

Endbericht zur Kommunalen Wärmeplanung

Endbericht zur Erstellung der kommunalen Wärmeplanung für die Stadt Kaltenordheim

Impressum

Auftraggeber



Stadt Kaltennordheim

Ansprechpartner

Frau Büttner

Bauamtsleiterin

036946/216-30

h.buettner@vghoerhoen.de

Auftragnehmer



Für Kommunen. Deutschlandweit. Seit 1957.

DSK Deutsche Stadt- und Grundstücksentwicklungsgesellschaft mbH

Abraham-Lincoln-Straße 44

35189 Wiesbaden

www.dsk-gmbh.de

Ansprechpartner

Herr Dr. Liesener

Gertraudenstraße 20

10178 Berlin

michael.liesener@dsk-gmbh.de

Frau Malinowski

Schlachthofstraße 81

99085 Erfurt

andrea-sara.malinowski@dsk-gmbh.de



TEAG Thüringer Energie AG

Schwerborner Straße 30

99087 Erfurt

Ansprechpartner

Marcus Witter

Schwerborner Straße 30

99087 Erfurt

marcus.witter@teag.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bearbeitungsstand: 30.06.2026

Herausgeber: DSK Deutsche Stadt- und Grundstücksentwicklungsgesellschaft mbH

Geschäftsführung: Dr. Frank Burlein, Eckhard Horwedel, Rolf Schütte, Dr. Paul Kowitz, Dr. Martin Dombrowski
USt-IdNr.DE 273 187 929

Förderhinweis:

Diese Publikation wurde aus dem Klima- und Transformationsfonds des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz / Nationale Klimaschutzinitiative gefördert.

Hinweis zur Geschlechter Formulierung:

Bei allen Bezeichnungen, die auf Personen bezogen sind, meint die gewählte Formulierung alle Geschlechter, auch wenn aus Gründen der leichten Lesbarkeit die männliche oder weibliche Form steht.

Hinweis zur Untersuchungsgebietsbezeichnung:

Im Folgenden werden die Begriffe Stadt und Untersuchungsgebiet synonym verwendet. Sie bezeichnen, sofern nicht ausdrücklich darauf hingewiesen wird, den Geltungsbereich der Kommunalgrenzen der Stadt Kaltennordheim, wie es in Abbildung 1 dargestellt ist.

Hinweis zur Nutzung von künstlicher Intelligenz (KI):

Bei der Erarbeitung des Konzeptes haben wir auf die Unterstützung durch künstliche Intelligenz zurückgegriffen. Diese fortschrittliche Technologie trug entscheidend zur Strukturierung und Formulierung unseres Berichts bei, um eine klare und präzise Informationsübermittlung zu gewährleisten. Dieser innovative Einsatz ermöglichte es, fundierte Entscheidungen zu treffen und Ressourcen effizienter zu nutzen.

Urheberrechtshinweis:

Das vorliegende Konzept unterliegt dem geltenden Urheberrecht. Ohne die ausdrückliche Zustimmung der Autoren und der o.g.

Auftraggeberin darf diese oder Auszüge daraus insbesondere nicht veröffentlicht, vervielfältigt und/oder anderweitig an Dritte weitergegeben werden. Sollte einer derartigen Nutzung zugestimmt und der Inhalt an anderer Stelle wiedergegeben werden, sind die Autoren gemäß anerkannten wissenschaftlichen Arbeitsweisen zu nennen.

Haftungsausschuss:

Das vorliegende Konzept wurde nach dem aktuellen Stand der Technik, nach den anerkannten Regeln der Wissenschaft sowie nach bestem Wissen und Gewissen der Autoren erstellt. Irrtümer vorbehalten. Fremde Quellen wurden entsprechend gekennzeichnet. Die Ergebnisse basieren weiterhin im dargelegten Maß auf Aussagen und Daten von fachkundigen Dritten, die im Rahmen von Befragungen ermittelt wurden. Alle Angaben und Quellen wurden sorgfältig auf Plausibilität geprüft. Die Autoren können jedoch keine Garantie für die Belastbarkeit der ausgewiesenen Ergebnisse geben.

Weiterhin basieren die Ergebnisse der vorliegenden Studie auf Rahmenbedingungen, die sich aus den dargelegten Gesetzen, Verordnungen und rechtlichen Normen ergeben. Diese, bzw. deren gerichtliche Auslegung, können sich ändern. Die Studie kann dahingehend nicht den Anspruch erheben, eine Rechtsberatung zu ersetzen und darf auch ausdrücklich nicht als eine solche verstanden werden.

Inhalt

1. Einführung	8
1.1. Strategischer Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung	9
1.2. Begriffsbestimmung	10
2. Bestandsanalyse	13
2.1. Methodik und Datengrundlage der Bestandsanalyse	14
2.2. Konzeptionelle Grundlagen	16
2.3. Entwicklung der Stadt Kaltennordheim	16
2.4. Gebäudebestand	18
2.5. Energetische Infrastruktur	24
2.6. Energetische Bedarfe	32
2.7. Energie- und Treibhausgasbilanz	36
3. Potenzialanalyse	41
3.1. Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden	42
3.2. Flächenscreening	47
3.3. Oberflächennahe Geothermie	50
3.4. Mitteltiefe- und Tiefengeothermie	59
3.5. Abwärme	64
3.6. Außenluft	64
3.7. Zentrale Wärmespeicher	66
3.8. Dachflächen Solarthermie / Photovoltaik (PV)	68
3.9. Freiflächen Photovoltaik	73
3.10. Biomasse	78
3.11. Klimaneutrale Gase	89
4. Szenarienentwicklung	91
4.1. Zukünftiger Wärmebedarf im Zielszenario	92
4.2. Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	93
4.3. Szenarienvergleich	100
4.4. Darstellung des Zielszenarios	104
5. Fokusgebiete	111
5.1. Fokusgebiet Kaltensundheim	112
5.2. Fokusgebiet Kaltennordheim	121
6. Wärmewendestrategie	131
6.1. Umsetzungsstrategie	132

6.2.	Verstetigungsstrategie	134
6.3.	Controllingkonzept	151
7.	Konzeptbegleitende Information- und Öffentlichkeitsarbeit.....	157
7.1.	Projektorganisation	158
7.2.	Akteursstruktur	159
7.3.	Partizipationsprozesse.....	159
Anhang		162

Abkürzungen

a	Jahr	GIS	Geoinformationssystem
AG	Aktiengesellschaft	GWh	Gigawattstunden
ALKIS	Amtliche Liegenschaftskataster Informationssystem	GmbH & Co. KG	Gesellschaft mit beschränkter Haftung & Compagnie Kommanditgesellschaft
BAK	Baualtersklassen	ha	Hektar
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Verkehrskontrolle	IKK	Investitionskredit Kommunen
BaG	Bundesamt für Güterverkehr	IKU	Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen
BaV	Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen	iSFP	Individueller Sanierungsfahrplan
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft	IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude	JAZ	Jahresarbeitszahl
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz	k.A.	Keine Angaben
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze	km	Kilometer
BHKW	Blockheizkraftwerk	kW	Kilowatt
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit	KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz	kWh	Kilowattstunden
CO₂	Kohlenstoffdioxid	KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
CO_{2äq}	Kohlenstoffdioxid Äquivalent	KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
dena	Deutsche Energieagentur	LOD2	Level of Detail 2
EE	Erneuerbare Energien	m	Meter
eG	Eingetragene Genossenschaft	m²	Quadratmeter
EEK	Energieeffizienzklasse	m_{Tr}	Trassenmeter
EH55	Effizienzhaus 55	MWh	Megawattstunde
EED	Energieeffizienzrichtlinie	NH	Nachhaltigkeitsklasse
EEE	Energie Effizienz Experte	NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien	OHG	Offene Handelsgesellschaft
EnEV	Energieeinsparverordnung	MaStR	Marktstammdatenregister
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz	PV	Photovoltaik
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive	RED II	Richtlinie zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien
EU	Europäische Union	t	Tonnen
Frauenhofer ISE	Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme	TABULA	Typology Approach for Building Stock Energy Assessment
GEG	Gebäudeenergiegesetz	u.A.	unter Anderem
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung	usw.	und so weiter
		VDI	Verein Deutscher Ingenieure
		WDVS	Wärmedämmverbundsystem
		WSVO	Wärmeschutzverordnung
		z.B.	zum Beispiel

1. Einführung

Die kommunale Wärmeplanung ist ein strategisches Instrument der nachhaltigen Stadtentwicklung. Sie unterstützt Kommunen dabei, den Umbau der Wärmeversorgung hin zur Klimaneutralität langfristig und standortspezifisch zu gestalten.

Im Mittelpunkt steht die Analyse des lokalen Wärmebedarfs und die Entwicklung von Maßnahmen, wie dieser künftig durch erneuerbare und emissionsfreie Energien gedeckt werden kann. Dadurch wird Transparenz geschaffen und sowohl Bürgern als auch Unternehmen und der Verwaltung Planungssicherheit für eine zukunftsfähige Versorgung geboten. Als wirksames Werkzeug zur Beschleunigung der Wärmewende liefert die Wärmeplanung der kommunalen Verwaltung einen strategischen Fahrplan, ohne eine detaillierte Netz- oder Quartiersplanung zu ersetzen.

Der Prozess umfasst mehrere Phasen: Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Szenarienentwicklung und Wärmewendestrategie. Ergänzend werden Fokusgebiete vertieft betrachtet sowie ein Controllingkonzept und eine Verstetigungsstrategie erarbeitet. Begleitet wird der gesamte Prozess durch die Einbindung relevanter Akteure und der Öffentlichkeit, um die Umsetzung langfristig zu sichern.



1.1. Strategischer Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung macht in Deutschland mehr als 50 % des gesamten Endenergieverbrauchs aus und verursacht einen Großteil der CO₂-Emissionen. Rund 80 % der Wärmenachfrage wird derzeit durch den Einsatz fossiler Brennstoffe wie Gas und Öl gedeckt, die in weiten Teilen importiert werden. Von den etwa 41 Millionen Haushalten in Deutschland heizt fast jeder zweite mit Gas, knapp jeder vierte mit Heizöl. Der Anteil der Fernwärme liegt bei etwa 14 %, doch auch diese wird bislang überwiegend auf Basis fossiler Energiequellen erzeugt. Mit Blick auf die klimapolitischen Zielsetzungen der Bundesregierung kommt der Transformation des Wärmesektors und der Effizienzsteigerung bei Wärmeerzeugung und -nutzung somit eine entscheidende Bedeutung zu.

Die Energiewende wurde zumindest in der öffentlichen Wahrnehmung lange mit dem Stromsektor assoziiert und hier mit dem Ausbau von Windkraft- und Photovoltaikanlagen gleichgesetzt. Der Bereich der Wärmeversorgung wurde überwiegend auf dezentraler Ebene behandelt. Hier haben zuerst die Energieeinsparverordnung (EnEV) und ab 2020 das Gebäudeenergiegesetz (GEG) energetische Standards für die Gebäudehülle und im geringeren Ausmaß auch für die Energieversorgung insbesondere im Neubau definiert. Die Transformation der Wärmeversorgung wurde durch positive und negative Anreizinstrumente stimuliert. Als Beispiel für erstere können unterschiedliche Förderprogramme für nachhaltigere Technologien genannt werden. Letztere wird insbesondere durch die CO₂-Steuer repräsentiert, mit der versucht wird, zumindest einen Teil der negativen Folgen, die durch die Verwendung fossiler Energieträger entstehen, zu monetarisieren. Die Besteuerung des CO₂-Ausstoßes soll den Preis fossiler Energien erhöhen und somit den finanziellen Anreiz für den Umstieg auf klimaneutrale Energieträger steigern. Eine strategische Sichtweise, die gebäudeübergreifend und insbesondere auch auf den Bestand ausgerichtet wäre, fehlte.

Diese Komponente wurde durch das im Jahr 2023 verabschiedete Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz, WPG) geschaffen. Es handelt sich hierbei um eines der zentralen politischen Instrumente, um die Klimaschutzziele der Bundesregierung im Wärmesektor zu erreichen. Das Wärmeplanungsgesetz verpflichtet die Bundesländer, die Erstellung von Wärmeplänen auf ihrem Hoheitsgebiet sicherzustellen. Das (bundes-)Wärmeplanungsgesetz verpflichtet also nicht direkt die Kommunen zur Wärmeplanung, sondern adressiert eine sogenannte „planungsverantwortliche Stelle“, die von den Ländern per Landesgesetz zu definieren ist. Auf Ebene des Landes Thüringen erfolgt die Umsetzung durch das Thüringer Ausführungsgesetz zum Wärmeplanungsgesetz (ThürWPGAG). In diesem wird festgelegt, welche Städte, Gemeinden und Landkreise für die Wärmeplanung zuständig sind. Damit ist auch die Stadt Kaltennordheim in der Verantwortung, einen kommunalen Wärmeplan für ihr Stadtgebiet zu erstellen.

Die Gesetzgebung sieht für die Kommunen die verpflichtende Erstellung von Wärmeplänen bis zum 30. Juni 2026 für Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern bzw. bis zum 30. Juni 2028 für kleinere Kommunen vor. Kaltennordheim mit rund 5.500 Einwohnern fällt somit in die zweite Kategorie und ist verpflichtet, bis spätestens Mitte 2028 einen Wärmeplan vorzulegen.

Die kommunale Wärmeplanung ist ein strategischer Prozess, mit dem eine klimaneutrale, zuverlässige und bezahlbare Wärmeversorgung für das jeweilige Gemeindegebiet entwickelt werden soll. Ziel ist es, Klarheit darüber zu schaffen, welche Versorgungsformen – wie Wärmenetze, Einzelheizungen oder Hybridlösungen – in welchen Gebieten langfristig geeignet sind, um den Wärmebedarf bis 2045 möglichst effizient und klimaneutral zu decken. Die Wärmeplanung soll Gebäudeeigentümern Orientierung bieten, Planungssicherheit schaffen und die Weichen für eine zukunftsfähige Energieversorgung stellen. Dabei ist wichtig zu betonen, dass sich aus dem Wärmeplan selbst keine unmittelbaren Pflichten zur Umsetzung ergeben, noch können daraus Ansprüche Dritter auf bestimmte Maßnahmen abgeleitet werden. Vielmehr handelt es sich um ein strategisches Planungsinstrument, das sowohl kommunale Entscheidungsträger als auch Bürgerinnen und Bürger bei der Wärmewende unterstützen soll.

Die vorliegende Wärmeplanung bezieht sich auf das Stadtgebiet von Kaltennordheim im Landkreis Schmalkalden-Meiningen. Die Stadt Kaltennordheim besteht neben der Kernstadt aus den Ortsteilen Andenhausen, Aschenhausen, Fischbach, Kaltenlengsfeld, Kaltensundheim, Kaltenwestheim, Klings, Melpers, Mittelsdorf, Oberkatz und Unterweid. Die geografische Struktur der Ortsteile stellt in der Wärmeplanung spezifische Anforderungen, da die Versorgungsoptionen und Infrastruktur je nach Lage und Nutzung der einzelnen Teilorte variieren können.

Die Stadt beauftragte im April 2025 ein Konsortium mit der Erstellung des Wärmeplans. Der formelle Projektauftritt zwischen Vertretern der Auftraggeber- und Auftragnehmerseite erfolgt im September 2025.

1.2. Begriffsbestimmung

Das vorliegende Konzept richtet sich an eine Leserschaft mit unterschiedlichem Wissensstand und Hintergrund. Um ein besseres Verständnis der Inhalte zu erlauben, sollen an dieser Stelle einzelne Begriffe definiert und eingeordnet werden.

„Baublock“ stellt ein Gebäude oder mehrere Gebäude oder Liegenschaften dar, dass oder die von mehreren oder sämtlichen Seiten von Straßen, Schienen oder sonstigen natürlichen oder baulichen Grenzen umschlossen und für die Zwecke der Wärmeplanung als zusammengehörig zu betrachten ist oder sind. Die überwiegende Zahl der Abbildungen und Analysen in diesem Konzept erfolgt auf Eben von Baublöcken. Dies dient insbesondere dazu eine datenschutzkonforme Darstellung der Daten/Informationen zu gewährleisten. Zugleich liegen zahlreiche Daten gar nicht auf Eben einzelner Objekte vor, sondern nur für größere Bereiche. Somit ist eine gebäudescharfe Darstellung und Betrachtung in der Regel nur über statistische und mathematische Verfahren möglich, die nicht reelle Ergebnisse, sondern nur Aussagen zu Wahrscheinlichkeiten oder Anteilen/Brüchen ermöglichen. Durch die Aggregation auf der Ebene von Baublöcken können somit für den Leser auch etwas greifbarere Aussagen getätigt und die aufgrund der Datenlage bestehende Unschärfe nivelliert werden.

„Wärmebedarf“ Unter dem Raumwärme- oder Heizbedarf versteht man die rechnerisch ermittelte Wärmemenge, die sich aus der vorgesehenen Innenraumtemperatur, den äußeren klimatischen Bedingungen sowie den

Wärmegewinnen und -verlusten des Gebäudes ergibt. Zusätzlich umfasst der Wärmebedarf jenen, der für die Warmwasserbereitung und für die Herstellung oder Umwandlung von Produkten erforderlich ist (Prozesswärme). Er hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie z. B. der Bauweise des Gebäudes, der Außentemperatur, der Isolierung und der Nutzung des Raums ab. Der Wärmebedarf stellt somit die theoretisch erforderliche Energiemenge dar, um den gewünschten Raumkomfort zu gewährleisten. Auf Basis von Gebäudetypologie bzw. Abnehmerstruktur lässt sich der Wärmebedarf anhand spezifischer Kennwerte abschätzen und bildet somit eine gute Grundlage für eine erste Einordnung bzw. das Schließen von Datenlücken. Aufgrund der bereits thematisierten Datenbasis musste im vorliegenden Konzept primär auf die Verwendung der rechnerisch ermittelten Wärmebedarfe zurückgegriffen werden.

„Wärmeverbrauch“ Hierbei handelt es um die tatsächlich verbrauchte (= gemessene) Energiemenge. Bei der Darstellung des Verbrauchs werden daher im Gegensatz zum Bedarf auch die Auswirkungen von Witterung, Nutzerverhalten und Produktionsänderungen abgebildet. Die Verwendung realer Wärmeverbrauchswerte bietet grundsätzlich den Vorteil einer realistischen Momentaufnahme für den entsprechenden Erfassungszeitraum, die Werte sind jedoch auch von verschiedenen Einflussgrößen abhängig, wie dem Einsatz der Wärmeversorgungsanlage, dem individuellen Nutzerverhalten, den Produktionsabläufen sowie den jährlichen Witterungsschwankungen.

„Nutzenergie“ - Ist der Teil der Endenergie, der dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Verteilungsverlusten innerhalb des Gebäudes oder Firmengeländes für die gewünschte Energiedienstleistung zur Verfügung steht, z. B. Raumwärme, Warmwasser oder Prozesswärme.

„Endenergie“ - Ist jene Energie, welche dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Transportverlusten zur Verfügung steht und in der Regel über Zähler oder Messeinrichtungen abgerechnet wird, z. B. in Form von Erdgas, bezogene Wärme über ein Wärmenetz, Heizöl oder Strom.

„Wärmelinien-dichte“ eine Kenngröße bzw. ein Quotient, die die ermittelte Wärmeverbrauchs- und -bedarfsmenge, die entlang eines Straßenabschnitts anfällt, ins Verhältnis zur Länge des Straßenabschnitts bzw. der für die Wärmeversorgung relevanten Trassenlänge setzt. Der Wert zeigt die Wärmemenge, die innerhalb eines bestehenden oder hypothetischen Leitungsabschnitts an die dort angeschlossenen Verbraucher innerhalb eines Jahres abgesetzt wird. Sie wird in MWh oder kWh/ (m a) angegeben und stellt einen wesentlichen Indikator zur Bewertung der Eignung eines Bereiches für netzbasierte Wärmeversorgungssysteme dar.

„Wärme (-flächen) dichte“ eine Kenngröße, bei der der Wärmeverbrauch ins Verhältnis zu einer Grundfläche gesetzt wird. Als geeignete Bezugsgrößen eignen sich bspw. Flurstücke, Hektarraster oder – wie in Anlage 2 des WPG gefordert – Baublöcke. Der Indikator wird meist in MWh/ (ha a) oder TJ/ (km² a) angegeben und ist relevant für die Einstufung von Gebieten hinsichtlich ihrer Eignung für zentrale oder dezentrale Versorgungslösungen.

„**Wärmebedarf**“ bezeichnet die theoretische Menge an Energie, die benötigt wird, um in einem Gebäude oder einer Anlage eine bestimmte Raumtemperatur konstant zu halten. Im Gegensatz zum tatsächlichen Wärmeverbrauch ist der Wärmebedarf eine idealisierte Größe. Er berücksichtigt nicht die Einflüsse von Faktoren wie Wetterbedingungen, Nutzerverhalten oder Änderungen in der Nutzung (z. B. Produktionsänderungen). Der Wärmebedarf wird üblicherweise durch standardisierte Berechnungen ermittelt und stellt den Energiebedarf unter normalen Bedingungen dar, ohne die genannten Schwankungen.

„**Planungsverantwortliche Stelle**“ ist die Organisation oder Behörde, die für die Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Wärmeversorgung oder anderen Infrastrukturprojekten zuständig ist. Diese Stelle übernimmt die Verantwortung für die Entwicklung und Durchführung der Planungsprozesse und berücksichtigt dabei rechtliche, technische und finanzielle Aspekte. Bei der kommunalen Wärmeplanung könnte dies beispielsweise die Gemeinde oder ein beauftragtes Ingenieurbüro sein.

„**Wärmenetz**“ bezeichnet ein System, das Gebäude oder Anlagen zentral mit Wärme versorgt. Es besteht aus einem Netz von Rohrleitungen, über die Wärme in Form von heißem Wasser oder Dampf zu den angeschlossenen Verbrauchern transportiert wird. Wärmenetze kommen vor allem in städtischen Gebieten zum Einsatz, um mehrere Gebäude mit einer einzigen, zentralen Heizquelle zu versorgen. Die Wärmequelle kann verschiedene Energieträger nutzen, wie etwa Fernwärme aus einem Heizkraftwerk oder erneuerbare Energiequellen. Die Bereitstellung der Endenergie wird in der Regel über Zähler oder Messeinrichtungen abgerechnet.

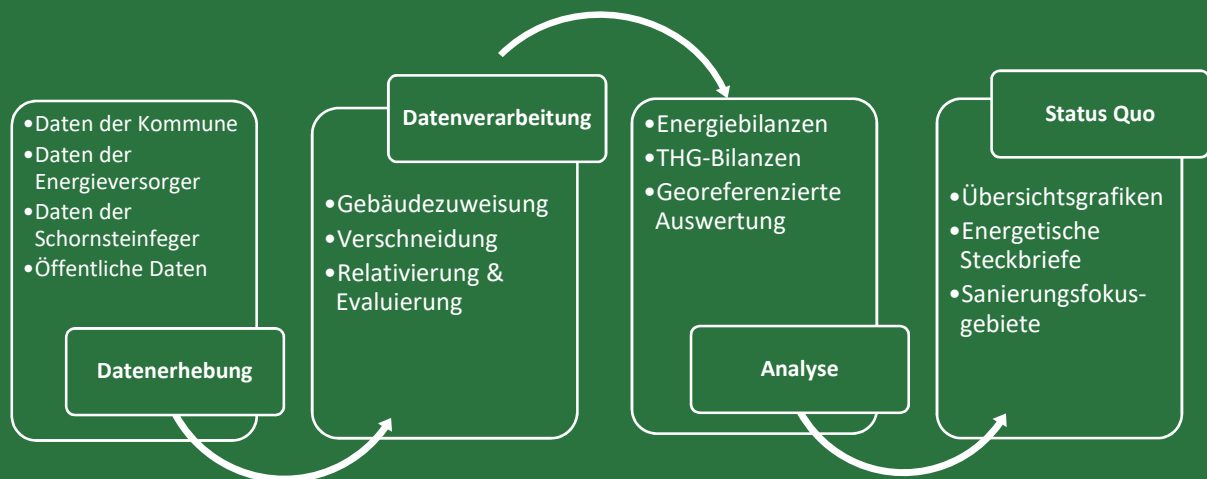
2. Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse werden der derzeitige Zustand der Gebäudestruktur, der Wärmeverbrauch sowie die vorhandene Wärmeinfrastruktur erfasst und systematisch aufbereitet. Die Erstellung dieser detaillierten Datengrundlage und ihre Analyse ermöglichen es:

- Konkrete Handlungsbedarfe zu identifizieren
- Zukunftsszenarien zu berechnen
- Strategische Maßnahmen für die langfristige Transformation abzuleiten

Die Bestandsanalyse stellt das wichtigste Werkzeug für die Entwicklung der kommunalen Wärmeplanung dar, da sie darauf abzielt, realistische Entwicklungspfade für reale Personen aufzuzeigen. Für Kaltennordheim war es daher entscheidend, auf statistische Durchschnittswerte (wie normierte Bedarfswerte) größtenteils zu verzichten und stattdessen mit Realwerten zu arbeiten. Diese Zielsetzung konnte im Großteil erfolgreich umgesetzt werden.

Das Vorgehen und die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt:



2.1. Methodik und Datengrundlage der Bestandsanalyse

Welche Daten wurden erhoben und wie wurden sie verarbeitet?

Die Bestandsanalyse stützt sich auf die Erhebung von Daten über bestehende Gebäudetypologien, die Infrastruktur der Gas- und Wärmenetze sowie Heizzentralen und auf die Untersuchung der Wärmeversorgungsstrukturen in Wohn- und Nichtwohngebäuden. Auf dieser Grundlage werden der Wärmebedarf und -verbrauch sowie die damit verbundenen Treibhausgas- (THG-)Emissionen im Bereich der Wärmeversorgung ermittelt. Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die erhobenen Daten im Detail.

Ein zentrales Ziel der Ausarbeitung ist die Bestimmung des Energiebedarfs und der THG-Emissionen, die dem Wärmesektor zuzurechnen sind. Mit diesen Daten kann eine verursachergerechte und räumliche Zuordnung der Bedarfe und Umweltauswirkungen im Untersuchungsgebiet erfolgen. Diese Ergebnisse bilden eine wichtige Grundlage für die nachfolgende Potenzialanalyse, um Prognosen für den zukünftigen Wärmebedarf und die möglichen Beiträge zur Wärmeversorgung zu entwickeln.

Für die Bestandsanalyse der Stadt Kaltennordheim wurden u.a. folgende Daten erhoben:

Tabelle 1: Übersicht der erhobenen Daten durch Anlage 1 zu §15 WPG

Nr.	Quelle	Datenbeschreibung	Anmerkung
1	TEN Thüringer Energienetze	Verbrauchsdaten Erdgasnetz (öffentliche Versorgung); Angaben zu Trassierung; Verbrauchsdaten Stromnetz	Aggregation auf Basis WPG Anlage 1 (zu §15) Abs. 1-3
2	Überlandwerke Röhn	Verbrauchsdaten Strom, Straßenzugsscharf im aggregierten Zustand für die Jahre 2022, 2023, 2024; gemeldete Wärmepumpen	
3	Bezirksschornsteinfeger	Feuerstättenart nach ZIV; Energieträger; Nennwärmeleistung; Heizsystem	
4	Stadtverwaltung Kaltennordheim	Gebäudenutzung, Adressdaten, Flächennutzungsplan	
5	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem Thüringen (ALKIS TH)	Flurstücke; Gebäude; 3D-Gebäudemodelle (Strukturmodell, LoD2)	
6	Statistisches Bundesamt (Destatis)	Datenbasis Zensus 2022	

Implementierung der Daten

Die Zusammenführung und Auswertung der Daten erfolgte mithilfe eines Geoinformationssystems (GIS). Als räumliche Grundlage dienten die Gebäude- und Flurstücksdaten des Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems Thüringen (ALKIS TH). Die verschiedenen Datensätze wurden georeferenziert und miteinander verknüpft, sodass eine einheitliche Datenbasis für die Bestandsanalyse geschaffen werden konnte.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden Daten verschiedener Akteure gemäß den Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes (WPG), insbesondere der Anlage 1 zu § 15 Abs. 1–3, zusammengeführt. Hierzu zählen unter anderem Daten der Energieversorger, des Bezirksschornsteinfegers, der Stadtverwaltung Kaltennordheim, des Statistischen Bundesamtes sowie weitere öffentliche Geodaten. Die Datensätze unterscheiden sich hinsichtlich Umfangs, Struktur und Detailtiefe.

Zur Verarbeitung der Daten wurden standardisierte GIS-gestützte Arbeitsabläufe eingesetzt. Dabei erfolgte zunächst die Zuordnung der Informationen zu den jeweiligen Gebäuden und Adressen. Anschließend wurden die Daten in das Geoinformationssystem integriert, aufbereitet und für die weiteren Analysen der kommunalen Wärmeplanung nutzbar gemacht.

Eignungsprüfung

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ist gemäß § 14 WPG eine Eignungsprüfung durchzuführen, um zu evaluieren, ob bestimmte Teilgebiete für ein verkürztes Planungsverfahren geeignet sind. Für solche Gebiete können einzelne Planungsschritte gemäß den §§ 15 bis 20 WPG entfallen:

- **Bestandsanalyse (§ 15 WPG):**

Die systematische Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs, der vorhandenen Wärmeerzeugungsanlagen sowie der bestehenden Energieinfrastruktur kann in diesen Fällen ausgesetzt werden.

- **Potenzialanalyse (§ 16 WPG):**

Die Potenzialermittlung kann auf Optionen beschränkt werden, die für eine dezentrale Wärmeversorgung von Relevanz sind.

- **Wärmeversorgungsgebiete (§ 18 WPG):**

Eine Zuordnung des jeweiligen Teilgebiets zu spezifischen Wärmeversorgungsoptionen ist nicht erforderlich.

- **Umsetzungsstrategie (§ 20 WPG):**

Die Entwicklung einer konkreten Umsetzungsstrategie für das betreffende Gebiet ist nicht verpflichtend.

Für die kommunale Wärmeplanung der Stadt Kaltennordheim wurde bewusst auf die Anwendung eines verkürzten Verfahrens verzichtet. Diese Entscheidung beruht auf dem Anspruch, alle Stadtgebiete gleichwertig in die Analyse einzubeziehen, um eine ganzheitliche Datengrundlage und eine umfassende Bewertungsstruktur zu schaffen. Damit wird dem Ziel Rechnung getragen, eine integrierte und nichtdiskriminierende Wärmeversorgungsstrategie für das gesamte Stadtgebiet zu entwickeln.

2.2. Konzeptionelle Grundlagen

Tangierende Konzepte mit den Arbeitsschritten der Kommunalen Wärmeplanung

Im Gebiet der Stadt Kaltennordheim bestehen bereits verschiedene Konzepte und Aktivitäten, die Berührungspunkte zur Kommunalen Wärmeplanung aufweisen und als wichtige Grundlage für die weitere Bearbeitung dienen. Insbesondere das energetische Quartierskonzept für die Ortsteile Kaltennordheim/ Kältsundheim sowie das daran anschließende Energiesanierungsmanagement liefern wertvolle Erkenntnisse zu den lokalen Energie- und Wärmeversorgungsstrukturen.

Im Rahmen des energetischen Quartierskonzeptes wurden bereits Potenziale zur Energieeinsparung, zur Steigerung der Energieeffizienz sowie zum Einsatz erneuerbarer Energien untersucht. Darüber hinaus wurden Maßnahmen zur energetischen Entwicklung der Quartiere identifiziert und erste Umsetzungsansätze erarbeitet. Das anschließende Energiesanierungsmanagement diente dazu, die Umsetzung der entwickelten Maßnahmen zu begleiten, Akteure zu vernetzen und die langfristige Verstetigung der angestoßenen Prozesse sicherzustellen.

Die Ergebnisse dieser Vorarbeiten werden im Zuge der Kommunalen Wärmeplanung berücksichtigt und auf ihre Relevanz für die zukünftige Wärmeversorgung geprüft. Insbesondere Erkenntnisse zu Gebäudestrukturen, Wärmebedarfen, energetischen Sanierungspotenzialen sowie bestehenden und geplanten Energieinfrastrukturen fließen in die Bestandsanalyse und die Potenzialanalyse ein. Gleichzeitig werden die im Quartierskonzept und im Sanierungsmanagement entwickelten Maßnahmen hinsichtlich ihrer Vereinbarkeit mit den Zielen einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung betrachtet.

Die Kommunale Wärmeplanung baut somit auf bereits vorhandenen Planungs- und Entwicklungsprozessen auf und führt diese auf gesamtstädtischer Ebene fort. Durch die Verknüpfung bestehender Konzepte mit den Arbeitsschritten der Wärmeplanung können vorhandene Erkenntnisse genutzt, Doppelarbeiten vermieden und Synergien für die zukünftige Umsetzung von Maßnahmen geschaffen werden. Dadurch wird eine konsistente und langfristig ausgerichtete Strategie für die Wärmeversorgung der Stadt Kaltennordheim unterstützt.

2.3. Entwicklung der Stadt Kaltennordheim

Die Stadt Kaltennordheim liegt im Landkreis Schmalkalden-Meiningen im Bundesland Thüringen und erstreckt sich über eine Fläche von etwa 94,41 km². Zum Stichtag 01.01.2025 weist die Einheitsgemeinde eine Einwohnerzahl von 5.767 auf. Damit handelt es sich um eine Kommune mittlerer Größe im ländlichen Bereich Thüringens.

Soziodemographische Entwicklung

Die Bevölkerungsentwicklung in Kaltennordheim zeigt in den letzten Jahren einen leichten Rückgang. Zum 01. Januar 2025 wird die Einwohnerzahl auf rund 5.767 geschätzt. Diese Zahl entspricht dem aktuellen Trend der Bevölkerungsabnahme, der über die letzten fünf Jahre etwa 1,8 % betrug, wie der „Wegweiser Kommune“ zeigt. Wie viele ländliche Regionen leidet auch Kaltennordheim unter einer niedrigen Geburtenrate und der Abwanderung junger Menschen in städtische Gebiete, was die demografische Struktur der Stadt verändert.

Ortsteile und Stadtstruktur

Die Stadt Kaltennordheim setzt sich neben der Kernstadt aus den folgenden Ortsteilen zusammen:

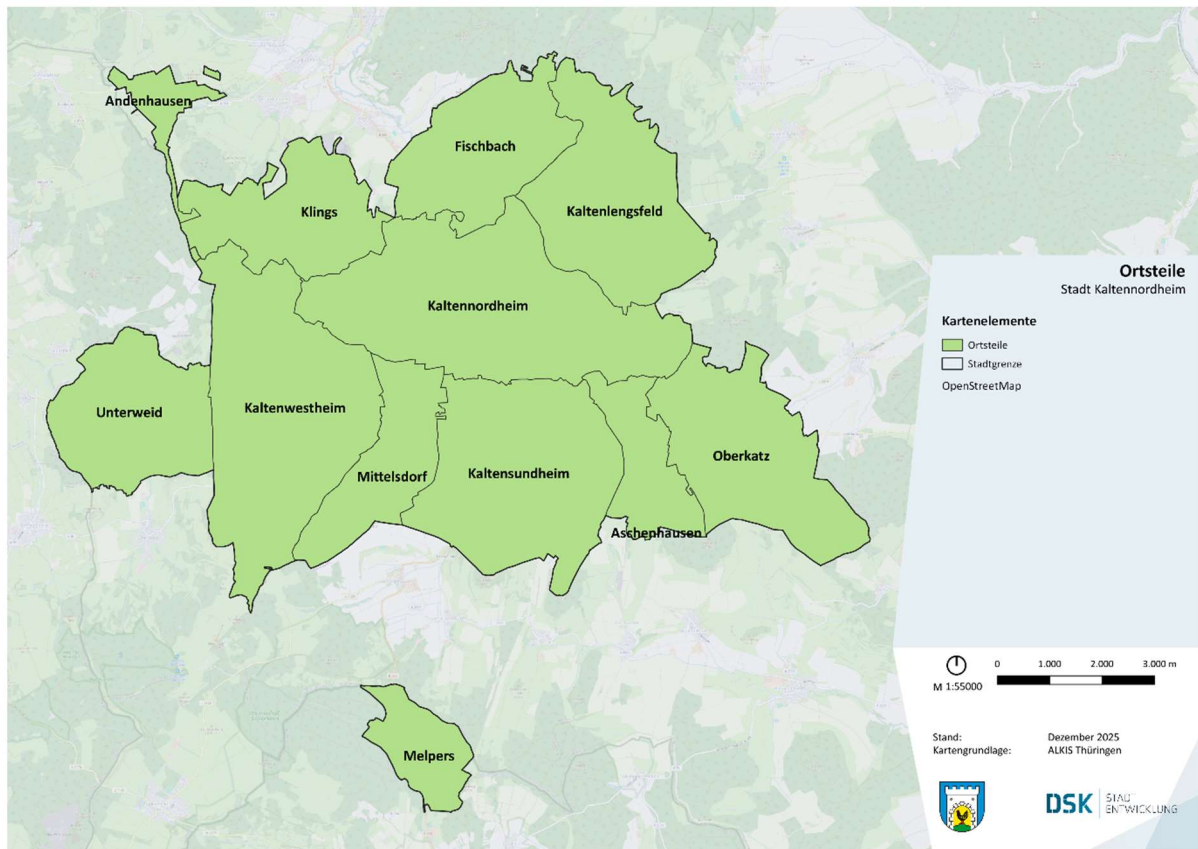


Abbildung 1: Ortsteile Kaltennordheim

- Andenhausen: 173 Einwohner
- Aschenhausen: 127 Einwohner
- Fischbach: 553 Einwohner
- Kaltenlengsfeld: 393 Einwohner
- Kaltennordheim: 1.671 Einwohner
- Kaltsundheim: 828 Einwohner
- Kaltenwestheim: 637 Einwohner
- Klings: 414 Einwohner
- Melpers: 99 Einwohner
- Mittelndorf: 237 Einwohner
- Oberkatze: 221 Einwohner
- Unterweid: 414 Einwohner

Diese Ortsteile, viele davon ländlich geprägt, tragen zur Gesamtentwicklung der Stadt bei und bieten unterschiedliche Herausforderungen und Potenziale für die zukünftige Wärme- und Infrastrukturplanung. Während die Kernstadt das wirtschaftliche und kulturelle Zentrum bildet, spielen die Ortsteile insbesondere in der Landwirtschaft und der Nahversorgung eine zentrale Rolle.

Wirtschaftsstruktur

Kaltennordheim verfügt über eine vielfältige Wirtschaftsstruktur, die von Handwerk, kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie der Landwirtschaft geprägt ist. Der Handwerkssektor, insbesondere in den Bereichen Bau, Metallverarbeitung und Dienstleistungen, spielt eine wichtige Rolle für die lokale Wirtschaft. Auch die Landwirtschaft ist ein bedeutender Wirtschaftszweig, wobei Viehzucht, Ackerbau und Obstbau vorherrschen. Diese Sektoren tragen nicht nur zur Nahrungsmittelproduktion bei, sondern auch zur Erhaltung der Kulturlandschaft.

Besonders hervorzuheben ist das Potenzial des Tourismus, bedingt durch die Lage im Naturpark Rhön und die Nähe zum Biosphärenreservat Vessertal. Diese Region bietet hervorragende Voraussetzungen für naturorientierten Tourismus, insbesondere Wandern und Radfahren, und zieht zunehmend Erholungssuchende an. Der nachhaltige Tourismus, der in Einklang mit der Natur und dem Umweltschutz steht, hat großes Entwicklungspotenzial für Kaltennordheim.

Die Herausforderung für die Zukunft liegt in der Balance zwischen der Förderung des nachhaltigen Tourismus und der Bewahrung des ländlichen Charakters. Kaltennordheim hat die Chance, sich als Zentrum für umweltbewussten Tourismus zu etablieren, ohne die natürlichen Ressourcen der Region zu gefährden.

Perspektiven und Herausforderungen

Zu den zentralen Herausforderungen zählen die Sicherung und Entwicklung von Wohnraum, insbesondere für Familien, die Bewältigung des demografischen Wandels im Hinblick auf eine alternde Bevölkerung sowie die Anpassung der Infrastruktur an die räumlich-dezentralen Strukturen der Ortsteile. Auch die Nutzung der naturräumlichen Potenziale – etwa im Bereich des Tourismus – könnte eine wichtige Rolle spielen. Die Balance zwischen dem Erhalt des ländlichen Charakters und der Entwicklung wirtschaftlicher sowie sozialer Infrastruktur bleibt eine strategische Aufgabe.

Ein weiteres bedeutendes Ziel für die Stadt ist die Schaffung einer altersgerechten Infrastruktur, die den demografischen Wandel berücksichtigt. Besonders die Verbesserung der Anbindung an das Verkehrsnetz – insbesondere durch die gute Erreichbarkeit der A71 – könnte dazu beitragen, Kaltennordheim als Pendlerstadt noch attraktiver zu machen.

Die Zukunft von Kaltennordheim liegt in der Balance zwischen der Bewahrung des ländlichen Charakters und der Entwicklung zukunftsfähiger wirtschaftlicher, sozialer und infrastruktureller Lösungen, die die Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger sichern und gleichzeitig die natürlichen Ressourcen der Region schonen.

2.4. Gebäudebestand

Die Analyse des Gebäudestands bildet eine zentrale Grundlage der kommunalen Wärmeplanung, da Alter, Nutzung und energetischer Zustand der Gebäude wesentliche Einflussfaktoren für den Wärmebedarf und die Auswahl geeigneter Versorgungsstrategien darstellen.

Typologie

Der Gebäudebestand im Untersuchungsgebiet ist deutlich durch Wohngebäude geprägt. Der Anteil der Wohnnutzung liegt bei 89 % und bildet damit die dominierende Gebäudeklasse. Gebäude aus dem Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen machen 7 % des Bestands aus, während kommunale Gebäude mit 4 % einen kleineren, aber für die Wärmeplanung relevanten Anteil einnehmen.

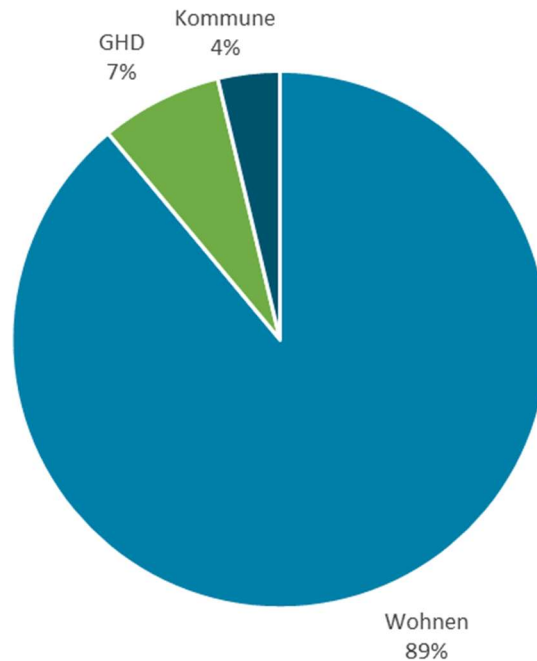


Abbildung 2: Typologie des Gebäudebestandes

Die räumliche Darstellung der prägenden Gebäudeklassen zeigt, dass Wohngebäude in nahezu allen Ortsteilen die Siedlungsstruktur bestimmen. Gewerbliche Nutzungen treten vor allem punktuell auf und konzentrieren sich auf einzelne Bereiche innerhalb der Ortslagen. Kommunale Nutzungen sind räumlich ebenfalls begrenzt, besitzen jedoch aufgrund ihres planbaren Wärmebedarfs und ihrer öffentlichen Trägerschaft eine besondere Bedeutung für die weitere Betrachtung.

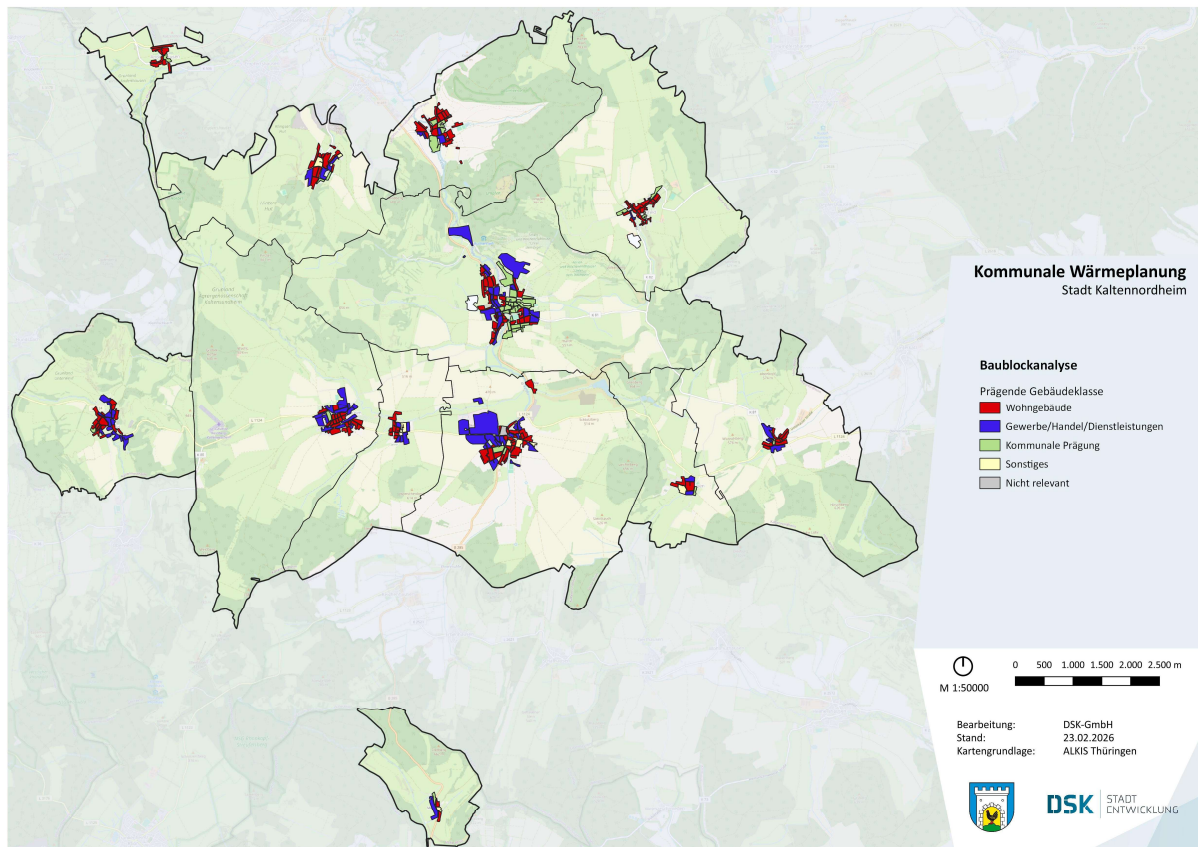


Abbildung 3: Typologische Verteilung im Gemeindegebiet

Für die kommunale Wärmeplanung ist diese Gebäudetypologie relevant, da unterschiedliche Nutzungen mit unterschiedlichen Wärmebedarfen, Lastprofilen und Anforderungen an die Wärmeversorgung verbunden sind. Der hohe Anteil an Wohngebäuden spricht für eine starke Bedeutung dezentraler Versorgungslösungen. Gleichzeitig können kommunale Gebäude und einzelne gewerbliche Nutzungen als potenzielle Ankerkunden für leitungsgebundene oder gemeinschaftliche Wärmelösungen eine Rolle spielen, sofern sie räumlich günstig liegen und ausreichend hohe Wärmebedarfe aufweisen.

Baualter

Die Auswertung der Baualtersklassen zeigt, dass der Gebäudebestand im Untersuchungsgebiet überwiegend durch ältere Gebäude geprägt ist. Der größte Anteil entfällt auf Gebäude, die bis 1918 errichtet wurden. Ergänzend nimmt auch die Baualtersklasse 1919 bis 1948 einen relevanten Anteil ein. Zusammen bilden diese älteren Baualtersklassen den Schwerpunkt des Gebäudebestands. Die Baualtersklassen 1949 bis 1978 sowie 1979 bis 1994 bilden dabei einen mittleren Bestand, während Gebäude ab 1995 nur einen kleineren Teil des Gesamtbestands ausmachen. Neubauten beziehungsweise jüngere Gebäude der Jahre 2012 bis 2020 sind nur in geringem Umfang vertreten.

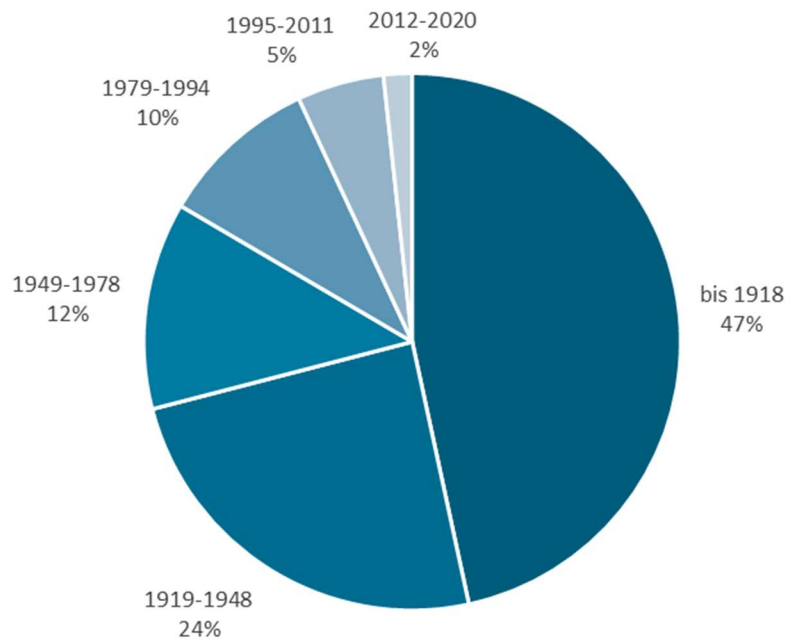


Abbildung 4: Baualterverteilung in Prozent

Die räumliche Darstellung der prägenden Baualtersklassen zeigt, dass ältere Gebäudebestände in nahezu allen Ortsteilen vorkommen und insbesondere in den gewachsenen Ortskernen eine wichtige Rolle spielen. Für die kommunale Wärmeplanung ist dies relevant, da ältere Gebäude häufig höhere spezifische Wärmebedarfe aufweisen können. Eine direkte Aussage zum energetischen Zustand oder zum Sanierungsbedarf einzelner Gebäude ist daraus jedoch nicht ableitbar, da keine flächendeckenden Informationen zu bereits erfolgten Sanierungen vorliegen.

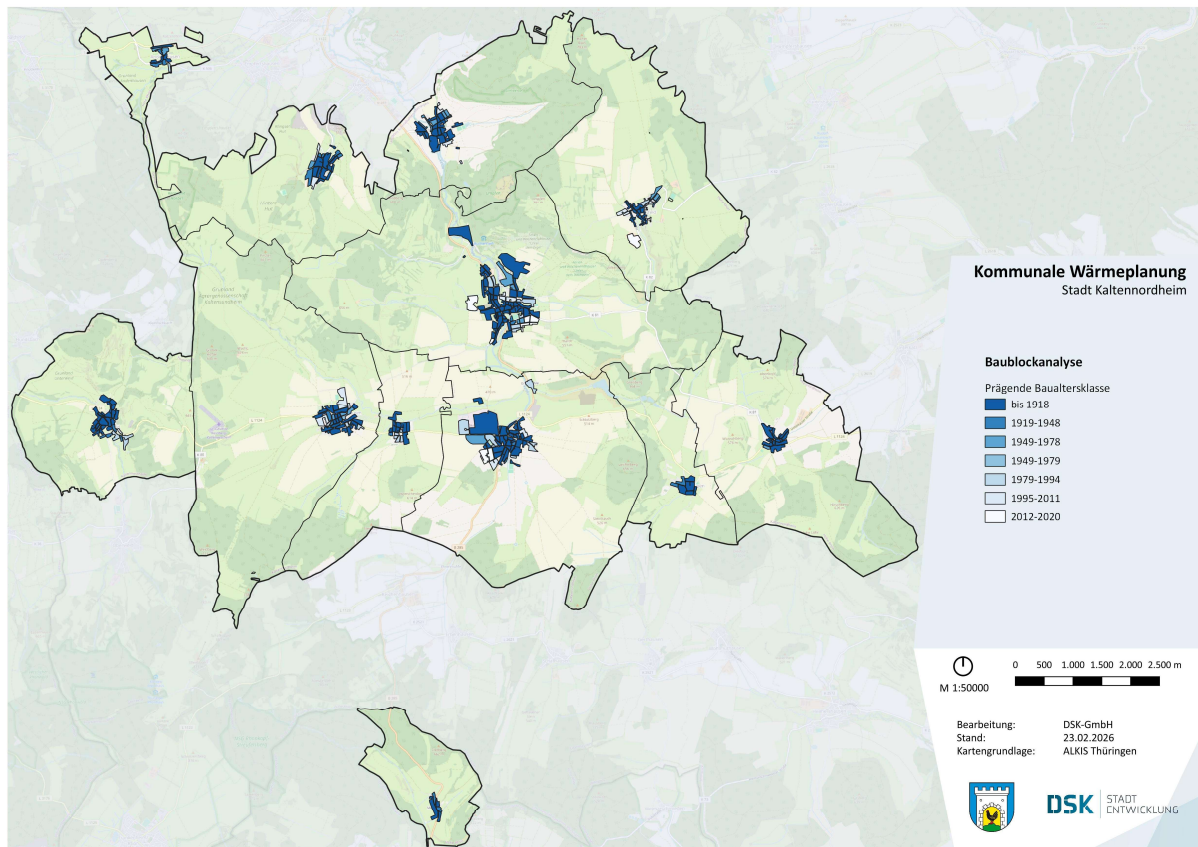


Abbildung 5: Baualterverteilung baublockbezogen

Die Baualterstruktur liefert somit eine wichtige Grundlage für die Einordnung des künftigen Wärmebedarfs und möglicher Versorgungsoptionen. In Bereichen mit älteren Gebäudebeständen können sowohl gebäudeseitige Effizienzmaßnahmen als auch geeignete erneuerbare Versorgungslösungen eine besondere Bedeutung erhalten.

Kommunale Liegenschaften

Nachfolgend werden die kommunalen Liegenschaften der Stadt Kaltennordheim gesondert dargestellt.

Die Betrachtung der kommunalen Liegenschaften ermöglicht eine Einordnung ihres Anteils am lokalen Wärmebedarf und schafft eine Grundlage für die Identifikation möglicher Handlungsfelder im kommunalen Gebäudebestand. Aufgrund der direkten Einflussmöglichkeiten der Kommune auf die Sanierung, Modernisierung und technische Ausstattung der Gebäude kommt den kommunalen Liegenschaften im Transformationsprozess eine besondere Bedeutung zu. Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sowie die Integration erneuerbarer Energien können dabei zielgerichteter geplant und umgesetzt werden.

Im Rahmen der Datenabfragen konnten, außerhalb zugearbeiteter Daten des vorhandenen Wärmenetzes, keine detaillierten Daten zum Wärmeverbrauch zugearbeitet werden. Vorhandene Datenlücken wurden mit kennwertbasierten Flächenberechnungen nach Methodik des Leitfadens kommunale Wärmeplanung erstellt und auf Grundlage vorhandener Geodaten berechnet. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über der wichtigsten kommunalen Liegenschaft. Der gesamte Energieverbrauch aller Kommunalen Liegenschaften ist kumuliert in Kapitel 2.7. dargestellt.

Tabelle 2: Kommunale Liegenschaften der Gemeinde

Objekt	Ortsteil	Adresse
Rathaus Stadt	Kaltennordheim	Wilhelm-Külz-Platz 2, 36452 Kaltennordheim
Feuerwehrgerätehaus	Kaltennordheim	In der Aue 5, 36452 Kaltennordheim
Kindertagesstätte „Haus der Entdecker“	Kaltennordheim	Wilhelm-Külz-Platz 2, 36452 Kaltennordheim
Freibad	Kaltennordheim	Wilhelm-Külz-Platz Umfeld, 36452 Kaltennordheim
Verwaltungsgebäude VG Hohe Rhön	Kaltensundheim	Hauptstraße 18, 36452 Kaltennordheim OT Kaltensundheim
Bauhof Stadt	Kaltensundheim	Bergstraße 10, 36452 Kaltennordheim OT Kaltensundheim
Feuerwehrgerätehaus	Kaltensundheim	Siegenborn 1, 36452 Kaltennordheim OT Kaltensundheim
Kindertagesstätte	Kaltenlengsfeld	Hardtweg 4, 36452 Kaltennordheim OT Kaltenlengsfeld
Dorfgemeinschaftshaus	Kaltenlengsfeld	Umpfenblick 2, 36452 Kaltennordheim OT Kaltenlengsfeld
Feuerwehrgerätehaus	Kaltenlengsfeld	Brandplatz 10a, 36452 Kaltenlengsfeld
Bürgerhaus	Aschenhausen	Oberkätzer Straße 40, 36452 Kaltennordheim OT Aschenhausen
Dorfgemeinschaftshaus	Andenhausen	Kirchberg 5, 36452 Kaltennordheim OT Andenhausen
Dorfgemeinschaftshaus	Melpers	Hintere Dorfstraße 2, 36452 Kaltennordheim OT Melpers
Bürgerhaus	Oberkatz	Marktplatz 11, 36452 Kaltennordheim OT Oberkatz
Feuerwehrgerätehaus	Oberkatz	36452 Kaltennordheim OT Oberkatz
Gemeindehaus	Unterweid	Dorfstraße 44, 36452 Kaltennordheim OT Unterweid
Dorfgemeinschaftshaus Fischbach/Rhön	Fischbach/Rhön	In der Gass 6, 36452 Kaltennordheim OT Fischbach
Alfi-Museum Fischbach/Rhön	Fischbach/Rhön	Bergstraße 5, 36452 Kaltennordheim OT Fischbach
Mehrzweckgebäude	Kaltenwestheim	Am Schlagtor 4, 36452 Kaltennordheim OT Kaltenwestheim
Arche Rhön	Kaltenwestheim	Auf dem Rosengarten 3, 36452 Kaltennordheim OT Kaltenwestheim
Gemeindesaal	Klings	Kirchbergstraße 15, 36452 Kaltennordheim OT Klings
Feuerwehrgerätehaus	Klings	Obere Dorfstraße 26, 36452 Kaltennordheim OT Klings

2.5. Energetische Infrastruktur

Gasnetz

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 8 b)

Ein öffentliches Gasversorgungsnetz besteht im Untersuchungsgebiet nicht. Für die kommunale Wärmeplanung bedeutet dies, dass keine bestehende Gasnetzinfrastruktur als Grundlage für mögliche Transformationspfade, etwa in Richtung klimaneutraler Gase oder Wasserstoff, berücksichtigt werden kann.

Die Wärmeversorgung erfolgt daher über andere Versorgungsformen, insbesondere dezentrale Heizsysteme sowie in Teilbereichen über das vorhandene Wärmenetz. Entsprechend liegt der Fokus der weiteren Betrachtung auf den bestehenden Wärmeerzeugern, den eingesetzten Energieträgern und alternativen erneuerbaren Versorgungslösungen.

Wärmenetze

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 8 a)

Im Stadtgebiet Kaltennordheim besteht ein leitungsgebundenes Wärmenetz, das in der Abbildung 6 mit den bestehenden Trassenverläufen und den angeschlossenen Gebäuden dargestellt ist. Das Netz befindet sich überwiegend im zentralen Siedlungsbereich und versorgt mehrere öffentliche sowie Wohngebäude.

Nach dem Gebäudeenergiegesetz ist zwischen Gebäudenetzen und Wärmenetzen zu unterscheiden. Ein Gebäudenetz dient der Versorgung von mindestens zwei und bis zu 16 Gebäuden oder bis zu 100 Wohneinheiten. Leitungsgebundene Versorgungssysteme, die darüber hinausgehen, werden als Wärmenetze eingeordnet. Der Anschluss an ein Wärmenetz kann nach dem GEG eine Erfüllungsoption für die Anforderungen an Heizungsanlagen darstellen, sofern die gesetzlichen Anforderungen an das Wärmenetz und den Netzbetreiber eingehalten werden.

Die vorliegenden Planungsunterlagen weisen darauf hin, dass das Wärmenetz ursprünglich im Zusammenhang mit einer umweltfreundlichen Nahwärmeversorgung auf Basis regionaler Biomasse entwickelt beziehungsweise geprüft wurde. Vorgesehen war dabei eine zentrale Wärmeerzeugung mit Holzhackschnitzeln sowie eine schrittweise Anbindung unterschiedlicher kommunaler und privater Wärmeabnehmer. Die tatsächliche Umsetzung des Wärmenetzes entspricht jedoch nicht vollständig den in den Planungsunterlagen dargestellten Varianten. Aus diesem Grund werden die dort enthaltenen technischen und wirtschaftlichen Kennwerte nicht unmittelbar als Bestandsdaten übernommen.

Für die kommunale Wärmeplanung ist daher vor allem der aktuelle Bestand des Wärmenetzes maßgeblich. Das vorhandene Netz zeigt, dass in Kaltennordheim bereits Erfahrungen mit leitungsgebundener Wärmeversorgung bestehen und eine entsprechende Infrastruktur in Teilen des Stadtgebiets vorhanden ist. Dies kann für die weitere Betrachtung der Wärmeversorgung relevant sein, insbesondere im Hinblick auf mögliche Netzverdichtungen, technische Optimierungen oder die Prüfung zusätzlicher Anschlussmöglichkeiten.

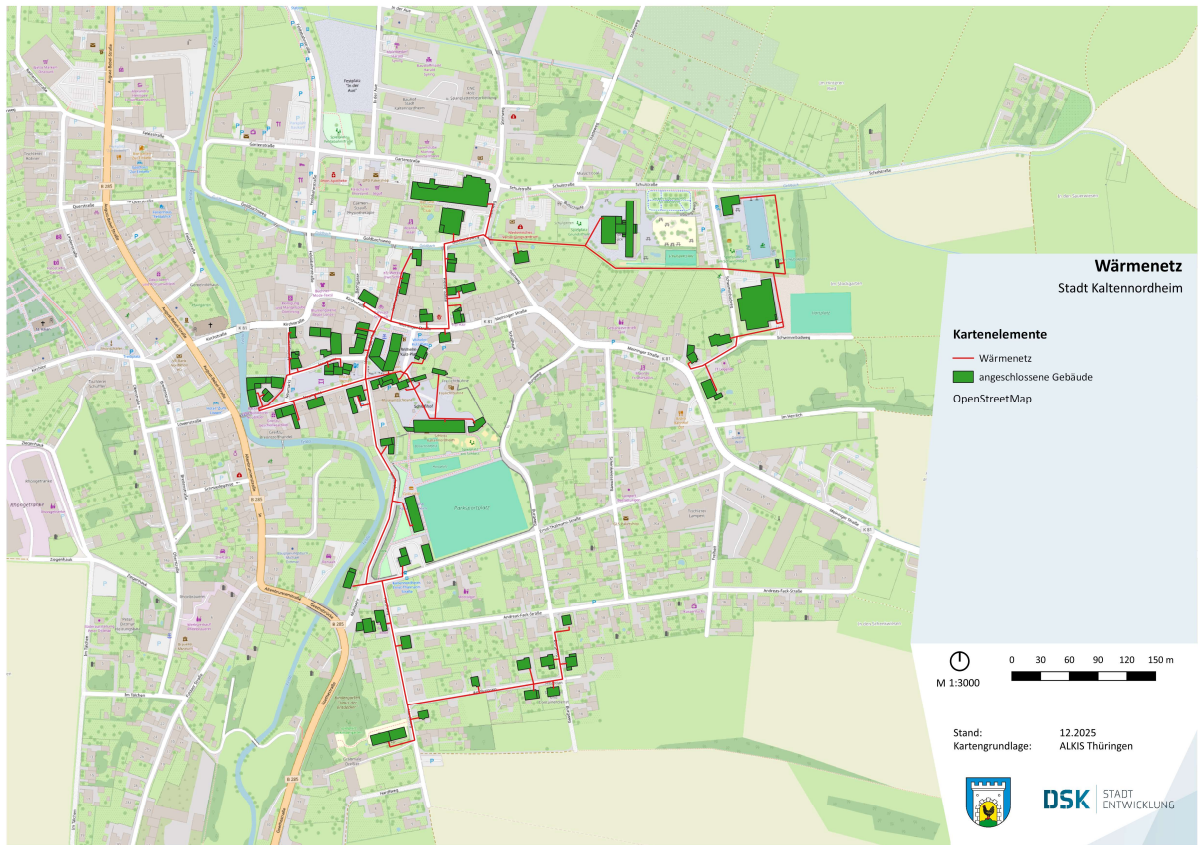


Abbildung 6: Vorhandenes Wärmenetz

Großverbraucher (über 100.000 kWh/a)

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 7

Letztverbraucher nach § 7 Absatz 3 Nummer 3

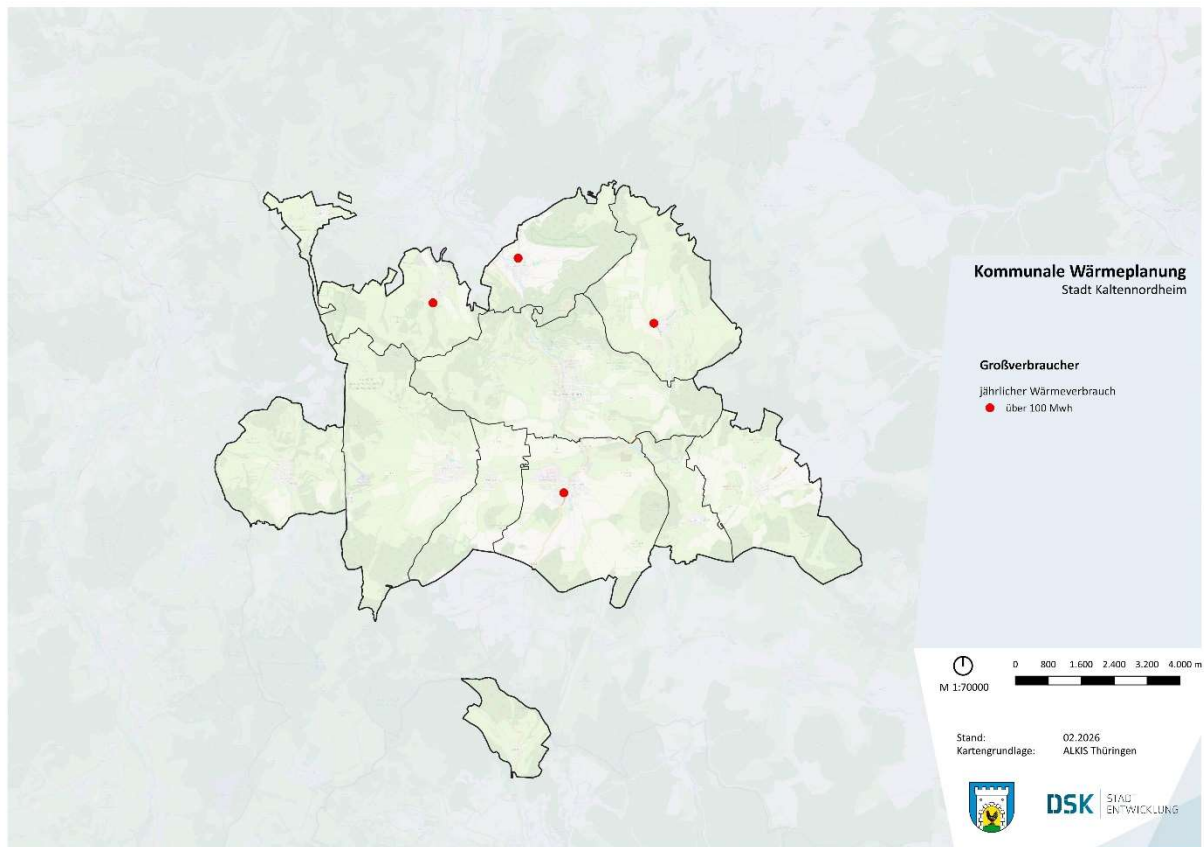


Abbildung 7: Großverbraucher mit mehr als 100.000 kWh Verbrauch pro Jahr

Dezentrale Wärmeerzeuger - Heizöl

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

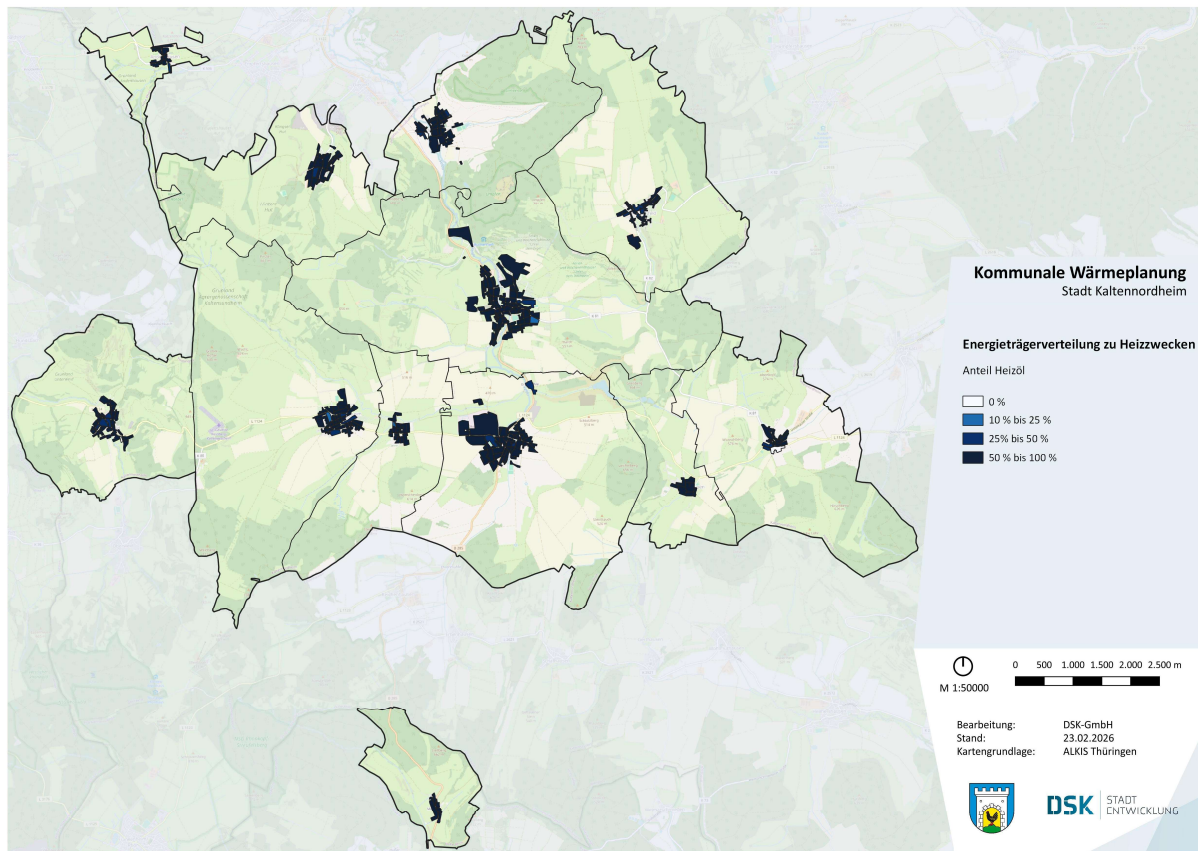


Abbildung 8: Energieträgerverteilung Heizöl

In der folgenden Abbildung 8 ist die räumliche Verteilung des Energieträgers Heizöl dargestellt. Es wird deutlich, dass Heizöl im Untersuchungsgebiet eine prägende Rolle in der Wärmeversorgung einnimmt und in nahezu allen Ortsteilen relevante Anteile aufweist.

Dezentrale Wärmeerzeuger – Flüssiggas

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

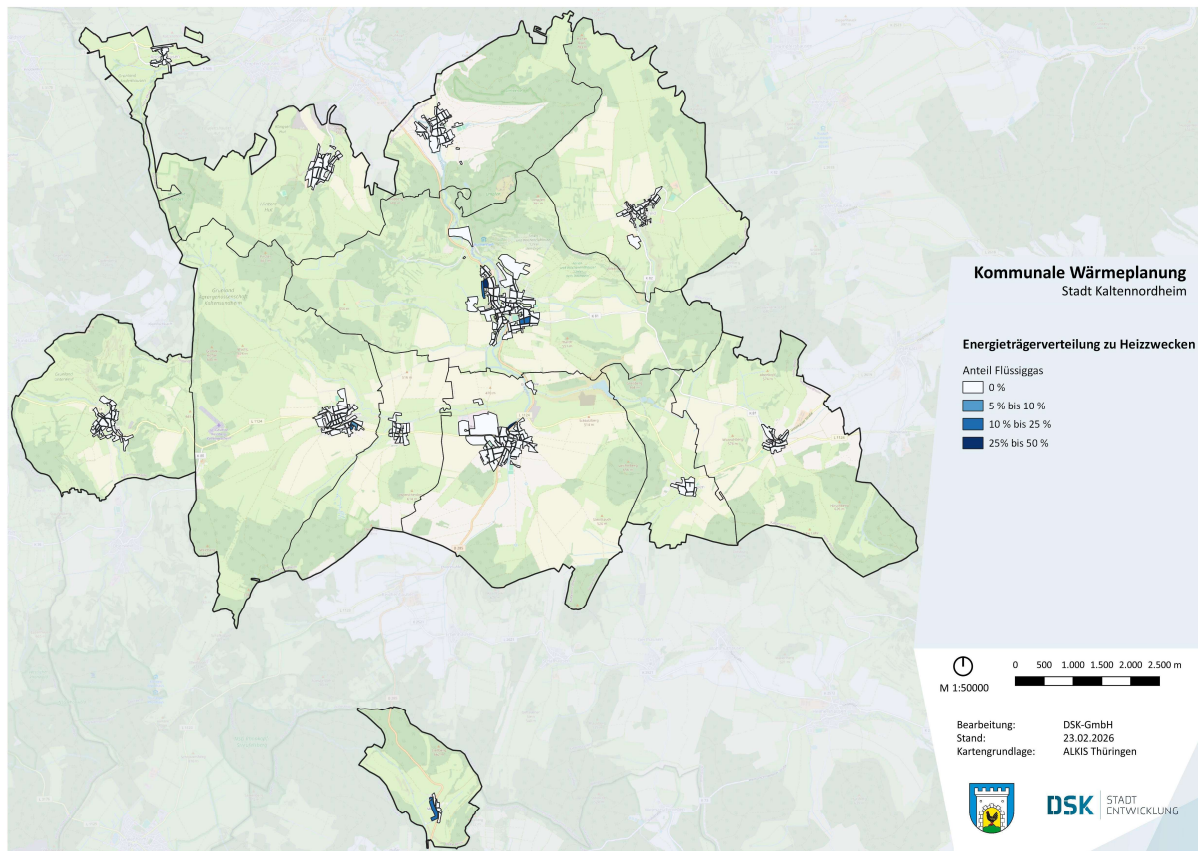


Abbildung 9: Energieträgerverteilung Flüssiggas

Die Abbildung 9 zeigt die Nutzung von Flüssiggas im Untersuchungsgebiet. Flüssiggas ist deutlich weniger verbreitet und tritt nur punktuell in einzelnen Ortsteilen auf. Eine flächendeckende Versorgungsstruktur ist daraus nicht ableitbar. Vielmehr handelt es sich überwiegend um gebäudebezogene Einzellösungen.

Dezentrale Wärmeerzeuger - Holzbrennstoffe

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

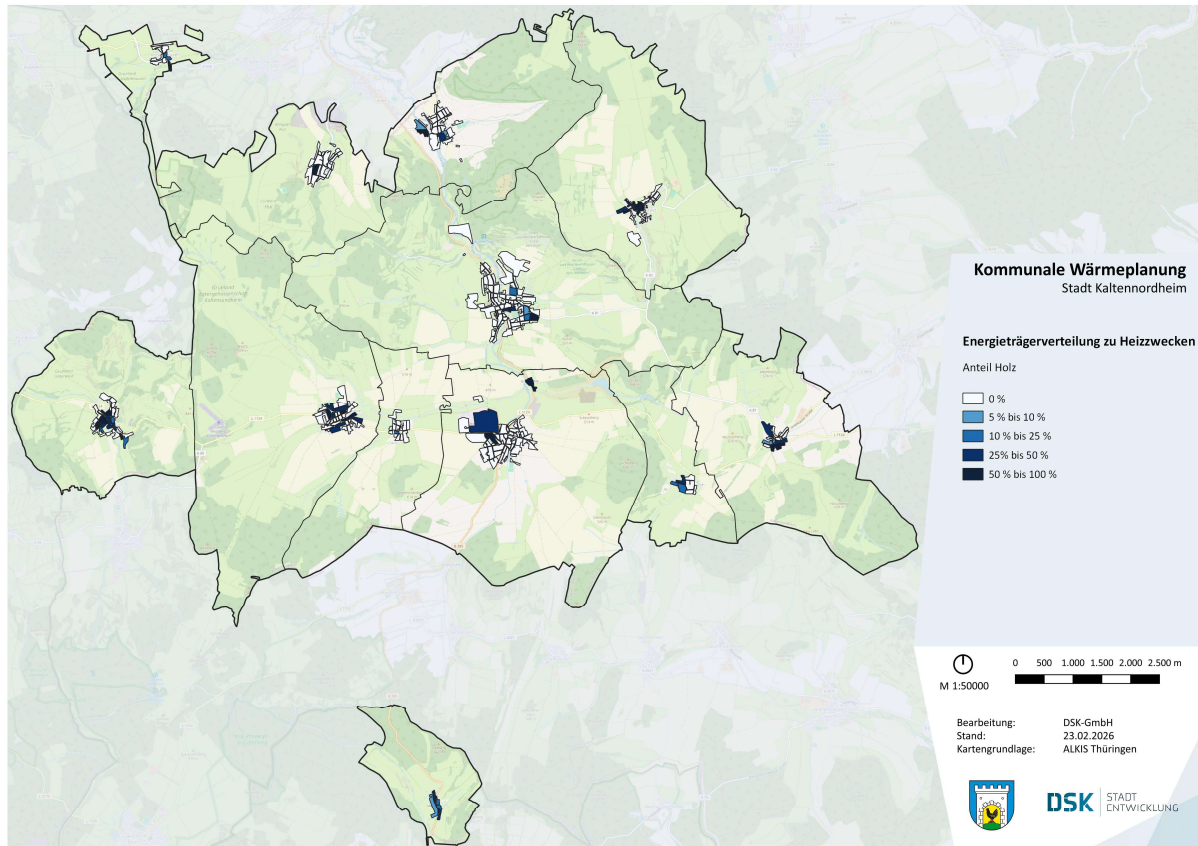


Abbildung 10: Energieträgerverteilung Holzbrennstoffe

In der Abbildung ist die Verteilung des Energieträgers Holz dargestellt. Es wird deutlich, dass Holz in mehreren Ortsteilen vertreten ist und damit eine erkennbare Rolle in der Wärmeversorgung einnimmt. Insgesamt ist der Energieträger jedoch überwiegend ergänzend zu betrachten, da höhere Anteile nur punktuell in einzelnen Bau-
blöcken auftreten.

Dezentrale Wärmeerzeuger – Wärmestrom

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

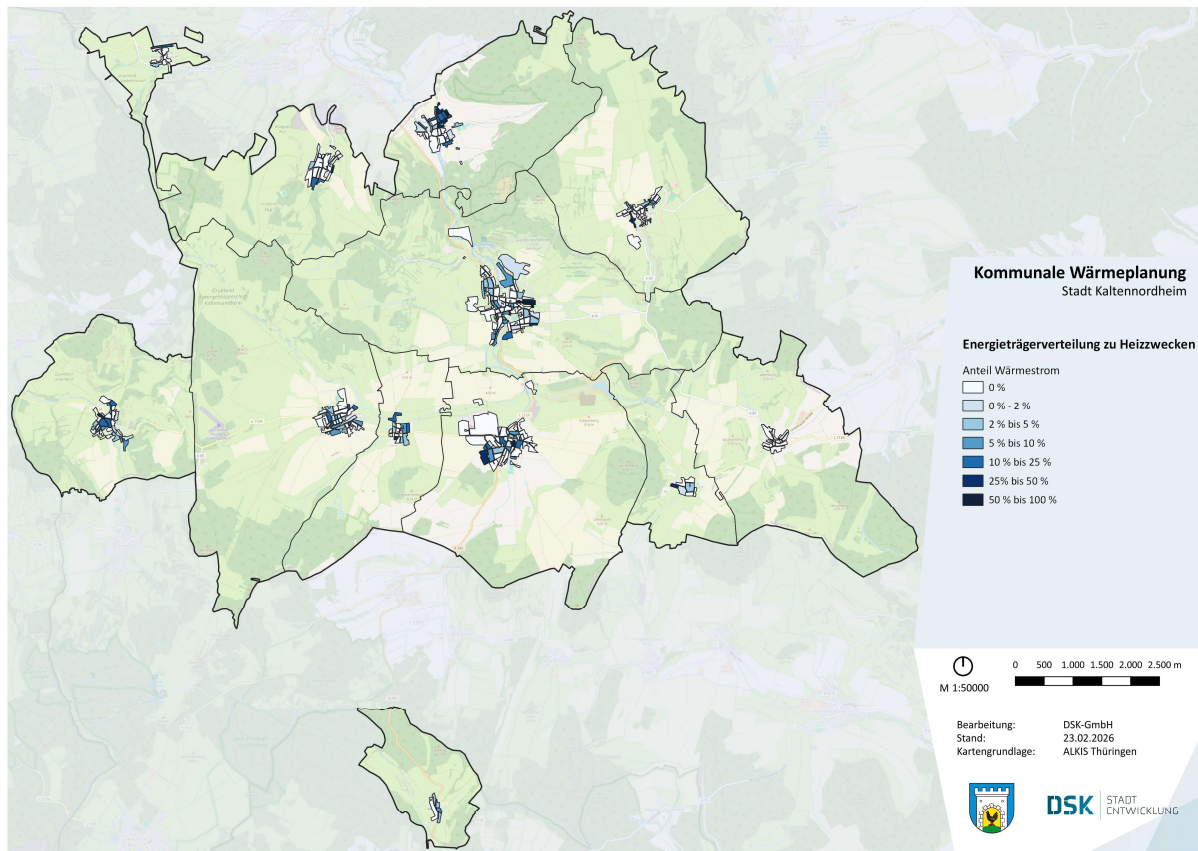


Abbildung 11: Energieträgerverteilung Wärmestrom

Wärmestrom wird im Vergleich zu „Strom für Heizzwecke“ für den Betrieb von Wärmepumpen genutzt. Der Energieträger ist im Untersuchungsgebiet als Energieträger vorhanden, bleibt jedoch räumlich begrenzt. Die in der Abbildung dargestellten Anteile verteilen sich auf mehrere Ortsteile, ohne eine flächendeckend prägende Versorgungsstruktur auszubilden. Auffällig sind einzelne Baublöcke mit höheren Anteilen, die auf punktuelle elektrische Wärmeanwendungen im Gebäudebestand hinweisen.

Dezentrale Wärmeerzeuger – Strom für Heizzwecke und Warmwasser

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

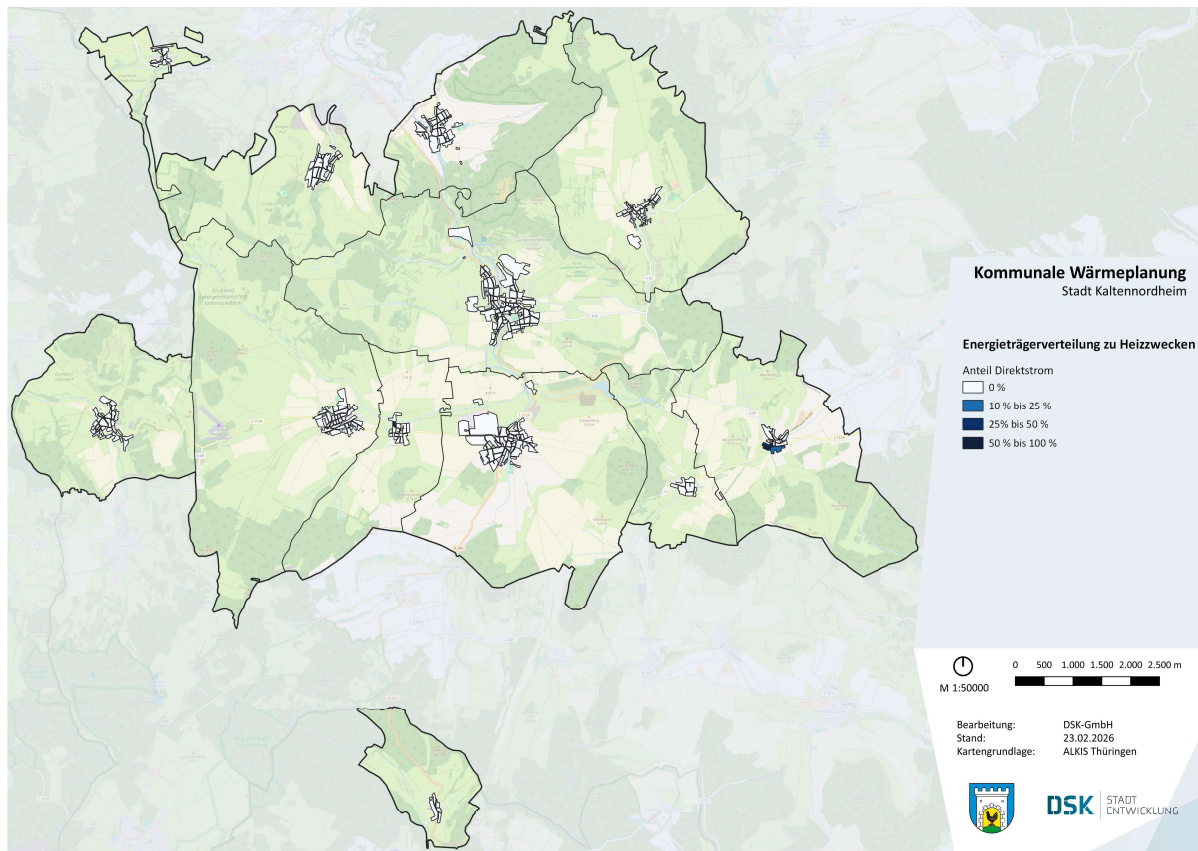


Abbildung 12: Energieträgerverteilung Strom für Heizzwecke

Die Abbildung 12 stellt die Nutzung von Direktstrom für Heizzwecke und Warmwasser dar. Erkennbar ist, dass dieser Energieträger im Untersuchungsgebiet nur sehr vereinzelt auftritt und sich im Wesentlichen auf einen Ortsteil beziehungsweise einzelne Baublöcke beschränkt. Direktstrom ist damit im Bestand lediglich als punktuelle dezentrale Versorgungsform einzuordnen und spielt für die Wärmeversorgung insgesamt nur eine untergeordnete Rolle.

Dezentrale Wärmeerzeuger – Abwassernetze und -leitungen

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

Im Untersuchungsgebiet bestehen Abwasserinfrastrukturen, insbesondere im Zusammenhang mit der zentralen Abwasserbehandlung. Ein belastbares Potential zur Nutzung von Wärme aus Abwasser kann auf Grundlage der nicht vorliegenden Daten jedoch nicht abgeleitet werden. Für eine vertiefende Bewertung wären insbesondere Angaben zu Lage und Dimensionierung der Hauptsammler, Trockenwetterabflüssen, Abwassertemperaturen sowie zur räumlichen Nähe geeigneter Wärmeabnehmer erforderlich. Aufgrund der überwiegend kleinteiligen Siedlungsstruktur ist zunächst von einem begrenzten Potential auszugehen. Prüfwert erscheinen vor allem Bereiche im Umfeld größerer Sammler beziehungsweise der zentralen Kläranlage.

Biogasanlage

Die Biogasanlage¹ Kaltensundheim befindet sich an der Mittelsdorfer Straße 23 und wurde im Jahr 2007 in Betrieb genommen. Die Anlage nutzt Biomasse bzw. Biogas und erzeugt daraus Strom und Wärme. Die installierte elektrische Leistung beträgt 526 kWel. Der erzeugte Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist, während die Wärme lokal genutzt wird. Damit stellt die Anlage einen bestehenden Baustein der erneuerbaren Energieinfrastruktur im Untersuchungsgebiet dar. Die räumliche Lage der Biogasanlage wird in der nachfolgenden Abbildung 13 dargestellt.

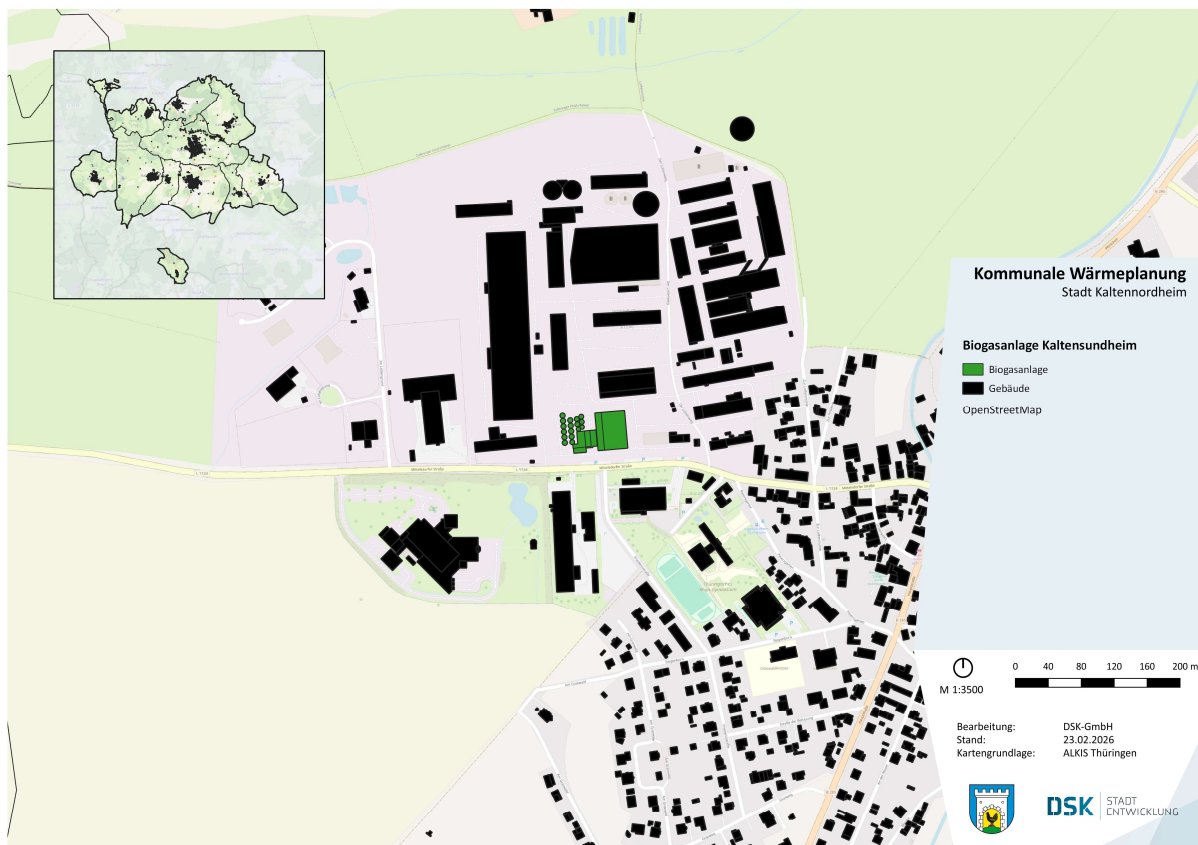


Abbildung 13: Standort Biogasanlage

2.6. Energetische Bedarfe

Wärmeflächendichte

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 1

Die Wärmeflächendichte bezeichnet den kumulierten Wärmebedarf in einer bestimmten Fläche (Baublock) in Megawattstunden pro Hektar und Jahr. Die Wärmeflächendichte ermöglicht eine differenzierte Analyse der räumlichen Verteilung des Wärmebedarfs und trägt maßgeblich zur Einschätzung der Effizienz von Wärmenetzen bei.

¹ https://www.start-rhoen.de/fileadmin/files/Energieprojekte/08_BG_Kaltensundheim.pdf

Mit Hilfe der Wärme­flächendichte können Heat-Hotspots identifiziert werden, also Gebiete mit einer besonders hohen Konzentration an Wärme­verbrauch. Diese Hotspots sind für die Planung und Priorisierung von Wärme­netzprojekten von wesentlicher Bedeutung, da sie Hinweise auf potenziell rentable Versorgungsgebiete liefern. Regionen mit hoher Wärme­flächendichte weisen eine hohe Anzahl von Nutzern auf, die nahe beieinanderliegen, wodurch die technische Effizienz und wirtschaftliche Rentabilität des Wärme­netzes deutlich steigen können. Nachfolgend wird die Eignung zur Errichtung von Wärme­netzen in Abbildung 14 zusammengefasst.

Tabelle 3 Orientierungswerte zur Bewertung der Wärme­flächendichte

Wärme­flächendichte [MWh/ha*a]	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärme­netzen
0–70	Kein technisches Potential
70–175	Empfehlung von Wärme­netzen in Neubaugebieten
175–415	Empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand
415–1.050	Richtwert für konventionelle Wärme­netze im Bestand
> 1.050	Sehr hohe Wärme­netz­eignung

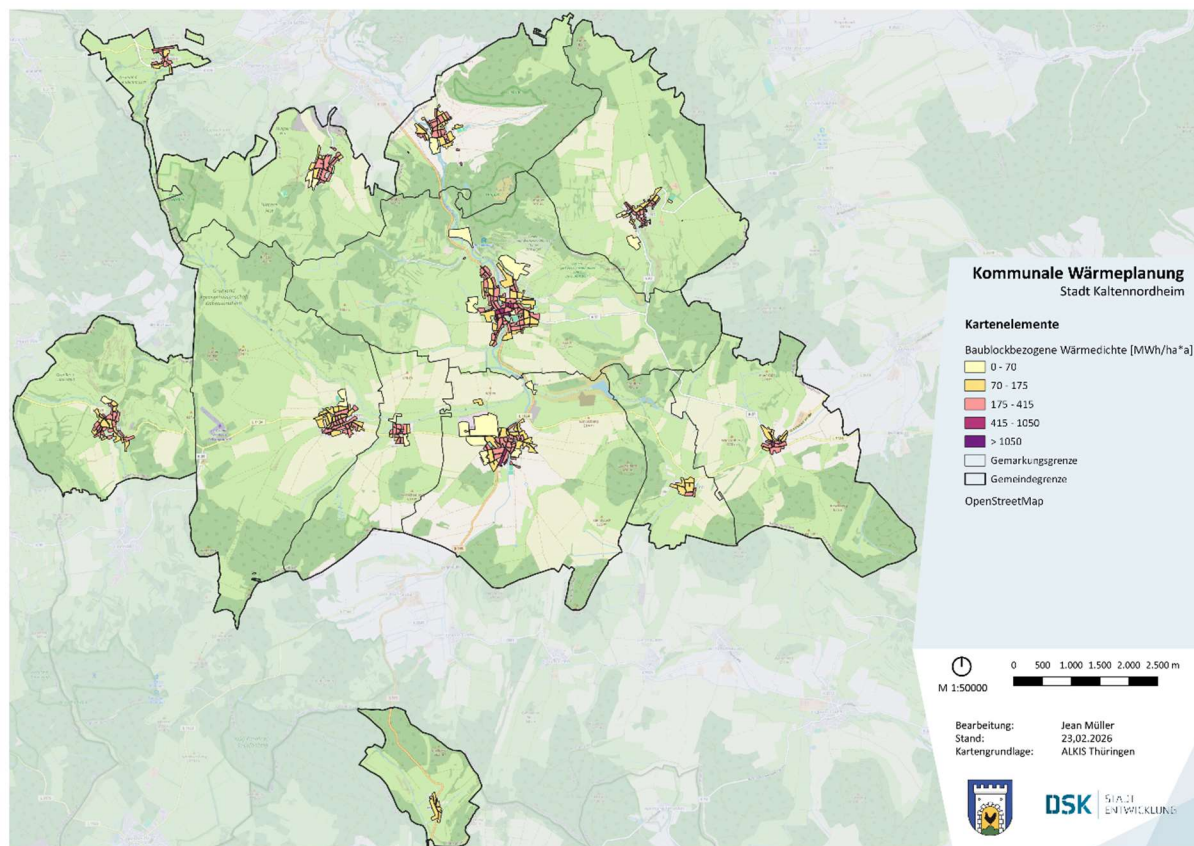


Abbildung 14: Wärme­flächendichte

Die Auswertung der Wärme­flächendichte zeigt, dass sich höhere spezifische Wärmebedarfe vor allem in den dichter bebauten Siedlungskernen konzentrieren. Besonders im zentralen Ortsteil treten mehrere zusammenhängende Baublöcke mit mittleren bis hohen Wärmedichten auf. Vereinzelt werden auch sehr hohe Werte oberhalb von 1.050 MWh/ha*a erreicht. Diese Bereiche können grundsätzlich Hinweise auf mögliche Prüfbereiche für leitungsgebundene oder gemeinschaftliche Wärmelösungen geben.

In den übrigen Ortsteilen treten erhöhte Wärme­flächendichten meist nur punktuell auf. Große Teile des Untersuchungsgebiets weisen dagegen niedrige Werte unterhalb von 175 MWh/ha*a auf. Dies ist insbesondere auf die ländlich geprägte Siedlungsstruktur, geringere Gebäudedichten und einen hohen Anteil kleinteiliger Wohnbebauung zurückzuführen. Für diese Bereiche erscheinen dezentrale Wärmeversorgungs­lösungen voraussichtlich eine wichtige Rolle einzunehmen.

Wärmeliniendichte

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 2

Die Wärmeliniendichte beschreibt den Wärmebedarf entlang eines potenziellen Trassenabschnitts in Megawattstunden pro Meter und Jahr. Dabei wird der kumulierte Wärmebedarf der Gebäude auf die jeweilige Länge des betrachteten Straßen- beziehungsweise Leitungsabschnitts bezogen. Der Kennwert dient dazu, die räumliche Konzentration des Wärmebedarfs entlang möglicher Wärmetrassen zu bewerten.

Für die kommunale Wärmeplanung ist die Wärmeliniendichte ein wichtiger Indikator zur ersten Einschätzung der technischen und wirtschaftlichen Eignung von Wärmenetzen. Hohe Wärmeliniendichten weisen darauf hin, dass auf kurzer Leitungslänge vergleichsweise viel Wärme abgenommen werden kann. Dadurch können Wärmeverluste sowie Investitions- und Betriebskosten je versorgter Wärmemenge günstiger ausfallen.

Die Bewertung der Wärmeliniendichte erfolgt anhand der in Tabelle 4 dargestellten Orientierungswerte. Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die betrachteten Gebäude vollständig an ein mögliches Wärmenetz angeschlossen werden. Die Ergebnisse stellen daher eine theoretische Ersteinschätzung dar und ersetzen keine detaillierte technische oder wirtschaftliche Prüfung.

Tabelle 4: Orientierungswerte zur Bewertung der Wärmeliniendichte

Wärmeliniendichte [MWh/m*a]	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0–0,7	Kein technisches Potential
0,7–1,5	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
1,5–2	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
> 2	Geeignet, wenn die Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden verbunden ist, z. B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen

Die Auswertung der Wärmeliniendichte zeigt, dass sich höhere Werte vor allem auf die dichter bebauten Siedlungsbereiche konzentrieren. Bei einer angenommenen Anschlussquote von 100 % treten im zentralen Ortsteil mehrere Straßenabschnitte mit Wärmeliniendichten oberhalb von 1,5 MWh/m*a auf. Vereinzelt werden auch Werte über 2 MWh/m*a erreicht. Diese Abschnitte weisen grundsätzlich auf eine erhöhte Eignung für leitungsgebundene Wärmelösungen hin und liegen teilweise im Umfeld der bereits bestehenden Wärmenetzinfrastruktur.

In den kleineren Ortsteilen zeigen sich dagegen überwiegend niedrigere Wärmeliniendichten. Punktuell treten auch dort Abschnitte mit mittleren bis höheren Werten auf, diese sind jedoch meist räumlich begrenzt und bilden

nur selten zusammenhängende Netzbereiche. Dies verweist auf eine eher eingeschränkte Eignung für großflächige Wärmenetze, schließt kleinräumige oder objektbezogene Versorgungslösungen jedoch nicht aus.

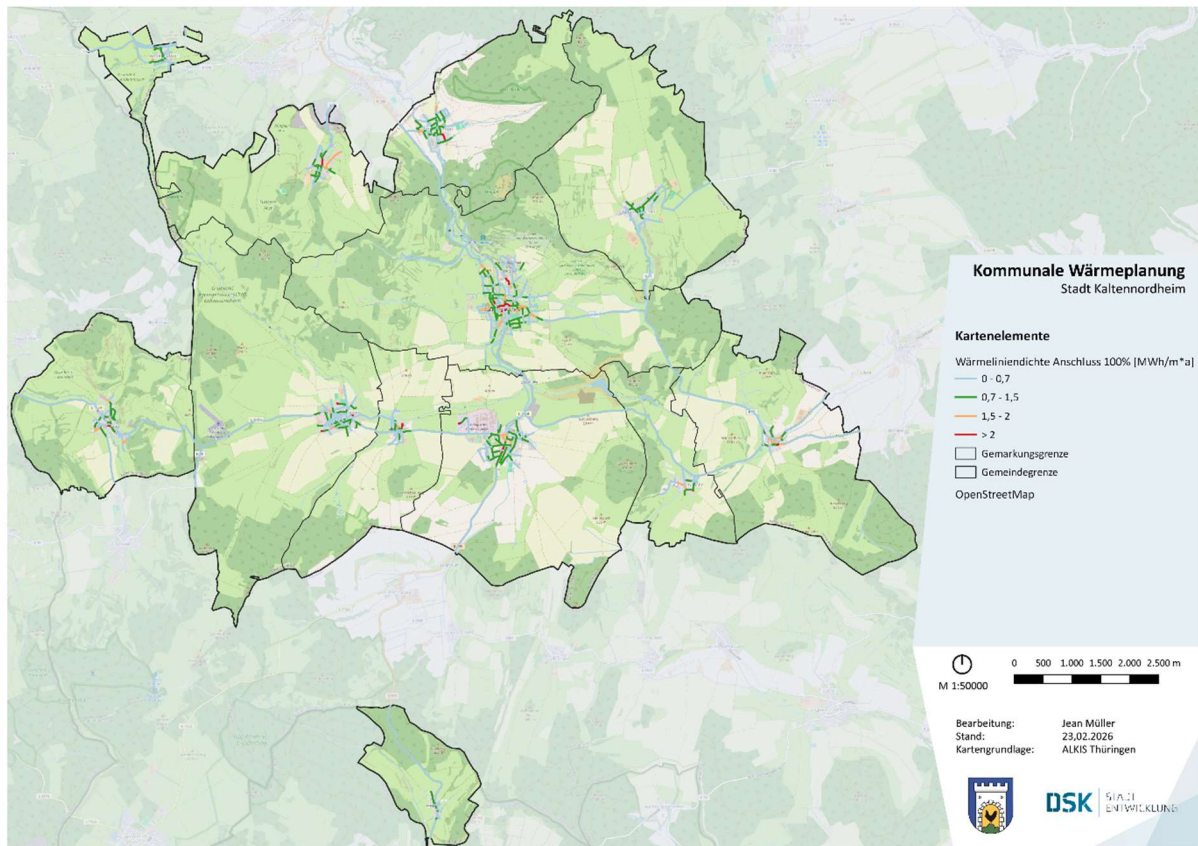


Abbildung 15: Wärmelinienendichte 100%-ige Anschlussquote

Die Betrachtung mit einer reduzierten Anschlussquote von 75 % zeigt erwartungsgemäß niedrigere Wärmelinienendichten. Insbesondere in den kleineren Ortsteilen sinken viele Abschnitte in niedrigere Bewertungsklassen. Im zentralen Ortsteil bleiben einzelne geeignete Straßenabschnitte weiterhin erkennbar. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die tatsächliche Anschlussbereitschaft einen wesentlichen Einfluss auf die Bewertung möglicher Wärmenetzbereiche hat. Eine belastbare Ableitung konkreter Ausbauggebiete erfordert daher ergänzend technische, wirtschaftliche und organisatorische Prüfungen.

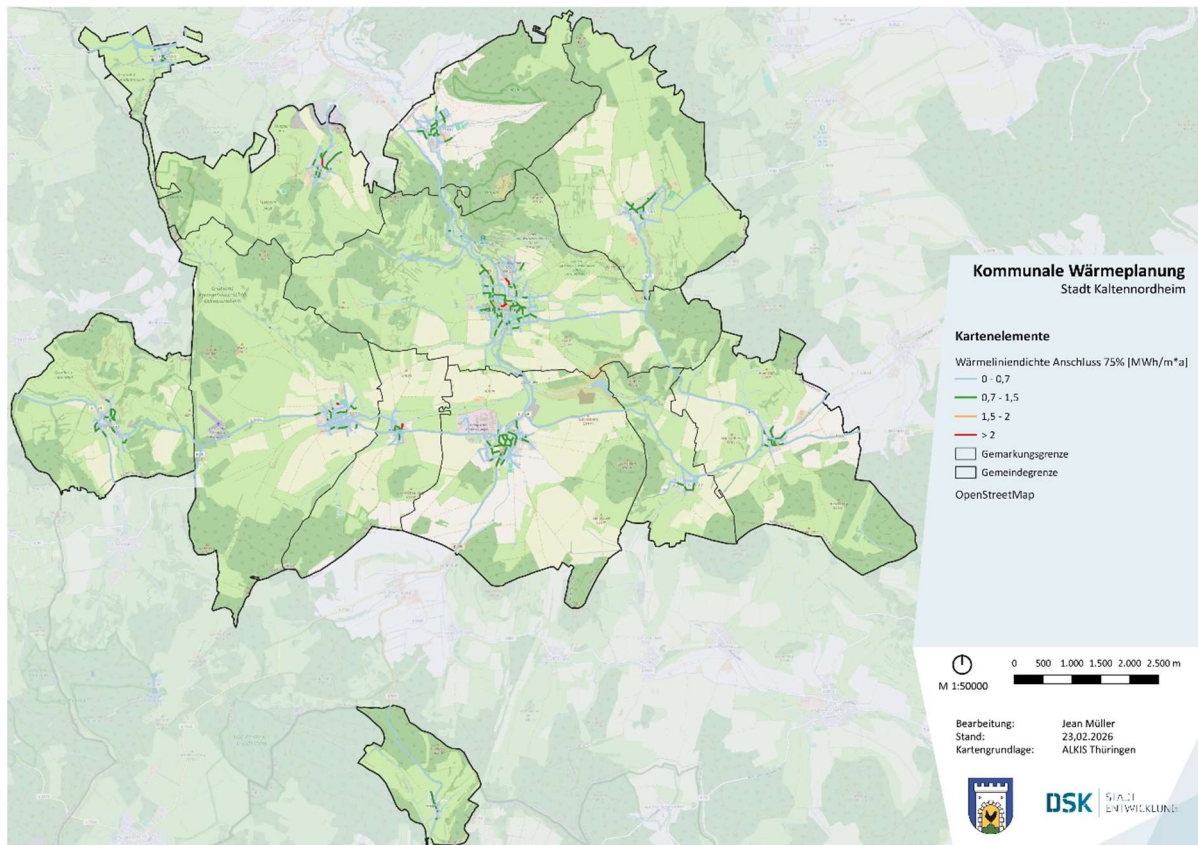


Abbildung 16: Wärmeliniendichte 75%-ige Anschlussquote

2.7. Energie- und Treibhausgasbilanz

Energie wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in Wärmebedarf und Wärmeverbrauch unterschieden. Beide Kenngrößen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Herleitung und Aussagekraft.

Der Wärmebedarf beschreibt die theoretisch erforderliche Energiemenge zur Deckung eines definierten Nutzungszwecks, beispielsweise für Raumwärme, Warmwasser oder Prozesswärme, unter standardisierten Rahmenbedingungen. Er wird anhand technischer Gebäude- und Anlageneigenschaften sowie normierter Randbedingungen berechnet und dient als Planungsgröße für die zukünftige Wärmeversorgung.

Demgegenüber stellt der Wärmeverbrauch die tatsächlich genutzte Energiemenge innerhalb eines bestimmten Zeitraums dar. Er wird durch das Nutzerverhalten, die Effizienz der Anlagentechnik, Verteilungsverluste sowie klimatische Einflüsse beeinflusst und bildet damit die reale Versorgungssituation ab. Die Ermittlung des Endenergieverbrauchs basiert auf verschiedenen Datengrundlagen, darunter Schornsteinfegerdaten sowie weitere verfügbare Bestandsdaten zu den eingesetzten Wärmeerzeugern.

Für die Stadt Kaltennordheim ergibt sich ein gesamter Endenergieverbrauch für die Wärmeversorgung von rund 42.632 MWh/a. Der Verbrauch wird dabei deutlich von Heizöl geprägt, das mit rund 34.282 MWh/a etwa 80 % des gesamten Endenergieverbrauchs ausmacht. Holz stellt mit rund 3.831 MWh/a den zweitwichtigsten Energieträger dar und erreicht einen Anteil von etwa 9 %. Wärmestrom trägt mit rund 3.019 MWh/a rund 7 % zum Gesamtverbrauch am gesamten Endenergieverbrauch. Erdgas, oder Kohle weisen im betrachteten Gebiet nahezu keine Bedeutung für die Wärmeversorgung auf.

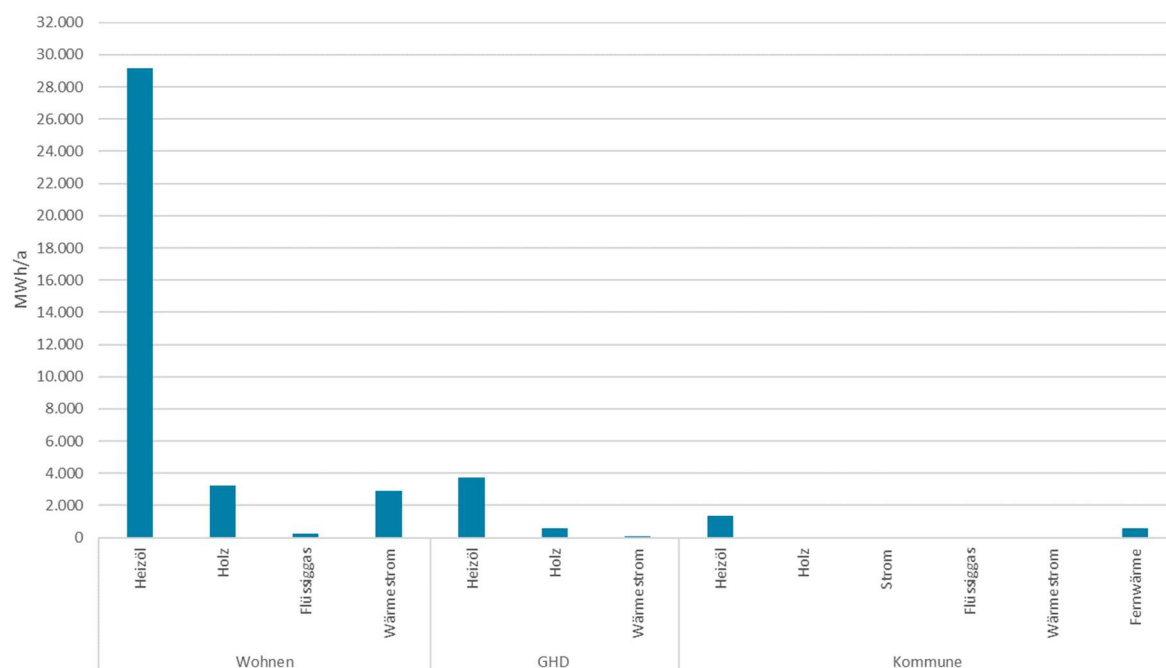


Abbildung 17: Sektorale Aufteilung des Endenergieverbrauches

Abbildung 17 stellt den Endenergieverbrauch differenziert nach Energieträgern und Nutzungssektoren dar. Es wird deutlich, dass der Wärmeverbrauch überwiegend auf den Wohnsektor entfällt. Allein hier werden rund 36.208 MWh/a und damit ca. 85 % des gesamten Endenergieverbrauchs verzeichnet. Der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) trägt mit etwa 4.465 MWh/a rund 10 % zum Gesamtverbrauch bei. Der Verbrauch kommunaler Liegenschaften erreicht mit rund 1.958 MWh/a einen Anteil von ca. 4,8%. In allen Sektoren dominiert Heizöl als Energieträger deutlich, während Holz und Wärmestrom lediglich ergänzende Rollen einnehmen. Tabelle 5 fasst die Ergebnisse des Endenergieverbrauchs zusammen.

Tabelle 5: Sektorale Aufteilung des Endenergieverbrauches

Sektorale Aufteilung	Energieträger	Endenergie in kWh
Wohnen	Heizöl	29.157.266
	Holz	3.239.688
	Flüssiggas	228.236
	Wärmestrom	2.902.582
GHD	Heizöl	3.756.684
	Holz	591.403
	Wärmestrom	117.051
Kommune	Heizöl	1.368.144
	Holz	-
	Wärmestrom	-
	Fernwärme	589.893

In Abbildung 18 wird der gesamte Endenergieverbrauch nutzungssektorenübergreifend nach Energieträgern dargestellt. Dabei wird deutlich, dass Heizöl mit rund 34.383 MWh/a die Wärmeversorgung in Kaltennordheim klar dominiert. Holz folgt mit rund 3.831 MWh/a, während Wärmestrom mit etwa 3.091 MWh/a eine ergänzende Rolle einnimmt. Ca. 1.958 MWh/a werden durch Fernwärme versorgt. Auch Flüssiggas ist in Ausnahmefällen in geringen Anteilen vorzufinden. Erdgas und Kohle werden im betrachteten Gebiet nicht eingesetzt. Die Darstellung verdeutlicht damit vor allem die energieträgerbezogene Struktur der Wärmeversorgung und zeigt die starke Abhängigkeit von Heizöl als fossilem Energieträger.

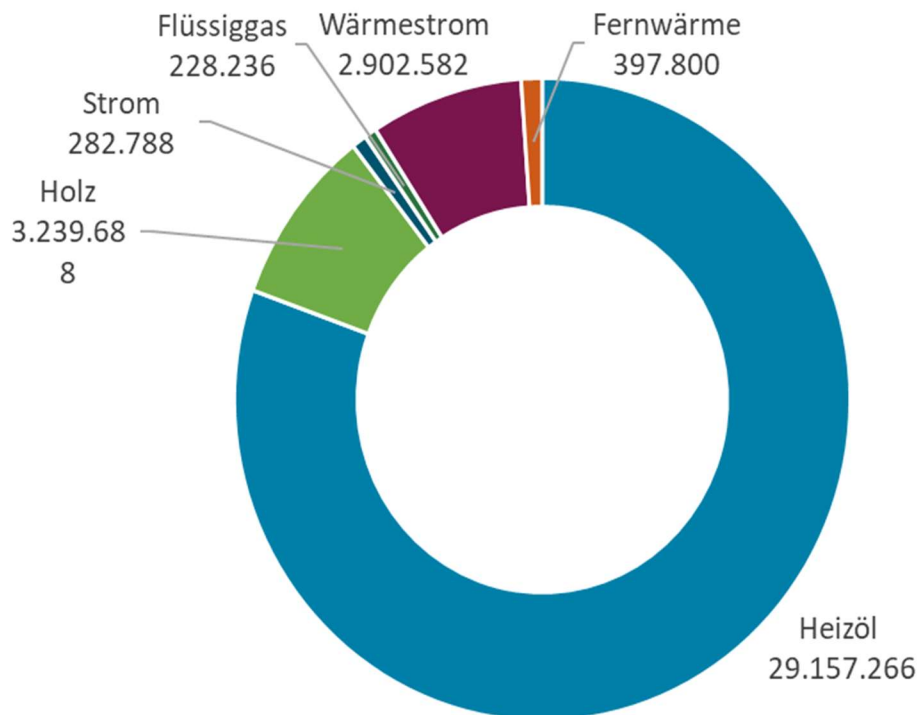


Abbildung 18: Verteilung der Energieträgeranteile in kWh/a

Die Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung werden nicht direkt gemessen, sondern auf Grundlage des Endenergieverbrauchs und energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren berechnet. Die Umrechnung erfolgt gemäß den Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG), Anlage 9 zu § 85. Dadurch können die Emissionen der unterschiedlichen Energieträger vergleichbar dargestellt und den einzelnen Nutzungssektoren zugeordnet werden.

Für die Stadt Kaltennordheim ergeben sich aus der Wärmeversorgung Treibhausgasemissionen von insgesamt rund 12.100 tCO₂/a. Der überwiegende Anteil entfällt dabei auf den Wohnsektor mit etwa 10.230 tCO₂/a bzw. rund 90 % der gesamten Emissionen. Der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) verursacht rund 1.215 tCO₂/a und trägt damit etwa 10 % zu den Emissionen bei. Die kommunalen Liegenschaften verursachen Emissionen in Höhe von 424 tCO₂/a.

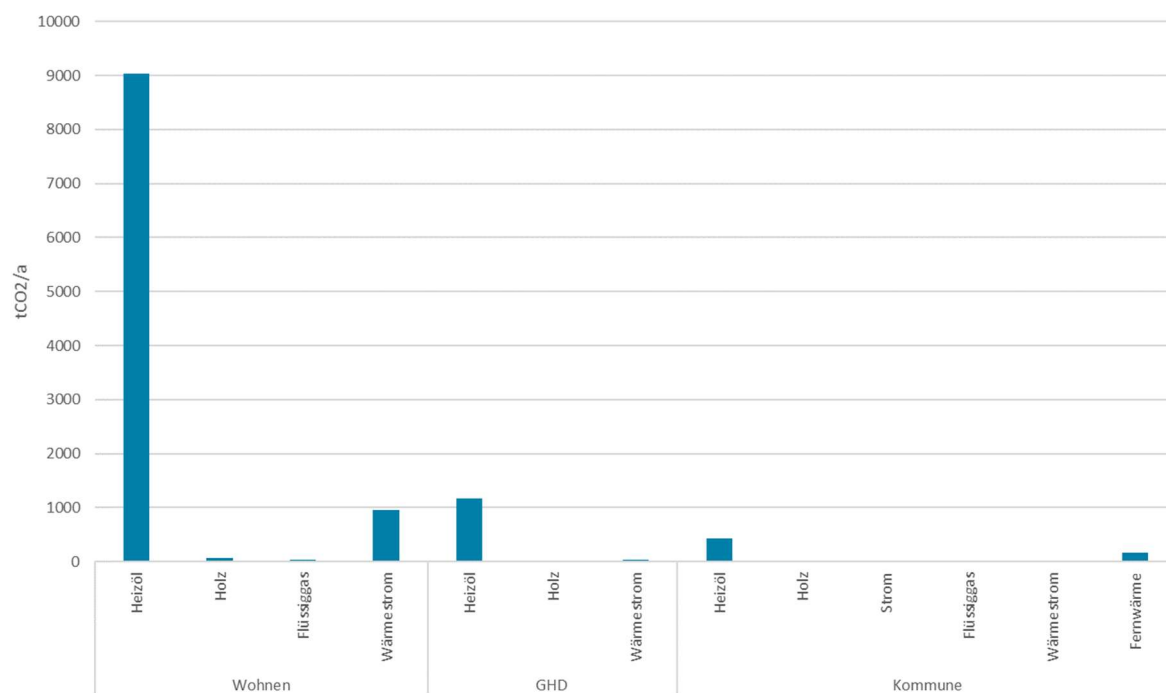


Abbildung 19: Treibhausgasäquivalente pro Sektor und Energieträger

Abbildung 19 stellt die Treibhausgasemissionen differenziert nach Energieträgern und Nutzungssektoren dar. In der folgenden Tabelle 6 werden ergänzend die zugrunde gelegten Emissionsfaktoren sowie der daraus berechnete THG-Verbrauch in Tonnen ausgewiesen. Berücksichtigt werden dabei nur Energieträger, für die im jeweiligen Sektor ein Endenergieverbrauch vorliegt. Liegt kein Verbrauch vor, entstehen entsprechend auch keine Treibhausgasemissionen.

Analog zum Endenergieverbrauch wird deutlich, dass Heizöl den größten Beitrag zu den Emissionen leistet. Allein durch den Einsatz von Heizöl entstehen rund 10.628 tCO₂/a, was etwa 88 % der gesamten wärmebedingten Treibhausgasemissionen entspricht. Wärmestrom verursacht rund 990 tCO₂/a, während Holz trotz seines Energieanteils aufgrund des niedrigen Emissionsfaktors lediglich rund 77 tCO₂/a beiträgt. Die Emissionen aus Flüssiggas und Fernwärme fallen demgegenüber kaum ins Gewicht.

Tabelle 6: Treibhausgasäquivalente pro Sektor und Energieträger

Sektorale Aufteilung	Energieträger	THG-Emissionen	THG-Verbrauch in t
Wohnen	Heizöl	310	9.039
	Holz	20	65
	Flüssiggas	114	26
	Wärmestrom	328	952
GHD	Heizöl	310	1.165
	Holz	20	12
	Wärmestrom	328	38
Kommune	Heizöl	310	424
	Fernwärme	328	159

Nachfolgend werden die Anteile des Endenergieverbrauchs für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in Tabelle 7 sowie Abbildung 20 dargestellt. Die Zuordnung erfolgte entsprechend den Vorgaben des Technikkatalogs Wärmeplanung. Es zeigt sich, dass der Endenergieverbrauch mit rund 34.598 MWh/a bzw. 89,02 % überwiegend auf die Raumwärme entfällt. Die Warmwasserbereitung umfasst rund 7.631 MWh/a bzw. 19,63 %. Prozesswärme spielt mit etwa 55 MWh/a und einem Anteil von 0,14 % lediglich eine untergeordnete Rolle. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Wärmeversorgung nahezu vollständig durch die Beheizung von Gebäuden geprägt wird.

Tabelle 7: Verteilung der Wärmeverbräuche

	Endenergie in kWh	Relativ
Raumwärme	34.740.711	81,49%
Warmwasser	7.289.502	17,10%
Prozesswärme	601.500	1,41%
Gesamt	42.631.714	

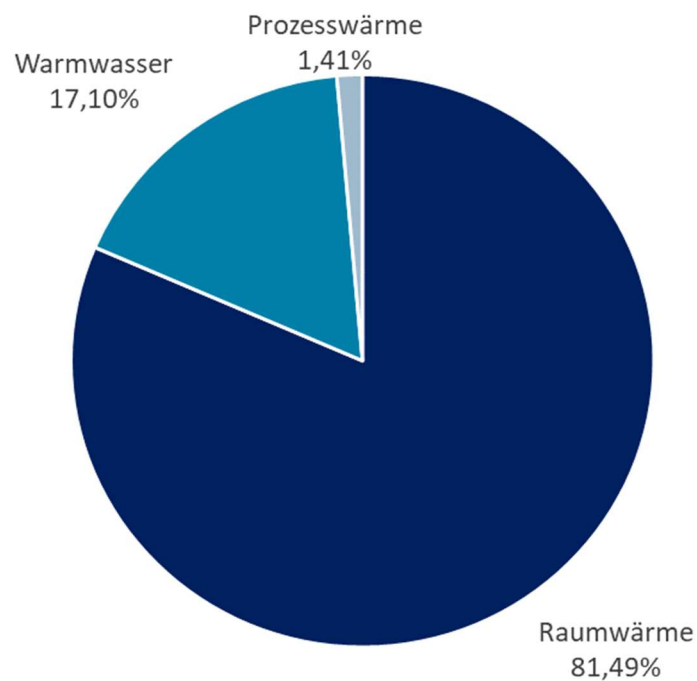


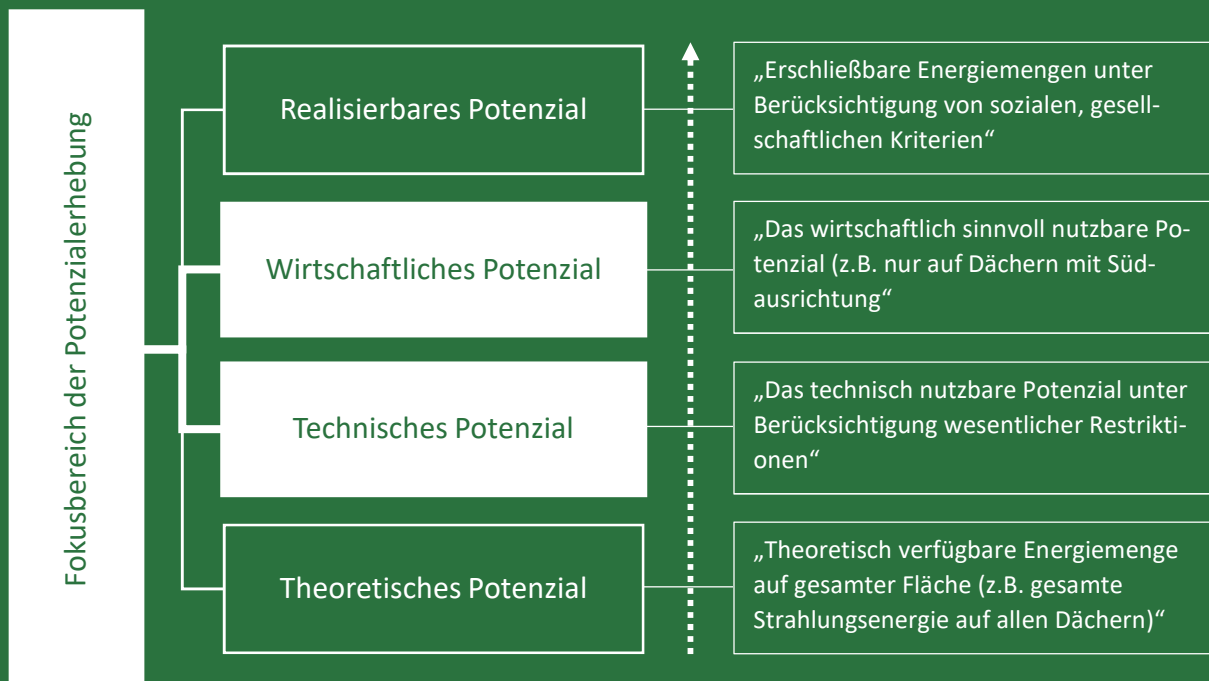
Abbildung 20: Verteilung der Wärmeverbräuche

3. Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse stellt einen entscheidenden Schritt in der kommunalen Wärmeplanung dar. Sie dient dazu, Handlungsmöglichkeiten zu identifizieren und zukünftige Versorgungsoptionen für Kaltennordheim zu entwickeln.

Im Rahmen dieser Analyse werden potenzielle Quellen für die Erzeugung erneuerbarer Wärme und Strom im Untersuchungsgebiet untersucht, wobei der Schwerpunkt auf den verfügbaren Potenzialen für die Bereitstellung von grüner Wärme gelegt wird. Potenziale außerhalb des Untersuchungsgebietes können nach der gesetzlichen Grundlage nicht berücksichtigt werden. Zusätzlich wird das Einsparpotenzial als ein weiterer relevanter Aspekt beleuchtet. Dieses Potenzial ergibt sich aus der energetischen Sanierung des bestehenden Gebäudebestands, welche direkte Implikationen für die in der Zukunft mit erneuerbaren Energien gedeckte Wärmebereitstellung im Zieljahr hat.

Die Potenziale werden hierarchisiert in folgendem Maß dargestellt:



3.1. Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden

Bedarfsreduktion durch Sanierung

Eines der größten Potentiale zur Reduzierung des zukünftigen Wärmebedarfs liegt in der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes. Für die Auswirkung von Sanierung werden nach Technikkatalog zum Leitfaden Kommunale Wärmeplanung verschiedene Szenarienpfade mit zugehörigen jährlichen Reduzierungsraten pauschalisiert. Genutzt wurden das O45-Szenario, die UBA-Projektion sowie die Fortschreibung der bisherigen jährlichen Reduktion seit 2016.

Das O45-Szenario basiert auf einer angenommenen Sanierungsquote von 1,6 %, während die UBA-Projektion eine Sanierungsquote von 1,8 % zugrunde legt. Das dritte Szenario schreibt die bisher beobachtete Entwicklung fort und orientiert sich an den tatsächlich erreichten Sanierungsraten. Für die weitere Wärmeplanung wird dieses Szenario herangezogen, da es die bisherige Entwicklung am besten abbildet.

Die Entwicklungsraten dieser Szenarienpfade werden auf die zuvor ermittelten Werte der Energiebilanz projiziert und können somit, zunächst unabhängig eingesetzter Energieträger, eine mögliche Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs darstellen.

Abbildung 21 zeigt die Entwicklung des Endenergieverbrauchs unter Berücksichtigung der verschiedenen Sanierungspfade. Ausgehend von einem heutigen Endenergieverbrauch von 42.632 MWh/a ergibt sich bis zum Jahr 2045 eine deutliche Reduzierung des Wärmebedarfs. Im O45-Szenario sinkt der Endenergieverbrauch auf 32.628 MWh/a, was einer Verringerung um rund 23 % entspricht. Die UBA-Projektion weist mit 31.865 MWh/a den niedrigsten Wert aus und erreicht eine Reduzierung von etwa 25 %. Bei Fortschreibung der bisher beobachteten Entwicklung reduziert sich der Endenergieverbrauch auf 36.942 MWh/a, was einer Verringerung von rund 13 % entspricht.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die energetische Sanierung des Gebäudebestandes einen wesentlichen Beitrag zur Senkung des zukünftigen Wärmebedarfs leisten kann. Gleichzeitig zeigen die Unterschiede zwischen den Szenarien, dass das Ausmaß der Einsparungen maßgeblich von der zukünftig erreichten Sanierungsquote abhängt.

Für die weitere Betrachtung wird daher das Szenario der Fortschreibung verwendet, da es auf den bislang tatsächlich beobachteten Entwicklungen basiert. Aufbauend auf die Sanierungsraten dieses Szenarienpfads erfolgt in Kapitel 4.1 eine weiterführende Analyse.

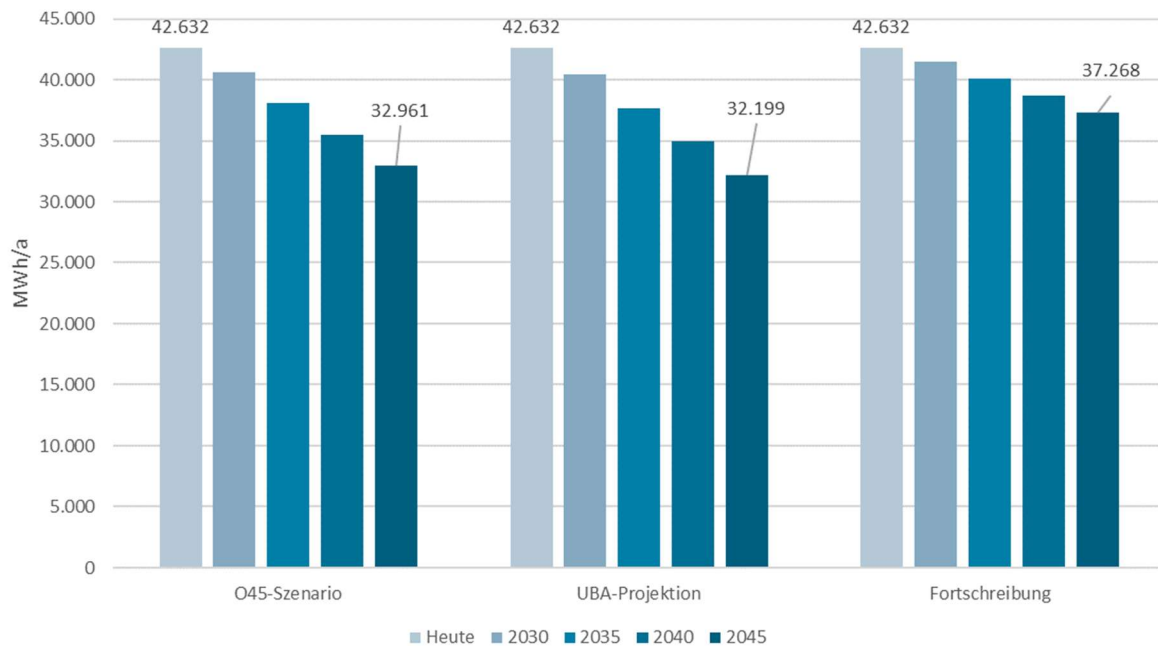


Abbildung 21: Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung in den Jahren 2030, 2035, 2040, 2045 für Kaltennordheim

Bedarfsreduktion durch Veränderungen des Verbrauchsverhaltens

Neben baulichen und technischen Energieeinsparpotenzialen können die Bürger und Bürgerinnen durch ein verändertes Verbrauchsverhalten zur Steigerung der Energieeffizienz im Stadtgebiet beitragen. Laut der Publikation „Sozialverträglicher Klimaschutz“ vom Umweltbundesamt aus dem Jahr 2020 wird das technische Einsparpotenzial im Bereich Heiz und Haushaltsstrom auf ca. 60 % geschätzt. Ein verändertes Verbrauchsverhalten hat nicht nur positive Effekte auf den Treibhausgasausstoß, sondern auch Auswirkungen auf die von einem Haushalt aufzubringenden Energiekosten. Auswertungen im Rahmen des Stromspiegels für Deutschland zeigen, dass ein durchschnittlicher 2-Personen-Haushalt in einem Einfamilienhaus ohne elektrische Warmwasserbereitung pro Jahr durchschnittlich 700 kWh (ca. 22 %) seines Stromverbrauchs einsparen kann. Dies entspricht bei einem Arbeitspreis von 40 ct/kWh etwa 280 € pro Jahr. Folgende Abbildung 22 zeigt die Aufteilung des Stromverbrauchs nach einzelnen Nutzungskategorien für einen Haushalt mit und ohne elektrische Warmwassererzeugung. Es lässt sich annehmen, dass der Verbrauch in den einzelnen Kategorien im unterschiedlichen Ausmaß von der energetischen Qualität der Geräte und dem Nutzungsverhalten bzw. den nutzerbedingten Einstellungen abhängt.

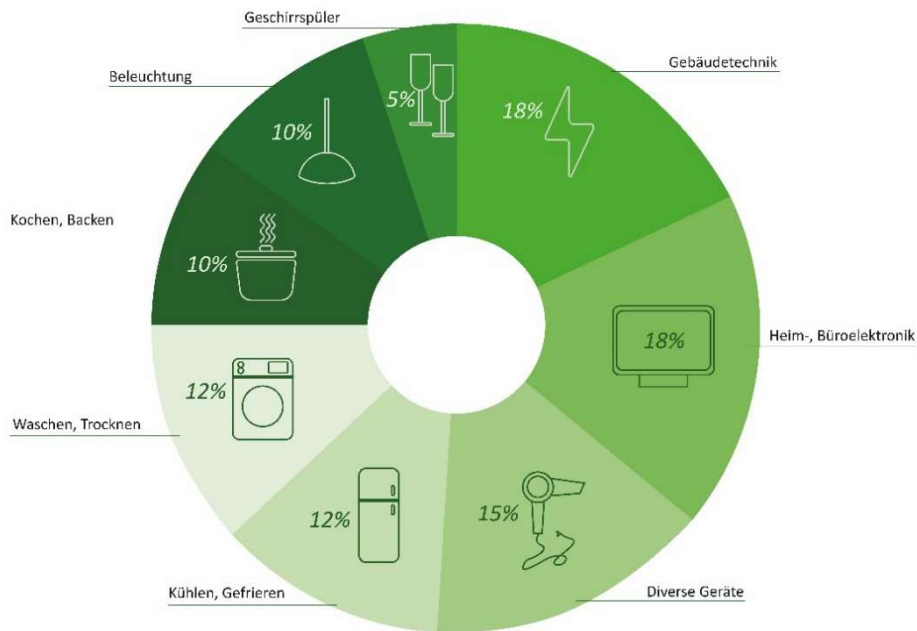


Abbildung 22 Energieverbrauch im Haushalt nach Kategorien [Quelle: EKZ-Ratgeber, 2024]

Das Einsparpotenzial im Haushalt ist durch verschiedene Maßnahmen realisierbar, die sowohl die Effizienz der genutzten Geräte als auch das alltägliche Verhalten betreffen. Eine wirksame Strategie besteht darin, ältere und ineffiziente Stromverbraucher durch moderne, energieeffiziente Modelle zu ersetzen. Diese Investition kann langfristig zu erheblichen Einsparungen führen. Des Weiteren lässt sich der Energieverbrauch durch den Austausch von Leuchtmitteln senken. LED-Lampen beispielsweise verbrauchen deutlich weniger Strom als herkömmliche Glühlampen oder Halogenlampen und bieten dabei dieselbe Helligkeit. Ebenso kann die Anpassung von Werkseinstellungen bei elektronischen Geräten einen Unterschied machen. Das Verringern der Helligkeitseinstellung bei Fernsehern oder das Einstellen einer moderateren Kältestufe bei Kühlschränken und Gefriertruhen hilft, Energie zu sparen. Ein weiterer Ansatzpunkt zur Reduktion des Stromverbrauchs ist die Minimierung von Stand-by-Zeiten. Dies lässt sich effektiv durch den Einsatz von schaltbaren Steckerleisten erreichen, mit denen Geräte komplett vom Netz genommen werden können, wenn sie nicht in Gebrauch sind.

Auch im Bereich des alltäglichen Verhaltens existieren zahlreiche Möglichkeiten zur Energieeinsparung. Beim Kochen, Waschen und anderen Haushaltstätigkeiten kann durch das Befolgen einfacher Verhaltensregeln Strom gespart werden. Dazugehört beispielsweise die Verwendung von optimierten Waschprogrammen und das Waschen bei niedrigeren Temperaturen, was den Energiebedarf erheblich reduziert. Erhebliches Einsparpotenzial lässt sich durch das Vorziehen von Kaufentscheidungen bei noch funktionierenden älteren ineffizienten Haushaltsgeräten ausschöpfen. Hierzu zählen neben Kühl- und Gefrierschränken, Waschmaschinen und Trocknern insbesondere auch ineffiziente Umwälzpumpen. Auswertungen für mittlere Verbrauchswerte von Kühl- und Gefrierkombinationen zeigen, dass der durchschnittliche Verbrauch der Neugeräte im Jahr 2001 bei 373 kWh/a lag, bei Geräten im Jahr 2012 auf 216 kWh/a und bei Geräten im Jahr 2016 auf 192 kWh/a sank. Ein durchschnittliches Gerät aus dem Jahr 2016 verbrauchte somit 49 % weniger Energie als ein 15 Jahre alter Kühlschrank. Dies

entspricht einer Kosteneinsparung von ca. 53 € pro Jahr (vgl. co2online.de). Noch größer ist laut Daten der Stiftung Warentest das Einsparpotenzial bei Umwälzpumpen. Wobei das Umweltbundesamt bei alten ungeregelten Pumpen von einem noch weitaus höherem Einsparpotenzial ausgeht (Verbrauch der Altanlagen wird hier mit 400-600 kWh/a angegeben).

Präzise Aussagen über das Einsparpotenzial im Bereich des Stromverbrauchs privater Haushalte können für das Quartier nicht gemacht werden. Einsparpotenziale in den Haushalten sind sehr stark von individuellen Faktoren abhängig. Zu den Faktoren gehören unter anderem das Alter, die Berufstätigkeit, das Einkommen, die Ausstattung mit elektrischen Geräten usw. Darüber hinaus müssen Mehrverbräuche berücksichtigt werden die durch die zunehmende Ausstattung von Haushalten mit Elektro- und insbesondere Multimediageräten, Informationstechnologien und deren parallele Nutzung verursacht wird (z. B. statt ausschließlich Fernsehnutzung werden gleichzeitig weitere Geräte wie Tablet und Handy genutzt). Unter Annahme statistischer Durchschnittswerte kann für die Haushalte im Quartier dennoch von einem realistischen Einsparpotenzial in einer Größenordnung von 10 bis 15 % ausgegangen werden.

Im Wärmebereich können Einsparpotenziale neben der Sanierung der Gebäudehülle auch durch das Verändern oder Anpassen des Verbrauchsverhaltens realisiert werden. So steigen die Heizkosten bei einer Erhöhung der Temperatur in beheizten Räumen um 1°C um durchschnittlich etwa 6 %. Einsparungen müssen dabei nicht unbedingt durch das generelle Verringern der Wohnungstemperatur erreicht werden. Vielmehr geht es darum sich mit dem individuellen Heizverhalten auseinanderzusetzen und mögliche Ineffizienzen zu erkennen. So eignen sich beispielsweise für unterschiedliche Räume unterschiedliche Temperaturen. Durch den Einbau von Heizungsreglern/ Thermostaten mit Zeitschaltfunktion kann eine bedarfsgenaue Steuerung der Wärmezufuhr erreicht werden, was insbesondere bei Haushalten, in denen die Bewohnenden tagsüber abwesend sind, vorteilhaft ist.

Erfahrungen der Münchener Gewofag zeigen, dass Einsparungen insbesondere durch einfache technische Maßnahmen zu erreichen sind, die den Verbrauchern bei der Optimierung ihres Nutzungsverhaltens unterstützen (intelligente Thermostatventile mit Fensterkontakt). So können durch das Befolgen von einfachen Regeln beim Lüften (kurzes Stoßlüften ist besser als langfristig angekippte Fenster) relevante Effizienzgewinne erzielt werden. Ebenso empfiehlt es sich, die Heizung regelmäßig zu entlüften, die Heizkörper möglichst unverdeckt zu halten (vermeiden von Wärmestaus am Heizkörper) oder wo dies relevant ist, Heizkörpernischen zu dämmen. Erhebliche Einsparpotenziale lassen sich auch durch die regelmäßige Durchführung eines hydraulischen Abgleichs erzielen.

Gemäß Anlage 2 zu § 18 des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) sind für die kommunale Wärmeplanung Teilgebiete zu identifizieren, die ein erhöhtes Energieeinsparpotenzial aufweisen. Für die Analyse des in Betracht kommenden Gebiets Kaltennordheims wurden neben den Vorgaben des WPG die zentralen Zielsetzungen der aktuellen EU-Gebäuderichtlinie „Energy Performance of Buildings Directive“ (EPBD) herangezogen und in den Analyse- und Bewertungskontext integriert. Die Novelle der EPBD (Richtlinie (EU) 2024/1275) ist seit Mai 2024 in Kraft und

stellt einen aktualisierten, europaweit geltenden Rahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und der Reduktion von Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor dar. Die Mitgliedstaaten sind verpflichtet, die Richtlinie bis spätestens Ende Mai 2026 in nationales Recht umzusetzen (Bundes Architekten Kammer, 2025).

Die EPBD verfolgt das übergeordnete Ziel, den Gebäudebestand in der Europäischen Union bis 2050 klimaneutral zu gestalten. Kernelemente der Novelle sind die Stärkung von Mindestanforderungen an die Energieeffizienz bestehender Gebäude, die Förderung von Renovierungen und die Einführung koordinierter Pläne auf nationaler Ebene zur Sanierung und Dekarbonisierung. Dabei sollen in erster Linie die Gebäude mit der schlechtesten Energieeffizienz adressiert werden.

Für den Bestand sind insbesondere energieeffizienzbezogene Zielwerte definiert, die sich nicht unmittelbar aus der EPBD selbst, sondern aus der politischen Diskussion und den begleitenden Umsetzungsstrategien der Mitgliedstaaten ergeben. Demnach sollen alle Wohngebäude bis 2030 mindestens Energieeffizienzklasse E und bis 2033 mindestens Energieeffizienzklasse (EEK) D erreichen. Diese Zielsetzungen dienen als Orientierungswerte für die Priorisierung von Sanierungsmaßnahmen und unterstützen die Ableitung regionaler Maßnahmen- und Investitionspläne im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung.

Tabelle 8: Energieeffizienzklassen für Wohngebäude nach Anlage 10 GEG

Energieeffizienzkategorie	Endenergie [kWh/m ² *a]
A+	≤ 30
A	≤ 50
B	≤ 75
C	≤ 100
D	≤ 130
E	≤ 160
F	≤ 200
G	≤ 250
H	> 250

In der Praxis dieses Projekts hat sich jedoch gezeigt, dass eine starre Anwendung der theoretischen Energieeffizienzklassen nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) wenig aussagekräftig für die tatsächliche Identifikation von Sanierungsschwerpunkten wäre. Da die rechnerischen Kennwerte aus den standardisierten Modellen im Vergleich zu realen Verbräuchen oft abweichende Einstufungen erzeugen, würden die meisten Gebäude formell in vermeintlich gut bewerteten Klassen landen. Ein akutes, praxisrelevantes Sanierungspotenzial ließe sich über dieses starre Schema im Datensatz kaum abbilden.

Um diesen Effekt auszugleichen und eine verlässliche Planungsgrundlage zu schaffen, wurde das Sanierungspotenzial anhand der benutzten Kennwerte des Technikkataloges auf Basis der zugeordneten Baualtersklassen identifiziert.

Die räumliche Auswertung und Darstellung der Potenziale erfolgt auf Basis der realen Baublöcke, indem die einzelnen Gebäudedaten innerhalb der Blockstrukturen zusammengefasst und aggregiert werden. Diese blockweise Betrachtung spiegelt die städtebauliche Struktur des Gemeindegebiets wider und macht zusammenhängende Quartiere mit erhöhtem Sanierungsbedarf direkt sichtbar. Gleichzeitig gewährleistet diese Aggregation die datenschutzkonforme Anonymisierung der Gebäudedaten auf Quartiersebene.

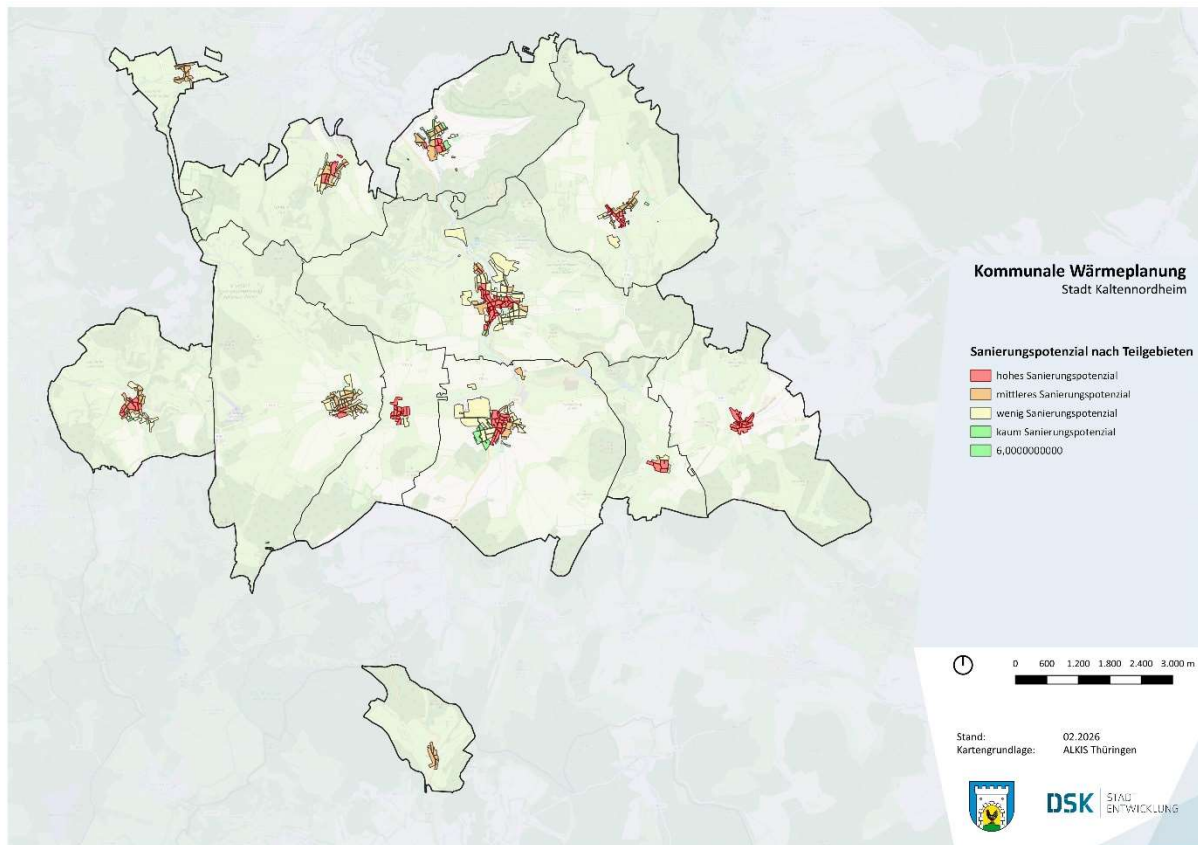


Abbildung 23: Verortete Sanierungspotenziale nach Teilgebiet

3.2. Flächenscreening

Zur Bestimmung von Potenzialflächen für die Wärmeversorgung wird ein Flächenscreening durchgeführt. Dieses Screening dient dazu, potenziell geeignete Flächen für die Nutzung von Wärmeversorgungssystemen zu identifizieren. Die Ergebnisse dieses Verfahrens fließen in die Potenzialflächenanalyse ein, die gemäß den Vorgaben des Leitfadens zur Wärmeplanung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) durchgeführt wird. Hierbei werden sowohl die bestehende Infrastruktur als auch die energetischen Bedürfnisse der verschiedenen Gebiete berücksichtigt.

Bei der Analyse sind zum einen Gebietsarten aufzunehmen, die Technologien zur Wärmeversorgung einschränken oder ausschließen, zum anderen sind Flächen zu identifizieren die perspektivisch für eine Flächensicherung von Bedeutung sind. Zu den Ausschlussflächen gehören:

- Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutz zonen
- Naturschutzgebiete & rechtlich geschützte Biotope
- Natura 2000-Gebiete (FFH- und Vogelschutzgebiete)
- Grünzüge und Grünzäsuren
- Naturdenkmale
- Bekannte Überschwemmungsgebiete
- Biodiversitätspläne
- Oberflächengewässer
- Relevante Areale für Grundwassernutzung

Die Eigentumsverhältnisse dieser Flächen werden dabei nicht berücksichtigt, da die Analyse auf ökologischen und rechtlichen Aspekten basiert, die die Nutzungsmöglichkeiten für Wärmeversorgungsinfrastrukturen betreffen.

Die Stadt Kaltennordheim weist zahlreiche Schutzgebiete auf, darunter Naturdenkmäler, Vogelschutzgebiete sowie Wasser- und Heilquellenschutzgebiete. Weiterhin liegt Kaltennordheim vollständig im Biosphärenreservat „Rhön“ und im Landschaftsschutzgebiet „Thüringische Rhön“. Diese Bereiche unterliegen strengen Nutzungseinschränkungen, die Bodenveränderungen und Eingriffe in die Natur betreffen. Für die Potenzialanalyse von Wärmenetzen sind diese Flächen daher gesondert zu betrachten und genauer zu untersuchen. Die potenziellen Ausschlussflächen sind in der Abbildung 24 dargestellt.

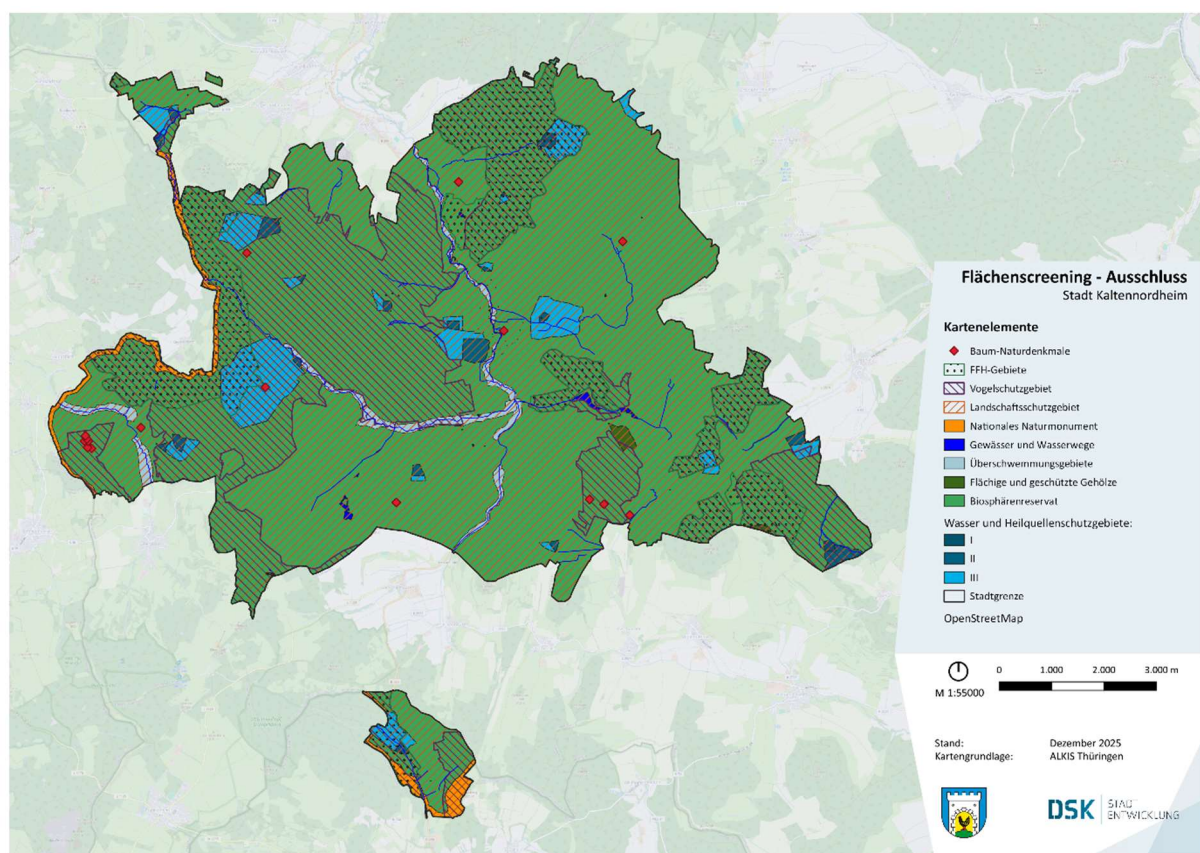


Abbildung 24: Ausschlussflächen Kaltennordheim

Die anschließende Tabelle 9 gibt eine Übersicht über die Einschränkungen für die Installation von Wärmetechnologien auf den entsprechenden Flächen.

Tabelle 9: Einschränkungen für Wärmeversorgungstechnologien

Gebietstyp	Relevanz / Einschränkung für Wärmeversorgungstechnologien
Wasserschutzgebiete & Heilquellenschutzzonen	Nutzung oberflächennaher oder tiefer Geothermie meist verboten; Freiflächen-Solarthermie und Wärmespeicher nur in Zone III B oder außerhalb zulässig.
Naturschutzgebiete & rechtlich geschützte Biotope	Keine Eingriffe erlaubt → Ausschlussflächen für alle baulichen Anlagen (Solarthermie, Geothermie, Speicher, Heizzentralen).

Natura 2000-Gebiete (FFH- & Vogelschutzgebiete)	Nutzung nur bei nachgewiesener Unbedenklichkeit; FFH-Verträglichkeitsprüfung erforderlich → meist Ausschlussflächen für großflächige Technologien.
Grünzüge & Grünzäsuren	Raumordnerische Einschränkungen gegen Bebauung → keine Heizzentralen oder Freiflächenanlagen, aber ggf. Leitungsführung möglich.
Naturdenkmale	Schutz im direkten Umfeld → keine technischen Anlagen in unmittelbarer Nähe.
Bekannte Überschwemmungsgebiete	Bauliche Nutzung eingeschränkt; Freiflächen-Solarthermie ggf. möglich, keine Wärmespeicher oder Heizzentralen.
Biodiversitätspläne	Flächen mit ökologischem Vorrang → eingeschränkte Nutzung, nur bei Vereinbarkeit mit Biodiversitätszielen.
Oberflächengewässer	Relevante Wärmequelle für Flusswärmepumpen, gleichzeitig Ausschlussbereich für bauliche Eingriffe am Ufer.
Relevante Areale für Grundwassernutzung	Nutzung tiefer Geothermie und Wärmepumpen mit Grundwasserquelle nur nach Genehmigung; meist Ausschlussflächen für Bohrungen.

Es ist jedoch zu beachten, dass das flächendeckende Vorhandensein des Biosphärenreservats und des Landschaftsschutzgebiets in Kaltennordheim nicht zwangsläufig zum Ausschluss von erneuerbaren Energien und modernen Technologien für die Wärmeplanung führt. Viele der betroffenen Flächen können nach Einholung entsprechender Genehmigungen und im Einklang mit den spezifischen Schutzvorgaben weiterhin genutzt werden. So können beispielsweise Photovoltaikanlagen auf versiegelten Flächen oder im Rahmen von Agri-PV-Anlagen unter bestimmten Bedingungen realisiert werden, wobei die jeweiligen Schutzverordnungen und Einzelfallentscheidungen zu berücksichtigen sind. Die Anlagen sollten bevorzugt auf bereits versiegelten Flächen wie Dächern und Parkplätzen installiert werden, um den Verbrauch von unbebauten Flächen zu minimieren. Der Schutz von Flora und Fauna sowie die Erhaltung der Landschaft bleiben dabei zentrale Aspekte der Planung.

Des Weiteren sind Potenzialflächen relevant, die perspektivisch eine Flächensicherung erfordern, da sie für die Installation bestimmter Wärmeversorgungsanlagen infrage kommen. Dazu zählen Freiflächen-Solarthermieanlagen, die beispielsweise auf Parkplätzen oder über Tunneln sowie auf Unland und vegetationslosen Flächen realisiert werden könnten. Auch tiefe Geothermie sowie Erdwärmesonden und -kollektoren bieten Potenziale, die etwa im Rahmen von Sanierungen auf Sportplätzen genutzt werden könnten. Weitere relevante Potenziale umfassen Großwärmespeicher und Anlagen zur Nutzung von Wärme aus Oberflächengewässern, Abwasser oder Grundwasser. Zudem werden auch Standorte für Heizzentralen und zentrale Luft-Wärmepumpen berücksichtigt. In der nachfolgenden Abbildung 25 sind zunächst nur Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen sowie Unland und vegetationslose Flächen als Potenzialflächen dargestellt. Die weiteren Potenziale, wie beispielsweise die Nutzung von Geothermie oder Großwärmespeichern, werden in den folgenden Abschnitten detailliert untersucht. Die Abbildung dient somit als erste Übersicht. Insgesamt stehen 118,65 Hektar an Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen sowie 39 Hektar an Unland und vegetationslosen Flächen als Potenzialflächen zur Verfügung, von denen voraussichtlich noch einige aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen werden können.

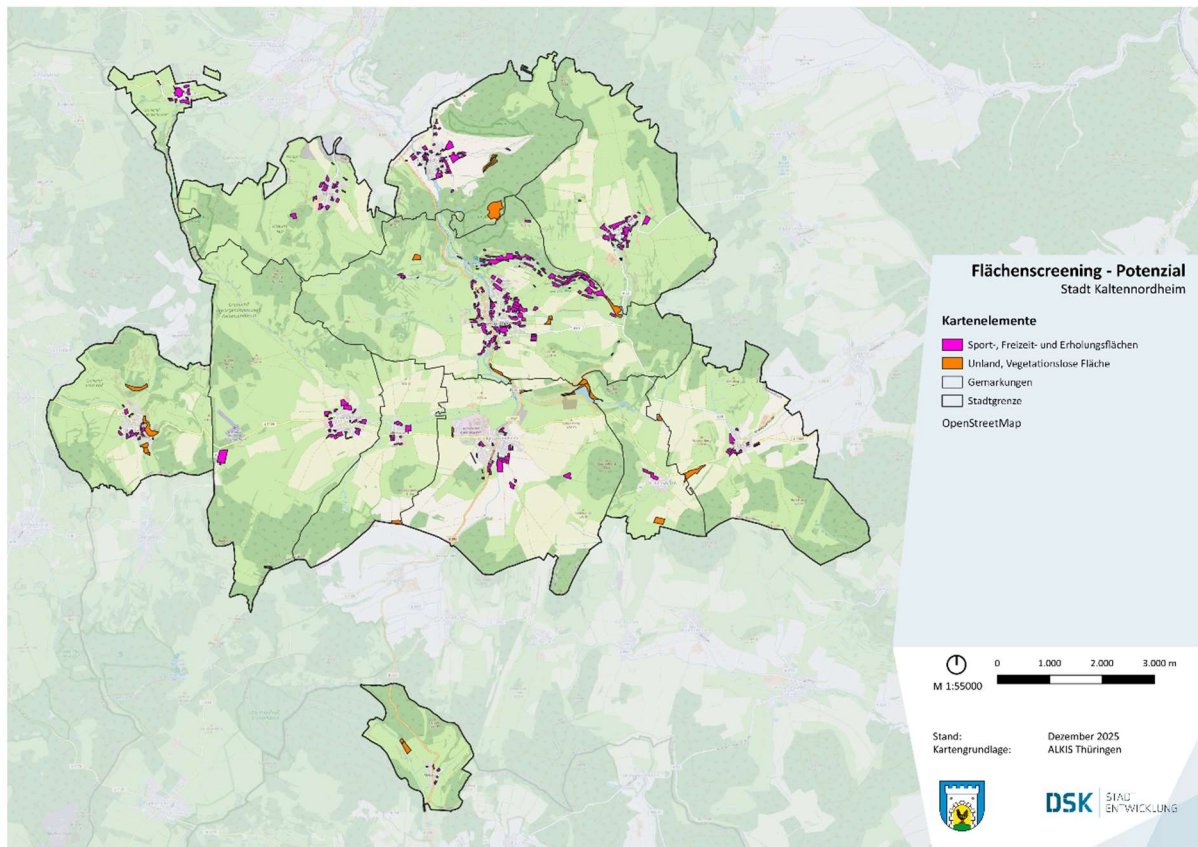


Abbildung 25: Potenzialflächen Kaltennordheim

3.3. Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie bezieht sich auf die Nutzung von Erdwärme in Tiefen von bis zu 400 m. Hierbei wird thermische Energie für Heiz- oder Kühlanwendungen aus den oberen Erd- und Gesteinsschichten oder dem Grundwasser gewonnen. Die Temperatur in diesen Tiefen liegt typischerweise zwischen 8 und 15 °C und erhöht sich um etwa 1 °C pro 30 m Tiefe. Die Nutzung dieser Erdwärme erfolgt hauptsächlich mittels Erdwärmesonden oder Erdwärmekollektoren, die in Verbindung mit einer Wärmepumpe eingesetzt werden. Die Wärmepumpe dient dazu, die Temperatur der gewonnenen Erdwärme auf ein nutzbares Niveau von 30 bis 60 °C anzuheben. Die verschiedenen Methoden werden in der nachfolgenden Abbildung 26 dargelegt.

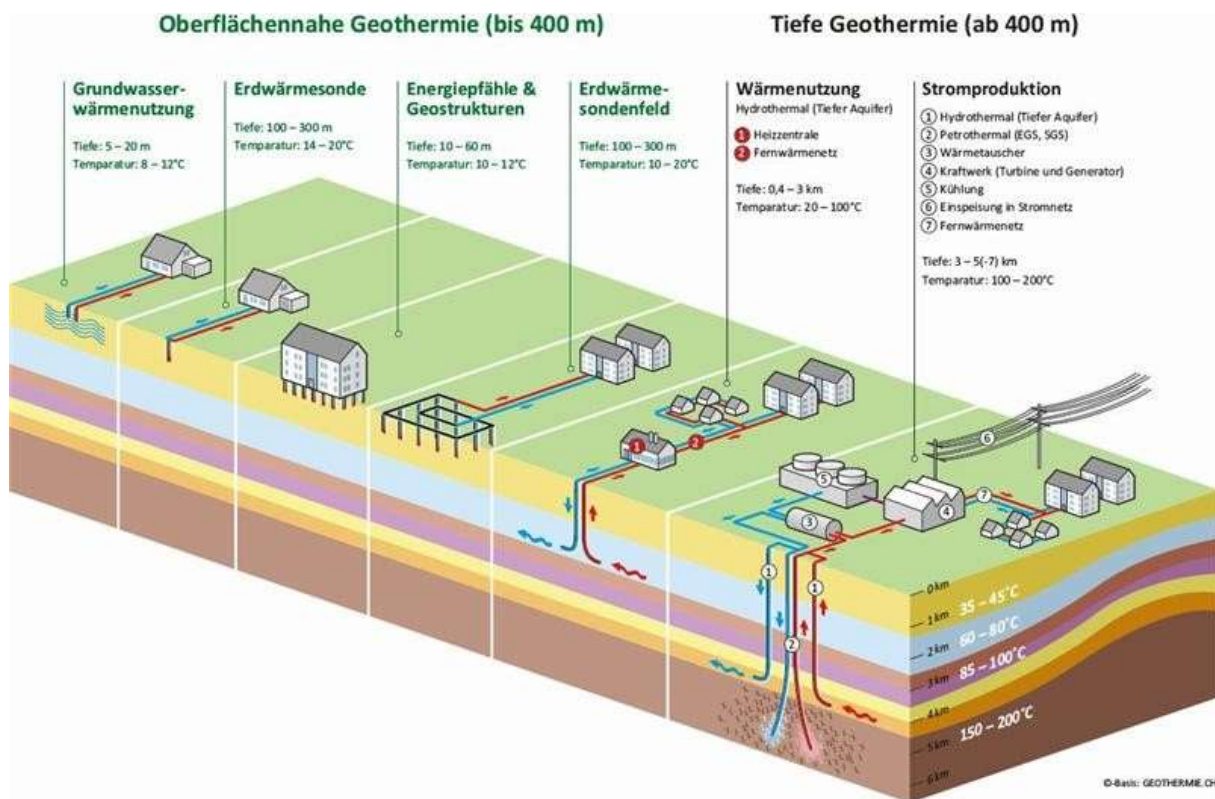


Abbildung 26: Übersicht geothermischer Nutzungsmöglichkeiten [Quelle: <https://www.vgtg.ch/geothermie.html>]

Erdwärmesonden sind in Nord- und Mitteleuropa die am häufigsten angewendete Methode zur Nutzung von Geothermie. Diese Sonden nutzen konstante Temperatur in Tiefen von 15-20 m unter der Erdoberfläche, um Wärmeenergie zu gewinnen. Sie bestehen aus senkrechten Bohrungen, in die U-förmige Kunststoffrohre eingelassen werden. Durch diese Rohre fließt ein Wärmeträgermittel, das die Wärme an die Oberfläche transportiert, wo sie von einer Wärmepumpe genutzt wird. Normalerweise werden Sonden in einer Tiefe von 40 bis 160 m installiert. Die Entzugsleistung hängt neben der Bohrtiefe auch von der Beschaffenheit des Bodens ab. Abhängig von Bodentyp und -feuchte (Lehmboden, wasserführendem Kies- oder Sandboden etc.) variiert die Leistung zwischen 25 W/m bis 80 W/m bei 1.800 bis 2.400 Volllaststunden pro Jahr.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Nutzung oberflächennaher Geothermie in Kaltennordheim (Rhön) im Landkreis Schmalkalden-Meiningen unterliegt in Thüringen vor allem wasserrechtlichen Vorgaben (WHG, ThürWG, Schutzgebietsrecht) sowie – abhängig von Bohrtiefe und Vorhabensausprägung – Anzeige- und Datenübermittlungspflichten nach Geologiedatengesetz (GeolDG) und Bundesberggesetz (BBergG). Maßgebliche Vollzugshilfen stellen die aktuellen Verfahrenshinweise des Thüringer Landesamts für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN) bzw. des Thüringer Umweltministeriums dar.

Kaltennordheim liegt im Mittelgebirgsraum der Rhön; zudem sind in der Region Schutzgebiete (z. B. Wasser- und Heilquellenschutzgebiete sowie Naturschutz- und FFH-Gebiete) grundsätzlich standortrelevant zu prüfen. Für Vorhaben in Schutzgebieten sind regelmäßig zusätzliche Restriktionen, Befreiungen oder Auflagen möglich.

Eine frühzeitige Abstimmung mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde beim Landratsamt Schmalkalden-Meiningen ist praxisrelevant, weil je nach Grundwasserrelevanz aus einer Anzeige ein Erlaubnisverfahren (und ggf. UVP-Vorprüfung) werden kann.

Bergrechtliche und geologische Anzeige-/Meldepflichten (GeolDG, BBergG)

In Thüringen wird im Vollzug zwischen oberflächennaher Geothermie bis 400 m und tiefer Geothermie mit Eingriffstiefen von mehr als 400 m unterschieden. Ab etwa 400 m greift in der Regel das Bundesberggesetz, sodass für die Gewinnung von Erdwärme ein bergrechtliches Verfahren nach § 57e BBergG erforderlich werden kann. Unabhängig davon sind Bohrungen mit mehr als 100 m Tiefe nach § 127 BBergG beim TLUBN anzeigepflichtig; die Anzeige dient insbesondere der Prüfung, ob ein Betriebsplan benötigt wird und zudem sind Beginn und Einstellung der Bohrarbeiten bei solchen Tiefen mindestens zwei Wochen vorab zu melden. Bohrungen zur Errichtung von Erdwärmesonden gelten außerdem regelmäßig als anzeigepflichtige geologische Untersuchungen nach GeolDG, verbunden mit der Pflicht zur Übermittlung von Nachweis-, Fach- und Bewertungsdaten innerhalb der vorgegebenen Fristen. Für eine effiziente und konsistente Abwicklung empfiehlt das TLUBN, Anzeigen über das Portal „ERDAUFSCHLUSS digital“ einzureichen; darüber werden die Informationen gebündelt an das TLUBN und die zuständige Untere Wasserbehörde übermittelt (z. B. via BundID/ELSTER-Unternehmenskonto).

Wasserrechtliche Aspekte (WHG, ThürWG, Schutzgebiete)

Wenn bei einer Bohrung voraussichtlich Grundwasser erschlossen wird oder sich das Vorhaben auf Bewegung, Höhe oder Beschaffenheit des Grundwassers auswirken kann, ist dies nach § 49 WHG in Verbindung mit § 41 ThürWG spätestens drei Monate vor Beginn der Arbeiten der zuständigen Wasserbehörde anzuzeigen; wird dabei unbeabsichtigt Grundwasser erschlossen, muss die Anzeige unverzüglich erfolgen. Auf Grundlage dieser Anzeige prüft die Wasserbehörde, ob zusätzlich eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich ist und ob eine UVP-Vorprüfung nach UVPG durchzuführen ist. Je nach Ergebnis kann das Vorhaben untersagt oder mit Nebenbestimmungen zugelassen werden; erfolgt innerhalb der Dreimonatsfrist keine Rückmeldung und ist kein weiteres Verfahren erforderlich, kann grundsätzlich begonnen werden, sofern die anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden. Erlaubnispflichten bestehen in Thüringen typischerweise insbesondere für vertikale Erdwärmesonden, die im Vollzug regelmäßig als erlaubnispflichtige Benutzung im Zusammenhang mit dem Grundwasser eingeordnet werden, sowie für Grundwasserwärmepumpen, bei denen Entnahme und Wiedereinleitung stets eine erlaubnispflichtige Gewässerbenutzung darstellen. Flächen- und Grabenkollektoren können je nach Ausführung und Standort häufig unterhalb der Erlaubnisschwelle liegen, bleiben jedoch anzeigerelevant, sobald eine Grundwasserrelevanz nicht sicher ausgeschlossen werden kann oder Schutzgebietsrecht betroffen ist; maßgeblich ist hier die Einzelfallprüfung durch die Wasserbehörde.

Schutzgebiete und Befreiungen

Bei Vorhaben in Wasser- oder Heilquellenschutzgebieten sind in Thüringen zusätzlich die jeweiligen Schutzgebietsverordnungen zu beachten; je nach Lage und Eingriffsart können Verbotstatbestände greifen, sodass gegebenenfalls Befreiungen oder abweichende Zulassungen erforderlich werden. Das Verfahrenshandbuch sieht hierzu ein eigenes Prüffeld vor und macht deutlich, dass Schutzgebietsbelange frühzeitig und standortbezogen

zu klären sind. Für die Genehmigungsfähigkeit sind in der Praxis vor allem eine fachgerechte Planung und Ausführung nach anerkannten Regeln der Technik (unter anderem nach VDI 4640), die nachweisliche Qualifikation des Bohrunternehmens sowie eine vollständig dokumentierte Ausführung entscheidend, wobei in Thüringen insbesondere die DVGW-Arbeitsblätter W 120-1 und W 120-2 als Referenz herangezogen werden. Ebenso ist eine vollständige Antrags- bzw. Anzeigeunterlage erforderlich, typischerweise mit Lageplan, technischer Beschreibung, Bohr- und Ausbaukonzept, Angaben zur Verpressung und Abdichtung sowie bei Bedarf eine hydrogeologische Einschätzung. Unvollständige Unterlagen können zurückgewiesen werden. Zur Standortvorprüfung verweist das TLUBN ausdrücklich auf seinen Kartendienst in der Rubrik „Umweltthemen Thüringen/Geothermie“, der als zentrales Hilfsmittel zur Bewertung der Standortsituation, insbesondere hinsichtlich Schutzgebieten und weiterer Restriktionen, genutzt werden soll.

Technische Erschließungsmöglichkeiten

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden zählen zu den bewährten Systemen der oberflächennahen Geothermie und sind auch im Raum Kaltennordheim (Rhön) eine relevante Option für eine effiziente Wärmeversorgung von Wohn- und Nichtwohngebäuden. Dabei werden vertikale Sonden in den Untergrund eingebracht, in denen eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Sie nimmt die im Boden gespeicherte Wärme auf und überträgt sie an eine Wärmepumpe. Durch die relativ stabilen Temperaturen in tieferen Bodenschichten (ab etwa 10 m) lassen sich hohe Jahresarbeitszahlen erreichen, sofern Planung, Dimensionierung und Ausführung standortgerecht erfolgen. Für Kaltennordheim ist – wie in Thüringen generell – eine frühe Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde des Landkreises Schmalkalden-Meiningen sinnvoll, insbesondere bei Schutzgebietsbezug oder grundwasserrelevanter Bohrtiefe.

Abstandsregelungen nach VDI 4640 Blatt 2

Die VDI 4640 Blatt 2 bildet in Deutschland eine zentrale technische Grundlage für Auslegung und Installation erdgekoppelter Wärmepumpenanlagen (u. a. Erdwärmesonden, Kollektoren, Brunnenanlagen). Konkrete Abstände werden in der Praxis häufig als projektspezifische Mindestabstände festgelegt (u. a. abhängig von Sondentiefe, Untergrund, Anlagengröße, Nachbarbebauung und Schutzgebietsauflagen). Als gängige Orientierungswerte werden häufig angesetzt:

- Abstand zwischen Erdwärmesonden einer Anlage: ca. 6 m (insbesondere bei Sonden > 50 m; geringere Abstände sind grundsätzlich möglich, müssen aber in der Auslegung berücksichtigt werden)
- Abstand zu bestehenden Gebäuden: mindestens ca. 2 m (Standicherheit/Fundamente beachten)
- Abstand zu Ver- und Entsorgungsleitungen: mindestens ca. 1 m

In Schutzgebieten oder empfindlichen Grundwasserbereichen kann die zuständige Wasserbehörde weitergehende Abstände oder zusätzliche Auflagen vorgeben; maßgeblich ist der Einzelfall am Standort in Kaltennordheim.

Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren (Flächen- oder Grabenkollektoren) stellen eine Alternative zu vertikalen Sonden dar und eignen sich besonders dort, wo ausreichend Grundstücksfläche verfügbar ist – was im ländlich geprägten Umfeld von Kaltennordheim häufig der Fall ist. Die Systeme bestehen aus horizontal in etwa 1 bis 2 m Tiefe verlegten Rohrleitungen, in denen eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Die über die Fläche aufgenommene Erdwärme wird an eine Wärmepumpe übertragen und für Raumwärme und Warmwasser genutzt.

Abstandsregelungen nach VDI 4640 Blatt 2

Auch bei Kollektoren sind Abstände im Rahmen der Planung festzulegen, um Frosthebungen, thermische Beeinflussungen und Konflikte mit Nachbargrundstücken, Bäumen, Fundamenten und Leitungen zu vermeiden. Übliche Planungsansätze orientieren sich an den anerkannten Regeln der Technik (u. a. VDI 4640) und werden standortbezogen konkretisiert (insbesondere bei Schutzgebietsbezug). In der Praxis werden häufig mindestens folgende Größenordnungen angesetzt:

- Abstand zur Grundstücksgrenze: etwa 1 m
- Abstand zu Gebäuden/Kelleraußenwänden: etwa 1,5 m
- Abstand zu Leitungen (Gas, Strom, Wasser, Telekom): etwa 1 m
- Abstand zu Brunnenanlagen: in der Regel deutlich größer (häufig mindestens 10 m, abhängig von Nutzung/Schutzzone)

Auch hier gilt: In Schutzgebieten oder bei besonderen örtlichen Gegebenheiten (z. B. Quell-/Brunnenumfeld) können weitergehende Vorgaben gelten; die Standortprüfung und Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde ist deshalb auch bei Kollektoren ein sinnvoller Standardprozess.

Zusammenfassung

Für die Nutzung oberflächennaher Geothermie im Gebiet um Kaltennordheim (Landkreis Schmalkalden-Meiningen) ergibt sich ein abgestuftes System aus Anzeige-, Erlaubnis- und ggf. weiteren Prüfpflichten. Jede Anlage ist wasserrechtlich mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde abzustimmen; Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen sind in der Regel erlaubnispflichtig. Bei Bohrungen mit mehr als 100 m Tiefe sowie bei größeren Vorhaben (z. B. Sondenfelder) bestehen zusätzlich bergrechtliche bzw. geologische Anzeige- und Datenübermittlungspflichten gegenüber dem TLUBN. Die Einhaltung technischer Standards (insbesondere VDI 4640 sowie DVGW W 120-2 für die Bohr- und Ausbauqualität) ist eine zentrale Voraussetzung für die Genehmigungsfähigkeit. Aufgrund der standortabhängigen hydrogeologischen Bedingungen im Mittelgebirgsraum der Rhön und eines möglichen Schutzgebietsbezugs können zusätzliche Auflagen oder erhöhte Abstandsanforderungen erforderlich sein.

Berechnung nach VDI 4640

Zur Abschätzung des geothermischen Potenzials im Raum Kaltennordheim und zur Vorbereitung einer Bohrprofilberechnung in Anlehnung an die VDI 4640 wurden öffentlich zugängliche Bohrdaten und Geodienste ausgewertet. Grundlage war die Bohrpunktkarte Deutschland der BGR, über den bundesweiten Bohrungen mit zentralen Stammdaten recherchiert und – sofern freigegeben – auch Informationen zum Schichtenverzeichnis berücksichtigt werden können. Ergänzend wurden Geodaten aus dem Thüringer Umweltportal (Kartendienst/Open-Data) genutzt, die als Shapefile exportiert und in das GIS übernommen werden können.

Für die Potenzialanalyse wurden die im Stadtgebiet Kaltennordheim und im näheren Umfeld vorhandenen Bohrpunkte als Punktdaten zusammengeführt (Abbildung 27) und zur Ableitung standorttypischer Untergrundannahmen (Schichtaufbau, Tiefeninformationen, Plausibilisierung) herangezogen. Diese Informationen bilden die fachliche Basis, um die spezifische Entzugsleistung nach VDI 4640 für definierte Sondentiefen zu parametrisieren und anschließend räumlich zu bewerten.

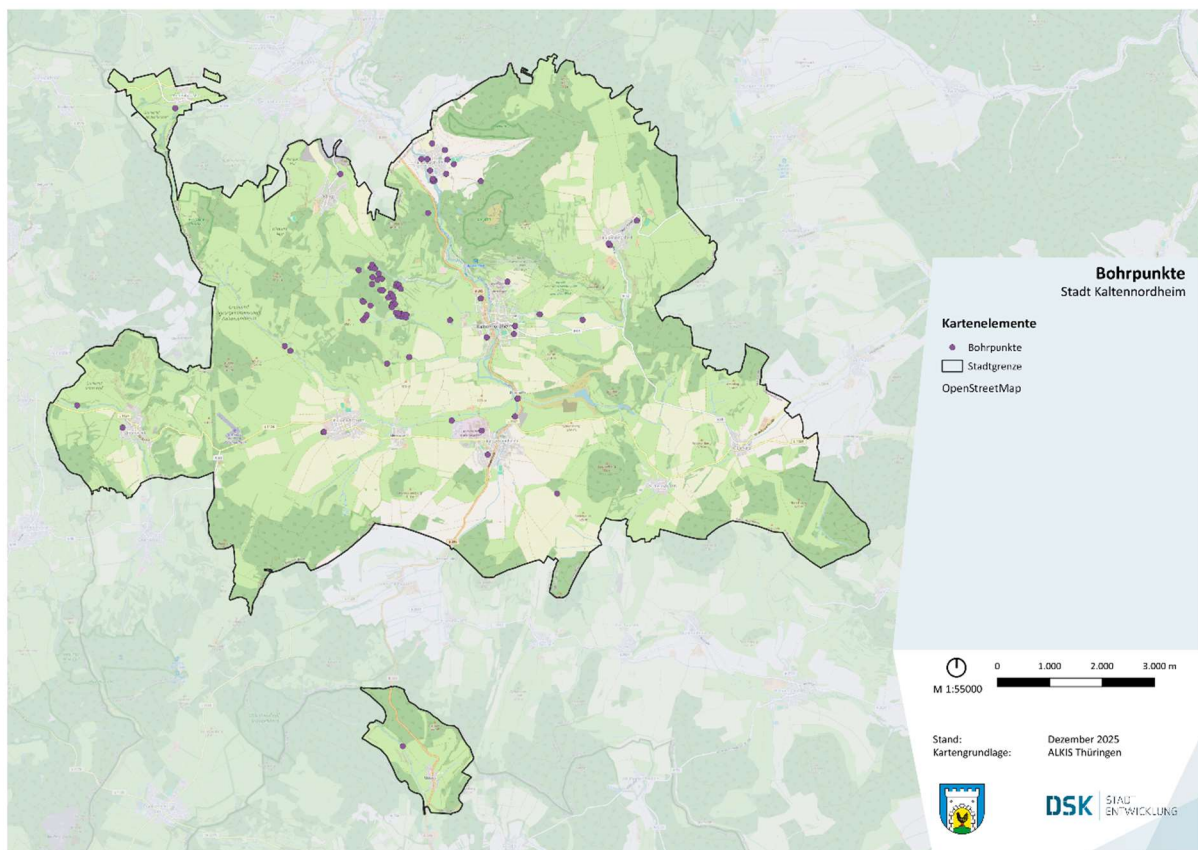


Abbildung 27: Bohrpunkte in Kaltennordheim

Die Abbildung 28 und Abbildung 29 zur geothermischen Potenzialanalyse zeigen die Entzugsleistung [W/m] für Kaltennordheim exemplarisch für 40 m und 120 m Tiefe bei jeweils 2.400 Betriebsstunden pro Jahr. Die farblich abgestuften Flächen machen sichtbar, in welchen Teilräumen vergleichsweise hohe Entzugsleistungen zu erwarten sind und wo geringere Entzugsleistungen eine unwirtschaftlichere Auslegung oder alternative Systemvarianten (z. B. Erdwärmekollektoren oder größere Erdsondenlängen) nahelegen. Damit unterstützen die Karten eine zielgerichtete Standortwahl und eine nachvollziehbare Vorbemessung im Sinne der VDI 4640.

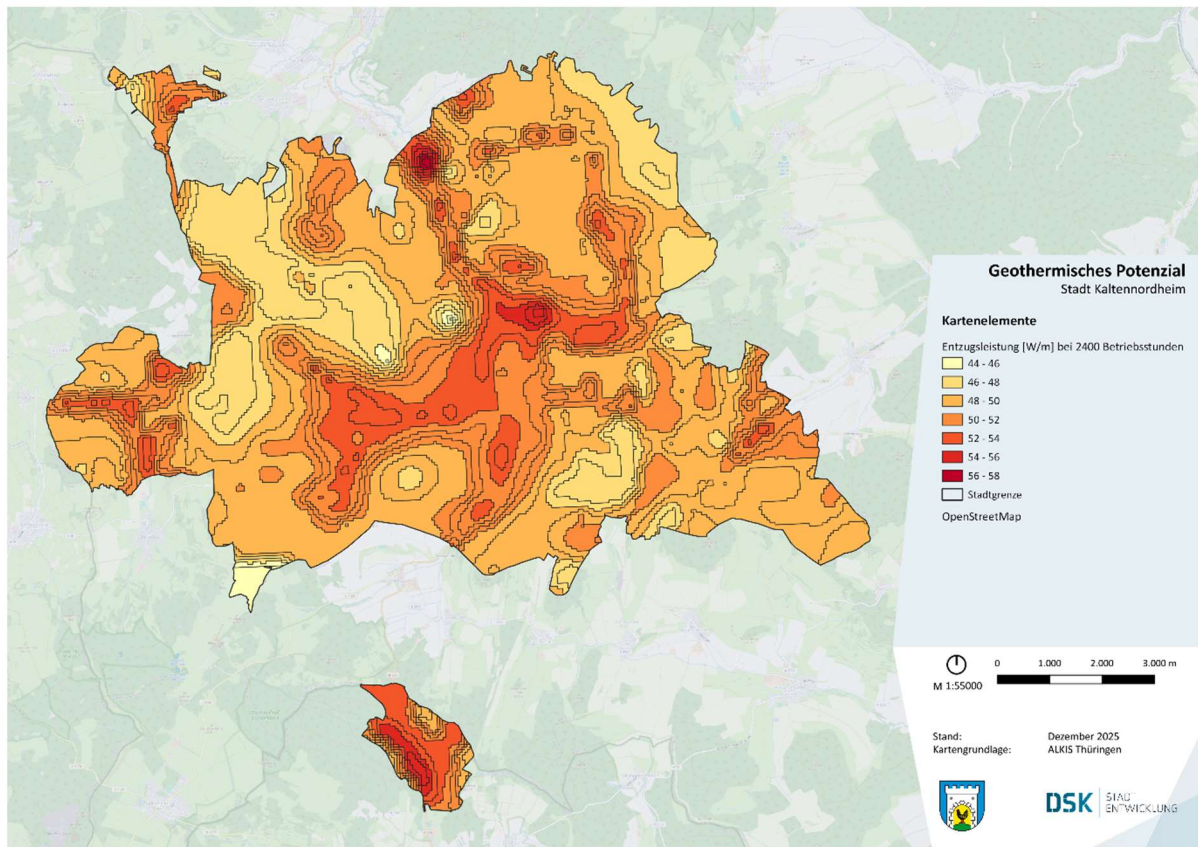


Abbildung 28: Geothermische Potenzial bei 40 m Tiefe und 2400 Betriebsstunden

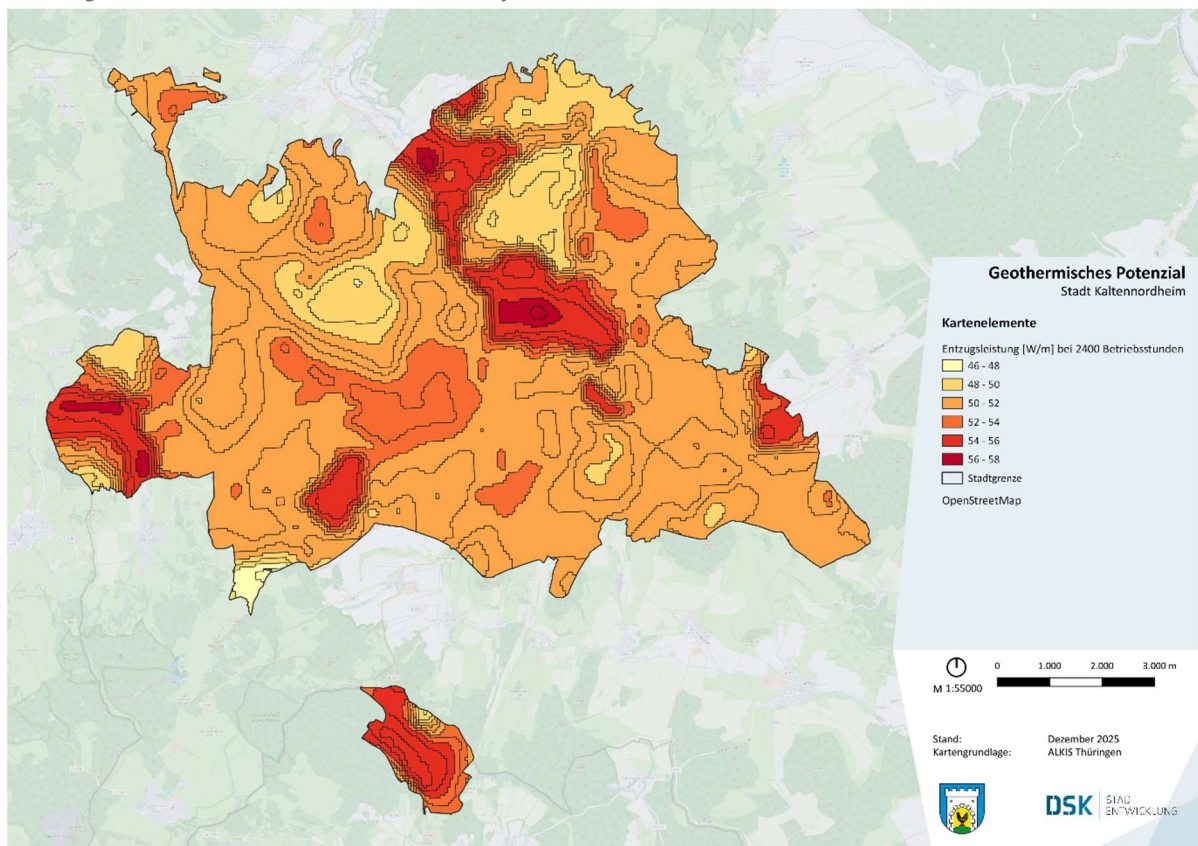


Abbildung 29: Geothermische Potenzial bei 120 m Tiefe und 2400 Betriebsstunden

Zur Einschätzung des geothermischen Potenzials im Raum Kaltennordheim wurden drei exemplarische Bohrszenarien unter Berücksichtigung der standorttypischen Untergrundbedingungen simuliert. Auf Grundlage der abgeleiteten Bohrprofile wurden die jeweiligen Bohrtiefen sowie die in den entsprechenden Tiefenbereichen zu erwartenden Schichten beziehungsweise Sedimente erfasst. Die Berechnung der nutzbaren Energiemenge erfolgte gemäß den Vorgaben der VDI-Richtlinie 4640, wobei insbesondere Bohrtiefe, Untergrundtyp und die daraus abgeleitete spezifische Entzugsleistung als zentrale Einflussgrößen berücksichtigt wurden. Die angesetzten Entzugsleistungen wurden Tabelle 10 entnommen. In einem der Szenarien wurde dabei ebenfalls Schluff als Untergrundtyp zugrunde gelegt, entsprechend der Zuordnung aus Tabelle 11.

Tabelle 10: Spezifische Wärmeentzugsleistungen für unterschiedliche Untergründe (VDI 4640)

Geologischer Untergrund	Spezifische Entzugsleistung für 1800 Stunden (W/m)	Spezifische Entzugsleistung für 2400 Stunden (W/m)
Schlechter Untergrund (trockenes Sediment) ($\lambda < 1,5 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$)	25	20
Normaler Festgesteinsuntergrund und wassergesättigtes Sediment ($\lambda = 1,5 - 3,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$)	60	50
Festgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit ($\lambda > 3,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$)	84	70
Kies, Sand, trocken	21	16
Kies, Sand, wasserführend	72,5	60
bei starkem Grundwasserfluss in Kies und Sand, für Einzelanlagen	90	90
Ton, Lehm, feucht	42,5	35
Kalkstein, massiv	62,5	52,5
Sandstein	72,5	60
saure Magmatite (z.B. Granit)	75	62,5
basische Magmatite (z.B. Basalt)	57,5	45
Gneis	77,5	65

Tabelle 11: Wärmeeigenschaften von ausgewählten Gestein sowie sonstigen Materialien

Gestein/Material	Wärmeleitfähigkeit in W/mK		Wärmekapazität in MJ/m³K	
	feucht	wassergesättigt	Min	Max
Torf, Mudde	0.7	0.7	0.5	3.8
Ton	1.8	1.8	2.0	2.8
Schluff	1.8	1.8	2.0	2.8
Sand	1.4	2.4	2.2	2.8
Kies	0.4	2.0	2.2	2.6
Geschiebemergel, -lehm	2.4	2.4	1.5	2.5
Mergel (Kalk-, Tonmergel)	1.8	1.8	n.a.	n.a.
Tonstein	2.2	2.2	2.1	2.4
Schluffstein	2.2	2.2	2.1	2.4
Sandstein	2.8	2.8	1.8	2.6
Mergelstein (Kalk-, Tonmergelstein)	2.3	2.3	2.2	2.3
Schreibkreide	1.6	1.6	n.a.	n.a.
Kalkstein	2.7	2.7	2.1	2.4
Luft		0.02		0.0012
Wasser		0.59		4.15
Eis		2.32		1.87
Stahl		60		3.12
Kunststoff (HD-PE)		0.42		1.8
Bentonit		0.60		3.9

Die nachfolgende Tabelle 12 fasst die drei betrachteten Bohrszenarien für Kaltennordheim zusammen.

Tabelle 12: Vergleich verschiedener Szenarien für geothermische Potenzial

Kriterien	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Bohrtiefe [m]	10	20	80
Sediment	Schluff	Ton	Kalkstein
spezifische Entzugsleistung [W/m]	50	35	53
Betriebsstunden [h]	2400	2400	2400
Nutzbare Energiemenge [kWh/a]	1.200	1.680	10.080

Die nutzbare Energiemenge Q ergibt sich aus:

$$Q \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right] = \frac{\text{Bohrtiefe [m]} * \text{spez. Entzugsleistung} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}} \right] * \text{Betriebsstunden [h]}}{1.000}$$

Die Ergebnisse zeigen, dass die nutzbare Energiemenge mit zunehmender Bohrtiefe deutlich ansteigt. Während in Szenario 1 bei 10 m Tiefe und Schluff mit 1.200 kWh/a ein vergleichsweise geringes Potenzial erreicht wird, steigt die nutzbare Energiemenge in Szenario 2 bei 20 m Tiefe auf 1.680 kWh/a. Den mit Abstand höchsten Wert liefert Szenario 3: Bei 80 m Tiefe und Kalkstein werden 10.080 kWh/a erzielt. Der starke Zuwachs ist im Wesentlichen auf die größere Wärmetausfläche und das größere thermisch nutzbare Untergrundvolumen zurückzuführen.

Gleichzeitig wird erkennbar, dass nicht allein die Bohrtiefe, sondern auch der Untergrundtyp bzw. die angesetzte spezifische Entzugsleistung maßgeblich ist. Trotz der geringeren Tiefe in Szenario 2 fällt die Entzugsleistung in Ton (35 W/m) deutlich niedriger aus als in Schluff (50 W/m) und Kalkstein (53 W/m), was das Ergebnis spürbar begrenzt. Mit zunehmender Tiefe gewinnt dieser Materialeinfluss an Bedeutung, da sich Unterschiede der thermischen Eigenschaften über längere Sondenstrecken stärker auf die Gesamtenergiemenge auswirken.

Die getroffenen Annahmen entsprechen praxisnahen Rahmenbedingungen für kleinere bis mittlere Anwendungen. Die Szenarien liefern damit eine belastbare Erstabschätzung des geothermischen Potenzials und unterstützen die weitere Planung, insbesondere die Dimensionierung von Wärmepumpe und Sonde sowie eine erste Einschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Bohrmaßnahme.

3.4. Mitteltiefe- und Tiefengeothermie

Mitteltiefe Geothermie

Die Mitteltiefe Geothermie bezieht sich auf den Tiefenbereich von etwa 400 bis 1.000 Metern, wobei in einigen Fällen auch Tiefen bis 2.000 Meter als mitteltief betrachtet werden. In diesem Bereich liegen die Temperaturen in der Regel zwischen 40 und 60°C. Im Gegensatz zur oberflächennahen Geothermie, die vor allem mit Erdwärmekollektoren arbeitet, kommen hier vor allem Erdwärmesonden zum Einsatz. Bei diesen geschlossenen Systemen wird Wärme aus dem Untergrund gewonnen, wobei durch die größere Erschließungstiefe höhere Temperaturen erreicht werden können. Dies bedeutet, dass die Verwendung einer Wärmepumpe zur Anhebung der Temperaturen oft nicht notwendig ist.

In bestimmten Fällen, wenn die Temperaturen nicht ausreichen, können hochtemperierte Wärmepumpen eingesetzt werden, um die benötigten Vorlauftemperaturen für Wärmenetze zu erreichen. Bei offenen Systemen, auch als „Dubletten“ bekannt, wird das geothermische Fluid durch Bohrungen entnommen und wieder in den Untergrund zurückgeführt.

Tiefe Geothermie

Die Tiefe Geothermie nutzt geothermische Ressourcen in Tiefen von mehr als 400 Metern und wird in Deutschland in verschiedenen Formen eingesetzt. Es gibt drei Hauptarten der Tiefengeothermie: hydrothermale, petrothermale Geothermie und tiefe Erdwärmesonden.

Hydrothermale Geothermie bezieht sich auf Lagerstätten, in denen Thermalwasser in tiefen Gesteinsschichten zirkuliert, typischerweise in Karsthohlräumen oder Störungszonen. Diese Geothermieform wird zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt, beispielsweise in München, wo die Fernwärmeversorgung weitgehend auf hydrothermischer Geothermie basiert. Erforderlich sind ergiebige wasserführende Gesteinsschichten. Das Thermalwasser wird hier meist über Bohrungen gefördert und injiziert (Dublette oder Triplette).

Petrothermale Geothermie nutzt heißes, trockenes Gestein ohne zirkulierendes Wasser. Hier werden mittels Bohrungen künstliche Wasserwege geschaffen, um das Gestein thermisch zu aktivieren. Diese Methode ist besonders für die geothermische Stromerzeugung relevant, da sie in dicht gelagerten Sedimentgesteinen und kristallinen Gesteinen tief unter der Erde hohe Temperaturen erreicht.

Tiefe Erdwärmesonden sind ein geschlossenes System, das zur Wärmegewinnung aus tieferen Gesteinsschichten genutzt wird. Im Unterschied zu oberflächennahen Sonden reicht die Bohrtiefe hier bis zu mehreren tausend Metern, sodass oft keine Wärmepumpe notwendig ist. Die Wärme wird direkt aus dem Gestein entzogen, und das System bietet eine hohe Entzugsleistung. Ein Vorteil dieser Sonden ist, dass sie keine natürlichen Thermalwässer benötigen und an fast jedem Standort installiert werden können. Ein weiteres Plus ist die Vermeidung von geochemischen Prozessen, die in offenen Systemen auftreten könnten.

Diese drei Methoden bieten verschiedene Ansätze zur geothermischen Energiegewinnung, die je nach geologischen Gegebenheiten und technischen Anforderungen ausgewählt werden können. In der Abbildung 30 sind diese nochmals grafisch dargestellt.

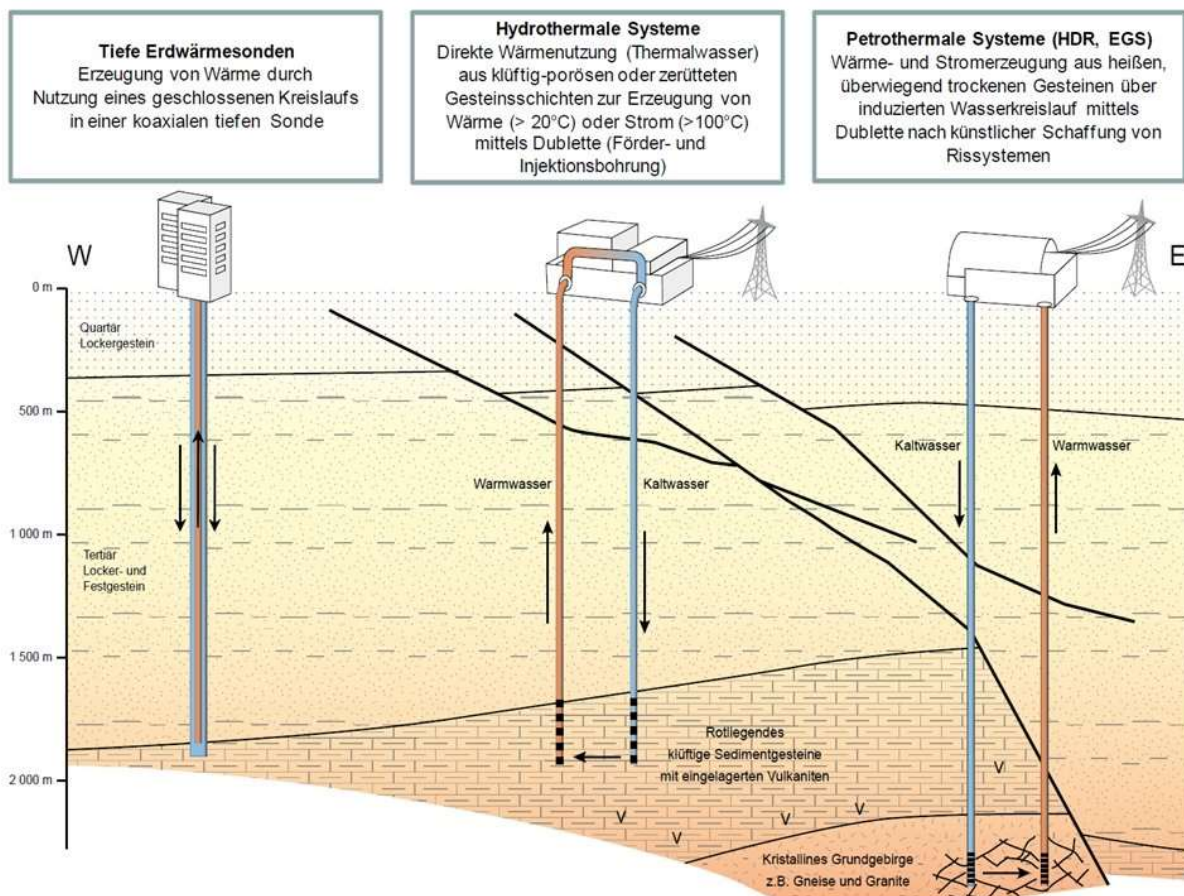


Abbildung 30: Nutzungsarten der Tiefen Geothermie (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, 2026)

Rechtliche Rahmenbedingungen

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die geothermische Nutzung, sowohl für mittlere als auch für tiefe Geothermie, sind durch verschiedene Vorschriften geregelt. Geothermie zählt zu den bergfreien Bodenschätzen

gemäß §3 Abs. 3 Nr. 2b BBergG. Das bedeutet, dass Geothermie nicht Teil des Grundeigentums ist und sowohl für die Aufsuchung als auch für die Gewinnung eine Bergbauberechtigung erforderlich ist. Diese kann in Form einer Erlaubnis, einer Bewilligung oder eines Bergwerkeigentums erteilt werden (§6 BBergG).

Vor der Durchführung von Bohrungen zur Aufsuchung oder Gewinnung von Erdwärme muss der Untergrund nach dem Stand der Technik erkundet werden, üblicherweise mittels seismischer Erkundungsverfahren. Diese Verfahren liefern Informationen über den Untergrund und helfen, geeignete Standorte für Geothermiebohrungen zu identifizieren. Eine solche seismische Untersuchung erfordert einen Betriebsplan, der bei der Bergbehörde eingereicht werden muss.

Ein besonderes Augenmerk liegt auf dem Schutz des Grundwassers, da es für die Trinkwasserversorgung von großer Bedeutung ist. Der Schutz der Tagesoberfläche, Immissionsschutz, Gewässerschutz sowie Umwelt-, Natur- und Artenschutz sind wesentliche Prüfkriterien im Genehmigungsprozess. Für Tiefbohrungen ab 1.000 Metern ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich, insbesondere in Naturschutzgebieten oder Natura 2000 Gebieten (§1 Nr. 8 UVP-V Bergbau). Auch eine standortbezogene UVP-Vorprüfung ist für solche Bohrungen notwendig, die Erdbebenzonen und bestimmte geotechnische Anforderungen berücksichtigt.

Zusätzlich müssen alle geothermischen Bohrmaßnahmen gemäß Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sowie den jeweiligen landesrechtlichen Vorschriften, wie dem Thüringer Wassergesetz (ThürWG), bei der zuständigen unteren Wasserbehörde angezeigt werden. Hierbei prüft die Behörde, ob wasserrechtliche Genehmigungen erforderlich sind und ob es sich um eine Gewässerbenutzung handelt.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Genehmigungsverfahren in Schutzgebieten wie Naturschutzgebieten oder FFH-Gebieten aufgrund der hohen Anforderungen und des damit verbundenen Aufwands in der Regel schwieriger sind. Diese Gebiete sind jedoch nicht grundsätzlich ausgeschlossen, was eine Nutzung in Ausnahmefällen möglich machen kann.

Insgesamt sind die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Nutzung von mitteltiefer und tiefer Geothermie umfassend und auf den Schutz von Umwelt und Ressourcen ausgerichtet. Die Genehmigungsprozesse erfordern eine detaillierte Prüfung und sorgfältige Planung, um eine nachhaltige Nutzung der geothermischen Ressourcen sicherzustellen.

Restriktionsgebiete und Wärmeentzugsleistung

Das TLUBN stellt das geothermische Potenzial als flächenbezogenen Energieinhalt in GJ/m^2 für die Tiefenintervalle 1–3 km sowie 3–5 km zur Verfügung. Da tiefe Erdwärmesonden, fast an jedem Standort installiert werden können und sie somit einfacher in der Handhabung sind als hydro- oder petrothermale Geothermie, sollte bei einer tatsächlichen Durchführung eher auf solche Systeme zurückgegriffen werden.

Im Anschluss wird das Tiefenintervall 1–3 km betrachtet, da es für tiefe Erdwärmesonden in der Regel die technisch und wirtschaftlich realistischere Erschließungstiefe darstellt. Bohrungen in 3–5 km Tiefe sind mit deutlich

höheren Kosten, Risiken und Anforderungen an Technik und Genehmigung verbunden und werden daher nur in standortspezifisch begründeten Einzelfällen in Erwägung gezogen.

Aufgrund der individuellen geologischen und hydrogeologischen Randbedingungen jedes Bohrlochs (Temperaturgradient, Gesteineigenschaften, Grundwasserverhältnisse, Betriebsweise) sind belastbare Aussagen zum Potenzial und zur Wärmeentzugsleistung in MWh/a ohne standortspezifische Planung nicht möglich. Allerdings zeigt die Abbildung 32, dass der östliche Teil von Kaltennordheim ein geothermisches Potenzial im Bereich von 400 bis 450 GJ/m² und der westliche Bereich ein Potenzial von 450 bis 500 GJ/m² aufweist. Diese Werte stellen innerhalb der verwendeten Thüringen-weiten Potenzialklassierung die dritt- und zweitgrößte Kategorie dar und weisen damit im Vergleich zu anderen Bereichen des Bundeslandes auf ein eher höheres theoretisches Wärmeangebot im betrachteten Tiefenintervall hin. Vor diesem Hintergrund ist es möglich, dass sich tiefe Erdwärmesonden in Kaltennordheim eignen würden. Eine belastbare Bewertung ist allerdings erst im Rahmen einer projektspezifischen Vorplanung (Standort, Zielhorizont, Bohrkonzept, Anlagenkonfiguration, Wirtschaftlichkeit) möglich.

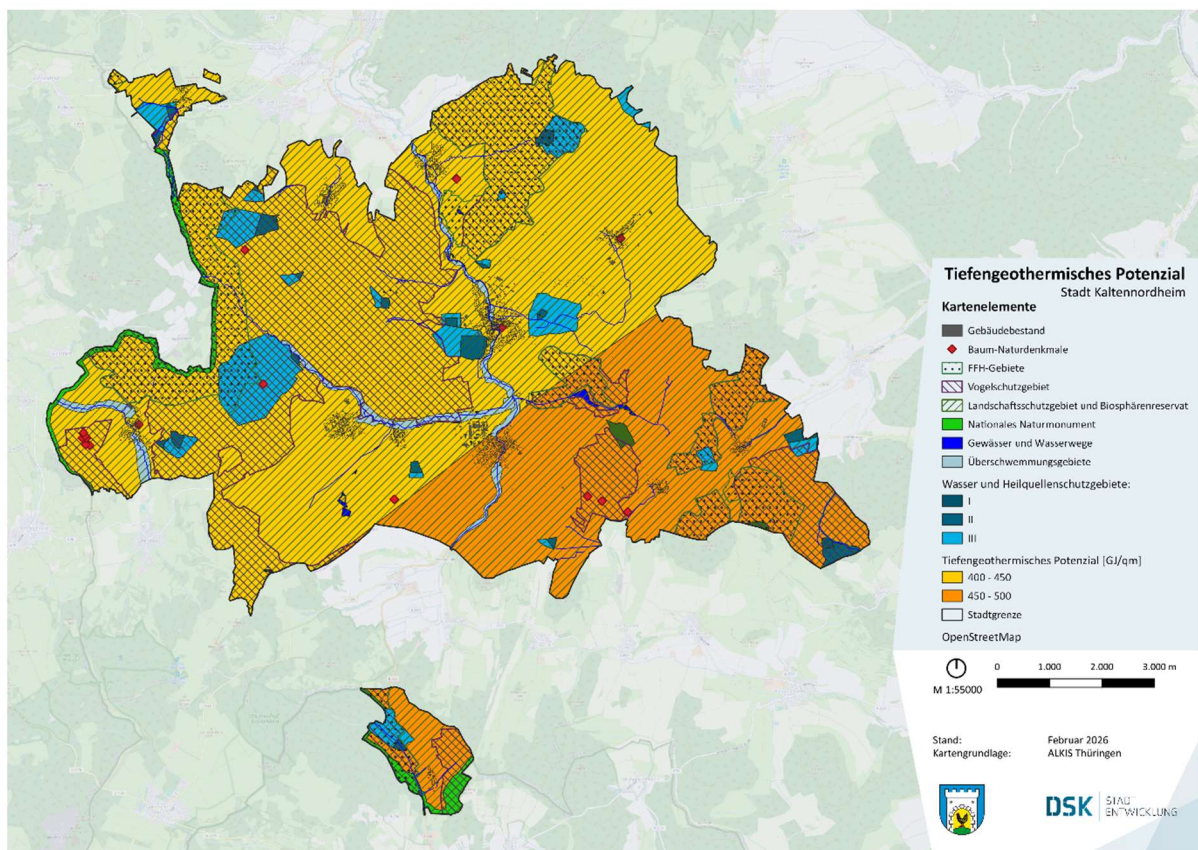


Abbildung 31: Tiefengeothermie in 1 km bis 3 km Tiefe in Kaltennordheim

Bei der Standortsuche für tiefe Geothermie sind Restriktionsgebiete zu berücksichtigen. Ganz Kaltennordheim wird vom Landschaftsschutzgebiet und Biosphärenreservat der Thüringischen Rhön eingenommen. Zusätzlich sind FFH- und EG-Vogelschutzgebiete, nationale Naturmonumente, Überschwemmungsgebiete sowie Wasser- und Heilquellenschutzgebiete (Zonen I–III) kartiert. Landschaftsschutzgebiete stellen dabei in der Regel keine

unmittelbaren Ausschlusskriterien dar; sie führen jedoch je nach Schutzzweck und konkreter Schutzgebietsverordnung zu zusätzlichen Prüf- und Abwägungserfordernissen (z. B. hinsichtlich Landschaftsbild, Erholungsfunktion und baulicher Anlagen) und können damit die Planungs- und Genehmigungsanforderungen erhöhen. Demgegenüber sind vor allem Wasser- und Heilquellenschutzgebiete (Zone I und II) sowie Biosphärenreservate in der Praxis häufig Ausschluss- oder Hochrisikobereiche also „harte Tabuzonen“, da die Zulässigkeit stark von der jeweiligen Schutzgebietsverordnung abhängt und regelmäßig erhöhte Nachweise, Auflagen und längere Verfahrensdauern zu erwarten sind. Auch zu Gewässern und Wasserwegen müssen spezifische Abstände eingehalten werden, um das Gewässer nicht zu gefährden und die wasserrechtlichen Vorschriften und lokale Richtlinien der Unteren Wasserbehörde einzuhalten.

Diese Ausschlussgebiete sind nochmals in der Abbildung 32 zu sehen. Dabei ist zu beachten, dass Biosphärenreservate in drei Zonen eingeteilt werden: die streng geschützte Kernzone, eine Pflegezone mit extensiver Nutzung und die Entwicklungszone, in der Nutzungs- und Wirtschaftsformen natur- und sozialverträglich praktiziert werden. Hier kann davon ausgegangen werden, dass in der Kern- und Pflegezone keine tiefe Geothermie durchgeführt werden darf und diese Gebiete somit ausgeschlossen werden können.

Insgesamt schließen die Restriktionsgebiete eine Realisierung tiefer Geothermie in Kaltennordheim nicht grundsätzlich aus, sie verschieben die Standortwahl aber auf konfliktärmere Bereiche außerhalb der besonders sensiblen Schutzkategorien und erfordern eine frühzeitige Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden.

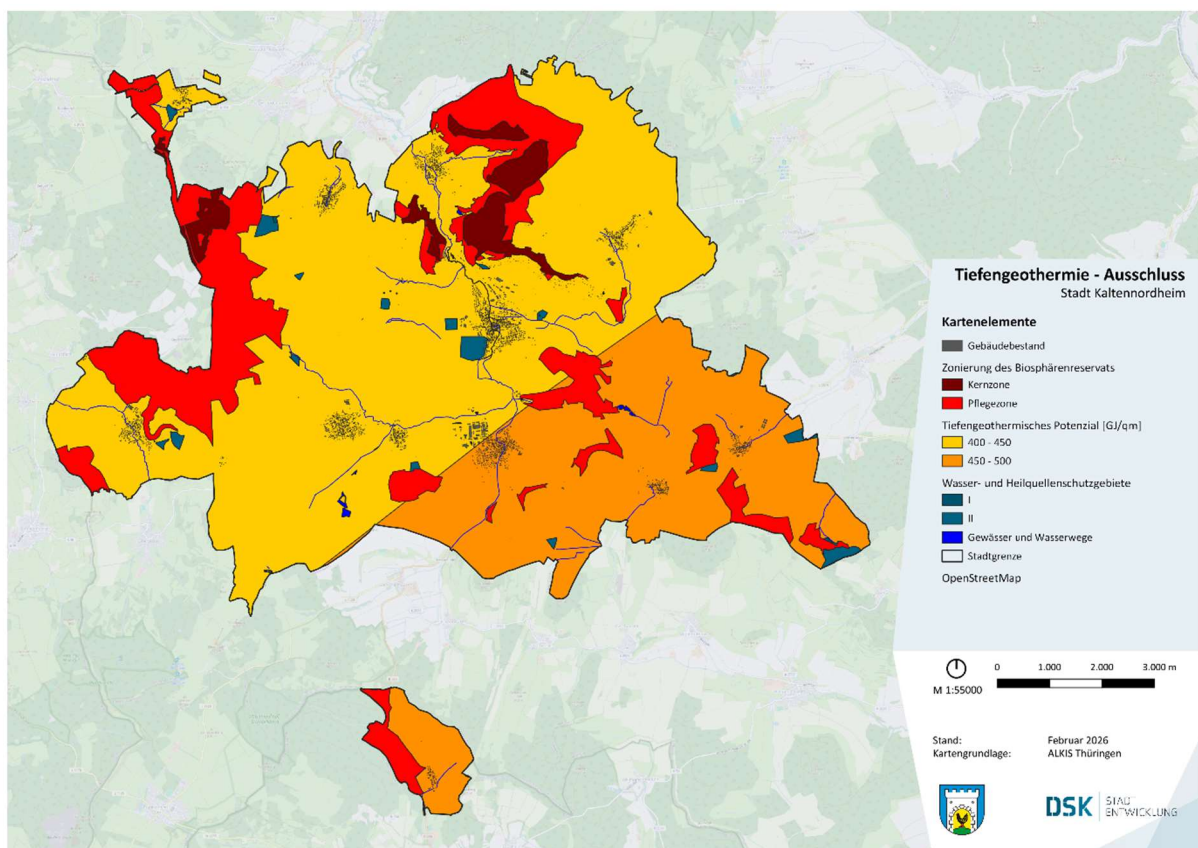


Abbildung 32: Ausschlussgebiete der Tiefengeothermie in Kaltennordheim

Typische Bohrdurchmesser von Erdwärmesonden liegen bei etwa 100 bis 200 mm. Ein größerer Bohrdurchmesser kann die Wärmeübertragung begünstigen, ist für die erreichbare Wärmeentzugsleistung jedoch nur ein Einflussfaktor unter mehreren. Maßgeblich sind insbesondere die Bohrtiefe, das Temperaturniveau im Untergrund, die Sondenkonfiguration, der Abstand zwischen Bohrungen sowie das Betriebsprofil (Volllaststunden, Regeneration/Saisonbetrieb). Für eine belastbare Abschätzung der Wärmeentzugsleistung in MWh/a und der erforderlichen Anzahl an Bohrungen ist daher eine standortspezifische Machbarkeits- und Vorplanung erforderlich. Diese sollte mindestens eine Restriktionsprüfung, eine geologische Vorbewertung, eine überschlägige Dimensionierung (Wärmeleistung und Jahresarbeit) sowie eine Einordnung der Genehmigungsfähigkeit umfassen und durch ein Fachplanungsbüro verifiziert werden.

3.5. Abwärme

Für das Gebiet Kaltennordheim wurde kein relevantes Potenzial an industrieller Abwärme identifiziert. Es sind keine Gewerbe oder Unternehmen in der Plattform für Abwärme der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) nach Stand Dezember 2025 gelistet, die einen Abwärmebedarf von mindestens 2,5 GWh/a aufweisen. (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, kein Datum)

Zusätzlich wurde das Potenzial für Abwärme im Energieatlas Thüringen geprüft, auch hier liegen jedoch keine entsprechenden Daten vor. Daher gibt es in dieser Region keine signifikanten Abwärmequellen, die für die kommunale Wärmeplanung genutzt werden könnten.

3.6. Außenluft

Luft-Wasser-Wärmepumpen nutzen die in der Außenluft vorhandene Umweltwärme, um diese für die Beheizung von Gebäuden und die Warmwasserbereitung technisch nutzbar zu machen. Selbst bei niedrigen Außentemperaturen enthalten große Luftmassen noch nutzbare thermische Energie. Mithilfe eines elektrisch betriebenen Prozesses kann diese Umweltenergie auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und effizient für die Wärmeversorgung eingesetzt werden. Luft-Wärmepumpen zählen somit zu den Schlüsseltechnologien im Rahmen der Wärmewende und bieten eine praxiserprobte Lösung zur klimafreundlichen Versorgung sowohl von Bestandsgebäuden als auch von Neubauten.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Technologie liegt in der vergleichsweise einfachen Erschließung: Im Gegensatz zu Erd- oder Grundwasser-Wärmepumpen ist keine Tiefenbohrung oder wasserrechtliche Genehmigung erforderlich. Dies ermöglicht einen breiten Anwendungsbereich, von Einfamilienhäusern bis hin zu Mehrfamilienhäusern oder kleineren Nahwärmelösungen auf Quartiersebene.

Die technische Funktionsweise basiert auf einem geschlossenen thermodynamischen Kreisprozess, bei dem ein spezielles Kältemittel als Wärmeträger dient. Dieser Prozess gliedert sich in vier Hauptphasen:

Wärmeaufnahme durch die Umgebungsluft

Über einen Ventilator wird Außenluft angesaugt. Im Verdampfer überträgt diese Luft ihre thermische Energie auf das flüssige Kältemittel, das dabei verdampft – also in einen gasförmigen Zustand übergeht.

Verdichtung (Kompression)

Das gasförmige Kältemittel wird im Kompressor unter hohem Druck verdichtet. Dabei steigt seine Temperatur erheblich an, was die Nutzung für Heizzwecke ermöglicht.

Wärmeübertragung an das Heizsystem

Im Kondensator gibt das nun heiße Kältemittel seine Energie an das interne Heizmedium (in der Regel Wasser) ab. Dadurch kondensiert es wieder zu einer Flüssigkeit.

Druckentspannung und Kreislaufschluss

Über ein Expansionsventil wird das Kältemittel wieder entspannt, wodurch es stark abkühlt und erneut in den Verdampfer gelangt. Der Kreislauf beginnt von vorn.

Die nachstehende Abbildung 33 zeigt diesen Kreislauf exemplarisch auf:

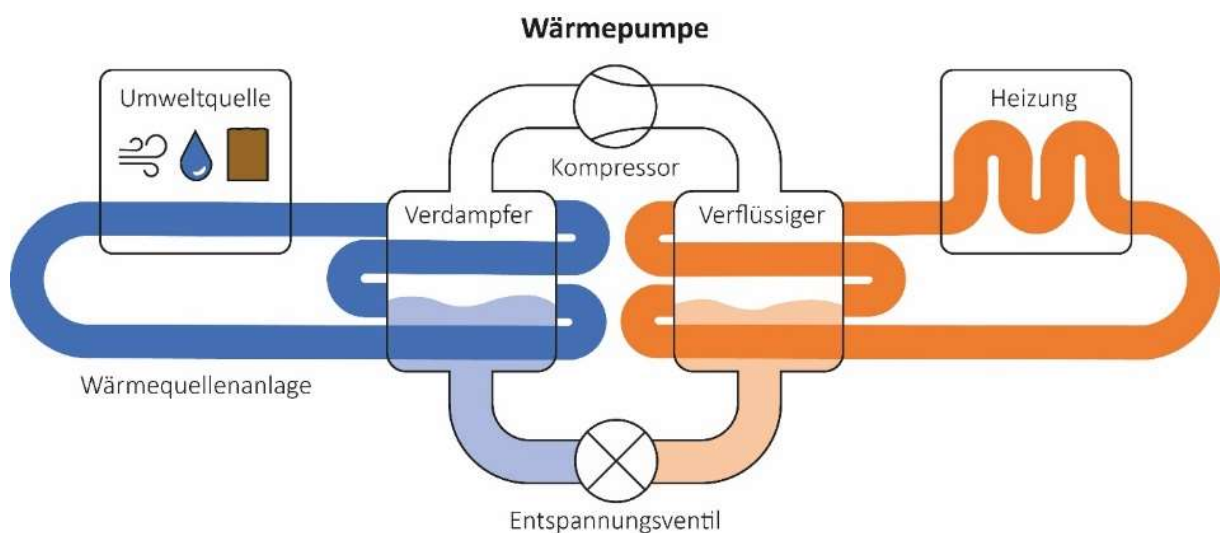


Abbildung 33: Funktionsweise einer Wärmepumpe [Quelle: DSK GmbH]

Wesentliche limitierende Faktoren für Luft-Wärmepumpen sind dabei Schallemissionswerte zu Nachbargebäuden, welche besonders in dichtbesiedelten Gebieten auftreten können. Tabelle 13 zeigt daher mögliche Einschränkungen für den Einsatz von Wärmepumpen und nennt die erforderlichen Mindestabstände bei Spitzenlasten sowie Nachtgrenzwerte in unterschiedlichen Gebietstypen, etwa dicht bebauten Wohngebieten, dörflichen Strukturen oder Gewerbegebieten.

Tabelle 13: Abstandsregelungen Wärmepumpennutzung nach Gebieten

Gebietstyp (FNP / BauNVO)	Nachtgrenzwert [dB(A)]	Erforderlicher Mindestabstand bei Spitzenlast 50 dB (A)
Reines Wohngebiet (WR)	35	5,6 m
Allgemeines Wohngebiet (WA)	40	3,2 m
Dorfgebiet (MD)	40-45	3,2-1,8 m

Mischgebiet (MI)	45	1,8 m
Wohnbaufläche (FNP)	35-40	5,6-3,2 m
Sonderbaufläche (SO)	35-55	5,6-<1 m
Gewerbegebiet (GE)	50	≤ 1 m
Industriegebiet (GI)	70	Direkte Aufstellung möglich

Auf Grundlage der Abstands- und Lärmkriterien wurde eine Eignungskarte (Abbildung 34) erstellt, die die Bebauungsstruktur auswertet und Gebiete hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für eine Wärmeversorgung mit Wärmepumpen bewertet.

Im Untersuchungsgebiet wurden nur wenige Gebiete rechnerisch als ungeeignet für den Einsatz von Wärmepumpen eingestuft. Doch selbst dort kann in der Regel bei einer standortbezogenen Prüfung sichergestellt werden, dass die erforderlichen Abstandsregelungen eingehalten werden.

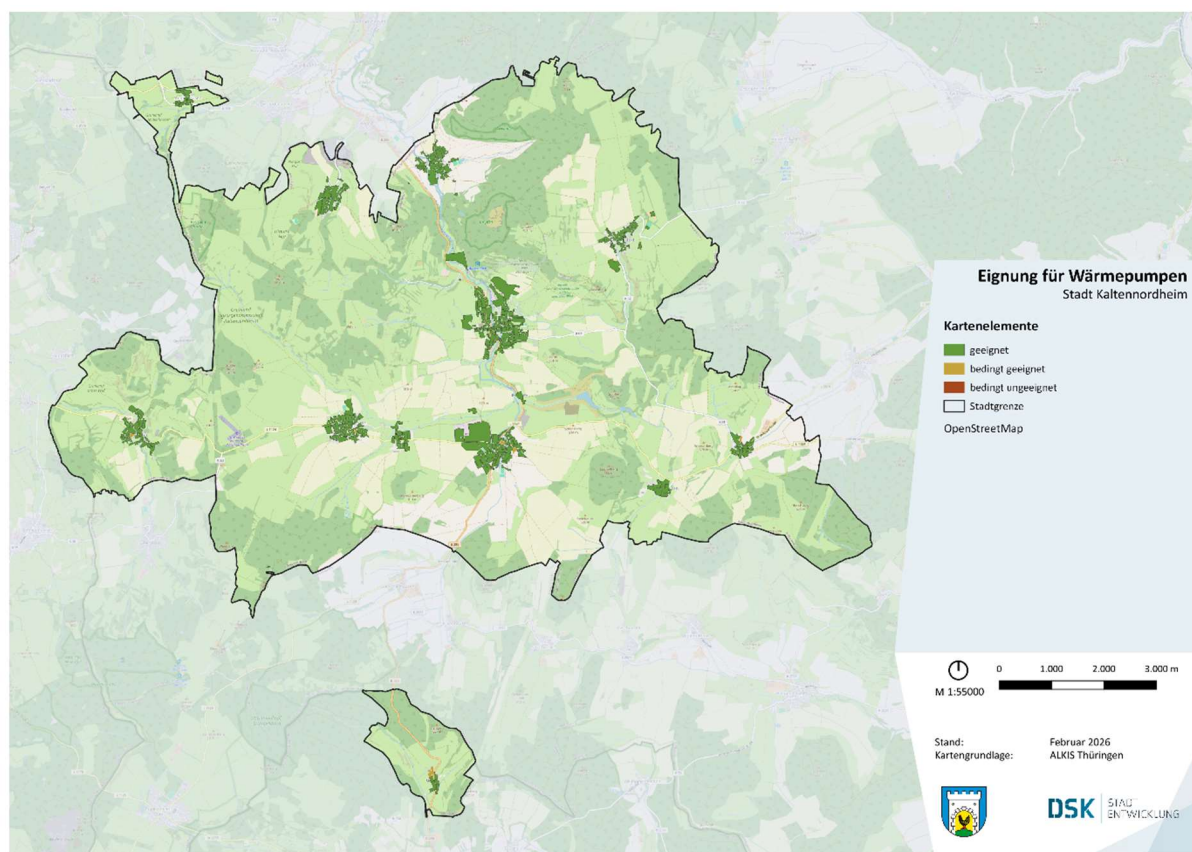


Abbildung 34: Wärmepumpenanalyse

3.7. Zentrale Wärmespeicher

Wärmespeicher spielen eine zentrale Rolle für die Transformation der Wärmeversorgung und sind unverzichtbar für die Umsetzung der kommunalen Wärmewende. Sie ermöglichen es, Wärme zeitlich von ihrer Erzeugung zu entkoppeln: Überschüssige oder günstig erzeugte Wärme kann zwischengespeichert und bedarfsgerecht zu einem späteren Zeitpunkt genutzt werden. Dadurch wird die Betriebsweise von Wärmeerzeugern optimiert, die Integration erneuerbarer Energien erleichtert und die Effizienz von Wärmenetzen verbessert.

Im Unterschied zur Speicherung von Strom lässt sich Wärme vergleichsweise einfach und kostengünstig speichern. Dies geschieht meist durch heißes Wasser in isolierten Speichern (Pufferspeicher) oder als saisonale Wärme im Erdreich oder Grundwasser – beispielsweise in Form von Erdbeckenspeichern oder Aquiferspeichern. Die physikalische Grundlage bildet in der Regel die hohe Wärmekapazität von Wasser oder das Prinzip des Phasenwechsels, wie bei Latentwärmespeichern. Diese Speichertechnologien können sowohl kurzzeitige Schwankungen (über Stunden oder Tage) als auch saisonale Unterschiede (über mehrere Monate) ausgleichen.

Saisonale Wärmespeicher leisten einen besonderen Beitrag zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung, indem sie sommerliche Solarwärmeüberschüsse zur winterlichen Deckung bereitstellen. Typische Systeme sind Erdbeckenspeicher, Aquiferspeicher und große Erdsondenfelder, oft kombiniert mit Wärmepumpen. Um eine wirkungsvolle saisonale Verschiebung der Wärmeverfügbarkeit zu erreichen, sind Speichervolumina von mehreren tausend bis zehntausenden Kubikmetern erforderlich. Die Effizienz und Wirtschaftlichkeit solcher Speicher hängt stark von den geologischen Voraussetzungen, den Grundwasserverhältnissen sowie von der Qualität der Betriebsstrategie ab.

Auch für die Integration von Stromüberschüssen aus erneuerbaren Energien nehmen Wärmespeicher eine Schlüsselrolle ein. Power-to-Heat-Technologien wie Wärmepumpen oder elektrische Heizstäbe wandeln Strom in Wärme um, die dann zwischengespeichert werden kann. Dies ermöglicht nicht nur eine bessere Nutzung von Wind- oder Solarstrom, sondern entlastet auch das Stromnetz und trägt zur sektorübergreifenden Systemstabilität bei – ähnlich wie Batteriespeicher im Strombereich.

Technologisch ist heute eine breite Palette von Wärmespeichern verfügbar: Kleine Pufferspeicher für Einzelgebäude oder Wärmepumpen, mittlere Speicher für Nahwärmenetze, sowie große saisonale Speicher für Quartierslösungen. Auch neuere Konzepte wie thermochemische Speicher mit besonders hoher Energiedichte befinden sich in der Entwicklung. In kommunalen Wärmenetzen schaffen Speicher mehr Flexibilität, senken die Betriebskosten und ermöglichen eine vorausschauende Einbindung regenerativer Erzeugungstechnologien – insbesondere in Kombination mit Solarthermie, Biomasse, Abwärmenutzung oder dynamischen Stromtarifen.

Wirtschaftlich gelten Wärmespeicher als etablierte und vergleichsweise kostengünstige Technologie. Insbesondere im Vergleich zu elektrischen Batteriespeichern sind sie deutlich günstiger in Anschaffung und Betrieb. Für die kommunale Praxis sind vor allem größere Pufferspeicher relevant, wie sie auch im Technikatalog des Wärmeplanungsgesetzes aufgeführt sind. Die dort genannten Investitionskosten beziehen sich auf das Jahr 2023 und sind ohne Mehrwertsteuer angegeben.

Beispielhafte Investitionskosten laut dem KWW-Technikatalog Wärmeplanung ²

- 500 Liter Speicher: ca. 5.700 €
- 800 Liter Speicher: ca. 8.200 €
- 1.000 Liter Speicher: ca. 9.600 €
- 1.500 Liter Speicher: ca. 11.400 €
- 5.000 Liter Speicher: ca. 42.000 €

² <https://www.kww-halle.de/service/infothek/detail/kww-technikatalog-waermeplanung-begleitdokument>

- Spezifische Investitionskosten: 7,6 – 11,3 €/Liter
- Anteil der Installationskosten: ca. 25 %, Anlagenkosten: 75 %
- Betriebskosten: 0,5–1,3 % der Investition pro Jahr

Größere Speicher im kommunalen Maßstab, z. B. Erdbeckenspeicher, verursachen Investitionskosten von etwa 40–250 €/m³ – abhängig von Standort, Bauweise und Auslegung. Sie werden durch Förderprogramme wie die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) gezielt unterstützt.

Gleichzeitig bestehen noch rechtliche Herausforderungen, etwa zur baurechtlichen Privilegierung großer Speichieranlagen oder zur gleichwertigen Anerkennung gegenüber Stromspeichern nach § 11c EnWG.

Wärmespeicher sind somit nicht nur eine technisch ausgereifte Speicherlösung, sondern auch ein strategisches Instrument, um erneuerbare Wärmeversorgungssysteme wirtschaftlich und betrieblich zu stabilisieren. Sie sollten daher als integraler Bestandteil verstanden und entsprechend berücksichtigt sowie gefördert werden.

3.8. Dachflächen Solarthermie / Photovoltaik (PV)

Solare Energiequellen nehmen eine zentrale Rolle in der Transformation der Wärme- und Stromversorgung ein. Insbesondere Photovoltaik (PV) und Solarthermie ermöglichen eine direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung und stellen damit unverzichtbare Bausteine für eine klimaneutrale Energieversorgung auf kommunaler Ebene dar. Beide Technologien greifen auf die gleiche primäre Energiequelle, die Sonnenstrahlung, zurück. Sie setzen diese jedoch auf unterschiedliche Weisen um: Photovoltaik zur Stromerzeugung, Solarthermie zur Wärmergewinnung.

Stromerzeugung durch den Photoeffekt

Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenlicht mittels des sogenannten Photoeffekts direkt in elektrische Energie um. In den Solarzellen, meist aus Silizium gefertigt, werden durch einfallende Photonen Elektronen aus dem Kristallgitter gelöst. Diese freiwerdenden Elektronen werden durch ein elektrisches Feld in der Zelle getrennt und erzeugen dadurch einen Gleichstrom. Über einen Wechselrichter wird dieser in netzkompatiblen Wechselstrom umgewandelt.

Die Stromerzeugung erfolgt emissionsfrei und lässt sich flexibel auf Dächern, Fassaden oder Freiflächen integrieren. In der kommunalen Wärmeplanung kann Photovoltaik beispielsweise zur Deckung des Strombedarfs von Wärmepumpen, Quartiersspeichern oder Netzpumpen beitragen und damit sektorenübergreifende Synergien schaffen.

Wärmebereitstellung durch Sonnenkollektoren

Solarthermische Anlagen nutzen die Sonneneinstrahlung, um Wärme direkt bereitzustellen. In Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren wird ein Wärmeträgermedium (meist Wasser oder ein Wasser-Glykol-Gemisch) durch Sonnenenergie erwärmt. Dieses zirkuliert in einem geschlossenen Wärmeaustauschkreislauf zwischen den Kollektoren und einem Wärmespeicher.

Im Speicher wird die übertragene Wärme zwischengespeichert und kann anschließend für die Trinkwassererwärmung oder die Gebäudeheizung genutzt werden. Solarthermieranlagen zeichnen sich durch hohe Wirkungsgrade bei der Umwandlung von Sonnenstrahlung in nutzbare Wärme aus und sind besonders effektiv in Kombination mit Niedertemperatursystemen und saisonalen Speichern.

Analysemethode

Die Analyse zur Nutzung von Dachflächen für Photovoltaik in Kaltennordheim basiert auf einem mehrstufigen methodischen Verfahren, das auf geodatenbasierten Auswertungen beruht. Ziel ist es, das technisch realisierbare Solarpotenzial präzise und standortgenau zu erfassen.

Im ersten Schritt wurden auf Basis von LOD2-Gebäudemodellen aus dem Thüringer ALKIS-Datensatz sämtliche Dachflächen im Untersuchungsgebiet erfasst. Ergänzt wurden diese durch ein Digitales Oberflächenmodell (DOM) mit einer Auflösung von 1 × 1 Meter sowie meteorologischen Strahlungsdaten des Deutschen Wetterdienstes. Diese Grundlage ermöglicht eine detaillierte Berechnung der jährlichen Globalstrahlung auf jeder einzelnen Dachfläche – unter Einbezug der geografischen Ausrichtung, Neigung und Verschattung durch umliegende Bebauung oder Vegetation.

Im Rahmen der Analyse wurden bestimmte Flächen ausgeschlossen, um die Ergebnisqualität zu optimieren. So gelten Dachflächen mit einer Neigung von mehr als 60 Grad als ungeeignet für die Installation von PV-Modulen und wurden daher nicht berücksichtigt. Ebenso wurden alle Flächen ausgefiltert, deren simulierte jährliche Sonneneinstrahlung unter 600 kWh pro Quadratmeter liegt – ein Wert, unterhalb dessen ein wirtschaftlicher Betrieb in der Regel nicht mehr darstellbar ist.

Die verbleibenden, als geeignet bewerteten Dachflächen wurden sodann mit den berechneten Strahlungswerten verschnitten. Dadurch konnte für jede Fläche das spezifische Solarpotenzial auf Quadratmeterbasis bestimmt werden. Die Analyse liefert sowohl die aufsummierte Einstrahlung je Dachfläche als auch den Durchschnittswert pro Quadratmeter – eine wichtige Grundlage für die spätere Berechnung möglicher Stromerträge.

In einem weiteren Analyseschritt wurden diese Flächen mit Annahmen zur technischen Belegung von PV-Modulen kombiniert. So lassen sich unterschiedliche Modultypen und Wirkungsgrade simulieren, um potenzielle Ausbaukonfigurationen abzuleiten. Diese Modularität ermöglicht eine flexible Weiterverwendung der Daten – sei es für politische Zielwertdefinitionen, Bürgerbeteiligungsprojekte oder individuelle Investitionsentscheidungen.

Die methodische Herangehensweise stellt sicher, dass nur die Flächen mit ausreichendem Ertragspotenzial in die Berechnung einfließen. Sie schafft damit eine belastbare und praxisnahe Grundlage für strategische Ausbauentscheidungen für Kaltennordheim.

Ermittlung konkreter Photovoltaik-Produktionspotenziale

Die zuvor ermittelten geeigneten Dachflächen wurden in einem weiteren Schritt detailliert analysiert, um das konkrete Photovoltaik-Erzeugungspotenzial zu ermitteln. Grundlage dieser Berechnung ist die durchschnittliche

jährliche Globalstrahlung, die für jede einzelne Dachfläche modelliert wurde. Durch Multiplikation des spezifischen Einstrahlungswertes mit der jeweiligen Dachfläche ergibt sich zunächst ein theoretisches Einstrahlungspotenzial in Kilowattstunden pro Jahr.

Dieses Einstrahlungspotenzial wurde im Anschluss mit einem exemplarischen Modulwirkungsgrad von 25 % multipliziert, um ein realistisches, jedoch zukunftsgerichtetes Stromerzeugungspotenzial zu ermitteln. Der angenommene Wirkungsgrad liegt über dem heutigen Standard, berücksichtigt jedoch die dynamische Weiterentwicklung der Solartechnologie. Die Effizienz moderner PV-Module steigt kontinuierlich, sodass dieser Wert als ambitionierter, aber plausibler Referenzwert für kommende Ausbaustufen betrachtet werden kann.

Zusätzlich wurde ein pauschaler Abzugsfaktor von 5 % berücksichtigt, um bauliche Einschränkungen wie Dachfenster, Schornsteine oder andere nicht belegbare Dachflächen realistisch zu bewerten. Die abschließende Berechnung des jährlichen Stromerzeugungspotenzials pro Dachfläche folgt somit der Formel:

$$\text{Stromertrag} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{Jahr}} \right] = \text{Einstrahlung} * \text{Fläche} * 0,25 * 0,95$$

Die daraus resultierende Gesamtaufstellung für das Untersuchungsgebiet zeigt das gesamte technische Potenzial der Solarstromproduktion bei vollständiger Nutzung der ermittelten geeigneten Dachflächen. Die mittleren Einstrahlungswerte liegen bei 847 kWh pro Quadratmeter. Das PV-Produktionspotenzial für das gesamte Untersuchungsgebiet liegt bei 148.476.933 kWh im Jahr.

Tabelle 14: Gesamt-Produktionspotenzial von Dach-PV in Kaltennordheim

Anzahl Dachflächen	Ø Dachfläche (m²)	Nutzbare Fläche (m²)	Mittlere Einstrahlungswerte (kWh/m²)	Gesamte Einstrahlungswerte (kWh/a)	PV-Produktionspotenzial (kWh/a)
18.346	39	738.668	847	14.405.536	148.476.933

Für die markierungsscharfe Betrachtung werden die Ergebnisse nochmals in der Abbildung 35 und der Tabelle 15 dargestellt. So ergibt sich für jede Gemarkung in Kaltennordheim die Anzahl der geeigneten Dachfläche für Photovoltaik.

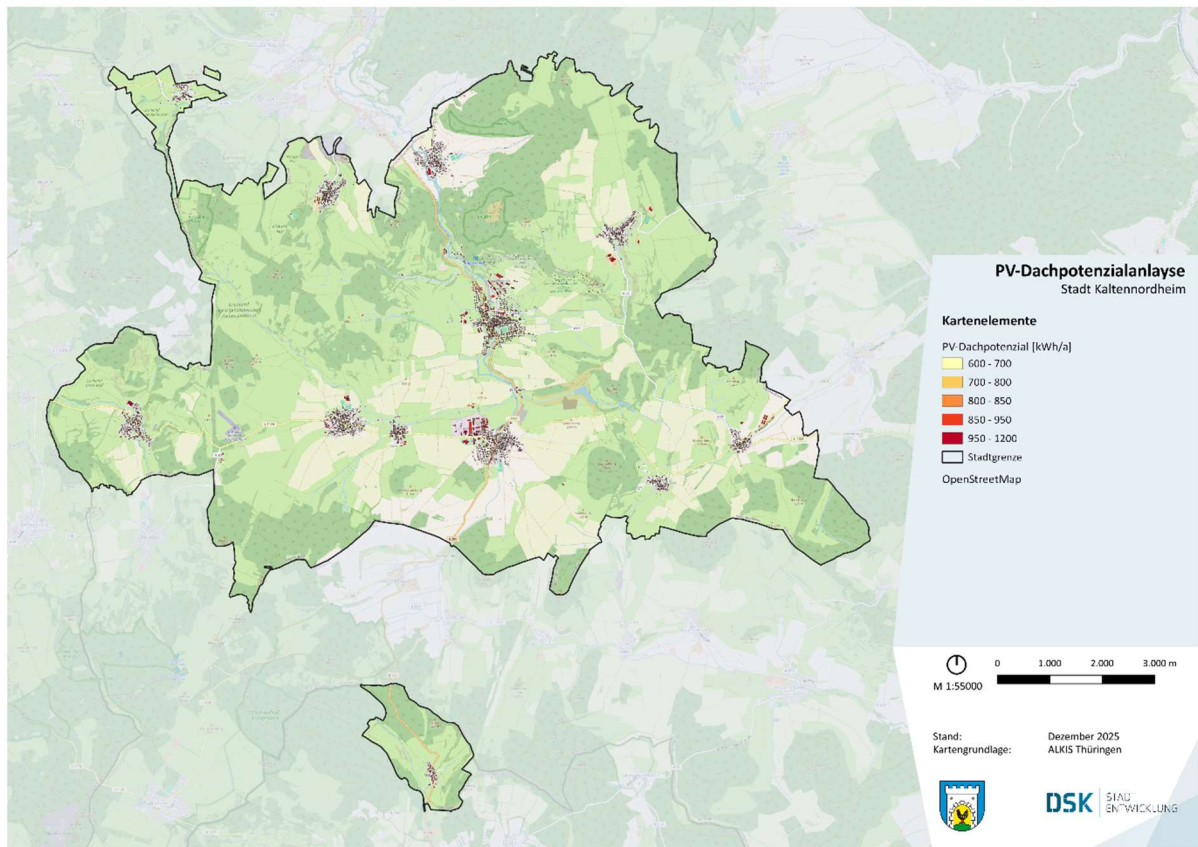


Abbildung 35: PV-Dachpotenzialanalyse in Kaltennordheim

Zudem weisen in der Tabelle 15 sowohl Andenhausen, Kaltensundheim und Melpers besonders hohe mittlere Einstrahlungswerte auf, die über dem durchschnittlichen Einstrahlungswert des gesamten Gebietes liegen.

Tabelle 15: Produktionspotenzial von Dach-PV nach Gemarkung in Kaltennordheim

Ortsteil	Anzahl Dachflächen	Ø Dachfläche (m²)	Nutzbare Fläche (m²)	Mittlere Einstrahlungswerte (kWh)	Gesamte Einstrahlungswerte (kWh)	PV-Produktionspotenzial (kWh)
Andenhausen	460	36	16.721	874,2	402.114	3.471.656
Aschenhausen	563	34	19.261	841,3	473.663	3.848.516
Fischbach	1.435	39	56.493	834,8	1.197.928	11.200.585
Kaltenlengsfeld	1.245	44	54.486	844,9	1.051.868	10.933.365
Kaltennordheim	4.189	48	200.760	839,5	3.516.847	40.027.780
Kaltensundheim	4198	34	144.491	869,9	2.515.776	29.852.021
Kaltenwestheim	1805	41	74.552	845,6	1.525.395	14.972.278
Klings	1263	37	46.694	835,6	1.054.574	9.266.658
Melpers	350	32	11.334	868,2	302.995	2.337.042
Mittelsdorf	726	37	27.201	835,6	605.781	5.398.174
Oberkatz	733	47	34.466	840,6	615.302	6.880.878

Unterweid	1379	38	52.209	829,7	1.143.293	10.287.979
Gesamt	18.346	39	738.668	847	14.405.536	148.476.933

Ein besonders hohes Dach-PV-Produktionspotenzial haben hingegen die Ortsteile Kaltennordheim, Kaltensundheim und Kaltenwestheim, was nochmals die Abbildung 36 veranschaulicht.

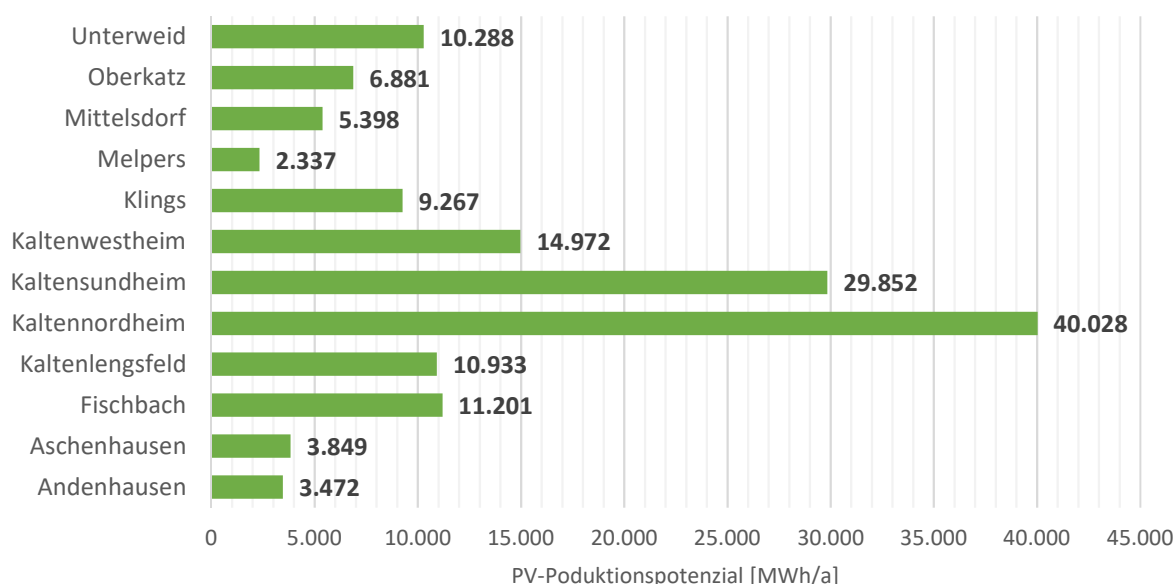


Abbildung 36: Übersicht Produktionspotenzial von Dach-PV nach Gemarkung in Kaltennordheim

Schlussfolgerung

Grundsätzlich lassen sich für das Untersuchungsgebiet sehr hohe Potenziale im Bereich der Dachflächen identifizieren, die für die energetische Nutzung bspw. auch mit PV- oder Solarthermieranlagen geeignet sind. Es gibt mehrere Ansätze, mit denen die Nutzung von PV-Strom für Wärmezwecke erfolgen kann:

- Power-to-Heat-Technologien für die direkte Wärmenutzung – kann bspw. mit Wärmepumpe, einem Heizstab oder einer Heizpatrone erfolgen
- Power-to-Heat-Technologien für die saisonale Speicherung – d.h. die Umwandlung von Strom in Wärme in Form der Erhitzung eines für saisonale Speicherung geeigneten Mediums z.B. Wasser, Sand usw. (Direktstrom oder Wärmepumpe) und deren Speicherung in Großspeichern
- Power-to-Gas bzw. X-Technologien – die Transformation in i.d.R. gasförmige chemische Verbindungen, die zur langfristigen Speicherung und Transport geeignet sind (meist H₂), wobei in diesen Verfahren auch Abwärme in relevanten Mengen entsteht, die ebenfalls zur Wärmeversorgung geeignet ist

Das mögliche Erzeugungspotenzial lässt sich jedoch nicht einfach mit dem Wärmeversorgungsbedarf zusammenzuführen. Denn die Erzeugungskurve bei PV- und Solarthermieranlagen korreliert nicht mit der Bedarfskurve im Bereich der Wärmeversorgung. Der Sonnenenergieertrag steht primär in den Sommermonaten zur Verfügung, wohingegen die Wärmeabnahme hauptsächlich in den Wintermonaten stattfindet. Die saisonale Speicherung von

Strom über längere Zeiträume ist nicht wirtschaftlich sinnvoll. Ebenso kann die solarthermische Wärme nur limitiert gespeichert werden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Sonnenenergie in ihrer direkten Form lediglich eine Teilrolle bei der Wärmeversorgung übernehmen kann (z. B. Warmwasserbereitung im Sommer oder Heizungsunterstützung partiell in den Übergangszeiten).

Die Nutzung solarer Energie zur Wärmeerzeugung in Form von Solarthermie ist teilweise mit ähnlichen Einschränkungen verknüpft, wie beim Strom. Ein zusätzlicher Parameter der hier bedacht werden muss stellt das mit den Solarthermiekollektoren erreichbare Temperaturniveau dar. Insbesondere in der Übergangszeit sowie im Winter erreicht dieses Niveau meist nicht die erforderlichen Anforderungen und muss anschließend über einer zusätzlichen Technologie angehoben werden. Zwar ist die saisonale Speicherung bei Wärme mittels großer Speicher durchaus möglich. Dennoch spielt auch hier die Wirtschaftlichkeit eine wesentliche Rolle. Zudem muss die räumliche Nähe der Erzeugungsanlage bzw. des Solarthermiefeldes und eines eventuellen Speichers mit der Heizzentrale bedacht werden.

Aus diesem Grund sind Dachflächen-PV-Anlagen, die nicht in unmittelbarer Nähe zu den Wärmeabnehmern liegen, nur wenig für die Nutzung im Rahmen von zentralen Wärmesystemen geeignet.

3.9. Freiflächen Photovoltaik

Neben der Nutzung von Dachflächen eröffnet insbesondere der Einsatz von Photovoltaik auf Freiflächen – etwa auf Wiesen, Ackerflächen oder Konversionsarealen – ein erhebliches technisches Potenzial. Rein physikalisch könnten dort aufgrund ihrer Ausdehnung sehr hohe Strommengen erzeugt werden. Technisch wäre ein umfassender Ausbau auf nahezu allen verfügbaren Flächen ohne harte Nutzungseinschränkungen möglich – dies stellt jedoch weder das Ziel noch das planerische Leitbild dieser Analyse dar.

Im Vordergrund steht vielmehr die gezielte Nutzung geeigneter Flächen, etwa zur Deckung bilanzieller Versorgungslücken, für netzbasierte Energieversorgungsvorhaben oder zur Realisierung konkreter Projekte auf kommunaler oder privater Ebene. Entsprechend wurde in dieser Analyse bewusst auf die Berechnung theoretischer Strommengen verzichtet. Stattdessen liegt der Schwerpunkt auf der systematischen Identifikation von Flächen mit geeigneten Rahmenbedingungen – als strategische Reserve oder potenzieller Beitrag zur regionalen Energiewende.

Die Nutzung von Freiflächen für PV ist mit deutlich höheren Anforderungen verbunden als bei Dachanlagen. Im ländlichen Raum konkurriert sie häufig mit bestehenden Nutzungen, wie Landwirtschaft, Tourismus, landschaftlicher Ästhetik oder Erholung. Besonderes Augenmerk gilt daher der Priorisierung bereits versiegelter oder vorbelasteter Flächen, etwa entlang von Infrastrukturachsen oder auf Konversionsarealen – um ökologisch wertvolle oder landwirtschaftlich genutzte Böden möglichst zu schonen.

Grundsätzlich könnten auf allen verfügbaren Flächen ohne harte Ausschlusskriterien PV-Anlagen errichtet werden, allerdings ist dies nicht in allen Fällen wirtschaftlich sinnvoll. Wenn kein großer Verbraucher in unmittelbarer Nähe vorhanden ist, erfolgt die Stromvermarktung in der Regel über die Mechanismen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Auf bestimmten privilegierten Flächen – insbesondere innerhalb eines 500-Meter-Korridors entlang von Bundesautobahnen und Bahntrassen sowie auf Konversionsflächen gemäß § 48 EEG Abs. 1 Nr. 3c – ist eine wirtschaftliche Nutzung durch EEG-Förderung gezielt möglich. Seit Anfang 2023 gelten 200-Meter-Korridore entlang dieser Infrastrukturen zudem als bauplanungsrechtlich privilegiert (§ 35 BauGB Abs. 1 Nr. 8b). Darüber hinaus erlaubt das EEG bereits seit 2016 unter bestimmten Bedingungen die Nutzung von landwirtschaftlich benachteiligten Flächen, was auf einen großen Teil der Gebietskulisse zutrifft. Gleichzeitig nimmt die Bedeutung von Direktvermarktungsmodellen zu: Angesichts steigender Strompreise können große PV-Freiflächenanlagen zunehmend auch ohne EEG-Vergütung wirtschaftlich betrieben werden – insbesondere dann, wenn regionale Abnehmer, PPAs (Power Purchase Agreements) oder Speicherlösungen vorhanden sind.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen der Analyse eine abgestufte Bewertung potenzieller Freiflächen vorgenommen. Ziel war es nicht, pauschal Ausbauflächen zu definieren, sondern solche Flächen zu identifizieren, die unter realistischen Bedingungen und unter Berücksichtigung bestehender Nutzungsinteressen tatsächlich für eine PV-Freiflächennutzung in Frage kommen könnten.

Zur systematischen Bewertung wurde eine sogenannte Flächenkulisse entwickelt, die auf drei Kategorien von Standortfaktoren basiert:

- **Harte Ausschlusskriterien (HK):** führen zum vollständigen Ausschluss der betreffenden Flächen (z. B. Naturschutzgebiete).
- **Weiche Ausschlusskriterien (WK):** mindern die Eignung einer Fläche und wurden mit negativen Punktwerten belegt.
- **Begünstigende Faktoren:** steigern die Eignung und wurden mit Pluspunkten versehen – je nach Ausprägung und Relevanz.

Die resultierenden Punktwerte erlauben eine abgestufte Bewertung der Eignung: Flächen mit vielen positiven Standortmerkmalen und wenigen Nutzungskonflikten werden höher bewertet, während konfliktbehaftete Standorte entsprechend niedriger eingestuft sind. Die nachfolgende Tabelle 16 gibt einen vollständigen Überblick über die angewandten Kriterien und deren jeweilige Bewertung:

Tabelle 16: Übersicht der Kriterien zur Flächenkulisse für PV-Anlagen auf Freiflächen

Kriterium	Eignung / Ausschluss	Punkte	Quelle
Vogelschutzgebiet	HK	-	TLUBN 2024
Naturschutzgebiet	HK	-	TLUBN 2024
FFH-Schutzgebiet	HK	-	TLUBN 2024

Vorranggebiet Bodenschätze (Flächennutzungsplan)	HK	-	RPG Mittelthüringen 2024
Vorranggebiet Freiraumsicherung (Regionalplan)	HK	-	RPG Mittelthüringen 2024
Vorranggebiet Landwirtschaftliche Bodennutzung (Regionalplan)	HK	-	RPG Mittelthüringen 2024
Vorranggebiet Rohstoffgewinnung (Regionalplan)	HK	-	RPG Mittelthüringen 2024
Vorranggebiet Hochwasserschutz (Regionalplan)	HK	-	RPG Mittelthüringen 2024
Wasserschutzgebiete I und II	HK	-	TLUBN 2024
Waldflächen	HK	-	Geoportal Thüringen
Bauland	HK	-	Geoportal Thüringen
Hangausrichtung N, NO, NW und Neigung > 5°	WK	-1	Eigene Berechnung
Vorbehaltsgebiet Tourismus und Erholung	WK	-1	RPG Mittelthüringen 2024
Vorbehaltsgebiet Rohstoffe	WK	-1	RPG Mittelthüringen 2024
Vorbehaltsgebiet Freiraumsicherung	WK	-1	RPG Mittelthüringen 2024
Vorbehaltsgebiet Landwirtschaftliche Bodennutzung	WK	-1	RPG Mittelthüringen 2024
Vorbehaltsgebiet Hochwasserschutz	WK	-1	RPG Mittelthüringen 2024
Landschaftsschutzgebiet	WK	-1	TLUBN 2024
Naturpark	WK		TLUBN 2024
Trinkwasser-/Heilquellenschutzgebiet III	WK	-1	TLUBN 2024
Acker-/Grünlandzahl >= 50 - 75	WK	-1	Geoportal Thüringen (Bodenrichtwerte)
Acker-/Grünlandzahl 0 - 25	geeignet	+1	Geoportal Thüringen (Bodenrichtwerte)
Hangausrichtung SW, WSW, W, SO, OSO, O oder ebene Fläche (Neigung < 2°)	Geeignet	+1	Eigene Berechnung
Hangausrichtung S, SSW, SSO und Neigung > 2°	geeignet	+2	Eigene Berechnung

Als Grundlage für die Auswertungen diente die flurstückbasierte Flächennutzungskarte, welche aus den verfügbaren ALKIS-Daten generiert werden konnte. Zunächst wurden die harten Ausschlussfaktoren entfernt, um sicherzustellen, dass beispielsweise keine Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Naturschutzgebieten geplant werden. Anschließend folgte die Bewertung der verbleibenden Flächen. Dabei wurden sowohl weiche Ausschlussfaktoren als auch begünstigende Faktoren berücksichtigt. Boden ist ein wertvolles und endliches Gut. Damit wertvolle Böden nicht der Landwirtschaft entzogen werden, wurde auch die Acker-/Grünlandzahl in die Bewertung aufgenommen. Unfruchtbare Böden erhalten für die Freiflächenphotovoltaikbewertung einen Pluspunkt. Fruchtbare Böden erhalten im Gegensatz eine negative Bewertung für Solarnutzung. Auch Förderbedingungen wie die Eignung des Einstrahlwinkels wurde mit Zusatzpunkten besser gewertet. Die Bewertungsfaktoren wurden mit der Flurstücks-Karte verschnitten und anschließend summiert. Die Ergebnisse der Flächenanalyse sind in der nachfolgenden Abbildung 37 dargestellt.

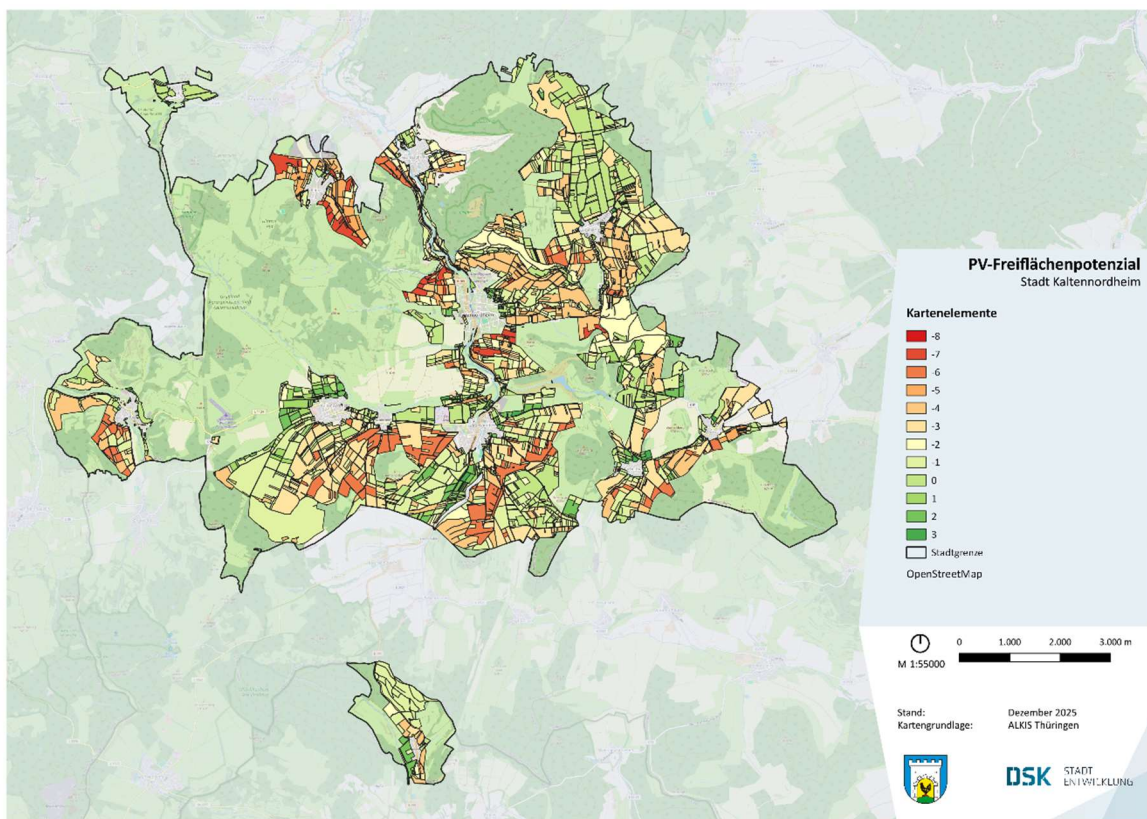


Abbildung 37: PV-Freiflächenpotenziale in Kaltennordheim

Tabelle 17 stellt die Flächenpotenziale abhängig erzielter Punktwertigkeiten zur Eignung jeder Gemarkung dar. Eine detaillierte Darstellung einzelner Flächen kann zudem aus dem digitalen Zwilling entnommen werden. Dort sind zusätzliche Informationen zu einzelnen Flächen (Flurstücknummer, Flächengröße, Punktwertigkeit) flurstücksscharf abgebildet.

Tabelle 17: Kriterienbasierte Bewertung der Potenzialflächen

Krit_ACZA	Krit_GRZA	Krit_Touris	Krit_VB_Boden	Krit_VB_Landw	Krit_VB_Hochw	Krit_VB_Freiraum	Krit_Ausrichtung	Krit_Neigung	Krit_LSG	Krit_Rohstoff	Potenzialflächen	GEMA
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	-1	-1	0	-3	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	1	-1	0	-4	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	2	-1	0	0	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	-1	-1	0	-3	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	1	1	-1	0	-2	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	2	-1	0	0	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	-1	-1	0	-3	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	1	2	-1	0	-1	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	-1	-1	0	-3	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	2	-1	0	0	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	2	-1	0	0	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	2	-1	0	0	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	1	1	-1	0	-2	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	1	-1	0	-1	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	2	-1	0	0	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	1	1	-1	0	-2	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	2	-1	0	0	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	-1	-1	0	-3	Kaltenlengsfeld
1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	2	-1	0	0	Kaltenlengsfeld

*Krit = Kriterium **VB= Vorbehaltsgebiet

Ein Großteil der untersuchten Fläche liegt in Gebieten, welche die Ausweisung als PV-Flächen grundsätzlich untersagen. Darüber hinaus kommen nur wenige Flächen für eine PV-Freiflächennutzung in Betracht, wie die Tabelle 18 zeigt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass viele der negativ bewerteten Gebiete in Vorbehaltsgebieten oder weiteren Schutzgebieten liegen. Dadurch summieren sich die Werte im negativen Bereich auf.

Tabelle 18: PV-Freiflächenpotenziale nach Gemarkung in Kaltennordheim [m²]

Gemarkung	sehr gut (3 Pkt)	gut (2 - 1 Pkt)	mittel (0 Pkt)	schlecht (-1 - -4 Pkt)	sehr schlecht (-5 - -8 Pkt)
Andenhausen	6.539	406	217.720	1.497	0
Aschenhausen	34.781	73.080	140.272	1.068.121	156.506
Fischbach	944	41.394	106.303	758.205	228.179
Gerthausen	0	0	0	0	16.633
Kaltenlengsfeld	12.967	42.431	2.248.157	3.973.243	198.387
Kaltennordheim	10.676	242.770	552.353	5.072.884	528.224
Kaltensundheim	6.202	33.312	163.756	123.598	36.938
Kaltenwestheim	5.302	95.845	50.442	66.996	11.466
Klings	777	5.447	27.675	524.435	753.177
Melpers	0	116.020	19.884	879.445	7.475
Mittelsdorf	3.783	762	11.421	33.946	10.593
Oberkatz	12.959	160.661	460.573	1.616.957	152.659
Unterweid	12.698	9.276	216.895	1.117.862	202.199
Wolmuthausen	0	0	0	258	0
Gesamt	107.628	821.404	4.215.451	15.237.447	2.302.436

Insbesondere die Gemarkungen Aschenhausen (mit 34.781 m²), Kaltenlengsfeld (mit 12.967 m²), Oberkatz (mit 12.959 m²) und Unterweis (mit 12.698 m²) weisen mit insgesamt rund 73.405 m² Fläche ein sehr gutes Potenzial für Freiflächen auf.

Zu den Gemarkungen mit einem guten PV-Freiflächenpotenzial gehören Kaltennordheim mit 242.770 m², Melpers mit 116.000 m² und Oberkatz mit 160.661 m², wie auch in der folgenden Abbildung 38 zu sehen.

Insgesamt sind ca. 929.000 m² Fläche (Punktzahl 1-3) für eine PV-Flächennutzung geeignet.

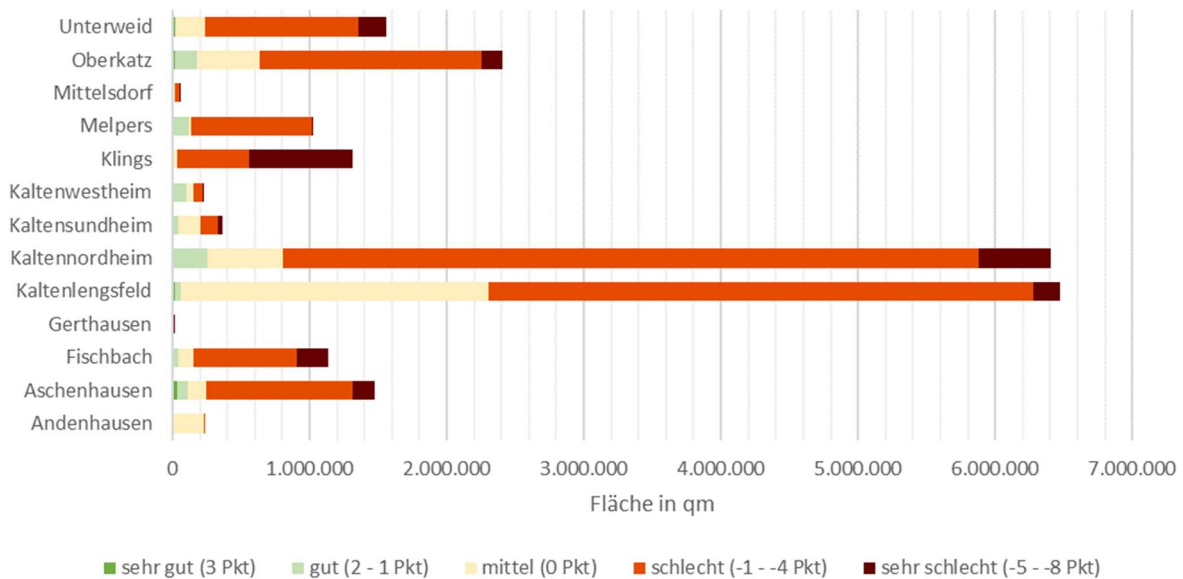


Abbildung 38 PV-Freiflächenpotenziale nach Gemarkungen in Kaltennordheim [m²]

Grundsätzlich lassen sich für Kaltennordheim nur auf sehr wenigen Flächen Potenziale identifizieren, die für eine energetische Nutzung, beispielsweise durch PV-Anlagen, geeignet sind. Der Anteil dieser Flächen beträgt lediglich 4,3 %. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit sind daher vor allem PV-Anlagen auf Freiflächen relevant, die in unmittelbarer Nähe zu den Wärmeabnehmern liegen und in zentrale Wärmesysteme eingebunden werden können.

3.10. Biomasse

Biomasse umfasst sämtliche organische Stoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, die energetisch bzw. thermisch genutzt werden können. Im Rahmen kommunaler Wärmeplanungen erfolgt die Bilanzierung in der Regel auf Basis lokal verfügbarer Potenziale, wobei drei übergeordnete Kategorien unterschieden werden: landwirtschaftliche Biomasse, forstwirtschaftliche Biomasse sowie biogene Reststoffe und Abfälle. Der Fokus liegt dabei auf nachhaltig nutzbaren, lokal anfallenden Stoffströmen. Importierte Biomasse kann technisch zur Wärmeversorgung beitragen, wird jedoch in der Potenzialanalyse nicht berücksichtigt.

Verfügbare Biomassen und Bilanzierungsgrenzen

Im landwirtschaftlichen Bereich werden Energiepflanzen wie Mais, Raps, Zuckerrüben und Grünlandaufwuchs für die Energieerzeugung genutzt. Der Anbau dieser Pflanzen sollte dabei sorgfältig geplant werden, um konkurrierende Nutzungen und regionale Gegebenheiten zu berücksichtigen. Forstwirtschaftliche Biomasse umfasst Holz aus nachhaltiger Bewirtschaftung, einschließlich Waldrestholz und Altholz sowie Industrierestholz aus der Holz- und Möbelindustrie. Auch schnellwachsende Baumarten wie Pappel und Weide aus Kurzumtriebsplantagen bieten Potenziale zur energetischen Nutzung. Darüber hinaus stellen biogene Reststoffe, wie Stroh, tierische Exkremente und biogene Abfälle (z. B. Bioabfälle und Klärschlamm), eine bedeutende Quelle für die Energiegewinnung dar.

Die Verfügbarkeit dieser Stoffe hängt von landwirtschaftlichen, betrieblichen und regionalen Faktoren ab. In der Analyse werden nur die nachhaltig erschließbaren Potenziale innerhalb des Planungsgebiets berücksichtigt, wobei konkurrierende Nutzungen und rechtliche Einschränkungen beachtet werden. Vorrangig sollte Biomasse aus Rest- und Abfallstoffen bilanziert werden, die keine höherwertige Verwendung erfahren können.

Potenzialermittlung

Landwirtschaftliche Biomasse (Energiepflanzen)

Zur Ermittlung der nutzbaren Flächen für Energiepflanzen wird zunächst die Gesamtfläche der landwirtschaftlich genutzten Flächen auf Grundlage des Liegenschaftskatasters des Landes Thüringen ermittelt. Hierbei wurden die Flurstücke mit der Nutzung „Landwirtschaft“ gefiltert, um die tatsächlich landwirtschaftlich genutzten Flächen zu ermitteln. Dabei konnte festgestellt werden, dass im gesamten Betrachtungsgebiet rund 5.693,98 Hektar als landwirtschaftliche Flächen gekennzeichnet sind. Dies entspricht etwa 60 % der Gesamtfläche.

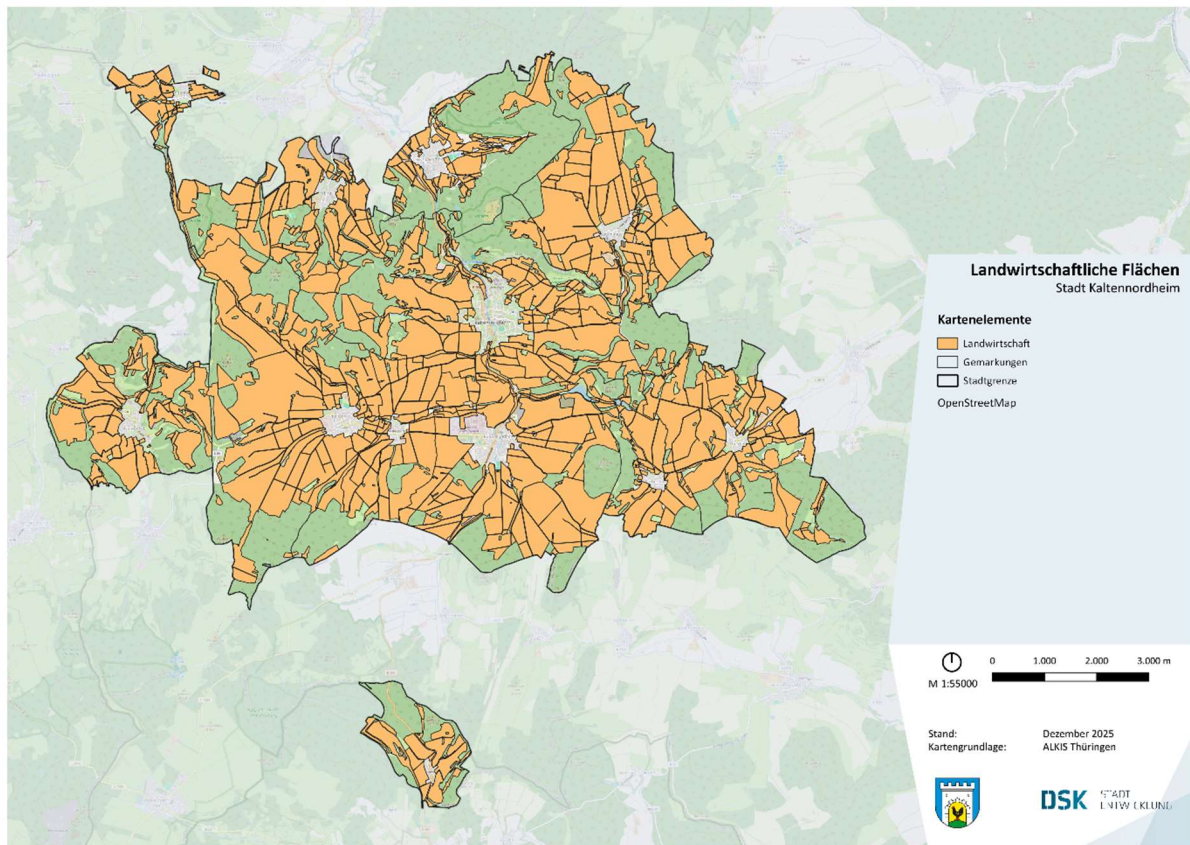


Abbildung 39: Landwirtschaftliche Flächen in Kaltennordheim

Anschließend wird von der gesamten landwirtschaftlichen Fläche der anteilig nutzbare Bereich für Energiepflanzen abgeleitet. Es kann davon ausgegangen werden, dass etwa 15 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen (Stand 2023) für den Anbau nachwachsender Rohstoffe, wie Energiepflanzen, verwendet werden (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2024). Damit ergibt sich eine Fläche von 854,1 Hektar, die für die Nutzung von Energiepflanzen zur Verfügung steht. Daraufhin wurde die Zusammensetzung der Anbauflächen bestimmt. Nach Angaben der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, kann davon ausgegangen werden, dass die durchschnittliche Zusammensetzung bei Energiepflanzen zu 50 % auf Mais, 15 % auf Getreide, 15 % auf Ganzpflanzensilage und 20 % auf neue Kulturen wie durchwachsene Silphie entfallen (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010). Damit ergeben sich folgende Flächenverhältnisse in der Tabelle 19:

Tabelle 19: Flächenverteilung nach Energiepflanzen

Energiepflanze	Fläche in Hektar
Mais	427
Getreide	128
Ganzpflanzensilage	128
Durchwachsene Silphie	170

Aus den Flächen lassen sich unter Berücksichtigung des thermischen Energieertrags der Pflanzen das theoretische Potenzial für die Erzeugung von Wärme aus landwirtschaftlicher Biomasse ziehen. Der Wärmeertrag ist in der folgenden Tabelle 20 zu erkennen:

Tabelle 20: Wärmeertrag Energiepflanzen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, kein Datum)

Energiepflanze	Thermische Energie [kWh/(ha*a)]	Gesamt Thermische Energie [MWh/a]
Mais	49.292	21.050
Getreide	17.788	2.279
Ganzpflanzensilage	38.337	4.912
Durchwachsene Silphie	33.385	5.703
Insgesamt	-	33.943

Somit ergibt sich für das Untersuchungsgebiet in Kaltennordheim ein thermisches Potenzial von circa 33.943 MWh pro Jahr.

Dabei gilt aber zu beachten, dass die landwirtschaftlichen Flächen in Kaltennordheim unterschiedlich auf die Gemarkungen verteilt sind, wobei Fischbach und Melpers mehr Flächen für Energiepflanzen bieten als Kaltensundheim oder Andenhausen. Viele Flächen liegen zudem nicht direkt an größeren Zentren, was den Transport der Pflanzen zu einer nahegelegenen Anlage verteuert. Ein geeigneter Anlagenstandort muss ebenfalls gefunden werden. Da unklar ist, wie viel Fläche bereits für Energiepflanzen genutzt wird, könnte das wirtschaftlich erschließbare Potenzial vom technischen Potenzial abweichen.

Forstwirtschaftliche Biomasse (Energieholz)

Die Berechnung der forstwirtschaftlichen Biomasse beruht ebenfalls auf dem Liegenschaftskataster des Landes Thüringen. Hier wurden die Flurstücke mit der Nutzung „Wald“ und „Gehölz“ gefiltert, um die tatsächlich forstwirtschaftlich genutzten Flächen zu ermitteln. Dabei konnte festgestellt werden, dass im gesamten Betrachtungsgebiet rund 2.850,1 Hektar als forstwirtschaftliche Flächen gekennzeichnet sind. Dies entspricht etwa 30 % der Gesamtfläche.

Davon müssen Waldflächen, die in Schutzgebieten liegen, abgezogen werden. In Kaltennordheim liegen 54 Schutzgebiete bzw. Gebiete, die unter Naturschutz stehen:

- 1 Biosphärenreservat: Rhön
- 1 Landschaftsschutzgebiet: Thüringische Rhön
- 8 Flora-Fauna-Habitat-Gebiete: Kuppige Rhön südwestlich Dermbach, Werra bis Treffurt mit Zuflüssen, Hohe Rhön, NSG Horbel-Hoflar-Birkenberg, Ibengarten - Wiesenthaler Schweiz – Sommertal, Grimmelbachliete – Hardt, Geba-Triften – Diesburg sowie Krücke - Oberwald - Wunschberg
- 1 Vogelschutzgebiet: Thüringische Rhön
- 1 Nationales Naturmonument: Grünes Band Thüringen
- 21 Biosphärenreservatzonen
- 21 Schutzgebietszonen

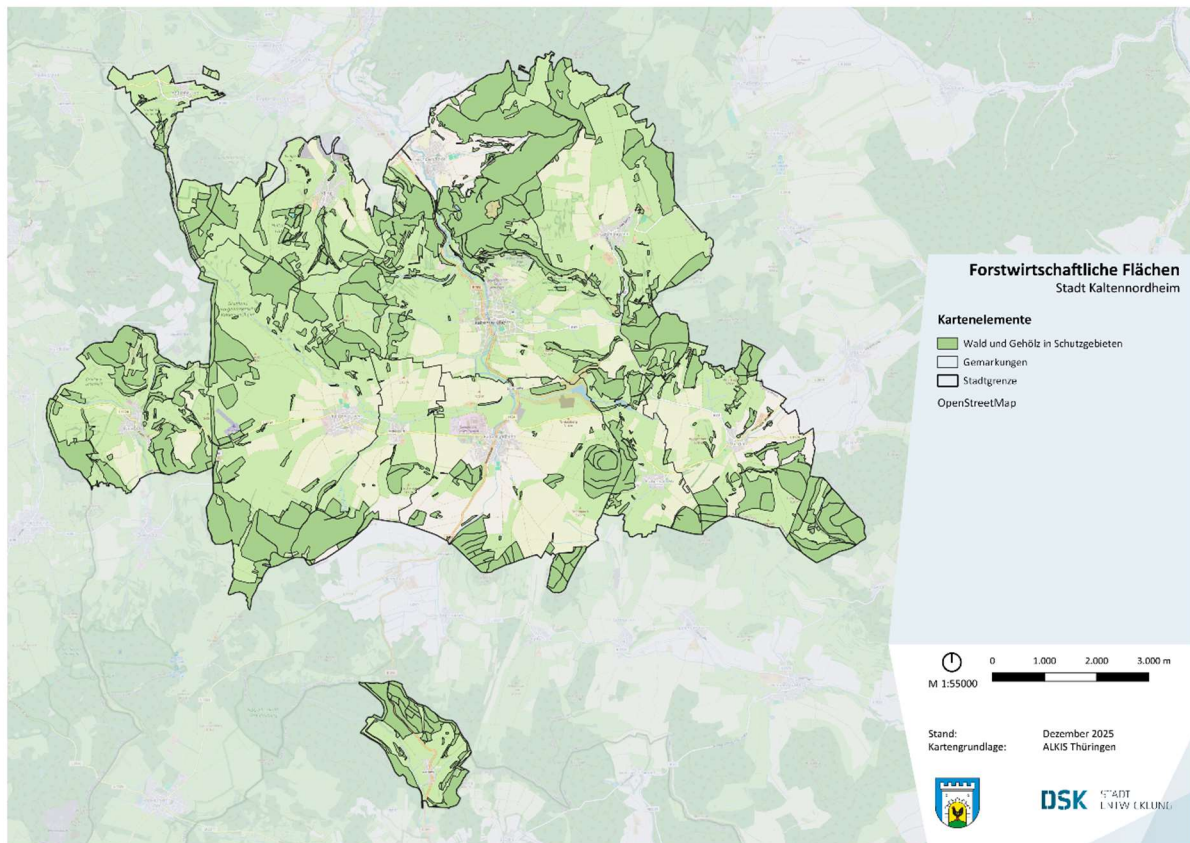


Abbildung 40: Forstwirtschaftliche Flächen in Kaltennordheim

Das gesamte Betrachtungsgebiet der Stadt Kaltennordheim liegt in mehreren Schutzgebieten – darunter u.a. dem Biosphärenreservat „Rhön“ und dem Landschaftsschutzgebiet „Thüringische Rhön“. Damit stehen die Waldflächen vorrangig unter den Zielen einer nachhaltigen Landnutzung, des Natur- und Landschaftsschutzes sowie der Erholung. Zwar ist in diesen Schutzgebieten grundsätzlich eine ökologische Forstwirtschaft zulässig, jedoch ist das energetisch nutzbare Holzpotenzial in Thüringen nach Angaben der Landesforstverwaltung bereits weitgehend ausgeschöpft. Sowohl im Privat-, Kommunal- als auch im Staatswald werden die nachhaltig verfügbaren Holzmengen bereits vollständig genutzt und Thüringen gilt insgesamt als Holzimportland. (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010)

Vor diesem Hintergrund steht im Betrachtungsgebiet kein zusätzlich mobilisierbares Potenzial an Waldholz für die energetische Nutzung zur Verfügung. Das thermische Potenzial aus forstwirtschaftlicher Biomasse ist daher realistisch mit Null anzusetzen.

Falls zukünftig dennoch forstwirtschaftliche Potenziale aus dem Wald erschlossen werden, können diese wie folgt berechnet werden.

Die Fläche der Waldflächen, die in Schutzgebieten liegt, muss von der Gesamtfläche des Waldes abgezogen werden, sodass nur noch die tatsächliche Fläche für die forstwirtschaftliche Biomasse übrig bleibt. Mithilfe der vierten Bundeswaldinventur (Stand 2022) und der Tabelle 6.03 „Vorrat (Erntefestmaß o. R.) des genutzten Bestandes nach Land und Baumartengruppe“ kann der genutzte Holzbestand in m^3/a ermittelt werden (Thünen-Institut, 2022). Hierfür werden die Einzelangaben für den genutzten Bestand pro Baumart in $\text{m}^3/(\text{ha} \cdot \text{a})$ für das Land Thü-

ringen mit der energetisch zur Verfügung stehenden forstwirtschaftlich genutzten Fläche multipliziert. Von diesem genutzten Holzbestand kann angenommen werden, dass die Hälfte energetisch genutzt wird und davon wiederum 41,9 % auf die energetische Nutzung von Waldholz entfallen. Dies bedeutet, dass insgesamt 21% des nutzbaren Bestandes energetisch genutzt werden können (Umweltbundesamt, 2022). Um die nutzbare thermische Energie aus dem Holzbestand zu berechnen, wird der ermittelte energetisch nutzbare Holzbestand mit dem Brennwert der jeweiligen Baumart (Heino Föh Kaminöfen und Metallbau, kein Datum) multipliziert. Alles aufsummiert ergibt dann die thermische Energiemenge, die aus der forstwirtschaftlichen Biomasse zur Verfügung steht.

Eine Übersicht des Vorrates des genutzten Bestandes in Thüringen und der Brennwerte kann der nachfolgenden Tabelle 21 entnommen werden:

Tabelle 21: Vorrat des genutzten Bestandes und Brennwerte

Baumart	Vorrat des genutzten Bestandes [m³/(ha*a)]	Brennwert [kWh/m³]
Eiche	0,1	2.940
Buche	1,1	2.940
Esche	0,2	2.940
Ahorn	0,1	2.660
Birke	0,1	2.660
Fichte	5,2	2.100
Kiefer	0,6	2.380
Lärche	0,2	2.380
Insgesamt	7,6	-

Altholz und Industrierestholz

Obwohl Altholz und Industrierestholz in der Bilanzierung der Agentur für Erneuerbare Energien als separate Biomassearten betrachtet werden, lässt sich in der Praxis oft keine exakte Trennung vornehmen. Beide Biomasse-träger werden in vielen Fällen zusammen in der Abfallbilanz erfasst, und ihre spezifischen Mengen können nur dann präzise getrennt ermittelt werden, wenn detaillierte Daten von allen holzbe- und verarbeitenden Industrien im Betrachtungsraum vorliegen. In der Realität besteht daher eine enge Verknüpfung zwischen den beiden Biomassearten, weshalb ihre Potenziale häufig gemeinsam betrachtet werden.

Zur Ermittlung der Menge an anfallendem Altholz kann die Abfallbilanz des Freistaates Thüringen aus dem Jahr 2023 herangezogen werden. Es ergibt sich, dass für den Landkreis Schmalkalden-Meiningen, in dem Kaltennordheim liegt, kein Altholz anfällt. Somit ergibt sich dieses Potenzial bisher zu Null (Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz, 2024).

Falls in der Zukunft Altholz und Industrierestholz anfallen sollten, kann von einer stofflichen Nutzung von 20 % ausgegangen werden. Die restlichen 75 %, werden energetisch verwertet, während ein geringer Anteil von ca. 5% in Müll- oder Sondermüllverbrennungsanlagen beseitigt werden muss. Für die Berechnung des thermischen Gesamtpotenzials kann ein Heizwert von 3,5 kWh/kg angenommen werden. Mittels Multiplikation ergibt sich

das gesamte thermische Potenzial in kWh pro Jahr für das Altholz (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, kein Datum).

Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb

Das Land Thüringen gibt an, dass bisher nur einige Pilot- und Demonstrationsflächen im Kurzumtrieb angepflanzt wurden, sodass hier noch ein größeres Potenzial zu erschöpfen ist (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010).

Der Anbau von KUP bietet langfristig wirtschaftliche Vorteile durch die steigende Nachfrage nach Energieholz und potenziell wachsende Marktpreise. Bisher hat der Freistaat Thüringen jedoch noch keine größeren Flächen für den KUP-Anbau ausgewiesen, sodass das thermische Potenzial derzeit Null ist. In Zusammenarbeit mit Forst- und Landwirtschaftsbetrieben könnte dieses Potenzial jedoch in den kommenden Jahren durch die Ausweisung geeigneter Flächen gesteigert werden. Für die Ausweisung sind Standortfaktoren wie Wasserverfügbarkeit, Bodenstruktur und Belüftung entscheidend. Besonders geeignet sind Flächen mit geringer Produktivität, wie Grenzertragsstandorte oder ehemalige Deponien. Der Energieertrag von KUP ist im Vergleich zu anderen Energiepflanzen hoch und bietet neben ökologischen Vorteilen auch eine nachhaltige Nutzung von Flächen, die wenig für andere landwirtschaftliche Zwecke geeignet sind (Bionenergie-Region).

Wenn in Zukunft im Land Thüringen ein intensiverer Anbau mit KUP betrieben wird, kann angenommen werden, dass 100 % der Ernte für die Energieerzeugung genutzt werden. Die jährliche Massenleistung einer Kurzumtriebsplantage liegt im Durchschnitt bei etwa 10 Tonnen atro pro Hektar und Jahr, was umgerechnet zwischen 15 m³ und 20 m³ pro Hektar und Jahr (Festmeter/Hektar * Jahr) entspricht (Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Passau, kein Datum) (Bayrischer Waldbesitzverband e.V.). Es kann also von einem durchschnittlichen Ertrag von 17,5 m³/(ha*a) ausgegangen werden. Mit der anfallenden Menge von KUP, der jeweiligen prozentualen Zusammensetzung nach Baumarten auf den Flächen und den jeweiligen Brennwerten der verwendeten Baumarten (siehe Tabelle 22) lässt sich das energetische Potenzial von Kurzumtriebsplantagen berechnen.

Tabelle 22: Brennwert nach Baumart für Kurzumtriebsplantagen (Heino Föh Kaminöfen und Metallbau, kein Datum)

Baumart	Brennwert* [kWh/m ³]
Pappel	1.680
Weide	1.960
Robinie	2.940

*Die Werte wurden von kWh/Raummeter in kWh/Festmeter mit einem Faktor von 1,4 multipliziert.

Biogene Reststoffe und Abfälle

Stroh

Stroh stellt ein weitgehend ungenutztes Potenzial als biogener Reststoff aus der Landwirtschaft dar. Dies bestätigt ebenfalls die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, denn das energetische Potenzial von Stroh werde im Vergleich zu Holz bisher kaum genutzt. Es entsteht bei der Getreideernte, wenn das Getreide gemäht, die

Körner gedroschen und vom Stroh getrennt werden. Nach der Reinigung landen die Körner im Korntank des Mähdreschers und werden bei Bedarf in Transportfahrzeuge umgeladen, während das Stroh entweder lose auf dem Feld verteilt oder zu Ballen gepresst wird (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2023).

In Deutschland wird auf etwa 34,8 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche Getreide angebaut (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2025). Im Prozess des Getreideanbaus fällt Stroh als Produkt an. Im Durchschnitt liegt das Korn-Stroh-Verhältnis bei etwa 1 zu 0,8, was bedeutet, dass bei einem Kornertrag von 8 Tonnen pro Hektar rund 6,4 Tonnen Stroh pro Hektar anfallen (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2023).

Somit entfallen in Kaltennordheim rund 1.982 Hektar auf den Anbau von Getreide. Folglich kann angenommen werden, dass vor Ort circa 15.852 Tonnen Getreide und damit 12.682 Tonnen Stroh gewonnen werden können. Das Potenzial von Stroh für die energetische Nutzung ist jedoch begrenzt. Aufgrund der konkurrierenden Nutzung (z. B. als Einstreu in der Tierhaltung oder der Notwendigkeit, einen Teil auf dem Feld zu belassen, um die Humus- und Nährstoffqualität zu erhalten) kann lediglich 20 % des Strohaufkommens energetisch genutzt werden (Agentur für Erneuerbare Energien e.V., 2013). Dies entspricht 2.536 Tonnen. Der durchschnittliche Heizwert von Stroh ergibt sich zu 4 kWh/kg, sodass 10.145 MWh pro Jahr an thermischer Energie erzeugt werden könnten (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 2015).

Tierische Exkremente

Die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft berichtet, dass der gesamte Wirtschaftsdünger – bestehend aus Rindergülle, Schweinegülle, Stallmist und Hühnertrockenkot – zum Stichtag 01.01.2009 zu rund 23 % genutzt wurde. Während die Gülle bereits zu etwa 33 % energetisch verwertet wird, beträgt der Anteil bei Stallmist lediglich etwa 5 %. Dieses Potenzial soll in Zukunft verbessert und ausgebaut werden (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010).

Zuerst muss die Anzahl der Tiere in Kaltennordheim ermittelt werden, um eine Aussage über die anfallende Menge der tierischen Exkremente treffen zu können. Dafür wird sich der Statistische Bericht der landwirtschaftlichen Betriebe für die Viehhaltung vom Stichtag 01.03.2023 herangezogen (Statistisches Bundesamt, 2024). Dieser enthält bundeslandspezifische Angaben zu den gehaltenen Tieren (Tabelle 41121-0201.1 R) und kann mit den Einwohnerzahlen des Freistaates Thüringen und Kaltennordheim ins Verhältnis gesetzt werden, um den kommunalen Viehbestand abzuschätzen³. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 23 zu finden.

Tabelle 23: Viehbestand Thüringen und Kaltennordheim

Tierarten	Viehbestand Thüringen	Viehbestand Kaltennordheim
Rinder	178.900	474
Milchkühe	82.900	220
Schweine	605.400	1.604

³Einwohner Thüringen (2023): 2.116.413; Einwohner Kaltennordheim (2023): 5.606 **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.**

Hühner	3.237.100	8.575
Schafe	132.300	351
Pferde	7.100	19
Insgesamt	4.243.700	11.243

In Zukunft kann davon ausgegangen werden, dass bei der Ermittlung des Wirtschaftsdüngeranfalls aus technologischen und ökonomischen Gründen etwa 90 % der Gülle sowie 90 % des Schweine- und Rindermistes, 50 % des Schafsmistes, 25 % des Pferdemistes und rund 70 % des Hühnertrockenkots für die Nutzung in Biogasanlagen erschlossen werden können (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010). In Thüringen werden somit neben den klassischen Viehbeständen von Rindern, Schweinen und Hühnern auch Schafe und Pferde mit bei der Erzeugung von thermischer Energie aus tierischen Exkrementen betrachtet.

Werden diese Einschränkungen bei der energetischen Verwertung betrachtet und mit den Faustzahlen für den Biogasertrag der einzelnen Tierarten multipliziert ergeben sich die jeweiligen thermischen Energien in der Tabelle 24.

Tabelle 24: Wärmeertrag Tierische Exkremente (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, kein Datum)

Tierarten	Gülle- und Mistproduktion	Thermische Energie [kWh/Tierplatz*a]	Gesamte Thermische Energie [MWh/a]
Rinder	2,8 t Festmist/Tierplatz und Jahr	1.479	631
Milchkühe	17 m³ Gülle /Tierplatz und Jahr	2.882	571
Schweine	1,6 m³ Gülle/Tierplatz und Jahr	192	277
Hühner	2 m³ Rottemist/100 Tierplätze und Jahr	1.634 [100 Tierplätze]	98
Schafe	1 t Festmist/Tierplatz und Jahr	400	70
Pferde	11,1 t Festmist/Tierplatz und Jahr	3.874	18
Insgesamt	-	-	1.665

Somit steht in Kaltennordheim eine thermische Energie von 1.665 MWh/a aus der Gülle- und Mistproduktion von Tieren zur Verfügung.

Biogene Abfälle

Zur Ermittlung der Menge an anfallenden biogenen Abfällen wird wieder die Abfallbilanz des Freistaates Thüringen aus dem Jahr 2023 (Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz, 2024) sowie die „Klärschlamm Entsorgung aus der biologischen Abwasserbehandlung in Thüringen“ (Thüringer Landesamt für Statistik, 2023) herangezogen. Da in beiden Fällen die Angaben zu den biogenen Abfällen nur auf Ebene des Landkreises

Schmalkalden-Meiningen vorliegen, werden die Werte mithilfe der Einwohnerzahlen des Landkreises Schmalkalden-Meiningen und Kaltennordheim im Jahr 2023 umgerechnet⁴. Somit ergeben sich folgende Werte zum Anfall biogener Abfälle in Tabelle 25.

Tabelle 25: Abfallmenge Landkreis Schmalkalden-Meiningen und Kaltennordheim

Abfallart/Wertstoff	Abfallmenge	
	LK Schmalkalden-Meiningen [t/a]	Kaltennordheim [t/a]
Hausmüll	17.365	788
Bioabfall	1.810	82
Grünabfall	13.013	590
Klärschlamm (Thermische Entsorgung)	1.101	51
Insgesamt	33.289	1.511

Der Wert des Klärschlamms bezieht sich bereits auf die reine thermische Entsorgung. Für Bio- und Grünabfälle kann eine thermische Verwertung von 2 % und für Hausabfälle von 80% angenommen werden (Statistisches Bundesamt, 2025). Somit ergeben sich folgende Mengen und Energien für die thermische Verwertung in der Tabelle 26.

Tabelle 26: Wärmeertrag Biogene Abfälle

Abfallart/Wertstoff	Menge für thermische Entsorgung [t/a]	Heizwert [kWh/kg]	Thermische Energie [MWh/a]
Hausmüll	630	2,8 ⁵	1.765
Bioabfall	2	1,3 ⁶	2
Grünabfall	12	1,3 ^{wie Bioabfall}	15
Klärschlamm	51	2,9 ⁷	147
Insgesamt	695	-	1.930

Insgesamt stehen in Kaltennordheim somit 1.930 MWh/a thermische Energie aus biogenen Abfällen zu Verfügung.

Zusammenfassung

Werden alle bisher bilanzierten Biomasseträger nochmals zusammen betrachtet, ergeben sich folgende Wärmeerträge für Kaltennordheim in der Tabelle 27.

⁴ Einwohner Landkreis Schmalkalden-Meiningen (2023): 121.432; Einwohner Kaltennordheim (2023): 5.606 Es ist eine ungültige Quelle angegeben.

⁵ Es ist eine ungültige Quelle angegeben.

⁶ (Umweltbundesamt, 2022)

⁷ Es ist eine ungültige Quelle angegeben.

Tabelle 27: Wärmeertrag aller Biomasseträger

Biomasseträger	Thermische Energie [MWh/a]
Landwirtschaftliche Biomasse	33.943
Energieholz	0
Forstwirtschaftliche Biomasse	0
Altholz und Industrierestholz	0
Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb	0
Biogene Reststoffe und Abfälle	13.740
Stroh	10.145
Tierische Exkremente	1.665
Biogene Abfälle	1.930
Insgesamt	47.684

Somit stehen theoretisch insgesamt 47.684 MWh/a aus Biomasse in Kaltennordheim thermisch zur Verfügung.

Die rechnerische und GIS-basierte Biomassepotentialanalyse bildet zunächst eine übergeordnete Abschätzung der verfügbaren Biomassepotentiale ab. Für Kaltensundheim ist ergänzend zu berücksichtigen, dass mit dem E&J Säge- und Palettenwerk ein konkreter lokaler Betrieb vorhanden ist, bei dem holzartige Reststoffe anfallen und bereits Bezüge zur regionalen Wärmeversorgung bestehen.

Das Unternehmen beliefert derzeit die Stadt Kaltennordheim mit rund 60 Schüttraummetern Hackschnitzeln pro Woche, die in zwei Hackschnitzelkesseln genutzt und in ein Nahwärmenetz eingespeist werden. Mit dem Neubau des Sägewerks in Kaltensundheim wird perspektivisch eine Liefermenge von rund 60 Schüttraummetern Hackschnitzeln pro Tag angegeben. Zusätzlich fallen im Betrieb Rinde und weitere holzartige Reststoffe an, die grundsätzlich in einer industriell ausgelegten Biomasseanlage genutzt werden könnten.

Relevant ist außerdem der betriebliche Wärmebedarf. Das Sägewerk verfügt über zwei Hackschnitzelheizungen mit jeweils 125 kW Leistung, die ganzjährig für Trockenkammern genutzt werden. Für die geplante Erweiterung der Trocknungskapazitäten wird ein zusätzlicher Wärmebedarf von rund 400 kW benannt. Dieser kontinuierliche Wärmebedarf kann für größere Biomasseanlagen bedeutsam sein, da diese eine ausreichende Grundlast benötigen. In der Untersuchung zur zentralen Wärmeversorgung wird für E&J ein jährliches Wärmepotential von rund 2,19 GWh angesetzt. Das rechnerische Brennstoffpotential aus 60 Schüttraummetern Hackschnitzeln pro Tag wird mit rund 54.000 kWh pro Tag beziffert. Dieser Wert beschreibt jedoch nur ein theoretisches Potential und ist nicht unmittelbar mit der tatsächlich nutzbaren Wärmemenge gleichzusetzen. Einflussgrößen sind unter anderem Feuchtegehalt, Brennstoffqualität, Wirkungsgrad, Eigenbedarf, Lagerung und saisonale Verfügbarkeit. Das Säge- und Palettenwerk stellt damit einen vertieft zu prüfenden lokalen Potentialstandort dar. Die vorhandenen Stoffströme, der betriebliche Wärmebedarf und die mögliche Einbindung in ein Wärmenetz sprechen dafür, den Standort in der weiteren Wärmeplanung gesondert zu betrachten. Für eine belastbare Bewertung sind jedoch weitere Prüfungen zu Reststoffmengen, Anlagenkonzept, Netzanschluss, Betreiberstruktur und Wirtschaftlichkeit erforderlich.

3.11. Klimaneutrale Gase

Klimaneutrale Gase spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Transformationsprozess hin zu einem treibhausgasarmen Energiesystem. Sie bezeichnen gasförmige Energieträger, deren Herstellung, Verteilung und Nutzung entweder keine zusätzlichen Treibhausgase in die Atmosphäre freisetzen oder deren Emissionen durch Gegenmaßnahmen – etwa CO₂-Abscheidung und -Speicherung oder zertifizierte Kompensationsmaßnahmen – vollständig ausgeglichen werden. Damit bieten sie eine Alternative zu fossilen Gasen wie Erdgas und tragen zur Erreichung der nationalen und internationalen Klimaziele bei.

Wasserstoff

Zu den klimaneutralen Gasen zählen unter anderem grüner Wasserstoff, synthetisches Methan (Power-to-Gas) und bestimmte biogene Gase, sofern deren gesamte Wertschöpfungskette emissionsfrei oder bilanziell neutral ist. Grüner Wasserstoff wird mittels Elektrolyse unter Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien hergestellt und ist somit vollständig treibhausgasfrei.

Kaltennordheim wird nach bisherigen Informationen nicht an eines der zentralen Wasserstoffnetze des Landes Thüringen angeschlossen werden. Diese verlaufen laut Abbildung 41 nördlich der Stadt.

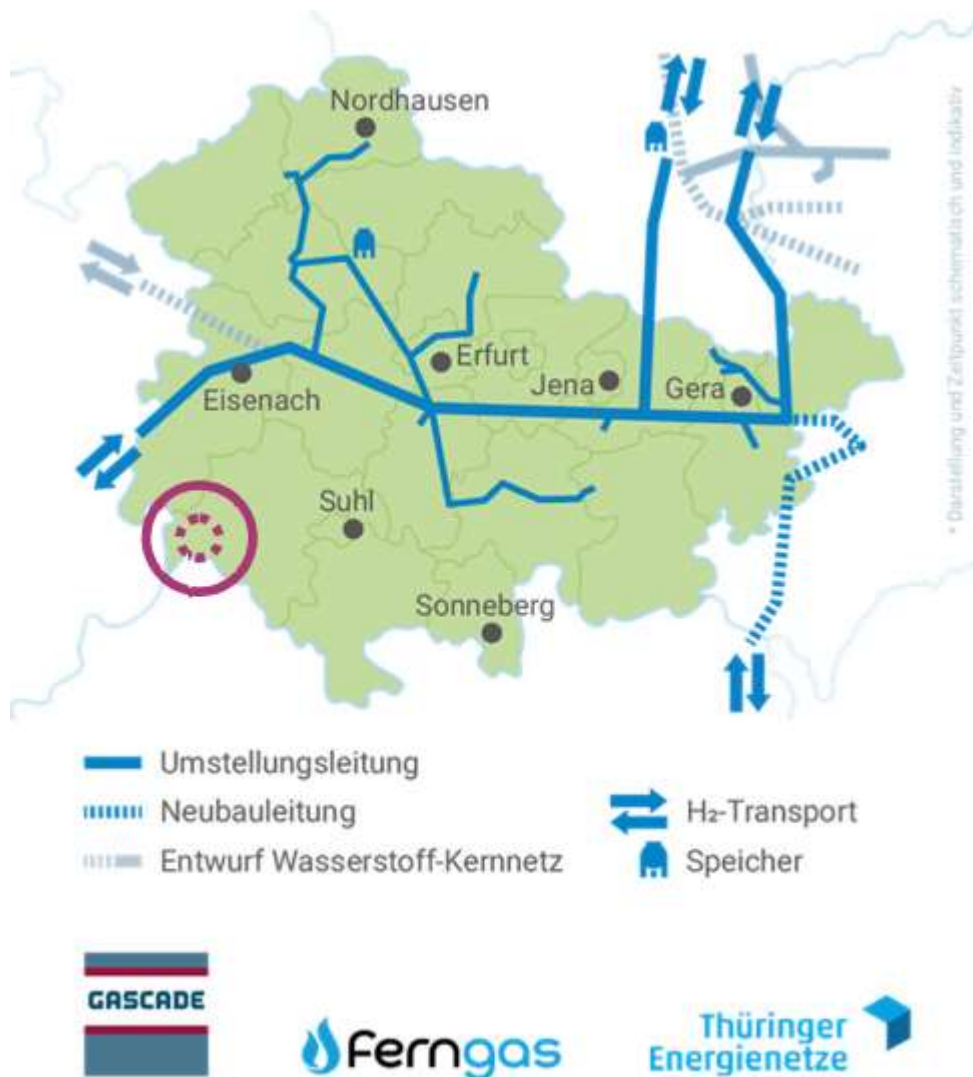


Abbildung 41: Planung des Wasserstoffnetzes in Thüringen

Biogas

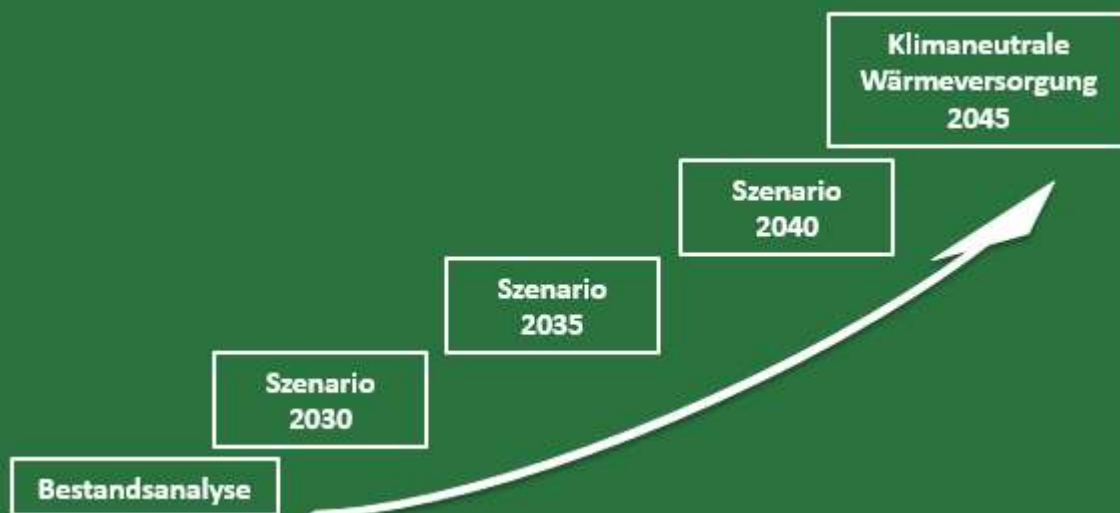
In Kaltensundheim ist eine Biogasanlage mit lokaler Strom- und Wärmeerzeugung dokumentiert. Die öffentlich verfügbaren Angaben nennen eine Inbetriebnahme im Jahr 2007, den Energieträger Biomasse/Biogas, eine installierte elektrische Leistung von 526 kW_{el} sowie eine lokale Wärmenutzung. Damit besteht im Ortsteil Kaltensundheim ein konkretes lokales Biogas-Punktpotenzial.

Eine flächige Nutzung von Biomethan über ein Gasnetz ist daraus nicht ableitbar, sofern keine Gasaufbereitung und keine Einspeisung in ein Gasverteilnetz nachgewiesen werden. Für die KWP ist deshalb vor allem zu prüfen, ob aus der bestehenden Biogasanlage zusätzliche Wärmeüberschüsse für nahegelegene Wärmesenken oder ein lokales Nahwärmenetz erschlossen werden können. Das Potenzial wird für Kaltensundheim als lokal prüfbar, für das gesamte Stadtgebiet Kaltennordheim jedoch als räumlich begrenztes Einzelpotenzial bewertet.

4. Szenarienentwicklung

Die Szenarienentwicklung ist ein zentraler Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung und dient der langfristigen und nachhaltigen Gestaltung der Wärmeversorgung. Ziel ist es, verschiedene Zukunftsperspektiven für die Wärmeversorgung der Kommune zu entwickeln, die sich auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme stützen. Die Szenarien werden für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 formuliert, wobei jeder Zeitraum spezifische Zielsetzungen verfolgt.

Die Szenarienentwicklung berücksichtigt verschiedene Potenziale wie die Nutzung erneuerbarer Energien, Abwärmequellen und die energetische Sanierung des Bestandsgebäudes. Sie stellt auch sicher, dass technologische Entwicklungen und flexible Systeme wie Wärmespeicher in die Planung einbezogen werden. Für jedes Szenario werden klare Zielgrößen definiert, die regelmäßig überprüft und angepasst werden.



4.1. Zukünftiger Wärmebedarf im Zielszenario

Auf Grundlage der angesetzten Sanierungsraten zur Raumwärmeenergieeinsparung gemäß Kapitel 3.1 wird in der nachfolgenden Abbildung die Wärmeflächendichte für das Zieljahr 2045 dargestellt. Der Berechnung liegt die Annahme zugrunde, dass bis zum Zieljahr rund 13 % der im Ausgangszustand anfallenden Wärmeverbräuche durch Effizienzmaßnahmen und Sanierungen eingespart werden können. Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass in Kaltennordheim keine relevanten Neubaugebiete entstehen, die den zukünftigen Wärmebedarf in einem für die Wärmeplanung relevanten Umfang erhöhen. Die dargestellte Entwicklung des Wärmebedarfs bildet somit ein konservatives, bedarfsreduzierendes Szenario ab.

Die Reduzierung des Wärmebedarfs ist unabhängig von der gewählten Wärmeversorgungsoption von zentraler Bedeutung, da die Potenziale erneuerbarer Wärmequellen, unvermeidbarer Abwärme und erneuerbarer Gase begrenzt sind und daher möglichst effizient genutzt werden müssen. Die Annahmen zur zukünftigen Wärmebedarfsentwicklung bilden eine wesentliche Grundlage für die Einteilung des Plangebietes in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete, wobei insbesondere die Wärmeflächendichten ein zentrales Kriterium darstellen. Insgesamt zeigt sich, dass die Wärmeflächendichten im Zieljahr zum Teil unter die empfohlene Mindestgrenze für den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen absinken.

Tabelle 28: Eignung von Wärmenetzen nach der Wärmeflächendichte (Kompetenzzentrum Wärmewende Halle, 2026)

Wärmeflächendichte [MWh/ha · a]	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0 – 70	Kein technisches Potenzial
70 – 175	Empfehlung für Wärmenetze in Neubaugebieten
175 – 415	Empfehlung für Niedertemperaturnetze im Bestand
415 – 1.050	Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand
> 1.050	Sehr hohe Wärmenetzeignung

Flächen mit bislang höheren Wärmedichten entwickeln sich überwiegend hin zu einem niedrigen Dichteniveau von etwa 70 bis 175 MWh/(ha·a), wodurch das Potenzial für den Neubau von Wärmenetzen deutlich abnimmt. Daraus ergibt sich, dass die Realisierung von Wärmenetzen zunehmend zeitkritisch ist: Mit fortschreitenden Sanierungsmaßnahmen sinkt der Wärmebedarf, während gleichzeitig die erreichbare Anschlussquote zurückgeht. Ein frühzeitiger Planungs- und Umsetzungsbeginn ist daher entscheidend, um verbleibende wirtschaftliche Potenziale nutzen zu können.

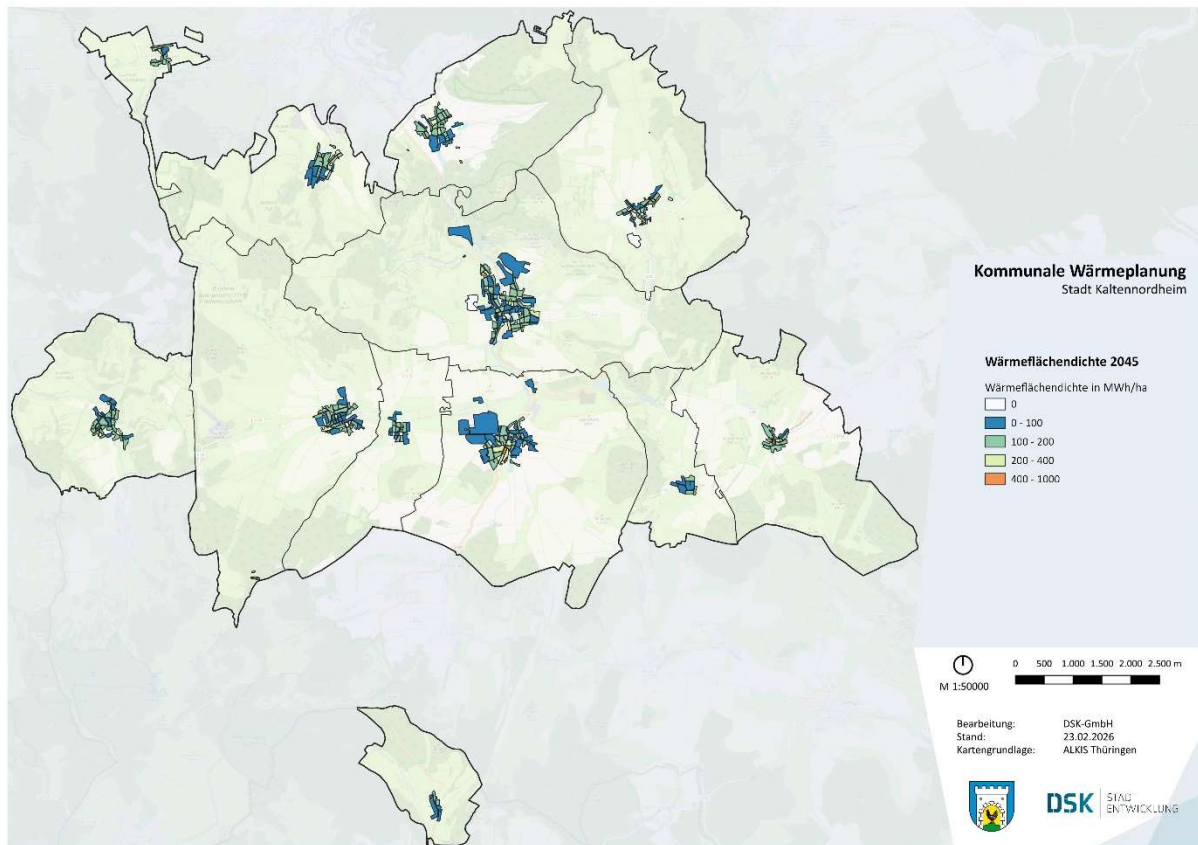


Abbildung 42: Voraussichtliche Wärmeﬂächendichte 2045

4.2. Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Die Abgrenzung und Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete erfolgte methodisch entlang der im Handlungsleitfaden zur kommunalen Wärmeplanung beschriebenen Vorgehensweise und baut unmittelbar auf den Ergebnissen der Bestands- und Potentialanalyse auf. Grundlage war eine flächendeckende qualitative Bewertung aller Teilgebiete hinsichtlich ihrer Eignung für unterschiedliche Versorgungsoptionen. Dabei wurden die Gebiete den Kategorien Prüfgebiet, dezentrales Versorgungsgebiet sowie Wärmenetzgebiet im Bestand beziehungsweise Wärmenetzgebiet mit Ausbau- oder Neubaupotential zugeordnet. Maßgeblich für die Einordnung waren übergeordnete Zielkriterien der kommunalen Wärmeplanung, insbesondere möglichst geringe Wärmegestehungskosten, ein geringes Realisierungsrisiko, eine hohe Versorgungssicherheit sowie möglichst geringe kumulierte Treibhausgasemissionen.

Für das Untersuchungsgebiet ist zu berücksichtigen, dass kein öffentliches Gasversorgungsnetz besteht. Gasnetz-basierte Transformationspfade sowie eine künftige Nutzung von Wasserstoff über eine bestehende Gasinfrastruktur wurden daher nicht als eigenständige Versorgungsoption in der Gebietsausweisung berücksichtigt. Im Fokus stehen stattdessen dezentrale erneuerbare Versorgungslösungen sowie die Prüfung leitungsgebundener Wärmeversorgung in geeigneten Teilbereichen. Dies betrifft insbesondere Bereiche mit bestehender Wärmenetzinfrastruktur, mögliche Nachverdichtungen und Erweiterungen sowie das Fokusgebiet Kaltensundheim, in dem bereits im Rahmen eines energetischen Quartierskonzeptes Potentiale einer zentralen Wärmeversorgung betrachtet wurden.

Die qualitative Einschätzung der Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit erfolgte anhand mehrerer Indikatoren, die in Tabelle 28 aufgeführt sind. Diese dienen der strukturierten Bewertung, ob ein Teilgebiet eher für eine dezentrale Versorgung, eine Weiterentwicklung bestehender Wärmenetzstrukturen oder eine vertiefende Prüfung als mögliches Wärmenetzgebiet geeignet ist.

Tabelle 29: Indikatoren zur Umsetzbarkeit von Wärmenetzen in Versorgungsgebieten

Unterkriterium	Indikator
Verteilkosten	Wärmeliniendichte
	Vorhandensein potenzieller Ankerkunden für ein Wärmenetz
	Erwarteter Anschlussgrad an ein Wärmenetz, sofern ein Netz vorhanden oder plausibel entwickelbar ist
	Vorhandensein eines Wärmenetzes im Teilgebiet oder in angrenzenden Bereichen
	Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau, Nachverdichtung oder Neubau eines Wärmenetzes
Kosten der Wärmeerzeugung	Potentiale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung oder Abwärmeeinspeisung
	Anschaffungs- und Investitionskosten der gebäudeseitigen Anlagentechnik

Die Indikatoren und deren Bewertung werden im Folgenden näher erläutert. Die Betrachtung erfolgt dabei vor dem Hintergrund der lokalen Gegebenheiten: Im zentralen Bereich besteht bereits ein Wärmenetz, für das grundsätzlich Erweiterungs- und Nachverdichtungspotentiale geprüft werden können. Für Kaltensundheim liegen zudem Vorüberlegungen aus einem energetischen Quartierskonzept vor, in denen eine netzbasierte Wärmeversorgung unter Einbindung lokaler Biomassepotentiale thematisiert wurde. Die Einordnung der Teilgebiete stellt keine abschließende technische Planung dar, sondern dient der Ableitung plausibler Wärmeversorgungsoptionen für das Zielszenario.

Wärmeliniendichte

Die Wärmeliniendichte ist ein zentraler Indikator für die Eignung von Gebieten für Wärmenetze, da die Wärmeverteilkosten maßgeblich von der abgenommenen Wärmemenge pro Leitungsmeter abhängen. Bewertet wird die erwartete Wärmeliniendichte im Zieljahr. Hohe Werte in dicht bebauten Bereichen weisen auf eine günstigere Ausgangslage für leitungsgebundene Wärmelösungen hin, während niedrige Werte in locker bebauten Bereichen eher für dezentrale Versorgungslösungen sprechen. Im Untersuchungsgebiet treten höhere Wärmeliniendichten insbesondere in den dichter bebauten zentralen Siedlungsbereichen auf. In kleineren, ländlich geprägten Ortsteilen sind erhöhte Werte meist nur punktuell vorhanden, sodass dort großflächige Wärmenetze in der Regel weniger naheliegend erscheinen.

Potenzielle Ankerkunden für ein Wärmenetz

Potenzielle Ankerkunden mit einem hohen und langfristig gesicherten Wärmebedarf sind für die Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit von Wärmenetzen von zentraler Bedeutung. Dazu zählen insbesondere kommunale Lie-

genschaften, größere öffentliche Einrichtungen, Mehrfamilienhäuser, gewerbliche Objekte oder sonstige Gebäude mit dauerhaft hohem Wärmebedarf. Im zentralen Bereich können vorhandene öffentliche und größere private Wärmeabnehmer eine Rolle für eine mögliche Nachverdichtung oder Erweiterung des bestehenden Wärmenetzes spielen. In Kaltensundheim sind insbesondere kommunale Liegenschaften und größere Bestandsgebäude im Umfeld des bereits thematisierten Wärmekanals relevante Ansatzpunkte für eine vertiefende Prüfung.

Erwarteter Anschlussgrad an ein Wärmenetz

Der erwartete Anschlussgrad beeinflusst maßgeblich die Verteilkosten und damit die Wärmegestehungskosten eines Wärmenetzes. Je höher der Anteil der Gebäude ist, die an ein Netz angeschlossen werden, desto günstiger können sich die spezifischen Kosten je abgenommener Wärmemenge entwickeln. Für die kommunale Wärmeplanung ist dabei zu berücksichtigen, dass eine vollständige Anschlussquote in der Praxis in der Regel nicht erreicht wird. Einzelne Eigentümer verfügen bereits über neue Heizsysteme, bevorzugen dezentrale Lösungen oder treffen Sanierungsentscheidungen unabhängig von einer möglichen Netzplanung. Für Bereiche mit bestehender Wärmenetzinfrastruktur kann eine Nachverdichtung grundsätzlich günstiger sein als ein vollständiger Netzneubau. Für neue Netzbereiche, insbesondere in Kaltensundheim, ist die tatsächliche Anschlussbereitschaft dagegen ein wesentlicher Prüfpunkt für die Wirtschaftlichkeit.

Vorhandene Wärmenetze oder Planungen

Das Vorhandensein eines Wärmenetzes im Teilgebiet oder in räumlicher Nähe wirkt sich positiv auf die Eignung einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung aus, da bestehende Infrastruktur die Erschließungs- und Investitionskosten reduzieren kann. Im zentralen Bereich besteht bereits ein Wärmenetz. Daher sind hier insbesondere Möglichkeiten der Nachverdichtung entlang bestehender Trassen sowie einer räumlich sinnvollen Erweiterung zu prüfen. Für Kaltensundheim bestehen Vorüberlegungen aus dem energetischen Quartierskonzept sowie Hinweise auf einen vorhandenen Wärmekanal im Bereich der Landschaftspflege-Agrarhöfe. Vor einer möglichen Einbindung oder Erweiterung sind jedoch der technische Zustand, die Durchgängigkeit, die Wärmeverluste und die Leistungsfähigkeit dieser Infrastruktur zu untersuchen.

Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau, Nachverdichtung oder Neubau eines Wärmenetzes

Der spezifische Investitionsaufwand wird maßgeblich durch örtliche Gegebenheiten wie Trassenlänge, Versiegelungsgrad, Untergrundbeschaffenheit, vorhandene Leitungsinfrastruktur, Querungen und Anschlussaufwand bestimmt. Eine Nachverdichtung entlang bestehender Wärmenetztrassen kann grundsätzlich geringere spezifische Investitionskosten aufweisen als die Neuverlegung eines vollständigen Netzes. Bei einem Neubau, etwa in Kaltensundheim, stellen Tiefbau, Wärmeleitungen, Übergabestationen, Mess- und Steuerungstechnik sowie Baunebenkosten wesentliche Kostentreiber dar. Die Eignung als Wärmenetzgebiet hängt daher wesentlich davon ab, ob hohe Wärmebedarfe über möglichst kurze Trassen erschlossen werden können.

Potentiale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung

Die Bewertung der Potentiale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung basiert auf dem möglichen Beitrag lokal verfügbarer Wärmequellen zur Versorgung eines Wärmenetzes. Im Untersuchungsgebiet sind hierfür insbesondere Biomasse beziehungsweise Holzhackschnitzel von Bedeutung. Für Kaltensundheim wurden im energetischen Quartierskonzept lokale Akteure aus dem Bereich Biomasse und Holzverarbeitung als mögliche Wärme- beziehungsweise Brennstofflieferanten benannt. Diese Ausgangslage kann sich grundsätzlich positiv auf die Prüfung einer netzbasierten Wärmeversorgung auswirken. Gleichzeitig sind Verfügbarkeit, Preisentwicklung, Lieferbeziehungen, Nachhaltigkeit und langfristige Versorgungssicherheit vertieft zu prüfen. Ergänzend können Wärmepumpen zur Einbindung erneuerbarer Umweltwärme eine Rolle spielen, sofern geeignete Wärmequellen, Stromnetzkapazitäten und wirtschaftliche Rahmenbedingungen vorliegen.

Anschaffungs- und Investitionsaufwand gebäudeseitig

Die Bewertung der gebäudeseitigen Anschaffungs- und Investitionskosten berücksichtigt die erforderliche Anlagentechnik zur künftigen Wärmebereitstellung. In Wärmenetzgebieten fallen gebäudeseitig vor allem Kosten für Hausanschluss, Übergabestation und Anpassungen der internen Wärmeverteilung an. In dezentralen Versorgungsgebieten sind dagegen Investitionen in eigene Wärmeerzeuger erforderlich, insbesondere Wärmepumpen, Biomasseanlagen oder andere erneuerbare Heizsysteme. Der Investitionsaufwand kann je nach Gebäudezustand, Heizsystem, Vorlauftemperatur, Sanierungsstand und Platzverfügbarkeit deutlich variieren. Da im Untersuchungsgebiet viele Gebäude weiterhin individuell versorgt werden, bleibt die gebäudeseitige Umstellung auf erneuerbare Wärmeerzeugung ein wesentlicher Bestandteil des Zielszenarios.

Exemplarisch wird nachfolgend die Bewertung für das Teilgebiet Kaltensundheim dargestellt. Analog dazu erfolgte in einem partizipativen Ansatz die Bewertung der weiteren Teilgebiete in kaltennordheim

Tabelle 30: Bewertung des Prüfgebiets Kaltensundheim

Indikator	Wärmenetz	Dezentrale Versorgung
Wärmelinienichte	Hoch	Kein wesentlicher Einfluss
Vorhandensein potenzieller Ankerkunden Wärmenetz	Mittelgroße im Teilgebiet	Mittelgroße im Teilgebiet
Erwarteter Anschlussgrad an Wärmenetz wenn Netz vorhanden oder erwartet	Hoher Anschlussgrad erwartet	Kein wesentlicher Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Weiteres Netz in Kaltennordheim ohne Einfluss	Kein wesentlicher Einfluss
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Befestigter Untergrund in Teilen unversiegelt	Kein wesentlicher Einfluss
Potentiale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Hoch	Kein wesentlicher Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten gebäudeseitig	Mittel	Hoch
Gesamtbewertung	Wahrscheinlich geeignet	Wahrscheinlich ungeeignet

Die Bewertung der einzelnen Teilgebiete führte abschließend zu den in Anschluss nachfolgenden Ergebnissen und kartographischen Darstellungen, zur Eignung dezentraler und zentraler Versorgung. Exemplarisch sei für das Teilgebiet Kaltensundheim die Bewertung der Eignungsprüfung in Abbildung 43 dargestellt.

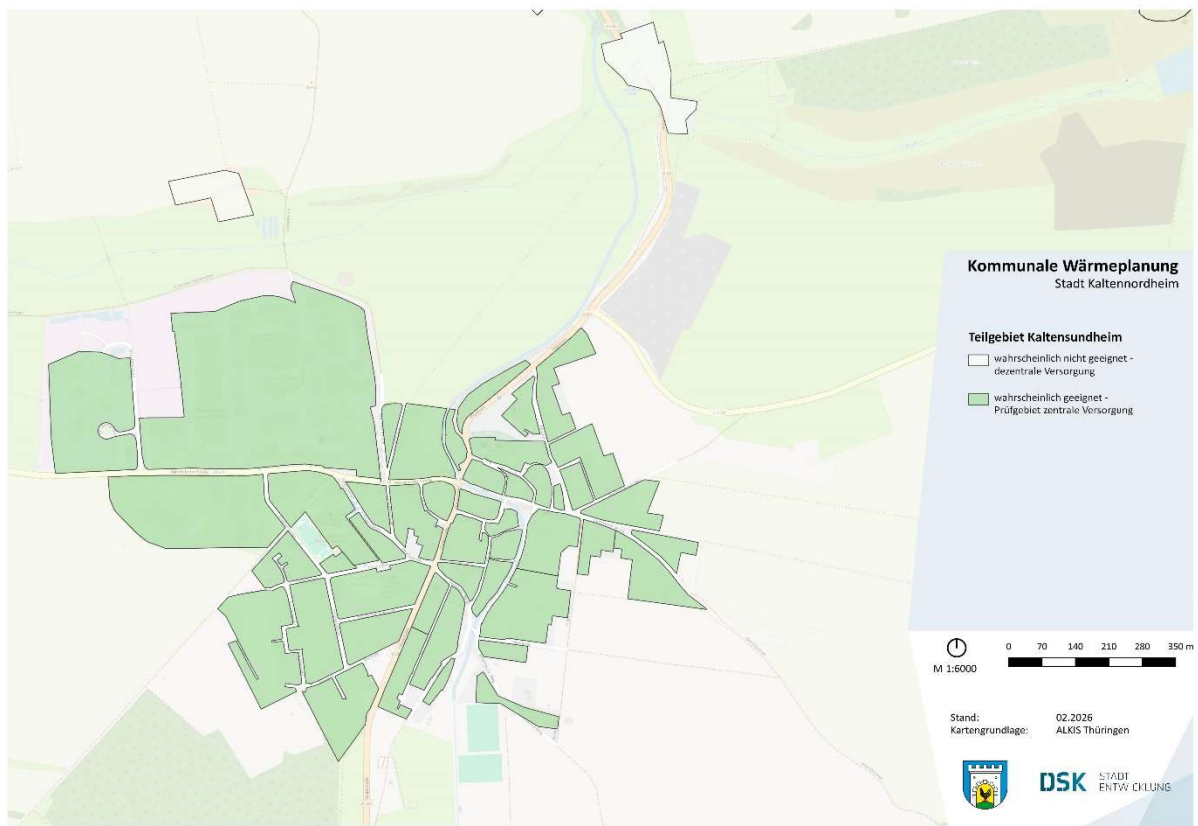


Abbildung 43: Bewertung des Teilgebiets Kaltensundheim

Ausweisung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete

Die Darstellung der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr 2045 erfolgte für das gesamte geplante Gebiet und für die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete der Stadt Kaltennordheim. Diese Einteilung der zukünftigen Versorgungsbereiche ist in einem partizipativen Prozess gemeinsam mit der Stadtverwaltung sowie den relevanten Stakeholdern auf Grundlage der Ergebnisse der Ausgangsanalyse definiert und abgestimmt worden. Hierzu wurden die einzelnen Teilgebiete anhand der Kriterien der lokalen Wärmelinienichte, der Siedlungsstruktur und Gebäudesubstanz, geografischer Einflüsse, des potenziellen Einsparpotenzials sowie bestehender oder bereits konkret geplanter Versorgungsstrukturen im zentralen und dezentralen Bereich eingestuft. Im Anschluss an diese Kriterienprüfung wurde die Eignung der einzelnen Baublöcke für die Versorgungsmöglichkeiten dezentral, Wärmenetzgebiete und Wasserstoffnetzgebiete bewertet und den entsprechenden Kategorien zugeordnet.

Wärmenetzgebiete

Innerhalb der Versorgungsgebiete, die in der kartografischen Darstellung in Abbildung 44 ersichtlich sind, beschränkt sich die Ausweisung von zentralen Wärmeversorgungsgebieten im geplanten Gebiet lediglich auf zwei konkrete Zonen. Es handelt sich dabei um den Bereich des bereits bestehenden Nahwärmenetzes im Stadtgebiet, bei dem die technologische und infrastrukturelle Machbarkeit einer zentralen Versorgung bereits in der Praxis

gegeben ist. Innerhalb dieses bestehenden Netzes besteht die Möglichkeit für die einer beschränkten Nachverdichtung im Gebäudebestand, um baublockweise noch ungenutzte Anschlusspotenziale zu erschließen und die vorhandene Netzinfrastruktur sowohl hydraulisch als auch wirtschaftlich optimal auszulasten. Das zweite Gebiet stellt ein neues Netzgebiet dar, welches aufgrund seiner konstant hohen Wärmeflächendichten und einer kompakten Abnehmerstruktur als potenzielles Netzausbauggebiet identifiziert wurde. Neben den günstigen Verbrauchsichten bedingt vor allem ein strategisch vorteilhafter Netzausgangspunkt dieses Gebiet. Die zukünftige Versorgung dieses Erweiterungsgebietes lässt sich über eine hocheffiziente Kopplung mit dem lokalen Sägewerk realisieren, wodurch die dort anfallenden Biomasse Reste energetisch nutzbar gemacht werden können. Zusammen mit der lokalen Verfügbarkeit von biogenen Reststoffen direkt vor Ort, bietet dieses Gebiet gute Voraussetzungen für einen potenziellen betrieb eines Wärmenetzes.

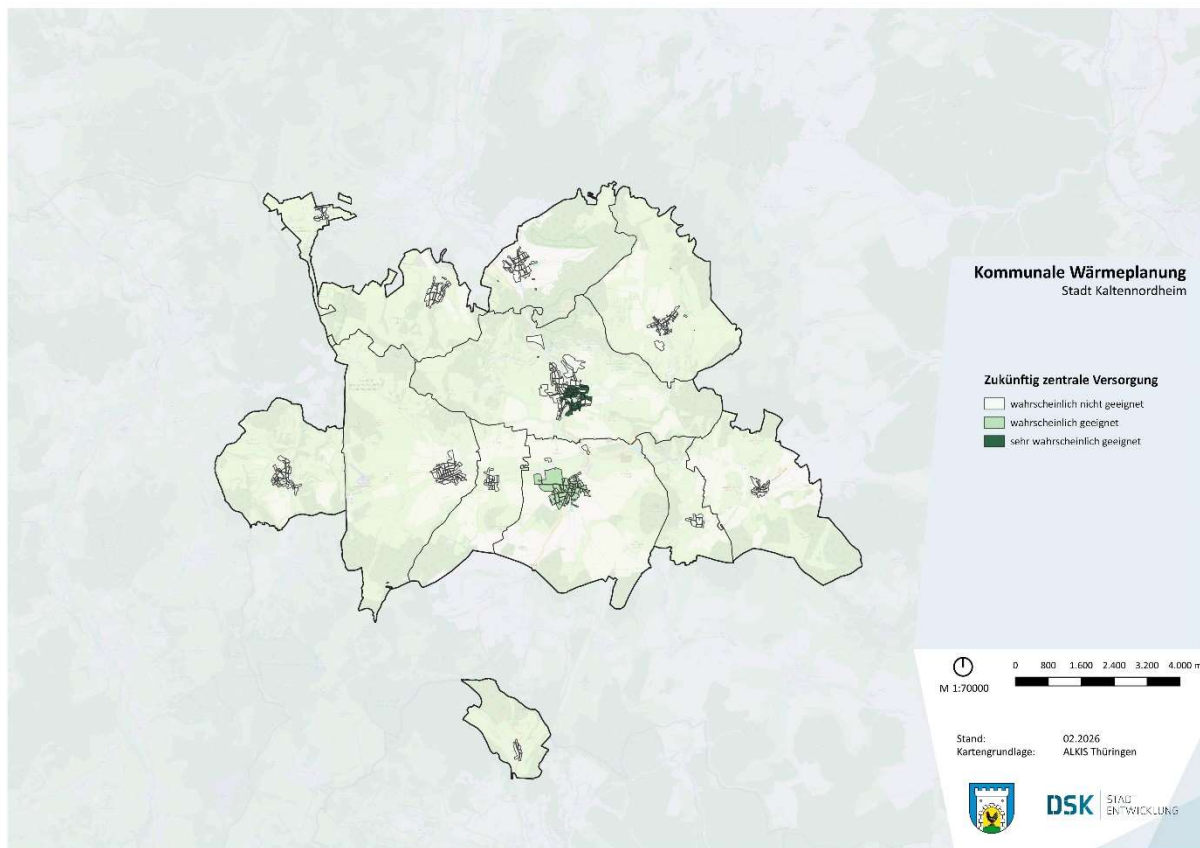


Abbildung 44: Eignungseinschätzung zentrale Wärme

Dezentrale Versorgungsgebiete

Für die flächenmäßig überwiegenden Bereiche des Stadtgebietes wurde eine zukünftig dezentrale Versorgungslösung als geeignet ausgewiesen. Diese Zuordnung basiert im Wesentlichen auf den spezifischen geografischen und städtebaulichen Rahmenbedingungen Kaltenordheims. Ausschlaggebend sind u.a. geringe Energiedichten in den ländlich geprägten Randlagen sowie die aufgelockerte Bebauungsstruktur. Bei diesen Voraussetzungen ständen die hohen Investitions- und Tiefbaukosten für ein zentrales Verteilnetz in keinem tragbaren Verhältnis zur tatsächlich absetzbaren Wärme. Da in diesen Bereichen somit die technischen und wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten für zentrale Strukturen ungünstig sind, werden individuelle Lösungen eine große Rolle in der zukünftigen Versorgung einnehmen.

Vor allem der Einsatz dezentraler Wärmepumpensysteme, welche sich technologisch flexibel an die jeweilige Gebäudesubstanz anpassen lassen und vor Ort die effizienteste Lösung zur Erreichung der Treibhausgasneutralität darstellen, werden zukünftig eine große Rolle in der klimaneutralen Wärmeversorgung einnehmen.

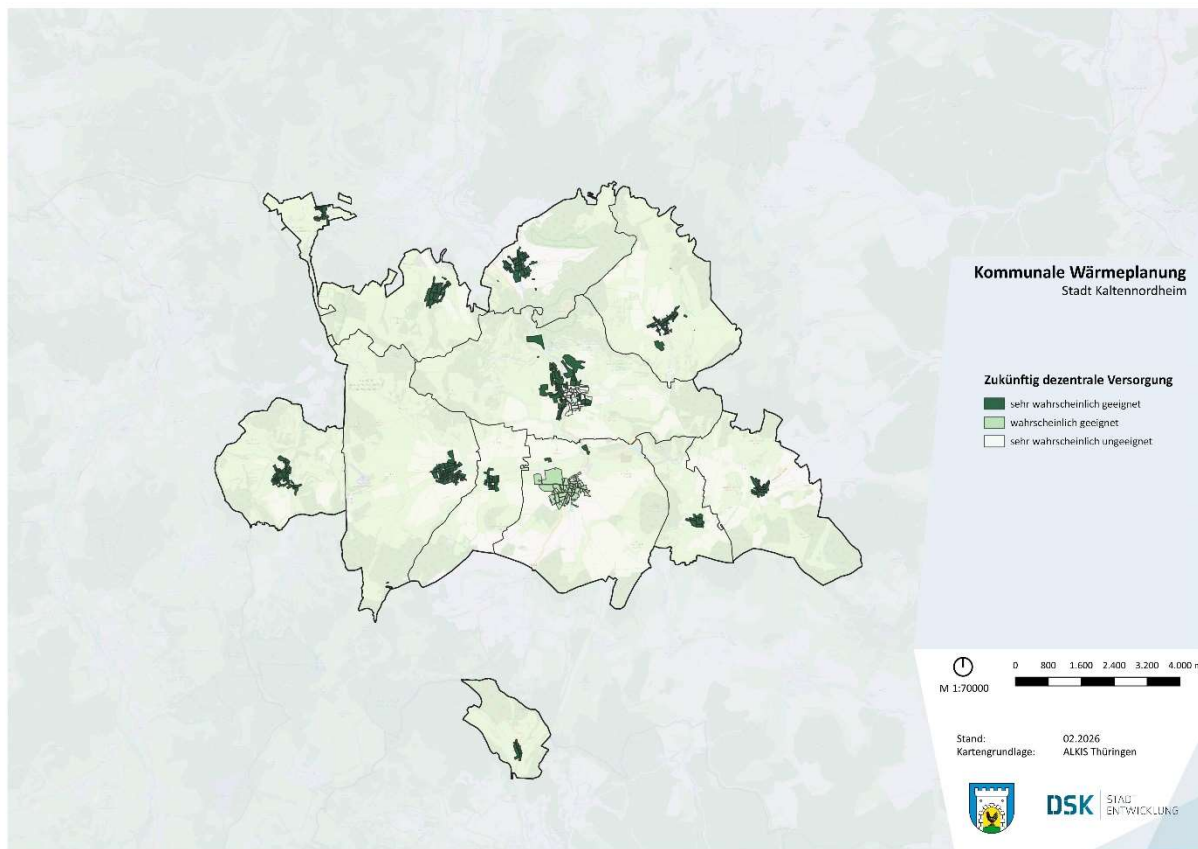


Abbildung 45: Eignungseinschätzung dezentrale Wärme

Wasserstoff-Eignungsgebiete

Für die Stadt Kaltennordheim wurden keine Eignungsgebiete für eine Versorgung über Wasserstoffnetze ausgewiesen. Nach den aktuellen Planungen der Bundesnetzagentur zum deutschlandweiten Wasserstoff-Kernnetz ist keine Verlegung einer entsprechenden Transport- oder Verteilungsleitung in der Region vorgesehen, sodass eine flächendeckende Verfügbarkeit für das Stadtgebiet ausgeschlossen ist.

Da eine netzgebundene Infrastruktur für Wasserstoff im privaten und kleingewerblichen Sektor somit langfristig fehlt und im Planungsgebiet zudem keine signifikanten industriellen Hochtemperatur-Prozesswärmezonen existieren, wird dieser Versorgungspfad als ungeeignet deklariert. Eine separate kartografische Darstellung entfällt daher mangels planerischer Relevanz für das Stadtgebiet.

Wärmeversorgung im Zieljahr

Abschließend erfolgt die Darstellung der vorgesehenen Versorgungsart der Gebiete im Zieljahr 2045.

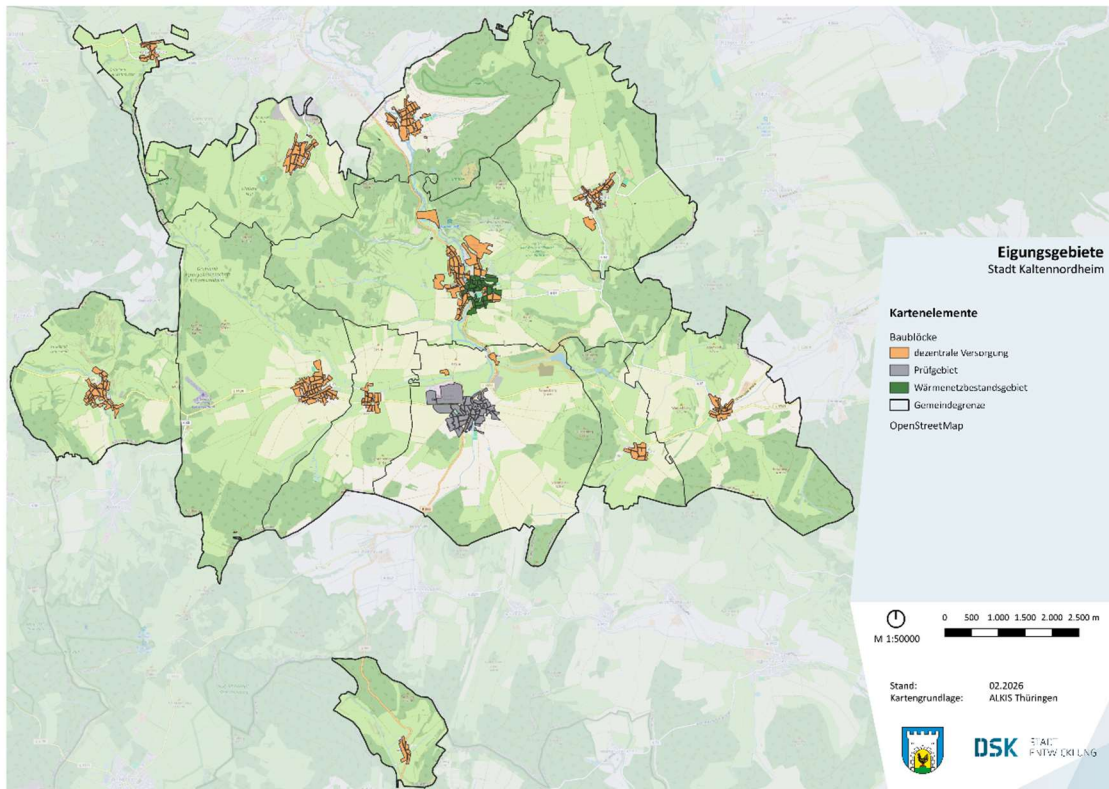


Abbildung 46: Versorgungsart der Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045

4.3. Szenarienvergleich

Die Entwicklung des Zielszenarios in der kommunalen Wärmeplanung ist mit Unsicherheiten verbunden. Dies betrifft insbesondere die Frage, wie sich bestehende Versorgungsinfrastrukturen künftig entwickeln, welche erneuerbaren Energieträger in welchem Umfang verfügbar sein werden und welche Versorgungsoptionen unter technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen umsetzbar sind. Nach Wärmeplanungsgesetz sind bei der Erstellung des Zielszenarios neben den Zielen des Bundes-Klimaschutzgesetzes auch vorliegende Infrastrukturplanungen, Transformationspläne und Machbarkeitsstudien zu berücksichtigen. Zugleich ist das Zielszenario als plausibler, konsistenter und begründeter Entwicklungspfad aus der Abwägung mehrerer zielkonformer Szenarien abzuleiten.

Für das Untersuchungsgebiet ist dabei vor allem die zukünftige Rolle des bestehenden Wärmenetzes sowie möglicher Erweiterungs- und Nachverdichtungspotentiale von Bedeutung. Da kein öffentliches Gasversorgungsnetz besteht, werden gasnetzbasierende Transformationspfade nicht als zentrale Entwicklungslinie betrachtet. Stattdessen stehen leitungsgebundene Wärmeversorgung in geeigneten Teilbereichen sowie dezentrale erneuerbare Versorgungslösungen im Vordergrund.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Wärmeplans liegen noch keine abschließend belastbaren Planungen zur möglichen Erweiterung des bestehenden Wärmenetzes oder zur Umsetzung neuer Netzbereiche vor. Damit ist derzeit offen, in welchem Umfang und mit welchem zeitlichen Horizont leitungsgebundene Wärmelösungen künftig ausgebaut werden können. Um diese Unsicherheit transparent abzubilden, werden im Folgenden zwei unterschiedliche Annahmen gegenübergestellt. Sie stellen keine Vorfestlegung dar, sondern markieren die Spannweite möglicher Entwicklungen.

Annahme 1: Weitgehende Elektrifizierung der Wärmeversorgung - All-Electric-Szenario.

Die erste Annahme beschreibt ein dezentral geprägtes All-Electric-Szenario. In diesem Entwicklungspfad wird davon ausgegangen, dass die zukünftige Wärmeversorgung in Kaltennordheim nahezu vollständig strombasiert erfolgt und fossile Energieträger primär durch dezentrale Wärmepumpen-Technologien ersetzt werden. Leitungsgebundene Wärmelösungen spielen in diesem Pfad lediglich im Rahmen der bereits bestehenden Infrastrukturen eine Rolle, da die vorhandenen Netze pflichtgemäß weiterbetrieben werden.

In diesem auf maximale Elektrifizierung ausgerichteten Pfad wird der Einsatz alternativer, brennstoffbasierter Energieträger auf ein Minimum reduziert. Die Transformation führt im Zieljahr 2045 zu einer klaren Dreiteilung des verbleibenden Endenergiebedarfs, bei der die bestehende Fernwärmeinfrastruktur stabil weitergeführt wird und im Zieljahr einen Anteil von ca. 6,8 % abdeckt. Der dezentrale Holzeinsatz wird dabei auf den unbedingten Restanteil zurückgefahren und bedient lediglich noch einen minimalen Anteil von ca. 2 % am Gesamtmarkt. Demgegenüber übernimmt der Wärmestrom nahezu vollständig die quantitative Substitution des heutigen Heizölbestands, sodass der Anteil strombasierter Anwendungen im Zeitverlauf kontinuierlich ansteigt und das Zieljahr mit einer absoluten Kernquote von 91,2 % dominiert.

Dieses Szenario stellt bewusst einen theoretischen Grenzpfad dar und besitzt eine hohe strategische Relevanz als Planungsgrundlage der zuständigen örtlichen Netzbetreiber. Es fungiert als planerischer Extremfall, um die potenziell maximalen zukünftigen Strombedarfe im Wärmesektor zu ermitteln. Das Szenario liefert eine maximale Bemessungsgrundlage, da es die absolute Obergrenze der Strommenge aufzeigt, die rechnerisch notwendig wäre, wenn die Wärmewende im Untersuchungsgebiet ohne die Entlastungswirkung alternativer Netzerweiterungen oder substanzieller Biomasseanteile rein über den Stromsektor abgewickelt wird.

Die aus diesem Extremfall resultierenden jährlichen Strommengen bieten Aufschluss, um frühzeitig die Kapazitäten in der lokalen Netzinfrastuktur zu prüfen, erforderliche Umspannwerks- und Trafostationen-Erweiterungen zu bewerten und den notwendigen Netzausbau vorausschauend zu koordinieren. Gleichzeitig definiert dieser Maximalfall die höchste Anforderung an die gebäudeseitige Sanierungstiefe im privaten Wohnungsbestand, da eine derart flächendeckende Versorgung mit Wärmepumpen auf entsprechend optimierte Gebäudehüllen angewiesen ist, um die Effizienz der Systeme zu sichern.

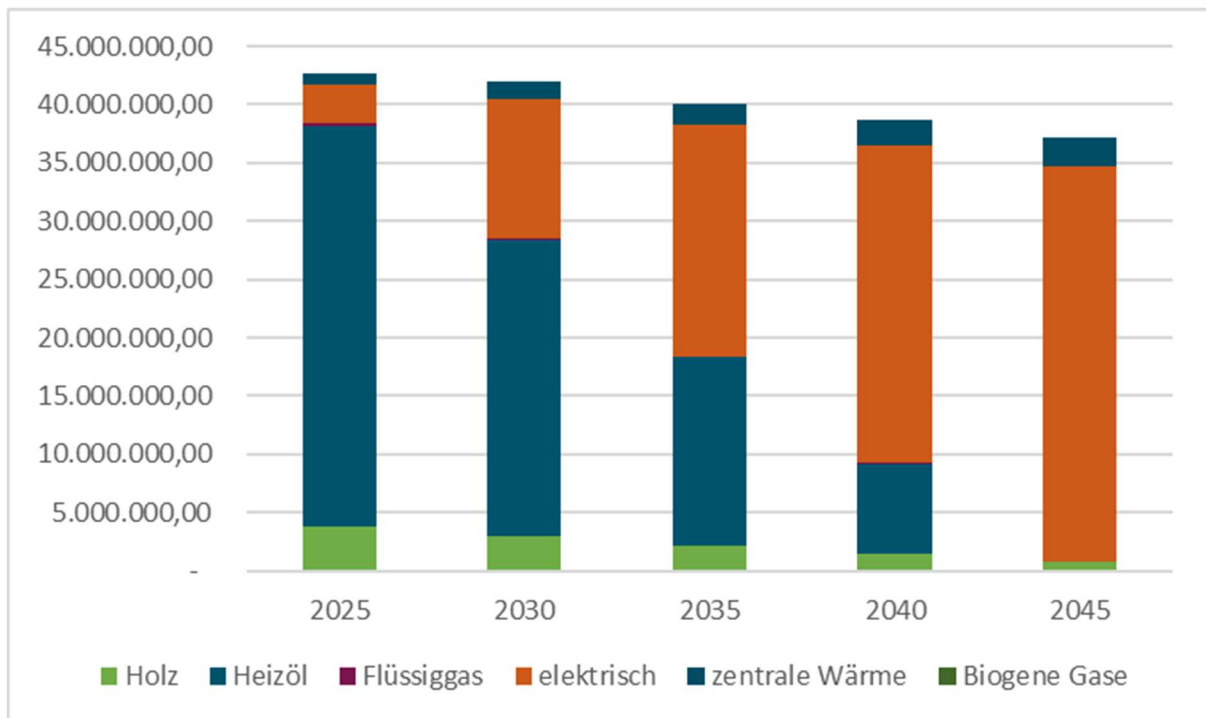


Abbildung 47: Szenario 1 - Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs abhängig der Energieträger in kWh

Annahme 2: Kombinierte dezentrale Versorgung zzgl. Geplanter und existierender Fernwärme - Mischszenario

Die zweite Annahme beschreibt ein integriertes Mischszenario, welches gezielt lokale Potenziale nutzt und den realen, ausgewogenen Entwicklungspfad für die Stadt Kaltennordheim darstellt. Auch in diesem kombinierten Versorgungssystem bildet die Wärmepumpentechnologie das mit Abstand dominierende Medium der zukünftigen Wärmeversorgung. Der Anteil des strombasierten Wärmeverbrauchs steigt durch den großflächigen dezentralen Heizungstausch außerhalb der Netzgebiete im Zeitverlauf massiv an und dominiert das Zieljahr 2045 mit einer Kernquote von 73,63 % (ca. 27.383 MWh/a). Dies verdeutlicht, dass die Dekarbonisierung auch bei Nutzung alternativer Pfade primär über die Elektrifizierung mittels hocheffizienter Umweltwärme realisiert wird.

Ergänzend werden in diesem Szenario die spezifischen lokalen Gegebenheiten der ländlich geprägten Region strategisch miteinbezogen. Da in Kaltennordheim bereits heute in erheblichem Maße gewachsene Strukturen von privaten Holzheizungsanlagen bestehen, wird davon ausgegangen, dass diese vorhandene Infrastruktur von den Bürgerinnen und Bürgern aktiv weitergenutzt und im Sinne einer modernen, emissionsarmen Biomassenutzung weitergedacht wird. Die lokalen Gegebenheiten lassen zudem darauf schließen, dass entsprechende Biomasse auch im privaten Raum – beispielsweise durch eigenen Waldbesitz oder regionale Netzwerke – in großem Ausmaß verfügbar ist und eine verlässliche Säule bleibt. Der gesamte thermische Holzeinsatz im Untersuchungsgebiet erhöht sich hierdurch kontinuierlich und erreicht im Jahr 2045 eine Quote von 15,00 % (ca. 5.579 MWh/a). Diese Biomassenutzung wird im Szenario eng mit der Entwicklung der leitungsgebundenen Infrastruktur verknüpft. Neben dem bestehenden Wärmenetz, welches vollumfänglich in die zukünftige Versorgungsstruktur integriert bleibt, wird ab dem Stützjahr 2030 ein potenzielles, neu geplantes Wärmenetz im Ortsteil Kaltensundheim in die Bilanzierung einbezogen. Durch diesen Netzzubau steigt die leitungsgebundene Versorgung in der ersten Transformationsphase deutlich an und stabilisiert sich im Zieljahr bei einem Anteil von 6,79 % (ca. 2.528

MWh/a) am Gesamtwärmebedarf, wodurch das Stromnetz in verdichteten Ortslagen effektiv entlastet werden kann.

Der heutige Hauptenergieträger Heizöl wird durch diese kombinierte Strategie fast vollständig verdrängt und verbleibt im Jahr 2045 lediglich als unbedeutender Restsockel von 4,20 % (ca. 1.562 MWh/a). Bei diesem verbleibenden Anteil wird vermutet, dass die bestehende Infrastruktur der Ölheizungen zu einem geringen Teil nicht rein elektrisch ersetzt wird, sondern auf den Umstieg auf biogene flüssige Alternativen zurückgreift, um bestehende Anlagen übergangsweise oder als Ergänzung CO₂-neutral weiterzubetreiben.

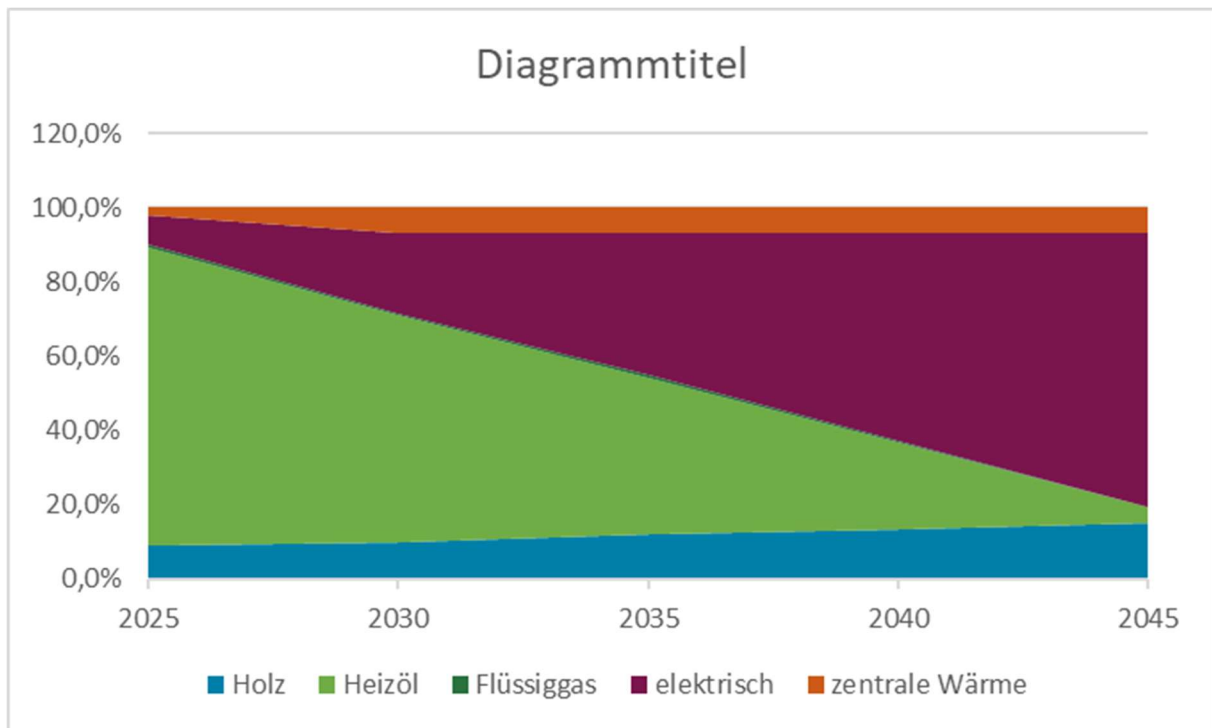


Abbildung 48: Szenario 2 - Entwicklung des Energieträgermixes

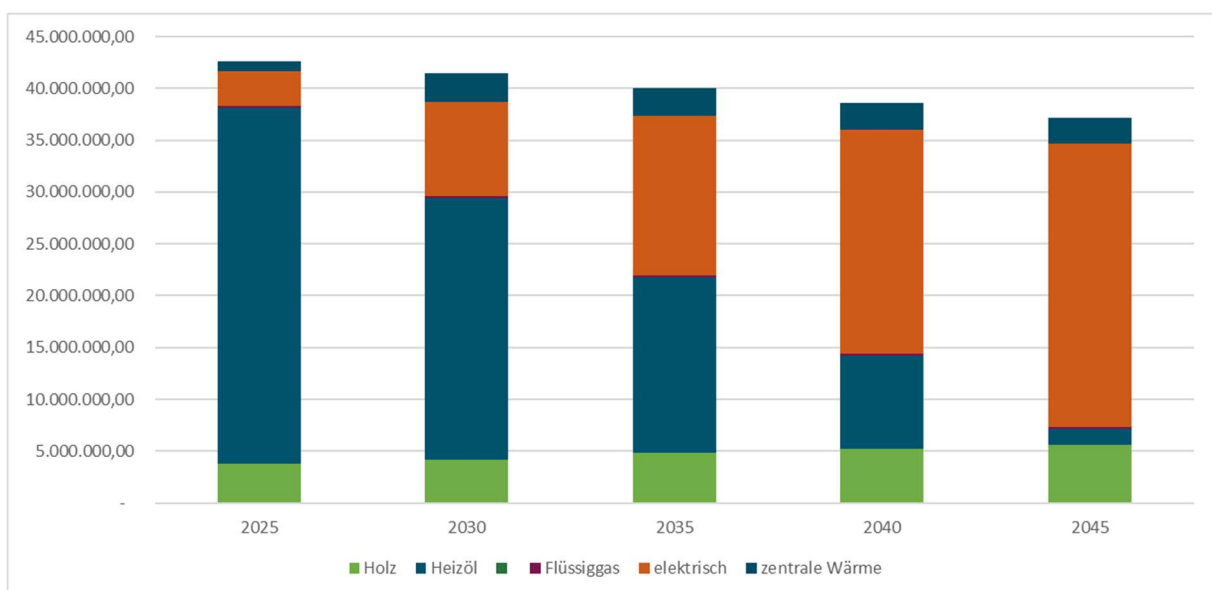


Abbildung 49: Szenario 2 - Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in kWh

4.4. Darstellung des Zielszenarios

Das dargestellte Zielszenario beschreibt einen plausiblen, modellbasierten Entwicklungspfad als Orientierungsrahmen für die Transformation der Wärmeversorgung und ist ausdrücklich nicht als eindeutige Zukunftsprojektion oder als einzig gültige Erwartung an die künftige Entwicklung zu verstehen. Vielmehr wird in diesem Kapitel gem. § 17 WPG die mögliche Entwicklung verschiedener Indikatoren für die Stützjahre 2030, 2035, 2040 und das Zieljahr 2045 aufgezeigt.

Grundlage für die folgende Berechnung ist die Bewertung der in Kaltennordheim vorhandenen Versorgungsgebiete, welche analog in Kapitel 4.4 dargestellt wird. Vorwegnehmend stellt die nachstehende Abbildung die im Szenario angenommene Versorgungsart der Teilgebiete in Kaltennordheim dar und verortet diese zugleich mit zeitlichem Bezug auf die Stützjahre bis 2045.

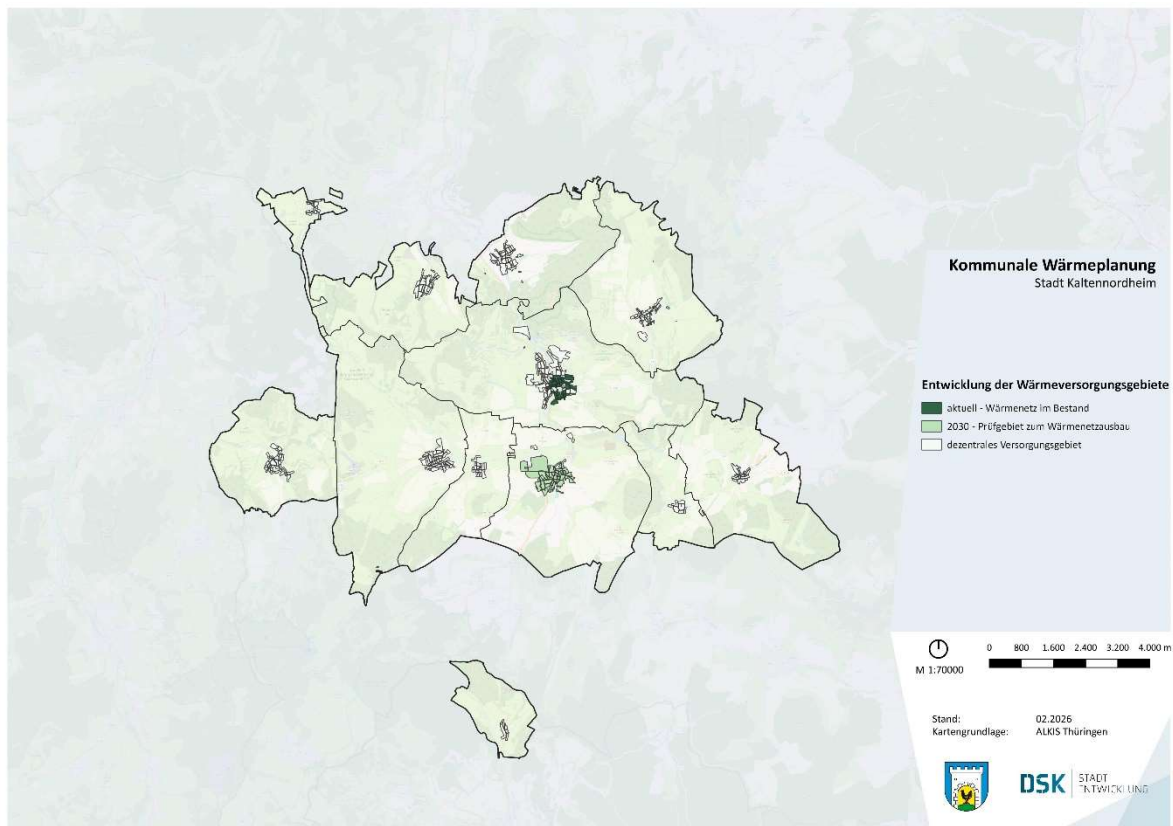


Abbildung 50: Entwicklung der Wärmeversorgungsgebiete nach Stützjahren

Neben dem bereits bestehenden Wärmenetz wird im Zielszenario der Ausbau eines Wärmenetzes im Jahr 2030 im Prüfgebiet Kaltensundheim angenommen. Die restlichen Versorgungsgebiete sind ausschließlich durch dezentrale Versorgung geprägt.

Abbildung 51 zeigt die Entwicklung der notwendigen Wärmemengen nach Energieträgern in Kaltennordheim, ausgehend vom Ist-Zustand 2025 bis in das Zieljahr 2045. Die Bilanzierung bildet hierbei die benötigten Wärmemengen unabhängig von den jeweiligen Anlagenwirkungsgraden ab, weshalb die Werte den real bereitzustellenden thermischen Energiebedarf und nicht den reinen Endenergiebezug der Systeme widerspiegeln. Insgesamt ist

im Zeitverlauf ein deutlich sinkender Wärmebedarf erkennbar, während sich der Energieträgermix gleichzeitig weg vom fossilen Heizöl hin zu erneuerbaren und leitungsgebundenen Versorgungsoptionen entwickelt.

Die schrittweise Substitution des lokal stark genutzten Heizöls durch erneuerbare Alternativen wird ab 2030 deutlich sichtbar: Während der Anteil an Heizöl stark abnimmt und nur noch untergeordnet durch biogene Alternativen vertreten ist, dominiert der Anteil strombasierter Wärmeversorgungsmöglichkeiten und die Wärmeversorgung durch Biomasse. Fernwärme trägt ergänzend zur Versorgung bei. Ab 2045 wird die lokale Wärmebereitstellung durch Fernwärme, Wärmepumpen und Holz geprägt.

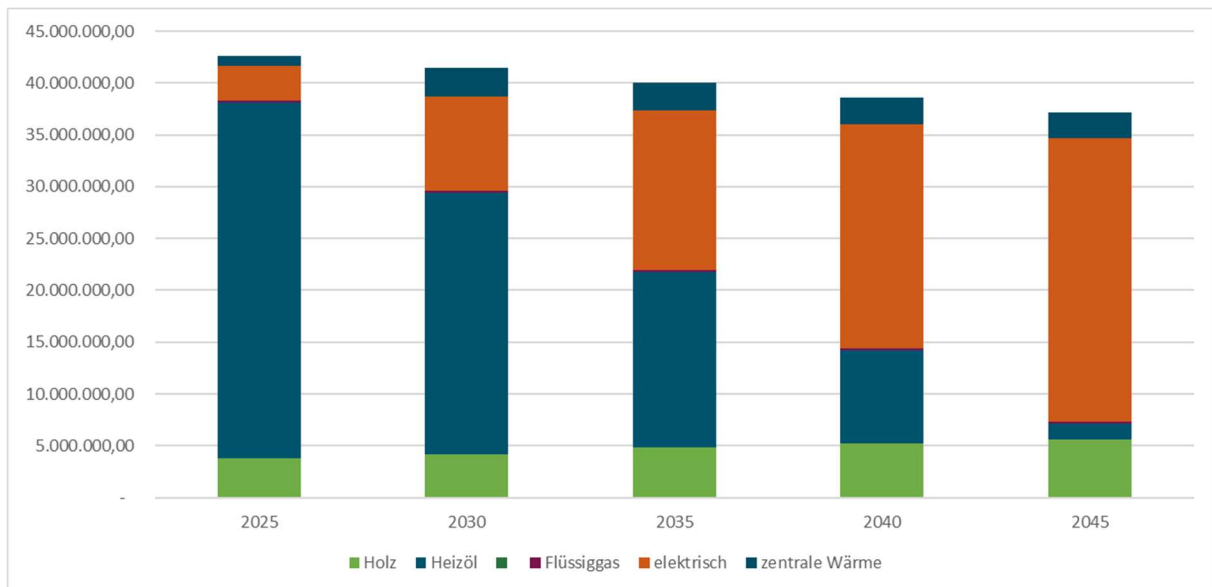


Abbildung 51: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach vorgesehener Energieträger in kWh

Hervorzuheben ist der dominierende, sehr große Anteil des Wärmestroms am zukünftigen Mix. Dies muss jedoch zwingend im Kontext der anwendungsspezifischen Effizienz betrachtet werden: Da hier die reine Wärmemenge abgebildet wird, reduziert sich die tatsächlich benötigte, effektive Endenergie des Stroms im realen Betrieb massiv. Durch den Einsatz von Wärmepumpen wird aus einer eingesetzten Einheit Strom unter Nutzung der kostenlosen Umweltwärme das Drei- bis Vierfache an thermischer Energie generiert, was einer Jahresarbeitszahl von ca. 3,5 bis 4 entspricht. Im starken Gegensatz dazu stehen brennstoffbasierte Systeme wie die Holzfeuerung, welche die im Energieträger gebundene Energie mit einem klassischen Anlagenwirkungsgrad von etwa 0,8 bis 0,9 nahezu eins zu eins in Wärme umwandeln. Die strombasierte Versorgung ist somit um ein Vielfaches effizienter, was den realen Endenergiebezug des Stromnetzes im Vergleich zur hier dargestellten reinen Wärmemenge drastisch relativiert.

Nachfolgend erfolgt die Darstellung des gewählten Zielszenarios nach Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme für die Stützjahre von 2025 bis 2045. Dieser Entwicklung kann definitiv entnommen werden, dass die Einsparungen durch die gebäudeseitigen Sanierungen größtenteils und spürbar am Anteil der Raumwärme wirksam werden. Dies ist fachlich vollkommen konsistent, da eine energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle primär den Transmissionswärmeverlust reduziert und sich folglich direkt auf den Raumwärmebedarf auswirkt. Der

Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung bleibt von diesen baulichen Maßnahmen hingegen nahezu unberührt und verhält sich über den gesamten Zeitraum weitgehend konstant. Ergänzend wurden im Modell geringe Annahmen zur verfahrenstechnischen Optimierung bei den Produktionsprozessen getroffen, woraus resultierend auch bei der industriellen und gewerblichen Prozesswärme eine leichte, kontinuierliche Reduzierung der notwendigen Wärmemengen verzeichnet wird.

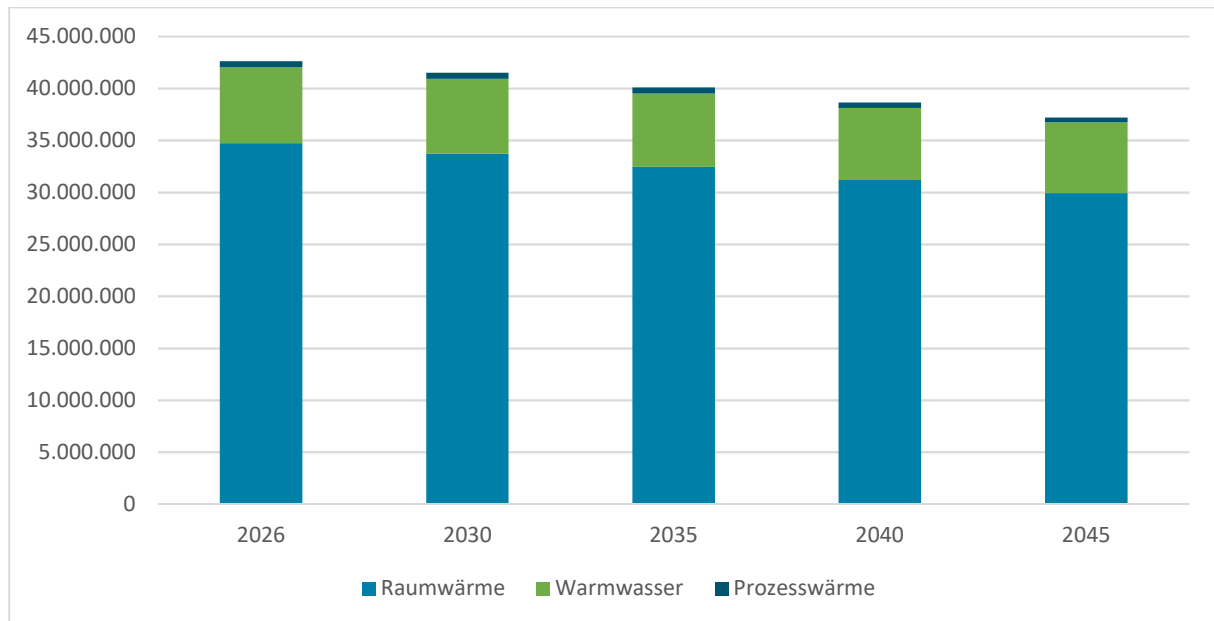


Abbildung 52: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Anwendungsbereiche in kWh

Ergänzend zu den Nutzungsarten erfolgt nachfolgend die sektorale Aufschlüsselung des Zielszenarios, differenziert nach den Bereichen Wohnen, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) sowie den Liegenschaften der Kommune für die Jahre 2025 bis 2045. Der Darstellung ist zu entnehmen, dass der Sektor der privaten Wohngebäude über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg die absolut dominierende Säule des Wärmebedarfs im Stadtgebiet darstellt. Aufgrund dieses hohen Ausgangsanteils werden hier durch die schrittweise Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen auch die größten absoluten Einsparpotenziale realisiert, was den Wohnungsbau zum primären Hebel der lokalen Wärmewende macht.

Der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen zeigt hingegen einen stabileren Verlauf mit moderaten, primär prozessualen Effizienzgewinnen. Die kommunalen Liegenschaften nehmen zwar rein quantitativ den kleinsten Anteil am Gesamtvolumen ein, erfüllen jedoch – wie bereits im Rahmen der Bilanzierung des Ist-Zustandes dargelegt – durch die direkte Beeinflussbarkeit und die Umsetzung von Pilotprojekten eine entscheidende strategische Vorbildrolle. Auch wenn diese Liegenschaften funktional teilweise Charakteristika von Büro- oder Wohngebäuden aufweisen, wird die im vorherigen Kapitel begründete, gesonderte sektorale Darstellung im Zielszenario folgerichtig fortgeführt, um die kommunalen Handlungspfade trennscharf abzubilden.

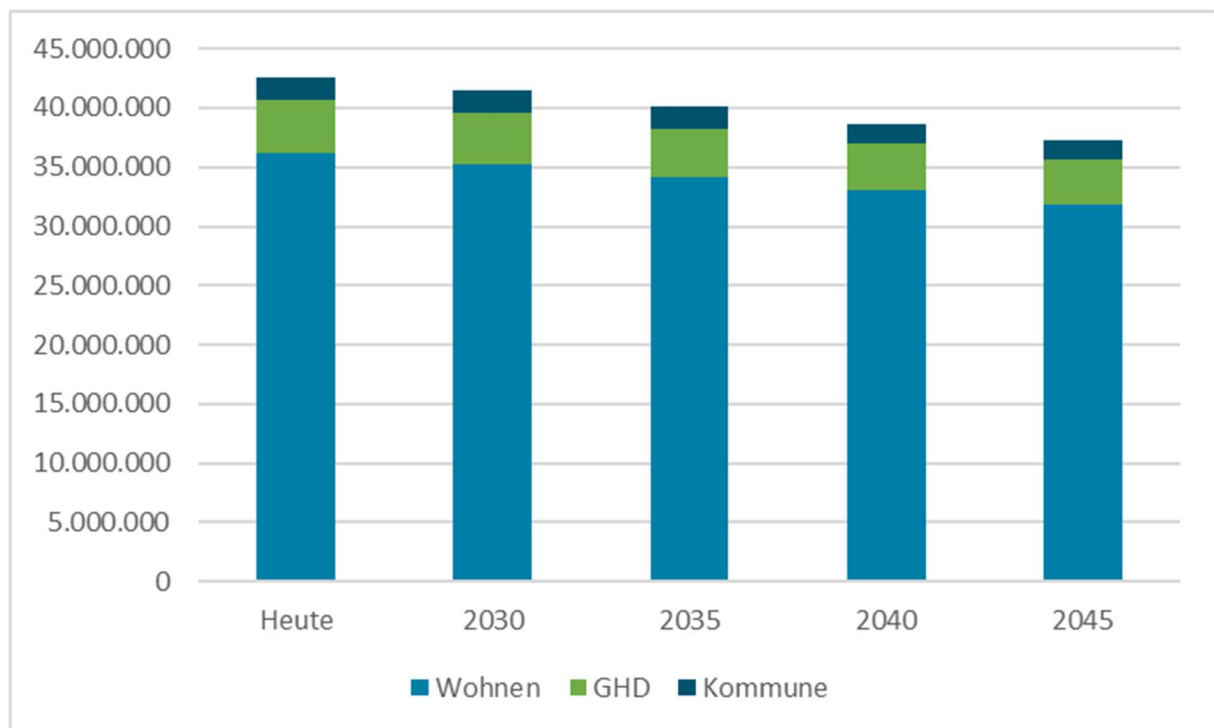


Abbildung 53: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Sektoren in kWh

Entwicklung der zukünftigen Treibhausgasemissionen im Zielszenario

Die prognostizierte Entwicklung der treibhausgasrelevanten Emissionen im Stadtgebiet bis zum Zieljahr 2045 spiegelt die Trends der Transformation im Wärmesektor wider. Durch die kontinuierliche Substitution fossiler Energieträger zugunsten erneuerbarer Systeme sinken die Gesamtemissionen von anfänglich 12.075,24 t CO_{2eq} im Jahr 2025 kontinuierlich auf 2.567,65 t CO_{2eq} im Jahr 2045. Abbildung 54 stellt die Entwicklung der Emissionen abhängig der zu verursachenden emittierenden Energieträger dar.

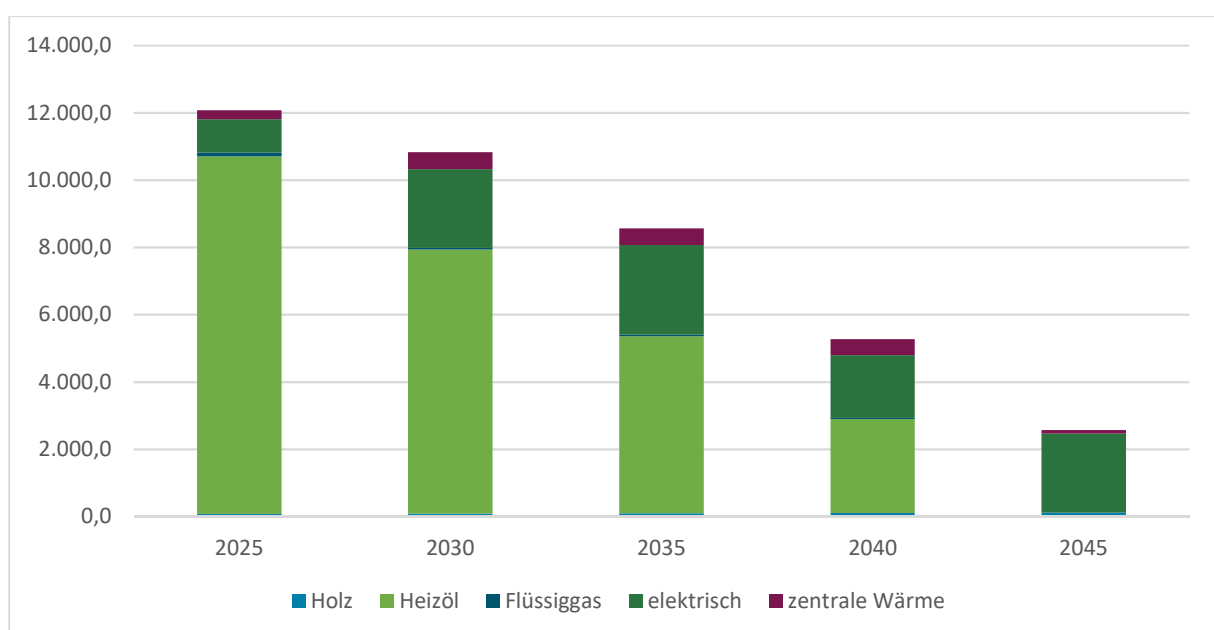


Abbildung 54: Entwicklung der Emissionen nach verursachender Energieträger in t CO_{2eq}

Der wesentliche Treiber der Emissionsminderung bis zu den Stützjahren 2035 ist die schrittweise Reduzierung von fossilem Heizöl, welches im Jahr 2025 mit 10.627,5 t CO_{2eq} noch den weitaus größten Anteil der Emissionen ausmacht. Bis zum Jahr 2035 halbiert sich dieser Wert nahezu auf 5.255,5 t CO_{2eq}. Im Jahr 2045 spielt fossiles Heizöl keine Rolle mehr; die verbleibenden Bedarfe werden durch biogene Alternativen ersetzt, welche bilanziell keine Treibhausgase emittieren. Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich beim Flüssiggas, dessen Verbrauch ebenfalls kontinuierlich abnimmt. Im Zieljahr 2045 besteht lediglich noch ein kleiner Restanteil, welcher jedoch ebenfalls vollständig durch biogene Alternativen substituiert wurde und somit keine Emissionen mehr erzeugt.

Im Bereich der strombasierten, dezentralen Systeme zeigt sich im Verlauf der Stützjahre eine dynamische Entwicklung, die eine Sonderrolle im Gesamtszenario einnimmt. Durch den massiven und kontinuierlichen Zubau von elektrischen Wärmepumpen zur Substitution der fossilen Energieträger steigt der Strombedarf im Stadtgebiet folgerichtig an. Die damit verbundenen Emissionen verzeichnen parallel zum Anlagenhochlauf zunächst einen Zuwachs von 990,4 t CO_{2eq} (2025) auf einen Peak von 2.660,6 t CO_{2eq} im Jahr 2035. Bis zum Zieljahr 2045 stabilisiert sich dieser Pfad bei einem Endwert von 2.354,9 t CO_{2eq}, da hier die verbleibenden fossilen Bedarfe final elektrifiziert sind. Für die Zukunft verbleibt hier jedoch ein erhebliches Minderungs- und Dekarbonisierungspotenzial, da sich die spezifischen Emissionsfaktoren des deutschen Strommixes durch den fortschreitenden Ausbau der erneuerbaren Energien im Netz weiter kontinuierlich reduzieren werden.

Die zentrale Wärmeversorgung verzeichnet im Zuge des potenziellen Netzausbaus und der Erschließung neuer Abnehmerbereiche zunächst einen planmäßigen, moderaten Anstieg der Emissionen in den mittleren Stützjahren. Durch die schrittweise Einbindung lokaler und regenerativer Erzeugungspotenziale stabilisiert sich dieser Pfad jedoch frühzeitig. Bis zum Zieljahr 2045 sinken die netzgebundenen Emissionen schließlich auf einen minimalen Restwert von 101,1 t CO_{2eq} ab, was die erfolgreiche und tiefgreifende Dekarbonisierung der zentralen Wärmeversorgung im Stadtgebiet verdeutlicht. Die Emissionen aus der biogenen Holzverbrennung verbleiben über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg auf einem nahezu konstanten und sehr niedrigen Niveau (von 76,6 t CO_{2eq} im Jahr 2025 auf 111,6 t CO_{2eq} im Jahr 2045), da hier von einer maßvollen und rein potenzialorientierten Nutzung ausgegangen wird.



Abbildung 55: Entwicklung der Emissionsanteile nach Sektoren

Die Aufteilung der THG-Emissionen nach Verbrauchergruppen Abbildung 56 zeigt über den gesamten Transformationszeitraum eine weitgehend stabile Verteilung. Die privaten Wohngebäude bilden mit konstant rund 85 % den mit Abstand größten Anteil am lokalen Emissionsprofil; hier sinkt der Ausstoß von 9.207,70 t CO_{2eq} im Jahr 2030 auf 2.195,85 t CO_{2eq} im Zieljahr 2045.

Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) zeichnet sich durch einen stabilen Anteil von etwa 10 % aus, was einem planmäßigen Rückgang von 1.127,14 t CO_{2eq} auf 259,85 t CO_{2eq} entspricht. Auf die kommunalen Liegenschaften entfällt kontinuierlich ein Anteil von gut 4 %, wodurch sich die Emissionen in diesem Bereich von 492,65 t CO_{2eq} im Jahr 2030 auf 111,95 t CO_{2eq} im Jahr 2045 verringern.

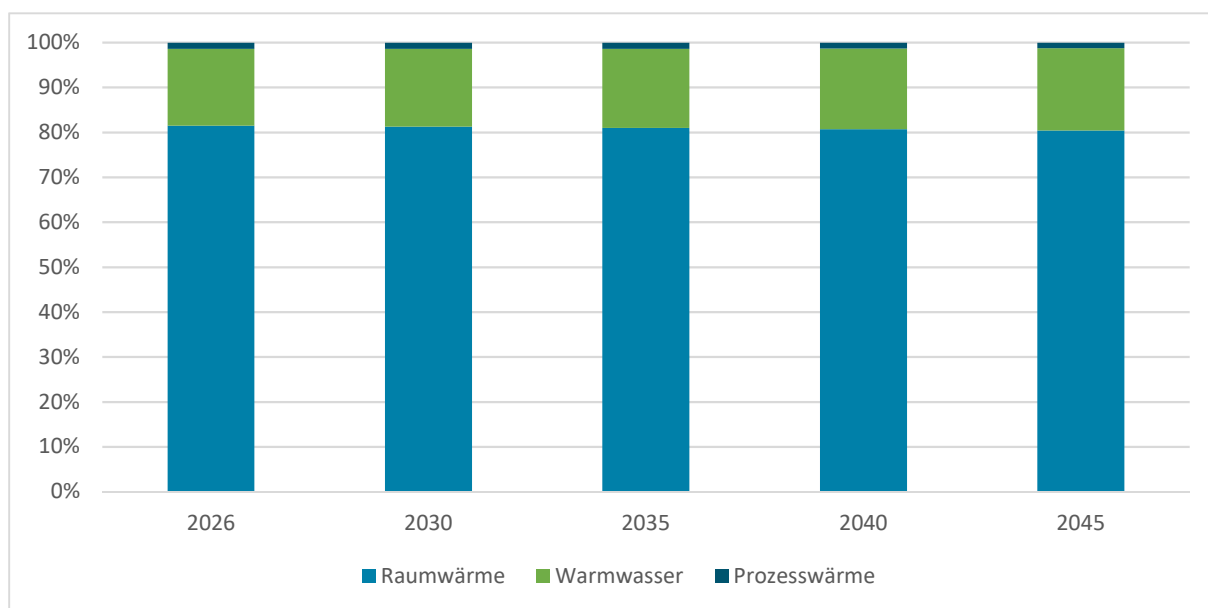


Abbildung 56: Entwicklung der Emissionsanteile nach Anwendungsbereichen

Die Differenzierung der THG-Emissionen nach Anwendungsbereichen spiegelt die energetischen Bedarfsstrukturen des Stadtgebietes wider. Mit einem konstanten Anteil von über 80 % bildet die Raumwärmebereitstellung

den mit Abstand größten Posten; die Emissionen sinken in diesem Bereich von 8.798,42 t CO_{2eq} im Jahr 2030 auf 2.061,05 t CO_{2eq} im Zieljahr 2045.

Auf den Warmwasserbedarf entfällt über den gesamten Transformationszeitraum ein stabiler Anteil von rund 17 % bis 18 %, was einem planmäßigen Rückgang von 1.875,32 t CO_{2eq} auf 468,86 t CO_{2eq} entspricht. Die Prozesswärme nimmt mit durchgehend unter 1,5 % eine planerisch untergeordnete Rolle ein und verringert sich von 153,75 t CO_{2eq} im Jahr 2030 auf 32,61 t CO_{2eq} im Jahr 2045.

5. Fokusgebiete

Im Rahmen der NKI-Förderung (Nationale Klimaschutzinitiative) sollen im Zuge der kommunalen Wärmeplanung in Kaltennordheim Fokusgebiete räumlich und fachlich vertieft untersucht werden. Ziel dieser Untersuchungen ist es, gezielte Lösungsansätze und Richtwerte für verschiedene Wärmeversorgungsstrategien zu erarbeiten. Die Fokusgebiete werden so ausgewählt, dass zentrale Herausforderungen und Potentiale in unterschiedlichen Siedlungs- und Nutzungsstrukturen im Stadtgebiet Kaltennordheims (inklusive Ortsteilen) abgebildet werden und daraus tragfähige, zukunftsfähige Ansätze abgeleitet werden können.

Auf Grundlage der bisherigen Ergebnisse sowie der Gespräche im Projektverlauf werden die nachfolgend aufgeführten Fokusgebiete festgelegt. Diese Gebiete zeichnen sich durch einen erhöhten Bedarf an detaillierter Untersuchung aus.

So sollen folgende Fokusgebiete (FG) näher untersucht werden:

Fokusgebiet Kaltensundheim

Fokusgebiet Kaltennordheim

Die Auswahl dieser Fokusgebiete dient dazu, durch die Erhebung relevanter Daten und die strukturierte Diskussion von Lösungsansätzen gezielt belastbare Informationen zu gewinnen, die als Grundlage für die zukünftige Wärmeversorgung dienen. Die Themenblöcke sind so gewählt, dass sie die wesentlichen Aspekte der Versorgungsoptionen, Wirtschaftlichkeit und Sanierung in unterschiedlichen Teilräumen abdecken und im idealen Fall übertragbare Ergebnisse für weitere Gebiete im Stadtgebiet liefern.

Im Folgenden werden die ausgewählten Fokusgebiete chronologisch analysiert und die zugrundeliegenden Themenblöcke näher beleuchtet.

5.1. Fokusgebiet Kaltensundheim

Wirtschaftlichkeit bei der Neuverlegung eines Wärmenetzes

Für das Fokusgebiet Kaltensundheim liegt bereits ein energetisches Quartierskonzept vor, in dem Potentiale einer zentralen Wärmeversorgung untersucht wurden. Die darin enthaltenen Vorüberlegungen werden im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung aufgegriffen und weiter vertieft. Im Fokus steht zunächst die fachliche Einordnung der vorhandenen Wärmebedarfe, der Siedlungsstruktur, der bestehenden Infrastruktur sowie möglicher lokaler Wärme- und Brennstoffquellen.

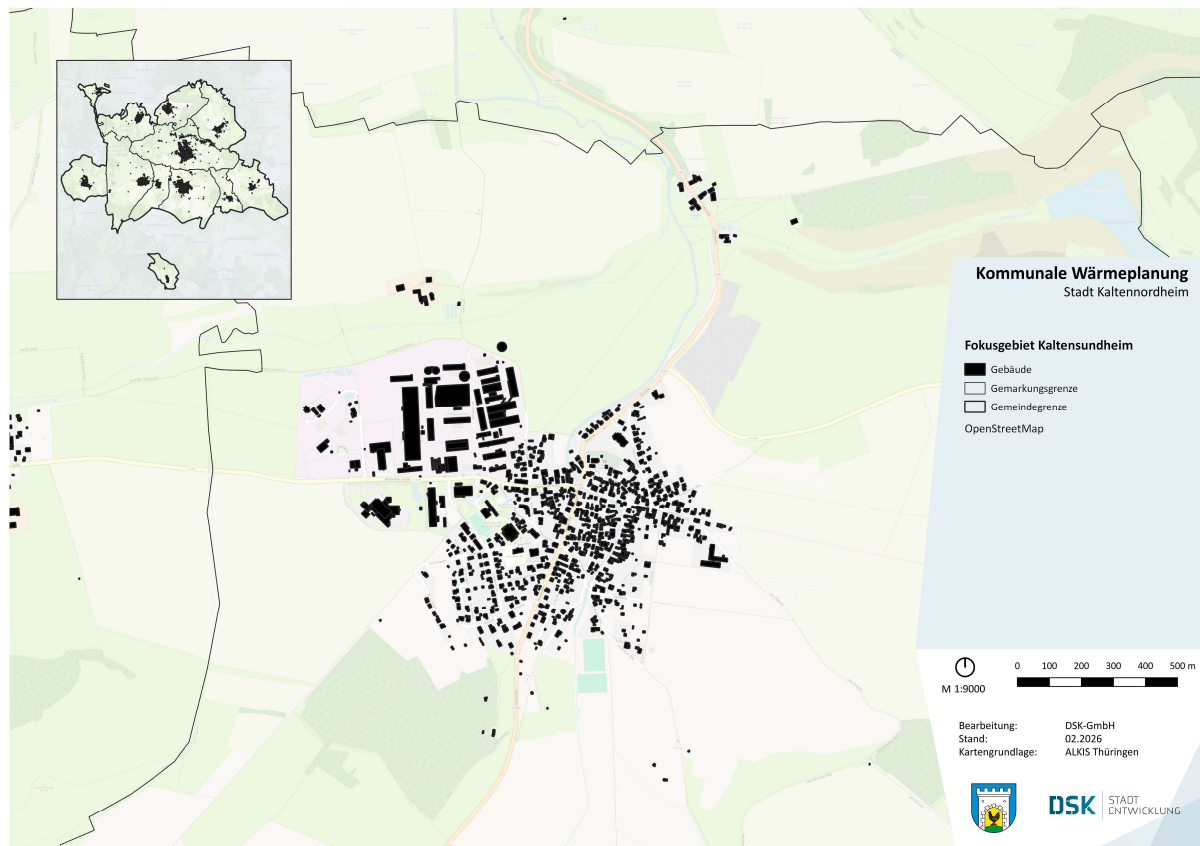


Abbildung 57: Übersicht Fokusgebiet Kaltensundheim mit Gebäudebestand

Die Übersicht des Fokusgebiets zeigt eine kompakte Ortslage mit einer Mischung aus Wohngebäuden, kommunalen Liegenschaften und gewerblich geprägten Strukturen. Die bisherigen Untersuchungen weisen insbesondere im zentralen Bereich auf erhöhte Wärmebedarfe hin. Dies betrifft unter anderem kommunale Liegenschaften sowie angrenzende Bestandsgebäude. Durch die räumliche Nähe mehrerer größerer Wärmeabnehmer kann grundsätzlich eine günstige Ausgangslage für die Prüfung eines Wärmenetzes entstehen.

Eine besondere Rolle spielt der bereits vorhandene Wärmekanal im Bereich der Landschaftspflege-Agrarhöfe Kaltensundheim. Dieser wird bereits zur Versorgung einzelner Gebäude genutzt und kann daher einen wichtigen Ansatzpunkt für weitergehende Untersuchungen darstellen. Für eine mögliche Einbindung in ein künftiges Wärmenetz sind jedoch zunächst der bauliche Zustand, die Durchgängigkeit, die Wärmeverluste sowie die technische Leistungsfähigkeit zu prüfen.

Neben der bestehenden Infrastruktur sind auch lokale Wärme- und Brennstoffpotentiale von Bedeutung. In den bisherigen Vorüberlegungen wurden insbesondere die Landschaftspflege-Agrarhöfe Kaltensundheim sowie das

E&J Säge- und Palettenwerk als relevante Akteure benannt. Beide können für eine mögliche Versorgung auf Basis von Biomasse beziehungsweise Holzhackschnitzeln eine Rolle spielen. Hierzu sind im weiteren Verfahren die tatsächlich verfügbaren Wärmemengen, die zeitliche Verfügbarkeit, mögliche Lieferbeziehungen und die Anforderungen an ein geeignetes Betreibermodell zu klären.

Die vorliegenden Informationen zeigen, dass im Fokusgebiet mehrere fachliche Anknüpfungspunkte für eine netzbasierte Wärmeversorgung bestehen. Eine abschließende Bewertung ist damit jedoch noch nicht verbunden. Die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dient daher dazu, die grundsätzliche Eignung unter Berücksichtigung von Trassenlänge, Wärmeabsatz, Anschlussquote, Erzeugungsstruktur und Investitionskosten näher einzuordnen.



Abbildung 58: Wärmelinendichte Kaltensundheim

Die Auswertung der Wärmelinendichte dient als Grundlage für die erste räumliche Einordnung des Fokusgebiets. Sie zeigt, in welchen Straßenabschnitten ein erhöhter Wärmebedarf bezogen auf die mögliche Leitungslänge besteht. Im dargestellten 100%-Anschlussfall werden mehrere Abschnitte mit mittleren bis höheren Wärmelinendichten sichtbar. Besonders zentrale Straßenbereiche weisen abschnittsweise Werte auf, die eine vertiefende Prüfung eines Wärmenetzes rechtfertigen. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass die Annahme einer vollständigen Anschlussquote ein theoretisches Maximalszenario darstellt und in der Praxis in der Regel nicht vollständig erreicht wird.

Auf Grundlage der Wärmelinendichten, der vorhandenen Gebäudestruktur und der bisherigen Vorüberlegungen wurde ein möglicher Netzverlauf für das Fokusgebiet entwickelt. Der Netzverlauf dient als hypothetische Pla-

nungsgrundlage und stellt noch keine konkrete Umsetzungsplanung dar. Vielmehr soll er zeigen, welche Trassenführung technisch und räumlich grundsätzlich denkbar wäre und welche Gebäude in eine erste wirtschaftliche Betrachtung einbezogen werden könnten.

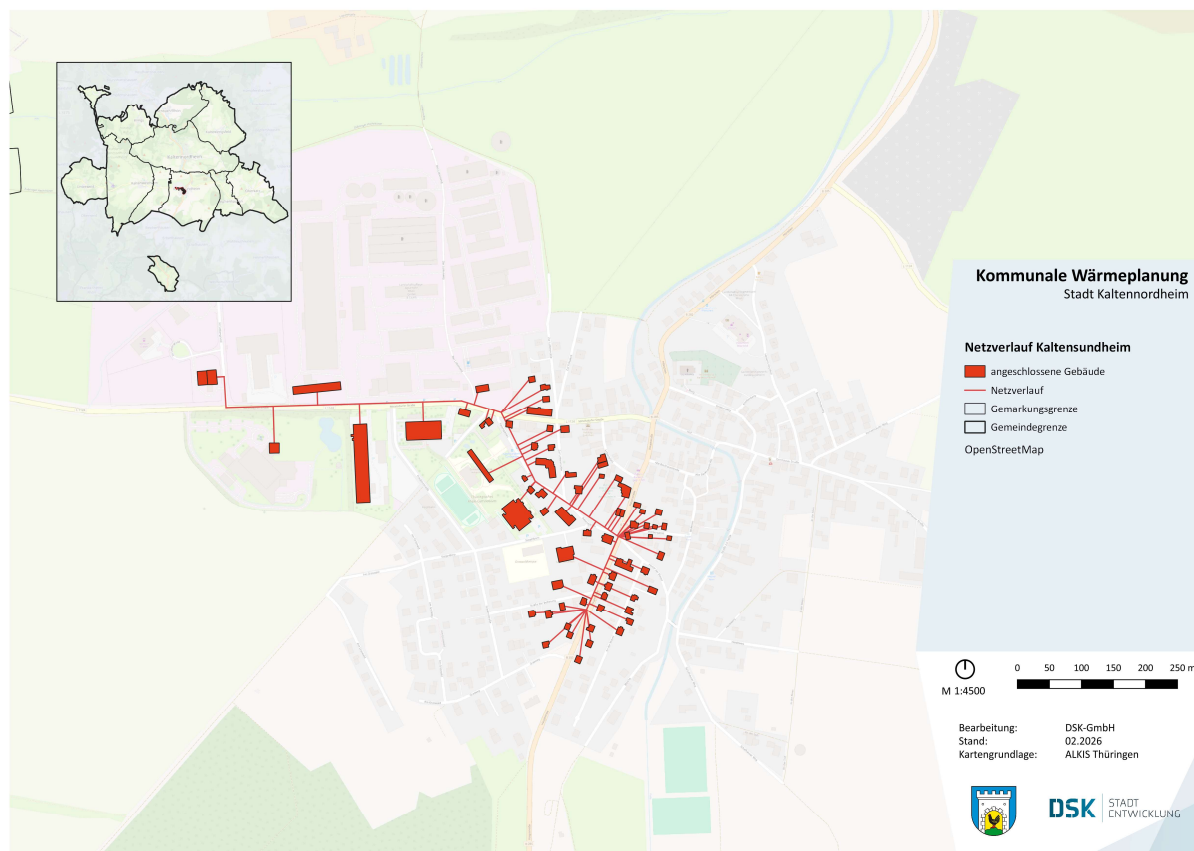


Abbildung 59: Netzverlauf Kaltensundheim, vereinfachte Darstellung

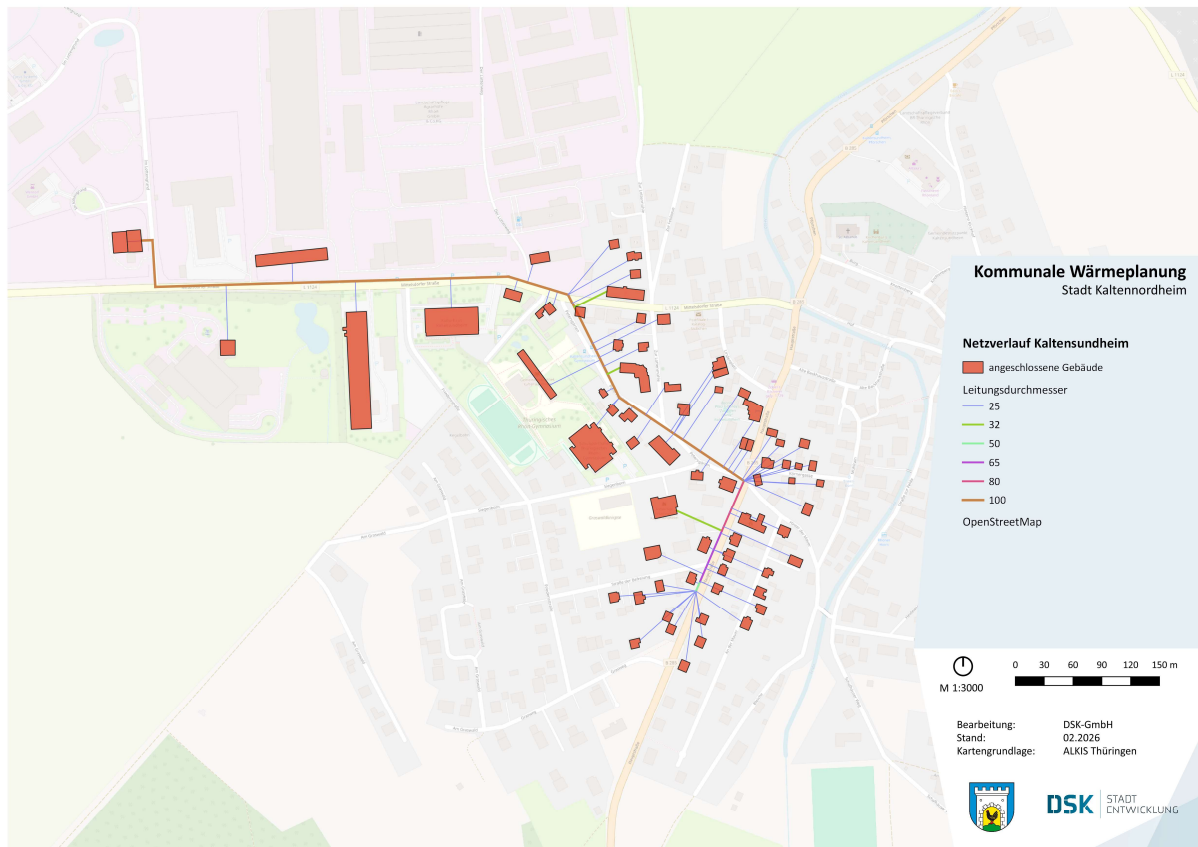


Abbildung 60: Netzverlauf Kaltensundheim mit angeschlossenen Gebäuden und Leitungsdurchmessern

Für die Berechnung wurde ein Szenario mit 100 % Anschlussquote betrachtet. Der Wärmebezug aus dem Netz beträgt in diesem Szenario rund 1.603 MWh pro Jahr. Unter Berücksichtigung von Netzverlusten von rund 590 MWh ergibt sich eine erforderliche Wärmeeinspeisung an der Heizzentrale von rund 2.443 MWh pro Jahr. Die angenommene Anschlussleistung liegt bei rund 1.401 kW, die Spitzenlast bei rund 854 kW. Die Hauptnetzlänge beträgt rund 2.900 m. Damit handelt es sich um ein vergleichsweise umfangreiches Netz, bei dem die Verteilkosten eine wesentliche Rolle für die Wirtschaftlichkeit einnehmen.

Tabelle 31: Grunddaten des hypothetischen Wärmenetzes

Kennwert	Wert
Anschlussquote	100 %
Wärmebezug aus Netz	1.603 MWh/a
Netzverlust	590 MWh/a
Wärmeeinspeisung an Heizzentrale	2.443 MWh/a
Anschlussleistung	1.401 kW
Spitzenlast	854 kW
Hauptnetzlänge	2.900 m

Für die Wärmeversorgung des Netzes wurden zwei Varianten betrachtet. Die erste Variante kombiniert Biomasse mit Wärmepumpen. Die zweite Variante setzt vollständig auf Biomasse. Beide Varianten gehen von einer zent-

ralen Wärmeerzeugung aus und berücksichtigen die erforderlichen Investitionen für Netz, Heizhaus, Erzeugungsanlagen sowie Planungskosten. Als Energieträger für die Biomassevariante werden Holzhackschnitzel angesetzt. Die Berechnung erfolgt über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren bei einem Zinssatz von 4 %. Zudem wird eine Förderung von 40 % berücksichtigt.

Tabelle 32: Veränderbare Parameter und zentrale Annahmen

Parameter	
Zinssatz	4 %
Laufzeit	20 Jahre
Strompreis	0,24 €/kWh
Biogas	0,120 €/kWh
Hackschnitzel, Wassergehalt 20 %, Preis	136 €/t
Hackschnitzel, Wassergehalt 20 %, Energiegehalt	3,83 kWh/kg
Hackschnitzel, Wassergehalt 35 %, Preis	97,17 €/t
Hackschnitzel, Wassergehalt 35 %, Energiegehalt	2,98 kWh/kg
Stromeinspeisung PV	0,050 €/kWh

Die Investitionskosten werden maßgeblich durch die Netzverlegung bestimmt. Für das Hauptnetz werden rund 6,48 Mio. € angesetzt. Hinzu kommen Kosten für das Heizhaus sowie die Erzeugungsanlagen. In der Variante Biomasse und Wärmepumpe betragen die Investitionskosten rund 7,85 Mio. €, in der reinen Biomassevariante rund 7,77 Mio. €. Einschließlich Planungskosten ergeben sich Gesamtinvestitionen von rund 8,64 Mio. € beziehungsweise rund 8,55 Mio. €. Nach Berücksichtigung der Förderung verbleibt ein Finanzierungsbedarf von rund 5,51 Mio. € in der Variante Biomasse und Wärmepumpe sowie rund 5,46 Mio. € in der Biomassevariante.

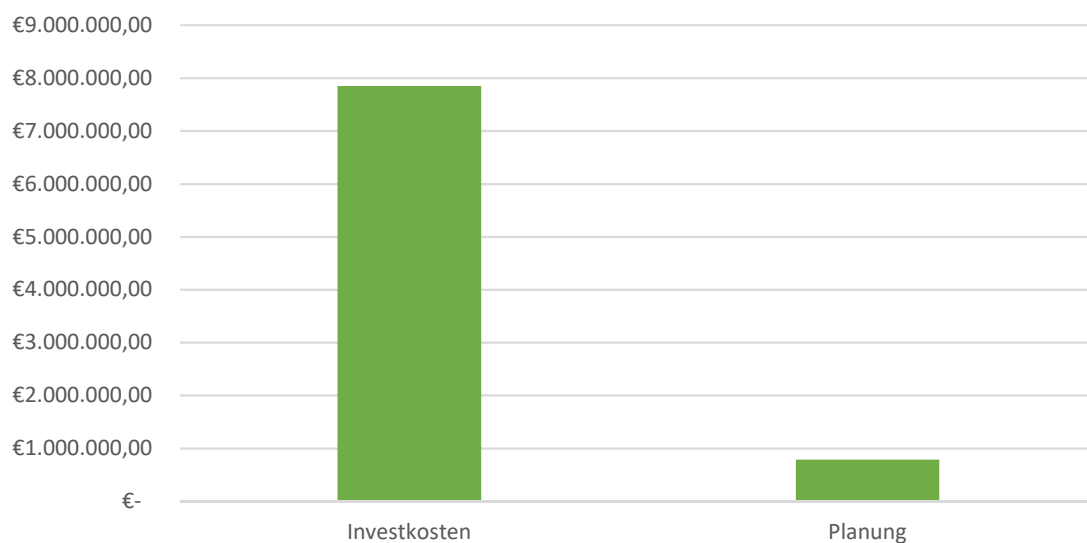


Abbildung 61: Investitionskosten und Planungskosten der beiden Varianten

Tabelle 33: Investitions- und Finanzierungsbedarf

Kennwert	Biomasse + Wärmepumpe
Investition Netz	6.482.988 €
Investition Heizhaus	664.470 €
Investition Erzeugungsanlagen	704.522 €
Investitionskosten gesamt	7.851.980 €
Planungskosten	785.198 €
Gesamtinvestition	8.637.178 €
Förderung	40 %
Förderbetrag	3.126.671 €
Finanzierungsbedarf	5.510.507 €
Annuität / Kapitalkosten	405.473 €

Die Gegenüberstellung zeigt, dass sich die beiden Versorgungsvarianten hinsichtlich der Gesamtinvestitionen nur geringfügig unterscheiden. Die Biomassevariante weist in der vorliegenden Berechnung etwas geringere Investitions- und Kapitalkosten auf. Der Unterschied fällt jedoch im Verhältnis zur Gesamtinvestition gering aus. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit ist daher weniger die Differenz zwischen den beiden Erzeugungsvarianten, sondern vor allem die Höhe der Netzkosten und die Frage, ob ein ausreichend hoher Wärmeabsatz entlang der Trasse gesichert werden kann.

Die jährlichen Kosten setzen sich aus kapitalgebundenen, betriebsgebundenen und verbrauchsgebundenen Kosten zusammen. Die kapitalgebundenen Kosten bilden dabei den größten Kostenblock. Dies ist insbesondere auf die hohen Investitionen in das Wärmenetz zurückzuführen. Die betriebsgebundenen Kosten liegen in beiden Varianten in einer vergleichbaren Größenordnung. Die verbrauchsgebundenen Kosten hängen vor allem von den angesetzten Brennstoff- und Strompreisen sowie dem jeweiligen Anteil von Biomasse und Wärmepumpe an der Wärmeerzeugung ab.

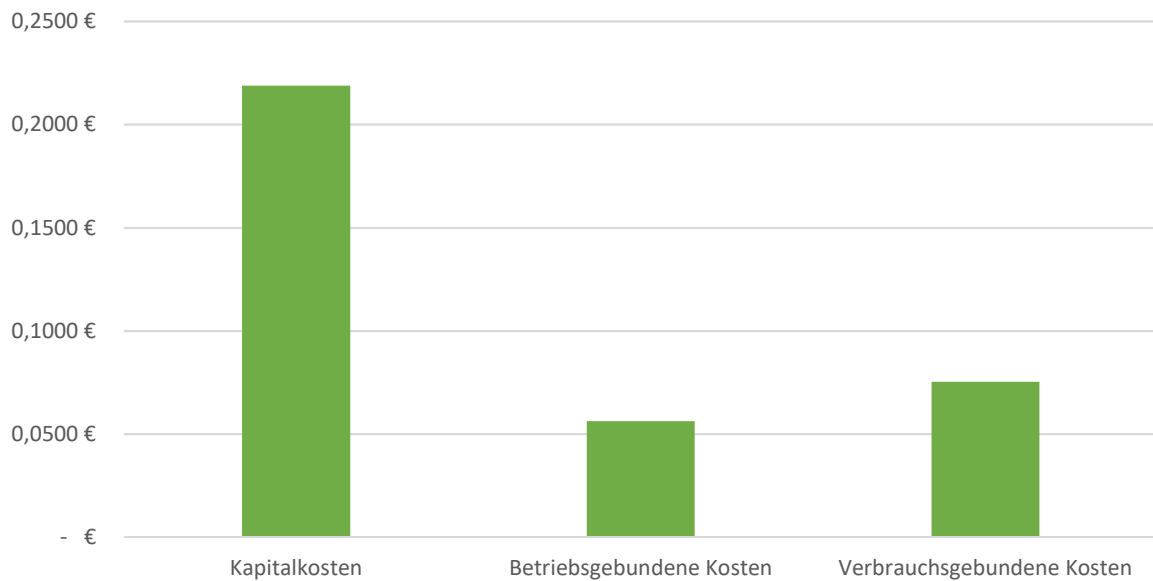


Abbildung 62: Aufschlüsselung der Wärmegestehungskosten nach Kapital-, Betriebs- und Verbrauchskosten

Tabelle 34: Jährliche Kosten der Versorgungsvarianten

Kennwert	Biomasse + Wärmepumpe
Kapitalkosten	405.473 €
Betriebskosten	54.320 €
Verbrauchsdaten	116.036 €
Jährliche Kosten ohne Rendite und Umsatzsteuer	575.829 €

Tabelle 35: Wärmegestehungskosten der Versorgungsvarianten

Kostenbestandteil	Biomasse + Wärmepumpe
Kapitalgebundene Kosten	0,2188 € / kWh
Betriebsgebundene Kosten	0,0563 € / kWh
Verbrauchsgebundene Kosten	0,0753 € / kWh
Wärmegestehungskosten netto	0,3504 € / kWh
Rendite	0,0245 € / kWh
Brutto, einschließlich Rendite und Umsatzsteuer	0,4462 € / kWh

Die berechneten Wärmegestehungskosten liegen in beiden Varianten bei rund 0,31 €/kWh netto. Unter Berücksichtigung von Rendite und Umsatzsteuer ergeben sich Bruttowerte von rund 0,39 bis 0,40 €/kWh. Damit zeigt sich, dass ein Wärmenetz im Fokusgebiet unter den angesetzten Rahmenbedingungen grundsätzlich mit vergleichsweise hohen Wärmegestehungskosten verbunden ist. Ursache hierfür sind vor allem die hohen kapitalgebundenen Kosten der Netzinfrastruktur. Die reine Biomassevariante weist in der Berechnung leicht geringere Kosten auf als die Variante Biomasse und Wärmepumpe. Der Unterschied ist jedoch gering und sollte nicht isoliert bewertet werden.

Für die Einordnung der Ergebnisse wurden die Wärmegestehungskosten des Wärmenetzes zusätzlich mit typischen dezentralen Versorgungslösungen verglichen. Dabei zeigt sich, dass alle dezentrale Lösungen je nach Förderkulisse, Finanzierung und energetischem Zustand des Gebäudes geringere spezifische Kosten erreichen können. Gleichzeitig hängen dezentrale Lösungen stark von den gebäudeseitigen Voraussetzungen ab. Insbesondere bei unsanierten Gebäuden, hohen Vorlauftemperaturen oder begrenzten Aufstellflächen können die Investitionskosten und die technische Umsetzbarkeit deutlich ungünstiger ausfallen.

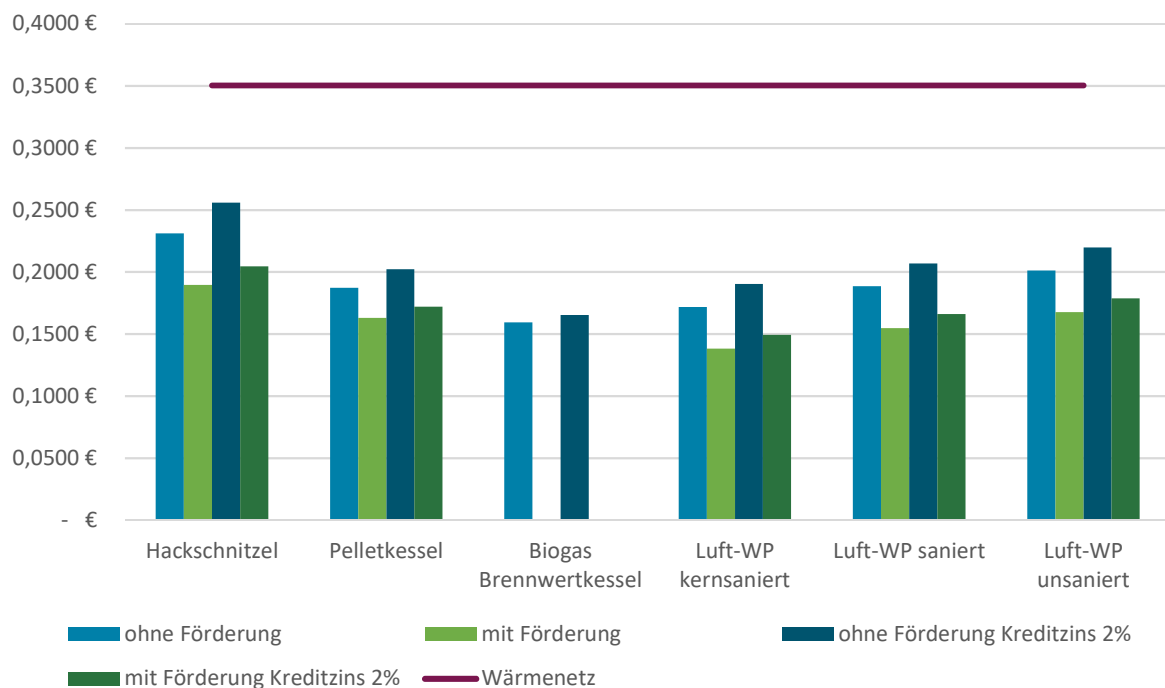


Abbildung 63: Vergleich dezentrale Wärmeerzeuger und Wärmenetz

Der Vergleich verdeutlicht, dass die Neuverlegung eines Wärmenetzes im Fokusgebiet nicht allein über die berechneten Wärmegestehungskosten bewertet werden sollte. Neben der Wirtschaftlichkeit sind auch Versorgungssicherheit, regionale Wertschöpfung, Verfügbarkeit lokaler Biomasse, Betreiberstruktur, Akzeptanz und die Möglichkeit einer gemeinschaftlichen Umsetzung zu berücksichtigen. Besonders relevant ist zudem, ob lokale Akteure dauerhaft Wärme oder Brennstoff bereitstellen können und ob kommunale Liegenschaften sowie größere Wärmeabnehmer als Ankerkunden gesichert werden können. Insgesamt zeigt die Betrachtung, dass im Fokusgebiet keine fachlichen Anknüpfungspunkte für eine netzbasierte Wärmeversorgung bestehen. Die Wärmeli-niendichten und die vorhandenen größeren Wärmeabnehmer sprechen grundsätzlich für eine vertiefende Prüfung. Gleichzeitig zeigen die Berechnungen, dass die Wirtschaftlichkeit stark durch die hohen Netzinvestitionen geprägt wird. Eine Umsetzung erscheint daher nur dann weiter prüfenswert, wenn ein hoher Anschlussgrad, verlässliche Ankerkunden, ein tragfähiges Betreibermodell und möglichst kosteneffiziente Trassenführungen erreicht werden können.

Für das Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung sollte das Fokusgebiet daher nicht als unmittelbar gesichertes Wärmenetzgebiet, sondern als Prüfgebiet mit möglicher Eignung für eine netzbasierte Wärmeversorgung

eingeorordnet werden. Eine weiterführende Machbarkeitsstudie sollte insbesondere die tatsächliche Anschlussbereitschaft, die technische Trassenführung, die Einbindung lokaler Biomassepotentiale, mögliche Förderprogramme sowie unterschiedliche Betreiber- und Finanzierungsmodelle untersuchen.

5.2. Fokusgebiet Kaltennordheim

Personengruppenspezifische Einordnung von Sanierungspotentialen

Das Fokusgebiet Kaltennordheim wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ergänzend zur technischen Bestands- und Potenzialanalyse auch sozialräumlich betrachtet. Hintergrund ist, dass energetische Sanierungen nicht allein vom baulichen Zustand eines Gebäudes abhängen. Auch die finanzielle Ausgangslage, die Lebenssituation, die zeitliche Verfügbarkeit, das Informationsniveau und die Bereitschaft zur Umsetzung beeinflussen, ob Sanierungsmaßnahmen tatsächlich angestoßen werden.

Die nachfolgende Betrachtung dient daher nicht der gebäudescharfen Bewertung einzelner Eigentümer oder Haushalte. Vielmehr wird auf Grundlage statistischer Daten aufgezeigt, welche Personengruppen im Fokusgebiet vertreten sind und welche Rückschlüsse sich daraus für eine spätere Sanierungsansprache, Beratung und Unterstützung ableiten lassen. Die Analyse ergänzt damit die technischen Grundlagen wie Baualtersklassen, Wärmebedarf, Heizsysteme und energetische Ausgangslage um eine umsetzungsorientierte Perspektive.

Zur ersten Einordnung wurden die im Zensus 2022 verfügbaren Personengruppen auf 100-m-Rasterebene ausgewertet. Unterschieden wird zwischen Familien, Seniorenhaushalten, DINKs, Single-Haushalten und Alleinerziehenden. Die räumliche Darstellung zeigt für jede Rasterzelle die anteilige Zusammensetzung dieser Gruppen. Dadurch wird

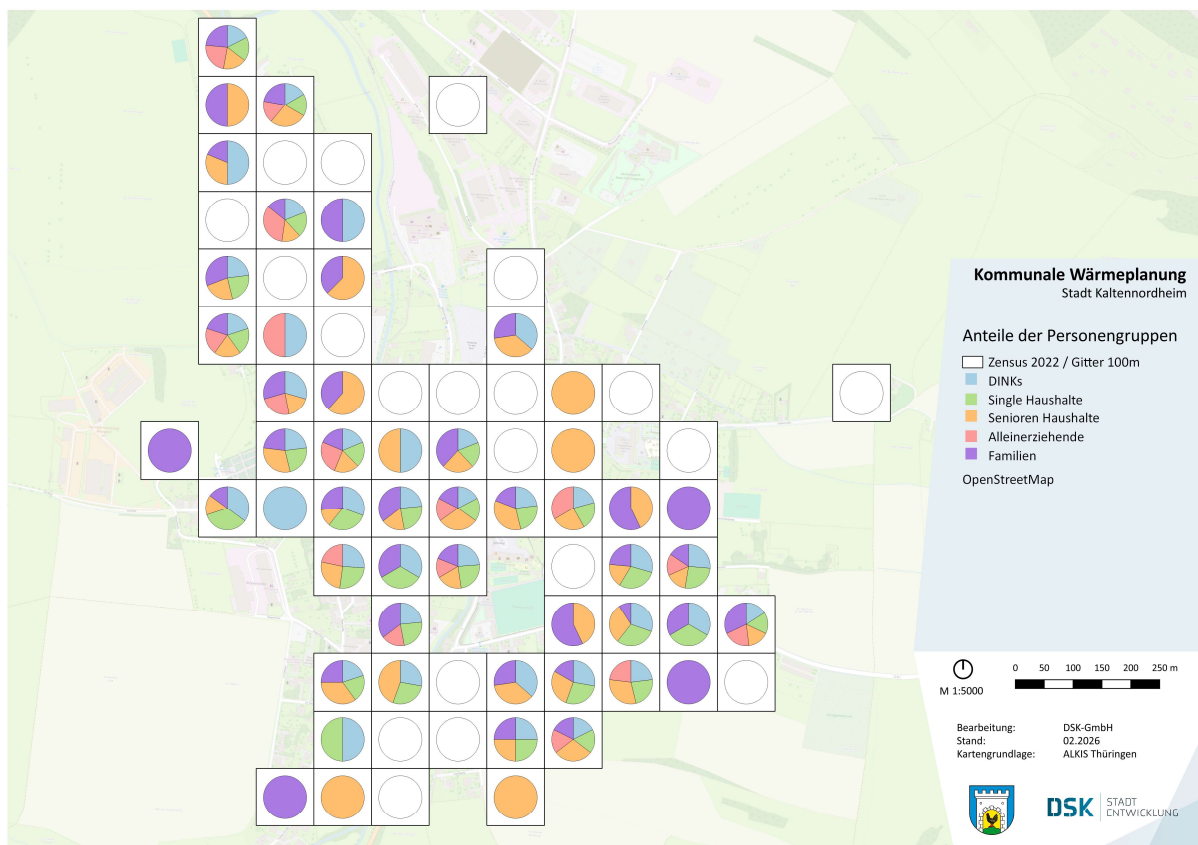


Abbildung 64: Anteile der Personengruppen auf Grundlage des Zensus 2022 im 100-m-Raster

Die Auswertung zeigt eine relativ ausgewogene Verteilung der Personengruppen. Familien und Seniorenhaushalte stellen mit jeweils 25 % die größten Gruppen dar. DINKs folgen mit 24 % und bilden damit ebenfalls eine zentrale Zielgruppe. Single-Haushalte machen 17 % aus, während Alleinerziehende mit 9 % den kleinsten Anteil

einnehmen. Für das Fokusgebiet ergibt sich daraus keine einzelne dominierende Zielgruppe. Vielmehr sind mehrere Haushaltstypen relevant, die jeweils unterschiedliche Anforderungen an Information, Beratung, Finanzierung und Umsetzung energetischer Sanierungen stellen.

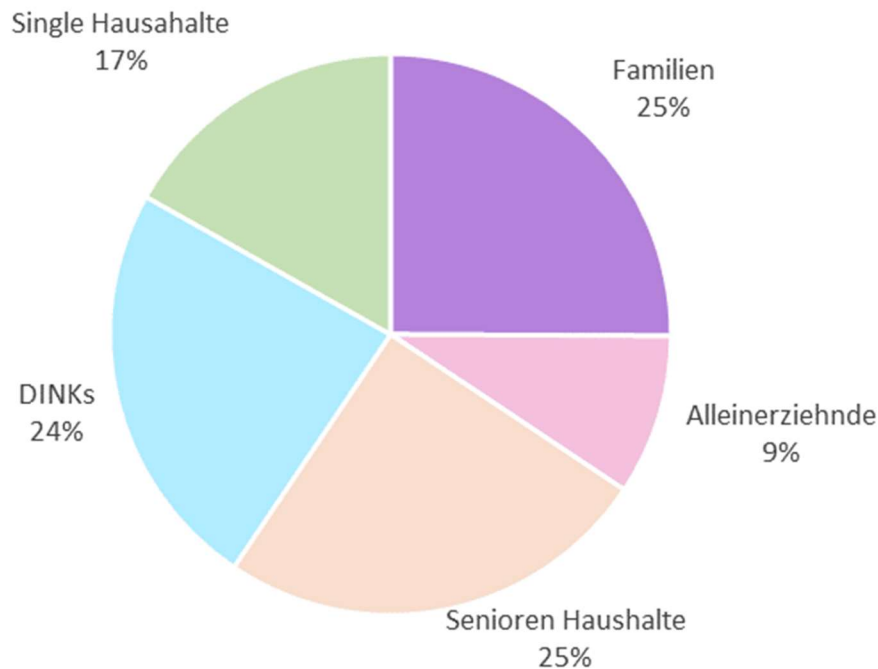


Abbildung 65: Verteilung der Personengruppen

Die dargestellte Analyse ersetzt keine gebäudescharfe Sozial-, Eigentümer- oder Sanierungsbefragung. Sie bietet jedoch eine wichtige Grundlage, um Sanierungspotenziale nicht nur technisch, sondern auch umsetzungsorientiert zu bewerten. Eine Priorisierung konkreter Sanierungsbereiche kann aus der Personengruppenanalyse allein nicht abgeleitet werden. Hierfür ist eine Verschneidung mit weiteren Daten erforderlich, insbesondere Baualtersklassen, Energieeffizienzklassen, Heizsystemen, Eigentümerstrukturen und bereits erfolgten Sanierungen.

Familien

Familien bilden typischerweise Haushalte mit mehreren Personen und Kindern. Ihre finanzielle Lage ist stark vom jeweiligen Einkommen abhängig, wird jedoch häufig durch hohe Lebenshaltungskosten, Kinderbetreuung, Mobilität und laufende Haushaltsausgaben belastet. Die Motivation zur energetischen Sanierung kann dennoch hoch sein, insbesondere, wenn langfristige Kosteneinsparungen, Wohnkomfort und Zukunftssicherheit im Vordergrund stehen. Hemmnisse bestehen vor allem in der eingeschränkten zeitlichen Verfügbarkeit, im organisatorischen Aufwand und in der Unsicherheit über Finanzierung und Fördermöglichkeiten. Für diese Gruppe sind planbare, alltagstaugliche und schrittweise umsetzbare Sanierungslösungen besonders wichtig.

Familien	
Haushaltsgröße	3-5+ Personen
Alter	Eltern meist 30–50 Jahre, Kinder im Haushalt
Finanzielle Lage	abhängig von Einkommen, oft angespannt durch hohe Lebenshaltungskosten
	
Hemmnisse	eingeschränkte zeitliche Kapazitäten, hohe Kostenbelastung (v. a. bei Einverdiener-Haushalten), Planungsaufwand
Motivation	Zukunftsvorsorge für Kinder, langfristige Einsparungen, höheres Wohnkomfort-Bedürfnis
Potential:	hohes Interesse an staatlicher Förderung, hohe Aufenthaltswahrscheinlichkeit im Eigentum

Abbildung 66: Steckbrief Familien

Seniorenhaushalte

Seniorenhaushalte umfassen in der Regel ein- bis zwei-Personen-Haushalte im höheren Alter. Die finanzielle Lage ist häufig durch Renteneinkommen begrenzt, wodurch größere Investitionen in energetische Sanierungen schwerer umsetzbar sein können. Die Motivation zur Sanierung ist unterschiedlich ausgeprägt. Einerseits können geringere Heizkosten, mehr Wohnkomfort und Barrierearmut wichtige Argumente sein. Andererseits wirkt ein kürzerer persönlicher Refinanzierungshorizont häufig hemmend. Hinzu kommen mögliche körperliche Einschränkungen, organisatorische Überforderung und eine geringere Bereitschaft, größere bauliche Eingriffe umzusetzen. Für Seniorenhaushalte sind daher persönliche Beratung, einfache Förderwege, verlässliche Ansprechpartner und begleitende Unterstützungsangebote besonders relevant.



Abbildung 67: Steckbrief Seniorenhaushalte

DINKs

DINKs, also Haushalte mit zwei berufstätigen Erwachsenen ohne Kinder, verfügen häufig über eine stabile bis gute finanzielle Ausgangslage. Diese Gruppe weist oft eine höhere Affinität zu moderner Technik, digitalen Informationsangeboten und langfristigen Investitionsentscheidungen auf. Maßnahmen wie Wärmepumpen, Photovoltaik, Dämmung oder digitale Steuerungssysteme können daher auf Interesse stoßen, sofern Wirtschaftlichkeit, Komfortgewinn und Umsetzbarkeit nachvollziehbar dargestellt werden. Gleichzeitig bestehen Hemmnisse durch Zeitknappheit, berufliche Verpflichtungen und eine geringe Bereitschaft, Sanierungsprozesse selbst zu koordinieren. Für diese Gruppe sind kompakte Entscheidungsgrundlagen, digitale Beratungsangebote, transparente Kostenrahmen und schlüsselfertige Lösungen besonders geeignet.



Abbildung 68: Steckbrief DINKS

Single-Haushalte

Single-Haushalte stellen eine heterogene Gruppe dar. Sie können sowohl jüngere Erwachsene als auch ältere alleinlebende Personen umfassen. Die finanzielle Lage variiert entsprechend stark. Während jüngere Single-Haushalte häufig offener für moderne Technik und flexible Wohnkonzepte sind, können ältere Alleinlebende ähnliche Hemmnisse wie Seniorenhaushalte aufweisen. Ein wesentlicher Punkt ist, dass Investitionen allein getragen werden müssen. Zudem können fehlende soziale Unterstützung, eingeschränkte Eigenkapazitäten und geringes Problembewusstsein die Umsetzung erschweren. Für diese Gruppe sind niedrigschwellige Informationsangebote, klare Kosten-Nutzen-Darstellungen und gut koordinierte Sanierungspakete wichtig.



Abbildung 69: Steckbrief Single-Haushalte

Alleinerziehende

Alleinerziehende stellen eine besonders unterstützungsbedürftige Gruppe dar. Die finanzielle Lage ist häufig angespannt, und zeitliche Ressourcen sind aufgrund der alleinigen Verantwortung für Haushalt, Erwerbstätigkeit und Kinderbetreuung begrenzt. Die Motivation zur Sanierung kann grundsätzlich vorhanden sein, wird jedoch häufig durch akute Alltagsbelastungen, Finanzierungshürden und organisatorischen Aufwand überlagert. Für diese Gruppe sind einfache, stark geförderte und möglichst wenig zeitintensive Unterstützungsangebote erforderlich. Besonders relevant sind Beratungsformate, die konkrete nächste Schritte aufzeigen und den organisatorischen Aufwand reduzieren.



Abbildung 70: Steckbrief Alleinerziehende

Die personengruppenspezifische Betrachtung zeigt, dass eine einheitliche Sanierungsansprache für das Fokusgebiet nicht ausreicht. Die relevanten Gruppen unterscheiden sich deutlich hinsichtlich Informationsbedarf, Entscheidungslogik, finanzieller Belastbarkeit und organisatorischer Möglichkeiten. Deshalb sollten Beratungs- und Kommunikationsangebote sowohl persönliche als auch digitale Formate umfassen.

Personen- gruppe	Zentrale Hemmnisse	Geeignete Ansprache
Familien	Zeitmangel, Finanzierungsunsicherheit, organisatorischer Aufwand	Planbare Maßnahmen, feste Bauzeitenfenster, klare Kostenrahmen, Förderberatung, alltagstaugliche Sanierungsschritte
Senioren- haushalte	Begrenzter Refinanzierungshorizont, organisatorische Überforderung, Beratungsbedarf	Persönliche Beratung, gut lesbare Informationen, telefonische Ansprechpartner, einfache Förderwege, kleine Maßnahmenpakete
DINKs	Zeitknappheit, Wunsch nach klarer Wirtschaftlichkeit, geringe Bereitschaft zur Eigenkoordination	Digitale Informationen, Wirtschaftlichkeitsrechner, Förder-Quick-Check, schlüsselfertige Pakete, Abendtermine
Single- Haushalte	Investitionen müssen allein getragen werden, heterogene Lebenslagen	Niedrigschwellige Erstberatung, Kosten-Nutzen-Darstellung, flexible Termine, schrittweise Sanierung
Alleinerziehende	Hohe Alltagsbelastung, begrenzte finanzielle und zeitliche Ressourcen	Kurze Beratungsformate, finanzielle Entlastung, Begleitung bei Förderanträgen, konkrete nächste Schritte

Sanierungsmaßnahmen und Kosten-Nutzen-Einordnung

Für eine praxisnahe Bewertung der Sanierungspotenziale können typische Sanierungsmaßnahmen als Orientierung herangezogen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht jede Maßnahme für jede Personengruppe gleichermaßen geeignet ist. Maßgeblich sind neben der energetischen Wirkung auch Investitionshöhe, Eingriffstiefe, organisatorischer Aufwand und Förderfähigkeit.

Kosten-Nutzen-Analyse gängiger Sanierungsmaßnahmen

Maßnahme	Mögliche Effizienzsteigerung	Kostenbereich [€]	Mittelwert Kosten [€]	Kosten je Prozentpunkt Effizienzgewinn [€/%-Punkt]	Kosten-Nutzen-Priorisierung
Dämmung Kellerdecke	ca. 10 %	2.400–7.200	4.800	480	1
Dämmung oberste Geschossdecke	ca. 15 %	4.000–12.000	8.000	533	2
Tausch Heizungsanlage	ca. 17 %	8.000–15.000	11.500	676	3
Fassadendämmung	ca. 22 %	12.000–24.000	18.000	818	4
Fenster austausch	ca. 7 %	4.000–9.000	6.500	929	5

Aus einer Kosten-Nutzen-Perspektive weisen insbesondere Maßnahmen mit vergleichsweise geringen Eingriffen und überschaubaren Investitionskosten eine hohe Umsetzungswahrscheinlichkeit auf. Dazu zählen vor allem die Dämmung der Kellerdecke und der obersten Geschossdecke. Diese Maßnahmen sind häufig weniger invasiv, beeinträchtigen den Wohnalltag geringer und können daher auch für Haushalte mit begrenzten finanziellen oder zeitlichen Ressourcen geeignet sein.

Umfangreichere Maßnahmen wie Fassadendämmung, Fenster austausch oder der Austausch der Heizungsanlage können ebenfalls erhebliche Verbrauchsreduktionen erzielen. Sie sind jedoch stärker vom Zustand des jeweiligen Gebäudes, der Eigentümerstruktur, der technischen Ausgangslage und der Finanzierungsfähigkeit abhängig. Die dargestellten Werte dienen daher nicht als gebäudescharfe Kostenberechnung, sondern als erste Orientierung für die Priorisierung möglicher Sanierungsansätze.

Technische Anforderungen und Förderrahmen

Bei der Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen sind die gesetzlichen Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes sowie die technischen Mindestanforderungen der jeweiligen Förderprogramme zu berücksichtigen. Die folgende Tabelle zeigt ausgewählte Orientierungswerte für zentrale Bauteile. Die Angaben ersetzen keine Energieberatung und müssen im Einzelfall gebäudebezogen geprüft werden.

Tabelle 36: Anforderungen an Bauteile und Orientierungswerte für Sanierungsmaßnahmen nach GEG/BEG

Bauteil / Maßnahme	Geforderter U-Wert nach GEG	Orientierende Umsetzung	Anforderung BEG-Programm
Außenwände	0,24 W/(m²K)	Dämmung ca. 12–16 cm	0,20 W/(m²K)
Fenster / Fenstertüren	1,3 W/(m²K)	2-Scheiben-Wärme-schutzverglasung	0,95 W/(m²K)
Dachschrägen / Steildächer	0,24 W/(m²K)	Dämmung ca. 14–18 cm	0,14 W/(m²K)
Oberste Geschossdecke	0,24 W/(m²K)	Dämmung ca. 14–18 cm	0,14 W/(m²K)
Flachdach	0,20 W/(m²K)	Dämmung ca. 16–20 cm	0,14 W/(m²K)
Wände gegen Erdreich oder unbeheizte Räume	0,30 W/(m²K)	Dämmung ca. 10–14 cm	0,25 W/(m²K)
Decken nach unten an Außenluft	0,24 W/(m²K)	Dämmung ca. 14–18 cm	0,20 W/(m²K)

Insbesondere bei älteren Gebäuden empfiehlt sich eine schrittweise Betrachtung der Gebäudehülle und der Anlagentechnik. Ein individueller Sanierungsfahrplan kann helfen, Maßnahmen sinnvoll zu priorisieren, Fördermöglichkeiten zu nutzen und Fehlinvestitionen zu vermeiden. Für das Fokusgebiet ist dabei besonders relevant, dass viele Maßnahmen nicht als Vollsanierung umgesetzt werden müssen. Auch einzelne Bauteilmaßnahmen können einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung des Wärmebedarfs leisten.

Check-up für eine zielgruppengerechte Sanierungskampagne

Die folgenden Checklisten dienen als Arbeitshilfe für die spätere Ausgestaltung einer Sanierungskampagne. Sie können im Hauptbericht gekürzt dargestellt oder als Anhang aufgenommen werden.

Check-Up Sanierungskampagne: Familien

- ☐ Informationen zur Sanierung sind alltagstauglich, verständlich und familienorientiert aufbereitet.
- ☐ Kosten, Fördermöglichkeiten und nächste Schritte werden klar benannt.
- ☐ Veranstaltungen werden zu familienfreundlichen Zeiten angeboten, z. B. am frühen Abend.
- ☐ Sanierungen werden als schrittweise und planbare Maßnahmen dargestellt.
- ☐ Beispiele beziehen sich auf typische Wohngebäude im Fokusgebiet oder vergleichbare Gebäudestrukturen.
- ☐ Die Kommunikation hebt Wohnkomfort, stabile Heizkosten, Zukunftssicherheit und Werterhalt hervor.

Check-Up Sanierungskampagne: Seniorenhaushalte

- ☐ Informationen liegen auch in gedruckter, gut lesbarer Form vor.
- ☐ Ansprechpartner sind telefonisch und persönlich erreichbar.
- ☐ Beratungsangebote sind niedrigschwellig und gut erreichbar.
- ☐ Kleine, wenig belastende Maßnahmen werden hervorgehoben.

- ☐ Fördermöglichkeiten werden einfach erklärt und bei Bedarf mit Unterstützung bei der Antragstellung verbunden.
- ☐ Die Ansprache setzt auf Sicherheit, Verlässlichkeit, Komfort und Werterhalt.

Check-Up Sanierungskampagne: DINKs

- ☐ Informationen sind digital gut zugänglich, z. B. über Website, QR-Codes oder kurze Onlineformate.
- ☐ Kosten, Einsparungen, Fördermittel und Amortisationszeiten werden kompakt dargestellt.
- ☐ Beratungsangebote sind auch nach Feierabend oder digital verfügbar.
- ☐ Kombinierte Maßnahmenpakete wie PV, Wärmepumpe und Dämmung werden verständlich dargestellt.
- ☐ Ein Förder-Quick-Check oder eine erste Wirtschaftlichkeitsabschätzung wird angeboten.
- ☐ Die nächsten Schritte sind eindeutig benannt, z. B. Terminbuchung, Energieberatung oder Sanierungsfahrplan.

Check-Up Sanierungskampagne: Single-Haushalte

- ☐ Informationen sind kurz, niedrigschwellig und mit klaren nächsten Schritten aufgebaut.
- ☐ Kosten-Nutzen-Aspekte werden besonders verständlich dargestellt.
- ☐ Beratungsformate sind flexibel, z. B. telefonisch, digital oder am Abend.
- ☐ Schrittweise Sanierung wird gegenüber einer Vollsanierung als realistische Option erläutert.
- ☐ Neutrale Beratung und lokale Ansprechpartner werden sichtbar hervorgehoben.
- ☐ Unterschiedliche Lebensphasen werden berücksichtigt, da Single-Haushalte sehr heterogen sind.

Check-Up Sanierungskampagne: Alleinerziehende

- ☐ Informationen sind knapp, verständlich und auf finanzielle Entlastung ausgerichtet.
- ☐ Beratungsangebote sind zeitlich flexibel und mit geringem Aufwand nutzbar.
- ☐ Fördermöglichkeiten und konkrete Hilfsangebote werden direkt benannt.
- ☐ Maßnahmen mit geringem Eingriff und begrenzten Investitionen werden priorisiert.
- ☐ Unterstützung bei Förderanträgen oder organisatorischen Schritten wird angeboten.
- ☐ Die Ansprache ist wertschätzend, entlastend und vermeidet zusätzlichen Druck.

Fazit

Die personengruppenspezifische Auswertung zeigt, dass im Fokusgebiet Kaltennordheim keine einheitliche Sanierungsansprache ausreicht. Familien, Seniorenhaushalte und DINKs stellen jeweils relevante Anteile dar, während Single-Haushalte und Alleinerziehende ebenfalls gezielt berücksichtigt werden sollten. Für die kommunale Wärmeplanung liefert die Analyse damit keine gebäudescharfe Sanierungspriorisierung, aber eine wichtige Grundlage für die spätere Umsetzung von Beratungs- und Kommunikationsmaßnahmen.

6. Wärmewendestrategie

Für die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende sind verschiedene Arten von Maßnahmen erforderlich. Nur durch ein koordiniertes Zusammenspiel der technischen Maßnahmen mit begleitenden Maßnahmen kann das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2045 erreicht werden. Während die Umsetzungsstrategie den Schwerpunkt auf die Maßnahmen zur Umsetzung des Zielszenarios legt, adressiert die Verstetigungsstrategie die sozioökonomischen, politischen und organisatorischen Aspekte, die die Umsetzung dieser Maßnahmen ermöglichen sollen. Das Controllingkonzept dient der Nachverfolgung der beschlossenen Maßnahmen. Die Wärmewendestrategie bildet den Rahmen, in dem alle Maßnahmen zusammenlaufen.

6.1. Umsetzungsstrategie

Maßnahmenkatalog nach § 20 Wärmeplanungsgesetz

Der Prozess der kommunalen Wärmeplanung führt Potenziale und Bedarf systematisch zusammen. Auf diese Weise lassen sich Einsatzmöglichkeiten der Energiequellen in einem klimaneutralen Wärmesystem definieren und lokal umsetzen. Aufbauend auf der Szenarienentwicklung werden sowohl grundlegende als auch konkrete Maßnahmen und Strategien formuliert, die für die erfolgreiche Umsetzung dieses Transformationsprozesses empfohlen werden.

Die beschriebenen Maßnahmen sollen helfen, die erforderlichen Treibhausgasminderungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen. Der kommunale Wärmeplan soll in der anschließenden Umsetzungsphase Orientierung für alle an der Wärmewende beteiligten Akteure geben. Seine Ergebnisse und Handlungsvorschläge dienen der Verwaltung und dem Gemeinderat als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung. Während des gesamten Prozesses gilt es, die Inhalte anderer Vorhaben der Kommune, etwa die der Bauleit- oder Regionalplanung, zu berücksichtigen. Die Maßnahmen sind auch im Zusammenhang mit anderen zum Zeitpunkt der Verschriftlichung dieses Konzeptes bestehenden oder im Entstehungsprozess befindlichen Konzepten und Strategien zu sehen. Es wird angeraten alle Maßnahmen in Verbindung mit Klimaschutz und Klimaresilienz konzeptübergreifend zu bündeln und ein umfassendes Controlling aufzubauen.

In der Tabelle 40 sind die entwickelten Maßnahmen für Kaltennordheim aufgeführt. Es wurden insgesamt 14 Maßnahmen in den fünf Handlungsfelder 1 – Information und Beratung, 2 - Vernetzung, Kooperation und Organisation, 3 - Förderungen und Marktwirtschaftliche Instrumente und 4 - Integrierte Wärme- und Flächenplanung abgeleitet.

Maßnahmenbewertung

Die Bewertung der Maßnahmen erfolgt anhand mehrerer Kriterien, die in den Steckbriefen dargestellt sind. Dazu zählen:

- **Beginn der Maßnahme:** Kurz-, Mittel- oder Langfristig
- **Dauer der Maßnahme:** Geplanter Umsetzungszeitraum
- **Priorität:** Niedrig, Mittel, Hoch
- **Ziel und Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios:** Einfluss auf die Wärmewende
- **Erforderliche Umsetzungsschritte:** Konkrete Schritte zur Umsetzung der Maßnahme, insbesondere bei hoher Priorität
- **Beteiligte Akteure:** Verantwortliche für die Umsetzung sowie adressierte Gruppen
- **Kostenabschätzung:** Niedrig, Mittel, Hoch
- **Fördermöglichkeiten:** Programme, die zur finanziellen Unterstützung genutzt werden können
- **Flankierende Aktivitäten:** Synergien, begleitende Maßnahmen, Monitoring

In der nachfolgenden Tabelle 37, Tabelle 38 und Tabelle 39 werden die Legenden für die Bewertungskategorien Beginn der Maßnahme, Priorität und Kostenabschätzung dargestellt.

Die Kostenabschätzung bezieht sich auf die erwarteten Aufwendungen zur Umsetzung der jeweiligen Maßnahme. Mögliche Gewinne oder Einsparungen, z. B. durch reduzierte Energiekosten, sind in der Bewertung nicht berücksichtigt.

Tabelle 37: Maßnahmenkriterium „Beginn der Maßnahme“

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
Bis 3 Jahre	3 bis 7 Jahre	Mehr als 7 Jahre

Tabelle 38: Maßnahmenkriterium „Priorität“

Niedrig	Mittel	Hoch
Maßnahme hat nur einen geringen direkten Einfluss auf die THG-Minderung oder die Zielerreichung der Kommunalen Wärmeplanung. Sie kann ergänzend wirken oder ist vor allem unterstützend/aktivierend, ohne kurzfristig relevante Emissionseinsparungen zu erzielen.	Maßnahme hat einen indirekten oder mittelfristigen Einfluss auf die THG-Minderung, z. B. durch Bewusstseinsbildung, Vernetzung oder die Vorbereitung von Projekten. Sie schafft Rahmenbedingungen, ohne selbst direkt große Emissionseinsparungen zu bewirken.	Maßnahme trägt unmittelbar und deutlich zur Zielerreichung bei – etwa durch die Umsetzung von Projekten, die direkt Emissionen mindern oder durch die Schaffung zentraler Strukturen, die Voraussetzung für viele weitere Maßnahmen sind.

Tabelle 39: Maßnahmenkriterium „Kostenabschätzung“

Niedrig	Mittel	Hoch
bis ca. 25.000 €	ca. 25.000 – 150.000 €	über 150.000 €

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht der geplanten Maßnahmen dargestellt. Detaillierte Steckbriefe der einzelnen Maßnahmen, einschließlich der Ziele und Umsetzungsschritte, sind im Anhang zu finden.

Tabelle 40 Maßnahmenliste

Nummer	Titel der Maßnahme	Priorisierung
Handlungsfeld 1: Information und Beratung		
1.	Einstellung eines kommunalen Energiemanagers für Beratung und Koordination	Hoch
2.	Veranstaltungsreihen zur Wärmewende	Mittel
3.	Informationsangebote zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen	Mittel
4.	Verstetigung des Kommunikationskonzeptes und Nutzung digitaler Plattformen für Information	Mittel
Handlungsfeld 2: Vernetzung, Kooperation und Organisation		
5.	Errichtung einer Steuerungsgruppe zur Wärmewende	Hoch
6.	Integration der Wärmeplanung in konzeptionelle Planungsvorhaben	Hoch
Handlungsfeld 3: Förderungen und Marktwirtschaftliche Instrumente		
7.	Gründung eines lokalen Energieversorgungsunternehmens	Hoch

8.	Initiierung von Arbeitsgruppen und Gründung von Energiegemeinschaften zur Wärmewende	Hoch
9.	Förderung von Bürgerinitiativen und lokalen Projekten	Mittel
Handlungsfeld 4: Integrierte Wärme- und Flächenplanung		
10.	Abgestimmte Infrastrukturplanung für Energieversorgung	Hoch
11.	Integration von Wärmeplanung und energetischer Bebauung in der Stadtplanung	Hoch
12.	Machbarkeitsstudie Wärmenetzausbau in Kaltensundheim	Hoch
13.	Erweiterung Wärmenetz in Kaltennordheim	Mittel - Hoch
14.	Innovatives Pilotprojekt zur nachhaltigen Stadtentwicklung	Mittel

6.2. Verstetigungsstrategie

Die Verstetigungsstrategie für die Stadt Kaltennordheim dient dazu, die kommunale Wärmeversorgung langfristig stärker auf erneuerbare Energien auszurichten und organisatorisch abzusichern. Im Mittelpunkt stehen der Aufbau tragfähiger Umsetzungsstrukturen, die Einbindung lokaler Akteure sowie die Prüfung geeigneter Organisationsformen für kommunale oder bürgergetragene Wärmeprojekte. Die technische Detailplanung einzelner Wärmenetze steht dabei nicht im Vordergrund, sondern die Frage, wie Wärmeprojekte dauerhaft koordiniert, finanziert, betrieben und weiterentwickelt werden können.

Die Strategie umfasst mehrere Kernkomponenten, um sicherzustellen, dass mögliche Wärmeprojekte in Kaltennordheim langfristig tragfähig, rechtlich abgesichert und organisatorisch umsetzbar sind.

Umsetzungsformen für kommunales Handeln

Gesellschaftsrechtliche Formen

Die Transformation der Wärmeversorgung ist eine zentrale Zukunftsaufgabe der Stadt Kaltennordheim. Gerade in ländlich geprägten Räumen stellt sich die Herausforderung, wirtschaftlich tragfähige Modelle für die lokale Wärmeerzeugung und Wärmevermarktung zu entwickeln und zugleich eine gemeinwohlorientierte Wärmeversorgung sicherzustellen. Gleichzeitig bietet sich die Chance, Wärmeprojekte, die für klassische Betreiber nur eingeschränkt attraktiv sind, durch kommunale Initiative, interkommunale Zusammenarbeit oder bürgerschaftliche Beteiligung umzusetzen.

Ein Bestandteil dieses Konzepts ist daher die Prüfung von Möglichkeiten zum Aufbau einer kommunalen oder bürgergetragenen Umsetzungsstruktur für die lokale Wärmeproduktion. Ziel ist es, lokal erzeugte Wärme aus erneuerbaren Energien möglichst kostengünstig, verlässlich und langfristig verfügbar bereitzustellen.

Die Vielzahl an Organisationsformen ermöglicht es, für Kaltennordheim eine geeignete Rechtsform auszuwählen. Dabei spielen verschiedene Kriterien eine Rolle:

- Einfluss- und Steuerungsmöglichkeiten der Stadt

- Haftungsrisiken, insbesondere im Hinblick auf die Haushaltslage
- Größe und Umfang der Unternehmung
- Beteiligungsmöglichkeiten für Bürger oder Investoren
- Anforderungen an Kapitalausstattung und Ergebnisverwendung
- Eignung für interkommunale oder regionale Kooperationen

Das Ziel besteht darin, geeignete Betreiberstrukturen für Kaltennordheim zu systematisieren, ihre Eignung für die lokalen Rahmenbedingungen zu bewerten und realistische Modelle für Beteiligung, Finanzierung und Wachstum aufzuzeigen.

Rechtlicher Rahmen in Thüringen

Die wirtschaftliche Betätigung von Gemeinden in Thüringen richtet sich insbesondere nach der Thüringer Kommunalordnung. Nach § 71 ThürKO kann eine Gemeinde außerhalb ihrer allgemeinen Verwaltung Unternehmen als Eigenbetrieb, als kommunale Anstalt des öffentlichen Rechts oder in privatrechtlichen Rechtsformen gründen, übernehmen oder sich daran beteiligen. Voraussetzung ist unter anderem, dass ein öffentlicher Zweck vorliegt, das Vorhaben in einem angemessenen Verhältnis zur Leistungsfähigkeit der Gemeinde steht und die Aufgabe für eine Wahrnehmung außerhalb der allgemeinen Verwaltung geeignet ist. Für Tätigkeiten im Bereich der kommunalen Daseinsvorsorge, insbesondere der Strom-, Gas- und Wärmeversorgung sowie der Erzeugung, Speicherung und Einspeisung erneuerbarer Energien, sieht § 71 ThürKO eine besondere Einordnung vor.

Für Unternehmen in privatrechtlicher Form gelten zusätzliche Anforderungen nach § 73 ThürKO. Danach muss die Gemeinde insbesondere angemessenen Einfluss erhalten, die übernommenen Verpflichtungen müssen in einem angemessenen Verhältnis zur Leistungsfähigkeit stehen, unbestimmte oder unangemessene Verlustübernahmen sind zu vermeiden und die Haftung der Gemeinde ist grundsätzlich zu begrenzen.

Eigenbetrieb

Der Eigenbetrieb ist ein Sondervermögen der Stadt ohne eigene Rechtspersönlichkeit und eng mit der kommunalen Verwaltung verbunden. Für Eigenbetriebe sieht § 76 ThürKO unter anderem eine Werkleitung und einen Werkausschuss vor; die näheren Regelungen erfolgen über eine Betriebssatzung.

- Einflussmöglichkeiten: Die Stadt Kaltennordheim hat umfassende Steuerungs- und Kontrollmöglichkeiten. Wesentliche Entscheidungen werden durch den Stadtrat oder einen zuständigen Werkausschuss getroffen.
- Haftung: Die Stadt haftet wirtschaftlich für die Verbindlichkeiten des Eigenbetriebs. Damit verbleibt das finanzielle Risiko unmittelbar im kommunalen Verantwortungsbereich.
- Größe: Der Eigenbetrieb eignet sich vor allem für überschaubare Aufgaben mit engem Bezug zur Stadtverwaltung und klar abgrenzbarem Leistungsumfang.
- Beteiligungsmöglichkeiten Dritter: Eine direkte Beteiligung von Bürgern, Investoren oder Unternehmen ist nicht möglich.

- **Kapitalausstattung und Ergebniszufluss:** Gewinne dienen vorrangig der Rücklagenbildung oder werden dem kommunalen Haushalt zugeführt. Defizite sind grundsätzlich durch die Stadt auszugleichen.

Zusammenfassung

Vorteile	Nachteile
• Hohe Steuerungsmöglichkeiten durch die Stadt • Enge Anbindung an die kommunale Verwaltung • Möglichkeit zur Regelung über Satzungen und Gebühren • Keine eigene Insolvenzfähigkeit des Eigenbetriebs	• Volles wirtschaftliches Risiko bei der Stadt • Keine Beteiligung Dritter möglich • Geringere Flexibilität im Marktumfeld • Begrenzte Eignung für größere, kapitalintensive Vorhaben

Kommunalunternehmen – Anstalt des öffentlichen Rechts

Das Kommunalunternehmen ist eine eigenständige juristische Person in der Rechtsform einer Anstalt des öffentlichen Rechts. Nach § 76a ThürKO kann eine Gemeinde selbstständige Unternehmen in dieser Rechtsform gründen oder bestehende Regie- und Eigenbetriebe in kommunale Anstalten umwandeln. Die Gemeinde kann der kommunalen Anstalt einzelne Aufgaben oder zusammenhängende Aufgabenbereiche übertragen. Zugleich bleibt eine enge kommunale Steuerung über die Unternehmenssatzung erhalten.

- **Steuerung:** Die Steuerung erfolgt über die kommunalen Organe und die Unternehmenssatzung. Die Stadt Kaltennordheim kann Aufgaben, Zuständigkeiten, Organe und Kapitalausstattung festlegen.
- **Haftung:** Die Gemeinde haftet für die Verbindlichkeiten der kommunalen Anstalt unbeschränkt, soweit keine Befriedigung aus deren Vermögen zu erlangen ist. Diese Gewährträgerschaft ist bei der Bewertung der finanziellen Risiken besonders zu berücksichtigen.
- **Größe:** Die AöR eignet sich für größere oder dauerhaft angelegte kommunale Aufgaben, insbesondere wenn eine organisatorische Verselbstständigung gewünscht ist.
- **Beteiligungsmöglichkeiten Dritter:** Eine unmittelbare Beteiligung privater Investoren oder Bürger ist nicht vorgesehen. Kooperationen mit anderen Gemeinden oder kommunalen Akteuren können jedoch möglich sein.
- **Kapitalausstattung und Ergebniszufluss:** Die kommunale Anstalt wird durch die Stadt mit Kapital ausgestattet. Die nähere Ausgestaltung erfolgt über die Unternehmenssatzung.

Zusammenfassung

Vorteile	Nachteile
• Eigenständige Rechtspersönlichkeit • Größere organisatorische Flexibilität als beim Eigenbetrieb	• Unbeschränkte Haftung der Stadt im Rahmen der Gewährträgerschaft • Keine unmittelbare Beteiligung von Bürgern oder privaten Investoren

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Klare Trennung zwischen operativer Aufgabenwahrnehmung und kommunaler Kontrolle • Geeignet für dauerhaft angelegte Aufgaben der Daseinsvorsorge | <ul style="list-style-type: none"> • Höherer Gründungs- und Verwaltungsaufwand • Für kleinere Wärmeprojekte unter Umständen zu aufwendig |
|--|--|

Formen der kommunalen Gemeinschaftsarbeit

Die Zusammenarbeit zwischen Gemeinden kann zur Risikominimierung, Kostenteilung und fachlichen Bündelung sinnvoll sein. Für eine Stadt wie Kaltennordheim kann interkommunale Kooperation insbesondere dann relevant werden, wenn Wärmeprojekte über einzelne Ortsteile hinausreichen, gemeinsame technische Infrastruktur aufgebaut werden soll oder benachbarte Gemeinden ähnliche Fragestellungen bearbeiten.

Die kommunale Gemeinschaftsarbeit in Thüringen wird durch das Thüringer Gesetz über die kommunale Gemeinschaftsarbeit geregelt. Nach § 2 ThürKGG können hierfür kommunale Arbeitsgemeinschaften, Zweckvereinbarungen, Zweckverbände sowie gemeinsame kommunale Anstalten des öffentlichen Rechts gebildet werden. Kommunale Arbeitsgemeinschaften und Zweckvereinbarungen schaffen keine neue Rechtspersönlichkeit, während Zweckverbände Körperschaften des öffentlichen Rechts sind.

Kommunale Arbeitsgemeinschaften

Das ThürKGG unterscheidet zwischen verschiedenen Formen der Arbeitsgemeinschaft. Sie dienen vor allem der Abstimmung gemeinsamer Angelegenheiten, der Vorbereitung gemeinsamer Planungen und der Koordination kommunaler Aufgaben.

Für Kaltennordheim kann eine kommunale Arbeitsgemeinschaft insbesondere dann sinnvoll sein, wenn zunächst ein gemeinsames Vorgehen mit benachbarten Gemeinden abgestimmt werden soll, ohne bereits eine eigene Organisation mit Haushalt, Organen und Satzungsrecht zu schaffen. Dies kann zum Beispiel bei der Prüfung gemeinsamer erneuerbarer Wärmequellen, regionaler Biomassennutzung, gemeinsamer Beratungsangebote oder überörtlicher Versorgungsoptionen relevant sein.

Zweckvereinbarungen

Zweckvereinbarungen entstehen, wenn Gemeinden oder Landkreise durch öffentlich-rechtlichen Vertrag eine oder mehrere Aufgaben mit einem bestimmten Zweck gemeinsam wahrnehmen. Dies kann etwa die Mitbenutzung einer Einrichtung, die gemeinsame Aufgabenwahrnehmung oder die Übertragung einzelner Aufgaben beinhalten.

Für Kaltennordheim eignen sich Zweckvereinbarungen vor allem zur rechtlichen Rahmensetzung, wenn einzelne Aufgaben gemeinsam mit anderen Gemeinden umgesetzt werden sollen, ohne eine neue Organisation zu gründen. Denkbar ist dies beispielsweise bei gemeinsamen Beratungsstrukturen, der Nutzung technischer Anlagen, der Einbindung bestehender kommunaler Einrichtungen oder der Zusammenarbeit mit benachbarten Gemeinden bei Wärmeprojekten.

Zweckverband

Der Zweckverband ist eine weitreichende Form der interkommunalen Zusammenarbeit. Er besitzt eine eigene Rechtspersönlichkeit als Körperschaft des öffentlichen Rechts und kann eigene Aufgaben, Organe, Haushalte und Satzungen erhalten.

- **Rechtsstellung:** Gemeinden, Landkreise und weitere zulässige Beteiligte können sich zur gemeinsamen Aufgabenwahrnehmung zusammenschließen. Der Zweckverband handelt rechtlich selbstständig.
- **Aufgaben:** Ein Zweckverband kann sowohl hoheitliche Aufgaben als auch wirtschaftliche Tätigkeiten übernehmen. Für Kaltennordheim kann dies insbesondere dann relevant werden, wenn Wärmeversorgungsaufgaben gemeinsam mit anderen Gemeinden dauerhaft organisiert werden sollen.
- **Steuerung:** Die Steuerung erfolgt über die Organe des Zweckverbands, insbesondere über die Verbandsversammlung und den Verbandsvorsitz.
- **Haushalt und Wirtschaft:** Der Zweckverband führt einen eigenen Haushalt und kann zur Aufgabenerfüllung weitere Organisationsformen nutzen.
- **Finanzierung:** Die Finanzierung erfolgt vorrangig über eigene Einnahmen, etwa Gebühren, Beiträge oder Entgelte. Wenn diese nicht ausreichen, können Umlagen der Mitglieder erforderlich werden.
- **Haftung:** Der Zweckverband haftet mit seinem Vermögen. Reicht dieses nicht aus, können die Verbandsmitglieder im Rahmen der gesetzlichen und satzungsrechtlichen Regelungen herangezogen werden.

Fazit zur kommunalen Gemeinschaftsarbeit

Für Kaltennordheim kann interkommunale Zusammenarbeit ein geeigneter Weg sein, Verantwortung, Kosten und Risiken bei Wärmeprojekten zu teilen. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn einzelne Projekte für die Stadt allein zu groß, zu komplex oder wirtschaftlich zu unsicher wären.

- Arbeitsgemeinschaften und Zweckvereinbarungen eignen sich vor allem zur Abstimmung, Vorbereitung und rechtlichen Rahmensetzung ohne eigene Rechtspersönlichkeit.
- Zweckverbände schaffen eine rechtlich verselbstständigte Organisation mit eigenen Organen, eigenem Haushalt und Satzungsrecht. Sie eignen sich für größere Infrastrukturprojekte, sind jedoch mit komplexeren Entscheidungsprozessen und möglichen Umlageverpflichtungen verbunden.
- Für Kaltennordheim kann diese Form insbesondere dann relevant werden, wenn Wärmeprojekte einen überörtlichen Bezug haben oder gemeinsam mit benachbarten Gemeinden umgesetzt werden sollen.

Sonstige privatrechtliche Organisationsformen

Neben den gängigen kommunalen Organisationsformen existieren weitere privatrechtliche Gesellschaftsformen wie GbR, OHG, KG, AG oder UG. Für die wirtschaftliche Betätigung der Stadt Kaltennordheim sind diese jedoch nur eingeschränkt oder gar nicht geeignet.

- **GbR und OHG:** Aufgrund der unbeschränkten persönlichen Haftung der Gesellschafter für kommunale Wärmeprojekte nicht geeignet.

- KG: Eine Beteiligung wäre allenfalls als Kommanditist denkbar, ist praktisch jedoch nur eingeschränkt geeignet.
- AG: Für kommunale Wärmeprojekte meist zu komplex, kapitalintensiv und verwaltungsaufwendig.
- UG: Wegen der geringen Kapitalausstattung und eingeschränkten Außenwirkung für kommunale Infrastrukturvorhaben regelmäßig unattraktiv.

Damit reduziert sich die Auswahl geeigneter privatrechtlicher Organisationsformen für Kaltennordheim vor allem auf die Gesellschaft mit beschränkter Haftung.

Gesellschaft mit beschränkter Haftung

Die GmbH ist eine weit verbreitete privatrechtliche Rechtsform in der kommunalen Praxis. Sie eignet sich insbesondere für Projekte der Daseinsvorsorge, wenn eine haftungsbegrenzte, flexible und marktfähige Struktur geschaffen werden soll.

Einflussmöglichkeiten

Die Stadt Kaltennordheim kann über ihre Beteiligung unmittelbaren Einfluss auf die GmbH nehmen. Abhängig vom Gesellschaftsvertrag kann sie im Aufsichtsrat oder in einem vergleichbaren Gremium vertreten sein, Gesellschafterbeschlüsse mitgestalten und grundlegende Entscheidungen absichern. Damit kann eine Balance zwischen kommunaler Steuerung und unternehmerischer Flexibilität hergestellt werden.

Haftung

Die Haftung ist grundsätzlich auf das Gesellschaftsvermögen der GmbH begrenzt. Eine persönliche Haftung der Gesellschafter besteht regelmäßig nicht. Für Kaltennordheim bedeutet dies eine deutliche Risikobegrenzung im Vergleich zu Organisationsformen mit unmittelbarer kommunaler Haftung. Zugleich sind die kommunalrechtlichen Anforderungen des § 73 ThürKO zu beachten, insbesondere zur Einflussnahme, zur Angemessenheit übernommener Verpflichtungen und zur Haftungsbegrenzung.

Größe

Die GmbH ist flexibel und eignet sich sowohl für kleinere Pilotvorhaben als auch für größere Wärmeprojekte. Sie ist nicht an eine bestimmte Unternehmensgröße gebunden und kann schrittweise aufgebaut werden.

Beteiligungsmöglichkeiten Dritter

Ein wesentlicher Vorteil der GmbH besteht in der Möglichkeit, weitere Akteure einzubinden. Dazu können Bürger, regionale Unternehmen, Energieversorger, Stadtwerke oder andere kommunale Partner gehören. Dadurch können Kapital, Fachwissen und Akzeptanz in die Umsetzung eingebracht werden.

Kapitalausstattung und Ergebniszufluss

Das Mindeststammkapital einer GmbH beträgt 25.000 Euro nach § 5 GmbHG.

Die Ergebnisverwendung richtet sich nach dem Gesellschaftsvertrag. Gewinne können ausgeschüttet, reinvestiert oder zur Rücklagenbildung verwendet werden. Für Kaltennordheim bietet dies die Möglichkeit, wirtschaftliche Überschüsse entweder für den weiteren Ausbau der Wärmeversorgung oder für kommunale Zwecke nutzbar zu machen.

Zusammenfassung

Vorteile	Nachteile
• Klare Haftungsbegrenzung auf das Gesellschaftsvermögen • Flexible Ausgestaltung und gute Skalierbarkeit • Beteiligung von Bürgern, Investoren oder regionalen Partnern möglich • Professionelles Auftreten am Markt • Geeignet für schrittweise wachsende Wärmeprojekte	• Insolvenzfähigkeit und damit unternehmerisches Risiko • Höherer Gründungs- und Verwaltungsaufwand als beim Eigenbetrieb • Gemeinwohlorientierung muss im Gesellschaftsvertrag eindeutig festgelegt werden • Kommunale Einflussnahme muss rechtlich abgesichert werden

Zusammenfassende Betrachtung

Für Kaltennordheim ist festzuhalten, dass mehrere Organisationsformen für die Umsetzung von Wärmeprojekten in Betracht kommen. Eigenbetrieb und kommunale Anstalt des öffentlichen Rechts bieten der Stadt eine hohe Steuerungsmöglichkeit, sind jedoch mit erheblichen Haftungs- und Finanzierungsrisiken verbunden und schließen eine unmittelbare Beteiligung Dritter weitgehend aus. Für größere oder kapitalintensive Vorhaben sind diese Formen daher nur dann geeignet, wenn die Stadt eine starke operative Rolle übernehmen und die finanziellen Risiken tragen kann.

Privatrechtliche Organisationsformen bieten demgegenüber mehr Flexibilität im Marktauftritt, bessere Möglichkeiten zur Beteiligung weiterer Akteure und eine klarere Haftungsbegrenzung. Die kommunalrechtlichen Vorgaben der Thüringer Kommunalordnung, insbesondere zur Einflussnahme, Kapitalausstattung, Haftungsbegrenzung und Sicherstellung des öffentlichen Zwecks, müssen dabei über den Gesellschaftsvertrag oder die Satzung abgesichert werden.

Besonders hervorzuheben sind die GmbH und die Genossenschaft:

- Die GmbH bietet der Stadt Kaltennordheim eine klare Haftungsbegrenzung, hohe Flexibilität und die Möglichkeit, externe Partner einzubeziehen.
- Die Genossenschaft eignet sich besonders für eine breite Bürgerbeteiligung und kann Akzeptanz in der Bevölkerung schaffen. Sie ist jedoch für institutionelle Investoren oder größere Unternehmen häufig weniger attraktiv.
- Die GmbH & Co. KG kann ebenfalls eine Option darstellen, ist jedoch komplexer in der Ausgestaltung und Verwaltung.

- Die UG hat für Kaltennordheim im Bereich kommunaler Wärmeprojekte nur geringe praktische Bedeutung, da sie für langfristige Infrastrukturaufgaben zu kleinteilig und kapitalarm ist.

Für Kaltennordheim erscheint daher eine GmbH oder eine bürgergetragene Struktur, gegebenenfalls ergänzt durch interkommunale Kooperationen, als besonders prüfenswert. Welche Organisationsform tatsächlich geeignet ist, hängt von der Projektgröße, der gewünschten kommunalen Steuerung, der Beteiligung lokaler Akteure, der Finanzierung und dem langfristigen Betreibermodell ab.

Rechtsform	Juristische Person	Steuerpflicht	Bürgerbeteiligung	Beteiligung Dritter	Kontrolle der Stadt Kaltennordheim	Haftung	Eignung aus Sicht der Bürger
Eigenbetrieb	Nein	Ja*	Nein	Nein	Sehr hoch	Unbeschränkt bei der Stadt	Nur bedingt geeignet, da keine direkte Bürgerbeteiligung möglich ist
Anstalt des öffentlichen Rechts (AöR)	Ja	Ja*	Nein bzw. nur indirekt	Nein; interkommunale Kooperation möglich	Sehr hoch	Unbeschränkt bzw. Gewährträgerschaft der Stadt	Nur bedingt geeignet, da Bürger nicht unmittelbar beteiligt werden können
GmbH	Ja	Ja	Möglich über Geschäftsanteile oder Beteiligungsmodelle	Ja	Hoch, sofern im Gesellschaftsvertrag abgesichert	Beschränkt auf das Gesellschaftsvermögen	Gut geeignet, wenn Bürger- oder Partnerbeteiligung gewünscht ist
GmbH & Co. KG	Nein, rechtsfähige Personengesellschaft	Ja	Möglich	Ja	Hoch, aber abhängig von Vertragsgestaltung	In der Praxis beschränkt durch GmbH als Komplementärin	Grundsätzlich geeignet, jedoch rechtlich und organisatorisch komplex
Genossenschaft (eG)	Ja	Ja	Hoch, über Mitgliedschaft und Stimmrechte	Möglich, aber häufig begrenzt attraktiv für institutionelle Investoren	Niedrig bis mittel, abhängig von Mitgliedschaft und Satzung	Beschränkt auf das Genossenschaftsvermögen	Besonders geeignet für Bürgerwärme und lokale Akzeptanz
Unternehmergesellschaft (UG)	Ja	Ja	Grundsätzlich möglich, praktisch aber meist gering	Ja	Hoch, sofern kommunale Beteiligung besteht	Beschränkt auf das Gesellschaftsvermögen	Eher ungeeignet; Übergangsform mit geringer Kapitalausstattung

*Außerhalb hoheitlicher Aufgaben, wenn Betrieb gewerblicher Art vorliegt

Formen der Bürgerbeteiligung

Für die Stadt Kaltennordheim ist die Bürgerbeteiligung an Energieprojekten ein wichtiger Baustein, um die Akzeptanz in der Bevölkerung zu stärken und zusätzliches Kapital für die Umsetzung lokaler Wärme- und Energieprojekte zu mobilisieren. Der Aspekt der Bürgerbeteiligung spielt bei kommunalen Energieprojekten eine zentrale Rolle, da er einerseits das Vertrauen in die Projekte erhöhen und andererseits eine langfristige, gemeinwohlorientierte und transparente Beteiligung ermöglichen kann. Der folgende Abschnitt beschreibt verschiedene Formen der Bürgerbeteiligung an Energieprojekten, die für Kaltennordheim grundsätzlich relevant sein können.

Nicht jede Form der Bürgerbeteiligung eignet sich gleichermaßen für jedes Projekt. Vor Beginn eines Beteiligungsprozesses sollte daher festgelegt werden, in welcher Form die Beteiligung erfolgen soll. Eine Beteiligung kann sich ausschließlich auf die Entscheidungsebene beschränken, indem Informations-, Anhörungs- oder Mitspracherechte eingeräumt werden. Sie kann aber auch auf die Leistungsebene ausgeweitet werden, bei der Bürger Kapital einbringen, am wirtschaftlichen Risiko beteiligt sind oder an möglichen Gewinnen partizipieren.

Gesellschaftsrechtliche Formen

Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH)

Die GmbH ist eine der gängigsten Rechtsformen für kommunale Energieprojekte. Sie stellt eine Kapitalgesellschaft dar, deren Haftung auf das Gesellschaftsvermögen beschränkt ist. Diese Rechtsform ist besonders geeignet für komplexere und kapitalintensivere Projekte, wie sie in Kaltennordheim im Rahmen der Wärmeversorgung oder anderer erneuerbarer Energieprojekte grundsätzlich denkbar sind.

Die Gründung einer GmbH erfordert mindestens eine Person. Weitere natürliche oder juristische Personen können sich beteiligen. Die GmbH wird durch einen Gesellschaftsvertrag geregelt, der unter anderem Rechte, Pflichten, Geschäftsführung, Kapitalanteile und Entscheidungsstrukturen festlegt. Besonders relevant für Bürgerbeteiligungsmodelle ist die Möglichkeit, Beteiligungs- und Mitspracherechte vertraglich auszugestalten. Dadurch kann die Stadt Kaltennordheim steuernden Einfluss behalten und zugleich weitere Partner oder Bürger einbinden.

Die GmbH haftet ausschließlich mit ihrem Gesellschaftsvermögen, wodurch das Privatvermögen der Gesellschafter geschützt bleibt. Diese Haftungsbegrenzung und die Flexibilität in der Kapitalbeschaffung machen die GmbH zu einer geeigneten Rechtsform für größere oder schrittweise wachsende Energieprojekte. Für Kaltennordheim kann die GmbH insbesondere dann relevant sein, wenn eine professionelle Betreiberstruktur geschaffen und gleichzeitig eine Beteiligung weiterer Akteure ermöglicht werden soll.

Die Unternehmergesellschaft (UG) ist eine Sonderform der GmbH mit reduziertem Startkapital. Sie kann für kleinere Vorhaben geeignet sein, ist für kommunale Energieprojekte in Kaltennordheim jedoch nur eingeschränkt relevant. Grund dafür sind die geringe Kapitalbasis, die eingeschränkte Außenwirkung und die begrenzte Eignung für langfristige Infrastrukturaufgaben.

Steckbrief: GmbH

Kriterium	Bewertung
Gründungs- aufwand	Höherer Aufwand: Eintragung in das Handelsregister notwendig; notariell beurkundeter Gesellschaftsvertrag erforderlich; Gründung unter Umständen mit Musterprotokoll möglich.

Verwaltungs- aufwand	Höherer Aufwand: Jahresabschlüsse müssen erstellt werden; Prüfungs-, Buchführungs- und Publizitätspflichten sind zu beachten.
Ein- und Aus- tritt	Mittlerer Aufwand: Geschäftsanteile können verkauft oder vererbt werden; Rückzahlungen oder Anteilsübertragungen sollten im Gesellschaftsvertrag geregelt werden.
Gesellschaf- terhaftung	Gut: Die Haftung ist grundsätzlich auf das Gesellschaftsvermögen bzw. die jeweiligen Kapitaleinlagen beschränkt; keine Haftung mit dem Privatvermögen der Gesellschafter.
Mitsprache- rechte	Sehr gut: Weitreichende Gestaltungsspielräume, zum Beispiel über Gesellschafterversammlung, Vertretungsrechte, Zustimmungsvorbehalte oder einen Aufsichtsrat.
Mindestkapi- tal	Bei der GmbH: 25.000 Euro; bei der UG: 1 Euro.

Kommanditgesellschaft (KG)

Die Kommanditgesellschaft ist eine Personengesellschaft, bei der mindestens ein Gesellschafter als Komplementär unbeschränkt haftet, während mindestens ein weiterer Gesellschafter als Kommanditist nur mit seiner Einlage haftet.

In Bürgerbeteiligungsprojekten spielt die klassische KG in der Regel eine untergeordnete Rolle. Relevanter wird sie in Kombination mit einer GmbH als haftungsbeschränktem Komplementär. Dieses Modell kann für Kalt-nordheim dann von Interesse sein, wenn eine klare Haftungsbegrenzung für Bürger mit einer flexiblen Kapitalbeschaffung verbunden werden soll. Für rein kommunale Strukturen ist die klassische KG jedoch nur eingeschränkt geeignet, da mindestens ein Gesellschafter unbeschränkt haften muss.

Steckbrief: KG

Kriterium	Bewertung
Gründungs- aufwand	Mittlerer Aufwand: Gesellschaftsvertrag erforderlich; Eintragung in das Handelsregister notwendig.
Verwaltungs- aufwand	Mittlerer Aufwand: Buchführungspflichten sind zu beachten; abhängig von Anzahl und Struktur der Gesellschafter kann der Aufwand steigen.
Ein- und Aus- tritt	Mittlerer Aufwand: Eintritt, Austritt und Auflösung können im Gesellschaftsvertrag geregelt werden; Änderungen sind teilweise registerpflichtig.
Gesellschaf- terhaftung	Eingeschränkt geeignet: Mindestens ein Gesellschafter haftet als Komplementär unbeschränkt; Kommanditisten haften nur mit ihrer Einlage.
Mitsprache- rechte	Problematisch: Kommanditisten sind grundsätzlich von der Geschäftsführung ausgeschlossen und nicht zur Vertretung der Gesellschaft berechtigt. Vertragliche Mitspracherechte sind möglich.
Mindestkapi- tal	Keine gesetzliche Mindesteinlage erforderlich.

Kombination von GmbH und KG (GmbH & Co. KG)

Die GmbH & Co. KG ist eine verbreitete Rechtsform für Beteiligungsprojekte. Dabei übernimmt die GmbH die Rolle des persönlich haftenden Komplementärs, während Bürger, Unternehmen oder weitere Partner als Kommanditisten Kapital einbringen können. Durch diese Konstruktion wird die Haftung in der Praxis begrenzt, da die Komplementärfunktion durch eine haftungsbeschränkte GmbH übernommen wird.

Für Kaltennordheim kann dieses Modell bei größeren Energieprojekten grundsätzlich eine Option darstellen. Es ermöglicht, Kapital von Bürgern oder weiteren Partnern zu mobilisieren, während die Stadt über die GmbH eine steuernde Rolle einnehmen kann. Gleichzeitig ist die GmbH & Co. KG rechtlich und organisatorisch komplexer als eine einfache GmbH oder eine Genossenschaft. Daher sollte diese Rechtsform insbesondere bei größeren Projekten geprüft werden, bei denen mehrere Kapitalgeber beteiligt werden sollen.

Steckbrief: GmbH & Co. KG

Kriterium	Bewertung
Gründungs- aufwand	Hoher Aufwand: Mindestens zwei Gesellschaftsstrukturen erforderlich; Gesellschaftsverträge für GmbH und GmbH & Co. KG; notarielle Beurkundung der GmbH; Eintragung von GmbH und GmbH & Co. KG in das Handelsregister.
Verwal- tungsauf- wand	Hoher Aufwand: Jahresabschlüsse und Buchführungspflichten für GmbH und GmbH & Co. KG; Prüfungs- und Publizitätspflichten sind zu beachten.
Ein- und Austritt	Bei der GmbH eher aufwendig; bei Kommanditisten mittlerer Aufwand, da Kündigung oder Übertragung möglich ist. Rückzahlungen und Anteilsübertragungen sollten vertraglich geregelt werden.
Gesellschaf- terhaftung	Sehr gut: In der Praxis beschränkt auf die jeweiligen Gesellschafteranteile, da die GmbH als Komplementärin haftet.
Mitsprache- rechte	GmbH-Gesellschafter haben gute Mitspracherechte; Kommanditisten haben grundsätzlich nur geringe Mitspracherechte, können aber vertraglich stärker eingebunden werden.
Mindestka- pital	Stammkapital der GmbH: 25.000 Euro; alternativ UG mit mindestens 1 Euro Stammkapital möglich; für Kommanditisten besteht kein gesetzliches Mindestkapital.

Eingetragene Genossenschaft (eG)

Die eingetragene Genossenschaft ist besonders für Bürgerbeteiligungsprojekte geeignet, bei denen demokratische Mitbestimmung, lokale Akzeptanz und eine gemeinwohlorientierte Ausrichtung im Vordergrund stehen. Die Mitglieder der Genossenschaft haben grundsätzlich unabhängig von der Höhe ihrer Einlage je eine Stimme. Dadurch unterscheidet sich die eG deutlich von kapitalorientierten Gesellschaftsformen.

Für Kaltennordheim ist die Genossenschaft besonders attraktiv, wenn Bürger nicht nur als Kapitalgeber auftreten, sondern aktiv an der Ausgestaltung einer lokalen und gemeinwohlorientierten Energieversorgung mitwirken sollen. Sie eignet sich insbesondere für Bürgerwärmeprojekte, gemeinschaftliche erneuerbare Energieanlagen oder lokale Betreibermodelle, bei denen Akzeptanz und Teilhabe eine hohe Bedeutung haben.

Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass die Gründung und Verwaltung einer Genossenschaft mit einem erhöhten organisatorischen Aufwand verbunden ist. Zudem kann die Genossenschaft für institutionelle Investoren oder

größere Unternehmen weniger attraktiv sein, da das demokratische Prinzip der Mitgliederstimme den Einfluss kapitalstarker Beteiligter begrenzt.

Steckbrief: eG

Kriterium	Bewertung
Gründungs- aufwand	Hoher Aufwand: Mindestens drei Mitglieder erforderlich; Prüfung von Businessplan und Satzung durch einen Genossenschaftsverband; Eintragung in das Genossenschaftsregister.
Verwal- tungsauf- wand	Hoch: Regelmäßige Prüfung durch den Genossenschaftsverband; Pflicht zur Erstellung von Jahresabschlüssen; gesetzlich geregelte Prüfungs- und Publizitätspflichten.
Ein- und Austritt	Vergleichsweise einfach: Austritt ist grundsätzlich möglich; Eintritt neuer Mitglieder erfolgt nach Zustimmung der Genossenschaft; Anspruch auf Rückzahlung der Genossenschaftsanteile nach Maßgabe der Satzung.
Gesellschaft- terhaftung	Sehr gut: Die Haftung der Mitglieder kann auf die Genossenschaftsanteile beschränkt werden, sofern die Satzung dies vorsieht.
Mitsprache- rechte	Gut: Mitglieder wählen Vorstand und Aufsichtsrat und verfügen über Antrags-, Rede-, Stimm- und Auskunftsrechte in der Generalversammlung.
Mindestka- pital	Kein festes gesetzliches Stammkapital erforderlich.

Zusammenfassende Bewertung für Kaltennordheim

Für Kaltennordheim kommen verschiedene Formen der Bürgerbeteiligung in Betracht. Die GmbH eignet sich vor allem für Projekte, bei denen eine professionelle Betreiberstruktur, kommunale Steuerung und die Beteiligung weiterer Partner kombiniert werden sollen. Die GmbH & Co. KG kann bei größeren Vorhaben mit mehreren Kapitalgebern sinnvoll sein, ist jedoch rechtlich und organisatorisch anspruchsvoll. Die eingetragene Genossenschaft bietet besonders gute Voraussetzungen für eine breite Bürgerbeteiligung und eignet sich vor allem dann, wenn Akzeptanz, demokratische Mitbestimmung und lokale Wertschöpfung im Vordergrund stehen.

Für kleinere oder vorbereitende Projekte können zunächst einfachere Beteiligungsformen, Informationsformate oder Kooperationen sinnvoll sein. Sobald jedoch Kapital eingeworben, wirtschaftliche Risiken verteilt und dauerhafte Betreiberstrukturen geschaffen werden sollen, ist eine sorgfältige rechtliche und wirtschaftliche Prüfung der geeigneten Rechtsform erforderlich.

Beteiligung der Bürger an kommunalen Unternehmen

Für die Stadt Kaltennordheim bestehen verschiedene Möglichkeiten, Bürger an Projekten der lokalen Energie- und Wärmeversorgung zu beteiligen. Diese reichen von rein kommunal gesteuerten Umsetzungsmodellen bis hin zu Beteiligungsformen, bei denen die Stadt, regionale Partner und die Bürgerschaft gemeinsam eingebunden werden. Die Beteiligung kann dabei sowohl der Akzeptanzförderung als auch der Kapitalmobilisierung dienen.

Für Kaltennordheim sind insbesondere solche Modelle relevant, die eine klare kommunale Steuerung ermöglichen, gleichzeitig aber bürgerschaftliches Engagement und private Kapitalbeiträge zulassen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen gesellschaftsrechtlicher Beteiligung, bei der Bürger Anteile an einer Gesellschaft oder Genossenschaft erwerben, und schuldrechtlicher Beteiligung, bei der Bürger Kapital zur Verfügung stellen, ohne unmittelbar an der Unternehmensführung beteiligt zu sein.

Beteiligung über kommunale Unternehmen oder Projektgesellschaften

Eine Möglichkeit besteht darin, ein kommunales Unternehmen oder eine Projektgesellschaft zu gründen, an der die Stadt Kaltennordheim unmittelbar oder mittelbar beteiligt ist. Eine solche Struktur kann genutzt werden, um Projekte der erneuerbaren Wärmeversorgung, der lokalen Stromerzeugung oder weiterer energiebezogener Vorhaben organisatorisch zu bündeln.

Ein geeignetes Modell kann eine GmbH oder eine GmbH & Co. KG sein. Dabei kann die Stadt über eine kommunale Gesellschaft oder eine Beteiligung an der GmbH eine steuernde Rolle übernehmen. Bürger können sich je nach Ausgestaltung durch Geschäftsanteile, Kommanditanteile oder andere Beteiligungsformen finanziell einbringen. Dieses Modell ermöglicht eine professionelle Projektsteuerung und schafft zugleich die Möglichkeit, Kapital aus der Bevölkerung einzubinden.

Bei einer GmbH & Co. KG übernimmt die GmbH die Rolle des persönlich haftenden Gesellschafters. Bürger können als Kommanditisten Kapital einbringen und am wirtschaftlichen Ergebnis beteiligt werden. Die Haftung der Bürger ist dabei grundsätzlich auf ihre Einlage begrenzt. Für Kaltennordheim kann dieses Modell vor allem bei größeren Energieprojekten relevant sein, wenn eine breitere Kapitalbasis geschaffen und gleichzeitig die kommunale Steuerung gesichert werden soll. Aufgrund der rechtlichen und organisatorischen Komplexität sollte diese Variante jedoch nur bei entsprechendem Projektumfang weiterverfolgt werden.

Beteiligung über eine Genossenschaft

Eine weitere Möglichkeit ist die Gründung oder Beteiligung an einer eingetragenen Genossenschaft. Dabei erwerben Bürger Genossenschaftsanteile und erhalten Mitspracherechte nach dem demokratischen Prinzip „ein Mitglied, eine Stimme“. Dieses Modell eignet sich besonders, wenn eine breite Beteiligung der Bevölkerung, lokale Akzeptanz und gemeinwohlorientierte Zielsetzungen im Vordergrund stehen.

Für Kaltennordheim kann eine Genossenschaft insbesondere dann geeignet sein, wenn Bürger nicht nur Kapital bereitstellen, sondern aktiv an der Entwicklung einer lokalen Energieversorgung mitwirken sollen. Denkbar sind beispielsweise Bürgerwärmeprojekte, gemeinschaftliche erneuerbare Energieanlagen oder Beteiligungsmodelle zur Stärkung der lokalen Wertschöpfung. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass eine Genossenschaft einen höheren organisatorischen Aufwand verursacht und für größere institutionelle Investoren häufig weniger attraktiv ist als kapitalgesellschaftliche Modelle.

Schuldrechtliche Beteiligung

Neben gesellschaftsrechtlichen Beteiligungsformen kommen für Kaltennordheim auch schuldrechtliche Beteiligungsmodelle in Betracht. Diese eignen sich insbesondere dann, wenn Bürger Kapital bereitstellen sollen, ohne unmittelbar Einfluss auf die Geschäftsführung oder strategische Entscheidungen zu nehmen.

Mögliche Formen sind:

- Nachrangige Darlehen: Bürger stellen Kapital zur Verfügung, das verzinst wird. Im Insolvenzfall erfolgt die Rückzahlung jedoch nachrangig gegenüber anderen Gläubigern. Dadurch besteht ein erhöhtes Risiko für die Kapitalgeber.
- Genussrechte oder Genussscheine: Diese Beteiligungsform ähnelt wirtschaftlich teilweise dem Eigenkapital, vermittelt jedoch in der Regel keine Mitspracherechte. Die Vergütung kann fest oder erfolgsabhängig ausgestaltet werden.
- Stille Beteiligungen: Bürger beteiligen sich finanziell an einem Unternehmen, treten nach außen jedoch nicht als Gesellschafter auf. Sie erhalten je nach Vereinbarung eine Gewinnbeteiligung, ohne an der Geschäftsführung beteiligt zu sein.
- Diese Modelle können für Kaltennordheim sinnvoll sein, wenn eine niedrigschwellige finanzielle Beteiligung ermöglicht werden soll. Sie ersetzen jedoch keine transparente Öffentlichkeitsarbeit, da fehlende Mitspracherechte nur dann akzeptiert werden, wenn Zielsetzung, Risiken und Mittelverwendung nachvollziehbar kommuniziert werden.

Beteiligung durch Sparbriefe oder regionale Finanzierungsmodelle

Ein weiteres Beteiligungsmodell kann über Sparbriefe oder vergleichbare Anlageprodukte in Zusammenarbeit mit regionalen Banken oder Sparkassen erfolgen. Bürger stellen dabei Kapital über ein Finanzinstitut bereit und erhalten eine feste Verzinsung. Eine unmittelbare Beteiligung am Unternehmen oder an der Geschäftsführung besteht nicht.

Für Kaltennordheim kann dieses Modell interessant sein, wenn breitere Bevölkerungsschichten indirekt in Energieprojekte eingebunden werden sollen, ohne dass sie unternehmerische Verantwortung übernehmen. Die Umsetzung setzt jedoch voraus, dass ein geeignetes Finanzinstitut bereit ist, ein entsprechendes Produkt aufzulegen und die rechtlichen sowie wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu prüfen.

Umsetzungsmanagement

Für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung in Kaltennordheim ist die Einrichtung eines Umsetzungsmanagements sinnvoll. Dadurch können personelle und fachliche Ressourcen bereitgestellt werden, um Maßnahmen aus der Wärmeplanung anzustoßen, zu koordinieren und langfristig zu begleiten. Das Umsetzungsmanagement kann die Stadtverwaltung bei fachlichen, organisatorischen und kommunikativen Aufgaben unterstützen und als zentrale Schnittstelle zwischen Verwaltung, Politik, Fachakteuren und Bevölkerung dienen.

Eine Förderung entsprechender Personal- oder Umsetzungsstrukturen sollte im weiteren Verfahren geprüft werden. Dabei sind die jeweils aktuellen Förderbedingungen des Landes Thüringen, des Bundes sowie weiterer Programme zu berücksichtigen. Da Förderkulissen regelmäßig angepasst werden, sollte die Finanzierung des Umsetzungsmanagements nicht pauschal vorausgesetzt, sondern projektbezogen geprüft werden.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor ist die enge Vernetzung mit relevanten lokalen und regionalen Akteuren. Dazu gehören insbesondere Energieversorger, Netzbetreiber, Unternehmen, Wohnungswirtschaft, Vereine, Bürgerinitiativen, regionale Finanzinstitute sowie fachliche Beratungsstellen. Durch regelmäßige Abstimmungen kann sichergestellt werden, dass Maßnahmen breit getragen, fachlich abgestimmt und transparent umgesetzt werden.

Das Umsetzungsmanagement sollte durch eine Steuerungsgruppe „AG Energie“ unterstützt werden. Diese kann aus Vertretern der Stadtverwaltung, der Politik sowie weiteren relevanten Akteuren aus Wirtschaft, Gesellschaft und Fachinstitutionen bestehen. Die Arbeitsgruppe dient der Koordination, Priorisierung und Begleitung der Umsetzungsschritte.

Dem Umsetzungsmanagement in Kaltennordheim kommen insbesondere folgende Aufgaben zu:

- Initiierung und Koordination von Maßnahmen im Bereich Wärmeversorgung, erneuerbare Energien und Klimaschutz,
- Ausarbeitung und Begleitung von Projekten in Abstimmung mit lokalen und regionalen Akteuren,
- zentrale Anlaufstelle für Fragen zur Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung,
- Projektmanagement, Koordination und Überwachung einzelner Maßnahmen,
- fachliche Unterstützung bei Planung, Umsetzung und Fördermittelprüfung,
- Organisation und Durchführung von Informationsveranstaltungen,
- systematische Erfassung und Auswertung von Daten im Rahmen von Monitoring und Controlling,
- Unterstützung bei der Entwicklung von Qualitätszielen und Effizienzstandards,
- Aufbau von Netzwerken und Initiierung regelmäßiger Austauschformate,
- Unterstützung der Öffentlichkeitsarbeit und Sicherstellung einer transparenten Kommunikation.

Weitere Umsetzungsstrukturen

Ein zentraler Baustein für die langfristige Verstetigung der kommunalen Wärme- und Energiepolitik in Kaltennordheim ist die Bündelung relevanter Aktivitäten in klaren organisatorischen Strukturen. Dies kann innerhalb der Stadtverwaltung, über ein Umsetzungsmanagement, über eine kommunale Gesellschaft oder über eine projektbezogene Kooperation mit regionalen Partnern erfolgen.

Die Gründung einer kommunalen Gesellschaft, beispielsweise einer GmbH oder einer GmbH & Co. KG, kann dann sinnvoll sein, wenn konkrete Projekte mit eigenem Finanzierungs-, Betriebs- oder Beteiligungsmodell umgesetzt

werden sollen. Für kleinere oder vorbereitende Maßnahmen kann hingegen zunächst eine verwaltungsinterne Koordinierungsstruktur oder eine Arbeitsgruppe ausreichend sein.

Ein kommunales oder kommunal mitgetragenes Unternehmen könnte als Instrument zur Umsetzung energiepolitischer Vorhaben dienen und die Handlungsfähigkeit der Stadt Kaltennordheim bei der Realisierung konkreter Projekte stärken. Projekte aus der kommunalen Wärmeplanung sowie Vorhaben im Bereich erneuerbarer Strom- oder Wärmeerzeugung könnten dadurch gebündelt, gesteuert und weiterentwickelt werden.

Das Umsetzungsmanagement sollte eng mit bestehenden Verwaltungsstrukturen zusammenarbeiten. Wichtige Schnittstellen bestehen insbesondere zu Bauverwaltung, Liegenschaftsmanagement, Hauptverwaltung, Kämmerei, Öffentlichkeitsarbeit und politischen Gremien. So kann sichergestellt werden, dass technische, finanzielle, rechtliche und kommunikative Fragen frühzeitig abgestimmt werden.

Zur Koordination empfiehlt sich die Einrichtung einer Arbeitsgruppe Energie, die regelmäßig tagt und als Plattform für Abstimmungen dient. Diese Arbeitsgruppe kann Maßnahmen priorisieren, Projektstände auswerten, Hemmnisse identifizieren und die nächsten Umsetzungsschritte vorbereiten.

Weitere wichtige Bausteine für die Verstetigung der energiepolitischen Aktivitäten in Kaltennordheim sind:

- Fachliche Beratungsstellen und Energieagenturen, die bei Förderprogrammen, Öffentlichkeitsarbeit und Fachfragen unterstützen können,
- Netzbetreiber, die für die Abstimmung von Strom-, Gas- und möglichen Wärmenetzfragen eine zentrale Rolle einnehmen,
- regionale Energieversorger und Projektentwickler, die technisches Know-how, Betriebserfahrung oder Investitionskapital einbringen können,
- Gewerbetreibende und Unternehmen in der Region, die sowohl als Energieverbraucher als auch als mögliche Erzeuger oder Kooperationspartner auftreten können,
- Wohnungswirtschaft und größere Gebäudeeigentümer, da viele Maßnahmen der Wärmeplanung unmittelbar auf Gebäudebestände wirken,
- regionale Finanzinstitute, die durch geeignete Finanzierungsinstrumente, etwa Bürger-Sparbriefe oder projektbezogene Darlehen, eingebunden werden können,
- Vereine, Bürgerinitiativen und lokale Multiplikatoren, die zur Akzeptanzförderung und zur Verbreitung von Informationen beitragen können.

Die langfristige Verstetigung der kommunalen Wärme- und Energiepolitik in Kaltennordheim erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen Verwaltung, Politik, Unternehmen, Bürgerschaft und Fachinstitutionen. Entscheidend ist der Aufbau belastbarer Netzwerke und transparenter Entscheidungsstrukturen. Dadurch kann die Umsetzung der Wärmeplanung dauerhaft gesichert und schrittweise an die lokalen Rahmenbedingungen angepasst werden.

6.3. Controllingkonzept

Um den tatsächlichen Umsetzungsgrad sowie die Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen zu überprüfen, bedarf es eines kontinuierlichen Controllings und Monitorings. Mit diesem sollen die Entwicklungen in der Umsetzungsphase einzelner Maßnahmen systematisch erfasst, evaluiert, begleitet und die Maßnahmen bei Bedarf angepasst und weiterentwickelt werden. Hiermit soll zugleich gewährleistet werden, dass bei Fehlentwicklungen und Zielabweichungen rechtzeitig gegengesteuert wird bzw. positive Tendenzen aufgegriffen werden. Das Controlling zielt somit neben der Überprüfung des Umsetzungsfortschrittes auch auf eine bessere Regelung des Implementierungsprozesses ab und führt bei Bedarf zur Optimierung einzelner Maßnahmen. Neben der Ebene der einzelnen Maßnahmen ist zudem die strategische Ebene zu beachten. Hierzu zählt auch die regelmäßige Evaluierung und Überprüfung der verfolgten Zielsetzungen, die aufgrund von konkreten Erfahrungen aus der Praxis oder den sich verändernden regulatorischen, technischen oder wirtschaftlichen Rahmenbedingungen hinterfragt und bei Bedarf angepasst werden können. Diese können sich durch die Anpassung der Gesetzgebung durchaus ändern. In diesem Fall kann auch die Anpassung der übergeordneten Zielsetzungen relevant sein.

Im Fokus des Controllings steht somit sowohl die strategische Ebene der Gesamtzielsetzung als auch einzelne Detailvorhaben d.h. die erfolgreiche Implementierung einzelner Maßnahmen. Vor diesem Hintergrund muss das Controlling sowohl eine generalisierende Top-down- als auch eine maßnahmenspezifische Bottom-up-Herangehensweise enthalten. In der wirtschaftswissenschaftlichen Terminologie entspricht erstere dem strategischen und letztere dem operativen Controlling.

Monitoring

Die Top-down-Vorgehensweise betrachtet das gesamte Untersuchungsgebiet und überprüft, ob die definierten Ziele erreicht werden können und welche Effekte die bereits umgesetzten Schritte haben. Dabei lassen sich auch Veränderungen der Rahmenbedingungen oder übergreifende Auswirkungen verschiedener Maßnahmen erkennen, sodass die strategischen Ziele bei Bedarf angepasst werden können. Für die erfolgreiche Umsetzung des Konzeptes wird daher ein kontinuierliches Monitoring empfohlen.

Dieses Monitoring soll die laufenden und abgeschlossenen Maßnahmen erfassen und bewerten. Ein wichtiger Bestandteil ist dabei die Analyse möglicher Hemmnisse, die während der Umsetzung aufgetreten sind. Außerdem sollte die Zusammenarbeit der beteiligten Akteure sowie die Wirksamkeit bestehender oder neu geschaffener Strukturen bewertet werden. Das Monitoring soll zudem relevante Änderungen der gesetzlichen oder politischen Rahmenbedingungen – etwa im Hinblick auf Förderprogramme, regulatorische Vorgaben oder andere zentrale Faktoren – berücksichtigen. Daraus können sich neue Handlungsfelder ergeben oder bestehende Maßnahmen hinsichtlich Priorität, Reihenfolge oder Ausgestaltung angepasst werden.

Die zentralen Ergebnisse des Monitorings sollten in einem kompakten Bericht zusammengefasst werden. Als Format eignet sich beispielsweise ein Geschäftsbericht, der im Falle einer Kommunalen Holding ohnehin erstellt

werden müsste. Das Monitoring sollte möglichst effizient gestaltet sein und vor allem eine strukturierte Übersicht über die bereits erfolgten und die geplanten Schritte geben, zum Beispiel in Form einer tabellarischen Maßnahmenübersicht. Wichtig ist dabei, dass die Dokumentation einfach fortgeführt und aktualisiert werden kann. Falls ein zeitlich befristetes Umsetzungsmanagement eingerichtet wird, kann dieses den Aufbau des Monitorings übernehmen. Ebenso ist eine Einbindung des Klimaschutzmanagements der Stadt Kaltennordheim denkbar.

Die gesetzlich vorgesehene **Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung** bietet eine geeignete Form zur regelmäßigen Aktualisierung der Datengrundlagen, Überprüfung des regulatorischen Rahmens und ggf. auch die Neubewertung der Empfehlungen zur Gestaltung der Wärmeversorgung. Zumal in einzelnen Bereichen zum Zeitpunkt der Entstehung des vorliegenden Konzeptes noch keine Klarheit über die künftige Ausrichtung bestand bzw. die zuständigen Unternehmen noch in der Formulierung ihrer Strategien sind (Wasserstoff, Strategie zur langfristigen Nutzung der Gasinfrastruktur usw.).

Als **Datengrundlage** für das Controlling können die im Rahmen der vorliegenden Wärmeplanung erhobenen Daten jedoch nur mit Einschränkungen dienen. Wie bereits anfangs erwähnt bestand zum Zeitpunkt der Datenerhebung keine gesetzlich verpflichtende Regelung zur Datenbereitstellung für kommunale Wärmeplanungen bzw. die datenhaltenden Stellen befanden in der Entwicklung von Standards und Formen der Datenbereitstellung bzw. einzelne datenhaltende Stellen verweigerten gänzlich ihre Kooperation. Aus diesem Grund ist der Datensatz auf dem die vorliegende Wärmeplanung beruht unvollständig und musste durch diverse statistische Daten und insbesondere kennwertbasierte Rechenverfahren ergänzt werden. Zwar ist die Plausibilität der Ergebnisse überwiegend gegeben, dennoch können sich durch eine bessere Datenlage punktuell Abweichungen ergeben. Insbesondere für weitergehende Planungen, die auf die Umsetzung konkreter Wärmenetze ausgerichtet sind, ist eine Optimierung der Datenbasis erforderlich.

Mit Blick auf mögliche technologische Entwicklungen, Entwicklungen der Förderlandschaft und gesetzliche Anpassungen bspw. im Bereich des GEGs können sich künftig auch Rahmenbedingungen ergeben, die abweichende Einschätzungen zur Eignung einzelner Gebiete für zentrale oder dezentrale Lösungen begründen. Auch diese Entwicklungen sind im Rahmen des Monitorings und der Fortschreibung des Wärmeplans zu berücksichtigen.

Vor diesem Hintergrund ist die vorliegende Wärmeplanung als Momentaufnahme zu verstehen, die auf Basis von aktuellen Daten und unter Einbeziehung aktuellen technischen, wirtschaftlichen und regulatorischen Bedingungen der kontinuierlich fortgeschrieben werden muss.

Maßnahmencontrolling

Um den tatsächlichen Fortschritt und die Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen zu beurteilen, ist ein kontinuierliches Controlling erforderlich. Dieses dient dazu, die Umsetzung der Maßnahmen systematisch zu erfassen, zu bewerten und zu begleiten sowie bei Bedarf Anpassungen und Weiterentwicklungen vorzunehmen. Auf diese

Weise kann rechtzeitig auf Fehlentwicklungen oder Abweichungen von den Zielen reagiert und positive Entwicklungen gezielt aufgegriffen werden. Controlling bedeutet somit nicht nur die Überwachung des Umsetzungsstandes, sondern auch die aktive Steuerung und Optimierung des gesamten Implementierungsprozesses.

Das Controlling auf Ebene der einzelnen Maßnahmen dient der operativen Steuerung und umfasst die Bewertung des Erfolgs sowie die Effizienz der konkreten Maßnahmen. Zudem unterstützt es die Umsetzung der Maßnahmen und ihre einzelnen Schritte. Hierbei ist es erforderlich, Hindernisse auszuwerten und Optimierungspotenziale auf der Ebene der Maßnahmen zu identifizieren, was als Prozess-Management betrachtet wird.

Inhalt des Maßnahmen-Controllings ist zunächst die Festlegung von Kriterien und Indikatoren, anhand derer der Erfolg einer Maßnahme beurteilt werden kann. Bei „harten“ Maßnahmen, wie einer Machbarkeitsstudie für den Wärmenetzausbau (M-15) oder der Sanierung von Gebäuden (M-20), ermöglichen Kennzahlen konkrete Rückschlüsse auf den Energieverbrauch und den Ausstoß von Treibhausgasen. Für solche Maßnahmen können messbare Indikatoren wie die Einsparung von Energie oder die Anzahl sanierter Gebäude verwendet werden, die es ermöglichen, den Fortschritt und Erfolg der Maßnahme zu bewerten.

Für „weiche“ Maßnahmen, wie Beratung, Informationskampagnen oder Sensibilisierung (z. B. Maßnahmen 1-4), sind direkte und unmittelbare Rückschlüsse auf den Energieverbrauch und den Treibhausgasausstoß schwieriger zu ziehen, da die Auswirkungen verzögert eintreten oder durch externe Faktoren beeinflusst werden. Hier wird der Erfolg anhand von quantifizierbaren Werten wie der Zahl der durchgeführten Veranstaltungen, Teilnehmerzahlen oder der Anzahl veröffentlichter Artikel bewertet. Auch Umfragen zur Teilnehmerzufriedenheit oder Rückmeldungen aus Beratungsgesprächen können als Indikatoren dienen, um die gesellschaftliche Resonanz und Wirkung der Maßnahme zu beurteilen. Die Evaluation dieser „weichen“ Maßnahmen könnte durch Kurzinterviews oder Fragebögen erfolgen, was allerdings eine arbeitsaufwendige Methode ist und nur in bestimmten Rahmenbedingungen (z. B. im Zuge von Schul- oder Forschungsprojekten) durchgeführt werden kann.

Besonders bei langfristigen und komplexen Maßnahmen, wie etwa der Gründung eines lokalen Energieversorgungsunternehmens (M-7), ist es wichtig, regelmäßige Zwischenbewertungen durchzuführen und den Fortschritt mit dem festgelegten Realisierungsplan zu vergleichen. Dies ermöglicht es, den Fortschritt zu überwachen und gegebenenfalls Anpassungen im Umsetzungsprozess vorzunehmen.

Für die Erstellung solcher Realisierungspläne kann das Kapitel 6.2 genutzt werden. Dort sind Umsetzungsmöglichkeiten gesellschaftsrechtlicher Formen beschrieben, die beispielsweise bei der Gründung eines lokalen Energieversorgungsunternehmens (M-7) oder bei der Initiierung von Arbeitsgruppen und Gründung von Energiegemeinschaften zur Wärmewende (M-8) beachtet und realisiert werden können.

Für die entwickelten Maßnahmen sind die entsprechenden Indikatoren für das Maßnahmen-Controlling und ihre Datenquellen in der nachfolgenden Tabelle 41 zu sehen.

Tabelle 41: Maßnahmencontrolling

Nr.	Titel der Maßnahme	Erfolgsindikatoren	Datenquelle
Handlungsfeld 1: Information und Beratung			
1.	Einstellung eines kommunalen Energiemanagers für Beratung und Koordination	Besetzung der Stelle; Anzahl koordinierter Energie- und Wärmeprojekte; Anzahl durchgeführter Beratungen; Anzahl begleiteter Förderanträge; Höhe eingeworbener Fördermittel; Anzahl fachlicher Abstimmungen mit Verwaltung, Versorgern und lokalen Akteuren	Stellenplan und Personalunterlagen; Tätigkeitsberichte; internes Controlling; Beratungsdokumentation; Fördermittelanträge und Förderbescheide; Sitzungs- und Abstimmungsprotokolle
2.	Veranstaltungsreihen zur Wärmewende	Anzahl durchgeführter Veranstaltungen; Teilnehmerzahl je Veranstaltung; thematische Abdeckung der Veranstaltungsreihe; Rücklaufquote und Bewertung aus Feedbackbögen; Anzahl anschließender Beratungsgespräche oder Kontaktaufnahmen	Anmeldelisten; Teilnehmerzahlungen; Veranstaltungsdokumentation; Feedbackbögen; Beratungstatistik; Kontakt- und Anfragelisten
3.	Informationsangebote zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen	Anzahl veröffentlichter Informationsangebote; Aktualität der Inhalte; Zugriffszahlen auf digitale Angebote; Anzahl Downloads; Anzahl eingegangener Rückfragen; Zahl weiterführender Beratungen	Website-Analytics; Downloadstatistiken; Veröffentlichungsplan; Anfragen an Verwaltung oder Energiemanager; Kampagnenauswertung
4.	Verstetigung des Kommunikationskonzeptes und Nutzung digitaler Plattformen für Information	Regelmäßigkeit der Veröffentlichungen; Zugriffszahlen auf Website und digitale Plattformen; Anzahl Downloads und Kontaktaufnahmen; Interaktionsrate; Anzahl abonnierter Newsletter oder vergleichbarer Informationskanäle	Webtraffic-Analyse; Newsletter-Statistik; Social-Media- oder Plattformausswertungen; Redaktionsplan; Anfragenstatistik
Handlungsfeld 2: Vernetzung, Kooperation und Organisation			
5.	Errichtung einer Steuerungsgruppe zur Wärmewende	Einrichtung der Steuerungsgruppe; Anzahl Sitzungen pro Jahr; Teilnahmequote der eingeladenen Schlüsselakteure; Anzahl abgestimmter Maßnahmen; Anzahl vorbereiteter Beschlüsse oder Strategiepapiere	Einsetzungsbeschluss; Geschäftsordnung; Sitzungsprotokolle; Teilnehmerlisten; Beschlussvorlagen; Strategiepapiere
6.	Integration der Wärmeplanung in konzeptionelle Planungsvorhaben	Anzahl berücksichtigter Wärmeaspekte in Bauleitplanung, Stadtentwicklung und Infrastrukturplanung; Anzahl interner Abstimmungstermine; Anzahl geprüfter Flächen mit Wärmebezug; Zahl übernommener Aussagen aus der Wärmeplanung in andere Konzepte	Flächennutzungs- und Bebauungspläne; Stadtentwicklungskonzepte; Klimaschutz- und Mobilitätskonzepte; verwaltungsinterne Stellungnahmen; Abstimmungsprotokolle

Handlungsfeld 3: Förderungen und Marktwirtschaftliche Instrumente			
7.	Gründung eines lokalen Energieversorgungsunternehmens	Projektstatus der Gründung; politischer Grundsatzbeschluss; gewählte Rechtsform; erstelltes Geschäftsmodell; Anzahl erschlossener Anschlüsse oder Kunden nach Betriebsstart; jährliche Wärme- oder Energiemenge; Anteil erneuerbarer Energien im Portfolio	Beschlussdokumente; Gründungs- und Registerunterlagen; Wirtschaftlichkeitsberechnungen; Businessplan; Betriebsberichte; Jahresabschlüsse; Förder- und Finanzierungsunterlagen
8.	Initiierung von Arbeitsgruppen und Gründung von Energiegemeinschaften zur Wärmewende	Anzahl gegründeter Arbeitsgruppen oder Projektgemeinschaften; Mitgliederzahl; Anzahl Sitzungen; Anzahl konkreter Projektideen; Anzahl realisierter Projekte; Beteiligung aus Bevölkerung, Unternehmen und Verwaltung	Teilnehmerlisten; Sitzungsprotokolle; Projektsteckbriefe; Umfragen zur Beteiligungsbereitschaft; Gründungsunterlagen; Projektberichte
9.	Förderung von Bürgerinitiativen und lokalen Projekten	Anzahl unterstützter Initiativen; Anzahl bewilligter Förderanträge; bereitgestellte Fördermittel; Anzahl umgesetzter Einzelmaßnahmen; nachweisbare Wirkung der Projekte, soweit quantifizierbar	Förderanträge; Förderbescheide; Verwendungsnachweise; Projektdokumentationen; Abschlussberichte; Beteiligungsberichte
Handlungsfeld 4: Integrierte Wärme- und Flächenplanung			
10.	Abgestimmte Infrastrukturplanung für Energieversorgung	Anzahl durchgeführter Abstimmungen mit Netzbetreibern und Versorgungsträgern; Anzahl abgestimmter Planungsgrundlagen; Anzahl geprüfter Netz- oder Trassenoptionen; Anteil der relevanten Infrastrukturprojekte mit dokumentierter Abstimmung	Planungsdokumente; Netzbetreiberabstimmungen; Trassen- und Infrastrukturkonzepte; Protokolle mit Versorgern und Behörden; Umsetzungsberichte
11.	Integration von Wärmeplanung und energetischer Bebauung in der Stadtplanung	Anzahl Bauleitplanverfahren mit Energie- oder Wärmebezug; Anzahl städtebaulicher Konzepte mit energetischen Anforderungen; Anteil von Neubauvorhaben mit erneuerbarer Wärmeversorgung; Anzahl abgestimmter Vorgaben für energieeffiziente Quartiere	Bebauungspläne; städtebauliche Verträge; Stadtentwicklungskonzepte; Bauanträge; Energiekonzepte für Bauprojekte; Nachhaltigkeits- oder Projektberichte
12.	Machbarkeitsstudie Wärmenetzausbau in Kaltensundheim	Fertigstellung der Machbarkeitsstudie; Anzahl geprüfter Versorgungsvarianten; Bewertung von Wirtschaftlichkeit, Trassenführung und Wärmequellen; Empfehlung zu Ausbaugebieten; politischer oder fachlicher Beschluss zum weiteren Vorgehen	Studienbericht; Berechnungen und Planungsunterlagen; Fachgutachten; GIS-Daten; Beschlussvorlagen; Abstimmungsprotokolle mit Versorgern
13.	Erweiterung Wärmenetz in Kaltennordheim	Projektstatus der Erweiterung; gefasster Umsetzungs- oder Investitionsbeschluss; geplante und realisierte Trassenlänge;	Netzplanung; Bau- und Umsetzungsberichte; Betreiberberichte;

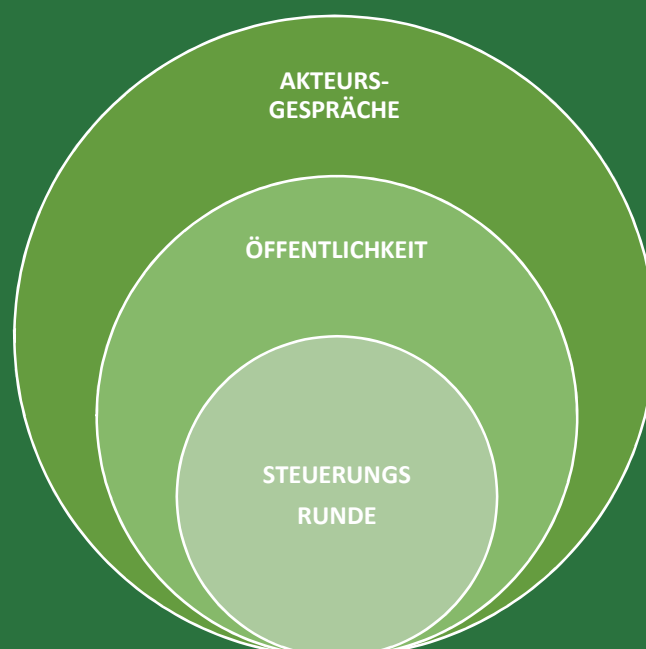
		Anzahl neuer Hausanschlüsse; jährlicher Wärmeabsatz; Anteil erneuerbarer Wärme oder unvermeidbarer Abwärme; Baufortschritt	Anschlussverträge; Wärmemengenzähler; Förderbescheide; Investitions- und Projektunterlagen
14.	Innovatives Pilotprojekt zur nachhaltigen Stadtentwicklung	Projektstatus; erreichte Projektmeilensteine; Anzahl beteiligter Akteure; erreichte Energie-, Flächen- oder THG-Effekte; dokumentierte Übertragbarkeit auf andere Orte; externe fachliche Bewertung, falls vorhanden	Projektunterlagen; Meilensteinplanung; Fachgutachten; Monitoringberichte; Energie- und THG-Bilanzen; Beteiligungs- und Finanzierungsberichte

7. Konzeptbegleitende Infor- mation- und Öffentlichkeitsar- beit

Im Rahmen des Projekts wurde eine Kommunikationsstrategie entwickelt, die darauf abzielt, die relevanten Akteure vor Ort einzubeziehen. Diese Akteure wurden in unterschiedlichen Rollen eingeladen, den Prozess zu begleiten, aktiv Unterstützung zu leisten und beratend tätig zu werden.

Die Kommunikationsstrategie orientierte sich an den Vorgaben der Handreichung zum KWW-Musterleistungsverzeichnis WPG zur Ausschreibung einer Kommunalen Wärmeplanung vom 18. Juli 2024 sowie an den Empfehlungen des Arbeitsblatts der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW) FW 701 „Kommunale Wärmeplanung: Organisation, Kommunikation und planungsrechtlicher Rahmen“. Auf dieser Basis wurden die einzelnen Schritte und Maßnahmen für die Kommunikation abgestimmt und strukturiert.

Die im Rahmen der Strategie gewählten Formate sowie die beteiligten Stakeholder werden im folgenden Kapitel näher erläutert.



7.1. Projektorganisation

Kommunikationsstruktur und Projektsteuerung

Eine strukturierte Kommunikation ist ein wesentlicher Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung. Sie unterstützt die fachliche Bearbeitung, schafft Transparenz gegenüber Verwaltung, Akteuren und Öffentlichkeit und trägt dazu bei, die Ergebnisse der Wärmeplanung nachvollziehbar zu vermitteln. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für die Stadt Kaltennordheim wurde daher eine begleitende Informations- und Öffentlichkeitsarbeit umgesetzt, die an zentralen Meilensteinen des Planungsprozesses ansetzte.

Die Kommunikation erfolgte in enger Abstimmung zwischen Auftraggeberin und Auftragnehmer. Dabei wurden die wesentlichen Arbeitsschritte, Datenbedarfe, Beteiligungsformate und Veröffentlichungen abgestimmt. Ziel war es, die fachliche Bearbeitung der Wärmeplanung organisatorisch zu begleiten und die relevanten Zielgruppen zu geeigneten Zeitpunkten in den Prozess einzubinden oder über den Projektfortschritt zu informieren.

Zu Beginn der Bearbeitung wurden die grundlegenden Rahmenbedingungen, Zuständigkeiten und Kommunikationswege festgelegt. Dies umfasste insbesondere die Abstimmung zwischen Stadtverwaltung, Verwaltungsgemeinschaft Hohe Rhön und Auftragnehmer sowie die Einordnung relevanter Akteure für den weiteren Prozess. Die Kommunikationsstruktur diente dazu, Informationen zielgerichtet weiterzugeben, Rückmeldungen aufzunehmen und die einzelnen Bearbeitungsschritte nachvollziehbar zu dokumentieren.

Die begleitende Kommunikation verfolgte dabei insbesondere folgende Zielsetzungen:

- Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses über Anlass, Zielsetzung und Ablauf der kommunalen Wärmeplanung
- Information relevanter Akteure über Datenbedarfe, methodisches Vorgehen und zentrale Zwischenergebnisse
- Einbindung lokaler Kenntnisse zu bestehenden Strukturen, Planungen, Hemmnissen und Entwicklungsmöglichkeiten
- Transparente Vermittlung der Ergebnisse gegenüber Öffentlichkeit und politischen Entscheidungsträgern
- Vorbereitung der späteren Umsetzung durch frühzeitige Sensibilisierung für zentrale Handlungsfelder der Wärmewende

Für Kaltennordheim war dabei besonders relevant, dass die Kommunikation an die kleinstädtisch-ländliche Struktur und die räumliche Gliederung der Stadt mit ihren Ortsteilen angepasst wurde. Die Wärmeplanung betrifft unterschiedliche Ausgangslagen, Siedlungsstrukturen und Versorgungsbedingungen. Daher wurde die Öffentlichkeitsarbeit so ausgerichtet, dass sowohl fachliche Akteure als auch Bürger einen verständlichen Zugang zum Planungsprozess erhalten konnten.

7.2. Akteursstruktur

Lokale Stakeholder in der Gemeinde Kaltennordheim

Aufbauend auf der Projektorganisation wurden die für die kommunale Wärmeplanung relevanten Akteure identifiziert und in den Prozess eingeordnet. Die Akteursstruktur umfasste sowohl lokale Stellen mit direktem Bezug zur Stadt als auch regionale Ansprechpartner, deren Zuständigkeiten für Energieversorgung, Infrastruktur, Verwaltung oder weitere Fachthemen von Bedeutung sind.

Die Akteursbetrachtung diente dazu, relevante Perspektiven frühzeitig zu berücksichtigen und fachliche Hinweise für die Bearbeitung der Wärmeplanung zugänglich zu machen. Im Mittelpunkt standen insbesondere Akteure, die Informationen zu bestehenden Versorgungsstrukturen, Energieinfrastrukturen, kommunalen Liegenschaften, größeren Wärmeverbrauchern, Entwicklungsabsichten oder lokalen Rahmenbedingungen beitragen konnten.

Zu den grundsätzlich relevanten Akteursgruppen zählten insbesondere:

- Stadtverwaltung Kaltennordheim und Verwaltungsgemeinschaft Hohe Rhön
- Netzbetreiber und Energieversorger
- Betreiber öffentlicher und sozialer Einrichtungen
- Gewerbe, Handwerk und größere Wärmeverbraucher
- Wohnungswirtschaft und Eigentümer größerer Gebäudebestände
- Bürger der Stadt Kaltennordheim und der Ortsteile

Die Einbindung dieser Akteursgruppen erfolgte nicht dauerhaft in gleicher Intensität, sondern anlassbezogen entsprechend der jeweiligen Projektphase. Während zu Beginn vor allem organisatorische und methodische Fragen im Vordergrund standen, verlagerte sich der Fokus im weiteren Prozess zunehmend auf die Diskussion lokaler Rahmenbedingungen, möglicher Versorgungsoptionen und der verständlichen Vermittlung der Ergebnisse.

Der Akteursworkshop stellte dabei ein zentrales Beteiligungsformat dar. Er ermöglichte die strukturierte Einbindung ausgewählter Fachakteure und lokaler Vertreter. Im Rahmen des Workshops konnten Hinweise zu bestehenden Infrastrukturen, bekannten Herausforderungen, lokalen Besonderheiten und möglichen Entwicklungsperspektiven eingebracht werden. Diese Rückmeldungen dienten der fachlichen Einordnung der Analyseergebnisse und unterstützten die Ableitung realistischer Handlungsansätze für die weitere Wärmeplanung.

7.3. Partizipationsprozesse

Beteiligungsformate und Optionen zur Mitwirkung

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für Kaltennordheim wurde ein kompakter, aber zielgerichteter Partizipations- und Informationsprozess umgesetzt. Diese kombinierten internen Projektabstimmungen, die Einbindung relevanter Akteure sowie eine öffentliche Information der Bürger. Ergänzend wurden schriftliche Informationsbeiträge über kommunale Kommunikationskanäle bereitgestellt.

Zu Beginn des Projektes wurde ein Kick-off durchgeführt. Dieser diente der gemeinsamen Einordnung von Zielsetzung, Ablauf, gesetzlichen Rahmenbedingungen und methodischem Vorgehen der kommunalen Wärmeplanung. Zudem wurden Zuständigkeiten, Datenbedarfe, Zeitplanung und Kommunikationswege abgestimmt. Der Kick-off bildete damit die organisatorische Grundlage für die weitere Bearbeitung. Gleichzeitig wurde ein gemeinsames Verständnis darüber geschaffen, welche Ergebnisse im Rahmen der Wärmeplanung erarbeitet werden, welche Aussagekraft diese Ergebnisse besitzen und welche Rolle die Wärmeplanung als strategisches Orientierungsinstrument für die zukünftige Wärmeversorgung einnimmt.

Ein weiterer zentraler Bestandteil der Beteiligung war ein Akteursworkshop. In diesem Format wurden relevante lokale und regionale Akteure in die Bearbeitung einbezogen. Der Workshop diente dazu, die fachlichen Zwischenergebnisse vorzustellen, lokale Einschätzungen aufzunehmen und Hinweise zu bestehenden Strukturen, möglichen Entwicklungsschwerpunkten und Hemmnissen zu sammeln.

Im Mittelpunkt standen insbesondere Fragen zur heutigen Wärmeversorgung, zu vorhandenen oder perspektivisch relevanten Infrastrukturen, zu möglichen Eignungsräumen für unterschiedliche Versorgungsoptionen sowie zu lokalen Besonderheiten in der Kernstadt und den Ortsteilen. Die Hinweise der Teilnehmenden wurden fachlich eingeordnet und im weiteren Planungsprozess berücksichtigt, soweit sie für die Bestandsanalyse, Potentialanalyse, Gebietsbewertung oder Maßnahmenentwicklung relevant waren.

Der Akteursworkshop trug dazu bei, die Wärmeplanung stärker an den örtlichen Gegebenheiten auszurichten. Gerade in einer kleinstädtisch-ländlich geprägten Stadt mit mehreren Ortsteilen ist lokales Wissen von besonderer Bedeutung, da sich Siedlungsstruktur, Gebäudebestand, Versorgungsinfrastruktur und Entwicklungsperspektiven räumlich deutlich unterscheiden können.

Zur Information der Öffentlichkeit wurde eine Bürgerinformationsveranstaltung durchgeführt. In dieser Veranstaltung wurden die wesentlichen Inhalte der kommunalen Wärmeplanung allgemeinverständlich vorgestellt. Dazu gehörten insbesondere die Ausgangslage der Wärmeversorgung, das methodische Vorgehen, zentrale Ergebnisse der Analyse, mögliche zukünftige Versorgungsoptionen sowie die Rolle der kommunalen Wärmeplanung im Zusammenhang mit dem Wärmeplanungsgesetz.

Ein wichtiger Bestandteil der Veranstaltung war die Einordnung der Reichweite und Grenzen der Wärmeplanung. Dabei wurde vermittelt, dass die kommunale Wärmeplanung ein strategisches Planungsinstrument ist und keine unmittelbare Verpflichtung für einzelne Gebäude oder Eigentümer begründet. Gleichzeitig wurde dargestellt, wie die Ergebnisse der Wärmeplanung als Orientierung für zukünftige Entscheidungen, weiterführende Untersuchungen und mögliche Umsetzungsmaßnahmen genutzt werden können.

Die Veranstaltung bot den Bürgern die Möglichkeit, Fragen zu stellen, Hinweise einzubringen und Unsicherheiten zum Verfahren zu adressieren. Dadurch konnte die Transparenz des Planungsprozesses erhöht und ein Beitrag zur Verständlichkeit der Ergebnisse geleistet werden.

Ergänzend zu den Veranstaltungen wurden zwei Informationsbeiträge für die kommunale Internetseite und das Amtsblatt erstellt. Diese Beiträge dienten dazu, Anlass, Zielsetzung, Ablauf und zentrale Inhalte der kommunalen

Wärmeplanung einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Über die Nutzung bestehender kommunaler Kommunikationskanäle konnten auch Personen erreicht werden, die nicht unmittelbar an den Beteiligungsformaten teilgenommen haben.

Die Veröffentlichungen hatten eine begleitende Informationsfunktion. Sie ordneten die kommunale Wärmeplanung in den lokalen Kontext ein, machten den Projektfortschritt sichtbar und unterstützten die öffentliche Nachvollziehbarkeit des Verfahrens. Gleichzeitig wurde damit ein niedrigschwelliger Zugang zu grundlegenden Informationen geschaffen.

Die im Rahmen der Veranstaltungen und Veröffentlichungen eingebrachten Fragen, Hinweise und Rückmeldungen wurden im weiteren Bearbeitungsprozess fachlich eingeordnet. Dabei standen insbesondere solche Hinweise im Vordergrund, die zur Plausibilisierung der Analyse, zur Bewertung lokaler Rahmenbedingungen oder zur Einordnung möglicher Maßnahmen beitragen konnten.

Die Dokumentation der Kommunikations- und Beteiligungsschritte unterstützt die Nachvollziehbarkeit des Planungsprozesses. Sie zeigt, zu welchen Zeitpunkten zentrale Zielgruppen informiert oder eingebunden wurden und wie die Öffentlichkeitsarbeit zur Vermittlung der kommunalen Wärmeplanung beigetragen hat.

Insgesamt wurde die kommunale Wärmeplanung durch eine gezielte Informations- und Öffentlichkeitsarbeit begleitet. Die Kombination aus Kick-off, Akteursworkshops, Bürgerinformationsveranstaltung sowie begleitenden Beiträgen für Internetseite und Amtsblatt ermöglichte eine strukturierte Ansprache der wesentlichen Zielgruppen. Auch wenn die Beteiligung bewusst kompakt gehalten wurde, setzte sie an den zentralen Meilensteinen des Planungsprozesses an und leistete einen wichtigen Beitrag zur Transparenz, Akzeptanz und späteren Umsetzungsorientierung der Wärmeplanung in Kaltennordheim.

Anhang

Literaturverzeichnis

- Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (Januar 2013). *unendlich-viel-energie: Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern: Teilkapitel - Einleitung*. Abgerufen am 1. Juli 2025 von https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/240.AEE_Potenzialatlas_Bioenergie_Einleitung_jan13.pdf
- Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Passau. (kein Datum). *aelf: Kurzumtriebsplantage - Energie vom Acker*. Abgerufen am 15. Juli 2025 von <https://www.aelf-pa.bayern.de/forstwirtschaft/holz/069846/index.php?layer=bookmark&>
- Baunetz Wissen. (November 2024). *Power-to-Gas-Verfahren*. Von <https://www.baunetzwissen.de/glossar/p/power-to-gas-4648301> abgerufen
- Bayrischer Waldbesitzverband e.V. (kein Datum). *waldbesitzverband: Abrechnungsmaße und Umrechnungsfaktoren*. Abgerufen am 15. Juli 2025 von https://www.waldbesitzverband.de/pdf/mitteilungen/4-2-09_abrechnungsmasse-umrechnungsfaktoren.pdf
- Bionenergie-Region. (kein Datum). *Bionenergie-Region: Anlage von Kurzumtriebsplantagen in der Bioenergieregion Jena-Saale-Holzland*. Abgerufen am 15. Juli 2025 von <http://www.bioenergie-region.de/images/pdf/Bericht.pdf>
- Blickensdörfer, L. S. (2021). *National-scale crop type maps for Germany from combined time series of Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat 8 data (2017, 2018 and 2019)*. Abgerufen am 2. Juli 2025 von <https://zenodo.org/records/5153047>
- Bundes Architekten Kammer. (09. 07 2025). *EU-Gebäuderichtlinie (EPBD)*. Von <https://bak.de/politik-und-praxis/klima-energie-und-ressourcen/energie-2/gesetze-und-richtlinien/eu-gebäudeurichtlinie/> abgerufen
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (kein Datum). *BfEE: Plattform für Abwärme*. Abgerufen am Juli 2025 von https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (7. November 2024). *Landwirtschaft: Energie aus nachwachsenden Rohstoffen*. Abgerufen am 2. Juli 2025 von <https://www.landwirtschaft.de/umwelt/klimawandel/erneuerbare-energien/energie-aus-nachwachsenden-rohstoffen>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2. Juli 2024). *Praxis-Agrar: Energiepflanzen für die Biogaserzeugung*. Abgerufen am 2. Juli 2025 von <https://www.praxis-agrar.de/betrieb/erneuerbare-energien/energiepflanzen-fuer-die-biogaserzeugung>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (23. Mai 2025). *praxis-agrar: Was wächst auf Deutschlands Feldern?* Abgerufen am 16. Juli 2025 von <https://www.praxis-agrar.de/service/infografiken/landwirtschaftlich-genutzte-flaeche>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (November 2024). *Klimaschutzplan 2050*. Von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-klimaschutzplan-2050.html> abgerufen

Bundesregierung. (2025). *CO2-Preis beträgt jetzt 55 Euro*.

co2online. (Oktober 2024). *Energiesparen im Haushalt*. Von <https://www.co2online.de/energiesparen/> abgerufen

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). (2023). *Branchenbarometer Biomethan 2023*. Berlin.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). (2024). *Branchenbarometer Biomethan 2024*. Berlin.

ecospeed. (2022). Von Homepage: <https://ecospeed.eu/> abgerufen

Energieagentur Rheinland-Pfalz. (November 2024). *Praxisleitfaden Nahwärme*. Von https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/Praxisleitfaeden/Praxisleitfaden_Nahwaerme.pdf abgerufen

Europäisches Parlament. (kein Datum). *"20-20-20 bis 2020": EP debattiert Klimaschutzpaket*. Brüssel.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2015). *fnr: Heizen mit Stroh*. Abgerufen am 16. Juli 2025 von https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/broschuere_heizen_stroh_web_2015_neu.pdf

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (kein Datum). *fnr: Wirtschaftsdüngervergärung*. Abgerufen am 22. Juli 2025 von <https://biogas.fnr.de/wirtschaftsduenger/wirtschaftsduengervergaerung/>

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. (kein Datum). *fnr: Faustzahlen*. Abgerufen am 2. Juli 2025 von <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>

HEID Energieberatung, André Heid. (25. 08 2025). *HEID Energieberatung*. Von <https://www.heid-immobilienbewertung.de/magazin/energetische-sanierung/> abgerufen

Heimhelden Hamburg. (04. 12 2025). *HeimHelden!* Von <https://www.heimhelden.de/altbausanierung-kosten-tabelle?> abgerufen

Heino Föh Kaminöfen und Metallbau. (kein Datum). *heifo-kaminoefen: Brennwerte herkömmlicher Holzarten*. Abgerufen am 3. Juli 2025 von <https://heifo-kaminoefen.de/brennwerttabelle/>

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. (9. Januar 2026). *hlnug: Tiefe Geothermie*. Von <https://www.hlnug.de/themen/geologie/erdwaerme-geothermie/tiefe-geothermie> abgerufen

horizonte group. (2024). *Methoden zur Zonierung in der Kommunalen Wärmeplanung*. Hessen.

KfW. (2024). *Förderprogramm 432*. Von www.kfw.de abgerufen

Kompetenzzentrum Wärmewende Halle. (März 2026). Von <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung> abgerufen

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie. (November 2024). *NBIS Kartenserver*. Von <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/> abgerufen

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. (2022). *moderndenken: Abfallbilanz 2022*. Abgerufen am 14. August 2025 von https://lau.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAU/PUBLIKATIONEN/Berichte_und_Fachinformationen/Abfallbilanzen/Abfallbilanz_2022.pdf

- Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. (kein Datum). *LUBW: Was ist Altholz?* Abgerufen am 15. Juli 2025 von <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/abfall-und-kreislaufwirtschaft/altholz>
- Landtag von Sachsen-Anhalt. (5. Oktober 2022). *Landtag Sachsen-Anhalt: Mehr Energieholz aus der Landwirtschaft?* Abgerufen am 14. August 2025 von <https://www.landtag.sachsen-anhalt.de/mehr-energieholz-aus-der-landwirtschaft>
- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. (13. Juli 2023). *landwirtschaftskammer: Gelbe Riesen auf dem Acker.* Abgerufen am 16. Juli 2025 von <https://www.landwirtschaftskammer.de/presse/archiv/2023/aa-2023-22-02.htm>
- Ministerium für Land- und Ernährungswirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz. (2024). *mleuv: Siedlungsabfallbilanz und Bilanz gefährlicher und Notifizierungspflichtiger Abfälle 2023.* Abgerufen am 3. September 2025 von <https://mleuv.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Abfalldaten-2023.pdf>
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK). (2020). Von <https://lfu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Fachbeitrag-162.pdf> abgerufen
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt. (August 2020). *MWL: Leitlinie Wald 2014.* Abgerufen am 13. August 2025 von https://mwk.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MW/MWL/01_Bilder/05_Forsten/Forst/00_Startseite_Forst/200813_Leitlinie_Wald_zweite_Auflage.pdf
- Muchin, A. e. (2007). *Energiepotenzial der Wälder in Brandenburg – Das theoretisch nutzbare Potenzial, Veröffentlichung des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg, erstellt im Rahmen des Endberichtes für das Projekt DENDROM, www.dendr.*
- Murach, D. e. (2008). Ertragsermittlung und Potenziale von Agrarholz. *Forst und Holz* 63, Heft 6.
- NABU e.V. (2008). *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft, Chancen und Risiken aus der Sicht des Natur- und Umweltschutzes.*
- Peisker, H. V. (2007). *Energetische Verwertung von Stroh – Möglichkeiten und Grenzen.* Von https://www.tllr.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/feste_bio/stre0207.pdf abgerufen
- Schulze, M. e. (2008). Bereitstellungsketten für Dendromasse aus Agrarholz – Produktion und Logistik. *Forst und Holz* 63, Heft 6.
- Solar Direktinvest. (2024). Von Sonderabschreibungen PV Anlage: <https://solar-direktinvest.de/photovoltaik/photovoltaik-steuer/sonderabschreibung-pv-anlage/> abgerufen
- Statista. (2025). Von Durchschnittliche jährliche globale Temperaturanomalien von 1850 bis 2023: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1073559/umfrage/durchschnittliche-temperaturschwankungen-land-meer/> abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (5. April 2024). *destatis: Statistischer Bericht - Landwirtschaftliche Betriebe - Viehhaltung.* Abgerufen am 22. Juli 2025 von https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/statistischer-bericht-viehhaltung-2030213239005.xlsx?__blob=publicationFile&v=4

- Statistisches Bundesamt. (25. Juni 2025). *destatis: Statistischer Bericht - Abfallbilanz 2023*. Abgerufen am 22. Juli 2025 von https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/statistischer-bericht-abfallbilanz-5321001237005.xlsx?__blob=publicationFile&v=2
- Thünen-Institut. (2022). *bwi: Vorrat (Erntefestmaß o.R.) des genutzten Bestandes [$m^3/ha \cdot a$] nach Land und Baumartengruppe*. Abgerufen am 3. Juli 2025 von <https://bwi.info/inhalt1.3.aspx?Text=6.03%20Baumartengruppe&prRolle=public&prInv=BWI2022&prKapitel=6.03>
- Thüringer Landesamt für Statistik. (31. Dezember 2023). *TLS: Klärschlamm Entsorgung aus der biologischen Abwasserbehandlung*. Abgerufen am 28. Juli 2025 von <https://statistik.thueringen.de/datenbank/TabAnzeige.asp?tabelle=kr002219%7C%7C>
- Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz. (Dezember 2024). *TLUBN: Abfallbilanz 2023*. Von https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/000_TLUBN/Umweltschutz/Abfall/Landesabfallwirtschaftsplanung/Abfallbilanz_2023.pdf abgerufen
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. (Mai 2010). *Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum: Regionale Biomassepotenziale zur energetischen Nutzung im Freistaat Thüringen*. Abgerufen am 1. Juli 2025 von https://www.tllr.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/feste_bio/bioe0510.pdf
- Umweltbundesamt. (2021). Von Spezifische CO₂-Emissionen im Strommix deutlich gesunken: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/spezifische-co2-emissionen-im-strommix-deutlich> abgerufen
- Umweltbundesamt. (12. 2022). *umweltbundesamt: Aktuelle Nutzung und Förderung der Holzenergie*. Abgerufen am 3. Juli 2025 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/2024-06-27_cc_12-2022_aktuelle_nutzung_und_foerderung_der_holzenergie.pdf.pdf
- Umweltbundesamt. (24. Oktober 2023). *Umweltbundesamt: Richtiges Heizen schützt das Klima und den Geldbeutel*. Abgerufen am 12. August 2025 von <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/heizen-bauen/heizen-raumtemperatur#so-erreichen-sie-das-ideale-raumklima-in-ihrem-heim>
- Umweltbundesamt. (2024). Von Primärenergieverbrauch: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergieverbrauch#definition-und-einflussfaktoren> abgerufen
- Umweltbundesamt. (25. Juni 2025). *Umweltbundesamt: Wärmewende*. Abgerufen am 12. August 2025 von https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/waermewende?utm_source=chatgpt.com#Lebenswert
- Weltenergierat Deutschland. (Juni 2025). Von <https://www.weltenergierat.de/publikationen/energie-fuer-deutschland/klimafreundliche-gase-eine-wichtige-saeule-der-zukuenftigen-energieversorgung/?cn-reloaded=1> abgerufen

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der erhobenen Daten durch Anlage 1 zu §15 WPG	14
Tabelle 2: Kommunale Liegenschaften der Gemeinde	23
Tabelle 3 Orientierungswerte zur Bewertung der Wärmeflächendichte.....	33
Tabelle 4: Orientierungswerte zur Bewertung der Wärmeliniendichte.....	34
Tabelle 5: Sektorale Aufteilung des Endenergieverbrauches	37
Tabelle 6: Treibhausgasäquivalente pro Sektor und Energieträger.....	39
Tabelle 7: Verteilung der Wärmeverbräuche.....	40
Tabelle 8: Energieeffizienzklassen für Wohngebäude nach Anlage 10 GEG	46
Tabelle 9: Einschränkungen für Wärmeversorgungstechnologien	48
Tabelle 10: Spezifische Wärmeentzugsleistungen für unterschiedliche Untergründe (VDI 4640)	57
Tabelle 11: Wärmeeigenschaften von ausgewählten Gestein sowie sonstigen Materialien	58
Tabelle 12: Vergleich verschiedener Szenarien für geothermische Potenzial	58
Tabelle 13: Abstandsregelungen Wärmepumpennutzung nach Gebieten.....	65
Tabelle 14: Gesamt-Produktionspotenzial von Dach-PV in Kaltennordheim.....	70
Tabelle 15: Produktionspotenzial von Dach-PV nach Gemarkung in Kaltennordheim.....	71
Tabelle 16: Übersicht der Kriterien zur Flächenkulisse für PV-Anlagen auf Freiflächen.....	74
Tabelle 17: Kriterienbasierte Bewertung der Potenzialflächen	77
Tabelle 18: PV-Freiflächenpotenziale nach Gemarkung in Kaltennordheim [m²].....	77
Tabelle 19: Flächenverteilung nach Energiepflanzen.....	80
Tabelle 20: Wärmeertrag Energiepflanzen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, kein Datum) ...	81
Tabelle 21: Vorrat des genutzten Bestandes und Brennwerte	83
Tabelle 22: Brennwert nach Baumart für Kurzumtriebsplantagen (Heino Föh Kaminöfen und Metallbau, kein Datum).....	84
Tabelle 23: Viehbestand Thüringen und Kaltennordheim	85
Tabelle 24: Wärmeertrag Tierische Exkreme (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, kein Datum).....	86
Tabelle 25: Abfallmenge Landkreis Schmalkalden-Meiningen und Kaltennordheim	87
Tabelle 26: Wärmeertrag Biogene Abfälle	87
Tabelle 27: Wärmeertrag aller Biomasseträger	88
Tabelle 28: Eignung von Wärmenetzen nach der Wärmeflächendichte (Kompetenzzentrum Wärmewende Halle, 2026).....	92
Tabelle 29: Indikatoren zur Umsetzbarkeit von Wärmenetzen in Versorgungsgebieten.....	94
Tabelle 30: Bewertung des Prüfgebiets Kaltensundheim	96
Tabelle 31: Grunddaten des hypothetischen Wärmenetzes.....	115
Tabelle 32: Veränderbare Parameter und zentrale Annahmen.....	116
Tabelle 33: Investitions- und Finanzierungsbedarf	117
Tabelle 34: Jährliche Kosten der Versorgungsvarianten	118
Tabelle 35: Wärmegestehungskosten der Versorgungsvarianten	118
Tabelle 36: Anforderungen an Bauteile und Orientierungswerte für Sanierungsmaßnahmen nach GEG/BEG.....	129
Tabelle 37: Maßnahmenkriterium „Beginn der Maßnahme“	133
Tabelle 38: Maßnahmenkriterium „Priorität“	133
Tabelle 39: Maßnahmenkriterium „Kostenabschätzung“	133
Tabelle 40 Maßnahmenliste.....	133
Tabelle 41: Maßnahmencontrolling	154

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ortsteile Kaltennordheim	17
Abbildung 2: Typologie des Gebäudebestandes	19
Abbildung 3: Typologische Verteilung im Gemeindegebiet	20
Abbildung 4: Baualterverteilung in Prozent	21
Abbildung 5: Baualterverteilung baublockbezogen	22
Abbildung 6: Vorhandenes Wärmenetz	25
Abbildung 7: Großverbraucher mit mehr als 100.000 kWh Verbrauch pro Jahr	26
Abbildung 8: Energieträgerverteilung Heizöl	27
Abbildung 9: Energieträgerverteilung Flüssiggas	28
Abbildung 10: Energieträgerverteilung Holzbrennstoffe	29
Abbildung 11: Energieträgerverteilung Wärmestrom.....	30
Abbildung 12: Energieträgerverteilung Strom für Heizzwecke	31
Abbildung 13: Standort Biogasanlage	32
Abbildung 14: Wärmeflächendichte	33
Abbildung 15: Wärmeliniedichte 100%-ige Anschlussquote	35
Abbildung 16: Wärmeliniedichte 75%-ige Anschlussquote	36
Abbildung 17: Sektorale Aufteilung des Endenergieverbrauches.....	37
Abbildung 18: Verteilung der Energieträgeranteile in kWh/a	38
Abbildung 19: Treibhausgasäquivalente pro Sektor und Energieträger	39
Abbildung 20: Verteilung der Wärmeverbräuche	40
Abbildung 21: Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung in den Jahren 2030, 2035, 2040, 2045 für Kaltennordheim.....	43
Abbildung 22 Energieverbrauch im Haushalt nach Kategorien [Quelle: EKZ-Ratgeber, 2024].....	44
Abbildung 23: Verortete Sanierungspotenziale nach Teilgebiet.....	47
Abbildung 24: Ausschlussflächen Kaltennordheim	48
Abbildung 25: Potenzialflächen Kaltennordheim.....	50
Abbildung 26: Übersicht geothermischer Nutzungsmöglichkeiten [Quelle: https://www.vgtg.ch/geothermie.html]	51
Abbildung 27: Bohrpunkte in Kaltennordheim	55
Abbildung 28: Geothermische Potenzial bei 40 m Tiefe und 2400 Betriebsstunden	56
Abbildung 29: Geothermische Potenzial bei 120 m Tiefe und 2400 Betriebsstunden	56
Abbildung 30: Nutzungsarten der Tiefen Geothermie (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, 2026)	60
Abbildung 31: Tiefengeothermie in 1 km bis 3 km Tiefe in Kaltennordheim.....	62
Abbildung 32: Ausschlussgebiete der Tiefengeothermie in Kaltennordheim.....	63
Abbildung 33: Funktionsweise einer Wärmepumpe [Quelle: DSK GmbH]	65
Abbildung 34: Wärmepumpenanalyse.....	66
Abbildung 35: PV-Dachpotenzialanalyse in Kaltennordheim.....	71
Abbildung 36: Übersicht Produktionspotenzial von Dach-PV nach Gemarkung in Kaltennordheim....	72
Abbildung 37: PV-Freiflächenpotenziale in Kaltennordheim	76
Abbildung 38: PV-Freiflächenpotenziale nach Gemarkungen in Kaltennordheim [m2]	78
Abbildung 39: Landwirtschaftliche Flächen in Kaltennordheim	80
Abbildung 40: Forstwirtschaftliche Flächen in Kaltennordheim	82
Abbildung 41: Planung des Wasserstoffnetzes in Thüringen	90
Abbildung 42: Voraussichtliche Wärmeflächendichte 2045	93
Abbildung 43: Bewertung des Teilgebiets Kaltensundheim.....	97

Abbildung 44: Eignungseinschätzung zentrale Wärme	98
Abbildung 45: Eignungseinschätzung dezentrale Wärme	99
Abbildung 46: Versorgungsart der Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045.....	100
Abbildung 47: Szenario 1 - Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs abhängig der Energieträger in kWh.....	102
Abbildung 48: Szenario 2 - Entwicklung des Energieträgermixes	103
Abbildung 49: Szenario 2 - Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in kWh	103
Abbildung 50: Entwicklung der Wärmeversorgungsgebiete nach Stützjahren.....	104
Abbildung 51: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach vorgesehener Energieträger in kWh	105
Abbildung 52: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Anwendungsbereiche in kWh	106
Abbildung 53: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Sektoren in kWh.....	107
Abbildung 54: Entwicklung der Emissionen nach verursachender Energieträger in t CO ₂ -Äq.....	107
Abbildung 55: Entwicklung der Emissionsanteile nach Sektoren.....	109
Abbildung 56: Entwicklung der Emissionsanteile nach Anwendungsbereichen.....	109
Abbildung 57: Übersicht Fokusgebiet Kaltensundheim mit Gebäudebestand	112
Abbildung 58: Wärmelinien dichte Kaltensundheim	113
Abbildung 59: Netzverlauf Kaltensundheim, vereinfachte Darstellung.....	114
Abbildung 60: Netzverlauf Kaltensundheim mit angeschlossenen Gebäuden und Leitungsdurchmessern	115
Abbildung 61: Investitionskosten und Planungskosten der beiden Varianten	116
Abbildung 62: Aufschlüsselung der Wärmegestehungskosten nach Kapital-, Betriebs- und Verbrauchskosten.....	118
Abbildung 63: Vergleich dezentrale Wärmeerzeuger und Wärmenetz	119
Abbildung 64: Anteile der Personengruppen auf Grundlage des Zensus 2022 im 100-m-Raster	121
Abbildung 65: Verteilung der Personengruppen	122
Abbildung 66: Steckbrief Familien.....	123
Abbildung 67: Steckbrief Seniorenhaushalte	124
Abbildung 68: Steckbrief DINKs.....	125
Abbildung 69: Steckbrief Single-Haushalte	126
Abbildung 70: Steckbrief Alleinerziehende	127