen Großverbraucher 27
Abbildung 12: Heatmap der Gemeinde Thyrnau 29
Abbildung 13: Darstellung der CO2 - Emissionen Wärme in t/a 30
Abbildung 14: Baublockbezogene Darstellung der CO2 - Emissionen Wärme in t 31
Abbildung 15: Heatmap Darstellung der CO2 - Emissionen Wärme in t 32
Abbildung 16: Fernwärmeeignungsgebiete 34
Abbildung 17: Darstellung der Potenziale 36
Abbildung 18: Sanierungsstand IST-Zustand 38
Abbildung 19: Mögliches Sanierungspotenzial 39
Abbildung 20: Mögliche Wärmepumpeneignung 46
Abbildung 21: Mögliche Wärmeleitfähigkeit der ILE Abteiland; Quelle: Energieatlas Bayern 50
Abbildung 22: Bestehende Bohrung der ILE Abteiland; Quelle: Umweltatlas Bayern 51
Abbildung 23: Darstellung der 5%, 10%, 15% auf das Gebiet; Quelle: Energieatlas Bayern 53
Abbildung 24: Darstellung hydrogeologischen Einheiten; Quelle: Umweltatlas Bayern 61
Abbildung 25: Entzugsleistung bei Brunnen – potenzielle Flächen; Quelle: Energieatlas Bayern 62
Abbildung 26: Geothermie Atlas; Quelle: Bayrischer Geothermieatlas, Landesamt für Umwelt 66
Abbildung 27: Eigenbedarf Solarthermie 68
Abbildung 28: Aufbau eines Röhrenkollektors 70
Abbildung 29: Abflussmenge der Donau; Quelle: Gewässerkundlicher Dienst Bayern 74
Abbildung 30: Wasserstand der Donau; Quelle: Gewässerkundlicher Dienst Bayern 75
Abbildung 31: Wassertemperatur der Donau; Quelle: Gewässerkundlicher Dienst Bayern 75
Abbildung 32: Photovoltaik Potenzial Eigenbedarf 82
Abbildung 33: Photovoltaik Potenzial Eigenbedarf 87
Abbildung 34: Mögliche Standorte in der ILE Abteiland 89
Abbildung 35: Darstellung zweier möglicher Windkraftanlagen; Quelle: Energieatlas Bayern 90
Abbildung 36: Darstellung der Startgeschwindigkeit einer Windkraftanlage 92
Abbildung 37: Darstellung der Entfernungen zur Windkraftanalage 93
Abbildung 38: Entwicklung der Energieträger bis 2045 99
Abbildung 39: Baublockbezogene Darstellung der Energieträger 2045 100
Abbildung 40: Darstellung der Cluster von Thyrnau 101
Abbildung 41: Darstellung Sanierungsstand IST-Zustand 102
Abbildung 42: Darstellung Sanierungsstand 2045 103
Abbildung 43: Darstellung der Maßnahmenkataloge 104