

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Kommunaler Wärmeplan

der Gemeinde Kriftel

Ergebnisbericht der Kommunalen Wärmeplanung
für die Gemeinde Kriftel

29.01.2026



Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	8
Vorbemerkung.....	9
1 Vorwort zum Projekt	10
1.1 Datenerhebung	11
1.1.1 Vorgehensweise	11
1.1.2 Datenaufbereitung.....	12
1.1.3 Datenqualität	12
2 Die kommunale Wärmeplanung als Planungsinstrument (FAQ).....	13
2.1 Was ist ein Wärmeplan?	13
2.2 Was ist der Nutzen einer Wärmeplanung?	13
2.3 Welche Ergebnisse beinhaltet ein Wärmeplan?	13
2.4 Kann ich meine fossile Heizung auch nach der Wärmeplanung weiter betreiben?	13
2.5 Wann muss ich meine alte Heizung tauschen?.....	14
2.6 Wie ist der Zusammenhang zwischen GEG, BEG und Wärmeplanung?	14
2.7 Was bedeutet die Wärmeplanung für Anwohnerinnen und Anwohner?	14
2.8 Welche Gebiete sind prinzipiell für den Bau von Wärmenetzen geeignet?	15
2.9 Wo kann ich mich über aktuelle Themen der Wärmeplanung in Kriftel informieren?	15
3 Eignungsprüfung	16
3.1 Ausgangslage und Gebäudestruktur	16
3.2 Bestehende Wärmenetze und lokale Potenziale	16
3.3 Siedlungsstruktur und Wärmeliniendichte	16
3.4 Perspektiven für Wasserstoffnutzung.....	16
3.5 Ergebnis der Eignungsprüfung	17
4 Bestandsanalyse.....	18
4.1 Ziele der Bestandsanalyse	18
4.2 Gebäude- und Siedlungstypen	19
4.3 Energiebedarfserhebungen	23
4.4 Heizungsalter	27
4.5 Sanierungsstand der Gebäude	28

4.6	Wärme- und Kälteinfrastruktur – Gasnetze.....	30
4.7	Wärme- und Kälteinfrastruktur – Wärmenetze.....	30
5	Potenzialanalyse	31
5.1	Potenziale zur Energieeinsparung durch Senkung des Wärmebedarfs	31
5.2	EE-Potenziale und Abwärme.....	34
5.2.1	Geothermie	35
5.2.2	Umweltwärme	42
5.2.3	Solarthermie.....	53
5.2.4	Potenziale aus Freiflächen	55
5.2.5	Abwärme aus Industrie, Gewerbe bzw. öffentlichen Liegenschaften	57
5.2.6	Biomasse	59
5.2.7	Großwärmespeicher	62
5.2.8	Power-to-X (Windkraft & PV).....	63
5.2.9	Regionale Stoffkreisläufe (ohne biogene Abfälle).....	64
6	Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	65
6.1	Einteilung der Teilgebiete	66
6.2	Einstufung der Teilgebiete	66
6.3	Einteilung in Eignungsgebiete	68
6.4	Kostenprognose in Form von Wärmeevollkostenvergleich	70
7	Zielszenario und Entwicklungspfade	72
7.1	Ermittlung des Zielszenarios	72
7.2	Zielszenario	83
7.2.1	Endenergiebedarf nach Endenergiesektoren	84
7.2.2	Endenergiebedarf nach Energieträgern.....	85
7.2.3	Jährliche Emissionen von Treibhausgasen	86
7.2.4	Endenergiebedarf der Fernwärme nach Energieträgern	87
7.2.5	Anteil Fernwärme am gesamten Endenergiebedarf der Wärmeversorgung	88
7.2.6	Anzahl der Gebäude mit Anschluss an Wärme- und Gasnetz.....	89
8	Strategie und Maßnahmenkatalog.....	90
8.1	Methodik und Vorgehensweise	90
8.2	Maßnahmenkatalog	90
9	Verstetigungs- und Controllingkonzept	101

10 Beteiligungs- und Kommunikationskonzept	106
10.1 Beteiligungsprozesse während der Wärmeplanung	106
10.2 Kommunikationsstrategie für die Wärmewende in Kriftel	108
10.2.1 Ziele der Kommunikationsstrategie	108
10.2.2 Maßnahmen und Instrumente	109
11 Fazit	110
12 Literaturverzeichnis	111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: theoretisches Energieeinsparpotenzial durch Gebäudesanierung.....	31
Tabelle 2: Petrothermales und Hydrothermales Potenzial bis zu einer Tiefe von - 4.000 m.....	41
Tabelle 3: Mögliche Energiemengen für Dachflächensolarthermie in Kriftel	55
Tabelle 4: Theoretisch notwendiger Flächenbedarf zur monotechnologischen Wärmeversorgung....	57
Tabelle 5: Übersicht Verfügbarkeiten und Potenziale der festen Biomasse in Kriftel	61
Tabelle 6: Bewertungsmatrix künftiger Wärmeversorgungsgebiete.....	69
Tabelle 7: Priorisierung verschiedener Sanierungsmaßnahmen.....	75
Tabelle 8: Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs (Nutzenergie) bis 2045, Szenario IV.....	78
Tabelle 9: Quantitative Verteilung der wärmeversorgten Gebäude mit und ohne Heizungsalter.....	79
Tabelle 10: Umstellung der Heizungen nach Heizungsbaujahr und Gebäudebaujahr.....	80
Tabelle 11: Umstellmatrix für Wärmenetzeignungsgebiete	81
Tabelle 12: Umstellungsmatrix für Einzelversorgungsgebiete und Prüfgebiete.....	82
Tabelle 13: Zielindikatoren Stand 2025	105

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung des regionalen Wasserstoff-Backbones in Nord- und Mittelhessen	17
Abbildung 2: Überwiegende Gebäudenutzung nach Baublöcken.....	20
Abbildung 3: Aufteilung der Gebäudecharakteristik.....	20
Abbildung 4: Gebäudebestand nach Baualtersklassen	21
Abbildung 5: numerische Verteilung der Baualtersklassen inkl. BSKO-Sektor	22
Abbildung 6: Verteilung der spezifischen Wärmebedarfe auf Baublockebene	23
Abbildung 7: Aufteilung des Wärmebedarfs nach Energieträger	24
Abbildung 8: Verteilung der Wärmeversorgungsarten auf Baublockebene	25
Abbildung 9: Aufteilung des Wärmebedarfs nach Gebäudenutzung.....	26
Abbildung 10: prozentuale Verteilung der Heizungsanlagen nach Alter	27
Abbildung 11: Sanierungsstände auf Baublockebene	28
Abbildung 12: Sanierungsstatus der Gebäude im Planungsgebiet	29
Abbildung 13: Geografische Verortung des Gasnetzes	30
Abbildung 14: Wärmebedarf Nutzenergie nach Gebäudealter und -art (in GWh)	32
Abbildung 15: Sanierungspotenzial Gebäudebestand im Untersuchungsgebiet.....	33
Abbildung 16: Definition der Potenzialbegriffe.....	34
Abbildung 17: Hydrogeologische Standortbeurteilung Kriftel	37
Abbildung 18: Wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung Kriftel	38
Abbildung 19: Nutzungsmöglichkeiten Erdwärmekollektoren	40
Abbildung 20: Tiefengeothermie – hydrothermales Potenzial –1000 m	41
Abbildung 21: Funktionsweise einer Wärmepumpe innerhalb eines Wärmenetzes	43
Abbildung 22: Wärmeentnahmemöglichkeiten Abwasser	48
Abbildung 23: Luftbild der Lage des Klärwerks Kriftel	50
Abbildung 24: Abwassertemperatur und Durchfluss der Kläranlage Kriftel	51
Abbildung 25: Kanalnetz Kriftel	52
Abbildung 26: Vergleich der unterschiedlichen Optionen zur Wärmeentnahme am Standort Kriftel	53
Abbildung 27: Geeignete Dachflächen für Solarthermie in Kriftel	54
Abbildung 28: Inhalte der Plattform für Abwärme nach Energieeffizienzgesetz.....	58
Abbildung 29: Flächenintensität verschiedener (nachhaltiger) Wärmeenergiequellen (exemplarisch)	60

Abbildung 30: theoretisches Biogaspotenzial aus land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen ...	62
Abbildung 31: Übersicht verschiedener Power-to-X Prozesse.....	63
Abbildung 32: Teilgebiete in Kriftel.....	66
Abbildung 33: Eignungsstufen der Teilgebiete.....	68
Abbildung 34: Eignungsgebiete.....	68
Abbildung 35: Einteilung in Eignungsgebiete für Kriftel.....	70
Abbildung 36: Beispielhafter Vollkostenvergleich der Heizoptionen	71
Abbildung 37: Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs in [GWh/a] bis 2045, Szenarien I-III	74
Abbildung 38: Sanierung der Gebäudeklassen H (dunkelrot) bis 2030.....	76
Abbildung 39: Sanierung der Gebäudeklassen G (rot) bis zum Jahr 2035	76
Abbildung 40: Sanierung der Gebäudeklassen F (orange) bis zum Jahr 2040	77
Abbildung 41: Sanierung der Gebäudeklassen D & E (gelb-orange) bis zum Jahr 2045	77
Abbildung 42: Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs (Nutzenergie) bis 2045, Szenario IV	78
Abbildung 43: Endenergiebedarf nach Sektoren	84
Abbildung 44: Endenergiebedarf nach Energieträgern.....	85
Abbildung 45: Jährliche Emissionen von Treibhausgasen.....	86
Abbildung 46: Endenergiebedarf der Fernwärme nach Energieträgern.....	87
Abbildung 47: Anteil Fernwärme am gesamten Endenergiebedarf der Wärmeversorgung	88
Abbildung 48: Anzahl der Gebäude mit Anschluss an Wärme- und Gasnetz sowie dezentrale Versorgungslagen	89
Abbildung 49: „SMARTe“ Ziele zur Kontrolle der Zielerreichung.....	103
Abbildung 51: Einfluss-Interessen-Matrix der Akteursanalyse	107
Abbildung 50: Impressionen aus dem Akteursworkshop.....	107
Abbildung 52: Impressionen aus der Bürgerversammlung vom 21.01.2026.....	108

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
CO ₂	Kohlendioxid
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EW	Einwohner
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GWh	Gigawattstunde
kWh	Kilowattstunde
JAZ	Jahresarbeitszahl
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KWP	Kommunale Wärmeplanung
LHKW	Lastkraftwagen
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
PV	Photovoltaik
THG	Treibhausgas
t	Tonne
Vbh	Vollbenutzungsstunden
WP	Wärmepumpe
WPG	Wärmeplanungsgesetz

Vorbemerkung

Auftraggeber:	Auftragnehmer:		
			
	Syna GmbH	HORIZONTE-Group GmbH	ENEKA Energie & Karten GmbH
Gemeinde	Projektleitung und -koordination	Ingenieurbüro	Digitaler Zwilling
Kriftel			
Frankfurter Str. 33-37	Ludwigshafener Str. 4	Mittelstr. 11	Richard-Wagner-Str. 1a
65830 Kriftel	65929 Frankfurt am Main	40789 Monheim am Rhein	18055 Rostock

Die Durchführung der kommunalen Wärmeplanung der Gemeinde Kriftel wurde gefördert im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI).

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert das Bundesumweltministerium seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist ein Garant für gute Ideen.

Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zur Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen oder Bildungseinrichtungen.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

1 Vorwort zum Projekt

Die Gemeinde Kriftel liegt im Main-Taunus-Kreis im Süden des Bundeslandes Hessen und ist Teil der Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main. Sie grenzt im Norden und Westen an die Stadt Hofheim am Taunus, im Osten an die Stadt Hattersheim am Main und im Süden an Zeilsheim, einen Stadtteil der Stadt Frankfurt am Main. Das Gemeindegebiet umfasst rund 6,8 km², die Gemeinde hat 11.383 Einwohner (31. 03. 2025) [1].

Kriftel ist eine eigenständige Gemeinde ohne weitere Ortsteile. Trotz ihrer Nähe zu den urbanen Zentren des Rhein-Main-Gebiets hat sie sich ihren kleinstädtischen Charakter bewahrt. Die wirtschaftliche Struktur ist geprägt durch mittelständisches Gewerbe, Handwerksbetriebe und Dienstleistungsunternehmen, während die Wohngebiete überwiegend durch Ein- und Mehrfamilienhäuser gekennzeichnet sind. Kriftel wird auch als „Obstgarten des Vordertaunus“ bezeichnet, da der Obst- und Gartenbau eine lange Tradition hat und bis heute das Landschaftsbild mitbestimmt.

Eine grundlegende Aufgabenstellung bei der Entwicklung des kommunalen Wärmeplans ist es, die Basis für eine Strategie zur langfristigen CO₂-neutralen Wärmeversorgung des Gebietes der Kommune bis zum Jahr 2045 zu schaffen. Der kommunale Wärmeplan zeigt dafür den aktuellen Sachstand der Wärmeversorgung sowie verschiedenste Perspektiven der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energiequellen, Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) auf. Über Zwischenstände für die Jahre 2030, 2035 und 2040 wird das klimaneutrale Zielszenario für 2045 entwickelt. Im Wesentlichen gliedert sich die Planerstellung in fünf Hauptphasen:

Eignungsprüfung

Identifikation von kommunalen Teilgebieten, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Wärmeversorgung durch Wasserstoff- oder Wärmenetze eignen.

Bestandsanalyse

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

Potenzialanalyse

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

Entwicklung eines klimaneutralen Zielszenarios

Entwicklung eines Szenarios für eine klimaneutrale Wärmeversorgung. Dazu wird die Nutzung der in Phase 2 ermittelten Potenziale für Energieeinsparung und erneuerbare Energien in einer Energie- und Treibhausgasbilanz nach Sektoren und Energieträgern für die Jahre 2030 und 2045 dargestellt. Außerdem erfolgt eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2045 mit einem Zwischenziel für 2030. Insbesondere soll eine Einteilung in Eignungsgebiete für Wärmenetze und Einzelversorgung erfolgen.

Festlegung der kommunalen Wärmewendestrategie und des Maßnahmenkatalogs

Formulierung eines Transformationspfads zum Aufbau einer klimaneutralen Wärmeversorgung und Beschreibung der dafür erforderlichen Maßnahmen. Die Maßnahmen sollen spezifisch auf unterschiedliche Eignungsgebiete und Quartiere eingehen. Die Summe der beschriebenen Maßnahmen soll zu den erforderlichen Treibhausgasminderungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung führen. Die Öffentlichkeit (Bürgerschaft, Interessengruppen und Vertreter der Wirtschaft) soll am Entwurf des Wärmeplans beteiligt werden.

Die Gemeinde Kriftel hat im Jahr 2024 die Förderzusage für die Erstellung ihrer kommunalen Wärmeplanung im Rahmen des Förderprogramms der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erhalten. Der Durchführungszeitraum des Projekts war Juli 2025 – März 2026.

Die Aufstellung des kommunalen Wärmeplans erfolgt unabhängig von Interessen wirtschaftlich orientierter Akteure, v.a. bei der Umsetzung des Wärmeplans. Bei der Erhebung und Verarbeitung der zu sammelnden Daten wurden die Vorgaben des Datenschutzes eingehalten.

1.1 Datenerhebung

Für eine praxisorientierte und umsetzbare kommunale Wärmeplanung ist eine fundierte und umfassende Datengrundlage unerlässlich. Dabei sind nicht nur die aktuell benötigten Wärmemengen und Energieträger von Bedeutung, sondern auch die derzeitigen Wärmeerzeugungsarten sowie die damit verbundenen Implikationen für die zukünftige Wärmeversorgung. An den Stellen, wo eine Erhebung von Realdaten rechtlich oder technisch nicht möglich war, wurde auf statistische Werte zurückgegriffen.

1.1.1 Vorgehensweise

Zur Datenerhebung wurden Gasbetreiber, Schornsteinfeger, Unternehmen und weitere relevante Akteure der kommunalen Wärmeplanung kontaktiert.

Digitaler Zwilling

Ein digitaler Zwilling ist ein virtuelles Abbild der realen Energieinfrastruktur, das auf Basis von Geodaten, Verbrauchsdaten und technischen Parametern erstellt wird. Er ermöglicht es, unterschiedliche Szenarien für die zukünftige Wärmeversorgung zu simulieren und deren Auswirkungen auf

Energiebedarf, Netzstrukturen und Kosten zu bewerten. Damit dient der digitale Zwilling als zentrales Planungsinstrument, um Entscheidungen in der kommunalen Wärmeplanung datenbasiert und transparent zu treffen.

Der Datendienstleister ENEKA erstellte im Auftrag von Syna und dessen Kooperationspartner HORIZONTE-Group den digitalen Zwilling für Kriftel. Auf Grundlage umfangreicher statistischer Daten in dem digitalen Zwilling, die u. a. auf Nexiga-Daten beruhen, können vor allem Gebäudedaten (z.B. Art der Nutzung des Gebäudes, Baualtersklassen, Grund- und Wohnfläche) in hoher Datenqualität abgebildet und ausgespielt werden. Bei den Nexiga-Daten handelt es sich um modellbasierte Standort- und Gebäudedaten, die u. a. demographische, gebäudestrukturelle und energierelevante Informationen adressgenau bereitstellen.

1.1.2 Datenaufbereitung

Bei der Bearbeitung der eingereichten Energiedaten wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Prüfung der Vollständigkeit

Es wurde grundsätzlich davon ausgegangen, dass die bereitgestellten Datensätze vollständig sind. Daher bezog sich die Vollständigkeitskontrolle auf die Überprüfung der Attribute innerhalb eines Datensatzes. Fehlende Daten führten zur Ergänzung durch statistische Werte, welche bereits vorab im digitalen Zwilling für Kriftel hinterlegt waren.

2. Plausibilitäts- und Konsistenzprüfung

Hierbei wurde die Plausibilität des Wertebereichs und die Verteilung der vorhandenen Werte überprüft und ob in den Daten Ausreißer vorhanden waren.

3. Fehleranalyse und Datenbereinigung

Fehlerhafte, unvollständige oder doppelte Datensätze wurden identifiziert, bewertet und bei Bedarf gelöscht.

4. Datenumwandlung und -ergänzung

In diesem Schritt wurde sichergestellt, dass in den Datensätzen dieselben Einheiten vorliegen. Bei Energiedaten sind dies insbesondere Energiemengen in Kilowattstunden (kWh), Leistungen in Kilowatt (kW), Flächen in Quadratmetern (m²). Aufbauend auf den vorherigen Schritten wurden die Datensätze um weitere nützliche Attribute für die folgenden Analysen erweitert. Dies sind beispielsweise gebäudetyp-spezifische Attribute wie Baualtersklasse, Gebäudenutzung oder flächenbezogene sowie straßenabschnittsbezogene Energieverbräuche.

1.1.3 Datenqualität

Bei den vorliegenden Datensätzen konnte eine hohe Datenqualität festgestellt werden. Bei der Einspielung und Verarbeitung der Daten im digitalen Zwilling kommt es jedoch zwangsläufig zu Unschärfen – maßgeblich aufgrund der gemäß WPG erforderlichen Datenaggregation sowie ungenauer Adressbezeichnungen. Die georeferenzierten Informationen zu Gas-, Strom-, und Abwassernetzen lagen als GIS-Daten vor und konnten daher in den digitalen Zwilling übertragen werden.

2 Die kommunale Wärmeplanung als Planungsinstrument (FAQ)

Das folgende Kapitel soll eine prägnante und leicht verständliche Einführung in die kommunale Wärmeplanung in Krißfeld geben. Die Zusammenstellung der wichtigsten und häufigsten Fragen verschafft einen umfassenden Überblick und klärt die zentralen Aspekte der kommunalen Wärmeplanung.

2.1 Was ist ein Wärmeplan?

Der Wärmeplan ist eine strategische Planung zur ganzheitlichen Organisation der Wärmeversorgung auf kommunaler Ebene. Hauptziel ist es, eine treibhausgasneutrale, sichere und kostengünstige Wärmeversorgung sicherzustellen. Dazu wird die aktuelle Wärmesituation analysiert, der zukünftige Wärmebedarf ermittelt und Potenziale für erneuerbare Energien und Energieeffizienz identifiziert. Diese Informationen fließen in ein lokales Zielszenario, ergänzt durch Strategien und Maßnahmen, die erste Schritte zur Zielerreichung darstellen. Der Plan ist spezifisch an die lokalen Bedingungen und Bedürfnisse der Gemeinde angepasst.

2.2 Was ist der Nutzen einer Wärmeplanung?

Die kommunale Wärmeplanung bietet vielfältige Vorteile. Durch die gezielte Abstimmung von Wärmeplanung, Transformationsplänen, Quartierskonzepten und privaten Initiativen können kosteneffiziente Lösungen entwickelt werden, die Fehlinvestitionen verhindern und das Investitionsrisiko senken. Insbesondere das Einengen des Investitionsspielraums für Wärmenetze hilft, finanzielle Risiken zu minimieren. Außerdem fördert der regelmäßige Austausch aller beteiligten Akteure mit der Gemeindeverwaltung einen wertvollen Wissens- und Ideentransfer zur Wärmewende.

2.3 Welche Ergebnisse beinhaltet ein Wärmeplan?

Der Wärmeplan dient primär als strategischer Fahrplan und bietet Handlungsempfehlungen für die Entscheidungsträger. Die Ergebnisse und Analysen richten die kommunalen Prioritäten auf das Ziel einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung aus und enthalten konkrete Vorschläge zur Entwicklung der Wärmeversorgungsinfrastruktur sowie zur Integration erneuerbarer Energien. Die Gemeindeverwaltung und andere Verantwortliche nutzen die Ergebnisse als Grundlage für die Gemeinde- und Energieplanung. Der Wärmeplan nennt Maßnahmen, die die Umsetzung der Wärmewende initiieren und die an die lokalen Gegebenheiten angepasst sind. Dieser Prozess ist kontinuierlich und wird regelmäßig aktualisiert, um auf neue Entwicklungen einzugehen.

2.4 Kann ich meine fossile Heizung auch nach der Wärmeplanung weiter betreiben?

Die kommunale Wärmeplanung sieht keine Austauschpflicht für bestehende, fossile Heizungen vor.

2.5 Wann muss ich meine alte Heizung tauschen?

Der Austauschzeitpunkt für alte Heizsysteme wird durch das Alter des Geräts und die gesetzlichen Vorgaben bestimmt. In Deutschland sieht die Energieeinsparverordnung (EnEV) bzw. das Gebäudeenergiegesetz (GEG) vor, dass Heizkessel, die älter als 30 Jahre sind, in der Regel ausgetauscht werden müssen. Dies gilt insbesondere für Standardheizkessel, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Allerdings gibt es Ausnahmen, z. B. für Heizungen in Ein- oder Zweifamilienhäusern, die seit dem 1. Februar 2002 vom Eigentümer selbst bewohnt werden. Für diese Anlagen kann eine Austauschpflicht erst bei einem Eigentümerwechsel greifen. Es ist ratsam, regelmäßig den Wirkungsgrad und die Effizienz der Heizung zu überprüfen und gegebenenfalls auf eine moderne, energieeffiziente Heizung umzurüsten, um den steigenden Anforderungen an den Klimaschutz gerecht zu werden und die Heizkosten zu senken. Eine Austauschpflicht funktionierender Heizungsanlagen durch die kommunale Wärmeplanung gibt es indes nicht.

2.6 Wie ist der Zusammenhang zwischen GEG, BEG und Wärmeplanung?

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG), die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) und das Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG) ergänzen sich in vielen Aspekten. Während das GEG Anforderungen auf Gebäudeebene regelt, unterstützt das BEG die energetische Sanierung durch finanzielle Förderung. Die kommunale Wärmeplanung hingegen zielt auf die übergeordnete Energieversorgung auf Gemeinde- oder Regionsebene ab. Alle drei Instrumente haben das Ziel, CO₂-Emissionen zu senken und die Energieeffizienz zu steigern.

Das GEG sieht vor, dass ab dem 01.01.2024 in Neubaugebieten nur Heizsysteme mit einem Mindestanteil von 65% erneuerbarer Energien installiert werden dürfen. Ab 2026 bzw. 2028 wird dies auch für Bestandsgebäude in Kommunen mit über bzw. unter 100.000 Einwohnern gelten. Diese Anforderungen werden durch die kommunale Wärmeplanung unterstützt und gelten nicht in „Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder Wasserstoffausbaubereichen“, die nach § 26 WPG durch eine Satzung beschlossen werden. In diesen Gebieten dürfen auch nach den Fristen noch fossile Heizungen betrieben werden, bis ein Anschluss an ein Wärmenetz oder Wasserstoffnetz möglich ist. Ab 2045 müssen alle Heizsysteme ausschließlich mit erneuerbaren Energieträgern betrieben werden.

2.7 Was bedeutet die Wärmeplanung für Anwohnerinnen und Anwohner?

Der Wärmeplan dient als strategisches Konzept und zeigt mögliche Handlungsfelder auf, jedoch ohne verpflichtenden Charakter für die Anwohnerinnen und Anwohner. Die vorgesehenen Eignungsgebiete für Wärmenetze und spezifische Maßnahmen sind als Orientierung für die kommunale Planung gedacht. Anwohnerinnen und Anwohner werden frühzeitig eingebunden, um sicherzustellen, dass individuelle Entscheidungen zur Umstellung der Wärmeversorgung im Einklang mit der kommunalen Planung getroffen werden.

Für Mieterinnen und Mieter: Es empfiehlt sich, sich über geplante Maßnahmen zu informieren und mögliche Änderungen mit Vermieterinnen und Vermieter zu besprechen.

Für Vermieterinnen und Vermieter: Der kommunale Wärmeplan kann als Orientierungshilfe bei Sanierungen oder Neubauten dienen. Es ist ratsam, die Rentabilität von Maßnahmen wie Wärmepumpen oder Anschlüssen an Wärmenetze zu prüfen und Mieterinnen und Mieter über etwaige Beeinträchtigungen und Kostensteigerungen zu informieren.

Für Gebäudeeigentümerinnen und Gebäudeeigentümer: In Eignungsgebieten für Wärmenetze empfiehlt sich eine Kontaktaufnahme mit Stadtwerken oder Wärmenetzbetreibern. Für Gebäude außerhalb dieser Gebiete gibt es alternative Maßnahmen, wie die Nutzung erneuerbarer Energien vor allem über Wärmepumpen oder energetische Sanierungen. Eine Energieberatung und die bundesweiten Förderprogramme können dabei helfen, geeignete Schritte wie z.B. Heizungstausch und Sanierungsmaßnahmen an der eigenen Immobilie zu planen.

2.8 Welche Gebiete sind prinzipiell für den Bau von Wärmenetzen geeignet?

Gebiete, die sich prinzipiell für den Bau von Wärmenetzen eignen, weisen in der Regel eine hohe Wärmedichte auf, das heißt einen konzentrierten Wärmebedarf auf begrenzter Fläche. Besonders städtische Verdichtungsräume mit einer Vielzahl von Mehrfamilienhäusern, öffentlichen Einrichtungen oder gewerblichen Nutzungen sind prädestiniert. Auch Neubaugebiete bieten günstige Voraussetzungen, da die notwendige Infrastruktur von Beginn an integriert werden kann. Darüber hinaus sind Standorte mit verfügbarer lokaler oder regionaler Wärmequelle, etwa industrielle Abwärme, ein Fluss oder eine Kläranlage, besonders geeignet. In bestehenden Quartieren steigt die Umsetzbarkeit, wenn ohnehin Sanierungen oder städtebauliche Maßnahmen geplant sind, da sich Planung und Bau gut miteinander verbinden lassen.

2.9 Wo kann ich mich über aktuelle Themen der Wärmeplanung in Kriftel informieren?

Sie können sich Online auf der Webseite der Gemeinde Kriftel unter folgendem Link informieren: <https://www.kriftel.de/leben-umwelt/umwelt-klima/kommunale-waermeplanung/>

3 Eignungsprüfung

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung der Gemeinde Kriftel wurde gemäß § 11 WPG eine Eignungsprüfung zur Feststellung potenziell geeigneter Gebiete für den Aufbau oder die Erweiterung von Wärme- und Wasserstoffnetzen durchgeführt. Ziel dieser Prüfung war es, Gebiete mit ausreichender Wärme- bzw. Wärmeliniendichte und sonstigen günstigen Voraussetzungen zu identifizieren, um eine detaillierte Wärmeplanung im nächsten Schritt sachgerecht und wirtschaftlich fundiert durchführen zu können.

3.1 Ausgangslage und Gebäudestruktur

Die Gemeinde Kriftel liegt im Bundesland Hessen und hat rund 11.383 Einwohner. Im Gemeindegebiet befinden sich insgesamt 4.189 Gebäude, davon 3.265 Wohngebäude.

Der jährliche Nutzenergiebedarf für Wärme beträgt insgesamt etwa 78,7 GWh. Die Wärmeversorgung erfolgt derzeit überwiegend durch Erdgas (62,5 GWh/a) und Heizöl (10,9 GWh/a), gefolgt von Heizstrom (1,7 GWh/a), Scheitholz (1,5 GWh/a) und Wärmepumpen (1,0 GWh/a).

3.2 Bestehende Wärmenetze und lokale Potenziale

In der Gemeinde besteht aktuell kein kommunales oder privates Fernwärmenetz.

Zusätzliche Wärmequellen befinden sich in unmittelbarer Nähe oder innerhalb des Gemeindegebiets. Vor allem hervorzuheben ist das Klärwerk, welches direkt im Gewerbegebiet liegt und dort ein hohes Abwasserwärmepotenzial und eine hohe Wärmeabnahme verbindet.

3.3 Siedlungsstruktur und Wärmeliniendichte

Kriftel weist eine kompakte, zentrale Siedlungsstruktur auf und gliedert sich nicht in Ortsteile. Die Bebauung konzentriert sich auf den Kernbereich der Gemeinde, der eine hohe Bebauungsdichte und eine ausgeprägte Mischung aus Wohn- und Gewerbenutzung aufweist.

Gewerbliche Strukturen befinden sich insbesondere im Norden und Osten der Gemeinde (z. B. Gewerbegebiet Gutenbergstraße, Liederbacher Straße). Diese Bereiche bieten aufgrund ihrer Wärmebedarfsdichte und möglichen Abwärmequellen hohes Potenzial für Nahwärmelösungen.

Das Umland ist hingegen durch landwirtschaftlich genutzte Flächen und Obstbau geprägt, weshalb dort geringe Wärmedichten vorliegen und netzgebundene Lösungen weniger wirtschaftlich erscheinen.

3.4 Perspektiven für Wasserstoffnutzung

Kriftel liegt in der Rhein-Main-Region in unmittelbarer Nähe zur bestehenden Gasinfrastruktur von NRM/Mainova und der Syna. Über das geplante Wasserstoff-Kernnetz Deutschland wird der Rhein-Main-Raum voraussichtlich bis 2032–2035 an das überregionale Wasserstoffnetz angeschlossen. Für Kriftel ergeben sich dadurch theoretische Perspektiven zur künftigen Nutzung von Wasserstoff,

insbesondere für industrielle Anwendungen in den Gewerbegebieten, als Backup- oder Hybridlösung in künftigen Wärmenetzen, sowie als langfristige Ergänzung zur Elektrifizierung der Wärmeversorgung. Kurzfristig wird jedoch die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung primär durch Energieeffizienz, Wärmepumpentechnologien und lokale Wärmenetze erfolgen.

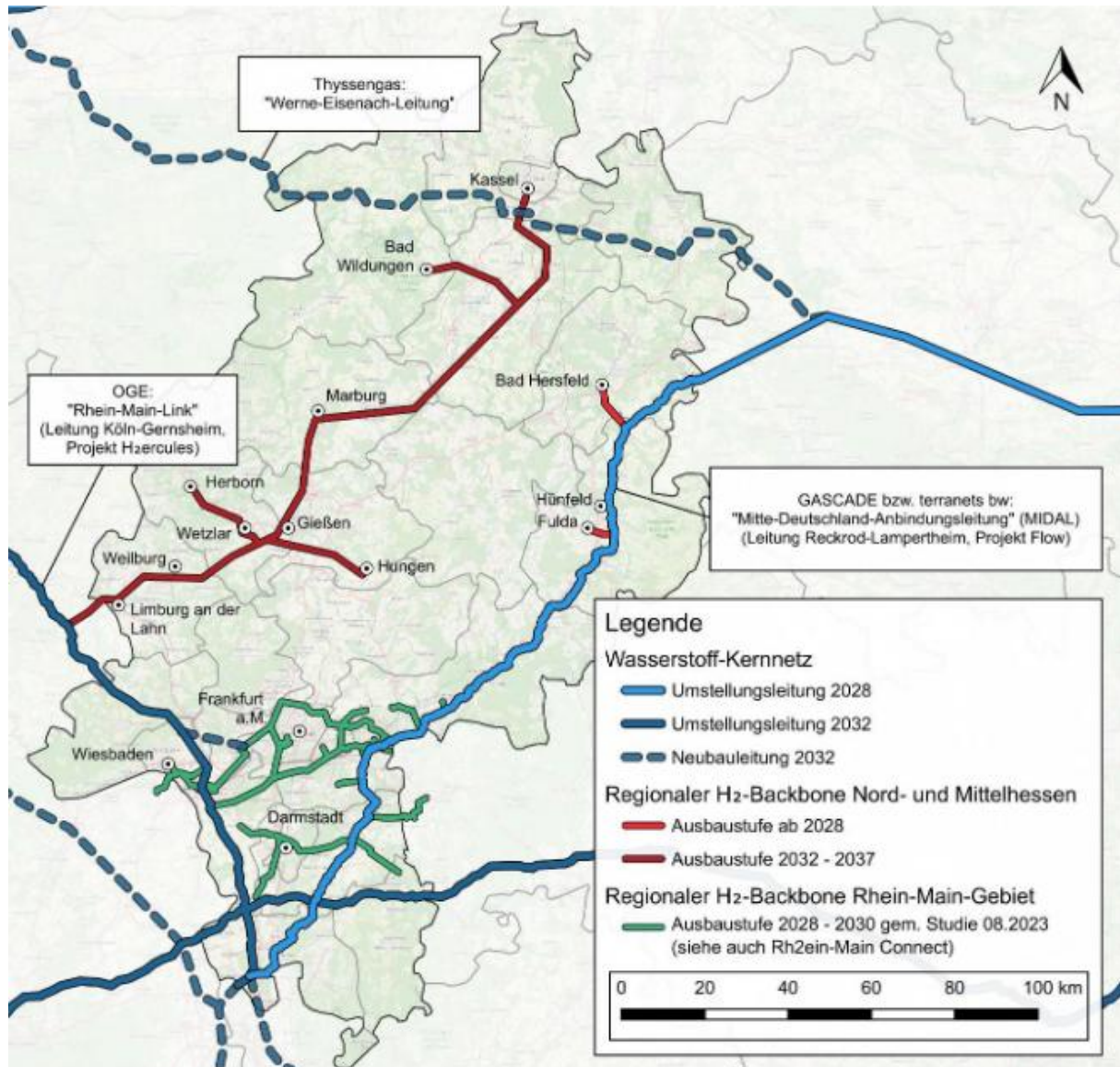


Abbildung 1: Schematische Darstellung des regionalen Wasserstoff-Backbones in Nord- und Mittelhessen [2]

3.5 Ergebnis der Eignungsprüfung

Vor dem Hintergrund der vorhandenen Wärmestruktur, der lokalen Potenziale und der zukünftigen nicht vollkommen auszuschließenden Wasserstoffanbindung kann kein Teil des Gemeindegebiets pauschal als ungeeignet für den Aufbau von Wärme- bzw. Wasserstoffnetzen eingestuft werden.

Eine verkürzte Wärmeplanung gem. §14 WPG erfolgt daher **nicht**. Stattdessen wird für das gesamte Gemeindegebiet eine vertiefte Potenzialanalyse sowie eine Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete im Rahmen von §15 und §18 WPG durchgeführt.

4 Bestandsanalyse

Der erste Schritt in der kommunalen Wärmeplanung besteht in der Durchführung einer Bestandsanalyse. Diese dient der Erfassung des aktuellen energetischen Zustands der Gemeinde Kriftel. In diesem Prozess wurden umfangreiche Daten gesammelt und analysiert, da nur durch ein fundiertes Verständnis des aktuellen Zustands eine fundierte Entscheidungsfindung hinsichtlich notwendiger Maßnahmen ermöglicht wird.

Zunächst soll eine Definitionslücke im WPG erörtert werden hinsichtlich des Begriffs „leitungsgebundene Wärmeversorgung“. Im Rahmen dieses Dokuments wird „leitungsgebundene Wärmeversorgung“ mit der Versorgung durch ein *Wärmenetz* nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) angenommen. *Gebäudenetze*, welche auch eine Form der leitungsgebundenen Wärmeversorgung darstellen, werden i.d.R. aus Gründen der Einheitlichkeit und der Datenauskunftspflicht nach WPG nicht berücksichtigt. Unter *Gebäudenetzen* werden nach § 3 des GEG leitungsgebundene Wärmeversorgungssysteme mit einer Anschlussnehmerzahl von bis zu 16 Gebäuden und bis zu 100 Wohneinheiten verstanden. Ab einer Anschlussnehmerzahl von 17 Gebäuden oder 101 Wohneinheiten gilt ein solches Konstrukt hingegen als *Wärmenetz*.

4.1 Ziele der Bestandsanalyse

Das Ziel der Bestandsanalyse ist es, einen umfassenden Überblick über die bestehende Energieinfrastruktur im Untersuchungsgebiet zu erhalten. Dazu müssen die verschiedenen Datenquellen geprüft, plausibilisiert und weiterverarbeitet werden (siehe Kapitel 1.1.2). Die verschiedenen Datenquellen stellen teilweise widersprüchliche Sachverhalte dar. Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden diese Widersprüche bewertet und ein plausibles Lösungsverfahren eingesetzt. Dadurch wird mit einer Genauigkeit von 90-95 % in der Bestandsanalyse gerechnet. Eine 100 %-ige Genauigkeit der Daten kann jedoch mit keinem vertretbaren Aufwand erreicht werden.

Im Folgenden werden die häufigsten Widersprüche/Probleme aufgenommen und die ausgewählten Lösungswege skizziert:

- **Mehrere Heizungstypen für ein Gebäude:** Bei mehreren Heizungsanlagen in einem Gebäude musste eine vorrangige Erzeugungsart priorisiert werden. Hier wurde stets jene Anlage mit der größten Nennleistung gewählt. Auch fanden sich in den Schornsteinfegerdaten häufig Angaben zu Anlagen, welche nicht der Gebäudeheizung zuzurechnen sind (z.B. Öfen in Bäckereien). Diese musste herausgefiltert werden.
- **Plausibilisierung bei verschiedenen Verbrauchsdaten:** Zunächst wurde auf Basis der Gasverbrauchsdaten der Wärmebedarf abgeleitet. Sollten für eine Gebäude keine Realdaten vorliegen, so wurde mit den statistischen Daten aus dem digitalen Zwilling gerechnet.

- **Unterschiedliche Energieträger bzw. Heizungsarten in verschiedenen Datenquellen:** Hier wurden auf Basis der Schornsteinfegerdaten die statistischen Daten aus dem digitalen Zwilling überschrieben.
- **Unterschiedliche Adressen:** Unterschiedliche Datenquellen haben eine unterschiedliche Bezeichnung oder Schreibweise der Gebäudeadressen. Über eine Zuordnungslogik wurden die Adressschreibweisen analysiert und vereinheitlicht. Dennoch konnten nicht alle Gebäude aus den Realdaten im digitalen Zwilling einer Adresse zugeordnet werden.

Daraus resultiert eine umfassende Datenbasis zu 2.673 Adressen und 4.189 Gebäuden in Kriftel, auf deren Grundlage die Bestandsanalyse durchgeführt wurde. Ca. **70 % dieser Gebäude sind wärmeversorgt** (d.h. 2.915 Gebäude), die übrigen 30 % sind nicht wärmeversorgt (z.B. unbewohnte oder ungenutzte Gebäude, Garagen, Schuppen, Lagerhallen, etc.).

Die angeforderten Darstellungen werden in diesem Kapitel für alle existierenden Gebäude aufgezeigt, soweit eine ausreichende Datenlage vorhanden ist. Sollte keine ausreichende Datenlage bestehen, so wird der Datenbeschaffungsprozess und die Implikationen des Fehlens der Daten beschrieben.

4.2 Gebäude- und Siedlungstypen

Gebäudenutzung

Der Gebäudebestand wurde durch die Zusammenführung von offenem Kartenmaterial, Zensus, ALKIS-Daten und Daten der Gemeinde analysiert.

Abbildung 2 stellt die überwiegende Gebäudenutzung auf Baublockebene dar. Es ist zu sehen, dass sich Wohngebiete, Gewerbegebiete und Gebiete mit kommunalen Liegenschaften in Kriftel sehr durchmischen. Im Südosten des Ortes befindet sich die höchste Konzentration an Industrie.

Abbildung 3 zeigt die Aufteilung der baublockbezogenen Gebäudecharakteristik bezogen auf die 4.189 Gebäude. Dabei ist zu erkennen, dass in Kriftel der Wohnsektor den Gebäudebestand dominiert. Er kann deshalb als Schlüssel für das Gelingen der Wärmewende angesehen werden.

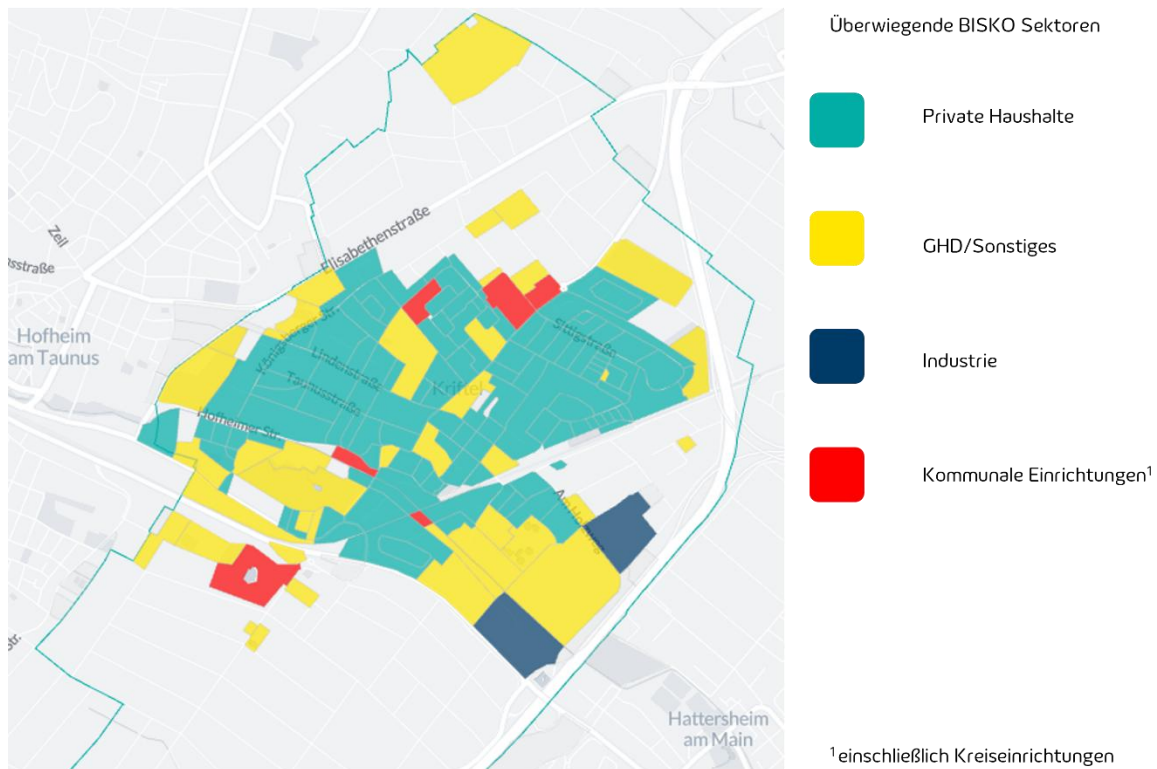


Abbildung 2: Überwiegende Gebäudenutzung nach Baublöcken[3]

Anzahl Gebäude

Absolute Werte nach Biskosektor (in Gebäude)

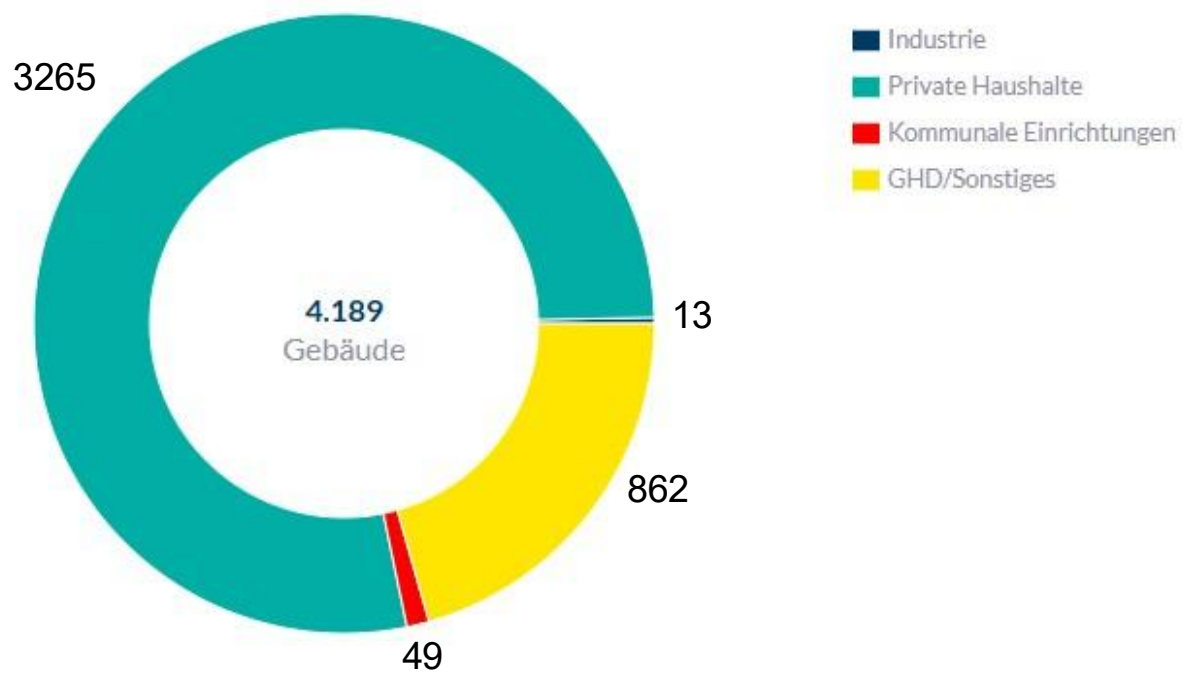


Abbildung 3: Aufteilung der Gebäudecharakteristik [3]

Baualtersklassen

Abbildung 4 zeigt eine georeferenzierte Karte des aktuellen Gebäudebestandes mit einer Differenzierung nach Baualtersklassen. Die blauen Bereiche markieren dabei Gebiete mit Neubauten, rote bis dunkelrote Bereiche zeigen einen älteren Gebäudebestand. Dieser befindet sich vor allem im Zentrum der Gemeinde.

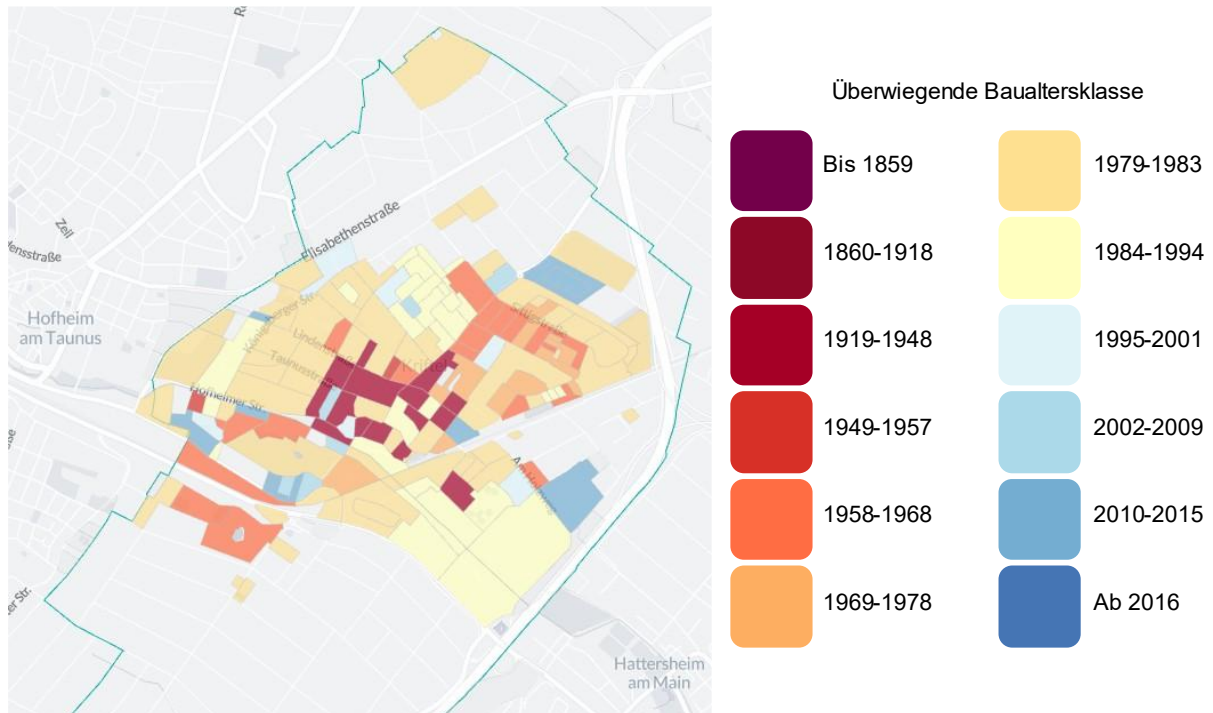


Abbildung 4: Gebäudebestand nach Baualtersklassen[3]

Die numerische Aufteilung der Baualtersklassen bezogen auf 4.189 Gebäude stellt sich wie folgt dar:

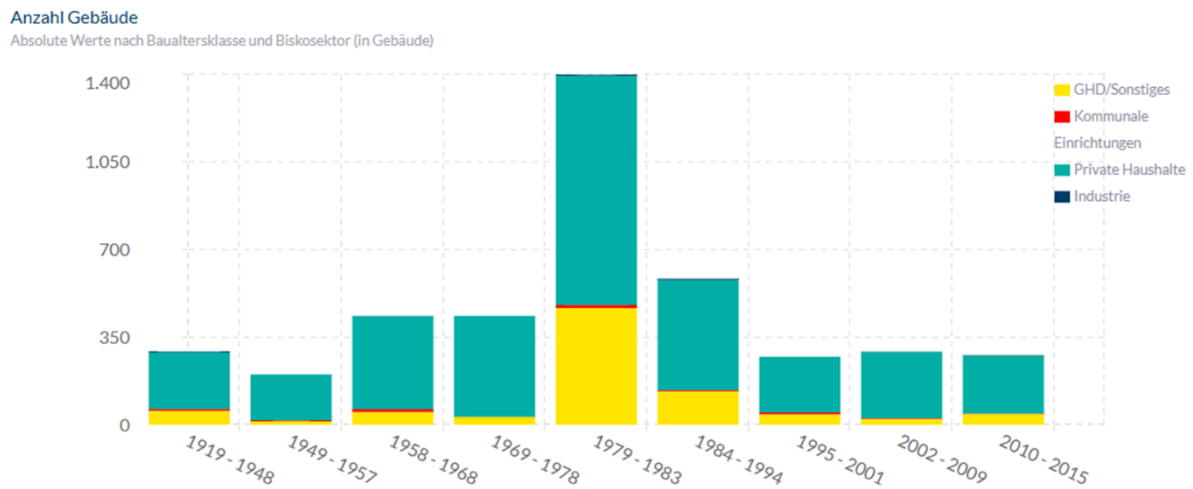


Abbildung 5: numerische Verteilung der Baualtersklassen inkl. BISCO-Sektor [3]

Die Baualtersklassen orientieren sich an anerkannten bauhistorischen und energetischen Zäsuren, insbesondere an Änderungen der Bauweise und der gesetzlichen Anforderungen an den Wärmeschutz. Dadurch werden Gebäude mit vergleichbaren energetischen Eigenschaften zusammengefasst, auch wenn die einzelnen Zeitabschnitte unterschiedlich lang sind. Diese Einteilung erhöht die fachliche Aussagekraft für die Bewertung von Wärmebedarfen und Sanierungspotenzialen.

Es überwiegen Gebäude aus den Jahren 1979-1983 (1.400 Gebäude), gefolgt von den Jahren 1984-1994 (584 Gebäude). Dagegen sind nur 278 Gebäude Neubauten mit einem Baujahr ab 2010.

Wohn- bzw. Nutzfläche

Die Wohn- bzw. Nutzfläche wird im Rahmen der Wärmepfanung mit der zu beheizenden Fläche gleichgesetzt. Wie im vorherigen Kapitel erwähnt, sind von den 4.189 dargestellten Gebäuden nur knapp 70 % (2.915 Gebäude) beheizt. Die daraus resultierende, zu beheizende Fläche beträgt etwa **907.000 m²**.

4.3 Energiebedarfserhebungen

Die Gemeinde Kriftel hat einen jährlich Gesamtwärmebedarf von ca. **78,7 GWh/a**. Die kartografische Darstellung der Wärmebedarfe erfolgt der besseren Lesbarkeit halber auf Baublockebene (siehe Abbildung 6). Die Daten liegen im digitalen Zwilling darüber hinaus gebäudescharf vor sowie für einzelne Teilgebiete.

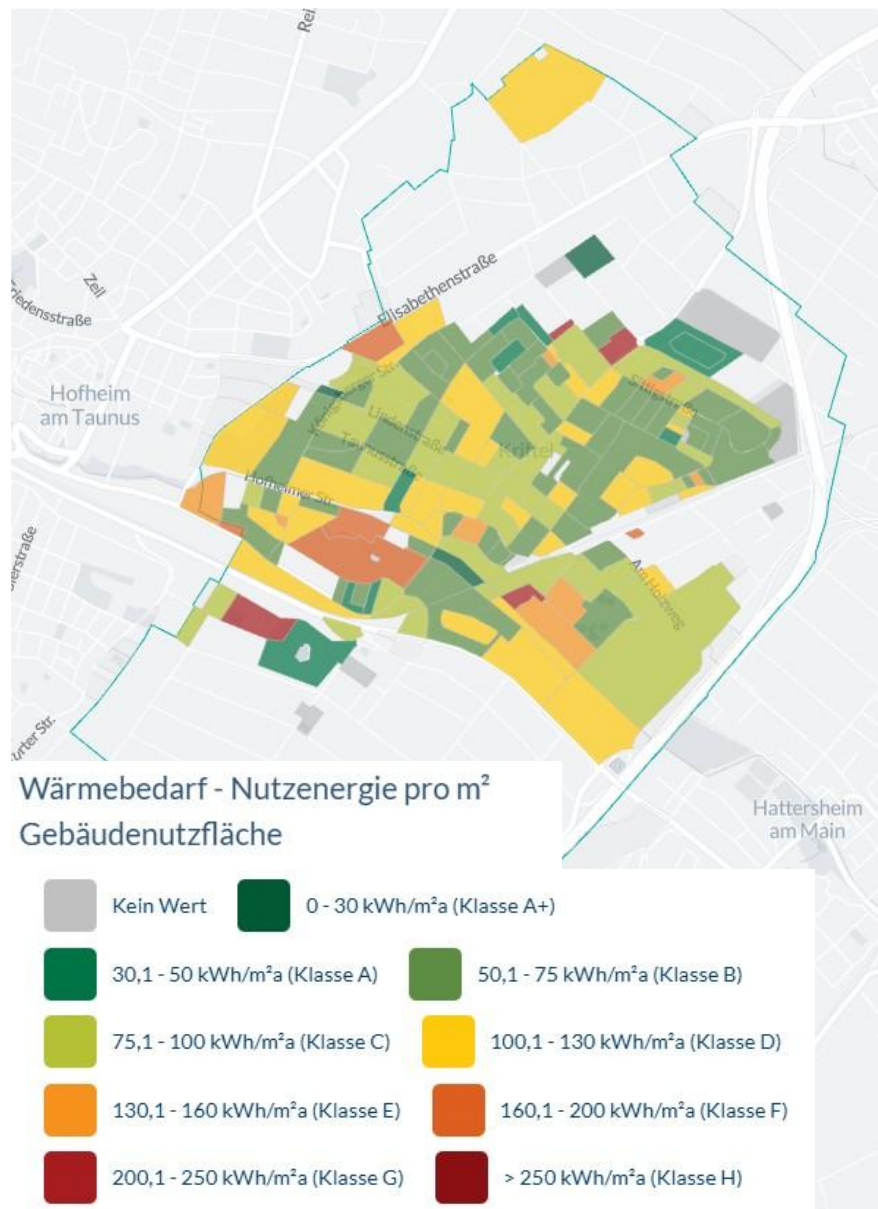


Abbildung 6: Verteilung der spezifischen Wärmebedarfe auf Baublockebene [3]

Abbildung 7 zeigt, wie sich der Wärmebedarf auf die verschiedenen Energieträger aufteilt. Die Verbräuche aus Wärmestrom und Erdgas konnten aus bereitgestellten Datensätzen der Netzbetreiber erhoben werden und die Wärmebedarfe der Gebäude entsprechend abgeleitet werden. Die übrigen Wärmebedarfe, die insbesondere durch Heizöl gedeckt werden, beruhen auf statistischen Daten.

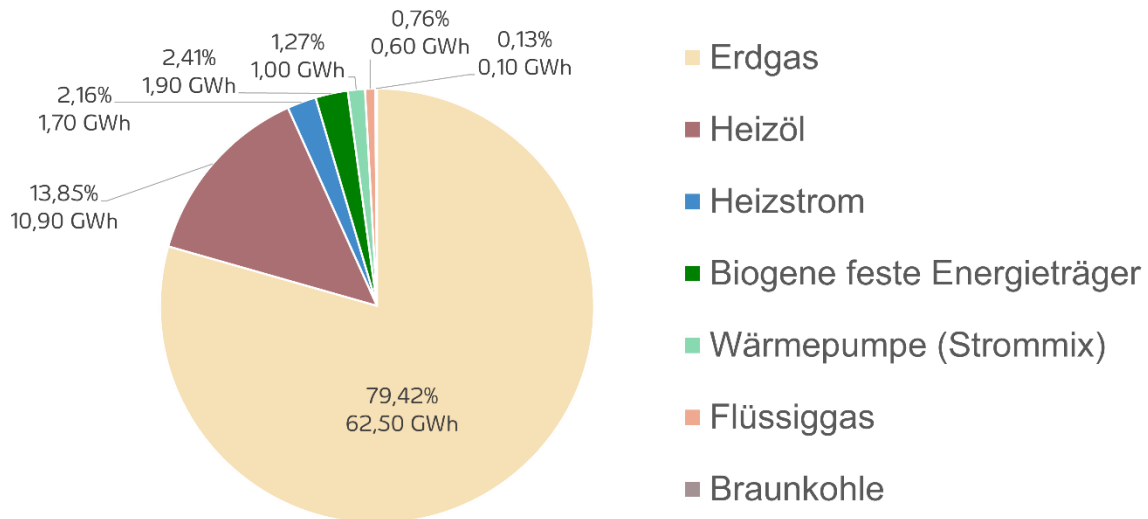


Abbildung 7: Aufteilung des Wärmebedarfs nach Energieträger [3]

Der Großteil des Wärmebedarfs in Kriftel wird durch Nutzung von Erdgas (62,5 GWh/a) gedeckt. Darauf folgen 10,9 GWh/a Nutzwärme aus Heizöl. Alle anderen Energieträger spielen in Kriftel im Vergleich eine kleinere Rolle (z. B. Heizstrom mit 1,7 GWh/a).

Die geografische Verteilung der Versorgungsarten stellt sich auf Baublockebene wie folgt dar (Abbildung 8):

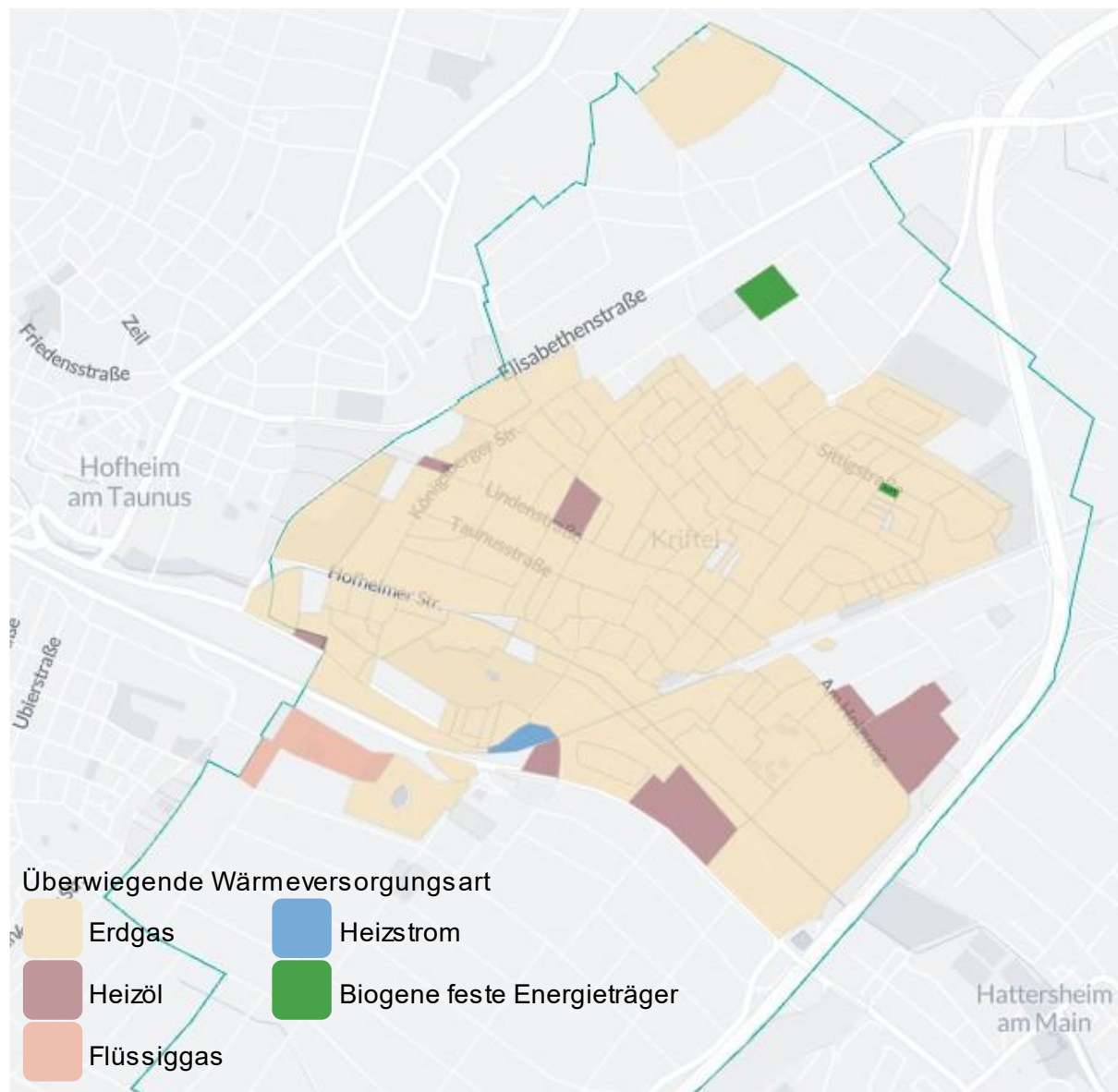


Abbildung 8: Verteilung der Wärmeversorgungsarten auf Baublockebene [3]

Abbildung 9 zeigt den Wärmebedarf aufgeteilt nach BSKO-Sektoren (Bilanzierungs-Systematik Kommunal), einem bundesweit einheitlichen Standard zur Erfassung und Auswertung kommunaler Energie- und Treibhausgasbilanzen. Erwartungsgemäß haben die privaten Haushalte den weitaus höchsten Anteil am Wärmebedarf, was ihre besondere Wichtigkeit für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung nochmals unterstreicht.

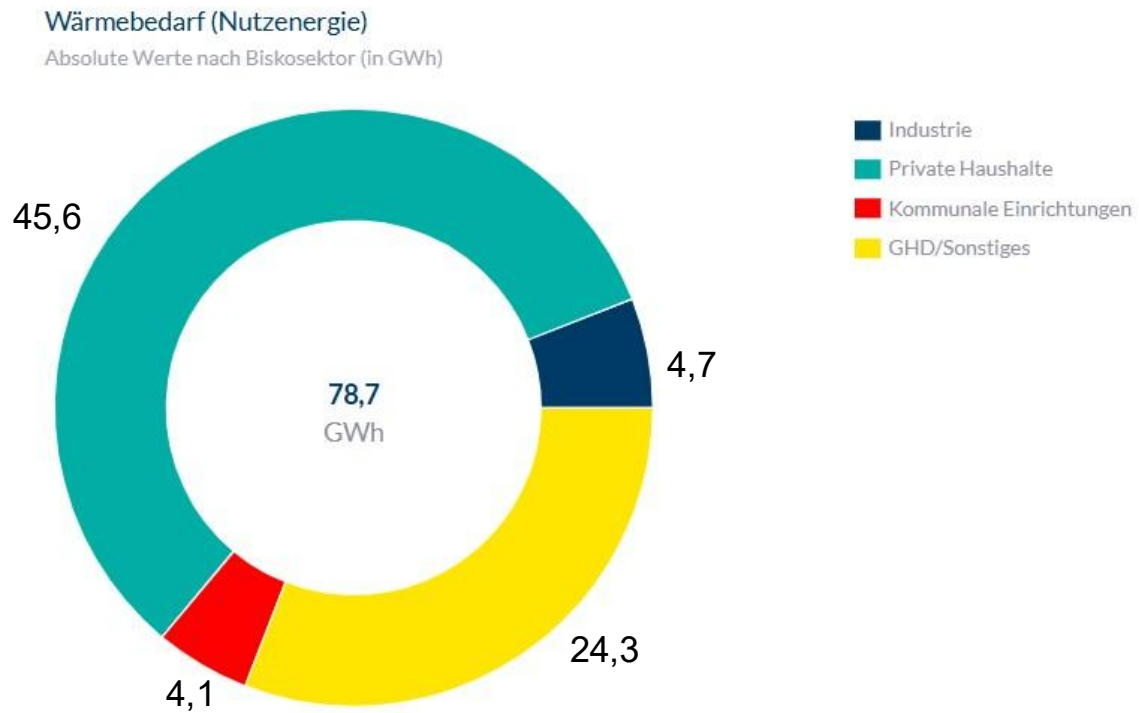


Abbildung 9: Aufteilung des Wärmebedarfs nach Gebäudenutzung [3]

4.4 Heizungsalter

Wie im vorherigen Abschnitt ersichtlich, sind die eingesetzten Wärmeerzeugungstechnologien vor allem Gasheizungen und Ölheizungen. Die räumliche Verteilung der Heizungstechnologien kann im digitalen Zwilling aus technischen Gründen nicht dargestellt werden. Anhand der Schornsteinfegerdaten liegen jedoch Werte zu den Baualtersklassen aller Heizungen im Untersuchungsgebiet vor. Eine prozentuale Verteilung zeigt Abbildung 10:

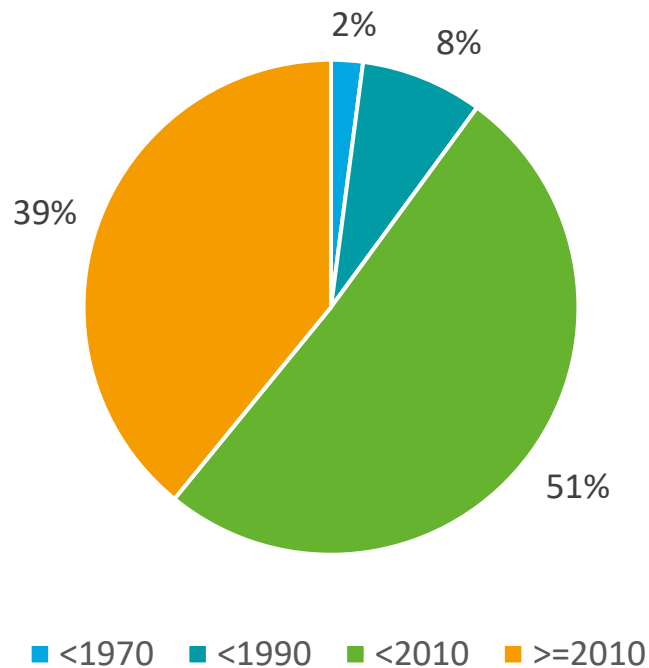


Abbildung 10: prozentuale Verteilung der Heizungsanlagen nach Alter

Der überwiegende Anteil aller installierten Heizungen im Untersuchungsgebiet ist zwischen 1991 – 2025 in Betrieb gegangen. Nur wenige Heizungen sind vor 1990 eingebaut worden und somit älter als 35 Jahre. Dieser Wert wird im Kapitel 6 herangezogen, um zu bestimmen, wann in Zukunft die Heizung eines Gebäudes außer Betrieb geht und eine neue Heizung mit mind. 65 % Erneuerbare Energien (EE)-Anteil installiert werden muss. Da es in vielen Gebäuden mehr als eine Heizungsanlage gibt, wird im Zielszenario stets das Heizungsalter jener Anlage mit der größten Nennleistung als Grundlage genommen.

4.5 Sanierungsstand der Gebäude

Zur besseren Übersicht werden in Abbildung 11 die Sanierungsstände auf Baublockebene dargestellt. Nach dem digitalen Zwilling ENEKA erfolgt die Einteilung nach folgenden Regeln: **unsaniert** bedeutet Originalzustand ohne energetische Verbesserungen (also auch Neubauten), **teilsaniert** umfasst einzelne modernisierte Bauteile mit gemischtem Effizienzstandard, und **vollsaniert** steht für eine umfassende Modernisierung auf aktuelle Neubau- oder BEG-Standards. Typischerweise erfolgt eine Teilsanierung etwa **40 Jahre nach Baujahr**, eine Vollsanierung nach rund **80 Jahren** oder bei hoher Sanierungswahrscheinlichkeit.

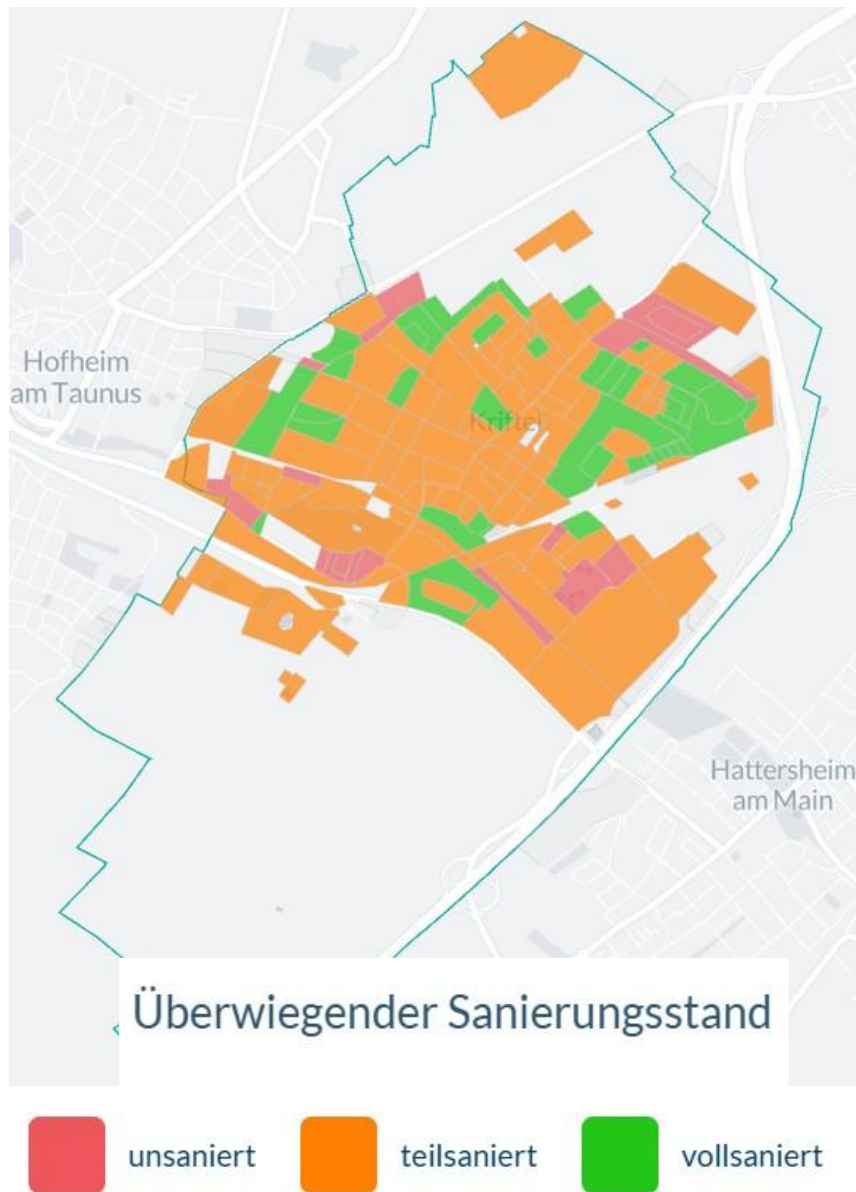


Abbildung 11: Sanierungsstände auf Baublockebene [3]

Dabei sind knapp 20 % aller Gebäude in Kriftel unsaniert, etwa 56 % der Gebäude gelten als teilsaniert. 24 % der Gebäude gelten als vollsaniert.

Anzahl Gebäude

Absolute Werte nach Sanierungsstand (in Gebäude)

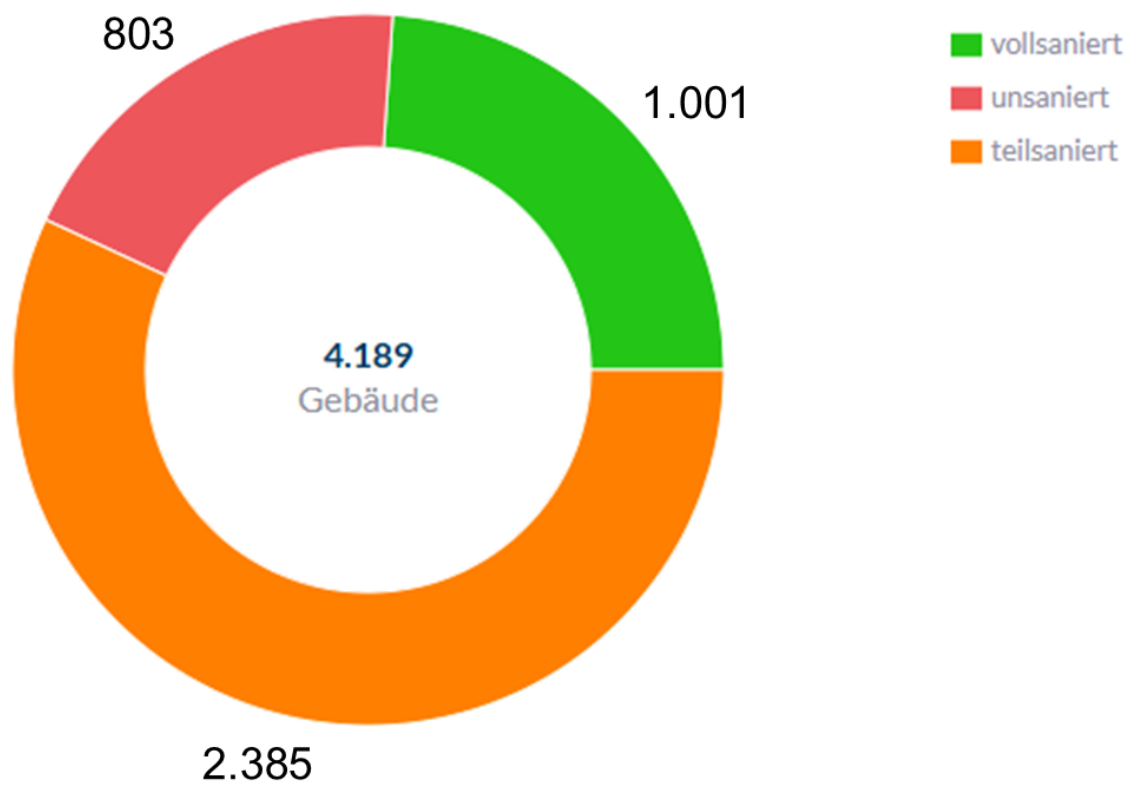


Abbildung 12: Sanierungsstatus der Gebäude im Planungsgebiet [3]

4.6 Wärme- und Kälteinfrastruktur – Gasnetze

Ein Gasnetzplan wurde von dem Netzbetreiber Mainova geliefert (Abbildung 13). Gasnetze sind folglich im gesamten bebauten Gebiet vorhanden.

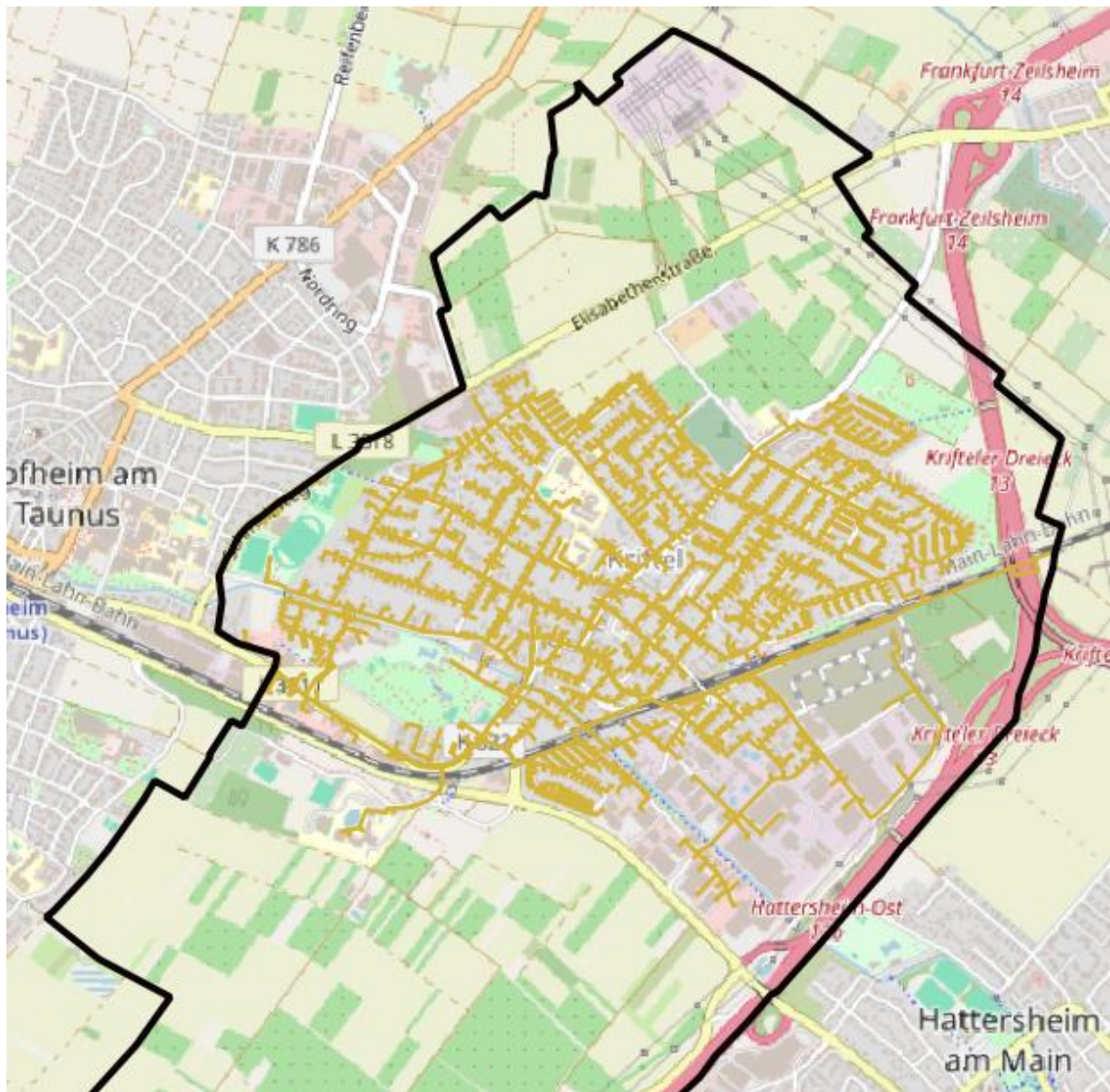


Abbildung 13: Geografische Verortung des Gasnetzes

4.7 Wärme- und Kälteinfrastruktur – Wärmenetze

Im Untersuchungsgebiet Kriftel existieren keine Wärmenetze.

5 Potenzialanalyse

In dieser Analyse werden die Möglichkeiten der Wärmeverbrauchseinsparung von Gebäuden und der Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien und Abwärme im Gebiet von Kriftel untersucht.

Auf der Nachfrageseite wird eine Reduktion des Wärmebedarfs u.a. durch die energetische Sanierung des Gebäudebestands berücksichtigt. Die Analyse von Wärmepotenzialen aus erneuerbaren Energien betrachtet eine Vielzahl möglicher Wärmequellen, die im Folgenden aufgeführt werden.

5.1 Potenziale zur Energieeinsparung durch Senkung des Wärmebedarfs

Die Energieeinsatzpotenziale in Gebäuden stellen einen wichtigen Hebel in der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung dar. Jede Kilowattstunde Wärme, welche nicht benötigt wird, muss auch nicht aus den begrenzten erneuerbaren Wärmequellen bereitgestellt werden. Somit kann das Energieeinsparpotenzial als Teil der Potenzialanalyse angesehen werden.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über den Wärmebedarf (Nutzenergie) des Gebäudebestands im Untersuchungsgebiet Kriftel. Die mittlere Spalte zeigt auf, wie hoch der aktuelle Bedarf an Heizwärme in den verschiedenen Gebäudekategorien ist. In der rechten Spalte ist ergänzend das allgemeine theoretische Sanierungspotenzial dargestellt. Die Gegenüberstellung bietet eine erste Einschätzung darüber, in welchen Bereichen besonders große Effizienzgewinne zu erwarten sind. Die höchsten relativen Einsparpotenziale ergeben sich im Bereich von Industrie sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, während der größte absolute Wärmebedarf bei den privaten Haushalten liegt. Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse den hohen energetischen Handlungsbedarf im Bestand.

Art der Gebäudenutzung	Wärmebedarf	Sanierungspotenzial
Private Haushalte	45,6 GWh/a	60,6 %
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	24,3 GWh/a	77,3 %
Industrie	4,7 GWh/a	85,8 %
Kommunale Einrichtungen	4,1 GWh/a	66,8 %

Tabelle 1: theoretisches Energieeinsparpotenzial durch Gebäudesanierung

Abbildung 14 zeigt den absoluten Wärmebedarf (Nutzenergie) in Kriftel nach Baualtersklassen und Nutzungstypen. Am höchsten ist der Bedarf bei Gebäuden aus 1979 – 1983, gefolgt von den Baualtersklassen 1984 – 1994 und 1958 – 1968. Die Anteile der Industrie und der kommunalen Einrichtungen sind insgesamt gering. Die Darstellung unterstreicht, dass insbesondere ältere Gebäude im Fokus künftiger Sanierungsmaßnahmen stehen sollten, da sie einen großen Anteil am Gesamtwärmebedarf ausmachen.

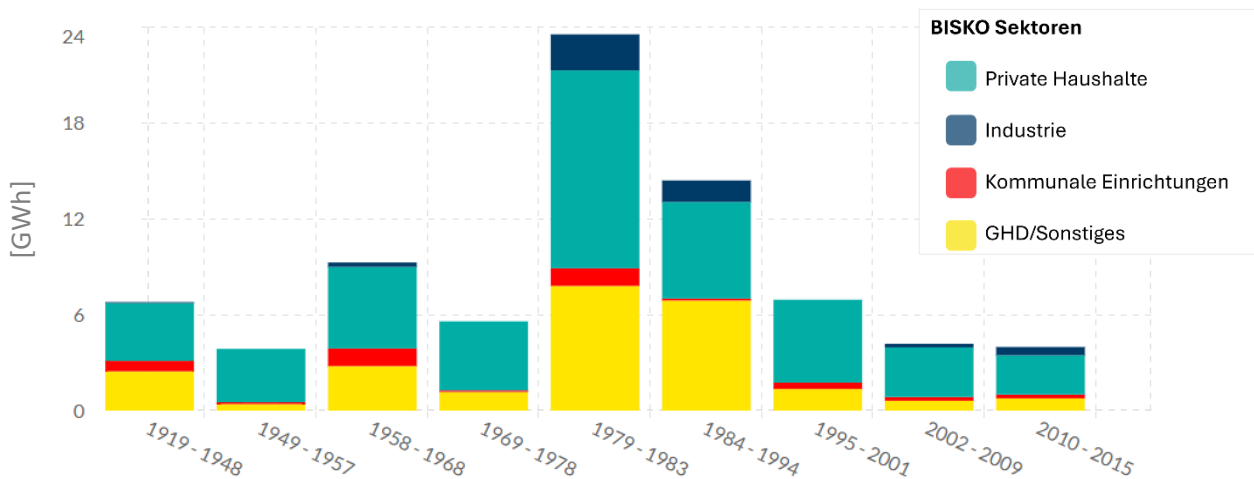


Abbildung 14: Wärmebedarf Nutzenergie nach Gebäudealter und -art (in GWh) [3]

Sanierungsmöglichkeiten umfassen Maßnahmen wie Fassadendämmung, Dämmung des oberen und unteren Gebäudeabschlusses, Dämmung des Dachs und Fenstertausch. Ein hohes Sanierungspotenzial deutet auf weitreichende Verbesserungsmöglichkeiten des baulichen und energetischen Zustands eines Gebäudes hin. Abbildung 15 zeigt das Sanierungspotenzial des Gebäudestandes in Kriftel kartografisch verordnet auf Baublockebene. Je dunkler das grün der gezeigten Flächen, desto höher das theoretische Sanierungspotenzial. Bei einer vollständigen Sanierung aller Gebäude auf Energieeffizienzklasse A+ ergäbe sich eine Wärmebedarfsreduktion um 67,6 % auf nur noch **25,5 GWh/a** Gesamtwärmebedarf. Dies verdeutlicht, in welchem hohen Maß eine klimaneutrale Wärmeversorgung bereits durch nicht-energetische Maßnahmen – wie etwa bauliche Verbesserungen und Effizienzsteigerungen – erreichbar ist, noch bevor der Einsatz erneuerbarer Energien notwendig wird.

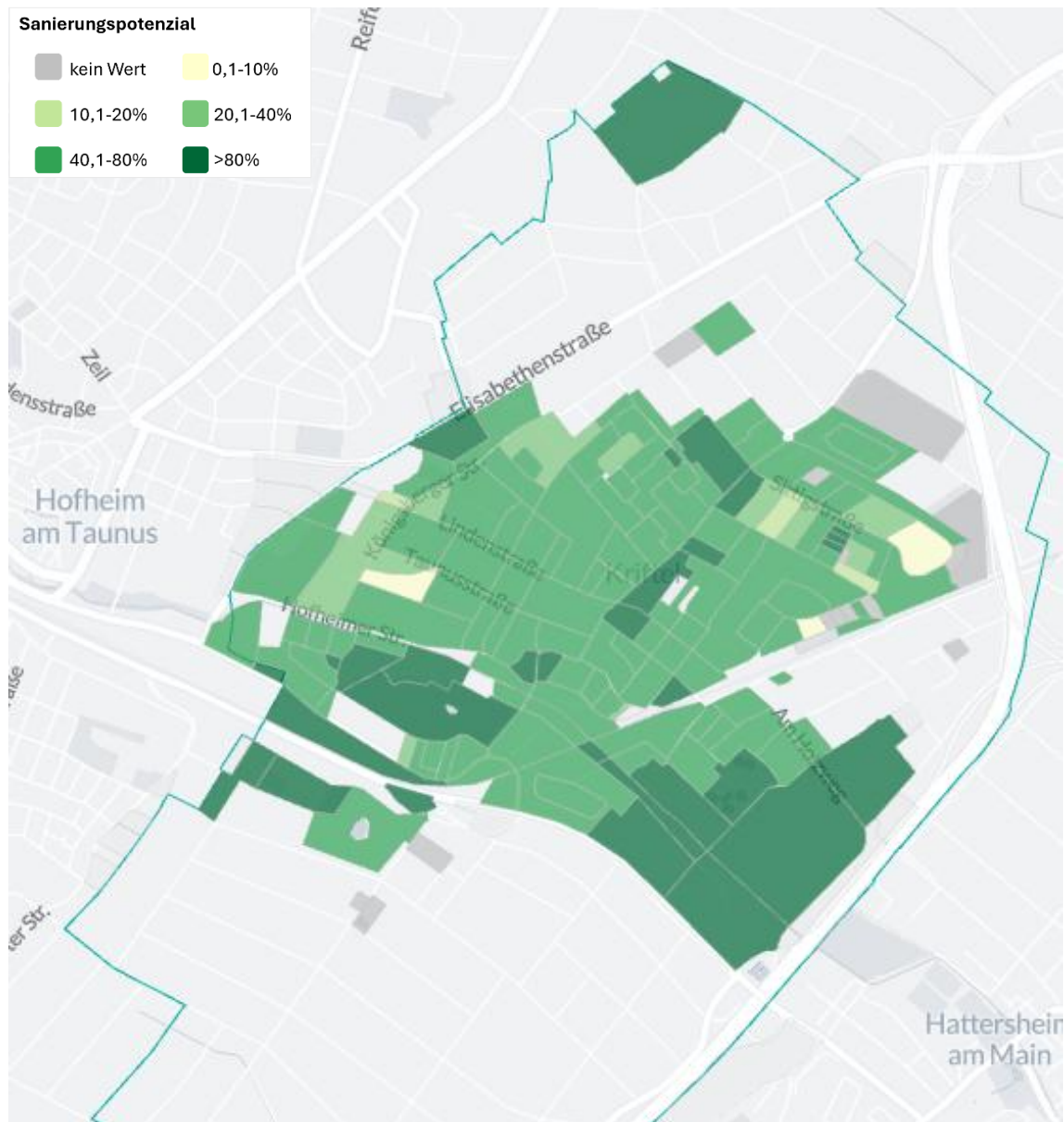


Abbildung 15: Sanierungspotenzial Gebäudezustand im Untersuchungsgebiet [3]

Da eine vollständige Sanierung aller Gebäude auf Effizienzklasse A+ aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten unrealistisch ist, wird von dem hier genannten theoretischen Potenzial für die Erstellung des Zielszenarios abgesehen. Stattdessen sollen für das Zielszenario (siehe Kapitel 6) weitere Einflussfaktoren für Gebäudesanierungen im Plangebiet berücksichtigt werden, die im Ergebnis zwar zu weniger Energieeinsparung führen, dafür jedoch als realistisch eingestuft werden können.

5.2 EE-Potenziale und Abwärme

Innerhalb dieses Kapitels werden die genannten EE-Potenziale sowie Abwärmepotenziale eingehend untersucht und das damit verbundene Vorgehen erläutert. Wo nötig wird eine weitere Untergliederung der Potenziale vorgenommen. So hat beispielsweise die Umweltwärme mehrere Unterkategorien, zu der sowohl Umgebungsluft, Gewässer oder Abwasser gehören können. Die Unterscheidung verschiedener EE-Potenziale bezieht sich auf die Wärmequellen (z.B. Wärme aus Abwasser, Sonneneinstrahlung, etc.) nicht auf die Erzeugungstechnologie (z.B. WP, KWK, etc.) zur Nutzbarmachung der entsprechenden Wärmequelle. Die benötigte bzw. übliche Erzeugungstechnologie im Zusammenhang eines EE-Potenzials wird stets zum Anfang eines Kapitels kurz erläutert.

Weiterhin soll auf die Notwendigkeit zur Abstufung hinsichtlich verschiedener Potenziale hingewiesen werden. Nicht jedes Potenzial lässt sich erschließen bzw. technisch nutzen. In einer nächsten Eingrenzung stellt sich stets die Frage nach der Wirtschaftlichkeit eines Potenzials. Insofern die ersten beiden Fragen positiv werden beantwortet können, müssen sonstige Restriktionen oder Hemmnisse überprüft werden, bevor ein Potenzial als realisierbar eingestuft werden kann. Einen Überblick zu den Abstufungen und deren Definition gibt Abbildung 16:

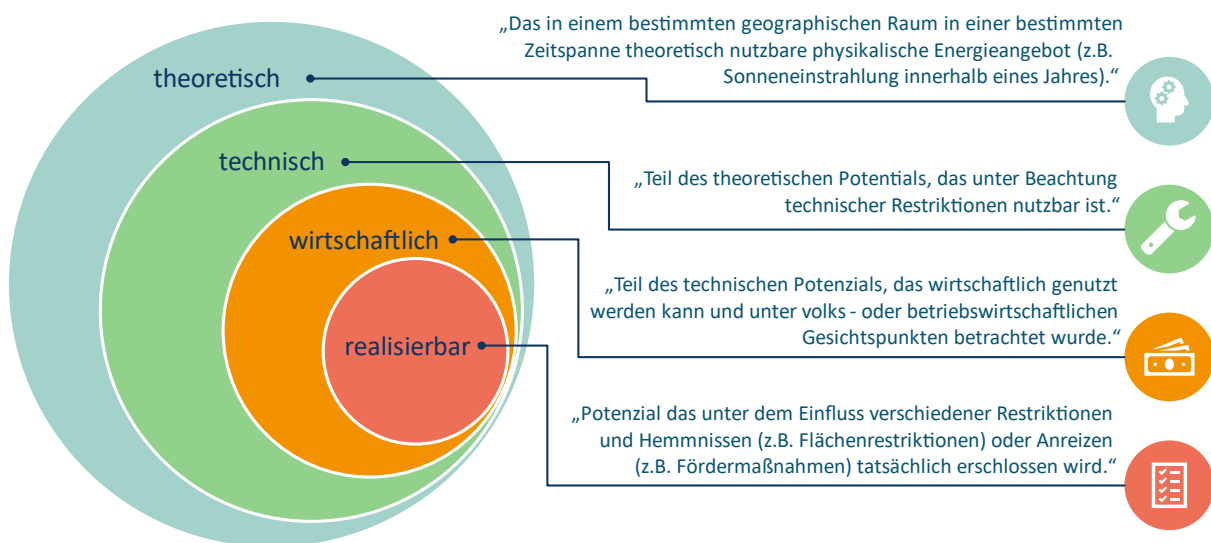


Abbildung 16: Definition der Potenzialbegriffe nach Kaltschmitt, Streicher, Wiese [4]

Insofern die Entzugsleistung einer Quelle mittels einer Wärmepumpe auf ein nutzbares Temperaturniveau gehoben werden muss, ist eine Jahresarbeitszahl (JAZ) zugrunde zu legen. Die JAZ setzt die Gesamtjahresnutzwärme zu der Gesamtjahreswärmepumpenarbeit ins Verhältnis. Sie ist somit der Jahresdurchschnittswert. Fasst man alle jährlichen Betriebsstunden einer Anlage zu sog. Vollbenutzungsstunden (Vbh) zusammen (läuft eine Anlage z.B. insgesamt 100 Stunden im Jahr zu 20 % wären dies 20 Vollbenutzungsstunden), und multipliziert diese Vbh mit der Nutzwärmeleistung, so erhält man die Jahreswärmearbeit einer Anlage.

5.2.1 Geothermie

Im Zeitalter der Energiewende eröffnet Geothermie die Möglichkeit, die unterhalb der festen Erdoberfläche gespeicherte Wärme zu nutzen. Als eine der vielversprechendsten erneuerbaren Energiequellen bietet die Geothermie eine Kombination aus Zuverlässigkeit, Umweltfreundlichkeit und Vielseitigkeit. Die Nutzung dieser ermöglicht es Kommunen, einen entscheidenden Schritt in Richtung Klimaneutralität zu machen und gleichzeitig die lokalen Wirtschaftssysteme zu stärken.

Jedoch stellt die Erschließung des geothermischen Potenzials keine einfache Aufgabe dar. Herausforderungen wie geologische Faktoren, insbesondere in Gebieten mit komplexer Grundwasserstockwerksgliederung, und wasserwirtschaftliche Bedingungen, bei denen alte, fossile Wasservorkommen mit geringer Neubildungsrate eine besondere Herausforderung darstellen, müssen sorgfältig bewertet werden. Zusätzlich kompliziert wird die Situation in Regionen, die aus wasserwirtschaftlicher Sicht unzulässig sind oder unter strenge Schutzzonen fallen. Diese Aspekte sind entscheidend bei der Beurteilung der Machbarkeit und der Entwicklung von Geothermieprojekten und erfordern eine sorgfältige Planung sowie die Berücksichtigung aller ökologischen und regulatorischen Rahmenbedingungen.

Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Geothermie reicht bis zu einer Tiefe von 400 m und kann das ganze Jahr über unabhängig von Witterungsbedingungen genutzt werden. Dies erfolgt durch Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden oder Grundwasserbrunnen.

Bei oberen Bodentiefen bis ca. 15 m wird die Temperatur von atmosphärischen Faktoren wie Sonneneinstrahlung, Luftwärmeaustausch und versickerndes Regenwasser beeinflusst. Darunter und bis zu etwa 50 m Tiefe, ist die Temperatur relativ konstant bei ca. 10 °C. Ab 50 m Tiefe steigt die Temperatur aufgrund des innerirdischen Wärmestroms im Durchschnitt um 3 °C pro 100 m an.

Einzelne Anlagen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie werden zur Beheizung und Warmwasserversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern verwendet. Größere Anlagen lassen sich auch zur Einspeisung in ein Wärmenetz nutzen. Dafür muss die dem Boden entzogene Wärme mittels einer (Groß-) Wärmepumpe auf die nötige Vorlauftemperatur des Heizkreises bzw. Wärmenetzes gebracht werden. Für mögliche Wärmeentnahmestellen ist daher immer auch die oberirdische Aufstellungsfläche einer Wärmepumpe bzw. Heizzentrale mit einzuplanen. Geräuschemissionen spielen hierbei eine untergeordnete Rolle, da es sich um Sole-Wasser-Wärmepumpen handelt, die im Gegensatz zu Luft-Wasser-Wärmepumpen ohne laute Ventilatoren auskommen.

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden sind eine Variante der oberflächennahen Geothermie, für deren Installation vertikale Bohrungen (ca. 15 cm Durchmesser) in den Boden vorgenommen werden. In die Bohrlöcher werden Rohre eingebracht und die Sonden darin mit einer zementartigen Masse fixiert. In Deutschland verwendet man als Sonden meist Doppel-U-Rohre aus Polyethylen. Diese Rohre sind mit einer Wärmeträgerflüssigkeit, typischerweise Wasser mit einem Frostschutzmittel wie Glykol, gefüllt. Diese Flüssigkeit nimmt die Wärme aus dem Erdreich auf und transportiert sie zur Wärmepumpe an der Oberfläche. Erdwärmesonden werden hierzulande typischerweise in Tiefen von 50 bis 160 m eingebaut.

Erdwärmesonden können auch bis zu einer Tiefe von 400 m ohne Genehmigungsverfahren des Bergrechts geplant werden. Die technische Sicherheit der Bohrungen und die geordnete Nutzung des Grundwassers kann bis zur definierten Tiefenlage in aller Regel durch das Wasserrecht gewährleistet werden. Ergänzend kann die Bergbehörde auf Grundlage des § 127 BBergG für Bohrungen von mehr als 100 m Tiefe weiterhin eine Betriebsplanzulassung verlangen, soweit dies im Einzelfall erforderlich ist. Die Abgrenzung zwischen oberflächennaher (bis 400 m Tiefe) und tiefer Geothermie (ab 400 m Tiefe) entspricht der allgemeinen Abgrenzung in der Praxis.

Die Nutzung von Geothermie durch Erdwärmesonden im Untersuchungsgebiet Kriftel unterliegt einer umfassenden hydrogeologischen sowie wasserwirtschaftlichen Standortbewertung. Im Rahmen der hydrogeologischen Einschätzung wird das potenzielle Risiko von Erdwärmesonden-Bohrungen für das Grundwasser beurteilt. Es ist wichtig zu betonen, dass diese Bewertung ausschließlich dem Grundwasserschutz dient und keine Aussagen über das geothermische Potenzial der Standorte trifft.

Dabei werden die Standorte in zwei Kategorien eingeteilt: Als hydrogeologisch sensibel gelten Standorte mit einem erhöhten Risiko negativer Auswirkungen auf das Grundwasser. Zwar sind Bohrungen hier grundsätzlich möglich, erfordern jedoch zusätzliche Schutzmaßnahmen. Diese Standorte sind in Abbildung 17 beige dargestellt. Als hydrogeologisch günstig hingegen gelten Standorte, bei denen kein erhöhtes Risiko für das Grundwasser besteht, sodass standardisierte Bohrungen ohne besondere Auflagen möglich sind. Die Auswertung zeigt, dass das gesamte Untersuchungsgebiet aus hydrogeologischer Sicht als sensibel eingestuft wird. Die zugrunde liegenden Daten stammen aus dem Geologie Viewer des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG).

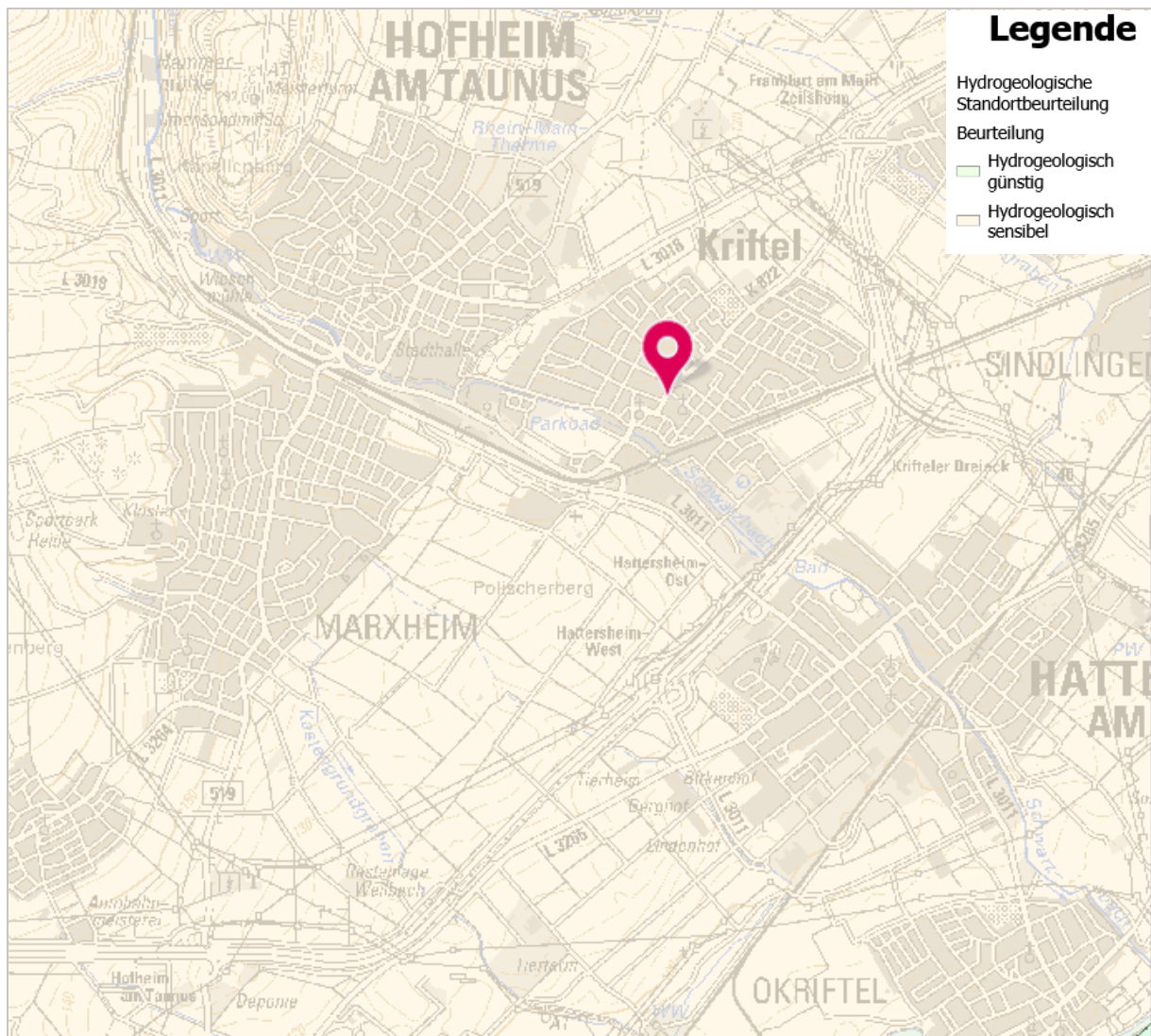


Abbildung 17: Hydrogeologische Standortbeurteilung Kriftel [5]

Ergänzend zur hydrogeologischen Einschätzung erfolgt eine wasserwirtschaftliche Standortbewertung mit Blick auf bestehende Schutzgebiete. Dabei wird geprüft, ob sich ein Standort innerhalb von Wasser- oder Heilquellenschutzgebieten befindet. Auch hier bezieht sich die Bewertung ausschließlich auf den Schutz des Grundwassers und nicht auf das geothermische Potenzial. Als wasserwirtschaftlich unzulässig gelten Standorte innerhalb innerer Schutzzonen, in denen die Nutzung von Erdwärmesonden grundsätzlich nicht erlaubt ist (rot dargestellt). In äußeren Schutzzonen – wasserwirtschaftlich als sensibel eingestuft – ist eine Nutzung grundsätzlich möglich, bedarf jedoch einer Einzelfallprüfung und gegebenenfalls zusätzlicher Schutzmaßnahmen (orange dargestellt). Abbildung 18 zeigt, dass der Großteil des Untersuchungsgebiets als unzulässig eingestuft ist.

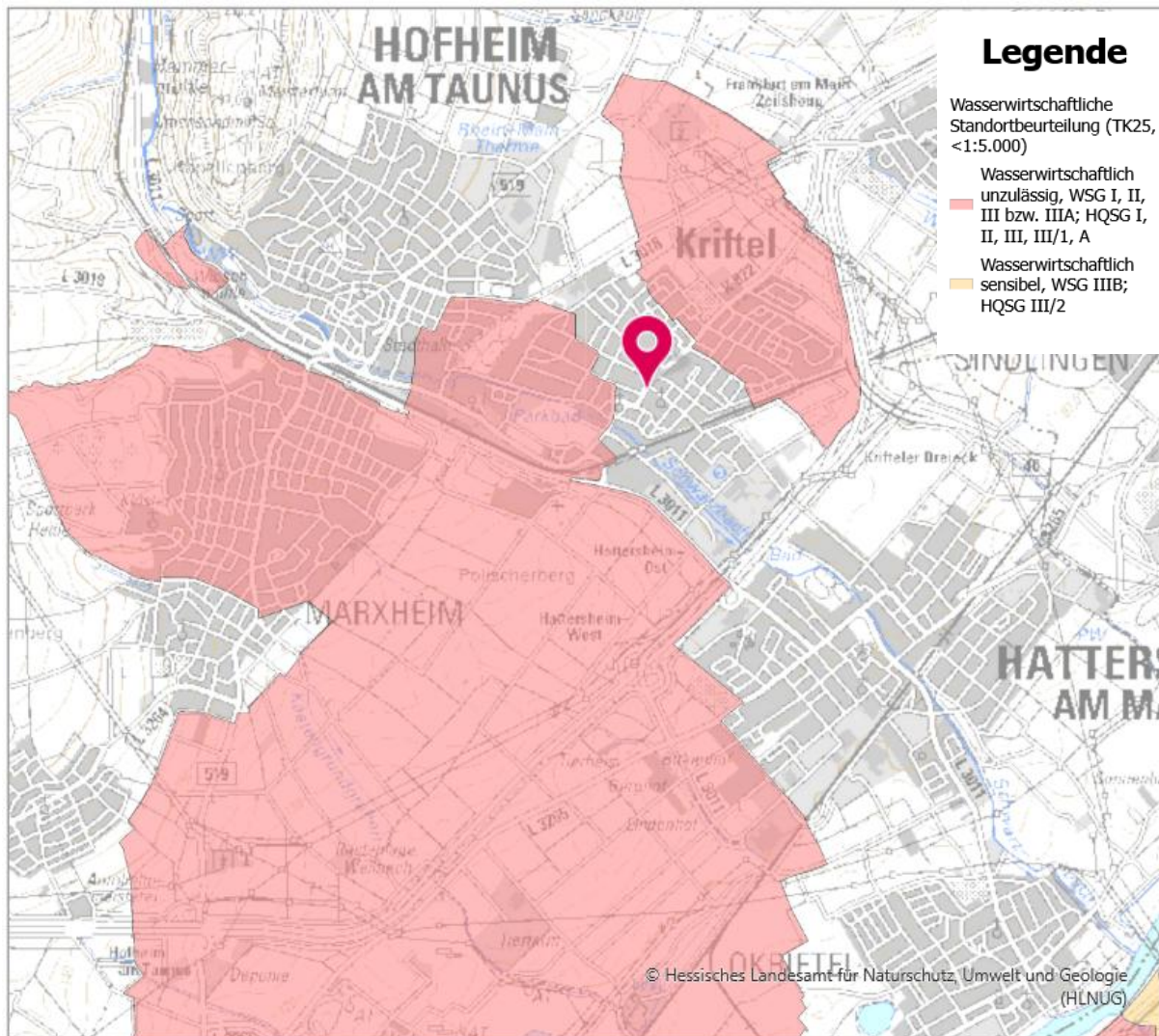


Abbildung 18: Wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung Kriftel [5]

Insgesamt zeigt sich, dass die hydrogeologischen Voraussetzungen im Untersuchungsgebiet Kriftel überwiegend als sensibel eingestuft werden und große Teile des Untersuchungsgebiets auch aus wasserwirtschaftlicher Sicht als unzulässig gelten. Das Potenzial der oberflächennahen Geothermie mittels Erdwärmesonden dürfte also nur unter erschwerten Bedingungen nutzbar sein. Nichtsdestotrotz zeigen Praxisbeispiele, dass Erdsondenfelder in Hessen auch in hydrogeologisch ungünstigen Bereichen genehmigt und umgesetzt werden können. Abschließend lässt sich sagen, dass die Bedingungen in Kriftel insgesamt als ungünstig einzustufen sind, wodurch aus geowissenschaftlicher Sicht keine guten Voraussetzungen für den Einsatz oberflächennaher Geothermie mittels Erdwärmesonden bestehen [5]. Sollten aufgrund der zuvor erwähnten Praxisbeispiele dennoch Überlegungen über die grundsätzliche Nutzung oberflächennaher Geothermie mittels Erdwärmesonden in Kriftel bestehen, sollte dies im konkreten Fall – beispielsweise im Rahmen einer Machbarkeitsstudie – vertiefend geprüft werden.

Erdwärmekollektoren

Horizontale Erdwärmekollektoren entziehen die Energie aus den obersten 2 m des Bodens. Diese Energie wird hauptsächlich im Sommer durch Sonneneinstrahlung und das ganze Jahr über durch die Wärme im Niederschlags- und Sickerwasser wieder aufgefüllt. Damit Sonne und Regen diesen Energieentzug ausgleichen können, müssen die Erdwärmekollektoren unbebaut bleiben. Eine zusätzliche Versickerung von Niederschlagswasser kann den Flächenbedarf eines Erdwärmekollektors erheblich reduzieren.

Eine erste Einschätzung der grundsätzlichen Eignung erfolgt daher auf Basis der GeotIS-Karte (Abbildung 19). Dabei handelt es sich um das Geothermische Informationssystem des Leibniz-Instituts für Angewandte Geophysik, das bundesweit verfügbare Daten zur oberflächennahen Geothermie zusammenfasst. Die Karte bewertet die Eignung für Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden anhand geologischer, hydrogeologischer und raumordnerischer Rahmenbedingungen.

Zu den berücksichtigten Parametern zählen u. a. Boden- und Gesteinseigenschaften, Grundwasserverhältnisse, Wasser- und Naturschutzgebiete, Gefährdungszonen (z. B. Altlasten, Karstgebiete) sowie ausgewählte Nutzungsbeschränkungen durch bestehende Infrastruktur. Diese Faktoren können dazu führen, dass bestimmte Bereiche der Gemeinde als sogenannte „flächenhafte Einschränkungen“ ausgewiesen werden. Dabei handelt es sich jedoch nicht allein um Einschränkungen durch Bebauung, sondern um eine Kombination aus geologischen, wasserrechtlichen und naturschutzfachlichen Vorgaben, die den Einsatz von Erdwärmekollektoren erschweren oder nur unter Auflagen zulassen.

Aus der Kartengrundlage lässt sich ablesen, dass in großen Teilen des Gemeindegebiets die Nutzung oberflächennaher Geothermie mittels Erdwärmekollektoren daher nur eingeschränkt möglich erscheint. Diese kartengestützte Auswertung ersetzt jedoch keine detaillierte, grundstücksscharfe Prüfung. Die GeotIS-Karte liefert vielmehr erste Indizien, wo der Einsatz von Erdwärmekollektoren grundsätzlich in Frage kommen kann und wo eine Nutzung bereits heute als eher ausgeschlossen gilt.

Ob Erdwärmekollektoren an einem konkreten Standort technisch, genehmigungsrechtlich und wirtschaftlich sinnvoll realisierbar sind, ist daher im Einzelfall zu prüfen, zum Beispiel im Rahmen einer vertieften Planung oder eines hydrogeologischen Gutachtens.

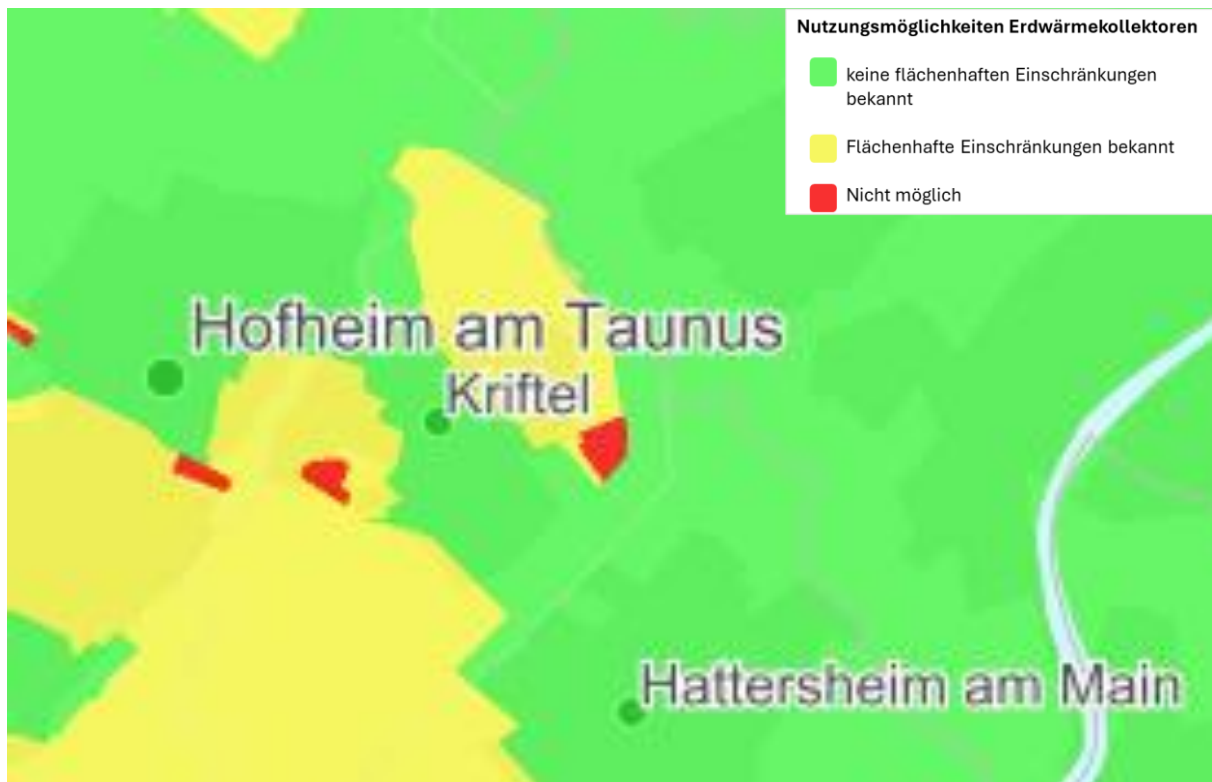


Abbildung 19: Nutzungsmöglichkeiten Erdwärmekollektoren [6]

Oberflächennahe Geothermie mit Erdwärmekollektoren (oder Erdwärmesonden) kann dabei nicht nur für gebäudenähe Einzelanlagen interessant sein, sondern, bei Verfügbarkeit geeigneter Freiflächen, auch als Wärmequelle für eine leitungsgebundene Versorgung über Wärmenetze. Solche freiflächenbasierten geothermischen Optionen für die Wärmeversorgung über ein zentrales Netz werden gesondert in Kapitel 5.2.4 bewertet.

Tiefengeothermie

Das petrothermale Potenzial beschreibt die Möglichkeit, geothermische Energie aus heißen, trockenen Gesteinen in mittleren bis tiefen Schichten der Erdkruste zu extrahieren. Diese Form der Geothermie nutzt die inhärente Wärme des Gesteins, oft durch künstliche Erhöhung der Durchlässigkeit, um Wasser zu erhitzen und Dampf zu erzeugen, der zur Stromerzeugung oder für Heizzwecke verwendet werden kann [7]. Das hydrothermale Potenzial hingegen bezieht sich auf die Nutzung von natürlich vorkommendem heißem Wasser oder Dampf aus der Erde. Diese Ressourcen können direkt zur Energieerzeugung oder für Heizzwecke genutzt werden. Hydrothermale Systeme sind in der Regel einfacher und kostengünstiger zu erschließen als petrothermale Systeme, da sie auf natürlichen Wasserreservoirs basieren [8].

In Abbildung 20 und Tabelle 2 ist das hydro- und petrothermale Potenzial Krißfelds dargestellt. Das hydrothermale Potenzial in einer Tiefe von etwa –1.000 M unter Gelände wird im gesamten Untersuchungsgebiet als „sehr gering“ klassifiziert. Das petrothermale Potenzial steigt mit zunehmender Tiefe und erreicht in Tiefen von –3.500 bis –4.000 m eine mittlere Bewertung. Damit ergeben sich im Untersuchungsgebiet keine belastbaren Hinweise auf gut nutzbares Potenzial.

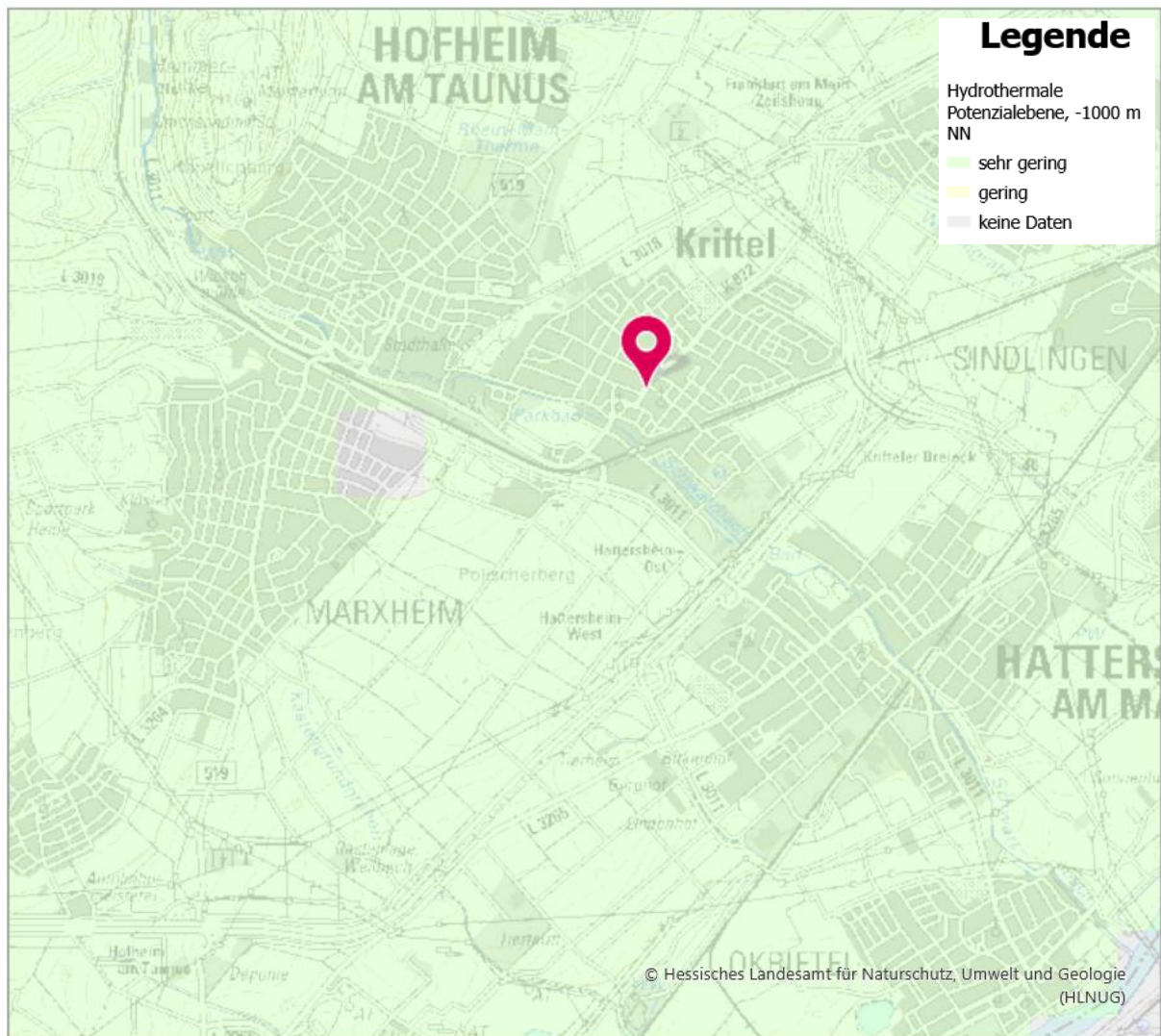


Abbildung 20: Tiefengeothermie – hydrothermales Potenzial –1000 m [5]

	-500m NN	-1000m NN	-1500m NN	-2000m NN	-2500m NN	-3000m NN	-3500m NN	-4000m NN
Hydrothermales Potenzial	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering
Petrothermales Potenzial	Sehr gering	Sehr gering	Gering	Gering	Gering - Mittel	Mittel	Mittel	Mittel

Tabelle 2: Petrothermales und Hydrothermales Potenzial bis zu einer Tiefe von - 4.000 m [5]

Die genannten Einschätzungen basieren auf geologischen Karten, Temperaturgradienten und Modellierungen zur Wärmeleitfähigkeit der Gesteinsschichten im Untergrund. In Regionen mit höherem Potenzial liegen beispielsweise Thermalwasserleiter oder heiße kristalline Gesteine vor, die entweder von Natur aus durchlässig oder technisch stimulierbar sind. Im Untersuchungsgebiet fehlen Hinweise auf solche geologischen Strukturen. Der lokale geothermische Gradient – also der Temperaturanstieg pro 100 m Tiefe – ist zu gering, um in wirtschaftlich vertretbarer Tiefe (>1.000 m) auf ausreichend hohe Temperaturen (>100 °C) für eine Nutzung z. B. in der Stromproduktion oder Hochtemperaturwärmeverversorgung zu stoßen.

Auch aus Sicht der Erschließungskosten und Risiken ergibt sich damit eine ungünstige Ausgangslage. Tiefe Bohrungen in wenig geeigneten geologischen Strukturen sind nicht nur technisch aufwendig, sondern auch mit hohem finanziellem Risiko verbunden. Insbesondere petrothermale Systeme erfordern in der Regel aufwändige Stimulationstechniken (z. B. hydraulisches Fracturing), um die nötige Durchlässigkeit zu schaffen – ein Verfahren, das in dicht besiedelten Gebieten häufig auf Akzeptanzprobleme stößt.

Das Ergebnis lässt sich somit wie folgt zusammenfassen: Für die Nutzung der Tiefengeothermie – sowohl im hydrothermalen als auch im petrothermalen Kontext – besteht im Untersuchungsgebiet kein nennenswertes Potenzial. Eine weitere Prüfung tiefer geothermischer Potenziale wäre angesichts der geologischen Ausgangslage nicht zielführend.

5.2.2 Umweltwärme

Unter dem Potenzial Umweltwärme werden alle natürlichen Wärmequellen für Wärmepumpen zur Nutzung von Umweltwärme zusammengefasst. Dabei handelt es sich um folgende Umweltwärmequellen, welche im folgenden Kapitel untersucht werden:

- Luft
- Oberflächengewässer (Fluss- und Seewasser)
- Trinkwasser
- Abwasser

Da alle Umweltwärmequellen unter der Nutzung von Wärmepumpen nutzbar gemacht werden, erfolgt zunächst eine kurze Beschreibung der Funktionsweisen von Wärmepumpen.

Eine Wärmepumpe ist ein Heizsystem, das Wärme aus der Umgebung (Luft, Erde oder Wasser) aufnimmt und diese auf ein höheres Temperaturniveau bringt, um sie in Wärmenetzen, zum Heizen von Gebäuden oder zur Warmwasserbereitung zu nutzen. Die Funktionsweise einer Wärmepumpe beruht auf der Wärmeaufnahme und -abgabe durch ein Kältemittel. Der zugrundeliegende Prozess wird nachfolgend erläutert und ist in Abbildung 21 schematisch dargestellt:

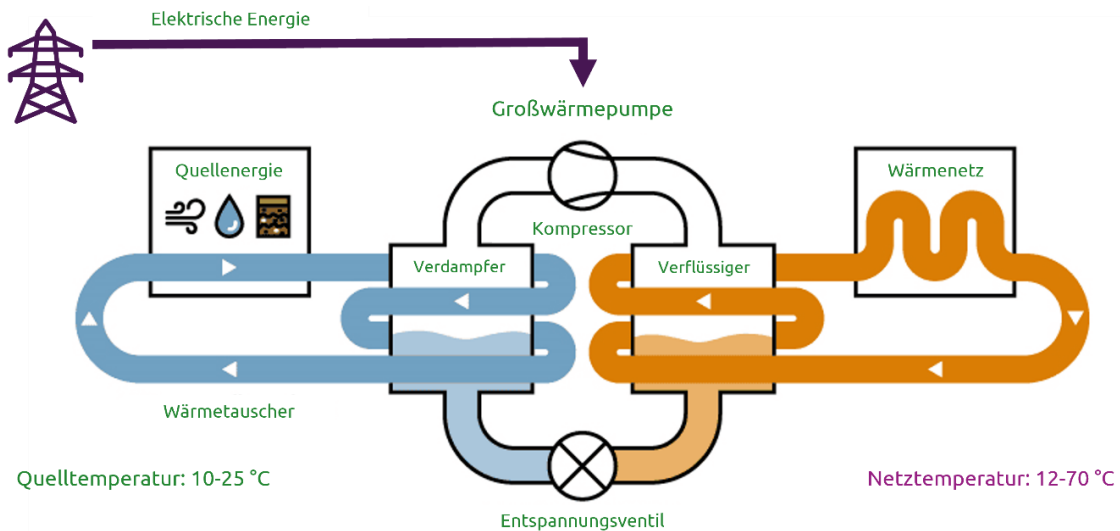


Abbildung 21: Funktionsweise einer Wärmepumpe innerhalb eines Wärmenetzes nach [9]

- **Verdampfer:** Die Wärmepumpe entzieht Wärme aus einer natürlichen Wärmequelle (z.B. der Außenluft, dem Erdreich oder einem Gewässer) über ein Kältemittel, das in einem Verdampfer zirkuliert. Dieses Kältemittel hat einen niedrigen Siedepunkt, sodass es bereits bei niedrigen Temperaturen verdampft. Die dabei aufgenommene Wärmeenergie lässt das Kältemittel verdampfen.
- **Kompressor:** Der gasförmige Kältemitteldampf wird dann in einen Kompressor geleitet, der den Druck des Gases erhöht. Durch diese Kompression steigt die Temperatur des Kältemittels weiter an, da Druckerhöhung mit einer Temperaturerhöhung einhergeht. Für die Kompression muss der Wärmepumpe Energie zugeführt werden, in der Regel in Form von Strom.
- **Verflüssiger:** Das nun erhitzte Kältemittelgas strömt in einen Verflüssiger (auch Kondensator genannt), wo es seine Wärme an das Heizsystem des Verbrauchers abgibt, zum Beispiel an das Heizungswasser in einem Gebäude. Durch die Abgabe der Wärme kühlt das Kältemittel wieder ab und kondensiert, es wird also flüssig.
- **Entspannungsventil:** Nach der Kondensation wird das flüssige Kältemittel durch ein Expansionsventil geleitet, wo es entspannt wird. Dabei sinken Druck und Temperatur des Kältemittels wieder und der Kreislauf beginnt von vorne, indem das kalte Kältemittel erneut in den Verdampfer gelangt, um weitere Wärme aus der Umgebung aufzunehmen.

Dieser Prozess wiederholt sich kontinuierlich, wodurch die Wärmepumpe in der Lage ist, auch bei niedrigen Quelltemperaturen effizient Wärme zu erzeugen. Da eine Wärmepumpe mehr Wärmeenergie liefern kann, als sie an elektrischer Energie für den Betrieb benötigt, gilt sie als besonders energieeffizient und umweltfreundlich. Die Effizienz einer Wärmepumpe hängt dabei vor allem von der Differenz der Quelltemperatur und der erforderlichen Temperatur des Heizsystems ab. Eine Wärmepumpe ist effizienter, wenn diese Differenz gering ist, d.h. die Temperatur der Wärmequelle hoch oder die Temperatur des Heizsystems (z.B. bei Fußbodenheizungen) niedrig ist.

Luft

Die Umgebungsluft stellt aufgrund ihres grundsätzlich unbegrenzten Wärmepotenzials eine sehr flexible und technisch einfach umsetzbare Wärmequelle dar – sowohl für die dezentrale Einzelversorgung als auch zur Einspeisung in Wärmenetze. Luft-Wärmepumpen erfordern den geringsten technischen Aufwand und sind nahezu überall einsetzbar. Dabei unterscheidet man zwischen Luft/Luft- und Luft/Wasser-Systemen, bei denen der Umgebungsluft Wärme entzogen und durch den oben beschriebenen thermodynamischen Kreisprozess auf das erforderliche Temperaturniveau des Heizsystems gehoben wird. Anders als bei anderen Wärmequellen ist der Wiedereintritt der abgekühlten Luft in die Umgebung unkritisch (Vergleich: Abwasserwärme).

Im Rahmen der Potenzialermittlung der kommunalen Wärmeplanung wird grundsätzlich von einer technischen Machbarkeit der Umgebungsluft als Wärmequelle zur dezentralen Versorgung von Gebäuden ausgegangen. Gebiete mit einer hohen Bebauungsdichte werden im Rahmen dieser Wärmeplanung bezüglich Nutzung von dezentralen Wärmepumpen nicht priorisiert, da eine hohe Bebauungsdichte regelmäßig mit hohen Wärmelinieindichten und damit einer hohen Wärmenetzeignung einhergehen. Die Option zur Einzelversorgung mit Wärmepumpe ist bei hoher Bebauungsdichte dennoch nicht ausgeschlossen. In Hessen existieren keine Mindestabstände für Luft-Wärmepumpen zur Grundstücksgrenze – vorausgesetzt, die Anlage überschreitet weder 2 m Höhe noch 3 m Länge.

Im Neubau und in sanierten Gebäuden, die mit niedrigeren Vorlauftemperaturen auskommen, sind Luft-Wärmepumpen effizient einsetzbar. Moderne Luft-Wärmepumpen können aber auch in Bestandsgebäuden die benötigten höheren Vorlauftemperaturen und die tendenziell höhere Heizlast bereitstellen. Aufgrund der technischen Weiterentwicklungen sind selbst geringe Außentemperaturen im Winter kein Ausschlusskriterium mehr und ökonomische vorteilhafte Wirkungsgrade können erreicht werden. Nichtsdestotrotz gilt: Je niedriger die Wärmequellentemperatur, desto niedriger die Effizienz der Wärmepumpe (d. h. der Strombedarf steigt). Somit kommen in Bestandsgebäuden auch (bivalente) Hybrid-Systeme zum Einsatz, bei denen eine Gas- oder Ölheizung bei kalten Temperaturen im Winter zusätzliche Wärme produziert. In monovalenten Wärmepumpen kann zu diesem Zweck ein elektrisch betriebener Heizstab eingesetzt werden.

Auf Basis der heutigen Förderkulisse der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) haben dezentrale Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft einen ökonomischen Vorteil gegenüber Erdwärmepumpen. Insgesamt ist die BEG-Förderung auf maximal 70 % der Gesamtkosten gedeckelt. Die maximal förderfähige Investitionssumme beträgt 30.000 € für ein Einfamilienhaus (1. Wohneinheit). Der höchstmögliche Zuschuss für den Heizungstausch beläuft sich also – bei einem Fördersatz von 70 % – auf 21.000 €. Daher können die teureren Erdwärmesonden oder -kollektoren weniger gefördert werden. Dies führt dazu, dass die Effizienzvorteile der Erdwärmepumpe gegenüber der stetig effizienter werdenden Luft/Wasser-Wärmepumpen nicht ausreichen, um die Mehrinvestition zu rechtfertigen. Eine pauschalisierte Aussage ist jedoch nicht möglich und die Vorteilhaftigkeit der Systeme muss für jedes Gebäude durch eine fachkundige Person geprüft werden.

Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft können auch in Wärmenetzen eingesetzt werden. Zentrale Luft/Wasser-Wärmepumpen können die benötigte Vorlauftemperatur in Fernwärmenetzen in der Regel jedoch nur ineffizient bereitstellen (insofern es sich nicht um Niedertemperatur-Netze handelt). Hier können kaskadierte (zweistufige) Luft/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen mit einer akzeptablen JAZ betrieben werden. In einer ersten Stufe wird die Außenluft als Temperaturquelle genutzt und das Wasser auf etwa 35 °C erwärmt. In der zweiten Stufe hebt die Wasser/Wasser-Wärmepumpe die Quelltemperatur auf die benötigte Vorlauftemperatur im Wärmenetz an.

Einschränkungen beim Einsatz von Luft-Wärmepumpen:

- **Geräuschemissionen:** Besonders dichte Wohn- und Mischgebiete – wie z.B. der Ortskern von Krißfeld – sind aufgrund gesetzlicher Grenzwerte nur bedingt geeignet.
- **Platzbedarf:** Für die Außeneinheit werden 2 bis 4 m² Fläche auf dem Grundstück benötigt.
- **Stromnetz:** Die Leistungsfähigkeit des örtlichen Stromnetzes muss in Abstimmung mit dem Netzbetreiber sichergestellt werden. Dieser kann den Anschluss einer regulären Wärmepumpe nicht untersagen, hat jedoch notfalls die Möglichkeit, die Leistung zu drosseln. In Krißfeld sind diesbezüglich aktuell jedoch kaum Einschränkungen zu erwarten.

Für ein durchschnittliches Einfamilienhaus wird zur Versorgung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe eine Strommenge von etwa 6,4 MWh pro Jahr benötigt (bei einer JAZ von 2,7). Da Umgebungsluft als Wärmequelle überall verfügbar und unbegrenzt nutzbar ist, wird das Potenzial dieser Technologie als technisch, wirtschaftlich und praktisch sehr gut nutzbar eingestuft. Für die Wärmewende in Krißfeld kann der Einsatz zentraler (Groß-)Wärmepumpen auf Basis von Außenluft insbesondere dann von Bedeutung sein, wenn andere Wärmequellen wie bspw. Abwasser oder andere Gewässer sich nicht ausreichend erschließbar erweisen. Bei ausreichender Wärmeliniedichte bietet sich eine Kombination mit Biomasseheizwerken oder KWK-Anlagen zur Versorgung von Wärmenetzen an. Voraussetzung ist, dass das Stromnetz die erforderliche Leistung für den Betrieb der Anlagen bereitstellen kann. Das Potenzial der Außenluft wird insgesamt als hoch und nahezu unbegrenzt eingestuft.

Flusswasserwärme (Schwarzbach)

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung werden verschiedene Oberflächengewässer in Kriftel hinsichtlich ihres Wärmepotenzials und einer möglichen thermischen Nutzung untersucht. Der Schwarzbach durchfließt das Untersuchungsgebiet und ist damit das einzige Fließgewässer in Kriftel, welches einen grundsätzlich ausreichenden Wasserdurchfluss für den potenziellen Betrieb einer Flusswasser-Wärmepumpe bietet. Die Analyse konzentriert sich daher auf die thermischen Potenziale des Schwarzbachs. Die Einschätzung des Wärmepotenzials des Schwarzbachs erfolgt auf Grundlage von Durchfluss- und Temperaturwerten eines durchschnittlichen Jahres.

Zur Bestimmung des technischen Potenzials gilt es in Regelfällen laut Oberflächengewässerverordnung (OGewV) als unkritisch, wenn bis zu 10 % des Durchflusses entnommen werden und um 3 K abgekühlt werden, vorausgesetzt die Temperatur des Wassers unterschreitet bei Wiedereinleitung nicht 1 °C. Für den Schwarzbach wird mit einer Entnahme von 1 % des Durchflusses gerechnet. Aus den oben genannten Einschränkungen und den vorliegenden Daten des Schwarzbachs ergibt sich eine Quelleistung von ca. 0,35 MW. Bei einer JAZ von 4 würde eine Wärmepumpe eine Heizleistung von 0,47 MW erreichen. Verschiedene Fahrweisen und daraus resultierende Wärmemengen sind denkbar:

- 4.000 Volllaststunden (Einsatz im Sommer): 2,9 GWh/a (3,7 %)
- 8.760 Volllaststunden: 9,4 GWh/a (11,9 %)
- Grundlast bei 8.760 Stunden: 5,5 GWh/a (7 %)

Der Schwarzbach stellt grundsätzlich das einzige Fließgewässer mit nutzbarem Wärmepotenzial in Kriftel dar. Unter konservativen Annahmen ergibt sich jedoch lediglich ein begrenztes technisches Potenzial, das nur einen untergeordneten Beitrag zur Wärmeversorgung leisten kann.

Seewasserwärme

Wärme aus einem See kann über einen im Wasser installierten Wärmetauscher entzogen werden. Mithilfe einer daran angeschlossenen Wärmepumpe wird diese Umweltwärme – analog zu Luft- oder Abwasserwärme – auf ein nutzbares Temperaturniveau für Heiz- oder Warmwasserzwecke angehoben (siehe Abbildung 21). Die Effizienz solcher Systeme kann – abhängig von Entnahmetiefe und Seetyp – günstig sein, da tiefes Seewasser im Jahresverlauf vergleichsweise konstante Temperaturen um 4 °C aufweist. Im Ufer- und Oberflächenbereich hingegen schwanken die Temperaturen saisonal stark, was den Einsatz in diesen Schichten energetisch weniger attraktiv macht. Voraussetzung für die Nutzung sind geeignete Gewässer in räumlicher Nähe zur Wärmesenke sowie die technische und rechtliche Genehmigungsfähigkeit der Eingriffe ins Gewässer. Im Rahmen der Potenzialanalyse in Kriftel ist festzustellen, dass es keine Seen relevanter Größe im Untersuchungsgebiet gibt.

Trinkwasserwärme

Das Konzept der thermischen Nutzung von Trinkwasser besteht schon seit längerem, ist jedoch in der Fernwärme in Deutschland bislang aufgrund regulatorischer Hindernisse nicht verankert. Primär ist dies die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) aus dem Jahr 2023. Gemäß §13 dieser Verordnung ist es vorgeschrieben, dass bei der Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser ausschließlich Stoffe oder Gegenstände in Kontakt mit dem Roh- oder Trinkwasser verwendet werden dürfen, die explizit dem Zweck der Trinkwasserversorgung dienen. Derzeit bestehen erhebliche regulatorische Hürden nach § 13 TrinkwV; eine energetische Nutzung ist gegenwärtig i. d. R. nicht zulässig.

Eine maßgebliche Ursache für diese Hemmnisse liegt in präventiven Maßnahmen zur Gewährleistung der Trinkwasserhygiene. Die Bedeutung der Reinheit des Trinkwassers wird in der Debatte nicht ohne Grund betont, da Verunreinigungen im Trinkwasser durch strikte Einhaltung technischer Normen sicher vermieden werden müssen. Eventuelle Bedenken bezüglich der Trinkwasserhygiene im Kontext einer energetischen Nutzung könnten mithilfe technischer Lösungen jedoch problemlos adressiert werden. Eine mögliche Maßnahme ist die Integration eines Zwischenkreislaufs mit Sicherheitswärmetauscher im nachgelagerten Trinkwassernetz, um dieses selbst bei Betriebsstörungen zuverlässig vor potenziellen Verunreinigungen zu schützen. Ein direkter Kontakt des Trinkwassers mit möglichen Verunreinigungen würde somit ausgeschlossen. Im Aufwand der Erschließbarkeit der Wärmequelle Trinkwasser lassen sich Vorteile gegenüber anderen Wärmequellen identifizieren. Die Verwendung bereits geförderter Trinkwassermengen eliminiert die Notwendigkeit des Baus eigener Brunnen und reduziert den mit dem Strombedarf für den Pumpaufwand verbundenen Aufwand. Zusätzlich ergeben sich weitere Vorteile gegenüber der Nutzung von Fluss- und Abwasser: Im Vergleich zur Nutzung von Oberflächenwasser steht das geförderte Trinkwasser während der Heizperiode kontinuierlich in einer stabilen Temperatur zur Verfügung. Zudem ist das Wasser frei von Verunreinigungen, die die Effizienz des Wärmetauschprozesses durch die Bildung von Biofilmen langfristig beeinträchtigen können. Im Gegensatz dazu erfordert die Nutzung von Oberflächenwasser oder Kläranlagenabfluss regelmäßige aufwändige Reinigungen oder spezielle Konstruktionen des Wärmetauschers. Bei der Verwendung von sauberem Trinkwasser als Wärmequelle entfällt dieser Schritt. Aufgrund der hohen regulatorischen Einschränkungen wird die Trinkwasserwärme als theoretisches Potenzial angesehen. Für die Wärmeversorgung in Krißtal dürfte sie unter den aktuellen Umständen keine hohe Bedeutung haben.

Abwasser

Abwasser kann durch Wärmeübertrager als Wärmequelle erschlossen und mittels Wärmepumpen auf ein geeignetes Temperaturniveau gebracht werden. Im Gegensatz zu Oberflächengewässern weist Abwasser auch im Winter eine Temperatur von 10-12 °C auf und kann somit für eine effiziente Wärme-gewinnung genutzt werden. Nach dem Wärmeplanungsgesetz sollen alle Kanalabschnitte ab einer Dimensionierung von DN800 sowie Kläranlagen hinsichtlich ihres Wärmepotenzials untersucht werden. Bei der Nutzung von Abwasserwärme können verschiedene Nutzungsarten unterschieden werden, welche sich hinsichtlich der technischen, ökologischen und ökonomischen Eignung für die Gemeinde Kriftel unterscheiden. Grundsätzlich kann zwischen der Erschließung der Abwasserwärme im Kanal-netz, im Zulauf einer Kläranlage und im Ablauf einer Kläranlage unterschieden werden (Abbildung 22).

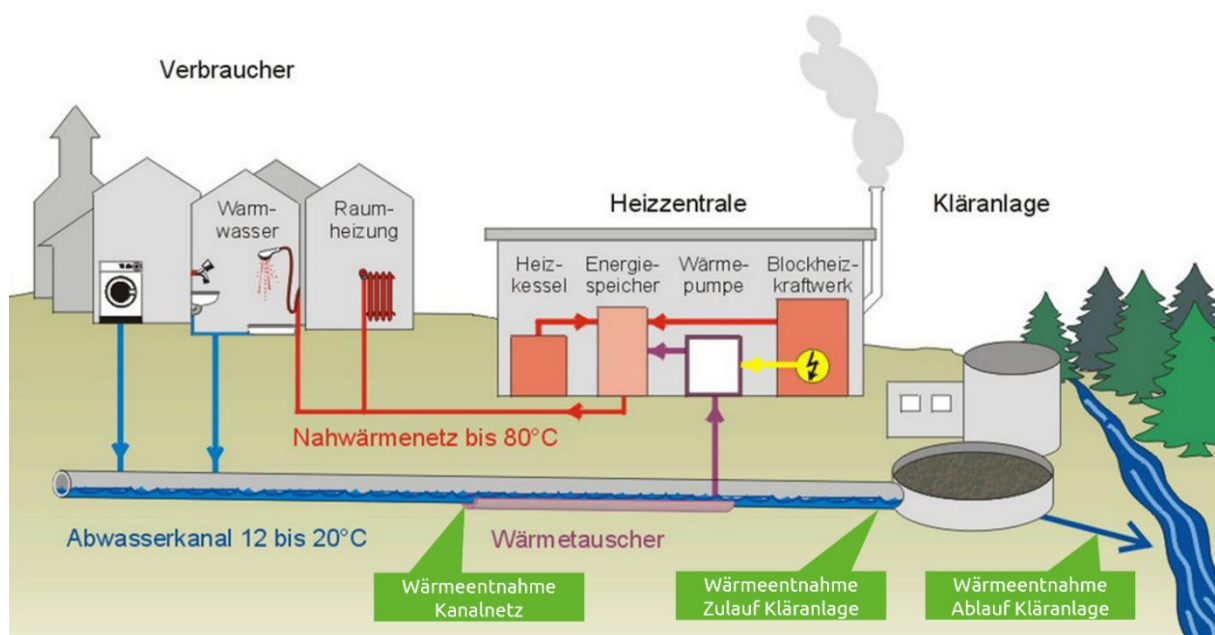


Abbildung 22: Wärmeentnahmemöglichkeiten Abwasser

Die Erschließung kann technisch mit verschiedenen Systemen umgesetzt werden. Meist kommen zum Einsatz:

- Wärmetauscher, die nachträglich in bestehende Kanäle eingebaut werden
- in Kanalrohren werksseitig integrierte Wärmeübertrager
- Systeme mit Sonderbau

Kanalinterne Lösungen für Wärmetauscher erfordern einen größeren Eingriff in das Kanalnetz und bieten sich vor allem bei Neubau oder Sanierung/Austausch von Kanalabschnitten an. Um die biochemischen Prozesse in der Kläranlage nicht zu beeinträchtigen, gilt beim Abwasser die Vorgabe, dass das Abwasser in der Kläranlage eine Temperatur von mindestens 12 °C haben sollte. Dies ist auch ein elementarer Nachteil der Entnahme im unmittelbaren Kläranlagen-Zulauf. Bei einer Entnahme im Kanalnetz hat das Abwasser Zeit, um sich durch die Aufnahme der Erdwärme thermisch zu regenerieren. Es lässt sich mit einem Wärmeeintrag von etwa 0,01 K/m kalkulieren, der von der Erdtemperatur, der Kanalart und der Abwassertemperatur abhängt. Bei einer Entnahme im Kanalnetz kann mit einer

Temperaturentnahme von 3 Kelvin kalkuliert werden, somit erreicht das Abwasser nach einigen hundert m (inkl. Sicherheitsabstand) wieder seine ursprüngliche Temperatur und eine erneute Wärmeentnahme wäre denkbar. Die genaue Abkühlung des Abwassers ist jedoch nicht auf 3 Kelvin begrenzt und wird in der Ausführung über die Dimensionierung des Wärmetauschers bestimmt. Diese Möglichkeit entfällt im unmittelbaren Zulauf der Kläranlage und es sollte maximal eine Temperatur von 0,5 Kelvin entnommen werden, um auch im Winter einen reibungslosen Klärprozess zu gewährleisten, der die Aktivität der Bakterien im Klärbecken nicht negativ beeinträchtigt.

Wesentlich einfacher zu erschließen ist die Wärmeentnahme am Kläranlagenablauf. Die Erschließung des geklärten Abwassers im Auslauf der Kläranlage (auch Klarwasser genannt) ist technisch leichter zu lösen und für Großwärmepumpen zur Fernwärmeversorgung interessant, da alle Abwasser der einer Kläranlage aus verschiedenen Sammlerkanälen zufließen an einer Stelle gebündelt wieder aus der Kläranlage herausfließen. Es handelt sich somit um den höchstmöglichen Volumenstrom. Das geklärte Abwasser bietet durch den hohen Volumenstrom sowie geringere Einschränkungen der thermischen Abkühlung (keine Rücksicht auf Klär-Bakterienprozesse nötig) das größte Leistungspotenzial. Da es sich um Klarwasser handelt, bildet sich weniger Biofilm auf dem Wärmetauscher.

Das lokale Klärwerk befindet sich im Süd-Osten Kriftels. Dieses bietet aufgrund seiner Lage sowie der technischen Rahmenbedingungen ein vielversprechendes Potenzial zur Nutzung von Abwasserwärme. Hierbei könnte die Wärme bereits im Kanalnetz oder nach Reinigung am Kläranlagenabfluss entnommen werden.

Die Wärmegewinnung aus dem bereits gereinigten Abwasser hat mehrere Vorteile: statt teurer und wartungsintensiver Abwasserwärmetauscher können einfache Plattenwärmetauscher verwendet werden. Zudem entsteht keine Leistungsminderung durch Biofilmbildung auf den Wärmetauschern. Im Gegensatz zur Nutzung am Zulauf der Kläranlage gibt es am Ablauf keine betrieblichen Einschränkungen hinsichtlich des Wärmeentzugs, da der Anlagenbetrieb nicht beeinträchtigt wird. Die beschriebene Kläranlage befindet sich inmitten des Gewerbegebiets Kriftel Ost, was mögliche Synergien bei hohen Wärmebedarfen ergeben kann (Abbildung 23).

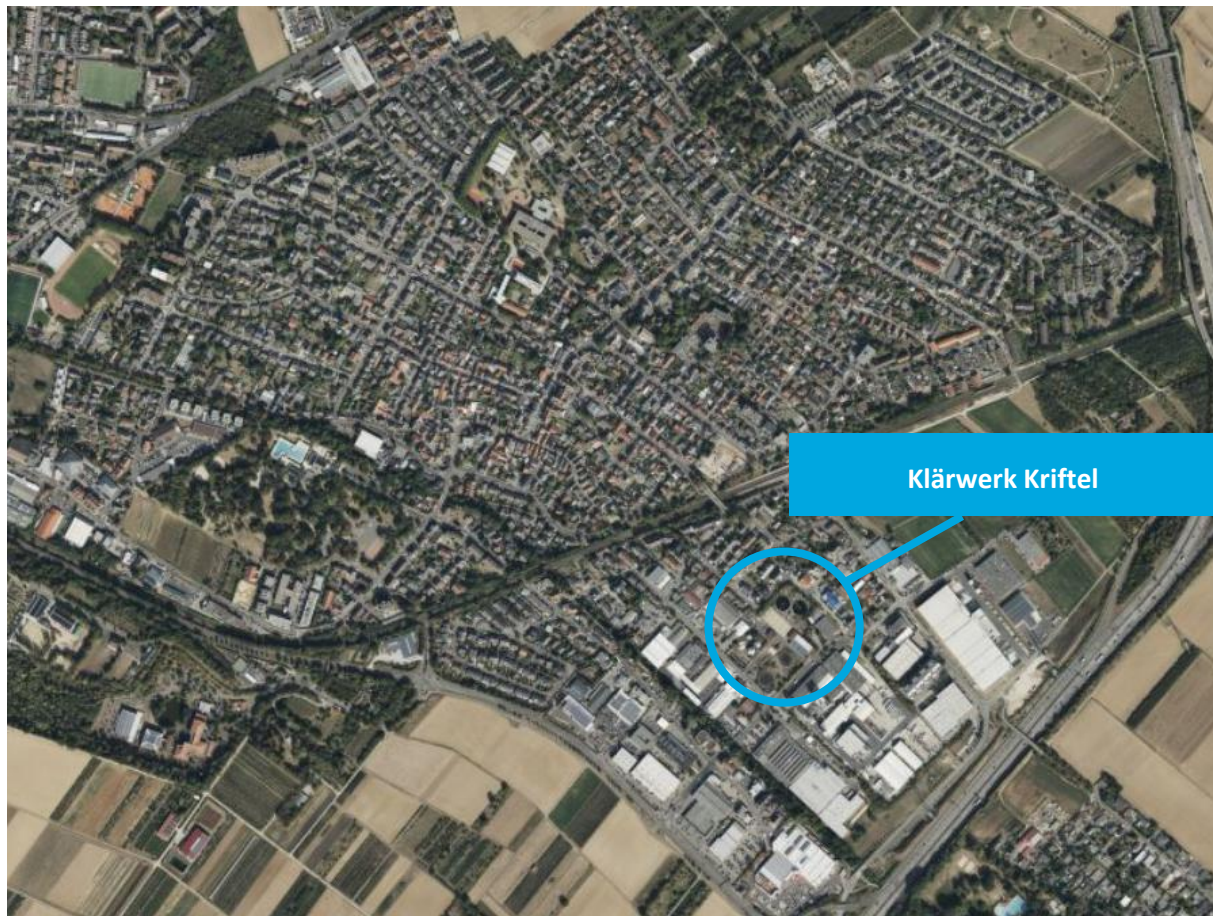
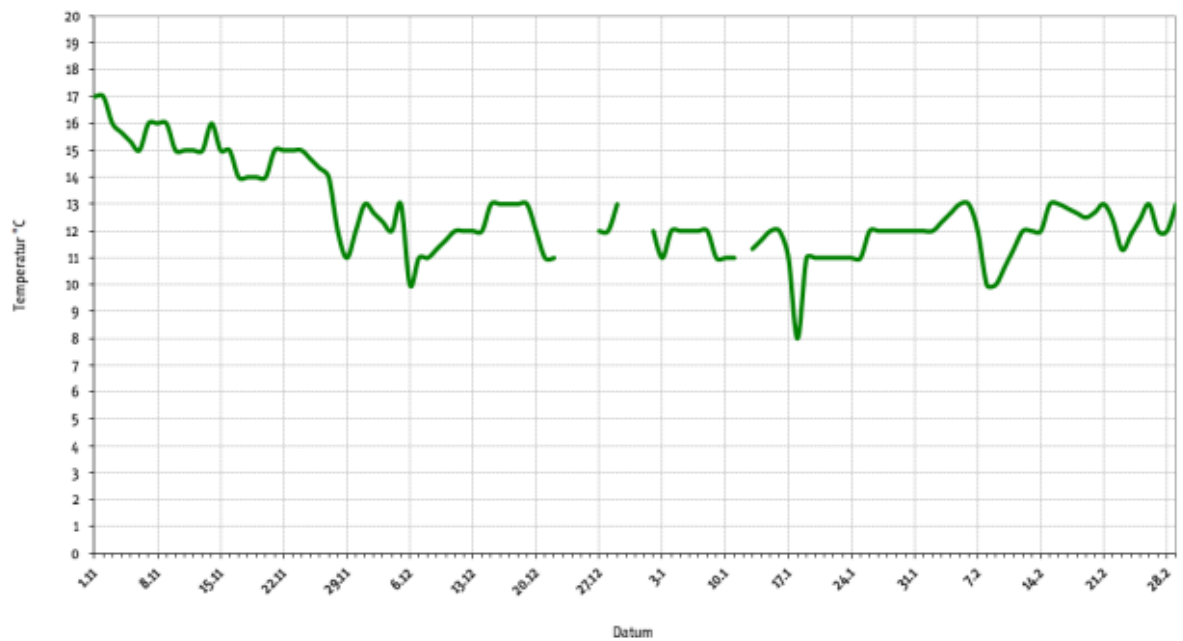


Abbildung 23: Luftbild der Lage des Klärwerks Kriftel

Die folgenden technischen Eckdaten unterstreichen das signifikante Wärmepotenzial des Klärwerks. Abbildung 24 zeigt die Abwassertemperatur zwischen November und März und die Durchflussmenge pro Tag. Aus den Daten ergibt sich ein Auslegungsvolumenstrom von $200 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einer minimalen Temperatur von 8°C und stellt damit eine kontinuierliche und verlässliche Wärmequelle dar. Aus dem Auslegungsvolumenstrom ergibt sich eine Quellleistung von $0,7 \text{ MW}$. Eine potenziell eingesetzte Wasser-Wasser-Wärmepumpe kann eine Jahresarbeitszahl von 4 erreichen, was auf eine hohe Effizienz und ein günstiges Verhältnis von eingesetzter Strommenge zur erzeugten Nutzwärme hinweist. Mit dieser JAZ von 4 ergibt sich eine Heizleistung der Wärmepumpe von $0,933 \text{ MW}$. Diese Wärmepumpe könnte bei prognostizierten 8400 Vollbenutzungsstunden $7,84 \text{ GWh/a}$ produzieren.

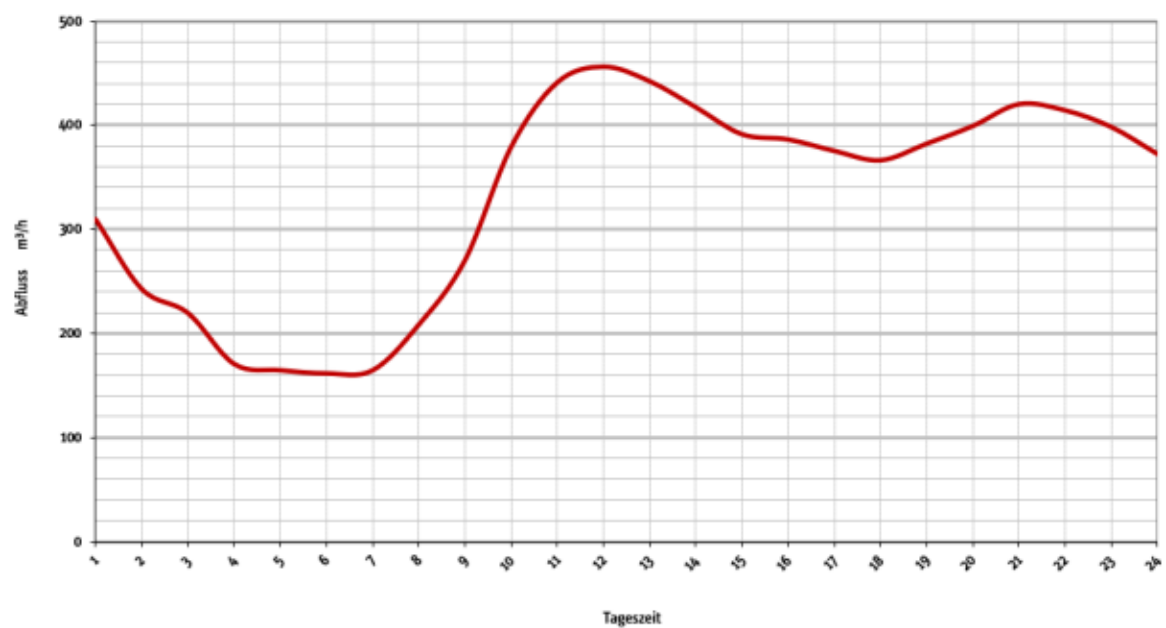
Zusätzlich stehen in ca. 5200 Vollbenutzungsstunden/a höhere Volumenströme von bis zu $400 \text{ m}^3/\text{h}$ zur Verfügung, also $200 \text{ m}^3/\text{h}$ zusätzlich. Daraus ergibt sich eine zusätzliche Quellleistung von $0,7 \text{ MW}$ und eine zusätzliche Heizleistung der Wärmepumpe von $0,933 \text{ MW}$. Mit den prognostizierten 5200 Vollbenutzungsstunden ergibt sich ein zusätzliches Potenzial von $4,85 \text{ GWh/a}$. Die thermische Leistung der Wärmepumpe würde dann bei $1,87 \text{ MW}$ liegen, womit sich auch größere Netzsegmente versorgen lassen. Bei Vollausschöpfung der Potenziale ergibt sich eine jährlich nutzbare Wärmemenge von $12,69 \text{ GWh}$, die direkt in ein mögliches Wärmenetz eingespeist werden kann. Damit könnten etwa 16 % des gesamten Wärmebedarfs im Untersuchungsgebiet Kriftel gedeckt werden.



E

Temperaturen Ablauf Kläranlage Kriftel
im Zeitraum 1.11.2023 - 29.02.2024

Daten: AV-MT; Grafik: ECO.S



Tagesganglinie Abwasserzulaufvolumenstrom
Kläranlage Kriftel am 29.5.23

Daten: AV-MT; Grafik: ECO.S

Abbildung 24: Abwassertemperatur und Durchfluss der Kläranlage Kriftel

Derzeit wird an der Kläranlage ein Faulgas-BHKW (Blockheizkraftwerk) zur Stromproduktion betrieben. Aktuell wird die überschüssige Wärme im Klärprozess genutzt. Das bereits vorhandenen BHKW könnte theoretisch auch an das mögliche Wärmenetz angeschlossen werden und 0,43 GWh/a Wärme beisteuern.

Alternativ kann die Wärmegewinnung statt, wie bisher beschrieben am Kläranlagenauslauf, auch aus dem bereits vorhandenen Kanalnetz in Kriftel erfolgen (siehe Abbildung 25). Dies hat grundsätzlich den Vorteil, dass die Wärme nicht von der Kläranlage zurück in die Wärmesenken transportiert werden müsste, was hohe Installationskosten und Wärmeverluste mit sich bringen würde. Nachteilig sind jedoch die geringe Wärmeleistung, hohe Kosten der Wärmetauscher sowie ein erhöhter Genehmigungsaufwand. Ebenfalls könnte das Wärmepotenzial des Faulgas-BHKWs mit dieser Variante nicht genutzt werden. In Kriftel liegt die Kläranlage nicht abseits von Wärmeabnehmern, sondern inmitten des Gewerbegebiets, was eine Entnahme aus dem Kanalnetz noch weniger sinnvoll erscheinen lässt. In Abbildung 26 werden dennoch die unterschiedlichen Wärmeentnahmeoptionen verglichen – und auch hieraus ist erkennbar, dass die Wärmeentnahme beim Kläranlagenauslauf erhebliche Vorteile mit sich bringt. Nichtsdestotrotz könnte das Potenzial der Wärmeentnahme aus dem Abwasserkanalnetz in Zukunft genauer bewertet werden.

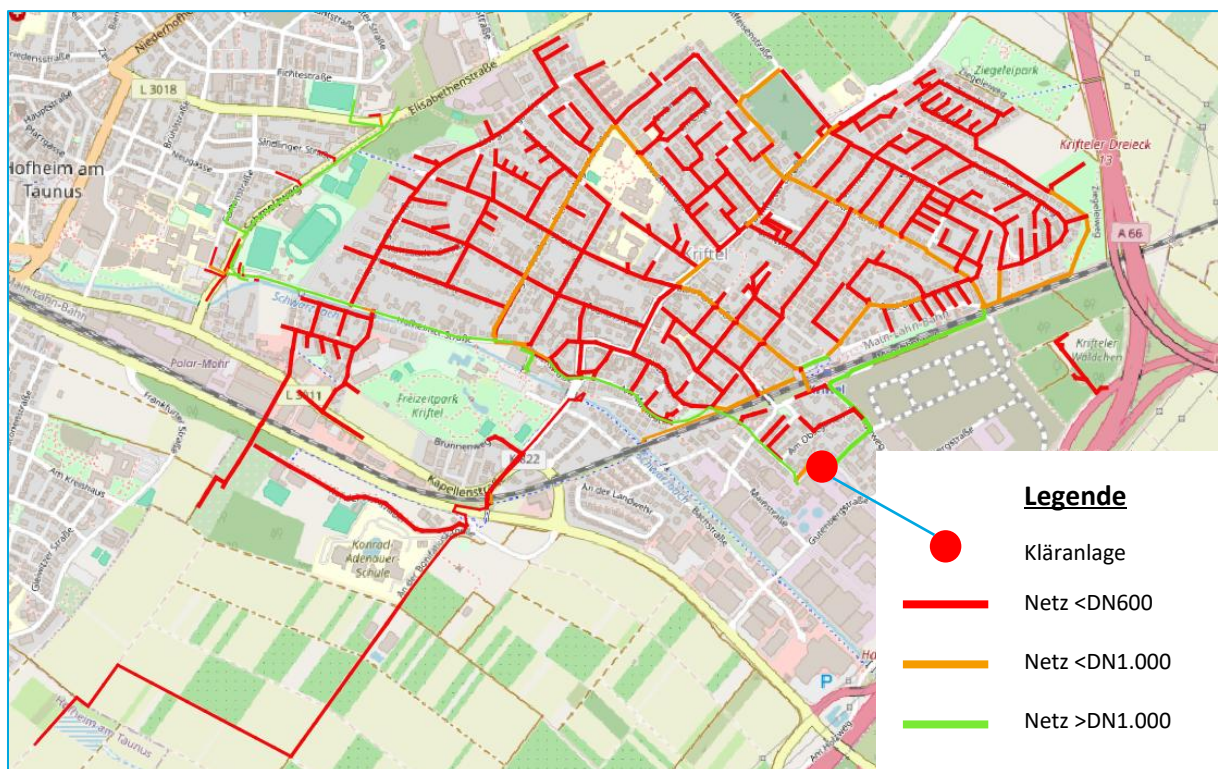


Abbildung 25: Kanalnetz Kriftel

	Abwasser- kanalnetz	Zulauf Kläranlage	Auslauf Kläranlage
Volumenströme	-	++	++
Wärmeleistung	-	++	++
Genehmigungsaufwand	-	+	+
Leistungsminderung durch Biofilm	-	-	++
Nähe zu Wärmeabnahme	++	--	--

Abbildung 26: Vergleich der unterschiedlichen Optionen zur Wärmeentnahme am Standort Kriftel

5.2.3 Solarthermie

In vielen Wärmenetzsystemen kann Solarthermie in Abhängigkeit regionaler Gegebenheiten ein passender Baustein für die zukünftige Wärmeerzeugung sein. Typischerweise werden dabei Flachkollektoren oder Vakuum-Röhrenkollektoren zur Gewinnung der Wärme eingesetzt. Die günstigeren Flachkollektoren weisen i.d.R. mit jährlich 340 – 450 kWh/m² Bruttokollektorfläche niedrigere spezifische Wärmeerträge gegenüber den kostenintensiveren Vakuum-Röhrenkollektoren mit jährlich 400 – 540 kWh/m² auf.

In Kombination mit weiteren Erzeugeranlagen können Solarthermie-Anlagen auch in den Rücklauf eines Netzes einspeisen, was eine flexible Einspeisefahrweise in Vor- oder Rücklauf je nach Jahreszeit ermöglicht. Die Kombination mit Speichertechnologien ergänzt die Einsatzmöglichkeiten von Solarthermieranlagen für Fernwärmenetze. Zusammenfassend bieten sich folgende Vor- und Nachteile für die Wärmeerzeugung mittels solarthermischer Anlagen:

Vorteile

- Solarthermieranlagen sind integrierbar in bestehende Strukturen
- Ressourcenschonend
- Preisstabilität und niedrige Energiekosten
- Hohe Effektivität bei zukünftig prognostizierten, niedrigen Wärmenetztemperaturen

Nachteile

- Saisonale Erzeugung (hauptsächlich Sommer)
- Flächenintensivität
- Flächenkonkurrenz (Landwirtschaft, Photovoltaik (PV)-Anlagen)

Da Solarthermie und Photovoltaik um dieselben Flächen konkurrieren, sollte bei jeder Fläche abgewogen werden welche Form der Energie an dem Standort wertvoller ist. Es kann sinnvoll sein, Flächen in der Nähe bestehender und zukünftiger Fernwärmenetze der Solarthermie vorzuhalten, da die Entfernung zum Fernwärmenetz ein treibender Kostenfaktor für solarthermische Anlagen darstellt. Für die Abschätzung des gesamten solarthermischen Potenzials kommen hier die Dachflächen innerhalb des Gemeindegebiets in Betracht, während in Kapitel 5.2.4 auch eine Betrachtung von Freiflächen untersucht wird. Zusätzlich kann durch Anbindung an das Wärmenetz auf Frostschutzmittel oder externe Wärmeerzeuger verzichtet werden. Die Wärmemenge zum Schutz vor Gefrieren beträgt rund 1 % der jährlich bereitgestellten Wärmemenge und kann aus dem Netz bereitgestellt werden.

Als Grundlage für die nutzbaren Gesamtdachflächen dienten die Daten des Solarkatasters [10]. In Abbildung 27 sind die in Kriftel geeigneten Dachflächen für Solarthermie in orange dargestellt.

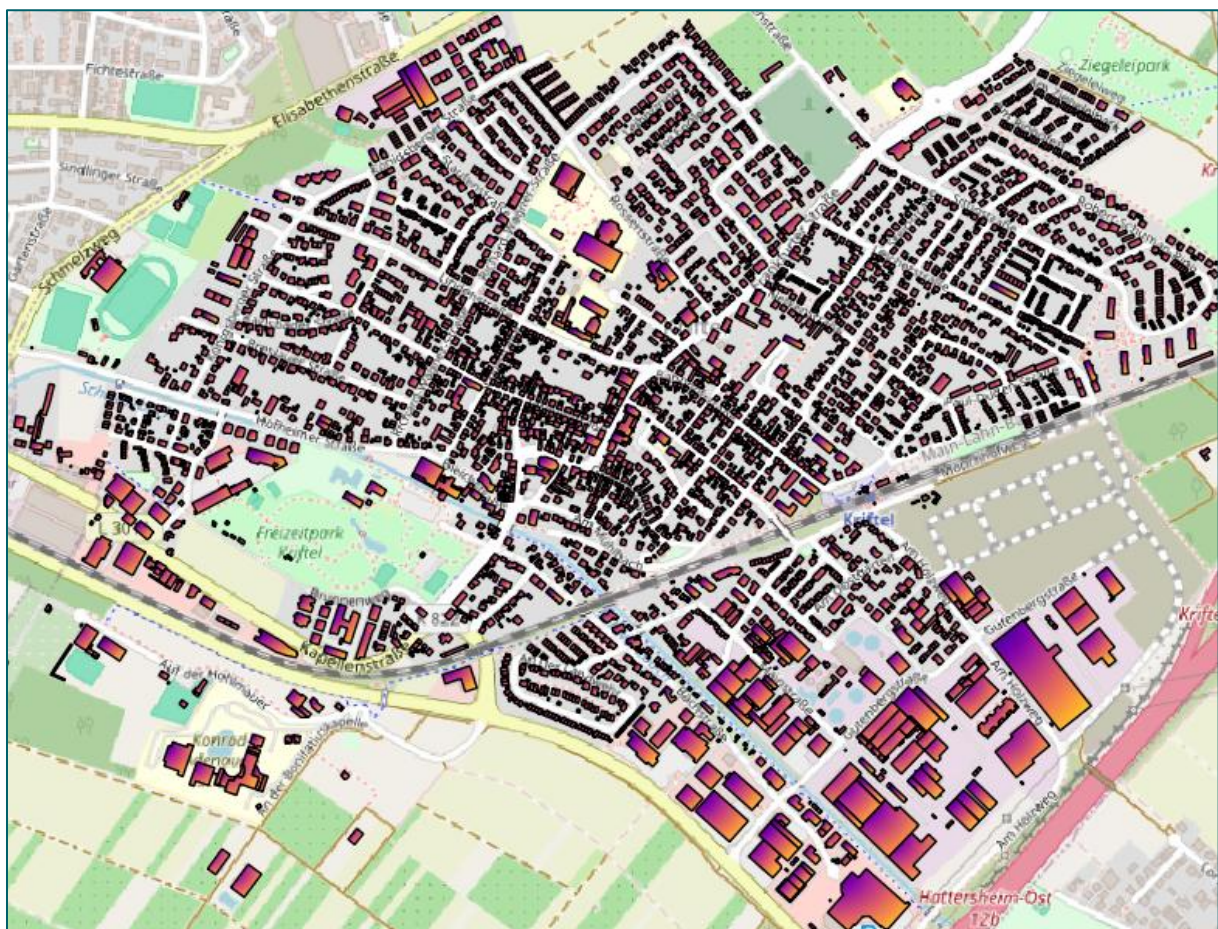


Abbildung 27: Geeignete Dachflächen für Solarthermie in Kriftel [10]

Nach Angaben des Solarkatasters Hessen werden für Kriftel rund 41 ha Dachfläche als geeignet eingestuft. Geeignete Dachflächenbereiche verfügen über eine Strahlungsenergie von 800 Kilowattstunden pro m² pro Jahr. Für die Nutzung thermischer Anlagen wurde bei geeigneten Dächern eine Mindestflächengröße von 5 m² zugrunde gelegt. Flachdächer müssen bei Aufständigung der Module mindestens 12,5 m² für die Solarthermie-Nutzung aufweisen. Daraus ergeben sich die im Folgenden dargestellten Wärmemengenpotenziale. Bei einer 10 %-igen Dachflächennutzung könnten bis zu 5 GWh/a Wärme erzeugt werden. Als Quelle für den spezifischen Wärmeertrag wurde der AGFW Praxisleitfaden Solarthermie [11] genutzt.

Annahmen und Berechnungsgrundlagen			
Flächenberechnung Dachflächen			
Geeignete Dachflächen		410.356 m ²	
Aufstellungsfaktor		25%	
Daraus folgende Bruttokollektorfläche:		102.589 m ²	
		Energiepotenzial	
Spezifischer Wärmeertrag		Bei 100% Dachflächennutzung	Bei 10% Dachflächennutzung
Flachkollektoren - Basis	410 kWh/a qm Brutto	42 GWh/a	4 GWh/a
Röhrenkollektoren - Basis	456 kWh/a qm Brutto	47 GWh/a	5 GWh/a

Tabelle 3: Mögliche Energiemengen für Dachflächensolarthermie in Kriftel [11]

Generell eignet sich Dachflächensolarthermie vor allem für die Einzelversorgung von Gebäuden in der warmen Jahreszeit. Für die Einspeisung in ein Wärmenetz ergeben sich hohe Investitionskosten (Anlage plus Fernwärmeanschluss) und ein nur kaum zu bewältigender Steuerungsaufwand der Anlagen für den Netzbetrieb. Im Unterschied dazu ist die Einspeisung von PV-Strom einfacher: die Investitionen sind geringer, da ein Stromanschluss in der Regel bereits existiert. Im Kontext der Wärmeversorgung stellt sich die Frage zwischen Einzelversorgung oder Fernwärmeanschluss. Beides zu realisieren wäre nicht wirtschaftlich. Aufgrund ihrer nur saisonalen Verfügbarkeit im Sommer ist die Solarthermie als Versorgungsoption in Kriftel nicht zu priorisieren. Dennoch handelt es sich sowohl um ein theoretisches als auch technisches Potenzial.

5.2.4 Potenziale aus Freiflächen

Ein verbreiteter Ansatz in der Wärmeplanung ist die Analyse verfügbarer Freiflächen zur Abschätzung potenzieller Energieerträge. Für strategische Entscheidungen greift dies jedoch oft zu kurz, insbesondere dann, wenn unklar bleibt, ob die Erträge den Wärmebedarf vor Ort decken könnten. In dieser Analyse wurde daher ein anderer Weg gewählt: Ausgangspunkt ist nicht die Fläche, sondern der jährliche Wärmebedarf in der Gemeinde. Für jede betrachtete Technologie (PV-Anlagen + Wärmepumpe, Solarthermieanlagen, Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren) wurde ermittelt, welche Freifläche

notwendig wäre, um die Gemeinde vollständig und allein mit dieser Technologie zentral zu versorgen. Auf diese Weise lassen sich drei zentrale Fragen beantworten: Wie hoch ist der Flächenbedarf, um ein Gebiet monotecnologisch zu versorgen? Welche Technologien erfordern besonders viel Fläche? Und: Stehen in der Gemeinde überhaupt potenziell geeignete Flächen in dieser Größenordnung zur Verfügung? Diese methodische Umkehrung, vom Bedarf zur Fläche, schafft ein besseres Verständnis für die Größenordnungen, die bei konkreten Projektplanungen zu berücksichtigen sind.

Gleichzeitig ist zu betonen, dass zentrale Versorgungslösungen mit nur einer einzelnen Technologie in den allermeisten Fällen weder technisch noch wirtschaftlich realisierbar sind. Die klimaneutrale Wärmeversorgung stellt komplexe Anforderungen: Erzeugung und Verbrauch verlaufen teilweise zeitlich unterschiedlich, verschiedene Technologien haben spezifische Einschränkungen wie beispielsweise wetterabhängige Erträge bei Solarthermie. Auch technische Risiken wie Pumpenausfälle, saisonale Schwankungen oder hohe Investitionskosten sprechen gegen eine einseitige Ausrichtung. Reine Monotechnologiekonzepte sind daher nicht das Ziel dieser Analyse. Vielmehr soll die Flächenanalyse einen Beitrag zur strategischen Planung leisten, indem sie eine grobe Orientierung darüber bietet, welche Größenordnungen an Fläche notwendig wären, um die Gemeinde theoretisch vollständig über jeweils eine Technologie zu versorgen. Die Auswertung dient somit nicht als Empfehlung für konkrete Projekte, sondern als Werkzeug zur Veranschaulichung und Priorisierung.

Für die Flächenabschätzung wurden idealisierte technische Werte angesetzt. Bei Photovoltaik in Kombination mit Luft-Wasser-Wärmepumpen wurde eine spezifische Leistung pro Fläche von 1.000 kW/ha sowie 1.000 Volllaststunden für die PV-Anlagen und ein JAZ von 3 für die Wärmepumpe angenommen. Für Solarthermie mit Vakuumröhrenkollektoren wurde ein spezifischer Wärmeertrag von 456 kWh/m²a bei einem Flächennutzungsgrad von 50 % unterstellt. Geothermische Erdwärmesonden wurden mit einer Entzugsleistung von 40 W/m Bohrtiefe, einer durchschnittlichen Tiefe von 95 m, einem Bohrabstand von 7 m sowie 2.500 Volllaststunden und 90 % Flächennutzung kalkuliert. Für Erdkollektoren wurde eine Entzugsleistung von 20 W/m² bei 2.500 Volllaststunden und 90 % Flächennutzung angesetzt. Nicht berücksichtigt wurden Wärmeverluste in Verteilnetzen, Speicherverluste, betriebliche Einschränkungen, infrastrukturelle Anforderungen oder Flächenkonflikte.

Die Ergebnisse der Flächenabschätzung werden in Tabelle 4 dargestellt. Für die Gemeinde ist ersichtlich, wie viele Fußballfelder rechnerisch notwendig wären, um den jeweiligen Wärmebedarf vollständig über eine einzelne Technologie zentral zu decken. Um die teils sehr großen Flächenbedarfe besser greifbar zu machen, wurden alle Angaben in die anschauliche Einheit „Fußballfeld“ umgerechnet (1 Feld = 7.140 m²). Diese Maßzahl ist im kommunalen Kontext leicht vermittelbar und erleichtert insbesondere die Diskussion mit politischen Gremien und Öffentlichkeit.

Kriftel		
Wärmebedarf (Nutzenergie)	78,7 GWh/a	
Flächenbedarf	in Fußballfeldern	in km ²
PV-Anlagen (für Luftwärmepumpe)	37	0,26
Solarthermie (Vakuum-Röhrenkollektoren)	48	0,34
Erdwärmesonden	63	0,45
Erdwärmekollektoren	245	1,75
Gesamtfläche Gemeindegebiet	947	6,76
Hinweis: Fußballfeld = 7.140 m ² = 0,00714 km ²		

Tabelle 4: Theoretisch notwendiger Flächenbedarf zur monotecnologischen Wärmeversorgung

Die Bewertung der Technologien zeigt: PV + Wärmepumpe ist flächenbezogen am effizientesten, stößt aber in der kalten Jahreszeit an Grenzen, da der Stromertrag im Winter deutlich sinkt. Solarthermie kann in Übergangszeiten stabile Erträge liefern, benötigt aber mehr Fläche und ist ebenfalls saisonal eingeschränkt. Erdwärmesonden liefern ganzjährig konstant Energie, sind jedoch teuer und genehmigungspflichtig. Erdwärmekollektoren schließlich haben den mit Abstand höchsten Flächenbedarf und sind nur unter sehr günstigen Voraussetzungen überhaupt umsetzbar. Diese Analyse macht die Größenordnungen greifbar und zeigt klar auf, welche Optionen in Kriftel realistisch sind. Insgesamt zeigt sich für Kriftel: Der Flächenbedarf für zentrale Versorgungslösungen auf Basis von Freiflächen ist technologieübergreifend sehr hoch. Die Ergebnisse liefern deshalb keine direkte Handlungsanweisung, aber eine wichtige Grundlage für die weitere Planung: Freiflächen können in Einzelfällen sinnvoll ergänzt werden, bilden aber keine tragfähige Basis für eine zentrale Wärmeversorgung.

5.2.5 Abwärme aus Industrie, Gewerbe bzw. öffentlichen Liegenschaften

Unvermeidbare Abwärme, die oft als ein unerwünschtes Nebenprodukt verschiedener industrieller Prozesse betrachtet wird, kann einen bedeutenden Beitrag zur Wärmewende leisten. Durch effiziente Nutzungstechnologien kann diese Abwärme vor allem in Wärmenetzen in nutzbare Energie umgewandelt werden. In Abhängigkeit des Wärmeträgermediums und des Temperaturniveaus der anfallenden Abwärme kann diese ohne weiteres direkt in ein Wärmenetz eingespeist oder über eine hocheffiziente Wärmepumpe für ein Wärmenetz nutzbar gemacht werden. Auch eine Direktnutzung in Abwärme verursachenden Unternehmen ist möglich. Diese Praxis reduziert nicht nur den Energiebedarf und die damit verbundenen Kosten, sondern verringert auch die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und mindert somit den CO₂-Ausstoß. Die Integration von Abwärme in die Energieversorgung trägt daher nicht nur zur Verbesserung der Energieeffizienz bei, sondern unterstützt auch die Ziele der Wärmewende in Kriftel, indem sie einen nachhaltigen Weg zur Wärmebereitstellung bietet.

Seit Inkrafttreten des Energieeffizienzgesetzes (EnEfG) am 18. November 2023 und dem Start der bundesweiten Plattform für Abwärme Anfang 2025 wird der Zugang zu Informationen über industrielle Abwärmepotenziale deutlich verbessert. Die Plattform – betrieben durch die Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) im Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) – ermöglicht erstmals einen deutschlandweiten Überblick über gewerbliche Abwärmequellen. Grundlage ist § 17 Abs. 2 EnEfG.

Unternehmen mit einem jährlichen Gesamtenergiebedarf von mehr als 2,5 GWh sind verpflichtet, ihre Abwärmemengen auf der Plattform zu melden und sowohl regelmäßig als auch bei Änderungen unverzüglich zu aktualisieren (§ 20 Abs. 4 EnEfG). Nach Aussetzung der ursprünglichen Frist erfolgte die erste verpflichtende Meldung nun zum 1. Januar 2025.

Ziel der Plattform ist es, industrielle Abwärme leichter für lokale Projekte nutzbar zu machen und so zur Steigerung der Energieeffizienz sowie zum Erreichen der nationalen Klimaziele beizutragen. Danach müssen folgende Informationen übermittelt werden (Abbildung 28).

-  1. Name des Unternehmens,
-  2. Adresse des Standortes oder der Standorte, an dem die Abwärme anfällt,
-  3. die jährliche Wärmemenge und maximale thermische Leistung,
-  4. die zeitliche Verfügbarkeit in Form von Leistungsprofilen im Jahresverlauf,
-  5. die vorhandenen Möglichkeiten zur Regelung von Temperatur, Druck und Einspeisung,
-  6. das durchschnittliche Temperaturniveau in Grad Celsius.

Abbildung 28: Inhalte der Plattform für Abwärme nach Energieeffizienzgesetz

Der Gemeinde Kriftel und zukünftigen Wärmenetzbetreibern wird angeraten, neben der vorliegenden Analyse die Plattform für Abwärme zu Koordination und zur Kontaktaufnahme mit potenziellen Abwärmelieferanten zu nutzen.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde die Plattform für Abwärme des Bundes ausgewertet, die auf Basis des Energieeffizienzgesetzes potenzielle industrielle Abwärmequellen erfasst. Für das Untersuchungsgebiet konnte dabei kein relevantes Abwärmepotenzial identifiziert werden. Auch die ergänzende Auswertung des Wärmeatlas Hessen bestätigt diese Einschätzung: Es liegen keine bekannten industriellen oder gewerblichen Abwärmequellen mit nutzbarem Temperaturniveau oder ausreichender Verfügbarkeit im Untersuchungsgebiet vor.

Daraus ergibt sich, dass aktuell kein nutzbares Abwärmepotenzial für die kommunale Wärmeversorgung zur Verfügung steht. Die Integration industrieller Abwärme in zukünftige Wärmenetze kann somit auf absehbare Zeit nicht als realistische Option betrachtet werden. Sollte sich die Industriestruktur in Zukunft verändern oder sich neue Betriebe mit größeren Mengen an Abwärme ansiedeln, wäre eine erneute Prüfung im Rahmen eines fortgeschriebenen Wärmeplans sinnvoll.

5.2.6 Biomasse

Im Kontext der erneuerbaren Energien versteht man unter Biomasse alle organischen Stoffe, die für die Energiegewinnung genutzt werden können. Diese können aus der Land- und Forstwirtschaft sowie aus der Abfallwirtschaft (Gewerbe, Kommune, private Haushalte) stammen. Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie in Form von Energiepflanzen, Holz oder Reststoffen wie etwa Stroh, Biomüll oder Gülle. Bioenergie ist unter den Erneuerbaren Energieträgern der „Alleskönner“: Sowohl Strom, Wärme als auch Treibstoffe können aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse gewonnen werden. Da Biomasse speicherbar und flexibel einsetzbar ist, kann ihr eine bedeutende Rolle bei der Wärmeversorgung auf Basis Erneuerbarer Energien zukommen. Besonders im Winter, wo viele der anderen Umweltquellen nicht zur Verfügung stehen, kann die Biomasse sinnvoll eingesetzt werden.

Feste Biomasse in holzartiger Form wird meist in Biomasseheizkesseln verfeuert. Anderweitige feste und flüssige Biomassen z.B. auf pflanzlicher oder tierischer Basis (Maissilage, Grassilage, Rindergülle, Hühnermist etc.) werden zu gasförmiger Biomasse umgewandelt, wozu Biogasanlagen benötigt werden. Diese lässt sich in Blockheizkraftwerken (KWK-Anlage) zur Strom- und Wärmeproduktion verwenden oder in Biogaskesseln zur reinen Wärmeproduktion. Letztere sind vor allem zur Deckung von Spitzenlasten in Wärmenetzen von hoher Bedeutung. Alternativ kann Biogas in einem chemischen Prozess zu sog. Biomethan veredelt werden, welches sich in bestehende Gasnetze einspeisen lässt.

In den letzten Jahren ist die Diskussion über den Einsatz von Biomasse als erneuerbare Energien und nachhaltige Wärmequellen immer präsenter geworden. Biomasse wird dabei oft als vielversprechende Alternative zu fossilen Brennstoffen vor allem im ländlichen Raum mit einer hohen Biomasseverfügbarkeit gepriesen. Jedoch ist der Einsatz von fester Biomasse im innerstädtischen Bereich nicht frei von Kritik und Herausforderungen. Diese Kritikpunkte sollen zunächst aufgeführt werden, bevor der Einsatz von Biomasse in der Wärmeversorgung von Krißfeld diskutiert wird.

Luftverschmutzung und Gesundheitsrisiken: Biomasseanlagen, insbesondere Holzfeuerungen, setzen bei der Verbrennung Partikel und Schadstoffe frei, die die Luftqualität in städtischen Gebieten beeinträchtigen können. Feinstaub, Kohlenmonoxid und flüchtige organische Verbindungen können zu Atemwegsproblemen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und anderen Gesundheitsproblemen führen. Besonders für Menschen mit Atemwegs- oder Herzproblemen können diese Emissionen schwerwiegende Folgen haben.

Lärm- und Geruchsbelästigung: Biomasseanlagen können auch zu Lärm- und Geruchsbelästigungen führen, die das Wohlbefinden und die Lebensqualität der Anwohner beeinträchtigen. Der Betrieb von Biomasseanlagen kann zu kontinuierlichem Lärm durch den Betrieb von Maschinen und Gebläsen sowie zu unangenehmen Gerüchen durch die Verbrennung von Biomasse führen. Eine Aufstellung in der Nähe zu dichtbesiedelten Gebieten sollte gerade bei Holzfeuerung vermieden werden oder zumindest darauf geachtet werden, dass die Hauptwindrichtung vor Ort die Rauchgase von den Gebieten wegstößt.

Platzbedarf und Logistik: Der Einsatz von Biomasseanlagen erfordert oft beträchtliche Mengen an Platz für die Lagerung von Brennstoffen wie Holzpellets oder Hackschnitzel. In städtischen Gebieten,

wo der Raum bereits begrenzt ist, kann dies zu Herausforderungen führen. Zusätzlich erfordern der Transport und die Logistik der Biomasse einen regelmäßigen Zustrom von Fahrzeugen, was den Verkehr und die Belastung der Straßeninfrastruktur erhöhen kann. Werkhöfe von Stadtwerken sind häufig eine gute Möglichkeit zur Aufstellung.

Konkurrenz zu anderen Nutzungen: Die Nutzung von Biomasse als Brennstoff kann auch mit anderen wichtigen städtischen Nutzungen konkurrieren, wie beispielsweise der Nutzung von Biomasse als Rohstoff für die Lebensmittelproduktion oder die biologische Vielfalt. Die intensive Nutzung von Biomasse für energetische Zwecke kann zu Konflikten mit der Nahrungsmittelproduktion oder der Erhaltung von Ökosystemen führen.

Abbildung 29 vergleicht, wie flächenintensiv verschiedene Wärmequellen sind. Biomasse benötigt zwar mehr Fläche als andere potenzielle Wärmequellen, ermöglicht jedoch – standortabhängig – die Nutzung von Ressourcen, die andernfalls ungenutzt bleiben würden. Die Abbildung verdeutlicht zudem, in welcher Größenordnung der Wärmebedarf durch eine systematische Sanierung des Gebäudestandes reduziert werden kann.

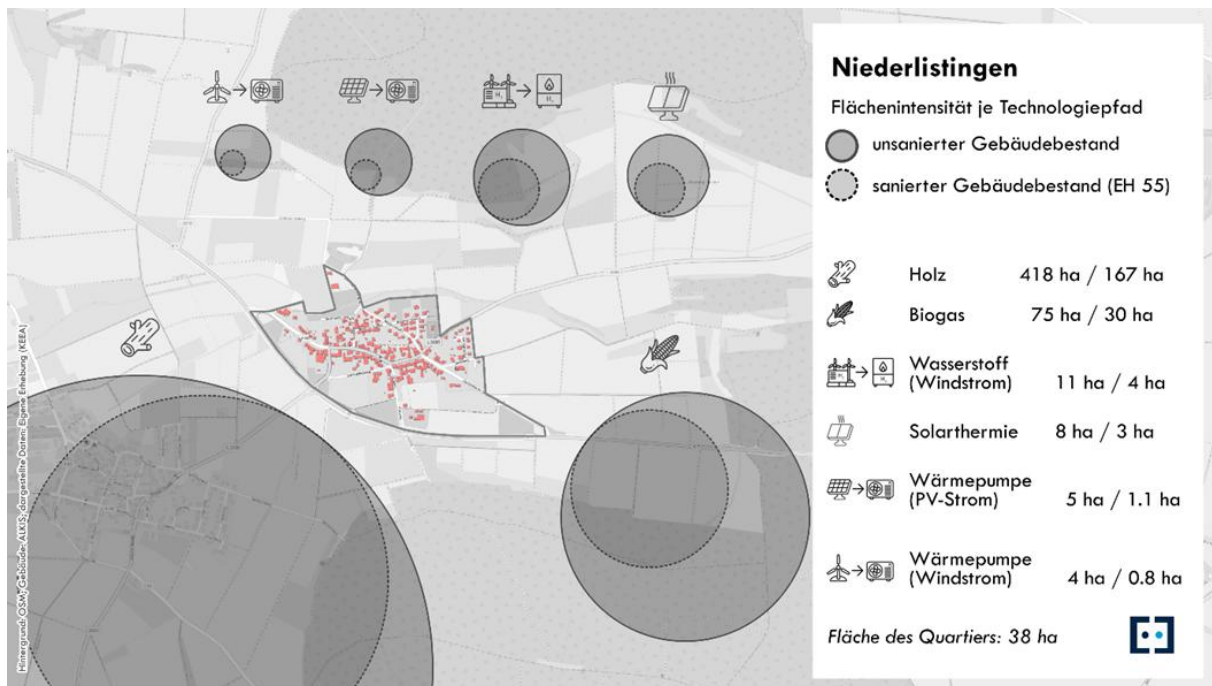


Abbildung 29: Flächenintensität verschiedener (nachhaltiger) Wärmeenergiequellen (exemplarisch) [12]

Feste Biomasse

In Kriftel fallen verschiedene feste Biomassen an, welche aktuell ein gesamtes Potenzial von 2,75 GWh/a bereitstellen könnten. Dadurch könnten ca. 3,5 % des Wärmebedarfs in Kriftel gedeckt werden. Diese Biomasse wird allerdings bereits größtenteils thermisch verwertet, weshalb eine Nutzung dieser im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung einer Wirtschaftlichkeitsprüfung obliegt. Eine genauere Darstellung der Potenziale ist in Tabelle 5 zu sehen.

	Material	Verfügbare Menge	Derzeitige Verwendung	Potenzielle Wärmemenge*
	Häckselmaterial vom Baumschnitt	700 – 1000 m³/a	Thermische Verwertung	0,42 – 1 GWh/a
	Stammholz von Bäumen	300 – 500 m³/a	Thermische Verwertung	0,45 – 1 GWh/a
	Grünschnitt (Rasen, Laub, Astschnitt, Wurzelmasse)	1.000 – 1.500 m³/a	Kompostierung	0,25 – 0,75 GWh/a

*abhängig von: Holzart, Zerkleinerungsart, Schüttdichte, Feuchtigkeit

Tabelle 5: Übersicht Verfügbarkeiten und Potenziale der festen Biomasse in Kriftel

Biogas

Die Karte in Abbildung 30 zeigt das theoretische Biomassepotenzial aus land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen in Kriftel. Grundlage der Berechnung ist eine modellhafte energetische Verwertung in einer fiktiven Biogasanlage mit einem angenommenen thermischen Wirkungsgrad von 60 %. Dabei wird unterstellt, dass nur ein begrenzter Anteil der Flächen für Energiepflanzen zur Verfügung steht, um Nutzungskonflikte mit der Nahrungsmittelproduktion und ökologischen Flächen zu vermeiden. Auch Aspekte wie Bodenschutz, Biodiversität und Fruchtfolgen wurden in der Potenzialabschätzung berücksichtigt. Errechnet wurde ein potenzieller Biogasertrag von 1.329.000 m³/h, was ein Wärmepotenzial von 7,6 GWh/a ergibt.

Damit ließen sich rein rechnerisch etwa 9,6 % des jährlichen Wärmebedarfs der Gemeinde Kriftel abdecken. Das Potenzial ist trotz seiner theoretischen Größe limitiert, da sowohl die wirtschaftliche Verfügbarkeit der Biomasse als auch die Kapazitäten der bestehenden Anlagen zur thermischen Verwertung der Biomasse begrenzende Faktoren darstellen.

Das praktische Biomassepotenzial in Kriftel ist begrenzt, da im betrachteten Gebiet derzeit keine geeignete Biogasanlage oder großtechnische Biomassenutzung vorhanden ist. Auch logistische Faktoren wie Transportaufwand, Lagerung und saisonale Verfügbarkeit spielen eine Rolle bei der realen Nutzbarkeit dieses Potenzials.



Abbildung 30: theoretisches Biogaspotenzial aus land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen [3]

5.2.7 Großwärmespeicher

Wärmespeicher kommen in einem Großteil von Wärmesystemen zum Einsatz. Sie ermöglichen die effiziente Nutzung und Verteilung von Wärme, indem sie zeitliche Diskrepanzen zwischen Wärmeproduktion und -verbrauch ausgleichen. Während in heutigen Systemen häufig Pufferspeicher genutzt werden, um Spitzenlasten in der Wärme zu decken und einen technisch und ökonomisch sinnvollen Anlagenbetrieb zu gewährleisten, können in Zukunft größere und sogar saisonale Speicher relevant werden. Besonders bei der Integration erneuerbarer Energiequellen wie Solarthermie oder verschiedene Umweltwärmequellen sind Wärmespeicher unverzichtbar, da diese Energiequellen oft unregelmäßig verfügbar sind und teilweise eine saisonale Speicherung erfordern. Durch die Speicherung überschüssiger Wärme während Zeiten geringer Nachfrage und deren Abgabe bei Spitzenlasten können Wärmenetze stabil und wirtschaftlich betrieben werden. Die wirtschaftliche Komponente ergibt sich vor allem in Zeiten dynamischer Strompreise für (Groß-)Wärmepumpen. Bei geringen Strompreisen können die Wärmepumpen Wärme vorproduzieren, welche zunächst gespeichert und in Zeiten höherer Strompreise im Wärmenetz verteilt wird, währenddessen die Wärmepumpen ausgeschaltet bleiben können. Dies trägt nicht nur zur Reduktion von CO₂-Emissionen bei (da günstige Strompreise vor allem bei Wind- und Solarstromüberschüssen vorliegen), sondern fördert auch die Versorgungssicherheit und die Flexibilität im Umgang mit volatilen Energiequellen.

Für Kriftel lassen sich zwei zentrale Erkenntnisse festhalten:

- Aufgrund der ganzjährigen Verfügbarkeit der Abwasserwärme sowie der hohen Flächenkonkurrenz von Solarthermie zu PV werden saisonale Speicher aller Voraussicht nach nicht in Wärmenetzsystemen zum Einsatz kommen.
- Hingegen sind große Pufferspeicher- und Regelspeicher in Wärmenetzen mit einem großen Anteil an Wärmepumpen unerlässlich. Der Platzbedarf dieser Wärmespeicher muss in der Planung der Wärmenetzsysteme berücksichtigt werden und die Gemeinde Kriftel muss den zukünftigen Infrastrukturbereitrierer bei der Suche nach geeigneten Flächen unterstützen.

5.2.8 Power-to-X (Windkraft & PV)

Power-to-X (PtX) bezeichnet Technologien bzw. Prozesse, die überschüssige erneuerbare Energie – vor allem aus Wind- und Solarstrom – in andere Energieträger oder Produkte umwandeln. Das „X“ steht dabei für verschiedene Zielprodukte wie z. B. Wärme (Power-to-Heat), Wasserstoff (Power-to-Hydrogen) oder andere synthetische Kraftstoffe (Power-to-Fuel). In diesem Kapitel wird die Möglichkeit zur lokalen Durchführung von Power-to-X-Prozessen aus Überschussstrom erörtert. Für eine zielgerichtete Durchführung von Power-to-X-Prozessen wird Überschussstrom im Stromnetz benötigt.

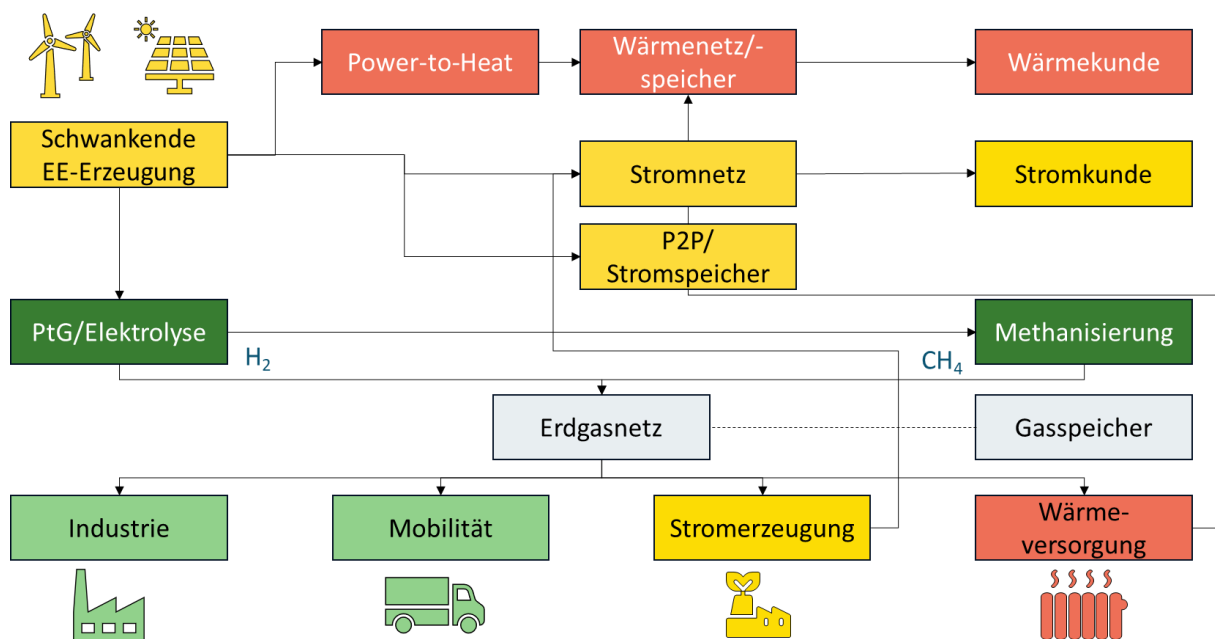


Abbildung 31: Übersicht verschiedener Power-to-X Prozesse

Bei der Umwandlung von Strom in gasförmige Energieträger, etwa im Rahmen von Power-to-Gas-Prozessen, treten jedoch hohe Umwandlungsverluste auf – insbesondere bei der anschließenden Rückverstromung. Die Vorteile solcher Verfahren liegen allerdings in der vergleichsweise günstigen und langfristigen Speicherbarkeit der erzeugten Gase. Während thermische Energie nur kurzfristig und unter erheblichen Speicherverlusten (z. B. durch Abkühlung, Isolation, Platzbedarf) gespeichert werden kann, lassen sich Gase wie Wasserstoff oder Methan in bereits vorhandenen Gasspeichern oder -netzen längerfristig und saisonal puffern.

Somit eröffnet Power-to-Gas das Potenzial, Sommerstromüberschüsse saisonal in den Winter zu verschieben, um dort etwa zur Deckung von Heizbedarfen beizutragen. Power-to-Heat-Anwendungen hingegen sind technisch einfacher und kostengünstiger, stoßen jedoch an ihre Grenzen, wenn es um Langzeitspeicherung geht. Ein zentrales Hemmnis für die großtechnische Umsetzung von Power-to-Gas sind die hohen Investitionskosten für Elektrolyseure, Speichertechnik und Verteilinfrastruktur sowie die derzeit noch fehlende Wirtschaftlichkeit ohne Förder- oder Anreizsysteme.

Die folgende Übersicht zeigt die aktuell installierten Stromerzeugungsleistungen im Untersuchungsgebiet Kriftel – aufgeschlüsselt nach den wichtigsten Technologien:

- Photovoltaik: 6,4 MW
- Windkraft: 0 MW
- Biomasse: 0,06 MW

Aus diesen Zahlen ergeben sich kaum relevante Stromüberschüsse zur Durchführung von Power-to-X Prozessen (v. a. Wasserstoff).

Trotzdem stellen diese Verfahren eine, bisher nicht sinnvolle, aber je nach Entwicklung langfristig interessante Option dar – insbesondere im Kontext zunehmender Stromüberschüsse und wachsender Dekarbonisierungsanforderungen im Wärmesektor.

5.2.9 Regionale Stoffkreisläufe (ohne biogene Abfälle)

Die thermische Nutzung regionaler Stoffkreisläufe bietet grundsätzlich eine Möglichkeit, die Nachhaltigkeit und Effizienz der Wärmeversorgung zu verbessern. Dabei werden lokale Ressourcen, z.B. organische Materialien, gezielt zur Wärmeerzeugung eingesetzt. Die Erzeugung kann dabei in dedizierten Müllverbrennungsanlagen oder als Mitverbrennung in großen fossilen Kraftwerken realisiert werden. Neben einer Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen kann die thermische Nutzung regionaler Stoffkreisläufe auch zur Minimierung von Umweltbelastungen beitragen, indem sie die Emissionen und den Ressourcenverbrauch verringert. Darüber hinaus stärkt sie die regionale Wertschöpfung, indem sie lokale Wirtschaftskreisläufe fördert und gegebenenfalls sogar Arbeitsplätze schafft. Eine integrierte Nutzung regionaler Stoffkreisläufe in der Wärmeplanung kann daher ein wichtiger Baustein auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Energieversorgung sein. In Kriftel allerdings geht der Abfall direkt in den Besitz des Main-Taunus-Kreises über und auf dem Untersuchungsgebiet befindet sich derzeit keine Müllverbrennungsanlage. Daher besteht kein technisch nutzbares Wärmepotenzial aus lokaler thermischer Abfallbehandlung.

6 Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Zunächst muss auf Grundlage der Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse die Einteilung in verschiedene Teilgebiete mit zugehöriger Gebietskategorie vorgenommen werden. Anschließend wird unter Berücksichtigung spezifischer Annahmen für jede Kategorie eine Simulation der Entwicklung von Wärmeversorgungsarten und Wärmemengen für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 vorgenommen. Die Entwicklungen der verschiedenen Teilgebiete bis zum Jahr 2045 bilden in Summe schließlich das Zielszenario.

Es ist erforderlich, sogenannte Eignungsgebiete zu bestimmen, in denen die Nutzung und der Betrieb spezifischer Versorgungslösungen effizient und wirtschaftlich realisierbar erscheinen. Der §3 des Wärmeplanungsgesetzes definiert verschiedene Wärmeversorgungsarten, in die die bestimmten Teilgebiete eingeteilt werden können:

- **Wärmenetzgebiet**

Teilgebiet, indem ein Wärmenetz besteht oder das grundsätzlich für den Aufbau von Wärmenetzen geeignet ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wärmenetz versorgt werden soll.

- **Wasserstoffnetzgebiet**

Teilgebiet, in dem der Aufbau eines Wasserstoffnetzes langfristig vorgesehen oder geplant ist.

- **Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung**

Teilgebiet, das nicht für eine Erschließung mit Wärme- oder Wasserstoffnetzen vorgesehen ist. In diesen Bereichen erfolgt die Wärmeerzeugung individuell für jedes Gebäude (z.B. mittels Wärmepumpe, Biomasse, etc.).

- **Prüfgebiet**

Ein Teilgebiet, das nicht in eines der vorgenannten Gebietsarten eingeteilt werden soll, weil die für eine Einteilung erforderlichen Umstände noch nicht ausreichend bekannt sind oder in welchem ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher durch leitungsgebunden grünes Methan versorgt werden soll, in Einklang mit einem noch zu erstellendem Gasnetztransformationsplan.

Die präzise Kategorisierung dieser Gebiete ermöglicht eine zielgerichtete Planung und trägt dazu bei, die Weichen für eine nachhaltige, klimaneutrale Wärmeversorgung zu stellen. Gerade Wärmenetze stellen eine zentrale Technologie für die klimafreundliche Wärmeversorgung der Zukunft dar. Sie ermöglichen eine effiziente Verbindung zwischen Wärmesenken und erneuerbaren Energiequellen, wodurch eine leitungsgebundene und nachhaltige Versorgung gewährleistet wird. Da der Ausbau solcher Netze jedoch mit hohen Kosten sowie erheblichem Planungs-, Erschließungs- und Bauaufwand verbunden ist, ist eine sorgfältige Auswahl potenzieller Versorgungsgebiete von zentraler Bedeutung. Diese Gebiete müssen in anschließenden Untersuchungen detailliert geprüft werden.

6.1 Einteilung der Teilgebiete

Bevor die eigentliche Einteilung vorgenommen werden kann, muss die Gemeinde als Planungsgebiet zunächst in homogene Teilgebiete eingeteilt werden, welche sich für eine der vorgestellten Versorgungsarten besonders eignen. Die Einteilung der Teilgebiete erfolgt in der Zusammenfassung von räumlich zusammenhängenden Gebäuden mit ähnlichen energetischen Merkmalen unter Berücksichtigung der vorhandenen Infrastruktur. Insgesamt wurden in Kriftel 4 Teilgebiete identifiziert. Drei davon sind in Abbildung 32 hervorgehoben. Das vierte Teilgebiet umfasst alle weiteren Bereiche von Kriftel.



Abbildung 32: Teilgebiete in Kriftel

6.2 Einstufung der Teilgebiete

Laut §19 des WPG werden folgende Eignungsstufen für die vorgestellten Wärmeversorgungsarten differenziert:

- die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr **sehr wahrscheinlich geeignet**;
- die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr **wahrscheinlich geeignet**;
- die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr **wahrscheinlich ungeeignet**;
- die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr **sehr wahrscheinlich ungeeignet**.

Teilgebiet „Gewerbegebiet Kriftel Ost“

Das Gewerbegebiet in Kriftel Ost weist eine hohe Wärmelinienendichte von ca. 5.905,6 kWh/m bei einem Wärmebedarf (Nutzenergie) von 13,3 GWh/a. Aus der Potenzialanalyse geht außerdem hervor, dass direkt im Teilgebiet ein Abwärmepotenzial durch die Kläranlage vorhanden ist. Aufgrund dieser günstigen Gegebenheiten wird die **Wärmenetzeignung** des Gebiets als **sehr wahrscheinlich geeignet** eingestuft. Gleichzeitig wird auch die Eignung für eine **Einzelversorgung** als **sehr wahrscheinlich geeignet** eingeschätzt, da keine Einschränkungen durch Bebauungsdichte o.Ä. bekannt sind. Wie in Kapitel 3.4 bereits erläutert ist aktuell keine Perspektive für eine breite Wasserstoffnutzung für Kriftel zu erkennen. Daher erfolgt für dieses und alle weiteren Teilgebiete eine Einstufung für **Wasserstoffnetze** als **sehr wahrscheinlich ungeeignet**.

Teilgebiet „Kriftel Süd-West“

Im Hofheimer Süd-Osten soll nahe der Krifteler Grenze ein Wärmenetz entstehen. Mit einem Wärmebedarf von 1,6 GWh/a und einer Schule als möglichen Ankerkunden wird die Wärmenetzeignung als **wahrscheinlich geeignet** eingeschätzt. Gleichzeitig ist das Gebiet **sehr wahrscheinlich geeignet** für eine dezentrale Versorgung. Die Eignung für ein Wasserstoffnetz wird als **sehr wahrscheinlich ungeeignet** eingestuft.

Teilgebiet „Ortskern“

Der Ortskern in Kriftel ist geprägt durch ältere Gebäude und eine dichtere Bebauung. Bei einem Wärmebedarf (Nutzenergie) von 7,4 GWh/a ergibt sich für diesen Bereich eine hohe Wärmelinienendichte von ca. 4.566,8 kWh/m. Die Potenzialanalyse zeigte, dass im näheren Bereich des Ortskerns jedoch keine relevanten Potenziale vorhanden sind. Daher erfolgt die Einstufung zur Eignung für ein Wärmenetz als **wahrscheinlich ungeeignet**. Aufgrund der dichten Bebauung im Ortskern könnte es Einschränkungen bei der Eignung von dezentraler Versorgung geben, z.B. aufgrund von Geräuschemissionsgrenzen für Wärmepumpen. Das Gebiet wird als **wahrscheinlich geeignet** für dezentrale Versorgung eingestuft. Wie in allen Teilgebieten wird die Wasserstoffnetzeignung als **sehr wahrscheinlich ungeeignet** angesehen.

Alle weiteren Bereiche in Kriftel

In allen weiteren Bereichen Kriftels sind keine hohen Wärmelinienendichten oder besonders relevante Potenziale zur Errichtung eines Wärmenetzes erkennbar. Die Wärmenetzeignung wird als **wahrscheinlich ungeeignet** eingestuft. Gleichzeitig wird die Eignung zur dezentralen Versorgung als **sehr wahrscheinlich geeignet** angesehen. Wie in allen Teilgebieten wird die Wasserstoffnetzeignung als **sehr wahrscheinlich ungeeignet** eingeschätzt.

Durch die Einstufungen der jeweiligen Teilgebiete ergibt sich folgendes Eignungsbild für Kriftel (Abbildung 33):

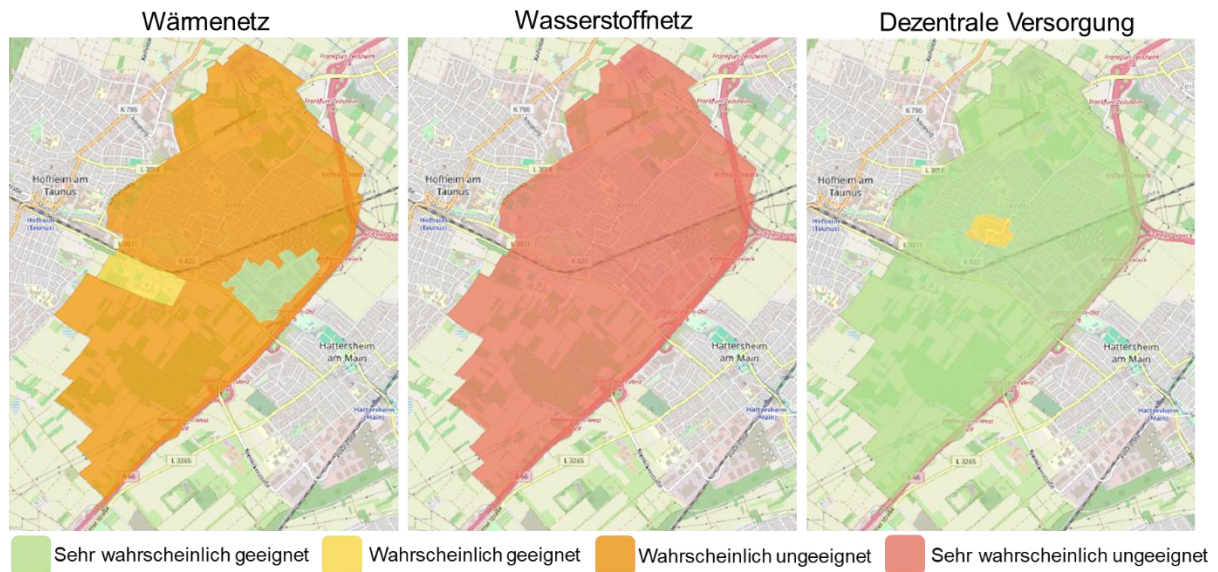


Abbildung 33: Eignungsstufen der Teilgebiete

6.3 Einteilung in Eignungsgebiete

Auf Basis der Einstufungen der Teilgebiete hinsichtlich ihrer Wärmenetz-, Wasserstoffnetz- und Einzelversorgungsseignung, kann nun eine Einteilung in die genannten Eignungsgebiete erfolgen.



Abbildung 34: Eignungsgebiete

Tabelle 6 stellt die Einstufung, die abschließende Empfehlung zur Einteilung in ein Eignungsgebiet und eine kurze Begründung für jedes Teilgebiet dar.

Gebiet	Wärmenetz Eignung	Wasserstoffnetz Eignung	Einzelversorgung Eignung	Abschließende Empfehlung	Begründung
Gewerbegebiet Kriftel Ost	Sehr wahrscheinlich geeignet	Sehr wahrscheinlich ungeeignet	Sehr wahrscheinlich geeignet	Wärmenetzungsgebiet	Vorhandenes Abwärmepotenzial, hohe Wärmedichte
Kriftel Ortskern	Wahrscheinlich ungeeignet	Sehr wahrscheinlich ungeeignet	Wahrscheinlich geeignet	Einzelversorgungsgebiet	Hohe Wärmedichte, jedoch keine relevanten Potenziale und keine Ankerkunden
Kriftel Süd-West	Wahrscheinlich geeignet	Sehr wahrscheinlich ungeeignet	Sehr wahrscheinlich geeignet	Prüfgebiet	Abhängigkeit zum Wärmenetz Hofheim, Anschlussmöglichkeit muss noch geprüft werden
Alle weiteren Bereiche	Wahrscheinlich ungeeignet	Sehr wahrscheinlich ungeeignet	Sehr wahrscheinlich geeignet	Einzelversorgungsgebiet	Keine relevanten Potenziale, Eignung für dezentrale Lösungen

Tabelle 6: Bewertungsmatrix künftiger Wärmeversorgungsgebiete

Das Gewerbegebiet Kriftel-Ost wird als einziges Wärmenetzungsgebiet bewertet. Dies ergibt sich aufgrund des Potenzials durch die Kläranlage und die hohe Wärmeliniedichte.

Das Teilgebiet Kriftel Süd-West wird als Prüfgebiet bewertet, da der Wärmenetzanschluss abhängig von der Umsetzung des Wärmenetzes in Hofheim ist und genauer geprüft werden muss.

Der Ortskern und alle weiteren Bereiche von Kriftel werden als Gebiete zur dezentralen Versorgung bewertet, da sie für Einzellösungen mind. als wahrscheinlich geeignet angesehen werden und keine relevanten Potenziale für diese Gebiete identifiziert werden konnten.

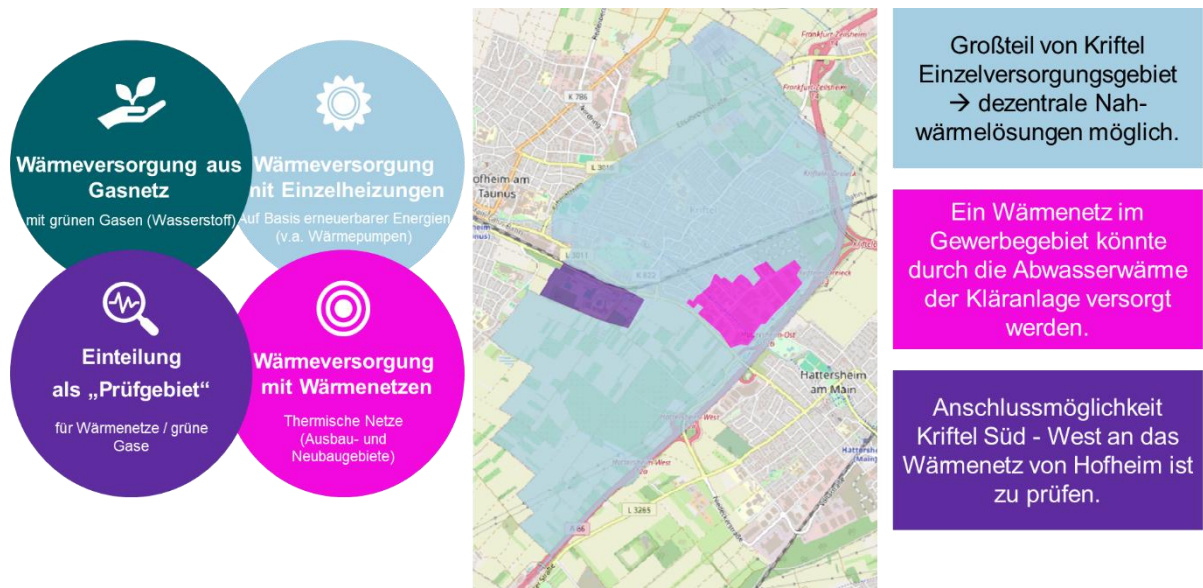


Abbildung 35: Einteilung in Eignungsgebiete für Kriftel

6.4 Kostenprognose in Form von Wärmevollkostenvergleich

Bevor die Wärmeversorgungsoptionen auf Teilgebiete übertragen werden, zeigt ein modellhafter Vollkostenvergleich die wirtschaftlichen Unterschiede typischer Heiztechnologien aus Sicht privater Haushalte auf. Der Vergleich dient als Orientierungshilfe für Bürgerinnen und Bürger sowie Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger und macht deutlich, welche Systeme künftig grundsätzlich relevant und tragfähig sein können. Ziel ist es, auf Basis realistischer Durchschnittswerte die Vor- und Nachteile gängiger Optionen nachvollziehbar gegenüberzustellen, ohne dabei konkrete Angebote abzubilden oder Aussagen zur Wirtschaftlichkeit im Einzelfall zu treffen. Die Darstellung versteht sich ausdrücklich als beispielhafte Referenzsituation, die typische Kostenverhältnisse und Größenordnungen veranschaulicht. In der Praxis können die tatsächlichen Kosten je nach Gebäudezustand, Standort und individuellen Anforderungen deutlich abweichen.

Der Vergleich basiert auf einem typischen Einfamilienhaus im Bestand mit etwa 150 m² Wohnfläche. Der zugrunde gelegte jährliche Heizwärmebedarf beträgt rund 115 kWh pro m², was einem Gesamtbedarf von ca. 17.250 kWh pro Jahr entspricht. Der Haushaltsstromverbrauch wurde mit etwa 25 kWh/m²a (entspricht ca. 3.750 kWh jährlich) angesetzt. Als Betrachtungszeitraum für die wirtschaftliche Bewertung wurde ein Zeitraum von 15 Jahren gewählt. Berücksichtigt wurden neben den Investitionskosten der jeweiligen Anlagen (einschließlich typischer Hausanschlusskosten bei Fernwärme) auch laufende Betriebs- und Wartungskosten sowie die jeweiligen Energiekosten. Bei Pelletkessel, Wärmepumpe und Nahwärme wurden gängige Fördermöglichkeiten pauschal berücksichtigt. Darüber hinaus wurde für alle Varianten angenommen, dass eine PV-Anlage mit etwa 55 m² Dachfläche zur Eigenstromerzeugung installiert wird. Die zugrunde liegenden Preisannahmen orientieren sich an heutigen, marktüblichen Durchschnittswerten. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden diese Preise über den gesamten Betrachtungszeitraum konstant gehalten. Es handelt sich ausdrücklich nicht um konkrete Angebote oder eine Prognose zukünftiger Preisentwicklungen, sondern um eine beispielhafte Abschätzung zur groben Orientierung.

Abbildung 36 zeigt die durchschnittlichen jährlichen „Vollkosten“ verschiedener Heizsysteme für das beschriebene Beispielhaus. Dargestellt sind die Kostenbestandteile für Brennstoff- bzw. Wärmekosten, Stromkosten, Betriebs- bzw. Grundkosten sowie Kapitalkosten aus der Investition. Die beiden fossilen Heizsysteme (Öl- und Gasbrennwert) sind durchgestrichen dargestellt, da sie im Rahmen der Klimaschutzziele perspektivisch auslaufen und bei Neubau oder Heizungstausch künftig nur noch eingeschränkt zulässig sind. Sie dienen hier ausschließlich als heutiger Referenzmaßstab. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass fossile Energieträger in besonderem Maße von der Entwicklung der Weltmarktpreise und der CO₂-Bepreisung abhängig sind und damit ein erhöhtes Risiko zukünftiger Kostensteigerungen aufweisen, was im vorliegenden Vergleich mit konstanten Preisen noch nicht abgebildet ist.

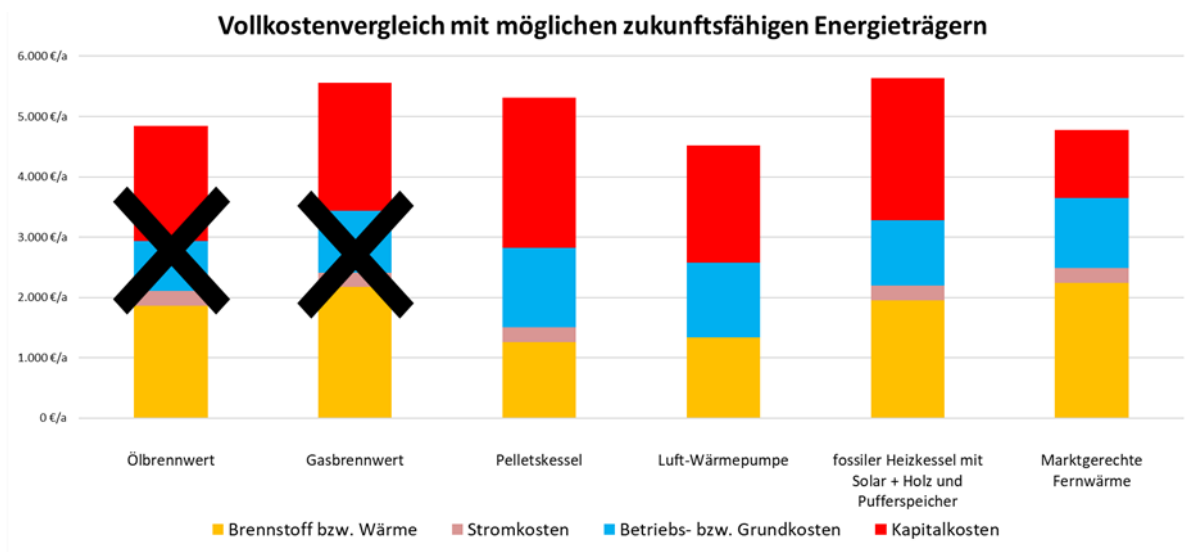


Abbildung 36: Beispielhafter Vollkostenvergleich der Heizoptionen

Die beispielhafte Auswertung verdeutlicht die unterschiedlichen Kostenstrukturen der zukunftsfähigen Optionen: Bei der Luft-Wärmepumpe fallen vergleichsweise hohe Anfangsinvestitionen an, die zu höheren Kapitalkosten führen. Dem stehen im Beispiel die niedrigsten laufenden Brennstoff- bzw. Stromkosten und Betriebskosten gegenüber. Die Fernwärme weist geringere eigene Investitionen auf, während die jährlichen Wärmekosten höher ausfallen, da Erzeugungs- und Netzkosten im Wärmepreis enthalten sind. Der Pelletkessel profitiert von im Vergleich zu Öl und Gas moderateren Brennstoffkosten, erfordert jedoch einen höheren Wartungs- und Betriebsaufwand (z. B. Brennstofflagerung, Ascheentsorgung), sodass sich die jährlichen Gesamtkosten im Beispiel nicht durchgängig günstiger darstellen als bei anderen erneuerbaren Optionen.

Der Vollkostenvergleich ist als vereinfachte Orientierung zu verstehen. Er zeigt grundlegende Kostenverhältnisse zwischen typischen Heiztechnologien, ersetzt jedoch keine objektbezogene Wirtschaftlichkeitsprüfung. Insbesondere die Frage, ob ein bestehendes Heizsystem weiterbetrieben oder auf ein neues System umgestellt werden sollte, lässt sich nur auf Basis der individuellen Gebäudesituation, der konkreten Energiepreise und -tarife, verfügbarer Fördermittel, konkreter Angebote sowie einer fachlichen Beratung vor Ort beantworten.

7 Zielszenario und Entwicklungspfade

Das Zielszenario stellt den angestrebten Endzustand einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2045 dar. Zunächst muss auf Grundlage der Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse die Einteilung in verschiedene Versorgungsgebiete vorgenommen werden. Gemäß §17 WPG werden zur Bestimmung des maßgeblichen Zielszenarios unterschiedliche jeweils zielkonforme Szenarien betrachtet, die insbesondere die voraussichtliche Entwicklung des Wärmebedarfs innerhalb des beplanten Gebiets sowie die Entwicklung der für die Wärmeversorgung erforderlichen Energieinfrastrukturen berücksichtigen. Aus diesen Szenarien wird für das Planungsgebiet das maßgebliche Zielszenario unter Darlegung der Gründe entwickelt. Anschließend wird unter Berücksichtigung spezifischer Annahmen für jedes Teilgebiet eine Simulation der Entwicklung von Wärmeversorgungsarten und Wärmemengen für die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 vorgenommen, um somit den Entwicklungspfad zu bestimmen, der zum Zielszenario führen soll.

7.1 Ermittlung des Zielszenarios

Die Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs ist eine der wichtigsten Ergebnisse des Zielszenarios. Es ist unerlässlich, den Wärmebedarf signifikant zu reduzieren, um eine realistische Chance zu haben, den zukünftig anfallenden Wärmebedarf erneuerbar decken zu können.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ist der Einfluss der fortschreitenden Klimaerwärmung auf den zukünftigen Raumwärmebedarf zu berücksichtigen. Grundlage hierfür bilden die Projektionen der Heizgradtage (Gradtagszahlen, jährliche Summe der Differenz zwischen Heizgrenztemperatur, z.B. 15°C/18°C, und Tagesmitteltemperatur) in Deutschland, die nach anerkannten Energieszenarien [13] von einer klimabedingten Reduktion der Heizgradtage um etwa 0,2 % pro Jahr ausgehen. Dies entspricht einem Rückgang des witterungsabhängigen Raumwärmebedarfs um rund 10 % bis Mitte der 2040er-Jahre im Vergleich zum klimatologischen Referenzzeitraum 1990–2010. Regionale Analysen des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) bestätigen für Mittelhessen eine ähnliche Größenordnung, da bis 2050 mit einer zusätzlichen mittleren Lufttemperaturerhöhung von etwa 1 °C zu rechnen ist [14].

Für die Zielszenarien der Wärmeplanung wird daher eine realistische Annahme getroffen, wonach der Raumwärmebedarf allein aufgrund der klimatischen Erwärmung bis zum Jahr 2045 um insgesamt 10 % sinkt. Diese Größenordnung ist konsistent mit den verfügbaren wissenschaftlichen Quellen und stellt eine plausible Grundlage für die strategische Entwicklung der Wärmeversorgung in Mittelhessen dar.

Neben den klimabedingten Effekten sind vor allem Sanierungs- und Effizienzmaßnahmen relevant, um den Wärmebedarf nachhaltig zu senken. Die Begriffe „Sanierungsquote“ und „Sanierungstiefe“ sind wichtige Kennzahlen im Bereich der Gebäudemodernisierung, insbesondere wenn es um Energieeffizienz geht.

Die Sanierungsquote gibt an, welcher Anteil des gesamten Gebäudebestands innerhalb eines bestimmten Zeitraums energetisch saniert wird. Sie wird in Prozent ausgedrückt und ermöglicht es, den

Fortschritt bei der Modernisierung von Gebäuden zu messen. Eine hohe Sanierungsquote bedeutet, dass viele Gebäude modernisiert werden, während eine niedrige Quote darauf hindeutet, dass nur wenige Gebäude saniert werden. Das Ziel einer Sanierungsquote in Deutschland ist umstritten, aber es wird allgemein eine Quote von 2 % oder mehr pro Jahr angestrebt, um die Klimaziele im Gebäudereich zu erreichen. Die aktuelle Sanierungsquote liegt jedoch deutlich darunter bei etwa 0,7 % pro Jahr.

Die Sanierungstiefe hingegen beschreibt den Umfang und die Gründlichkeit der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen. Sie gibt an, wie stark die Energieeffizienz eines Gebäudes durch die Sanierung verbessert wurde. Eine hohe Sanierungstiefe bedeutet, dass umfassende Maßnahmen ergriffen wurden, wie beispielsweise die Dämmung von Wänden und Dächern, der Austausch von Fenstern und die Modernisierung der Heizungsanlage. Eine geringe Sanierungstiefe bedeutet, dass nur einzelne Maßnahmen durchgeführt wurden, die zu geringeren Energieeinsparungen führen.

Für die Quantifizierung der Energieeinsparpotenziale können drei Szenarien zur Abbildung der durchschnittlichen Sanierungsquote und -tiefe gebildet werden:

Szenario I „geringe Sanierung“: Sanierungsquote in Höhe von 1,0 % p.a.

Sanierungstiefe in Höhe von 25 %

Szenario II „mittlere Sanierung“: Sanierungsquote in Höhe von 1,5 % p.a.

Sanierungstiefe in Höhe von 35 %

Szenario III „hohe Sanierung“: Sanierungsquote in Höhe von 2,0 % p.a.

Sanierungstiefe in Höhe von 50 %

Aus den vorangestellten Param ergeben sich für die drei dargestellten Szenarien folgende Energieeinsparungen (inkl. Einsparungen durch Klimaveränderung):

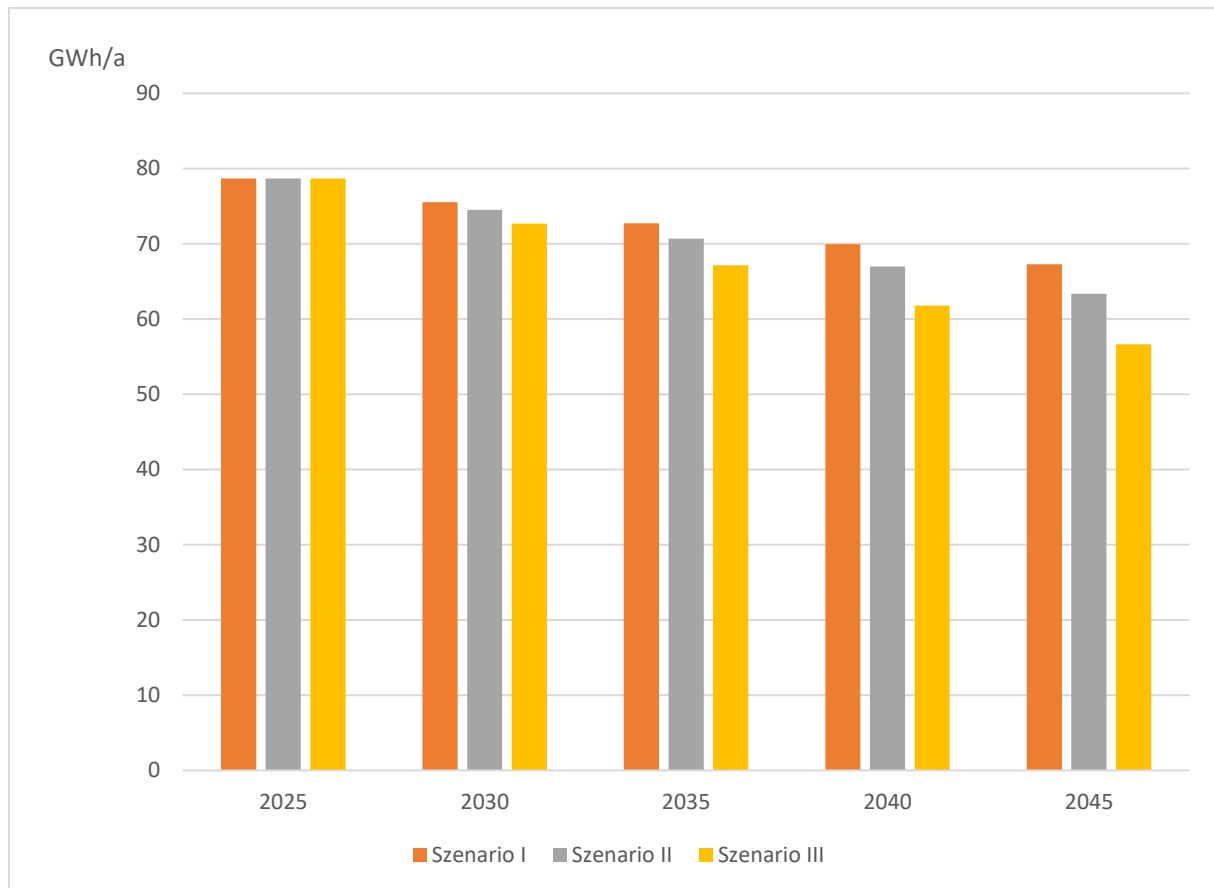


Abbildung 37: Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs in [GWh/a] bis 2045, Szenarien I-III

Die Gesamteinsparung bis 2045 für die o.g. Szenarien betragen:

- Szenario I: 14,5 % (davon 10 % durch Klimaerwärmung)
- Szenario II: 19,5 % (davon 10 % durch Klimaerwärmung)
- Szenario III: 28 % (davon 10 % durch Klimaerwärmung)

Zusätzlich zu den o.g. linearen Sanierungsquoten und -tiefen wurde im Rahmen dieser kommunalen Wärmeplanung ein weiteres Szenario entworfen, welches als tatsächliche Grundlage für das Zielszenario dient, da es die spezifischen Gegebenheiten im Planungsgebiet und die wirtschaftlichen Aspekte stärker berücksichtigt.

Sanierungsszenario IV „Kosten-Nutzen-Verhältnis“

Für eine zielgerichtete und wirtschaftlich sinnvolle Sanierung des Gebäudebestands ist es plausibler anzunehmen, dass sowohl die effizientesten Sanierungsmaßnahmen als auch die ineffizientesten Gebäude zeitlich priorisiert werden. Nicht alle Maßnahmen führen bei gleichem Aufwand zu vergleichbaren energetischen Einsparungen – einige sind thermodynamisch besonders wirksam und weisen ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis auf. Dabei wird im Hinblick auf die in den nächsten Jahren steigenden Energie- und CO₂-Kosten ein wirtschaftlich orientiertes Handeln der Gebäudeeigentümer zugrunde gelegt. Durch die Priorisierung dieser besonders ergiebigen Maßnahmen in Kombination mit

der Sanierung besonders verlustreicher Gebäude kann der Energiebedarf eines Quartiers oder einer Kommune schrittweise und effizient gesenkt werden. In Tabelle 7 werden die wichtigsten Sanierungsmaßnahmen bewertet. Dabei wurde festgelegt, dass nicht alle Sanierungsmaßnahmen umgesetzt werden sollen, da dies einer Vollsanierung des gesamten Gebäudebestandes auf Energieeffizienzklasse A+ gleichkäme. Stattdessen werden im Rahmen dieses Szenarios die Umsetzung der Top 2-Maßnahmen gem. Tabelle 7 angenommen:

Rang	Maßnahme	Kosten-Nutzen-Verhältnis (typisch)	Erläuterung
1	Dämmung der obersten Geschossdecke	★★★★★ (sehr hoch)	Günstig & schnell gemacht, große Wirkung, oft ohne Eingriff in Wohnraum.
2	Dämmung des unteren Gebäudeabschlusses (Kellerdecke/Bodenplatte)	★★★★	Spart Heizenergie effektiv, vor allem bei unbeheiztem Keller oder Erdreich.
3	Fassadendämmung (Außenwände)	★★★	Hohe Einsparung, aber auch hohe Kosten. Sinnvoll bei sowieso geplanter Fassadenerneuerung.
4	Dämmung des Dachs (wenn nicht mit Decke abgedeckt)	★★★	Teurer als Decke, aber wichtig bei ausgebautem Dachgeschoss.
5	Fenstertausch	★★	Teuer, einzelne Flächen, kann zu Wärmebrücken führen, wenn ungedämmt kombiniert.
...	Heizungstausch ohne Dämmung	★	Nur begrenzt sinnvoll, wenn das Gebäude weiter hohe Wärmeverluste hat. Erst dämmen, dann neue Heizung dimensionieren.

Tabelle 7: Priorisierung verschiedener Sanierungsmaßnahmen

Für die zeitliche Wärmebedarfsentwicklung über die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 bis zum Zieljahr 2045 soll die Sanierung des Gebäudestandes schrittweise entsprechend den Effizienzklassen der Gebäude erfolgen. Die Gebäude der Effizienzklassen D-H im Untersuchungsgebiet Kriftel haben einen Wärmeverbrauch von 45,5 GWh/a im Jahr und sind damit für 58 % des Wärmebedarfs verantwortlich. Der systematische Sanierungsansatz verfolgt das Ziel, bis 2045 einen überwiegenden Anteil des Gebäudebestandes im Untersuchungsgebiet Kriftel auf mindestens Energieeffizienzklasse C (75-100 kWh/(m²a)) aufzuwerten.

Den Auftakt bilden bis 2030 alle Gebäude der Energieeffizienzklasse H. Hierbei werden zunächst nur die zwei wichtigsten Sanierungsmaßnahmen umgesetzt: die Dämmung der obersten Geschossdecke und die Dämmung des unteren Gebäudeabschlusses.

- Gebäude mit den Energieeffizienzklassen H ($>250 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) (dunkelrot) werden saniert zu EE-Klassen B und C
- Dämmung bzw. Vollsanierung von oberster Geschossdecke, unterem Gebäudeabschluss und KEINE Fassadendämmung
- zugrunde gelegte Maßnahmen können durch Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) als Einzelmaßnahmen gefördert werden



Abbildung 38: Sanierung der Gebäudeklassen H (dunkelrot) bis 2030

Im nächsten Schritt folgt bis 2035 die Sanierung aller Gebäude der Klasse G. Auch hier wird die obere und untere Geschossdecke auf Vollsanierung umgestellt.

- Gebäude mit den Energieeffizienzklassen G ($>200 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) (rot) werden saniert zu EE-Klassen B und C
- Dämmung bzw. Vollsanierung von oberster Geschossdecke, unterem Gebäudeabschluss und KEINE Fassadendämmung
- zugrunde gelegte Maßnahmen können durch Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) als Einzelmaßnahmen gefördert werden



Abbildung 39: Sanierung der Gebäudeklassen G (rot) bis zum Jahr 2035

Bis 2040 sollen dann alle Gebäude mit Effizienzklasse F folgen, mit der gleichen Umstellung wie 2035.

- Gebäude mit den Energieeffizienzklassen F ($>160 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) (orange) werden saniert zu EE-Klassen B und C
- Dämmung bzw. Vollsanierung von oberster Geschossdecke, unterem Gebäudeabschluss und KEINE Fassadendämmung
- zugrunde gelegte Maßnahmen können durch Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) als Einzelmaßnahmen gefördert werden



Abbildung 40: Sanierung der Gebäudeklassen F (orange) bis zum Jahr 2040

Den Abschluss bilden bis spätestens 2045 die Gebäude der Klassen D und E, sodass nach und nach ein Großteil des schlecht sanierten Gebäudebestands energetisch ertüchtigt ist.

- Gebäude mit den Energieeffizienzklassen D & E ($>100 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) (gelb-orange) werden saniert zu EE-Klassen B und C
- Vollsanierung von oberster Geschossdecke, unterem Gebäudeabschluss und KEINE Fassadendämmung
- zugrunde gelegte Maßnahmen können durch Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) als Einzelmaßnahmen gefördert werden



Abbildung 41: Sanierung der Gebäudeklassen D & E (gelb-orange) bis zum Jahr 2045

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden insgesamt 4.189 Gebäude, davon 2.915 wärmeversorgte Gebäude mit einem Gesamtwärmebedarf (Nutzenergie) in Höhe von 78,7 GWh im Jahr 2025 erfasst. Tabelle 8 zeigt auf, wie viel Prozent des ermittelten Wärmebedarfs in den Stützjahren des kommunalen Wärmeplans auf Basis der beschriebenen Sanierungsmaßnahmen und unter Berücksichtigung klimatischer Veränderungen eingespart werden können.

Jahr	Gesamtwärmebedarf (Nutzenergie)	Einsparung zum Basisjahr 2025	Klimabedingte Einsparung	Einsparung durch Sanierung
2025 (Basisjahr)	78,7 GWh/a	-	-	-
2030	75,2 GWh/a	4 %	3 %	2 %
2035	72,2 GWh/a	8 %	5 %	3 %
2040	68,7 GWh/a	13 %	8 %	5 %
2045	61,5 GWh/a	22 %	10 %	12 %

Tabelle 8: Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs (Nutzenergie) bis 2045, Szenario IV

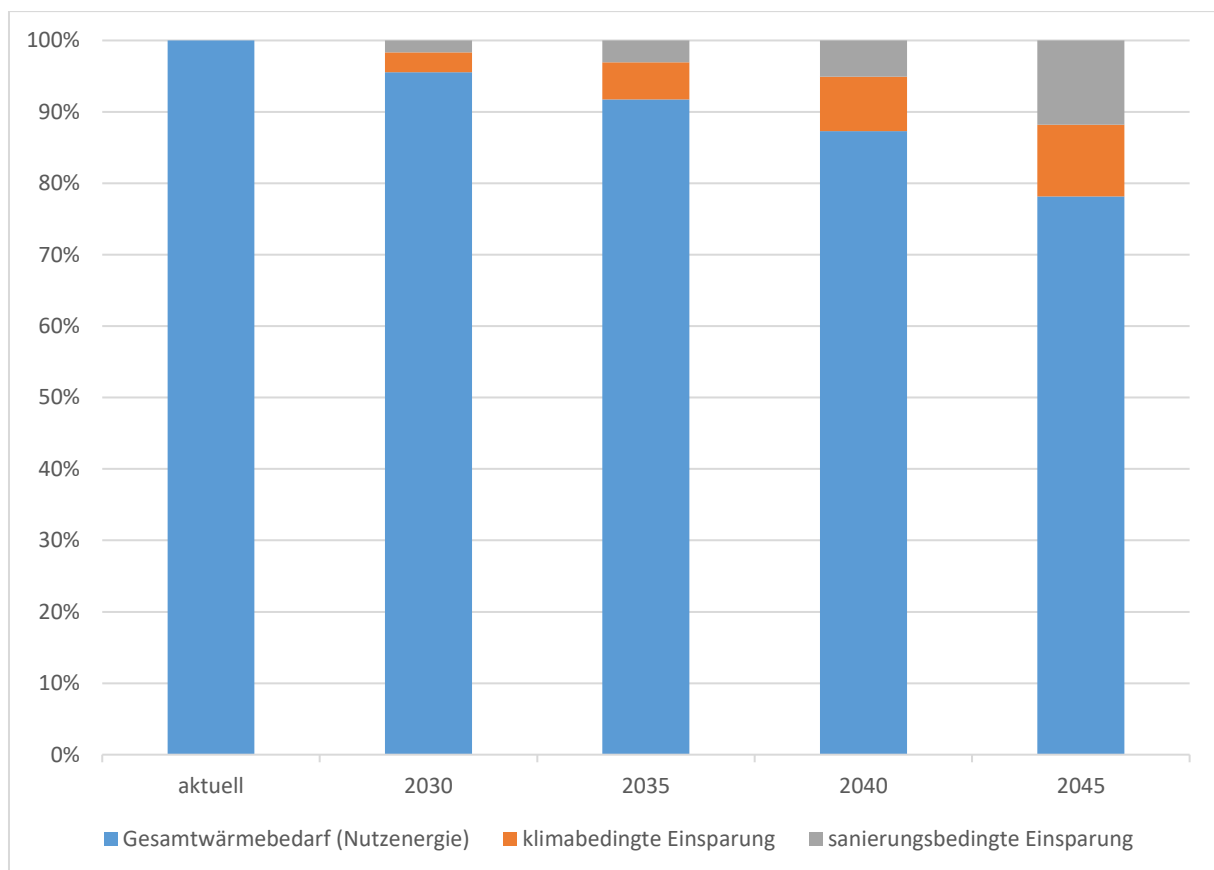


Abbildung 42: Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs (Nutzenergie) bis 2045, Szenario IV

Es zeigt sich, dass bis zum Jahr 2045 insgesamt eine Energieeinsparung von 22 % erfolgen kann, 10 % davon sind aufgrund der prognostizierten Klimaveränderung zu erwarten. Somit entfallen 12 % Energieeinsparung auf die Gebäudesanierung.

Für die Erstellung des Zielszenarios wird das Sanierungsszenario IV herangezogen.

Die Anforderungen und der Entwicklungsbedarf für die Energieinfrastruktur der kommenden Jahre hängen einerseits von dem zu erwartenden Wärmebedarf ab, wie er im vorherigen Kapitel errechnet wurde, andererseits von dem „Wärmemix“, d.h. mit welchen Wärmeversorgungstechnologien diese Bedarfe bedient werden sollen. Im Rahmen der Szenarioentwicklung für das Zieljahr 2045 gibt es alternative Szenarien, die unterschiedliche Anteile an Energieträgern sowohl für die Wärmenetzeignungsgebiete als auch für die Einzelversorgungsgebiete vergleichen. In Wärmenetzeignungsgebieten besteht der für 2045 angestrebte Wärmemix aus Fernwärme, Wärmepumpen und Biomasse, da davon auszugehen ist, dass keine 100%-ige Anschlussquote an das Fernwärmenetz erreicht wird. In Einzelversorgungsgebieten teilt sich der Wärmemix zwischen Wärmepumpen und Biomasse (z. B. Holzpellets) auf. Je nach der Gewichtung der unterschiedlichen erneuerbaren Versorgungsoptionen gestaltet sich der Transformationspfad hin zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung anders. Analog zum vorherigen Kapitel soll für die Entwicklung des Wärmemixes in Kriftel ein spezifischeres Szenario erstellt werden, das die lokalen Gegebenheiten und Ressourcenpotenziale berücksichtigt.

Das erarbeitete Szenario verfolgt den Ansatz, dass gemäß GEG spätestens ab dem 01.07.2028 in Bestandsgebäuden defekte Heizungen, die nicht repariert werden können, durch neue Heizungen mit mindestens 65 % EE-Anteil ersetzt werden müssen. Über das Alter der Heizungen wird antizipiert, wann eine Heizung nicht mehr reparabel ist und ausgetauscht werden muss. In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass in diesem Moment das entsprechende Gebäude auf die Zielwärmeversorgungsart des jeweiligen Teilgebiets umgestellt wird. In Wärmenetzeignungsgebieten ist dies die Versorgungsart „Fernwärme“, in Einzelversorgungsgebieten die Versorgungsart „Wärmepumpe“. Biomasse bleibt eine Nische für unsanierbare Altbauten oder Gebäude mit hohen Vorlauftemperaturen. Aufgrund der im Zielszenario zugrunde gelegten umfassenden (Teil-)Sanierung des Gebäudebestands (vgl. Szenario IV), wird der Anteil von Biomasseheizungen im Jahr 2045 als gering angenommen.

Noch ist unklar, was mit den Prüfgebieten geschehen wird. Da im Rahmen dieser Planung ein dekarbonisiertes Zielszenario präsentiert werden soll, wird vorerst davon ausgegangen, dass in den Prüfgebieten Einzelversorgungslösungen realisiert werden, d.h. Prüfgebiete wie Einzelversorgungsgebiete behandelt werden.

Mithilfe den vorliegenden Schornsteinfegerdaten konnten Heizungsaltersklassen identifiziert werden. Diese dienen als Grundlage für eine sukzessive Umstellung der Heizungstechnologie. Tabelle 9 zeigt die quantitative Verteilung der wärmeversorgten Gebäude mit und ohne Heizungsalter.

	Jahr 2025
Anzahl wärmeversorgter Gebäude	2.915
...davon MIT Heizungsalter	2.162
...davon OHNE Heizungsalter	753

Tabelle 9: Quantitative Verteilung der wärmeversorgten Gebäude mit und ohne Heizungsalter

Teilweise existieren mehrere Heizungsanlagen innerhalb eines Gebäudes. Für ein solches Gebäude geht aus den Schornsteinfegerdaten nicht eindeutig hervor, welche Anlage die hauptsächlich genutzte Heizungsanlage ist. Als Näherung wird daher angenommen, dass es jene Anlage mit der größten Nennwärmeleistung ist. Um also für Gebäude mit mehreren Heizungsanlagen den Umstellungszeitpunkt zu bestimmen, wird das Heizungsalter des Erzeugers mit der größten Nennwärmeleistung zugrunde gelegt.

Wann eine Heizung in Abhängigkeit ihres Heizungsalters umgestellt wird, ist in Tabelle 10 dargestellt.

Für Gebäude, für die keine Heizungsaltersklasse vorlag, wurde die Gebäudealtersklasse als Basis genutzt. In Tabelle 10 wird ersichtlich, wann in Abhängigkeit vom Baujahr der Gebäudebestand typischerweise auf neue Heizsysteme umgestellt wird – von den ältesten Gebäuden, die bereits bis 2030 modernisiert werden, bis zu jüngeren Baualtersklassen mit erwarteter Umstellung bis 2045.

Jahr aktuell	2030	2035	2040	2045
Umstellung nach Heizungsbaupjahr				
bis 2000	x	x	x	x
2001 - 2005		x	x	x
2006 - 2010			x	x
ab 2011				x
Umstellung nach Baujahr				
Umgestellt bis einschl. Baujahr	1968	1980	1989	2010

Tabelle 10: Umstellung der Heizungen nach Heizungsbaupjahr und Gebäudebaupjahr

Die Umstellung innerhalb der Gebiete auf die unterschiedlichen Wärmeerzeugungsarten erfolgt anhand der Gebietseinteilung und der von ENEKA definierten Fernwärme und Wärmepumpeneignung des jeweiligen Gebäudes.

Zu beachten ist, dass ein Gebäude, welches bereits eine Biomasse (z. B. Holzpellets) Heizung oder eine Wärmepumpe besitzt, diese Wärmeversorgungsart auch in den Zieljahren beibehält und nicht auf eine andere Versorgungsart umgestellt wird.

Die Eignung für Fernwärme wird in ENEKA auf Grundlage der ermittelten Wärmebedarfsdichten bewertet. Gebäude gelten als potenziell fernwärmegeeignet, wenn ihr Endenergiebedarf über 0 kWh/a liegt und die Wärmebedarfsdichte im Umkreis von 1 ha mehr als 150 MWh/ha a beträgt. Auf dieser Basis werden Cluster gebildet, die als potenzielle Versorgungsgebiete ausgewiesen werden. Die Abstufung erfolgt in Abhängigkeit der Dichtewerte – von „bedingt geeignet“ (über 150 MWh/ha a) bis „sehr gut geeignet“ (über 600 MWh/ha a).

Die Eignung für Wärmepumpen wird gebäudescharf auf Basis des spezifischen Wärmebedarfs und der verfügbaren Grundstücksfläche zur Nutzung von Umweltwärme beurteilt. Gebäude mit einem Wärmebedarf unter 115 kWh/m²a oder ausreichender Fläche für Erdsonden gelten als sehr gut geeignet, während Werte über 150 kWh/m²a eine geringe Eignung anzeigen. Nichtwohngebäude mit hohen Temperaturniveaus werden in der Regel nicht bewertet.

Umstellung in Wärmenetzeignungsgebieten

Zu den in Tabelle 10 bestimmten Zeitpunkten werden Gebäude mit einer sehr guten Fernwärmeeignung auf die Versorgungsart „Fernwärme aus teilweise EE“ umgestellt. Liegt keine „sehr gute Fernwärmeeignung“ aber eine „sehr gute Wärmepumpeneignung“ vor, wird das Gebäude auf eine „Wärmepumpe – Strommix“ umgestellt. In allen anderen Fällen erfolgt ebenfalls eine Umstellung auf „Fernwärme aus teilweise EE“. Im Zieljahr 2045 werden alle fernwärmeversorgten Gebäude von „Fernwärme aus teilweise EE“ auf „Fernwärme aus 100 % EE“ umgestellt. Die entsprechende Matrix kann Tabelle 11 entnommen werden.

Im digitalen Zwilling kann der Strommix entsprechend des EE Anteils ausgewählt werden. Dabei wurde bis zum Jahr 2040 ein Strommix mit teilweise EE Anteilen gewählt. Im Zieljahr 2045 wird von einem 100 %-igen EE Anteil ausgegangen. Dies wirkt sich auf den CO₂-Ausstoß der Wärmeversorgung aus.

Wird umgestellt auf:		Fernwärmeeignung (nach ENEKA)			
		bedingt geeignet	geeignet	gut geeignet	sehr gut geeignet
Wärmepumpeneignung (nach ENEKA)	unbekannt	Fernwärme			Fernwärme
	ungeeignet				
	bedingt geeignet				
	sehr gut geeignet	Wärmepumpe			

Tabelle 11: Umstellmatrix für Wärmenetzeignungsgebiete

Umstellung in Einzelversorgungs- und Prüfgebieten

In Prüf- und Einzelversorgungsgebieten wird die Fernwärmeeignung nicht untersucht. Zu den in Tabelle 10 bestimmten Zeitpunkten werden Gebäude auf die Versorgungsart Wärmepumpe umgestellt, wenn sie entweder als „sehr gut geeignet“, „bedingt geeignet“ oder „unbekannt“ in Bezug auf die Wärmepumpeneignung klassifiziert werden. Lediglich wenn Gebäude als ungeeignet für eine Wärmepumpe klassifiziert sind, findet eine Umstellung auf Holzpellets statt (Tabelle 12).

Wird umgestellt auf:		
Wärmepumpeneignung (nach ENEKA)	unbekannt	Wärmepumpe
	ungeeignet	Holzpellets
	bedingt geeignet	Wärmepumpe
	sehr gut geeignet	Wärmepumpe

Tabelle 12: Umstellungsmatrix für Einzelversorgungsgebiete und Prüfgebiete

Es ist zu berücksichtigen, dass die Umstellung der Wärmeerzeugungsart (im Gegensatz zu Sanierungen und Klimaerwärmung) **keinen Einfluss auf** den Bedarf von **Nutzenergie** hat. Die Umstellung hat jedoch einen **Einfluss auf** den Bedarf von **Endenergie**.

- **Nutzwärmebedarf** (oft auch Heizwärmebedarf) ist die Wärme, die das Gebäude braucht, um die gewünschten Raumtemperaturen zu erreichen und die erforderlichen Mengen an Warmwasser bereitzustellen. Er hängt von Gebäudehülle, Lüftung, internen Gewinnen, Solltemperaturen und Nutzung ab – **nicht** von der Art des Wärmeerzeugers.
- Der **Endenergiebedarf** beschreibt die zur Deckung des Nutzwärmebedarfs erforderliche Energiemenge, die in das Gebäude eingeht, z.B. in Form eines Brennstoffs. Die **Endenergie** hängt neben dem Nutzwärmebedarf zusätzlich von Art und Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers ab sowie von weiteren Verlusten im Verteilsystem. **Vor allem durch die Umstellung auf Wärmepumpen** sinkt der Endenergiebedarf stärker als der Nutzwärmebedarf. Wärmepumpen mit einer JAZ von 3 bewirken eine Reduktion von über 66 % des Endenergiebedarfs, da nur noch 1/3 der Energie in Form von Strom benötigt wird, um den Bedarf an Nutzenergie zu decken. Die übrigen 2/3 Wärme werden der Umgebungsluft entzogen. Auch die Umstellung von z.B. Öl-Heizungen auf Fernwärme verringert den Endenergiebedarf, da die Wirkungsgradverluste in den Gebäuden geringer sind.

7.2 Zielszenario

Das Zielszenario beschreibt, wie sich wichtige Kennzahlen zur Wärmeversorgung in den kommenden Jahren entwickeln sollen. Ab 2030 werden dafür alle fünf Jahre Zielmarken gesetzt, die als Wegweiser hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung 2045 dienen.

Bei der Berechnung dieser Zielmarken wurden die verschiedenen Faktoren berücksichtigt, wie sie im vorherigen Kapitel erläutert wurden:

- die Aufteilung der Versorgungsgebiete und die sich daraus ergebenden Wärmeversorgungsarten
- die Nutzenergieeinsparungen aufgrund von Klimaerwärmung
- die Nutzenergieeinsparungen aufgrund von Gebäudesanierung
- die Endenergieeinsparung aufgrund von Heizungstausch

Da sich Rahmenbedingungen im Laufe der Zeit verändern können – zum Beispiel durch neue Technologien oder deutliche Verbesserungen bei bestehenden Heizsystemen – muss auch das Zielszenario flexibel angepasst werden. Dadurch kann sich auch die Mischung der eingesetzten Energieträger zu bestimmten Zeitpunkten ändern.

Auf Grundlage des derzeitigen Wissens und der Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes ergibt sich das im Folgenden beschriebene Szenario.

7.2.1 Endenergiebedarf nach Endenergiesektoren

Das Zielszenario für den Endenergiebedarf nach Gebäudesektoren zeigt, dass große Einsparungen realisiert werden können. Die Reduktion des Endenergiebedarfs wird vor allem durch den steigenden Einsatz von effizienten Heiztechnologien, fortlaufende Sanierung und Klimaerwärmung vorangetrieben. Während dieser in den Bereichen Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) und Industrie von 34,4 GWh/a auf 13,7 GWh/a sinkt, reduziert er sich bei den kommunalen Einrichtungen von 4,8 GWh/a auf 1,2 GWh/a. Die größte Reduzierung des Endenergiebedarfs erfolgt absolut gesehen bei privaten Haushalten – von 53,3 GWh/a auf 13,8 GWh/a im Jahr 2045.

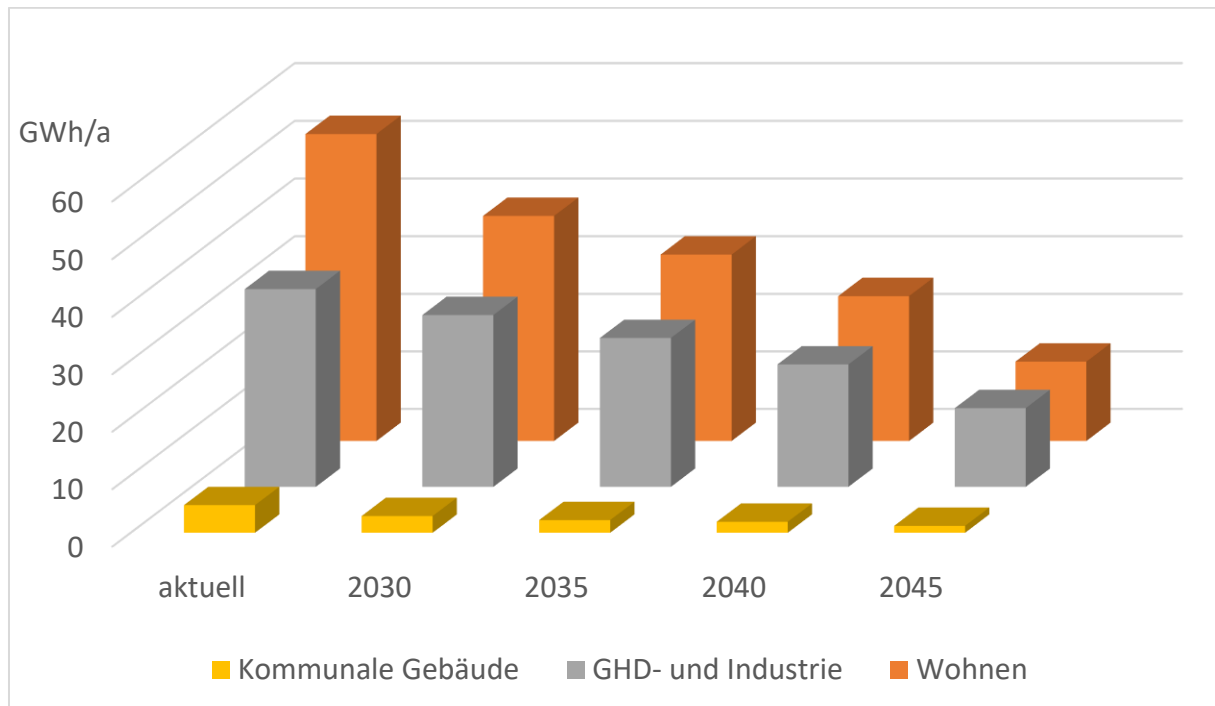


Abbildung 43: Endenergiebedarf nach Sektoren

7.2.2 Endenergiebedarf nach Energieträgern

Wie bereits in der Bestandsanalyse beschrieben, ist Erdgas die aktuell vorherrschende Wärmeerzeugungsart, gefolgt von Heizöl. Die Anteile von Flüssiggas, Holz und Stromdirektheizungen sind relativ gering, Wärmenetzanschlüsse und Wärmepumpen existieren aktuell kaum bis gar nicht. Die erstgenannten Anteile nehmen bis 2045 kontinuierlich ab, und werden sukzessive durch Fernwärme und Wärmepumpen verdrängt. Da es sich in untenstehender Darstellung um den Endenergiebedarf handelt, soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass der Wärmepumpen-Anteil mit dem Faktor 3 multipliziert werden müsste, um auf den Nutzwärmebedarf zu schließen.

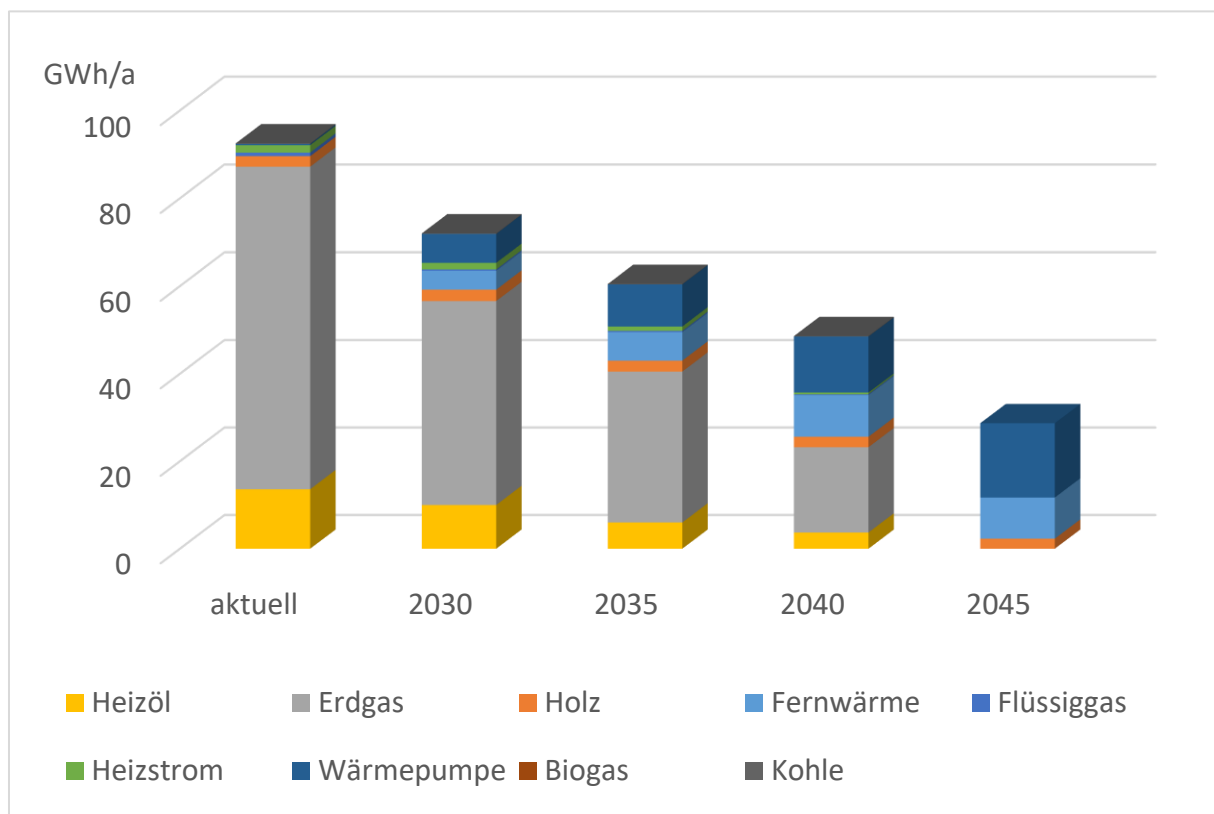


Abbildung 44: Endenergiebedarf nach Energieträgern

7.2.3 Jährliche Emissionen von Treibhausgasen

Im Zielszenario verringern sich die CO₂-Emissionen in Bezug auf die Ausgangslage in den fünf Jahres-schritten erst auf 60 % (2030), dann auf 44 % (2035), auf 28 % (2040) und schließlich auf 3 % im Jahr 2045. Der entscheidende Grund dafür ist der schrittweise Abbau von Gas- und Ölheizungen und der Umstieg auf erneuerbare Heizsysteme.

Obwohl der Einsatz strombasierter Heizungen deutlich zunimmt, sinken die Emissionen kontinuierlich – vor allem in den ersten Jahren. Der Ausbau erneuerbarer Energien im Stromsektor schreitet schneller voran als in vielen anderen Bereichen. Schon 2030 soll mindestens 80 % des Stroms aus erneuerbaren Quellen stammen. Auch bestehende Wärmenetze müssen bis spätestens 2045 vollständig auf erneuerbare Energiequellen umgestellt werden, sofern dies nicht schon früher erfolgt ist.

Neue Wärmenetze sollten von Anfang an mit klimaneutraler Erzeugung geplant werden. Ist das im Einzelfall nicht sofort möglich, muss zumindest der schnelle Übergang zu vollständig erneuerbarer Wärmeversorgung gewährleistet sein – auch, um die Voraussetzungen für eine Förderung im Rahmen der Bundesförderung effiziente Wärmenetze zu erfüllen.

Eine geringe Menge an CO₂-Emissionen wird jedoch auch im Jahr 2045 emittiert. Der „Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (KWW) -Technikkatalog“ [15] gibt die Emissionsfaktoren zur Berechnung vor: dort werden für Energieträger wie beispielsweise Biogas, Strom oder Prozesswärme im Jahr 2045 weiterhin CO₂-Äquivalente pro kWh Endenergie angegeben, welche zu dem in Abbildung 45 dargestellten Restbetrag von 678 t/a führen.

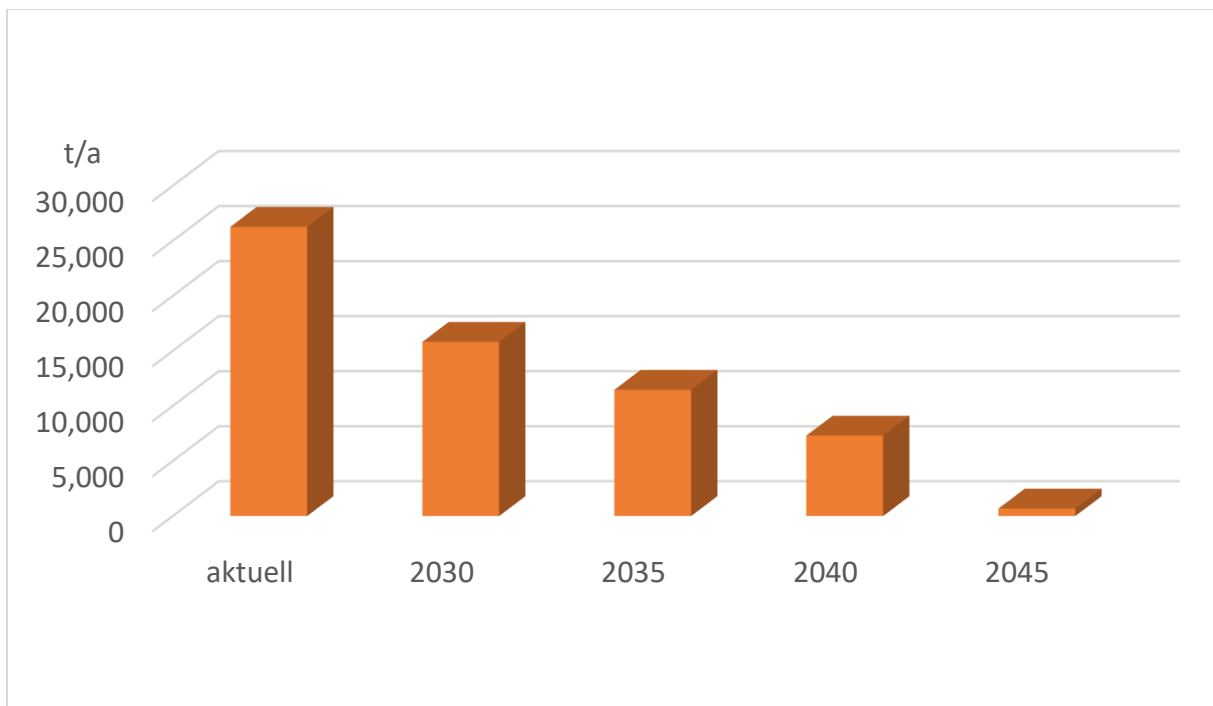


Abbildung 45: Jährliche Emissionen von Treibhausgasen

7.2.4 Endenergiebedarf der Fernwärme nach Energieträgern

Die Prognose zeigt, dass ein Großteil des Endenergiebedarfs der Fernwärmeversorgung über die Abwasserwärme gedeckt wird, wobei man insbesondere das große Potenzial der Kläranlage ausschöpfen würde. Einen deutlich geringeren Anteil macht Erdgas aus. Die Bedarfe an Fernwärme steigen bis 2040 immer weiter an. Sie werden ab 2035 zusätzlich durch einen Anteil an Umgebungswärme, welche durch Wärmepumpen nutzbar gemacht wird, gedeckt. Im Zieljahr 2045 wird der letzte Anteil an Fernwärme aus Erdgas ersetzt, durch größere Anteile an Umgebungswärme und Biomasse. Letztlich wird die genaue Zusammensetzung der Fernwärme abhängig von mehreren Faktoren sein, z. B. der Regulierung oder vorherrschenden Kostenstrukturen. Vor diesem Hintergrund stellt der nachfolgend abgebildete Energiemix lediglich eine Abschätzung der zukünftig eingesetzten Energiequellen dar. Auffällig ist zusätzlich, dass der Endenergiebedarf an Fernwärme zum Zieljahr 2045 leicht sinkt, obwohl mehr Gebäude angeschlossen werden. Dies hängt mit den fortschreitenden Sanierungen und klimabedingten Reduktionen des Nutzwärmebedarfs zusammen, der immer auch einen Einfluss auf den Endenergiebedarf hat.

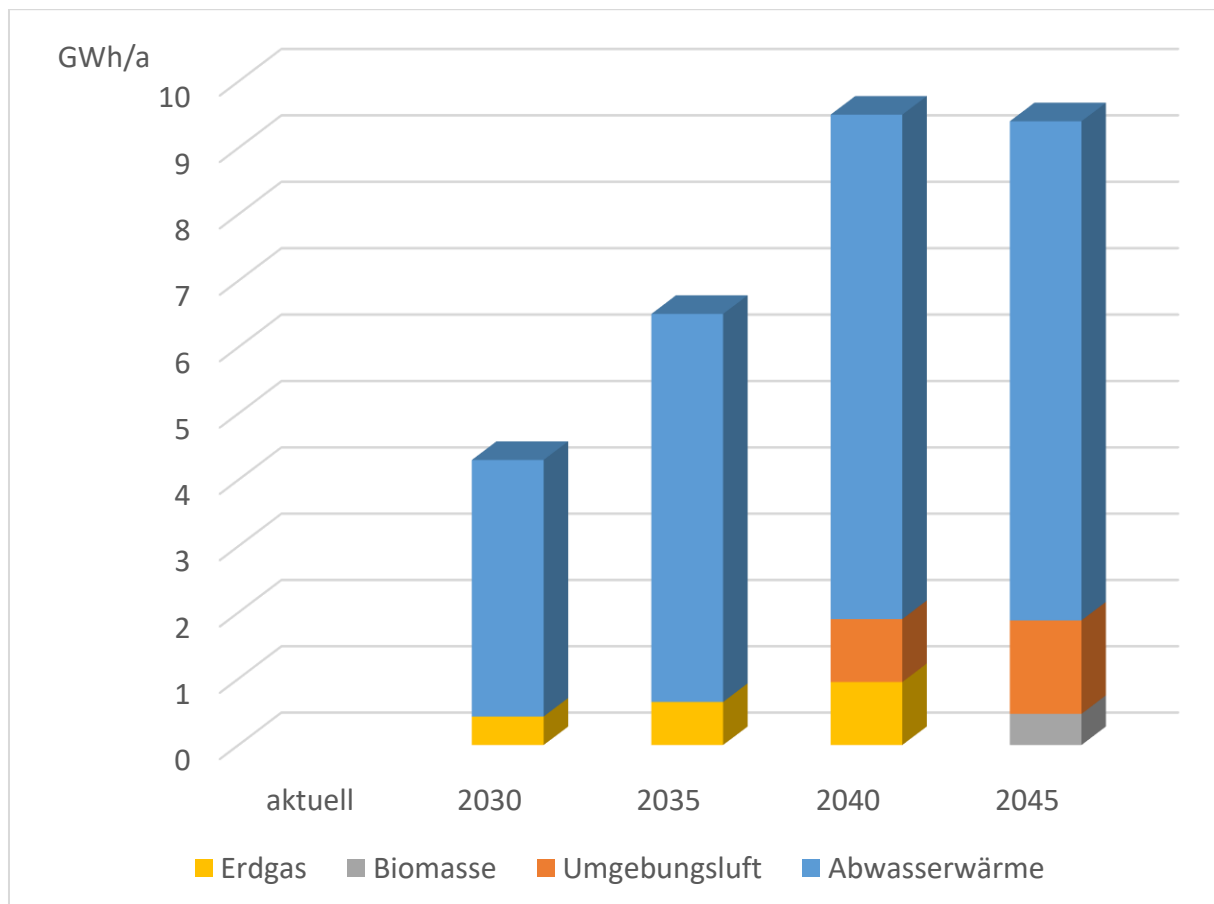


Abbildung 46: Endenergiebedarf der Fernwärme nach Energieträgern

7.2.5 Anteil Fernwärme am gesamten Endenergiebedarf der Wärmeversorgung

Wie bereits erläutert, steigt der Endenergiebedarf für Fernwärme bis zum Jahr 2045 kontinuierlich an. Die folgende Abbildung zeigt, wie sich der Anteil der Fernwärme am gesamten Endenergiebedarf der Wärmeversorgung entwickelt. Während er aktuell bei 0 % liegt, steigt er bis 2030 auf 6 %, bis 2035 auf 10,8 %, bis 2040 auf 19,6 % an und erreicht in 2045 32,6 %. Dies setzt voraus, dass die dargestellten Wärmenetzzeignungsgebiete nahezu vollständig durch Wärmenetze erschlossen werden.

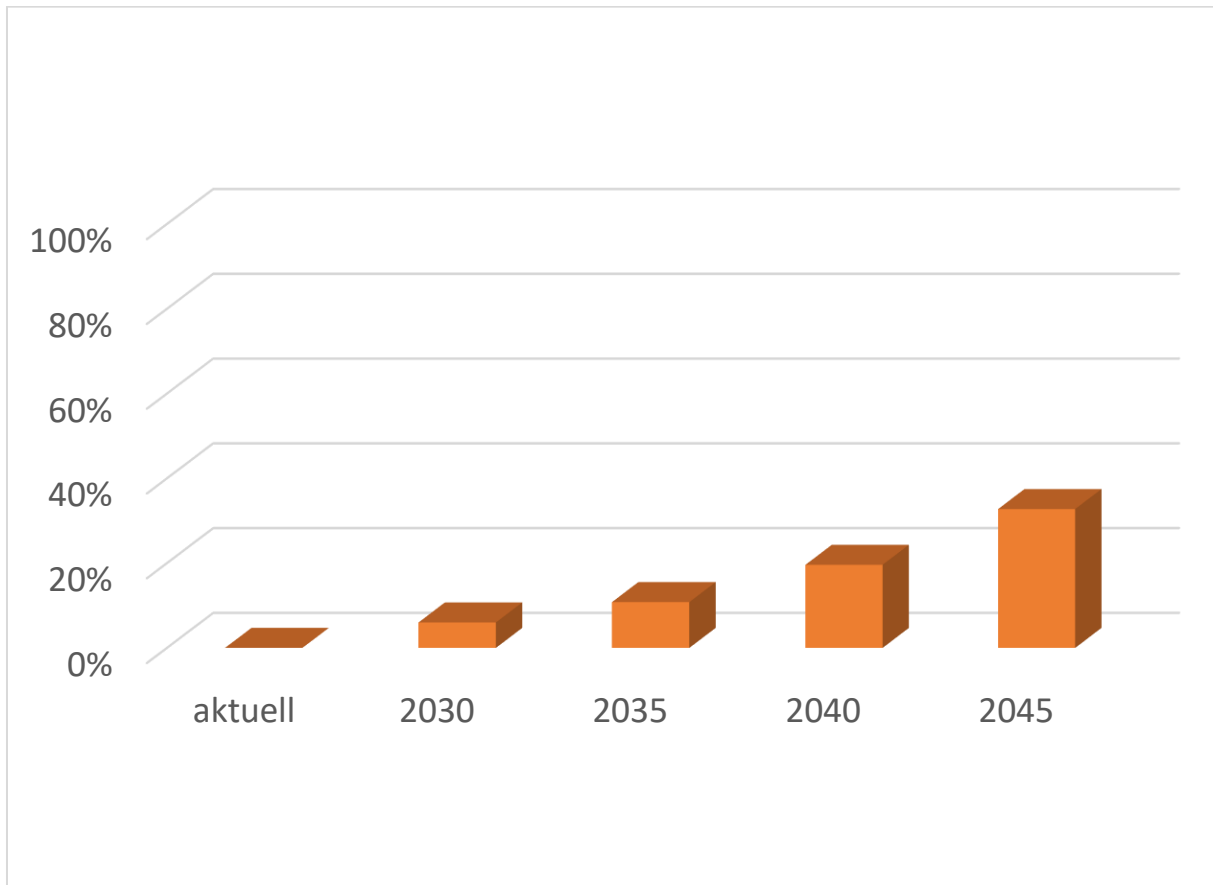


Abbildung 47: Anteil Fernwärme am gesamten Endenergiebedarf der Wärmeversorgung

7.2.6 Anzahl der Gebäude mit Anschluss an Wärme- und Gasnetz

Zum aktuellen Zeitpunkt haben etwa 2.491 Gebäude einen Gasanschluss und kein Gebäude einen Fernwärmenetzanschluss. Da es im Plangebiet voraussichtlich nicht zu einer Umstellung des Erdgasnetzes auf Biomethan oder Wasserstoff kommt, werden im Jahr 2045 voraussichtlich keine Erdgasanschlüsse mehr existieren. Hingegen werden 104 Gebäude an ein Fernwärmenetz anschlossen sein, 2.744 Gebäude eine dezentrale Wärmepumpe besitzen und weitere 66 Gebäude über einen Holzofen oder -kessel verfügen.

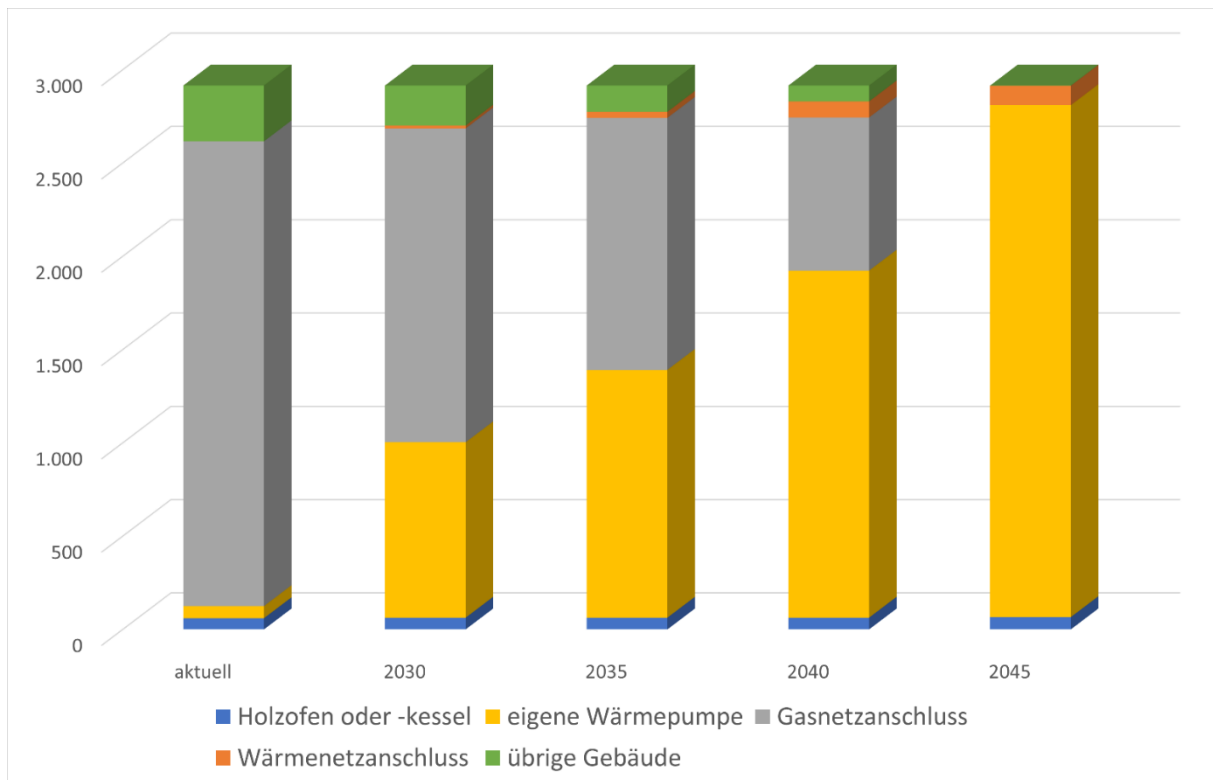


Abbildung 48: Anzahl der Gebäude mit Anschluss an Wärme- und Gasnetz sowie dezentrale Versorgungslagen

8 Strategie und Maßnahmenkatalog

Auf Grundlage der Bestands- und der Potenzialanalyse wurde im Einklang mit dem Zielszenario eine Umsetzungsstrategie mit der planungsverantwortlichen Stelle erarbeitet. Die Umsetzungsstrategie zeigt auf, wie die Wärmeversorgung bis 2045 vollständig auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme umgestellt werden kann. Nachdem zunächst die Methodik zur Erarbeitung dieser Maßnahmen vorgestellt wird, wird der explizite Maßnahmenkatalog dargestellt und erläutert.

8.1 Methodik und Vorgehensweise

Im folgenden Kapitel werden spezifische Maßnahmen vorgestellt, die wesentlich zur erfolgreichen Umsetzung der Wärmewende beitragen. Diese umfassen sowohl die Durchführung technischer Studien, organisatorische Änderungen innerhalb der planungsverantwortlichen Stelle als auch Strategien zur Implementierung der kommunalen Wärmeplanung und flankierende Maßnahmen. Die vorgeschlagenen Maßnahmen basieren auf den Ergebnissen der vorhergehenden Bestands- und Potenzialanalyse und sollen die Erreichung des Zielszenarios sicherstellen. Die Wärmewende bietet einen großen Handlungsspielraum. Die erarbeiteten Maßnahmen berufen sich auf die Expertise des Projektteams zur Erstellung der kommunalen Wärmeplanung, erfordern jedoch eine fortlaufende Evaluation und möglicherweise Anpassungen, z.B. nachdem neue Erkenntnisse auftreten oder sich gesetzliche Rahmenbedingungen ändern.

Die beschriebenen Maßnahmen fallen in den Verantwortungsbereich der planungsverantwortlichen Stelle, die zugleich als Maßnahmenverantwortliche fungiert. Maßnahmen, die außerhalb der Zuständigkeit der Gemeinde Kriftel liegen und auf deren Umsetzung die Gemeinde keinen direkten Einfluss hat, können nicht Teil des kommunalen Wärmeplans sein. Für die Wärmenetzinfrastruktur wird eine Ausschreibung zur Planung, Errichtung und zum Betrieb der Netze in Betracht gezogen.

Eine valide Schätzung der Investitionen von Infrastrukturmaßnahmen ist ohne Durchlaufen der notwendigen Planungsphasen nicht möglich. Somit wird sich auf die Angabe der Kosten für die planungsverantwortliche Stelle konzentriert und nicht auf die Investitionen, die zur Errichtung von Infrastruktur benötigt werden.

8.2 Maßnahmenkatalog

Die vorgestellten Maßnahmen umfassen sowohl die Planung und den Ausbau regenerativer Wärmeinfrastruktur als auch soziale und organisatorische Ansätze, um eine breite Akzeptanz und Unterstützung der Bürgerinnen und Bürger zu gewinnen und die Wärmewende organisatorisch in der Gemeindeverwaltung zu verankern. Der Maßnahmenkatalog versteht sich dabei als flexibles Instrument, das an die individuellen Bedürfnisse und Ressourcen von Kriftel angepasst werden kann und regelmäßig auf seine Wirksamkeit hin überprüft werden soll. Ziel ist es, durch eine strukturierte und transparente Vorgehensweise die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung zu stärken und so das wesentliche Fundament für die Wärmewende in Kriftel zu legen. Im Rahmen der folgenden Maßnahmensteckbriefe sollen die einzelnen Maßnahmen erläutert werden.

Maßnahme 1

Strategie zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung für kommunale Liegenschaften
(in Abstimmung mit Wärmenetzgebieten)

Handlungsfeld:
Kommunale Liegenschaften

Priorität:
Hoch



Beschreibung und Ziel:

Viele kommunale Liegenschaften in Kriftel werden derzeit noch mit Erdgas oder Heizöl beheizt. Untersucht wurde daher, ob der Aufbau eines Nahwärmenetzes oder die Umstellung auf Wärmepumpen und andere regenerative Heizsysteme sinnvoll ist. Ergänzend wird ein kontinuierliches Monitoring des Energiebedarfs empfohlen, um Einsparpotenziale besser verfolgen zu können.

Umsetzungsschritte:

1. Abstimmung mit dem Gebäudemanagement, um Daten zu Heizsystemen, Energieverbräuchen und dem energetischen Zustand der kommunalen Gebäude zu erfassen.
2. Energetische Analyse aller Liegenschaften zur Ermittlung von Effizienz und Modernisierungsbedarf.
3. Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit eines Nahwärmenetzes.
4. Bewertung alternativer dezentraler Lösungen, insbesondere von Wärmepumpen und anderen erneuerbaren Heizsystemen.
5. Zusammenführung der Ergebnisse in einem Strategiebild mit Prioritäten und Handlungsempfehlungen.
6. Erstellung eines Zeitplans für die Umsetzung der Sanierungs- und Umstellungsmaßnahmen.
7. Schrittweise Umsetzung der Maßnahmen zur nachhaltigen Modernisierung der Wärmeversorgung der kommunalen Liegenschaften.

Verantwortliche Stelle:

Gemeindeverwaltung Kriftel –
(ggf. spätere Übergabe an anderen Fachbereich)

Zeitraum

Mitte 2026 – Ende 2027

Kosten:

15.000 € – 30.000 € je nach Detailgrad der Ausarbeitung

Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit:

Laufende Kommunikation der Fortschritte an Bevölkerung, da die Gemeinde die Klimaschutz-Vorbildrolle einnimmt

Maßnahme 2 Organisationsstruktur Gemeinde Kriftel - Einberufung einer Arbeitsgruppe Wärmewende	
Handlungsfeld: Struktur Gemeindeverwaltung	Priorität: Hoch



Beschreibung und Ziel:

Die Umsetzung der Wärmewende erfordert einen hohen planerischen Aufwand und eine enge Abstimmung der Wärmeplanung mit anderen Gemeindeentwicklungsprozessen. Das Wärmeplanungsgesetz betont dabei das öffentliche Interesse an einer klimaneutralen, erneuerbaren Wärmeversorgung und hebt deren Bedeutung für die kommunale Entwicklung hervor. Künftig wird die Wärmeinfrastruktur bei Abwägungsentscheidungen stärker zu berücksichtigen sein und erhält in vielen Fällen Vorrang vor anderen Belangen – etwa vor Anforderungen aus dem Wasserschutz, dem Landschaftsbild und Denkmalschutz sowie dem Forst-, Immissionsschutz-, Naturschutz-, Bau- und Straßenrecht.

Umsetzungsschritte:

1. Einrichtung einer interdisziplinären Arbeitsgruppe zur kommunalen Wärmeplanung (mindestens quartalsweise, 1-2 Stunden)
2. Bildung einer Lenkungsgruppe zur Umsetzung der Arbeitsgruppenergebnisse
3. Einbindung eines Arbeitsgruppenvertreters zur Abstimmung mit Gemeindeentwicklungsmaßnahmen

Verantwortliche Stelle:	Arbeitsgruppe kommunale Wärmewende
Zeitraum	Fortlaufend
Kosten:	Ca. 5.000 € Interne Personalkosten in Abhängigkeit der Ausgestaltung
Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit:	Kommunikation der Einberufung an Bürger

Maßnahme 3

Frühzeitige Erstellung von Energiekonzepten bei Erschließung von Neubaugebieten

Handlungsfeld:
Struktur Gemeindeverwaltung

Priorität:
Mittel



Beschreibung und Ziel:

Nach dem Gebäudeenergiegesetz müssen Heizungsanlagen in Neubauten künftig mindestens 65 % erneuerbare Energien integrieren. In der Praxis geschieht dies vor allem über Wärmepumpen, Niedertemperatur-Nahwärmelösungen oder den Anschluss an ein Fernwärmenetz. Neubaugebiete sind daher konsequent in die kommunale Wärmeplanung einzubinden. Für jedes Neubaugebiet sollte frühzeitig ein Energiekonzept erstellt werden, das eine klimafreundliche, mit dem Zielbild der KWP abgestimmte Wärmeversorgung sicherstellt.

Umsetzungsschritte:

1. Berücksichtigung landesrechtl. Umsetzung Wärmeplanungsgesetz
2. Berücksichtigung privater und öffentlicher Belange
3. Berücksichtigung Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung
4. Ausweisung der Gebiete
5. Kommunikation ausgewiesene Gebiete an Gebäudeeigentümer

Verantwortliche Stelle:

Gemeindeverwaltung Kriftel (ggf. zzgl. externem Dienstleister im Rahmen einer Machbarkeitsstudie)

Zeitraum

Fortlaufend

Kosten:

Je nach Größe des Neubaugebiets etwa 25.000 € – 50.000 € (ggf. 50 % förderfähig über die BEW als Machbarkeitsstudie)

Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit:

Einbindung potenzieller Eigentümer zur Stärkung der Akzeptanz für gewählte Lösung

Maßnahme 4

Bewerbung des bestehenden Beratungsangebots zu Sanierung

Handlungsfeld:
Gebäudesanierung

Priorität:
Hoch



Beschreibung und Ziel:

Ein großer Teil der privaten Gebäude in Kriftel ist unsaniert oder nur teilsaniert und weist entsprechend hohe Wärmeverbräuche auf. Um Eigentümerinnen und Eigentümer bei energetischen Entscheidungen zu unterstützen, soll das bestehende Beratungsangebot zur Gebäudesanierung stärker beworben und sichtbar gemacht werden. Durch Informationen zu sinnvollen Maßnahmen, Kosten und Einsparpotenzialen, Fördermitteln sowie individuellen Sanierungsfahrplänen können Eigentümer gezielt investieren. Die Maßnahme trägt dazu bei, die Sanierungsquote zu erhöhen, den Wärmebedarf zu senken und die kommunalen Klimaschutzziele im Einklang mit der Wärmeplanung zu erreichen.

Umsetzungsschritte:

1. Übersicht vorhandener Beratungsangebote erstellen
2. Kommunikationsstrategie entwickeln
3. Beratung sichtbar machen (Offline & Online)
4. Kooperationen mit Energieexperten ausbauen
5. Sanierungsfahrpläne aktiv bewerben
6. Monitoring und Weiterentwicklung

Verantwortliche Stelle:

Gemeindeverwaltung Kriftel

Zeitraum

ab Mitte 2026 fortlaufend

Kosten:

Ca. 5.000 € (interne Personalkosten)

Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit:

z.B. Infoveranstaltungen, Webseite

Maßnahme 5 Strategieentwicklung „Wärmenetzgebiete“ im Rahmen der Arbeitsgruppe Wärmewende	
Handlungsfeld: Aufbau Wärmeinfrastruktur	Priorität: Hoch



Beschreibung und Ziel:

Derzeit existiert in Kriftel keine konkrete Planung für den Neubau eines Wärmenetzes. Die Rahmenbedingungen hierfür müssen zunächst durch die Arbeitsgruppe Wärmewende weiter präzisiert werden. Eine zentrale Voraussetzung ist die Klärung der Priorität eines möglichen Wärmenetz-Neubaus, insbesondere im Kontext der kommunalen Dekarbonisierungsstrategie und der Identifikation weiterer potenzieller Ankerkunden. Zudem sind vorbereitende Schritte zur Erschließung erneuerbarer Wärmequellen notwendig; die Erstellung detaillierter Machbarkeitsstudien wäre zum jetzigen Zeitpunkt noch verfrüht. Als besonders relevante Potenziale gelten die Nutzung von Abwasserwärme sowie mögliche Synergien mit dem geplanten Wärmenetz in Hofheim.

Umsetzungsschritte:

1. Erstellung Strategie zum Wärmenetzneu- oder ausbau im Rahmen der Arbeitsgruppe Wärmewende
2. Einbindung der lokalen Stakeholder (aktuelle und potentielle Wärmenetzbetreiber und Energiegenossenschaften)
3. Fragenklärung der Finanzierung der Machbarkeitsstudie (BEW-Förderung vs. Eigenanteil)

Verantwortliche Stelle:	Gemeindeverwaltung Kriftel – Arbeitsgruppe Wärmewende
Zeitraum	Mitte 2026 – Ende 2027
Kosten:	Ca. 5.000 € – 10.000 € Kosten der Arbeitsgruppe Wärmewende (interne Personalkosten)
Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit:	Einbindung Stakeholder und Gewerbetreibender im Wärmenetzgebiet zur Maximierung der Netzanschlussquote

Maßnahme 6

Untersuchung der Potenziale der Kläranlage zur Nutzung in zukünftigen Wärmenetzen

Handlungsfeld:
Aufbau Wärmeinfrastruktur

Priorität:
Hoch



Beschreibung und Ziel:

Die Kläranlage in Krieffel weist mit einer Quelleistung von 1,4 MW und einer potenziellen Jahresarbeitszahl von 4 ein attraktives Wärmequellenpotenzial auf. Daraus ergibt sich eine mögliche Wärmepumpenleistung von rund 1,75 MW, was bei 8.760 Vollbenutzungsstunden einem Jahreswärmeertrag von etwa 15,3 GWh entspricht. Zusätzlich fällt Abwärme aus dem Faulgas-BHKW in Höhe von 0,43 GWh pro Jahr an. Das östliche Gewerbegebiet wird auf Basis der bisherigen Analyse als „wahrscheinlich sehr geeignet“ für ein Wärmenetz bewertet. Die räumliche Nähe zwischen der Kläranlage als Wärmequelle und dem Gewerbegebiet als Wärmeabnehmer begünstigt eine wirtschaftliche Nutzung der Abwasserwärme. Um die tatsächliche Umsetzbarkeit zu bewerten, wird – abhängig von den Ergebnissen der Maßnahme 5 – die Erstellung einer Machbarkeitsstudie, beispielsweise gefördert über die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), empfohlen.

Umsetzungsschritte:

1. Quantifizierung des Potenzials der Kläranlage
2. Erste Eingrenzung des potenziellen Versorgungsgebiets und Erstellung Projektskizze
3. Kostenerhebung Machbarkeitsstudie: Angebote müssen eingeholt werden
4. Prüfung der Machbarkeit der Wärmenutzung mittels einer Machbarkeitsstudie
5. Planung gemeinsam mit dem Abwasserverband Main-Taunus

Verantwortliche Stelle:

Gemeindeverwaltung Krieffel bzw. potenzieller zukünftiger Betreiber des Wärmenetzes

Zeitraum

Im Anschluss an Maßnahme 5

Kosten:

ca. 50.000 € (50 % gefördert) Kosten abhängig von Projektumfang, Kostenschätzung erfolgt im Rahmen von Machbarkeitsstudie und Entwurfsplanung

Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit:

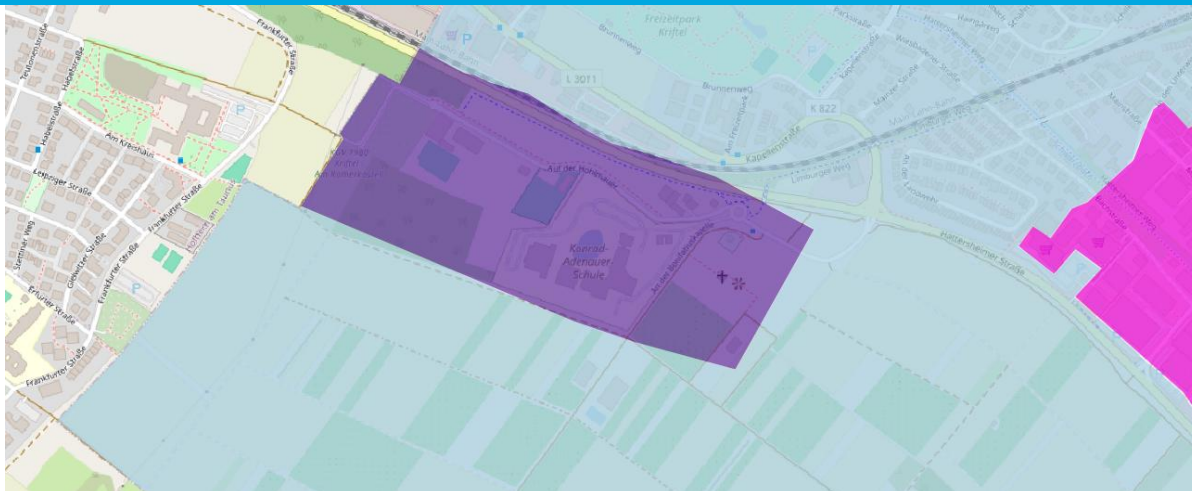
-

Maßnahme 7

Untersuchung der Anschlussmöglichkeiten an entstehende Wärmenetze in den
Nachbarkommunen

Handlungsfeld:
Aufbau Wärmeinfrastruktur

Priorität:
Mittel



Beschreibung und Ziel:

Im Osten Hofheims entsteht ein Rechenzentrum, dessen Abwärme künftig ein dort geplantes Fernwärmenetz speisen soll. Für den Südwesten Kriftels könnte sich daraus perspektivisch eine Anschlussmöglichkeit an dieses neue Netz ergeben. Entscheidend ist zunächst ein kontinuierlicher Austausch mit den Nachbarkommunen sowie dem zuständigen Netzbetreiber, um technische, wirtschaftliche und organisatorische Rahmenbedingungen frühzeitig abzustimmen. In einem zweiten Schritt wird – abhängig von den Ergebnissen der Maßnahme 5 – die Untersuchung der Machbarkeit relevant. Hierfür bietet sich die Erstellung einer Machbarkeitsstudie, beispielsweise gefördert über die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), an.

Umsetzungsschritte:

1. Qualifizierung des Abwärmepotenzials und Auslastung des Hofheimer Wärmenetzes
2. Erste Eingrenzung des potenziellen Versorgungsgebiets und Erstellung Projektskizze
3. Kostenerhebung Machbarkeitsstudie: Angebote müssen eingeholt werden
4. Prüfung der Machbarkeit der Wärmenutzung mittels einer Machbarkeitsstudie
5. Planung der Erschließung

Verantwortliche Stelle:

Gemeindeverwaltung Kriftel bzw. potenzieller zukünftiger Betreiber des Wärmenetzes

Zeitraum

In Anschluss an Maßnahme 5

Kosten:

ca. 50.000 € (50 % gefördert) Kosten abhängig von Projektumfang, Kostenschätzung erfolgt im Rahmen von Machbarkeitsstudie und Entwurfsplanung

Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit:

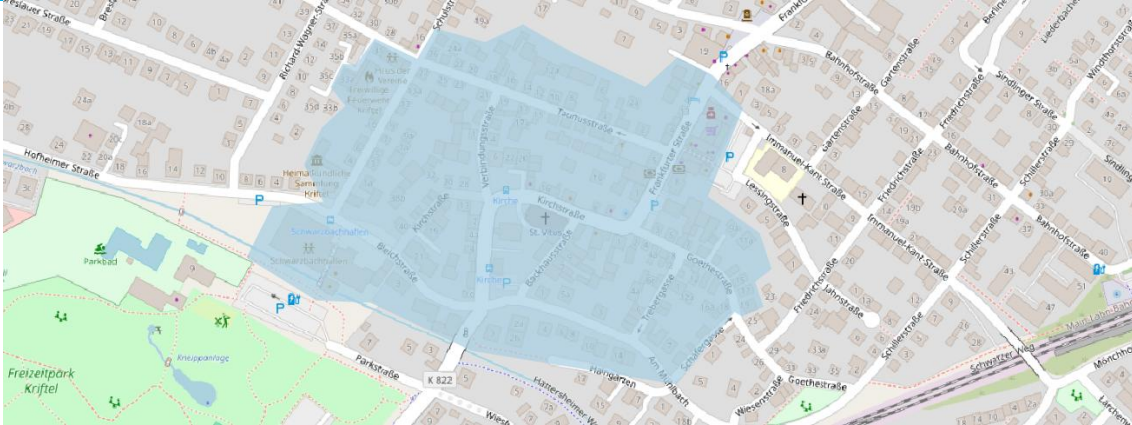
-

Maßnahme 8

Integriertes Quartierskonzept für das Teilgebiet „Kriftel Ortskern“

Handlungsfeld:
Aufbau Wärmeinfrastruktur

Priorität:
Mittel



Beschreibung und Ziel:

Der Krifteler Ortskern weist eine hohe Wärmeliniedichte und eine dichte Bebauungsstruktur auf. Obwohl derzeit keine relevanten lokalen Wärmequellen für ein Wärmenetz identifiziert werden konnten, bestehen grundsätzlich Potenziale für quartiersbezogene Effizienz- und Dekarbonisierungsmaßnahmen. Der digitale Zwilling zeigt jedoch, dass einige Gebäude nur eingeschränkt für Wärmepumpen geeignet sind, sodass eine rein individuelle Lösung nicht flächendeckend tragfähig erscheint. Zur Klärung der geeigneten Technologien und zur Entwicklung eines umsetzbaren Transformationspfads soll ein integriertes Quartierskonzept nach KfW 432 erstellt werden. Ziel ist eine technologieoffene, gebäudescharfe Strategie, die Sanierungspotenziale und erneuerbare Wärmetechnologien sinnvoll miteinander verbindet.

Umsetzungsschritte:

1. Fördermittel prüfen und Antrag vorbereiten (KfW 432)
2. Datengrundlagen konsolidieren
3. Stakeholder einbinden
4. Analyse der technologischen Optionen
5. Entwicklung eines Transformationspfads
6. Wirtschaftlichkeits- und Förderanalyse durchführen
7. Erstellung des Quartierskonzepts
8. Vorbereitung der Umsetzung

Verantwortliche Stelle:

Gemeindeverwaltung Kriftel bzw. potenzieller zukünftiger Betreiber des Wärmenetzes

Zeitraum

Im Anschluss an Maßnahme 5

Kosten:

ca. 50.000 € (ggf. 75% Förderung durch KfW 432)

Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit:

-

Maßnahme 9

Laufende Kommunikation mit dem Gasnetzbetreiber zur
Gasnetztransformationsplanung für Kriftel

Handlungsfeld:
Planung Energieinfrastruktur

Priorität:
Niedrig



Beschreibung und Ziel:

Derzeit existiert für Kriftel kein offizieller Gasnetztransformationsplan. Um Klarheit über die zukünftige Rolle und Entwicklung des Gasnetzes zu erhalten, ist eine enge Abstimmung mit der Mainova erforderlich, mit dem Ziel, gemeinsam einen entsprechenden Transformationsplan zu erarbeiten.

Umsetzungsschritte:

1. Vorstellung KWP bei Gasnetzbetreiber, Abstimmung zur Erstellung Gasnetztransformationsplan
2. Vorlegen der Planung bei der Bundesnetzagentur zur Prüfung und Genehmigung (nach Umsetzung der EU-Gasbinnenmarktrichtlinie)

Verantwortliche Stelle:

Gemeindeverwaltung Kriftel – in Abstimmung mit Gasnetzbetreiber

Zeitraum

fortlaufend

Kosten:

2.000 € - 5.000 € (Abstimmungsaufwand)

Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit:

Kommunikation der Ergebnisse mit betroffenen Endkunden. Transparenz über Zukunft des Gasnetzes als wichtiger Entscheidungsfaktor in der Wärmewende

Maßnahme 10

Laufende Kommunikation mit dem Stromnetzbetreiber zur
Zielnetzplanung Strom für Kriftel

Handlungsfeld:
Planung Energieinfrastruktur

Priorität:
Mittel



Beschreibung und Ziel:

Das Stromnetz in Kriftel wird eine zentrale Rolle für die zukünftige klimaneutrale Wärmeversorgung sowie die Mobilitätswende einnehmen. Insbesondere muss die Versorgung sowohl von Großwärmepumpen für mögliche Wärmenetze als auch von dezentralen Wärmepumpen in Einzelgebäuden zuverlässig gewährleistet sein. Um die technische Machbarkeit des in der kommunalen Wärmeplanung vorgesehenen Transformationspfades abzusichern, ist eine enge Abstimmung mit der Syna im Rahmen einer gemeinsamen Strom-Zielnetzplanung erforderlich.

Umsetzungsschritte:

1. Vorstellung der Ergebnisse der KWP bei Stromnetzbetreiber, Abstimmung zur Erstellung eines Zielnetzplanes Strom

Verantwortliche Stelle:

Gemeindeverwaltung Kriftel – in Abstimmung mit Stromnetzbetreiber

Zeitraum

fortlaufend

Kosten:

2.000 € - 5.000 € (Abstimmungsaufwand)

Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit:

Kommunikation von Netzkapazitäten an Gebäudeeigentümer hinsichtlich der Möglichkeit von dezentralen Wärmepumpen und an potenzielle Wärmenetzbetreiber für den Betrieb von Großwärmepumpen.

9 Verstetigungs- und Controllingkonzept

Die Gemeinde Kriftel hat in Zusammenarbeit mit der Syna und weiteren Akteuren im Rahmen des kommunalen Wärmeplans einen umsetzungsorientierten Maßnahmenkatalog ausgearbeitet. Dieser soll in der anschließenden Realisierung ein hohes Maß an CO₂-Emissionsreduzierung bewirken und eine sozialverträgliche Wärmewende in Kriftel bis hin zum klimaneutralen Zielszenario begleiten.

Die **Verstetigungsstrategie** ist im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung von entscheidender Bedeutung, um die kontinuierliche Umsetzung der Maßnahmen und die Fortschreibung des Plans sicherzustellen. Die Strategie gewährleistet, dass die Ziele der Wärmeplanung nicht nur kurzfristig erreicht werden, sondern langfristig Bestand haben und angepasst werden können. Der kommunale Wärmeplan ist ein dynamisches Planungsdokument. Beschlossene Maßnahmen müssen aktiv in die Umsetzung gebracht werden, damit der Plan nicht erst in 5 Jahren zur nächsten gesetzlich vorgesehenen Fortschreibung nach §25 Wärmeplanungsgesetz wieder relevant wird. Durch die Etablierung von kontinuierlichen Überwachungs- und Evaluationsmechanismen wird sichergestellt, dass die erzielten Fortschritte regelmäßig überprüft und optimiert werden. Zudem werden für jede Maßnahme die zuständigen Stellen bei der Gemeinde Kriftel benannt, welche für die Umsetzung der Maßnahmen die Hauptverantwortung tragen. Somit wird die Resilienz und Anpassungsfähigkeit des kommunalen Wärmeplans gestärkt, was letztlich zu einer nachhaltigeren und effizienteren Ressourcennutzung auf lokaler Ebene beiträgt und den Grundstein einer erfolgreichen Wärmewende legen soll.

Die fachbezogene Steuerung und Koordination des Gesamtprozesses "Wärmewende" liegt zukünftig im Aufgabenfeld des FB 6: Bauen, Planen und Umwelt. Es soll eine Arbeitsgruppe Wärmewende gegründet werden, die quartalsweise zusammenkommen soll. Die folgenden Handlungsfelder sollen durch Vertreter der Gemeinde in der Arbeitsgruppe Wärmewende repräsentiert sein:

- Bauamt
- Fördermittelmanagement
- Liegenschaften, Bau und Gemeindeentwicklung

Ziel ist die Schaffung, Qualifizierung und Etablierung von Personalkapazitäten bei der Gemeindeverwaltung. Generell müssen Personalkapazitäten mit der Haushaltslage und aktuellen Fördersituation abgestimmt sein.

Was die Organisation und Koordination der Fortschreibung der KWP angeht, so ist die Klärung von Aufgaben, Zuständigkeiten und Befugnissen notwendig. Die Aufgaben werden wie folgt zugewiesen:

Aktualisierung von Daten

→ FB 6

Hierzu gehören u.a. Bestands- als auch Potenzialdaten. Bei Weiterverwendung des digitalen Zwillings sollten aktualisierte Daten auch dort importiert werden. Aber auch Informationen zu sich ergebenden Bauprojekten oder Vorhaben der Netzbetreiber sind fortwährend zu berücksichtigen und zu aktualisieren.

Berichtswesen (Monitoring & Reporting) → FB 6

Die im Folgenden im Rahmen des Controlling-Konzepts dargestellten Zielindikatoren sind gemäß jeweiliger Vorgabe zu monitoren. Ein ergänzendes Reporting mit Erläuterung hilft bei der Einordnung und Plausibilisierung der jeweiligen Entwicklungen. Dies kann im Rahmen von Protokollen oder Kurzberichten erfolgen.

Evaluation von Maßnahmen & Strategien → Arbeitsgruppe Wärmewende

Aufbauend auf Maßnahmenkatalog müssen die Maßnahmen kritisch bewertet werden, dazu gehört auch die Anpassung oder Ergänzung von Maßnahmen.

Neben der Arbeitsgruppe Wärmewende soll ein jährlicher KWP-Workshop abgehalten werden, welcher ebenfalls durch das Bauamt koordiniert wird. Beteiligt werden Fachexperten aus den Bereichen:

- Energie und Gemeindeplanung
- Gebäude- und Energiemanagement
- Handwerkskammer
- Netzbetreiber
- Bezirksschornsteinfeger

Zur Messung der Zielerreichung des Maßnahmenkatalogs ist ein regelmäßiges **Controllingkonzept** unabdingbar. Es sollen dabei geeignete Schritte für die Top-down und Bottom-up Nachverfolgung herausgearbeitet werden. Weiterhin sind geeignete Indikatoren und Rahmenbedingungen für die Datenerfassung und -auswertung zu erstellen. Dazu wurden im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung verschiedene „SMARTe“ Ziele festgelegt. Der Grundsatz von „SMARTen“ Zielen ist ein Konzept, das verwendet wird, um Ziele klar zu definieren und die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass sie erfolgreich erreicht werden [16]. „SMART“ steht für:

- **Spezifisch:** Ein Ziel sollte klar und präzise formuliert sein.
- **Messbar:** Es ist wichtig, dass der Fortschritt und das Erreichen des Ziels messbar sind. Dies ermöglicht es, den Erfolg zu quantifizieren und bei Bedarf Anpassungen vorzunehmen.
- **Attraktiv:** Das Ziel sollte realistisch und erreichbar sein, basierend auf den verfügbaren Ressourcen und Fähigkeiten. Ein Ziel, das zu ambitioniert ist, kann demotivierend wirken, während ein zu einfaches Ziel keine Herausforderung darstellt.
- **Relevant:** Das Ziel sollte eine Bedeutung haben und im Einklang mit den übergeordneten Zielen oder Werten der Wärmewende stehen.
- **Terminiert:** Ein „SMARTes“ Ziel muss einen klaren Zeitrahmen haben, innerhalb dessen es erreicht werden soll. Ein konkreter Endpunkt schafft Dringlichkeit und Fokus.

Zusammengefasst hilft das „SMART“-Prinzip dabei, Ziele klar zu definieren, ihre Erreichbarkeit zu überprüfen und sicherzustellen, dass sie in einem festgelegten Zeitrahmen verwirklicht werden können.

S	Spezifisch	Ist der Zielindikator korrekt und so genau wie möglich?
M	Messbar	Ist der Zielindikator qualitativ & quantitativ messbar?
A	Attraktiv	Ist das gemessene Ziel zielführend und motivierend im Hinblick auf die Wärmewende?
R	Realistisch	Ist der angestrebte Zielwert mit gegebener Zeit und Mitteln realistisch erreichbar?
T	Terminiert	Sind die Zielwerte zeitlich festgelegt?

Abbildung 49: „SMARTe“ Ziele zur Kontrolle der Zielerreichung

Nachfolgend werden die Zielindikatoren und der Erhebungsprozess dieser für die Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung in Kriftel vorgestellt.

- **Anzahl installierter Wärmepumpen:** Der Wärmepumpenbestand in Kriftel soll kontinuierlich steigen, so dass vor allem Gebäude in sog. Einzelversorgungsgebieten, welche keinen Anschluss an ein Wärmenetz erwarten können, ihre Wärmeversorgung dekarbonisieren können. Im Zielszenario wird angenommen, dass alle Gebäude, welche nicht über ein Wärmenetz versorgt werden, zum Großteil mittels Wärmepumpe versorgt werden. Dies gilt auch für Gebäude innerhalb eines sog. Prüfgebiets, da hier die Versorgung durch ein Wärmenetz weitergehend zu prüfen ist und bis dahin eine Einzelversorgung angenommen wird. Die Erhebung der Anzahl installierter Wärmepumpen soll in Zusammenarbeit mit dem Stromnetzbetreiber Syna erfolgen. Hierzu ist die Anzahl der Kunden mit „Wärmepumpentarif“ als Indikator für vorhandene Wärmepumpen heranzuziehen. Sollte hier seitens der Syna keine Auskunft erteilt werden, können über eine Bürgerplattform der Gemeinde Kriftel die installierten Wärmepumpen anonymisiert und freiwillig registriert und gezählt werden.
- **Geförderte Wärmepumpen über kommunales Förderprogramm:** Derzeit gibt es kein kommunales Förderprogramm für Wärmepumpen. Langfristig (in 5 Jahren) muss nochmals geprüft werden, ob eine neue Haushaltssituation ein solches Programm zulässt. Sollte dies der Fall sein, wäre ein weiterer Zielindikator, dass 50 % aller in Kriftel umgesetzten Wärmepumpen über das kommunale Förderprogramm gefördert werden. Die Auswertung kann dabei intern erfolgen.
- **Anzahl installierter Wärmenetzanschlüsse:** Eine zentrale Maßnahme der Wärmewende in Kriftel liegt in der Errichtung eines bzw. mehrerer Wärmenetze. Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung zeigen die mögliche Ausbreitung dieser Wärmenetze und die Gebäude mit Anschlussmöglichkeit an ein Wärmenetz. Die Erhebung

der Anzahl installierter Wärmenetzanschlüsse erfolgt über den oder die zukünftigen Wärmenetzbetreiber in Kriftel.

- **Versorgungsanteil Wärmebedarf mittels Wärmenetze:** Zum heutigen Stand existiert in Kriftel kein Wärmenetz. Die kommunale Wärmeplanung zeigt auf, dass in einem Wärmenetzeignungsgebiet, ohne aktuell bestehendes Wärmenetz, eine ausreichend hohe Wärmeliniendichte existiert, so dass ein Wärmenetz dort wahrscheinlich ist. Die Erhebung kann im Rahmen der Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans im Jahr 2030 erfolgen. Eine Erhebung ist über den/die zukünftigen Wärmenetzbetreiber möglich.
- **Anzahl Heizölkessel:** Heizölkessel sind die zweit-häufigste Wärmeerzeugungstechnologie im Untersuchungsgebiet Kriftel. Die Verringerung der Anzahl von Heizölkesseln ist besonders wichtig für die Wärmewende, weil Heizöl deutlich höhere spezifische CO₂-Emissionen verursacht als Erdgas. Bei der Verbrennung von Heizöl entstehen pro Kilowattstunde Wärme rund 20-30 % mehr CO₂ als bei Erdgas. Dadurch tragen Heizölkessel überproportional zur Klimabelastung bei. Der Austausch dieser Kessel durch effizientere und klimafreundlichere Technologien ist daher ein entscheidender Schritt, um die CO₂-Emissionen im Wärmesektor in Kriftel zu senken und die Wärmewende erfolgreich zu gestalten. Die Erhebung der Anzahl installierter bzw. aktiver Heizölkessel erfolgt über die regionale Schornsteinfegerinnung.
- **Anteil erneuerbarer Energien an Wärmeerzeugung:** Ein Indikator für die Wärmeerzeugung bildet u.a. der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung in Kriftel. Dabei gilt die Versorgung über Wärmepumpen und Wärmenetze als 100 % treibhausgasneutral, unabhängig der eigentlich produzierten Wärme bzw. des produzierten Stroms. Die Gemeinde Kriftel kann über verschiedene Maßnahmen die Wärmewende direkt beeinflussen, z.B. über die individuelle Förderung von Wärmepumpen oder Wärmenetzanschlüssen. Es liegt jedoch außerhalb ihres Geltungsbereichs, wie Strom und Wärme konkret produziert werden – hier gibt es zudem bereits bundesweite Auflagen, dass Strom und Wärme bis 2045 treibhausgasneutral produziert werden müssen. Ein kontinuierlich steigender Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeerzeugung bis zur vollständigen Klimaneutralität im Jahr 2045 ist somit fundamental, um eine Verschiebung wichtiger Maßnahmen in spätere Jahre zu vermeiden. Die Erhebung kann im Rahmen der Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans im Jahr 2030 erfolgen.
- **Versorgungsanteil Wärmebedarf mittels Erdgas:** Aktuell wird in Kriftel zu 80 % mittels Erdgas geheizt (Endenergie). Zum Gelingen der Wärmewende muss dieser Anteil bis 2045 auf 0 % sinken. Eine kontinuierliche Senkung des Erdgasanteils an der Wärmeversorgung in Kriftel ist somit essenziell. Die Erhebung kann mit Unterstützung des Gasnetzbetreibers Syna im Rahmen der Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans im Jahr 2030 erfolgen.

- **CO₂-Emissionen durch Erdgas und Heizöl:** Übergeordnet verfolgt die Wärmewende das Ziel, die Wärmeversorgung bis spätestens 2045 vollständig zu dekarbonisieren. Somit ist eine kontinuierliche Reduktion der CO₂-Emissionen durch die Substitution von Gas- und Heizöl-Geräten durch Wärmepumpen und Wärmenetze in Einzelversorgungs- und Wärmenetzgebieten das Fundament einer funktionierenden Wärmewende. Die Erhebung kann im Rahmen der Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans im Jahr 2030 erfolgen.
- **Gesamtwärmebedarf in Kriftel:** Die Energieeinsparpotenziale in Gebäuden und damit die Senkung des Gesamtwärmebedarfs in Kriftel stellen einen wichtigen Hebel in der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung dar. Jede Kilowattstunde Wärme, welche nicht benötigt wird, muss auch nicht aus den begrenzten erneuerbaren Wärmequellen bereitgestellt werden. Im Rahmen des Zielszenarios wurde ein realistisches Energieeinsparpotenzial ermittelt, welche als Zielindikator verwendet wird. Es sei dabei zu erwähnen, dass dieser keine möglichen Neubauten und Neubaugebiete (inkl. neuer Industriegebiete) und den damit verbundenen steigenden Wärmebedarf beinhaltet. Die Erhebung kann im Rahmen der Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans im Jahr 2030 erfolgen.

Der aktuelle Stand der Zielindikatoren ist in Tabelle 13 dargestellt.

Zielindikator	Stand: 2025
Anzahl installierter Wärmepumpen	65
Geförderte Wärmepumpen über kommunales Förderprogramm	-
Anzahl installierter Wärmenetzanschlüsse	0
Versorgungsanteil Wärmebedarf mittels Wärmenetze	0%
Anzahl Heizölkessel	244
Anteil erneuerbarer Energien an Wärmeerzeugung	2,5%
Versorgungsanteil Wärmebedarf mittels Erdgas	~ 80%
CO ₂ -Emissionen durch Erdgas und Heizöl	25.197,3 t/a (= 95,9 %)
Gesamtwärmebedarf in Kriftel	Wärmebedarf (Endenergie) = 92,4 GWh/a Wärmebedarf (Nutzenergie) = 78,7 GWh/a

Tabelle 13: Zielindikatoren Stand 2025

10 Beteiligungs- und Kommunikationskonzept

Kommunikation und Bürgerbeteiligung sind in der kommunalen Wärmeplanung von zentraler Bedeutung, da die komplexen und teils kontroversen Gesetzgebungsprozesse rund um das Gebäudeenergiegesetz (GEG) und das Wärmeplanungsgesetz (WPG) zu einer Verunsicherung bei vielen Bürgerinnen und Bürgern geführt haben. Viele Menschen haben Fragen zur Zukunft ihrer Heizsysteme und zur Finanzierung der anstehenden Umstellungen. Die klare und transparente Kommunikation seitens der Gemeinde Kriftel verfolgt das Ziel, Vertrauen aufzubauen, indem über lokale Ziele, konkrete Maßnahmen und langfristige Vorteile aufgeklärt wird. Auch die Zukunft des Erdgasverteilnetzes ist dabei von zentraler Bedeutung. Wenn Bürgerinnen und Bürger aktiv in die Planungsprozesse eingebunden werden, können ihre Sorgen und Bedenken direkt berücksichtigt werden. So können auch Missverständnisse reduziert und das Verständnis für notwendige Schritte erhöht werden. Bürgerbeteiligung ermöglicht es zudem, maßgeschneiderte Lösungen zu entwickeln, die auf die Bedürfnisse und Möglichkeiten der Gemeinde abgestimmt sind, was wiederum die Akzeptanz für die Wärmewende vor Ort steigert und zur erfolgreichen Umsetzung beiträgt.

10.1 Beteiligungsprozesse während der Wärmeplanung

Im Rahmen der Erarbeitung des kommunalen Wärmeplans wurden verschiedene Beteiligungsformate umgesetzt. Zu Beginn der KWP wurden dafür in einer Akteursanalyse relevante Akteure identifiziert und individuelle Kommunikationsstrategien entwickelt. Diese beinhalten vor allem die Einbindung der Politik, der Netzbetreiber und der Öffentlichkeit.

Zunächst wurden dafür die relevanten Akteurinnen und Akteure systematisch erfasst und ihre Rollen, Interessen und Einflussmöglichkeiten analysiert (Abbildung 50). Anschließend wurde abgestimmt, wie diese Beteiligten sinnvoll in den Planungsprozess eingebunden werden können und welche Chancen oder Risiken sich daraus ergeben. Darauf aufbauend wurden zentrale Botschaften und geeignete Zeitpunkte für die Kommunikation festgelegt. Abschließend wurde entschieden, über welche Kommunikationskanäle die jeweiligen Zielgruppen informiert und aktiv eingebunden werden. Das Ergebnis ist ein strukturiertes Kommunikationskonzept, das Transparenz und Akzeptanz im gesamten Prozess fördert.

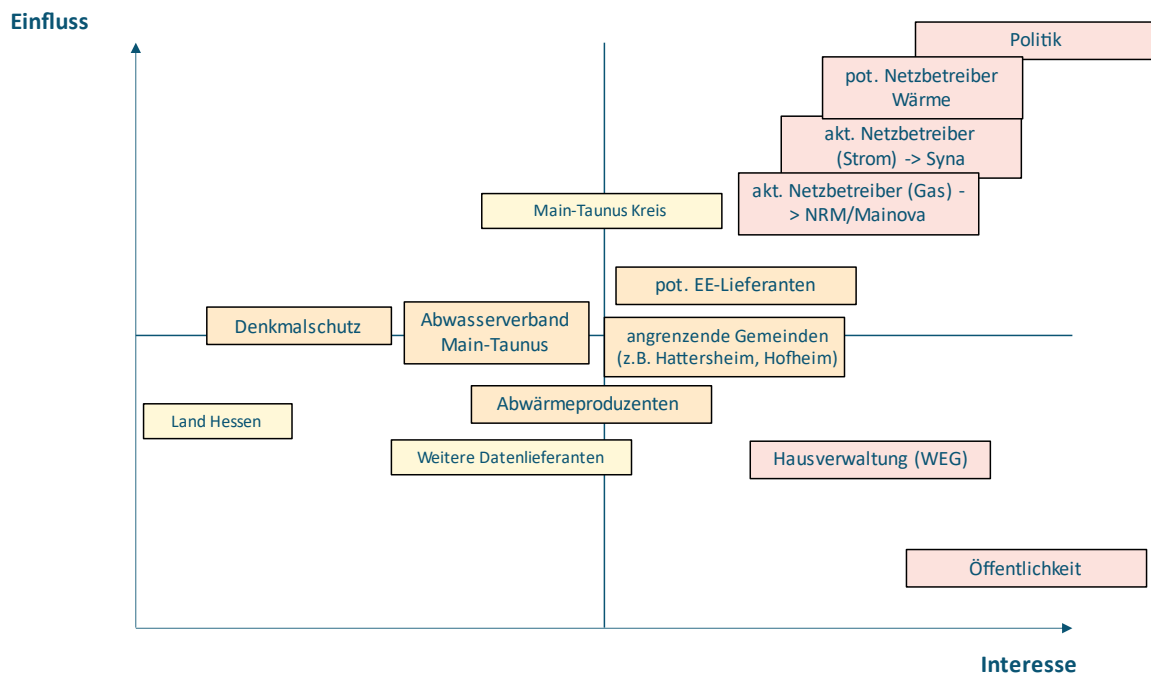


Abbildung 50: Einfluss-Interessen-Matrix der Akteursanalyse

Am 12. Januar 2026 fand ein Akteursworkshop im Rahmen einer Sitzung der „AG Klimaschutz“ statt. In diesem Rahmen hatte die Politik die Möglichkeit mit dem Projektteam und anwesenden Netzbetreibern über die zukünftige Energie- und Wärmeversorgung der Gemeinde Kriftel zu sprechen. Dazu wurden an drei Stationen die identifizierten Gebiete und vorgeschlagenen Maßnahmen vorgestellt. Im Rahmen eines World Cafés tauschten sich die verschiedenen Akteure über Vor- und Nachteile aus.



Abbildung 51: Impressionen aus dem Akteursworkshop

Am 21. Januar 2026 fand eine Bürgerversammlung zur KWP im Rat- und Bürgerhaus von Kriftel statt. Auf der Agenda standen neben den rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen der Wärmeplanung, die Zwischenergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse und die Gebietsidentifikation, sowie die Vorstellung der Maßnahmen. Im Anschluss an die Veranstaltung konnten Bürgerinnen und Bürger mit den Verantwortlichen für die KWP in den Dialog treten und sich einbringen.



Abbildung 52: Impressionen aus der Bürgerversammlung vom 21.01.2026

10.2 Kommunikationsstrategie für die Wärmewende in Kriftel

Ziel dieser Strategie ist es, alle relevanten Akteure zu informieren, zu sensibilisieren und zu motivieren, sodass die geplanten Veränderungen gemeinsam erfolgreich umgesetzt werden. Die Kommunikationsstrategie bildet dabei einen zentralen Bestandteil der Verstetigungsstrategie und unterstützt die Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien.

10.2.1 Ziele der Kommunikationsstrategie

Die Strategie verfolgt folgende Hauptziele:

- Die Bevölkerung über die Notwendigkeit und Vorteile der Wärmewende aufzuklären.
- Akzeptanz zu fördern und die aktive Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger zu stärken.
- Transparenz über Fortschritte und Herausforderungen der Wärmewende zu schaffen.
- Die Zusammenarbeit zwischen Gemeindeverwaltung, Energieversorgern, Gebäudeeigentümern und weiteren Akteuren zu intensivieren.

10.2.2 Maßnahmen und Instrumente

Informationskampagnen

Regelmäßige Informationskampagnen sorgen dafür, dass die Bevölkerung kontinuierlich über Ziele, Fortschritte und Hintergründe der Wärmewende informiert wird. Hierzu können lokale Medien, Social Media, Radiostationen und Plakataktionen genutzt werden. Die Inhalte sollten klar verständlich, anschaulich und ansprechend gestaltet sein, um ein breites Publikum zu erreichen.

Workshops und Beratungsangebote

Workshops und individuelle Beratungen ermöglichen eine vertiefte Auseinandersetzung mit Themen wie Energieeinsparung, Nutzung erneuerbarer Energien und Fördermöglichkeiten. Experten führen durch die Veranstaltungen und bieten konkrete Handlungsempfehlungen, um Bürgerinnen und Bürger zur Umsetzung eigener Projekte zu motivieren.

Transparenz durch Monitoring-Systeme

Ein Monitoring-System zur Nachverfolgung der Fortschritte und Wirkungen der Maßnahmen ist entscheidend für die Akzeptanz. Regelmäßige Berichte und öffentliche Präsentationen informieren die Bürgerinnen und Bürger über den Stand der Wärmewende in Kriftel und stärken das Vertrauen in die getroffenen Maßnahmen.

Förderprogramme und finanzielle Anreize

Ein weiterer Schwerpunkt der Kommunikationsstrategie liegt auf der Bekanntmachung von Förderprogrammen und finanziellen Anreizen. Durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit sollen Bürgerinnen und Bürger über verfügbare Unterstützungsmöglichkeiten informiert und zur Nutzung angeregt werden. Dies kann über Broschüren, Online-Portale oder persönliche Beratungsgespräche erfolgen.

Zusammenarbeit und Beteiligung

Die Wärmewende gelingt nur durch enge Kooperation aller Beteiligten. Die Gemeindeverwaltung sollte regelmäßige Treffen und Austauschformate mit Energieversorgern, Eigentümern, lokalen Unternehmen und engagierten Bürgerinnen und Bürgern organisieren. Ziel ist es, eine gemeinsame Vision zu entwickeln, um die gesetzten Klimaziele zu erreichen.

11 Fazit

Die kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Kriftel zeigt deutlich, dass die Transformation der Wärmeversorgung bis 2045 technisch möglich, jedoch nur mit einem koordinierten und schrittweisen Vorgehen realisierbar ist. Die Analyse des Gebäudebestands, der Wärmeverbräuche sowie der verfügbaren Potenziale verdeutlicht, dass insbesondere der Gebäudesektor einen zentralen Hebel für die Erreichung der Klimaziele darstellt.

Der Gebäudebestand in Kriftel ist überwiegend durch ältere, unsanierte oder teilsanierte Gebäude geprägt. Ein erheblicher Anteil der Gebäude wurde vor dem Jahr 2000 errichtet und weist entsprechend hohe spezifische Wärmebedarfe auf. Gleichzeitig besteht ein sehr hohes energetisches Sanierungspotenzial: Durch geeignete Sanierungsmaßnahmen können Teile des heutigen Wärmebedarfs reduziert werden. Die Energieeinsparung stellt damit einen wichtigen Baustein der Wärmewende in Kriftel dar.

Die Untersuchung der Versorgungsoptionen zeigt, dass eine flächendeckende Wärmenetzversorgung im Gemeindegebiet nicht realistisch ist. Vielmehr ergibt sich ein differenziertes Bild: Während einzelne Teilbereiche – insbesondere das östliche Gewerbegebiet – aufgrund vorhandener Abwärmepotenziale grundsätzlich für Wärmenetzlösungen geeignet sind, ist der überwiegende Teil des Gemeindegebiets auf dezentrale Einzelversorgungslösungen angewiesen. Wärmepumpen spielen dabei eine zentrale Rolle, wenngleich ihre Einsatzmöglichkeiten aufgrund individueller Rahmenbedingungen nicht für alle Gebäude gleichermaßen gegeben sind.

Vor diesem Hintergrund wurde der Ortskern von Kriftel als energetischer Schwerpunktbereich identifiziert. Die hohe Wärmeliniendichte, der schlechte energetische Zustand des Gebäudebestands sowie Einschränkungen bei der individuellen Technologiewahl sprechen hier für einen integrierten, quartiersbezogenen Ansatz. Die Erarbeitung eines integrierten Quartierskonzepts (nach KfW 432) wird daher als geeigneter nächster Schritt empfohlen, um Sanierungsmaßnahmen, Versorgungslösungen und Akteursbeteiligung gezielt zu bündeln. Die Prüfung weitergehender städtebaulicher Instrumente, wie etwa die Ausweisung eines Sanierungsgebiets, sollte auf Grundlage der Ergebnisse dieses Quartierskonzepts erfolgen.

Die kommunale Wärmeplanung versteht sich damit nicht als abschließender Maßnahmenplan, sondern als strategischer Orientierungsrahmen. Sie schafft Transparenz über zukünftige Versorgungsoptionen, gibt Planungssicherheit für Eigentümerinnen und Eigentümer sowie für Versorgungsunternehmen und bildet die Grundlage für weiterführende Planungen, politische Entscheidungen und Förderanträge. Die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende in Kriftel wird maßgeblich davon abhängen, die identifizierten Maßnahmen konsequent weiterzuverfolgen, regelmäßig zu überprüfen und in enger Abstimmung zwischen Kommune, Wirtschaft und Bürgerschaft fortzuentwickeln.

12 Literaturverzeichnis

- [1] Hessisches Statistisches Landesamt, „Bevölkerung in Hessen am 31.03.2025,“ 2025.
- [2] Landesenergieagentur Hessen GmbH, „Technische Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines regionalen Wasserstoff-Backbones im Rhein-Main-Gebiet,“ August 2023. [Online]. Available: <https://wirtschaft.hessen.de/sites/wirtschaft.hessen.de/files/2023-08/2023-08-Technische%2520Machbarkeitsstudie%2520Wasserstoff-Regionalnetz%2520Rhein-Main.pdf>. [Zugriff am 07 Juli 2024].
- [3] ENEKA GmbH, *Digitaler Zwilling für das Plangebiet Kriftel*, 2025.
- [4] M. Kaltschmitt, W. Streicher und A. Wiese, ERNEUERBARE ENERGIEEN - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 3. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2003.
- [5] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, [Online]. Available: <https://www.hlnug.de/>. [Zugriff am 25 07 2025].
- [6] LIAG-Institut für Angewandte Geophysik, „GeoTIS - Geothermisches Informationssystem,“ [Online]. Available: <https://www.geotis.de/geotisapp/geotis.php>.
- [7] T. Storvick und G. Suppes, *Handbook of Geothermal Energy*, Springer, 2016.
- [8] R. DiPippo, *Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact*. 4th ed., Elsevier Ltd., 2016.
- [9] Heizungsfinder, „Heizungsfinder,“ [Online]. Available: <https://www.heizungsfinder.de/waermepumpe>.
- [10] Landesenergieagentur Hessen GmbH, „Solar-Kataster Hessen,“ [Online]. Available: <https://www.lea-hessen.de/buergerinnen-und-buerger/sonnenenergie-nutzen/solar-kataster-hessen/>. [Zugriff am 25 07 2025].
- [11] Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW), „Praxisleitfaden Solarthermie,“ 2021.
- [12] KEEA, „Wärmewende-Coaching LEA Hessen,“ 2024.
- [13] Prognos, „Prognos BAU-Szenario 2023,“ [Online]. Available: https://www.prognos.com/sites/default/files/2024-06/BAU-Szenario-Prognos_Annahmen_und_Ergebnisse_2023__bereinigt.pdf. [Zugriff am 10 06 2025].
- [14] HLNUG, „HLNUG Klimareport Hessen 2024,“ [Online]. Available: https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/Klimareport_Hessen_2024.pdf. [Zugriff am 10 06 2025].
- [15] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Technikkatalog Wärmeplanung,“ [Online]. Available: https://api.kww-halle.de/fileadmin/user_upload/Technikkatalog_W%C3%A4rmeplanung_Version_1.1_August24_CC-BY.xlsx. [Zugriff am 15 07 2025].
- [16] A. Tegtmeier, „Aufgaben und Instrumente des Beteiligungsmanagements,“ in *Praxisleitfaden Kommunales Beteiligungsmanagement*, Leipzig, Springer Gabler, 2021, pp. 273-275.