

Kommunale Wärmeplanung

für die Stadt Ludwigsfelde



Abschlussbericht

Auftraggeberin

Stadt Ludwigsfelde

Auftragnehmerin / Gutachterin

PRO ENERGY CONSULT GmbH & Qoncept Energy GmbH

TT.MM.JJJJ

Impressum

Dieser Bericht wurde erstellt von

PRO ENERGY CONSULT GmbH
Landgrafenstr. 72-74
50931 Köln
www.proenergyconsult.com
info@proenergyconsult.com

Qoncept Energy GmbH
Universitätsplatz 12
34127 Kassel
www.qoncept-energy.de
info@qoncept-energy.de

Autoren

Stadt Ludwigsfelde

Jutta Dieckers

Heinz-Dieter Gransee

PRO ENERGY CONSULT GmbH

Dr. Alexander Pagnia

Qoncept Energy GmbH

Thomas Haselhorst

Dr. Thorsten Ebert

Im Auftrag von

Magistrat der Stadt Ludwigsfelde

Rathausstraße 3

14974 Ludwigsfelde

Ludwigsfelde/Köln/Kassel, TT.MM.2026

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Eignungsprüfung	7
2.1	Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wärmenetz	7
2.2	Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wasserstoffnetz	8
3	Bestandsanalyse	10
3.1	Datenerhebung	10
3.2	Aktueller Wärmebedarf oder Wärmeverbrauch einschließlich der eingesetzten Energieträger	11
3.3	Vorhandene Wärmeerzeugungsanlagen	16
3.4	Für die Wärmeversorgung relevante Infrastrukturanlagen	17
3.5	Wärmedichten - kartografische Darstellungen gemäß Anlage 2 zu § 23 WPG	26
4	Potenzialanalyse	30
4.1	Wärmebedarfsentwicklung: 2025 – 2045	30
4.2	Potenziale zu erneuerbaren Energien	31
4.2.1	Oberflächennahe Geothermie	32
4.2.2	Tiefe Geothermie	35
4.2.3	Grundwasser	36
4.2.4	Oberflächengewässer	36
4.2.5	Abwasser	37
4.2.6	Umgebungsluft	37
4.2.7	Solarthermie und Photovoltaik	38
4.2.8	Biomasse	43
4.2.9	Unvermeidbare Abwärme	44
4.2.10	Grüner Wasserstoff und andere synthetische Gase	49
4.2.11	Großwärmespeicher	50
4.3	Zusammenfassung der Potenziale	52
5	Einteilung des betrachteten Gebiets in Wärmeversorgungsgebiete	55
5.1	Bewertung der Eignung für Wärmenetzgebiete	55
5.2	Erzeugersimulation und Wirtschaftlichkeitsberechnung für das Wärmenetzgebiet ..	58
5.3	Vergleich zu Wärmegestehungskosten dezentraler Wärmeversorgung	59
5.4	Bewertungskriterien für dezentrale Versorgung gemäß § 18 Absatz 1 WPG	67
5.5	Eignung für dezentrale Wärmeerzeugung	69
5.5.1	Luft-Wasser-Wärmepumpen zur Einzelgebäudeversorgung	69
5.5.2	Wärmepumpen mit Erdwärmesonden zur Einzelgebäudeversorgung	73
5.5.3	Vergleich Luft-Wasser-Wärmepumpen mit Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden zur Einzelgebäudeversorgung	78
5.5.4	Fazit zur Eignung mit dezentralen Wärmepumpen	78
5.6	Eignungsstufen für dezentrale Wärmeerzeugung gemäß § 19 WPG	79

6 Zielszenario.....	82
6.1 Einteilung des Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete-.....	82
6.2 Energieträgerbilanz und Treibhausgasemissionen	85
6.3 Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial	87
6.4 Auswirkungen auf das Stromnetz.....	89
6.5 Kennzahlen für das Zielszenario	90
7 Umsetzungsstrategie	93
7.1 Übersicht über die Umsetzungsstrategie	93
8 Öffentlichkeits- und Stakeholderbeteiligung bei der Erstellung der Wärmeplanung	
105	
8.1 Akteursbeteiligung zu Projektbeginn.....	105
8.2 Beteiligung in den Projektphasen	106
8.3 Öffentlichkeitsinformation und -beteiligung.....	106
9 Wärmewendestrategie	107
9.1 Verstetigungsstrategie.....	107
9.2 Controllingkonzept	109
10 Zusammenfassung	113
Abkürzungsverzeichnis.....	116
Abbildungsverzeichnis.....	119
Tabellenverzeichnis	122
Literaturverzeichnis	123
Anhang	124
Erläuterung des Wärmeatlas	124
Fragebogen Abwärmepotenzial.....	126

1 Einleitung

Die Wärmeversorgung in Deutschland befindet sich in einem grundlegenden Transformationsprozess. Während im Stromsektor in den vergangenen Jahren deutliche Fortschritte bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen erzielt wurden, ist die Wärmeversorgung nach wie vor überwiegend von fossilen Energieträgern abhängig. Rund 80 % des heutigen Wärmebedarfs werden durch Gas und Öl gedeckt mit spürbaren Auswirkungen auf Klimabilanz, Versorgungssicherheit und Kostenstabilität. Zugleich verdeutlichen steigende Energiepreise, geopolitische Entwicklungen und die zunehmenden Folgen des Klimawandels die Dringlichkeit eines nachhaltigen und widerstandsfähigen Wärmesystems.

Um die nationalen Klimaschutzziele zu erreichen, kommt der kommunalen Ebene eine zentrale Rolle zu. Mit dem Inkrafttreten des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) am 1. Januar 2024 hat der Bund erstmals einen verbindlichen Rahmen geschaffen, der eine flächendeckend koordinierte, langfristig klimaneutrale Wärmeversorgung sicherstellen soll. Alle Kommunen über 10.000 Einwohner sind verpflichtet, einen kommunalen Wärmeplan zu erstellen und diesen im Fünfjahresrhythmus fortzuschreiben. Für Städte unter 100.000 Einwohner, und damit auch für Ludwigsfelde, ist die Fertigstellung bis Mitte 2028 vorgesehen.

Die kommunale Wärmeplanung ist dabei kein technisches Detailinstrument, sondern ein strategisches Planungswerkzeug, das Kommunen in die Lage versetzt, die lokale Wärmewende aktiv zu gestalten. Ziel ist es, einen optimalen, wirtschaftlichen und lokal angepassten Transformationspfad zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung zu entwickeln. Hierzu werden der aktuelle Wärmebedarf, die bestehende Infrastruktur und die verfügbaren Energiequellen analysiert, Potenziale für Effizienz und erneuerbare Energien identifiziert sowie Szenarien und Umsetzungsstrategien für die zukünftige Versorgung erarbeitet.

Auch die Stadt Ludwigsfelde stellt sich dieser Aufgabe. Sie folgt damit nicht nur der gesetzlichen Verpflichtung, sondern trägt dazu bei, die globalen und nationalen Klimaschutzziele auf lokaler Ebene konkret umzusetzen. Die wachsenden Auswirkungen des Klimawandels unterstreichen die Notwendigkeit entschlossenen Handelns. Gleichzeitig bieten technologische Entwicklungen, digitale Planungsmethoden und der Ausbau erneuerbarer Energien neue Chancen für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung.

Die PRO ENERGY CONSULT GmbH wurde gemeinsam mit der Qoncept Energy GmbH durch die Stadt Ludwigsfelde beauftragt eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen.

Die Wärmeplanung stellt die Basis einer Strategie für die klimaneutrale Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045 dar. Sie zeigt dafür den aktuellen Sachstand der Wärmeversorgung und verschiedene Perspektiven der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energiequellen und unvermeidbarer Abwärme dar. Ebenfalls berücksichtigt werden Möglichkeiten zur Senkung des Wärmebedarfs durch Effizienzmaßnahmen. Über einen Zwischenstand für die Jahre 2030, 2035 und 2040 wird das klimaneutrale Zielszenario 2045 entwickelt.

Im Wesentlichen gliedert sich die Erstellung des kommunalen Wärmeplans in folgende Hauptphasen:

- Eignungsprüfung
- Bestandsanalyse
- Potenzialanalyse
- Entwicklung eines klimaneutralen Zielszenarios 2045

- Festlegung der Umsetzungsstrategie und des Maßnahmenkatalogs

Die Gliederung dieses Berichts orientiert sich dabei an den Vorgaben des „Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz – WPG)“ vom 22.12.2023 und hierbei insbesondere am § 13 WPG - Ablauf der Wärmeplanung.

Ein besonderer Fokus liegt auf der aktiven Einbindung relevanter Akteure von lokalen Energieversorgern über Wohnungswirtschaft und Gewerbe bis hin zur Bevölkerung. Ein Erfolg der Wärmewende gewährleistet, wenn technologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Faktoren gemeinsam betrachtet werden und die erarbeiteten Maßnahmen breite Akzeptanz finden.

Mit der Erstellung des kommunalen Wärmeplans legt die Stadt Ludwigsfelde die Grundlage für eine nachhaltige, sichere und bezahlbare Wärmeversorgung. Der Wärmeplan dient künftig als strategisches Steuerungsinstrument, das Investitionen lenkt, Planungs- und Rechtssicherheit schafft und die langfristige Transformation hin zur Klimaneutralität unterstützt.

2 Eignungsprüfung

Im Rahmen der Eignungsprüfung gemäß § 14 WPG wird das in der Kommunale Wärmeplanung (KWP) betrachtete Gebiet auf Teilgebiete untersucht, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Versorgung durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz eignen. Die Prüfungskriterien werden in § 14 Abs. 2 und 3 WPG definiert. Da es nur um eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine fehlende Eignung geht, kann sich im weiteren Verlauf des Verfahrens oder auch bei zukünftigen Aktualisierungen der Wärmeplanung ergeben, dass sich dennoch eine Wärmenetzeignung ergibt. Umgekehrt ist zu beachten, dass die dort nicht genannten Teilgebiete nicht zwingend für ein Wärme- oder ein Wasserstoffnetz geeignet sind.

2.1 Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wärmenetz

Ein in der KWP betrachtetes Gebiet oder Teilgebiet eignet sich gemäß § 14 Abs. 2 WPG in der Regel mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Versorgung durch ein Wärmenetz, wenn

- „in dem betrachteten Gebiet oder Teilgebiet derzeit kein Wärmenetz besteht und keine konkreten Anhaltspunkte für nutzbare Potenziale für Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme vorliegen, die über ein Wärmenetz nutzbar gemacht werden können, und
- aufgrund der Siedlungsstruktur und des daraus resultierenden voraussichtlichen Wärmebedarfs davon auszugehen ist, dass eine künftige Versorgung des Gebiets oder Teilgebiets über ein Wärmenetz nicht wirtschaftlich sein wird.“

Diese drei Kriterien wurden deshalb im ersten Schritt untersucht:

- Vorhandene Wärmenetze
- Nutzbare Potenziale erneuerbarer Energien oder unvermeidbarer Abwärme zur Wärmeversorgung
- Ausreichender Wärmebedarf für ein wirtschaftlich erschließbares Wärmenetz

Der § 14 Abs. 2 WPG enthält eine Und-Verknüpfung. Teilgebiete können somit erst dann sicher ausgeschlossen werden, wenn keines der drei Kriterien gegeben ist. Das trifft in der Praxis selten zu, wie das Beispiel „Nutzbare Potenziale erneuerbarer Energie“ belegt. Für große Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) finden sich fast immer Aufstellmöglichkeiten. Auch die Nutzung von Biomassepotenzialen in Heizkesseln ist nahezu flächendeckend möglich.

Um dennoch eine erste Grobbewertung vorzunehmen wurde auf die wirtschaftliche Erschließbarkeit des Gebiets fokussiert. Die Eignungsprüfung lieferte dazu die nötigen Erkenntnisse über die Wärmebedarfsdichte. Als „mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für Wärmenetze geeignet“ wurden daraufhin Gebiete eingestuft, die laut Wärmeatlas einen Wärmebedarf von

- weniger als 175 MWh/(ha·a) in Bestandsgebieten oder
- weniger als 70 MWh/(ha·a) in Neubaugebieten aufweisen.

Als Ergebnis dieser Prüfung wurden die in der folgenden Tabelle aufgeführten Teilgebiete als ungeeignet eingestuft.

Teilgebiet	Wärmenetz vorhanden	Nutzbare EE-Potenziale oder Abwärme	Wärmebedarf in MWh/(ha·a)	Bemerkung
Ortsteile Schiaß, Mietgendorf, Jütchendorf, Kerzendorf, Groß Schulzendorf, Löwenbruch, Wietstock	Nein	Solarthermie, Wärmepumpe (mit/ohne PV), Biomasse, Fluss	Überwiegend < als 175 MWh/(ha·a)	Wegen der geringen Wärmebedarfsdichte eher nicht geeignet für den Aufbau eines Wärmenetzes

Tabelle 1: Teilgebiete, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz geeignet sind

In den Ortsteilen Siethen, Genshagen, Ahrensdorf sowie teilweise in Gröben gibt es Quartiere mit einer Wärmebedarfsdichte, die eine Wärmeversorgung über Nahwärmenetze ermöglichen.

In Ludwigsfelde Nord und West, sowie im Industriepark Nord besteht bereits ein Wärmenetz. Die Gutachterin geht davon aus, dass ein Ausbau dieses Netzes sinnvoll sein kann. In den Randbereichen des Ortsteils gibt es jedoch einige Baublöcke, die über einen sehr geringen Wärmebedarf verfügen. Diese wurden ebenfalls als mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz geeignet klassifiziert. Da es sich nur um einzelne Teilgebiete handelt, werden sie in der folgenden Abbildung kartografisch dargestellt.

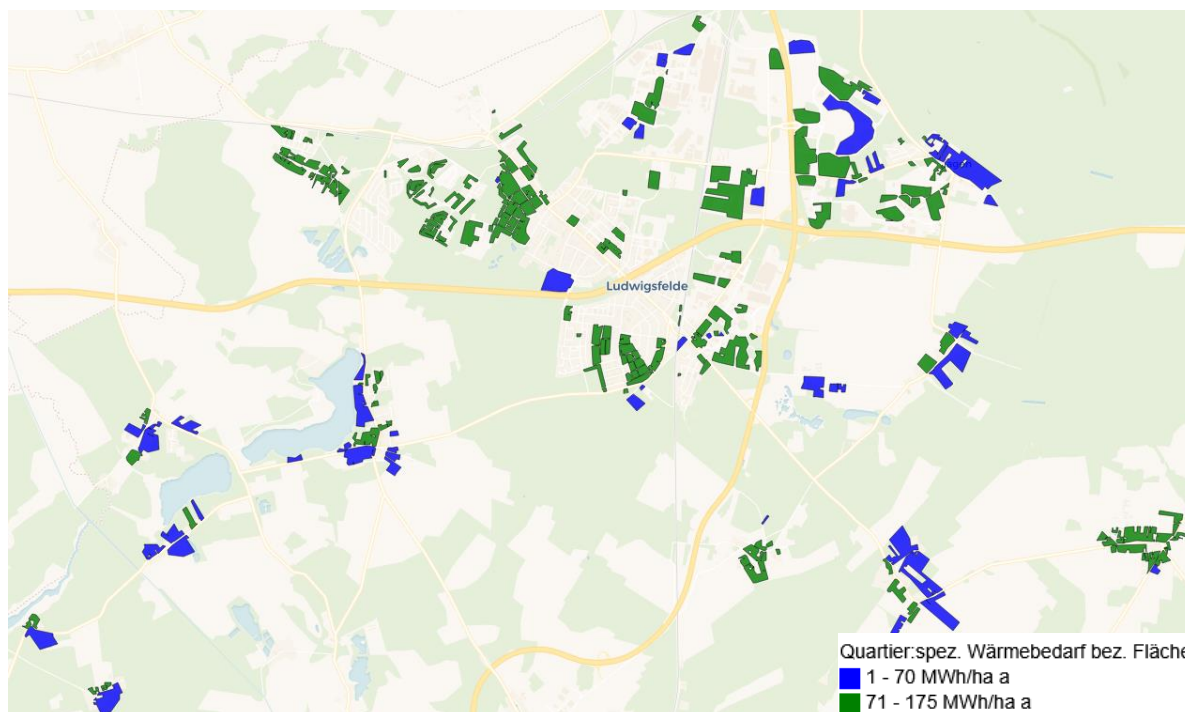


Abbildung 1: Teilgebiete, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz geeignet sind (blaue und grüne Einfärbungen)

2.2 Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wasserstoffnetz

Das Wärmeplanungsgesetz gibt in § 14 Abs. 3 vor, dass die Eignung als Wasserstoffnetzgebiet fehlt, wenn

- “in dem betrachteten Gebiet oder Teilgebiet derzeit kein Gasnetz besteht und entweder keine konkreten Anhaltspunkte für eine dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff vorliegen oder die Versorgung eines neuen Wasserstoffverteilnetzes über darüberliegende Netzebenen nicht sichergestellt erscheint im Sinne des § 71k Abs. 3 Nr. 1 des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) oder
- in dem betrachteten Gebiet oder Teilgebiet ein Gasnetz besteht, aber insbesondere aufgrund der räumlichen Lage, der Abnehmerstruktur des betrachteten Gebiets oder Teilgebiets und des voraussichtlichen Wärmebedarfs davon ausgegangen werden kann, dass die künftige Versorgung über ein Wasserstoffnetz mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht wirtschaftlich sein wird.“

Auf dieser Grundlage wurde zunächst überprüft, ob im Planungsgebiet

- ein Gasnetz existiert, das eine wirtschaftliche Wasserstoffversorgung ermöglicht,
- Planungen für eine dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff auf dem Gemeindegebiet/Stadtgebiet vorliegen.
- eine Versorgung eines neuen Wasserstoffverteilnetzes durch übergeordnete/darüberliegende Netzebenen möglich ist (z. B. Anschluss der Gemeinde an das Wasserstoffkernnetz)

Ein vorhandenes Gasnetz wäre noch keine hinreichende Bedingung für die Eignung eines Teilgebiets als Wasserstoffnetzgebiet, solange die beiden anderen Kriterien nicht erfüllt sind. Zu beachten ist dabei, dass der Betreiber eines Gasverteilnetzes, an das eine Gasheizung nach dem 30.6.2028 angeschlossen werden soll, die zukünftig auf Wasserstoff umgestellt werden kann, nach § 71k Abs. 1 Nr. 2 GEG verpflichtet ist, sein Vorhaben zur Umstellung auf Wasserstoff bis zum 30.06.2028 mit der zuständigen Landesbehörde detailliert abgestimmt und veröffentlicht zu haben. Liegt ein solcher Plan nicht vor, kann die entsprechende Gasheizung nicht angeschlossen werden. Im Ergebnis würde der Gasnetzbetreiber mit diesem Umstellungsplan und dem Anschluss einer solchen H₂-Ready-Heizung auch die Verpflichtung übernehmen, das Gasnetz rechtzeitig auf Wasserstoff umzustellen. Das birgt ein hohes wirtschaftliches Risiko für den Gasnetzbetreiber. Daher kann davon ausgegangen werden, dass solche Umstellungspläne eine Ausnahme bleiben werden.

Laut „Anlage 1: Projektübersicht für das Szenario zum Wasserstoff-Kernnetz“ (Stand: 15.11.2023) ist der Landkreis Teltow-Fläming, in dem die Stadt Ludwigsfelde liegt, für eine Ein- oder Ausspeisung von Wasserstoff vorgesehen. Jedoch aufgrund der derzeit unscharfen Anbindungen und fehlenden Planungsdetails ist nicht abschließend zu bewerten, inwieweit sich hieraus künftig ein konkretes Potenzial für die Wasserstoffversorgung Ludwigsfelde ergeben könnte.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass das Planungsgebiet keine Eignung für ein Wasserstoffnetzgebiet zur Versorgung von Raumwärmebedarfen aufweist.

3 Bestandsanalyse

Bei der Bestandsanalyse erfolgte eine systematische, qualifizierte und raumbezogene Datenerhebung zum aktuellen Stand der Wärmeversorgung auf dem Stadtgebiet Ludwigsfelde.

Die Vorgaben dazu finden sich in § 15 Abs. 1 WPG. Die wichtigsten Schritte der Bestandsanalyse sind demnach die Ermittlung

- des derzeitigen Wärmebedarfs oder Wärmeverbrauchs innerhalb des betrachteten Gebiets einschließlich der hierfür eingesetzten Energieträger,
- der vorhandenen Wärmeerzeugungsanlagen,
- der für die Wärmeversorgung relevanten Energieinfrastrukturanlagen und
- der Treibhausgasemissionen zur Wärmeversorgung

Damit wurde eine verlässliche Daten- und Planungsgrundlage für die Wärmeplanung und deren Fortschreibung angelegt.

3.1 Datenerhebung

Das Wärmeplanungsgesetz gibt die Anforderungen, den Umfang und die Befugnisse zur Datenerhebung detailliert vor. Auf dieser Grundlage wurden die Daten von Qoncept Energy bei den Akteuren angefragt und so weit wie möglich ermittelt. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die erhobenen Daten und deren Datenquellen.

Erhobene Daten	Datenquelle
Gasverbräuche der letzten drei Jahre	Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH (2021-24) e.distherm Energielösungen GmbH (2022-24) NBB Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg mbH & Co. KG (Aggr. mit Mittelwerten 2021-23)
Wärmeverbräuche der letzten drei Jahre	Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH (2021-24) e.distherm Energielösungen GmbH (2022-24)
Dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen mit Verbrennungstechnik	Bezirksschornsteinfeger/Kehrbuchdaten (Stand 2025 – nicht für alle Ortsteile)
Gebäudedaten (Lage, Nutz- /Wohnfläche, Nutzung, Baujahr)	ALKIS, 3D-LoD2 Gebäudedaten
Ortsteilgrenzen, statistische Baublöcke und statistische Quartiere	Open Data Commons Open Database-Lizenz (ODbL)
Unvermeidbare Abwärmemenge	Abfrage bei Industrieunternehmen, Plattform für Abwärme bei der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE)
Informationen zu bestehenden oder konkret geplanten Wärmenetzen und zu bestehenden oder konkret geplanten Wärmeerzeugern und Wärmespeichern	Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH e.distherm Energielösungen GmbH

Informationen zu bestehenden, konkret geplanten oder bestehenden Gasnetzen	Stadtwerte Ludwigsfelde GmbH e.disthorm Energielösungen GmbH
Informationen zu Kläranlagen, die für die Abwasserwärmenutzung relevant sind, mindestens die Kapazität in Einwohnergleichwerten	Wasserver- und Abwasserentsorgungs- Zweckverband-Region Ludwigsfelde- (WARL)
Informationen zu Abwassernetzen mit einer Mindestnennweite von DN 800	Wasserver- und Abwasserentsorgungs- Zweckverband-Region Ludwigsfelde- (WARL)
Informationen zu Bauleitplänen, die bereits wirksam sind oder die aufgestellt werden, anderen städtebaulichen Planungen und Konzepten sowie zu Planungen anderer öffentlicher Planungsträger, die Auswirkungen auf die Wärmeplanung haben können.	Stadtverwaltung Ludwigsfelde Kristalltherme

Tabelle 2: Erhobene Daten unter Bezug zu Anlage 1 zu § 15 WPG

3.2 Methodik der Datenaufbereitung

Ein zentraler Bestandteil der Datenauswertung ist die Witterungsbereinigung. Die Bereinigung der gemessenen Energieverbräuche um witterungsbedingte Schwankungen ermöglicht eine vergleichbare Bewertung über verschiedene Jahre hinweg und stellt sicher, dass jahresbezogene Temperatureinflüsse keinen Verzerrungseffekt auf die Analyse haben.

Für die Umrechnung von Endenergieverbräuchen in den tatsächlichen Wärmebedarf werden geeignete Umrechnungsfaktoren angewendet. Diese berücksichtigen den Brennwert bzw. Heizwert der eingesetzten Energieträger sowie die Wirkungsgrade der jeweiligen Heizsysteme. Auf diese Weise kann der Endenergieverbrauch in nutzbare Wärmeenergie überführt werden, die dem Gebäudebestand tatsächlich zur Verfügung steht.

Bei der Zuordnung unbekannter Energieträger werden Annahmen getroffen, um fehlende Angaben hinsichtlich der gebäudebezogenen Heizungsart zu ergänzen. Dabei kommen Zuordnungsverfahren, spezifisch zur Gebäudestruktur der Kommune zum Einsatz, um eine konsistente Datengrundlage zu gewährleisten.

Zur Ermittlung des Ausstoßes an Treibhausgasen (THG) werden außerdem Faktoren berücksichtigt, die auf den spezifischen Eigenschaften der Energieträger basieren. Dadurch können Emissionsbilanzen erstellt und Potenziale zur THG-Minderung identifiziert werden.

3.3 Aktueller Wärmebedarf oder Wärmeverbrauch einschließlich der eingesetzten Energieträger

Zur Ermittlung des Wärmebedarfs wurden die Verbrauchsdaten zugrunde gelegt. Wo diese nicht vorlagen, wurde der absolute und spezifische Wärmebedarf der Gebäude anhand benachbarter Gebäude ähnlichen Bautyps geschätzt. Der absolute Wert zeigt den Wärmebedarf pro Jahr und der spezifische Wert den Wärmebedarf pro m² beheizter Fläche. Die Ergebnisdarstellung folgt der Anlage 2 WPG (zu § 23). Sie liefert einen Überblick über den Jahreswärmeverbrauch und die eingesetzten Energieträger. Zudem werden die anteiligen Wärmeverbräuche getrennt nach den Sektoren Haushalte (HH), Gewerbe-Handel-Dienstleistung (GHD), öffentliche Gebäude und Industrie betrachtet.

3.4 Jährlicher Endenergieverbrauch

Die Wärmeversorgung in Ludwigsfelde ist bisher, wie in den meisten Städten Deutschlands, überwiegend durch den Einsatz fossiler Energieträger geprägt. Wie sich der Endenergieverbrauch für Wärme in den einzelnen Sektoren aktuell darstellt und welche Energieträger dafür eingesetzt werden, zeigt die folgende Tabelle.

	Öff. Gebäude	GHD	HH	Industrie	Summe	Anteil in %
Biomasse	0,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,9%
Flüssiggas	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,2%
Wärmenetz	6,6	12,9	27,7	44,6	91,8	25,9%
Erdgas	19,5	50,1	76,2	75,0	220,8	62,3%
Heizöl	0,0	0,0	4,2	0,0	4,2	1,2%
Kohle	0,0	0,0	1,3	0,0	1,3	0,4%
Unbekannt	0,0	0,0	20,6	0,0	20,6	5,8%
Gas-Contracting	1,2	0,2	8,8	0,0	10,1	2,9%
Wärmepumpe	0,0	0,0	1,8	0,0	1,8	0,5%
Summe	27,3	63,2	144,2	119,6	354,3	100%
<i>Anteil in %</i>	<i>7,7%</i>	<i>17,8%</i>	<i>40,7%</i>	<i>33,8%</i>	<i>100%</i>	

Tabelle 3: Aktueller jährlicher Endenergieverbrauch von Wärme nach Energieträgern und Endenergiesektoren in Gigawattstunden (GWh/a) im Jahr 2024

Wie hoch der aktuelle Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbare Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme ist, weist die folgende Tabelle aus. Sie ermöglicht gleichzeitig, die Wärmeversorgungsarten genauer zu betrachten. Die Ergebnisse sind differenziert nach dezentraler und netzgebundener Wärmeversorgung verzeichnet.

Endenergieverbrauch in GWh	Erneuerbar und unvermeidbare Abwärme	Fossil	Unbekannt	Gesamt
Dezentrale Versorgung	4,9	237,1	20,6	262,5
Wärmenetz	24,4	67,4	0,0	91,8
Summe	29,2	304,5	20,6	354,3
<i>Anteil in %</i>	<i>8,2%</i>	<i>85,9%</i>	<i>5,8%</i>	<i>100%</i>

Tabelle 4: Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch von Wärme nach Energieträgern in Prozent

Das WPG verlangt in Anlage 2 (zu § 23) Abs. 2 Nr. 3 eine baublockbezogene Darstellung der einzelnen Energieträgeranteile am Endenergieverbrauch in Kartenform. Damit werden räumliche Unterschiede und Verdichtungen sichtbar. Die einzelnen Karten folgen auf den nächsten Seiten.

Dabei ist zu beachten, dass Baublöcke nicht oder nur unvollständig in der jeweiligen Farbskala abgebildet wurden, wenn die Bebauungsdichte dort sehr gering war. Das gilt zum Beispiel für Parkflächen oder bei weniger als drei Gebäuden auf einer sehr großen Fläche. Damit wurde vermieden, dass der Informationsgehalt durch die visuelle Dominanz großer statistischer Blöcke verzerrt wird oder Rückschlüsse auf einzelne Gebäude gezogen werden könnten.

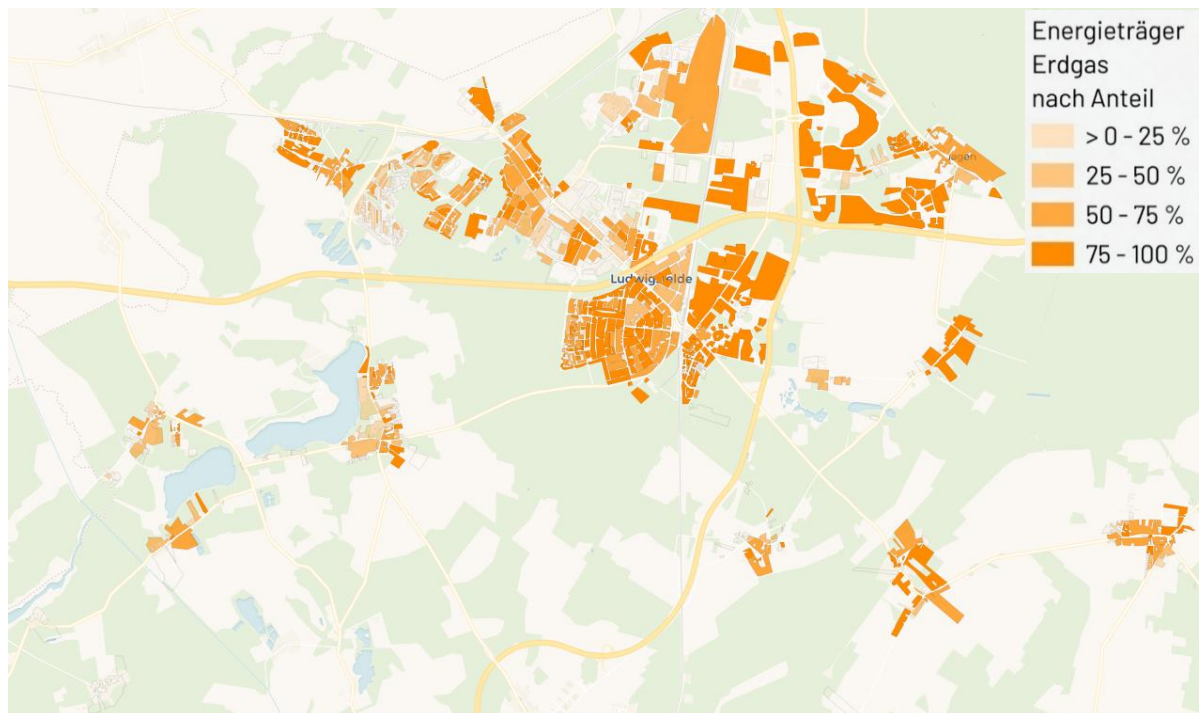


Abbildung 2: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Gas am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

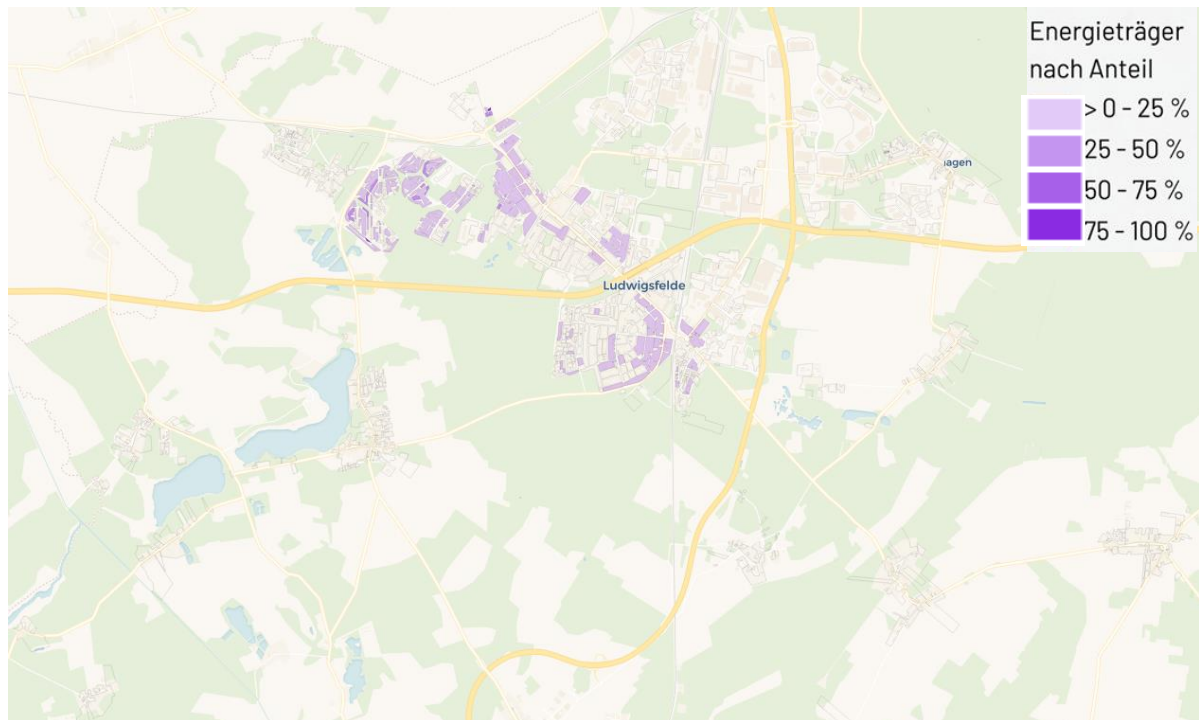


Abbildung 3: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über Wärmenetze am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

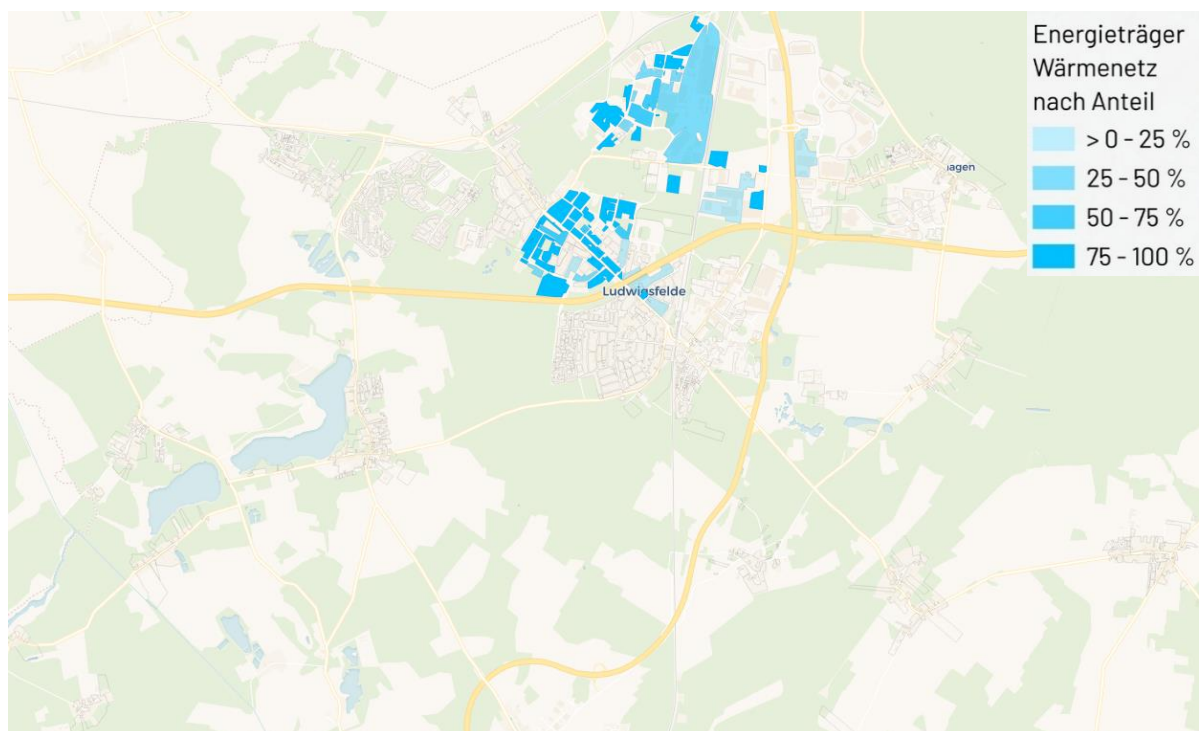


Abbildung 4: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über Wärmenetze am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme



Abbildung 5: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über unbekannte Energieträger (vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse) am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

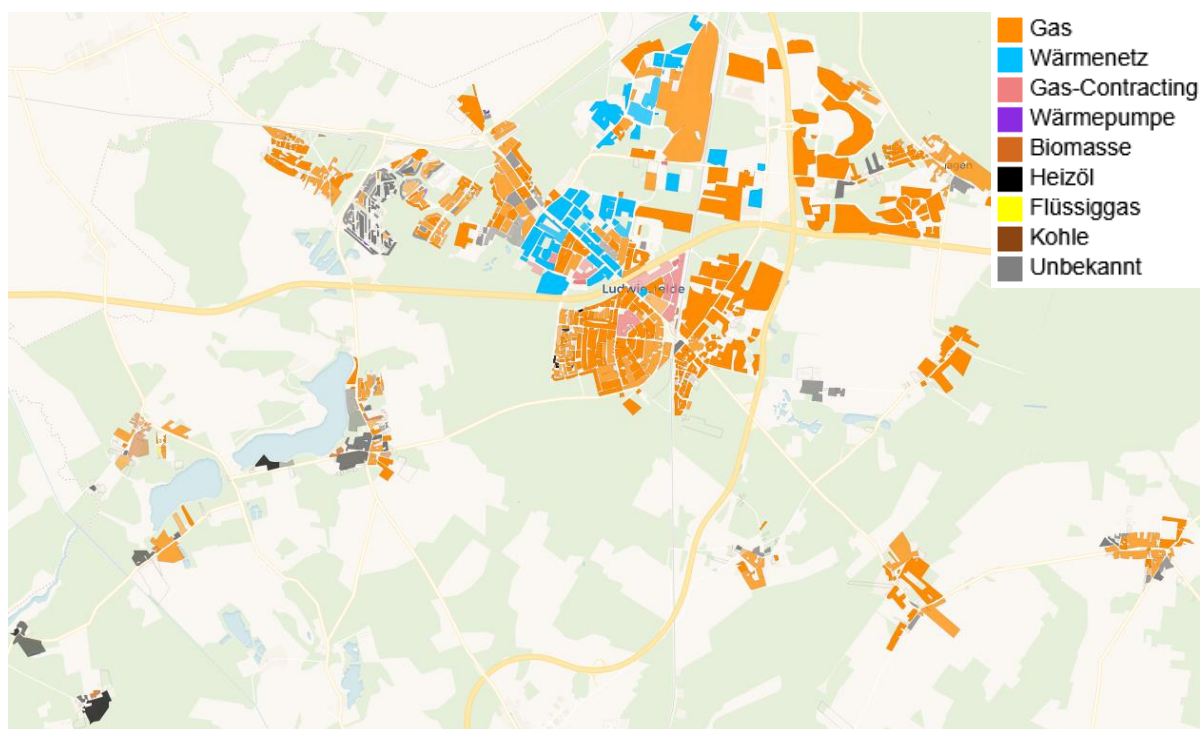


Abbildung 6: Darstellung der Anteile überwiegender Energieträger eines Baublocks am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

3.5 Treibhausgasemissionen

Zur Erstellung der Treibhausgasbilanz wurden die CO₂-Emissionen für die Endenergieträger einschließlich ihrer Vorketten (Emissionen aus der Energiebereitstellung) berechnet. Dabei wurden folgende CO₂-Emissionsfaktoren angesetzt:

- Erdgas: 240 kg/MWh
- Wärmenetze 124 kg/MWh
- Strom: 260 kg/MWh
- Unbekannt: 310 kg/MWh

Die Werte sind dem Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung für das Jahr 2025 entnommen. Eine Ausnahme bildet der Faktor für Wärmenetze, da dieser individuell zu bestimmen ist. Dafür wurden die Emissionsfaktoren für Nah-/Fernwärme aus KWK mit Deckungsanteil der KWK an der Wärmeerzeugung von mindestens 70 Prozent nach der Anlage 9 des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) verwendet. Diese betragen für gasförmige und flüssige Brennstoffe 180 g/kWh und für erneuerbare Brennstoffe 40 g/kWh, wobei es sich um CO₂-Äquivalente handelt. Mit der Annahme eines EE-Anteils der Fernwärme von 40 % ergibt sich ein Emissionsfaktor für das Wärmenetz von 124 g/kWh. Für unbekannte Energieträger wurde unter der Annahme, dass der Großteil vermutlich auf die Verbrennung von Heizöl zurückzuführen ist, der entsprechende Emissionsfaktor angesetzt.

Daraus ergaben sich für die Stadt Ludwigsfelde im Jahr 2024 Treibhausgasemissionen für die Wärmeerzeugung von rund 87.000 t CO₂-Äquivalenten pro Jahr.

Im folgenden Balkendiagramm sind Erdgas mit rund 62.000 t und die Wärmenetze mit rund 11.000 t als die größten Treibhausgaserzeuger bei der Wärmeversorgung deutlich zu erkennen.

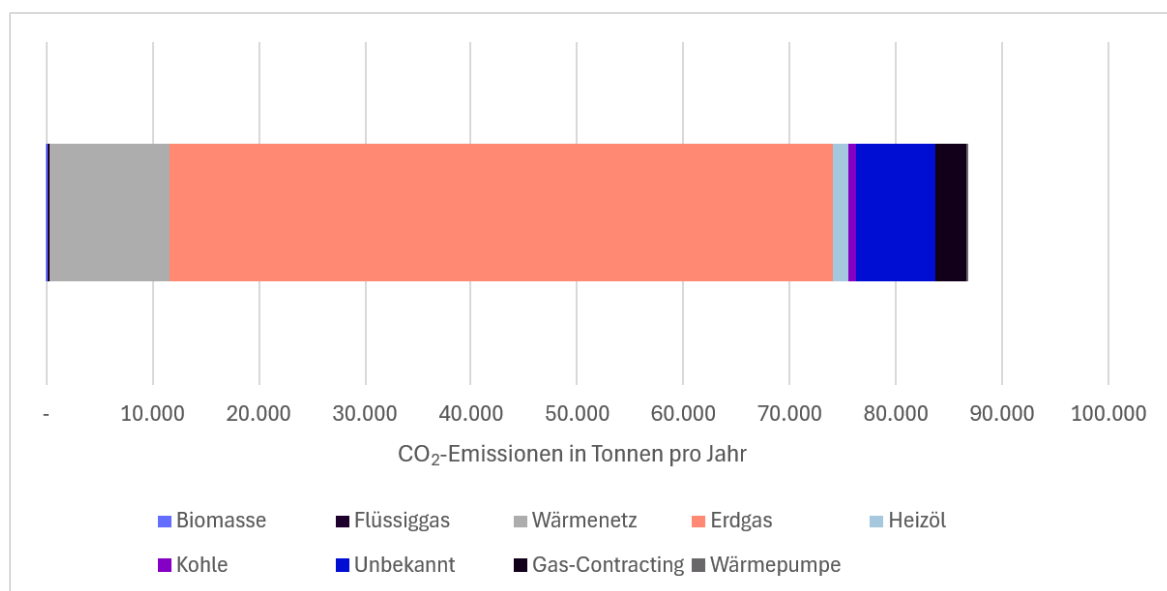


Abbildung 7: Treibhausgasemissionen für die Wärmeerzeugung im Jahr 2021

3.6 Dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen

Die folgende Tabelle bildet die aktuell vorhandenen dezentralen Erzeugungsanlagen in Stadt Ludwigsfelde ab. Die Daten wurden aus den Zähler- und den Schornsteinfegerdaten abgeleitet.

Wärmeerzeuger (Anzahl)	HH	GHD	Öffentl. Gebäude	Industrie	Summe	Anteil in %
Gaskessel	3.919	526	82	45	4.572	58,1%
Unbekannt	1.125	352	83	1	1.561	19,8%
Wärmepumpe	466	8	0	0	474	6,0%
Biomassekessel	349	2	4	0	355	4,5%
Heizölkessel	274	4	6	0	284	3,6%
Kohlekessel	155	0	3	0	158	2,0%
Wärmenetz	146	84	32	85	347	4,4%
Flüssiggaskessel	49	3	1	0	53	0,7%
Summe	6.532	980	228	131	7.871	100%
Anteil in %	83,0%	12,5%	2,9%	1,7%	100%	

Tabelle 5: Anzahl und Art dezentraler Wärmeerzeuger einschließlich Hausübergabestationen (Wärmenetz) im Bestandsjahr 2024

In den folgenden Abbildungen ist die Verteilung der jeweiligen dezentralen Wärmeerzeuger im Planungsgebiet gut erkennbar. Je größer ihre Anzahl, desto dunkler der Farbwert

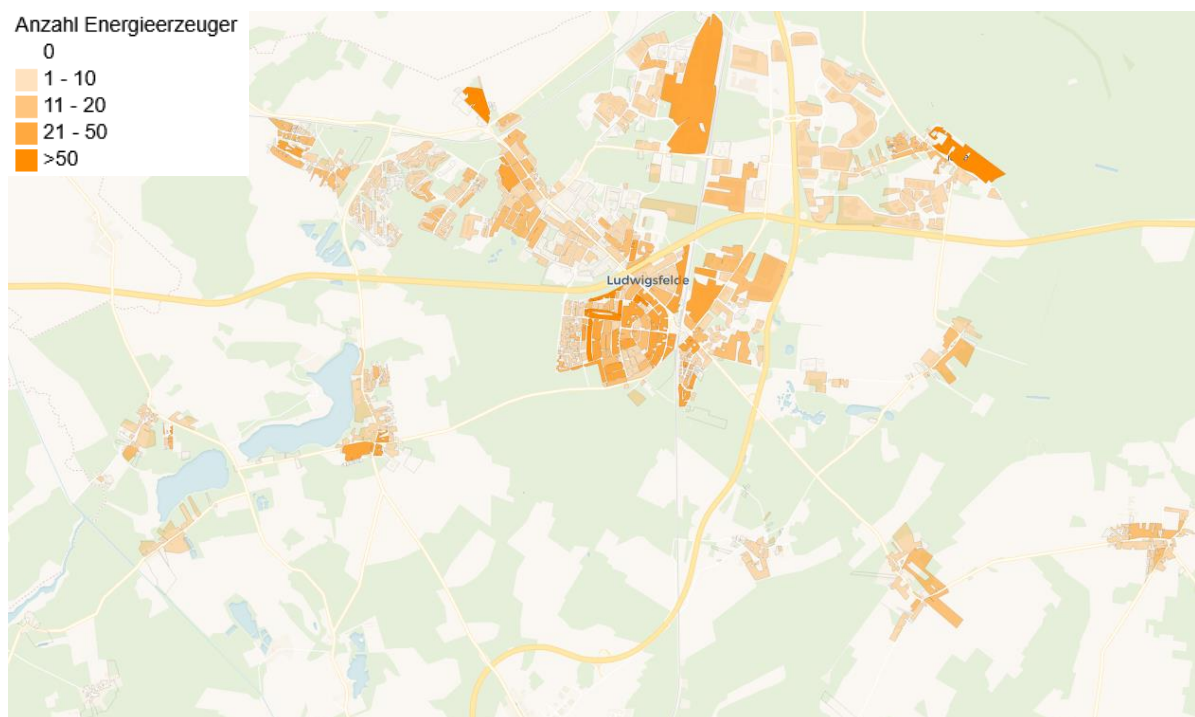


Abbildung 8: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Gaskessel)

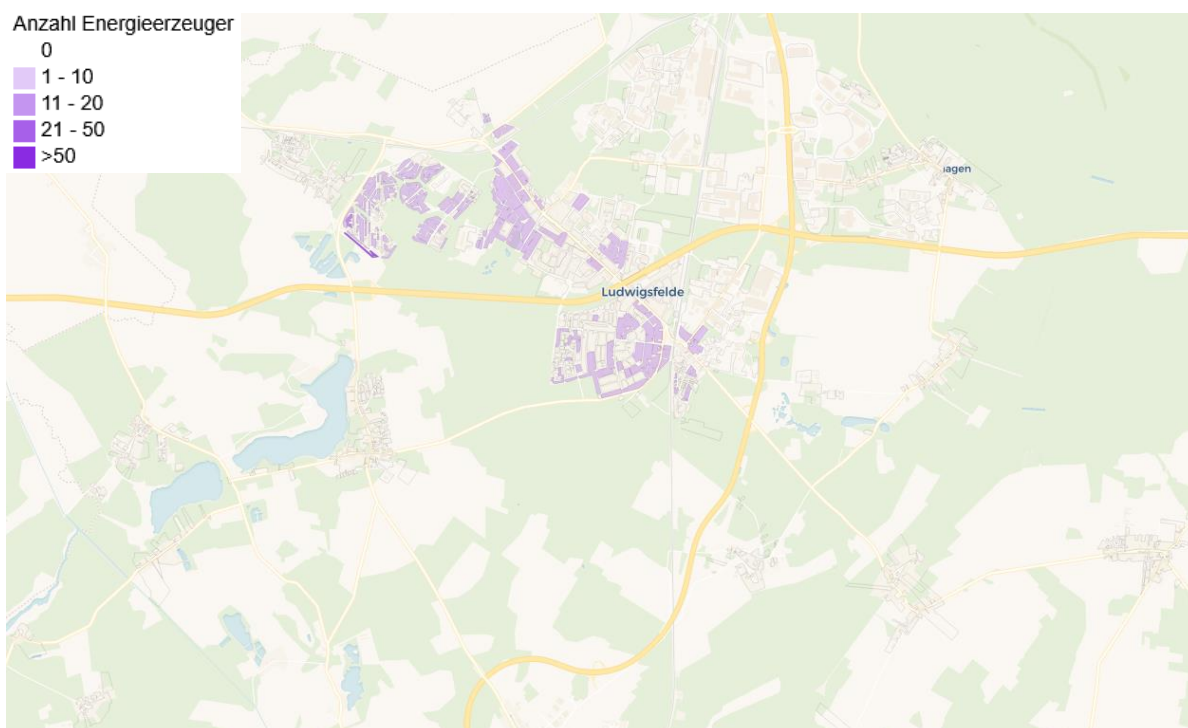


Abbildung 9: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeezeuger nach Anzahl und Art der Wärmeezeuger (Wärmepumpen, soweit über Zählerdaten bekannt)



Abbildung 10: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeezeuger nach Anzahl und Art der Wärmeezeuger (Wärmenetz bzw. Hausübergabestationen)

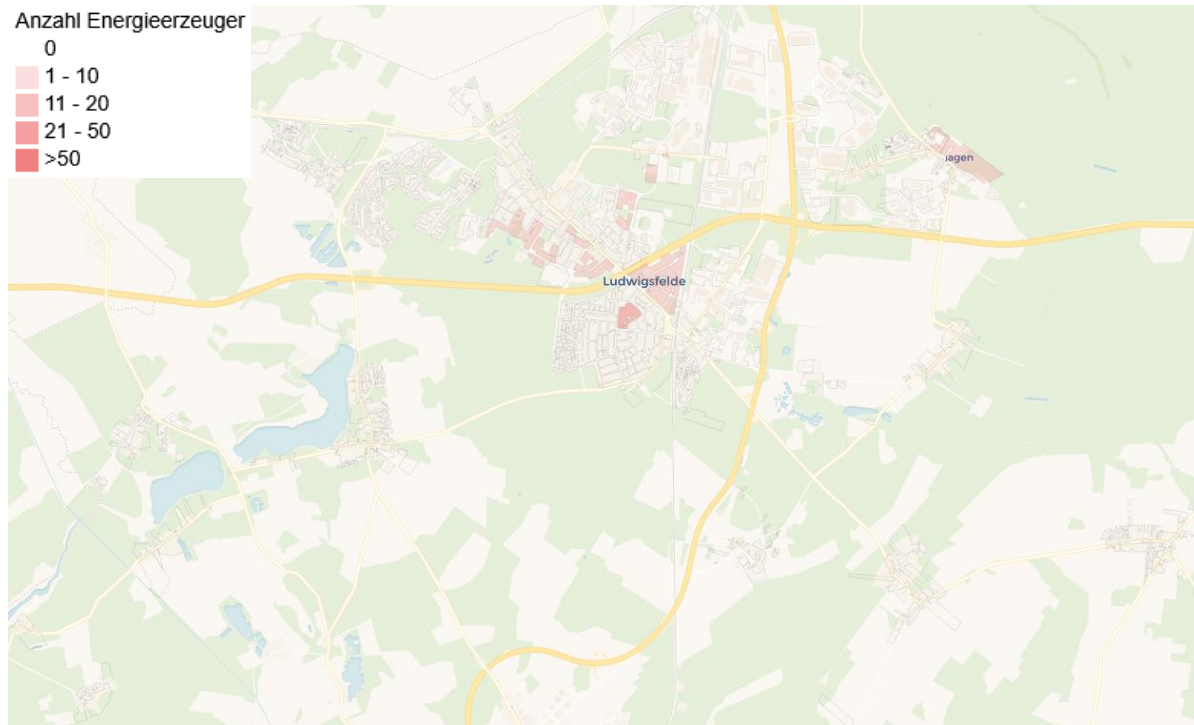


Abbildung 11: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmerezeuger nach Anzahl und Art der Wärmerezeuger (Gas-Contracting)



Abbildung 12: Baublockbezogene Darstellung der Anzahl dezentraler Wärmerezeuger, einschließlich Hausübergabestationen, nach Art der Wärmerezeuger (Unbekannt - vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse)

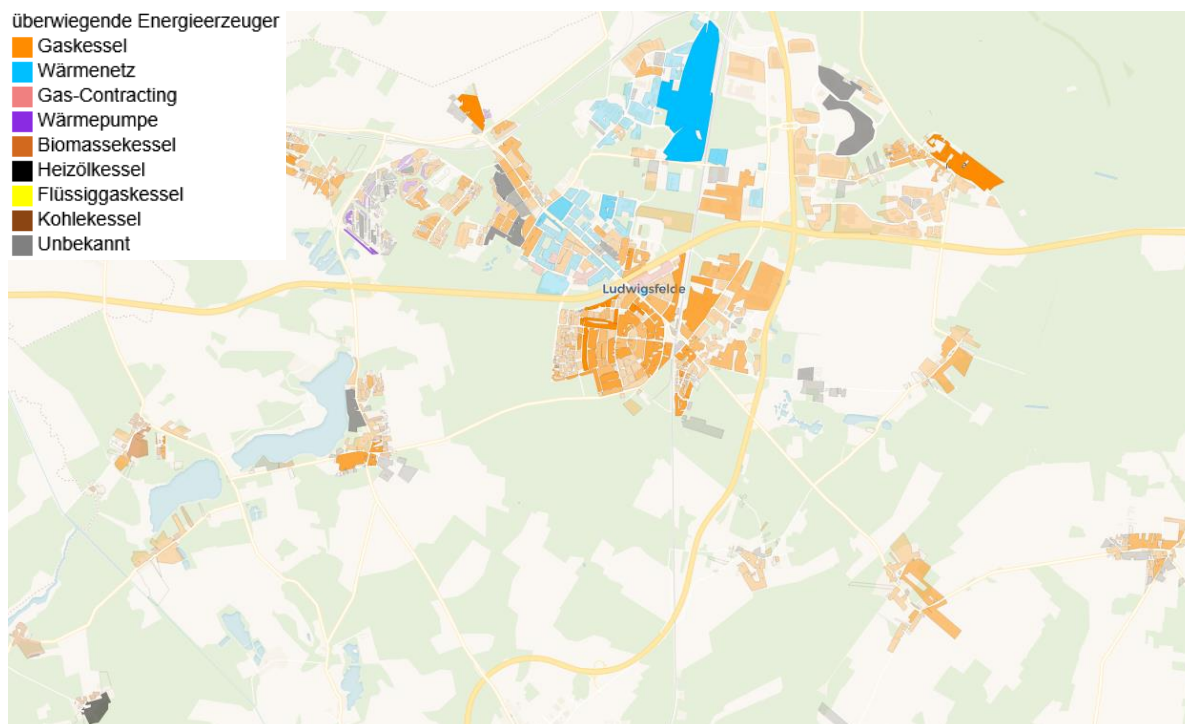


Abbildung 13: Baublockbezogene Darstellung der überwiegenden dezentralen Wärmeerzeuger nach Anzahl

Die Karten verdeutlichen die nahezu flächendeckende Versorgung mit Gasnetzen. Lediglich die Ortsteile Mietgendorf und Schiaß sind nicht an das Gasnetz angebunden. Die Wärmenetzgebiete sind in dieser Darstellung ebenfalls gut erkennbar.

3.7 Für die Wärmeversorgung relevante Infrastrukturanlagen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Bestandsanalyse zu den relevanten Infrastrukturanlagen für die Wärmeversorgung sowie die Informationen zu Gebäuden und Großverbrauchern zusammengefasst. Die Reihenfolge und Darstellungsform in den Abschnitten orientiert sich an Anlage 2 WPG (zu § 23) Abs. 2 Nr. 5 bis 11.

Für die folgenden kartografischen Abbildungen wurden Auszüge aus dem Wärmeatlas verwendet sowie ergänzend die von der Auftragnehmerin angefertigten digitalen Karten zu den Infrastrukturanlagen der Wärmeversorgung. Beide Instrumente liegen auf Basis eines Geoinformationssystems in digital nutzbaren Formaten in der Stadtverwaltung vor.

3.7.1 Überwiegender Gebäudetyp

Hier wurden Erkenntnisse über den dominierenden Gebäudetyp in den Teilgebieten gewonnen, um daraus später die Eignung für bestimmte Versorgungsarten ableiten zu können. Die Darstellung erfolgt baublockbezogen. Datengrundlage waren die ALKIS-Daten und die Daten der Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH.

Mehrfamilienhausgebiete eignen sich tendenziell eher für die Versorgung über Wärmenetze. Zu beachten ist, dass die Karte nur den überwiegenden Gebäudetyp abbildet. Insofern ist nicht ausgeschlossen, dass es auch für die ebenso dort vorhandenen Einfamilienhausareale wirtschaftliche Wärmenetzlösungen geben kann. Voraussetzung wäre eine relevante Zahl von Mehrfamilienhäusern oder Ankernkunden aus den Sektoren GHD und Industrie. Besonders sehr dicht bebaute Einfamilienhausgebiete mit Reihenhausanteilen könnten je nach Baualter und -standard für die Wärmenetzversorgung geeignet sein.

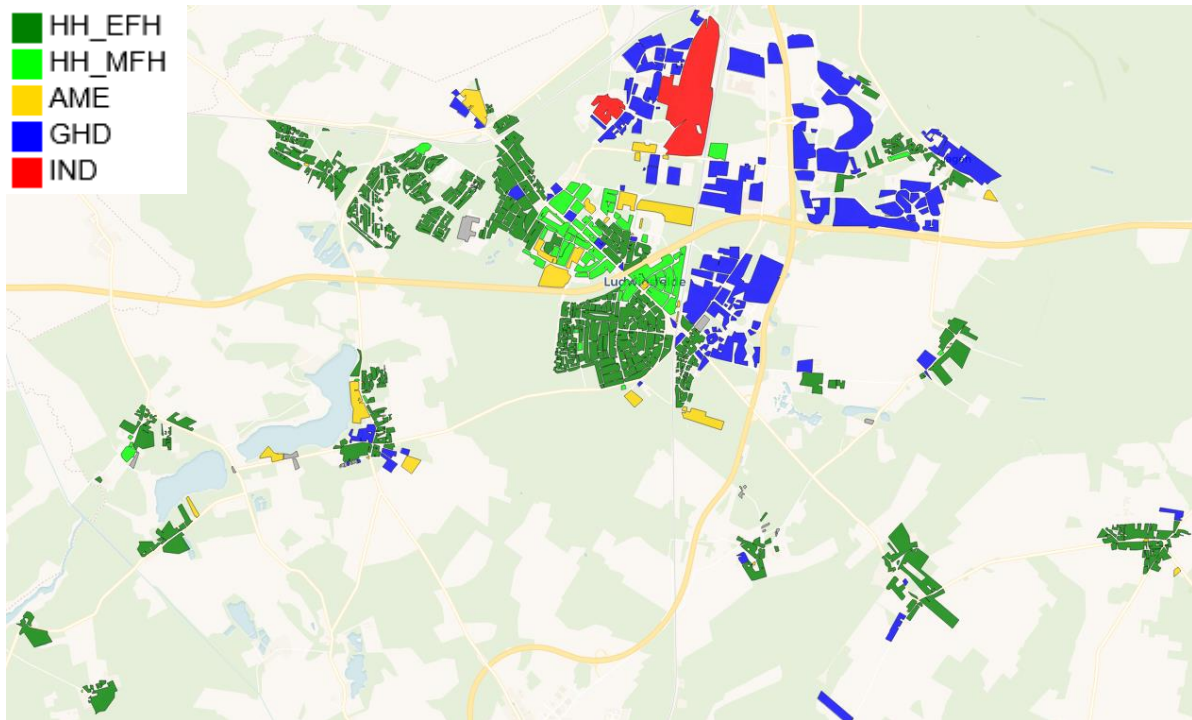


Abbildung 14: Baublockbezogene Darstellung des Überwiegenden Gebäudetyps

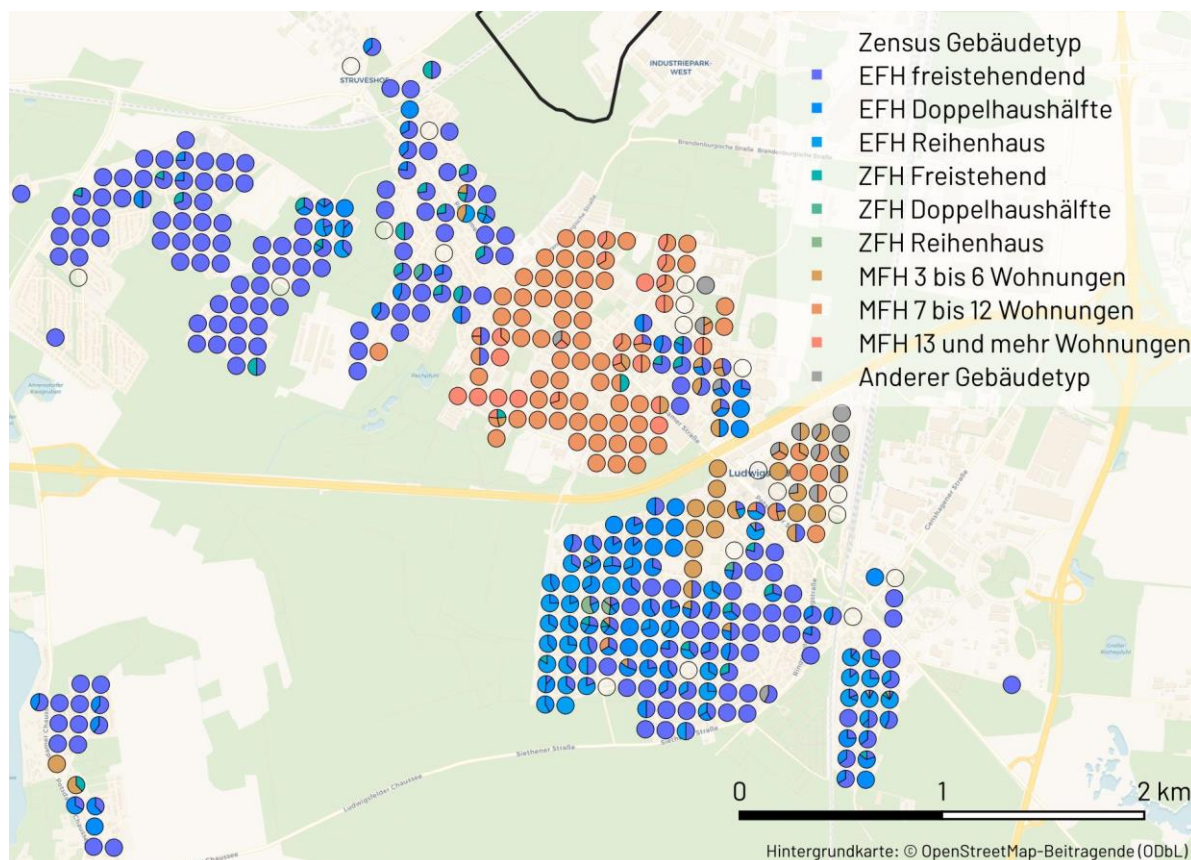


Abbildung 15: Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps nach Zensusdaten 2022

3.7.2 Überwiegende Baualtersklassen

Die Baualtersklassen werden in der Wärmeplanung erfasst, um daraus den energetischen Baustandard entsprechender Baujahre (vor Sanierung) und damit den Wärmebedarf ableiten zu können. Außerdem können energetische Gebäudesanierungsbedarfe abgeschätzt werden. Das ist relevant, um Teilgebiete mit einem erhöhten Energieeinsparpotenzial gemäß § 18 Abs. 5 WPG zu ermitteln.

Die folgende Abbildung, die ebenfalls auf den Daten des deutschen Zensus 2022 basiert, macht die überwiegenden Baualtersklassen in der Stadt Ludwigsfelde sichtbar.

Es sind deutliche Unterschiede zwischen den Stadtteilen und Quartieren sichtbar. Der Stadtteil West sowie das Dichterviertel sind geprägt von Gebäuden aus der Baualtersklasse zwischen 1949 und 1978. In der Gartenstadt gibt es viele Gebäude von 1919 – 1948, sowie auch neueren Gebäuden im Westen (vorwiegend 1979 – 1990) und im Osten (vorwiegend 1991 – 2010) der Gartenstadt. Im Flusseviertel ist eine große Bandbreite vorhanden, wobei der Großteil in den 90er Jahren gebaut wurde. Im Rousseau-Park sind vor allem Neubauten ab 2011 zu finden. In den Ortsteilen ist es ebenfalls sehr durchmischt, wobei auffällt, dass es überall auch alte Gebäude mit Baujahr vor 1919 gibt.

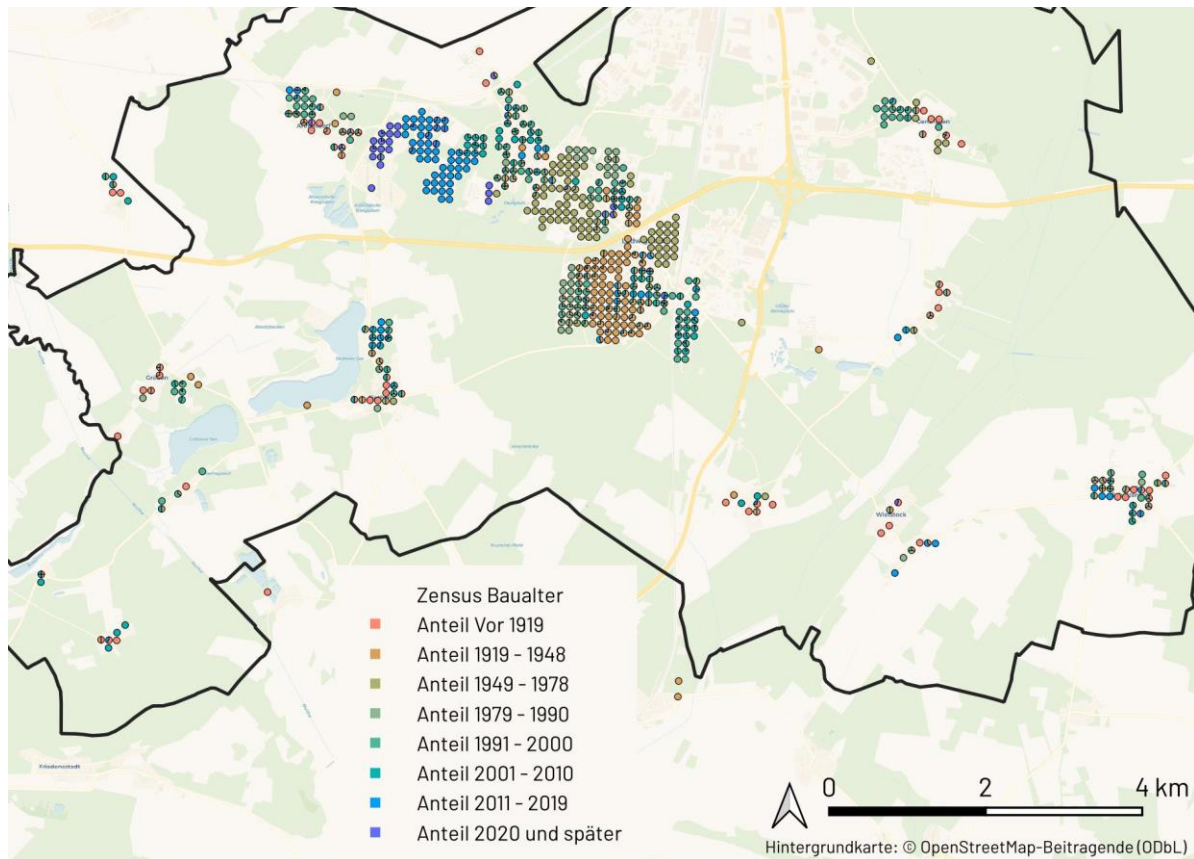


Abbildung 16: Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude nach Zensusdaten 2022

3.7.3 Großverbraucher

Für die Entwicklung von Wärmenetzen ist die Identifizierung von Großverbrauchern und deren Standorten ein wichtiger Schritt. Großverbraucher gelten als besonders vielversprechend für eine Erschließung durch Wärmenetze. Es sei denn, sie befinden sich sehr weit entfernt von anderen Erschließungsbereichen von Wärmenetzen. Dann könnte eine Anbindung an ein Wärmenetz unwirtschaftlich sein. Ebenso entscheidend ist, ob es sich bei dem Großverbraucher um einen Erzeuger von Strom oder Prozesswärme mit hohen Temperaturen handelt. Spätestens bei einem benötigten Temperaturniveau von mehr als 100 °C ist eine Anbindung an ein Wärmenetz in der Regel nicht sinnvoll. Diese Anwendungsfälle wurden in der Untersuchung zum Ausbau eines Wärmenetzes berücksichtigt, soweit sie bekannt waren.

Werden Großverbraucher ab einem Wärmebedarf von 1 GWh pro Jahr definiert, so finden sich die meisten Großverbraucher in den Gewerbegebieten Preußenpark, Genshagen sowie im Brandenburg Park. Darüber hinaus gibt es jedoch auch Baublöcke im Dichterviertel, sowie in der Innenstadt die entsprechend hohe Wärmebedarfe aufweisen. Als weiterer Großverbraucher ist zudem die Kristall-Therme zu nennen.

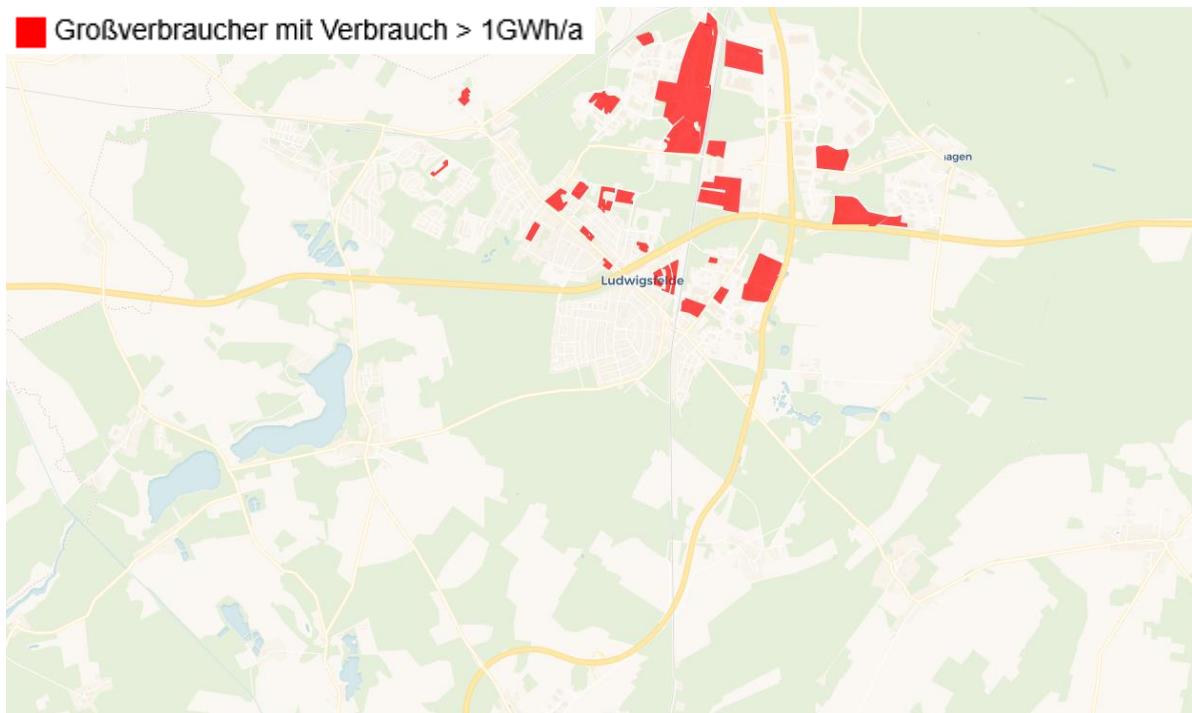


Abbildung 17: Standortbezogene Darstellung bestehender sowie bekannter potenzieller Großverbraucher von Wärme, Gas oder Wasserstoff (gemäß § 7 Abs. 3 Nr. 3 WPG)

3.7.4 Wärmenetze

Im Rahmen der Bestandsanalyse sind nicht nur die bestehenden, sondern gemäß Anlage 2 WPG (zu § 23) Abs. 2 Nr. 8 auch alle geplanten oder genehmigten Wärmenetze und -leitungen darzustellen.

Im Stadtgebiet werden zwei zusammenhängende Wärmenetze durch die Stadtwerke Ludwigsfelde sowie die e.distherm Energielösungen GmbH betrieben.

Kategorie	Wärmenetz 1*:	Wärmenetz 2:
Netzbetreiber	e.distherm Energielösungen GmbH	Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH
Jahr der Inbetriebnahme	k.A.	1993
Art des Wärmeträgermediums	Wasser	Wasser
Anzahl versorgter Anschlüsse	k.A.	150
Trassenlänge gesamt in km	k.A.	12,9
Wärmeabsatz 2024 gesamt in GWh/a	k.A.	34,2
Spitzenlast in kW	k.A.	
Leistung BHKW in kW	k.A.	2.265 kW _{th}
Fremdleistung e.distherm in kW	k.A.	18.000 kW _{th}
Max. Temperatur Vor-/ Rücklauf in °C	k.A.	100/60 °C

Tabelle 6: Daten zu den bestehenden Wärmenetzen in Ludwigsfelde; * Netzdaten im Rahmen der KWP nicht verfügbar

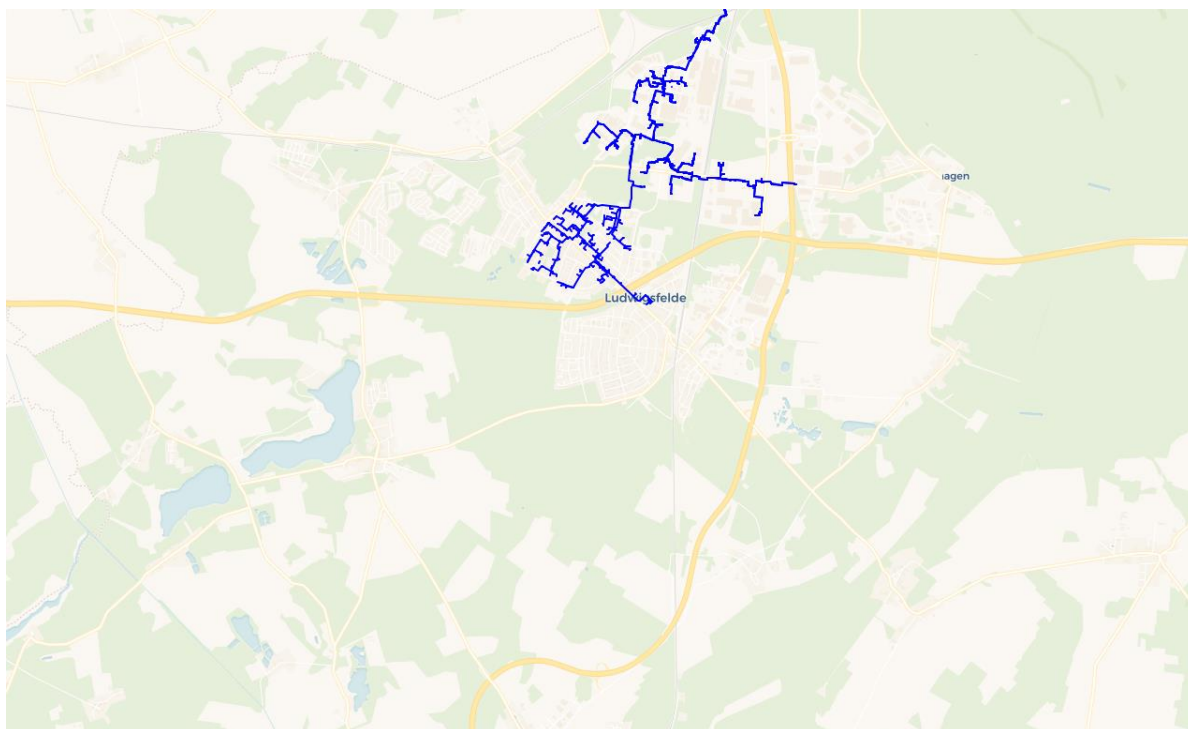


Abbildung 18: Lage der bestehenden Wärmenetze

Folgende Abbildung enthält eine kartografische Darstellung bestehender Wärmenetze. Baublöcke gelten darin als durch ein Wärmenetz erschlossen, wenn der Wärmebedarf in diesem Baublock mindestens zu 50 % über Wärmenetze gedeckt wird.

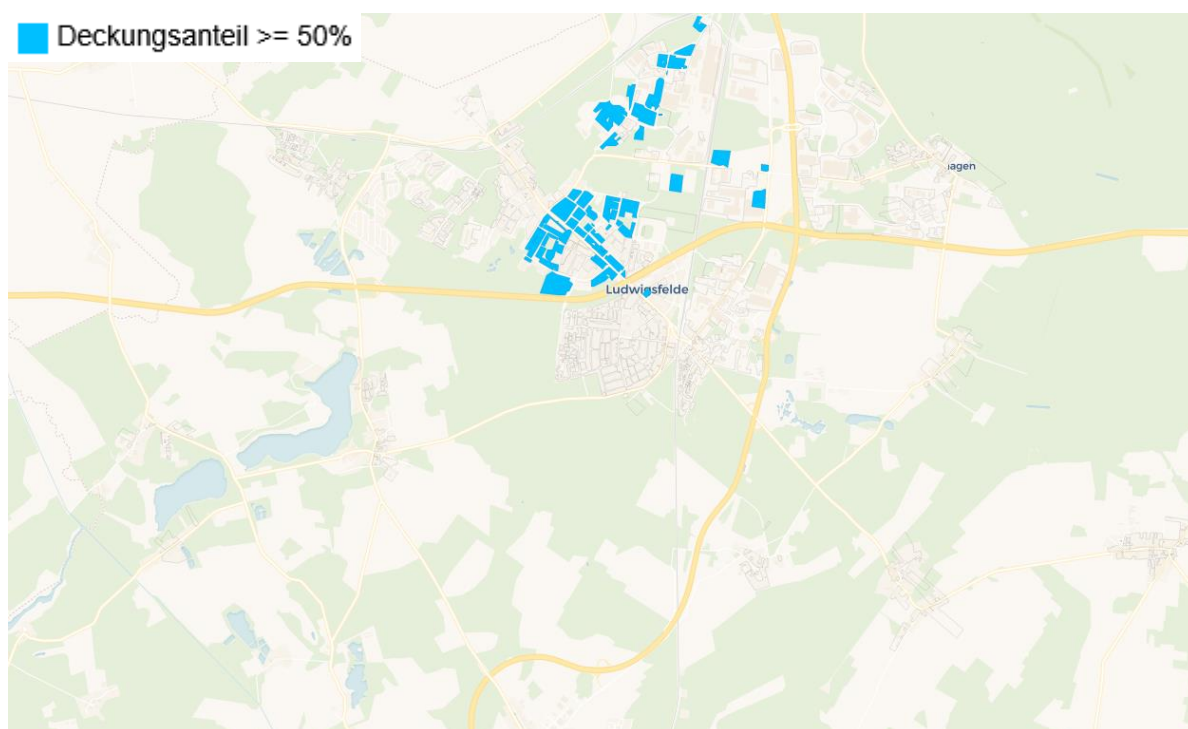


Abbildung 19: Flächenhafte Lage (baublockbezogen) bestehender Wärmenetze ab mindestens 50 % Anteil an der Wärmeversorgung

3.7.5 Gasnetze

In der Bestandsanalyse sind gemäß Anlage 2 WPG (zu § 23) Abs. 2 Nr. 8 lit. B alle bestehenden, geplanten oder genehmigten Gasnetze und -leitungen zu erheben und baublockbezogen kartografisch darzustellen. Die folgende Abbildung macht die Erschließung der Stadt Ludwigsfelde durch Gasnetze anschaulich. Baublöcke gelten darin als durch Gasnetz erschlossen, wenn der Wärmebedarf in diesem Baublock mindestens zu 50 % durch Gas gedeckt wird.

Die Erschließung durch Gasnetze wird gemäß Anlage 2 WPG (zu § 23) Abs. 2 Nr. 8 lit. b flächenhaft (baublockbezogen) dargestellt. In der folgenden Abbildung werden Baublöcke als durch ein Gasnetz erschlossen angenommen, wenn der Wärmebedarf in diesem Baublock zu mindestens 50 % durch Gas gedeckt wird.

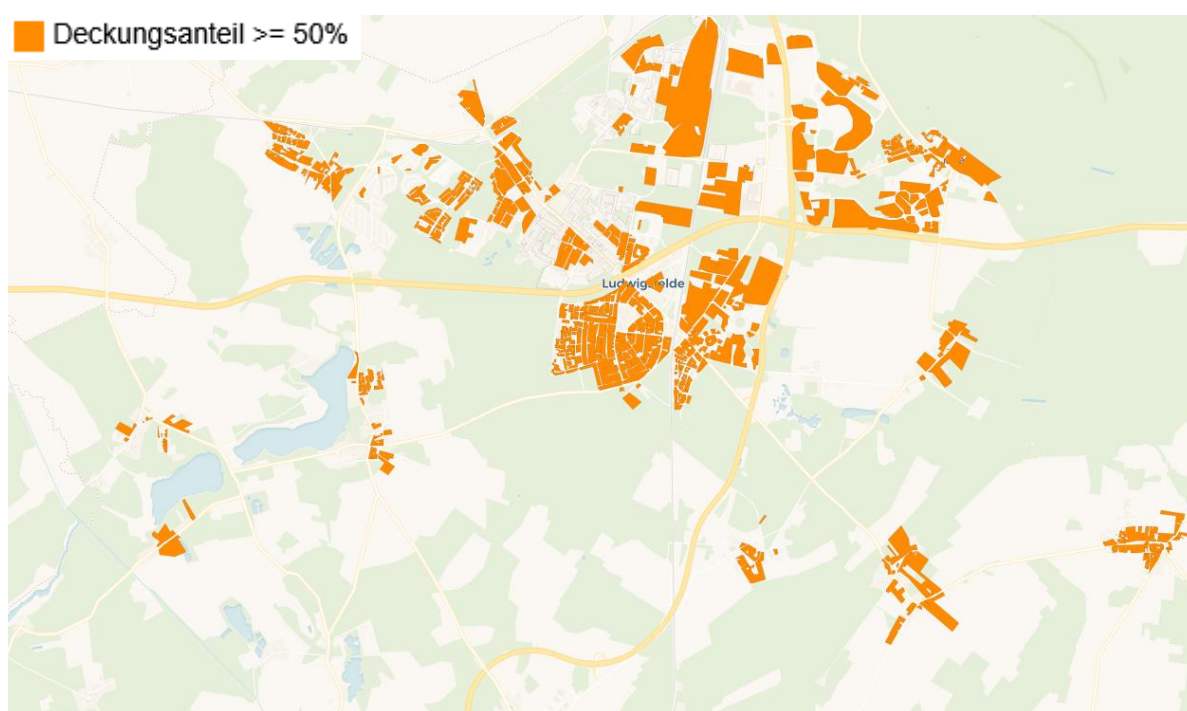


Abbildung 20: Flächenhafte Lage (baublockbezogen) bestehender Gasnetze und -leitungen (ab mindestens 50 % Anteil an der Wärmeversorgung)

Das Gasnetz in Ludwigsfelde wird durch die Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH, durch die e.distherm Energielösungen GmbH sowie durch die NBB Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg mbH & Co. KG jeweils mit Erdgas betrieben. Folgende Tabelle bündelt die Informationen des vorhandenen Gasnetzes.

	Gasnetz 1	Gasnetz 2	Gasnetz 3
Netzbetreiber	Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH	NBB Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg	e.distherm Energielösungen GmbH
Versorgte Stadtteile	Ludwigsfelde, Siethen, Gröben, Jütchendorf, Industriepark, Genshagen	Ahrensdorf, Groß-Schulzendorf, Kerzendorf, Löwenbruch, Wietstock	Industriepark

Jahr der Inbetriebnahme			
Energieträger	Methan	Methan	Methan
Anzahl versorgter Anschlüsse	785 HD 2612 MD	655	1 HD 26 MD
Trassenlänge gesamt in km			
Hochdruck	44		1,5
Mitteldruck	76		6,0
Niederdruck	-		-
Absatz 2022 gesamt in MWh/a	212.308		10
Anschlussleistung in MW	120		100

Tabelle 7: Strukturdaten des Gasversorgungsnetzes in Ludwigsfelde

3.7.6 Abwassernetze

Abwasserleitungen mit einem Durchmesser ab DN 800 werden in der Wärmeplanung als wichtige Infrastrukturanlagen zur potenziellen Abwasserwärmenutzung durch Großwärmepumpen erfasst. Auch Kläranlagen sind von besonderem Interesse. Dazu werden die Temperaturen und Abwassermengen am Auslauf der Kläranlagen ermittelt. Die Bewertung dieser beiden Wärmequellen erfolgt in der Potenzialanalyse.

In diesem Abschnitt geht es zunächst nur um die Darstellung der Infrastrukturanlagen im Abwassernetz.

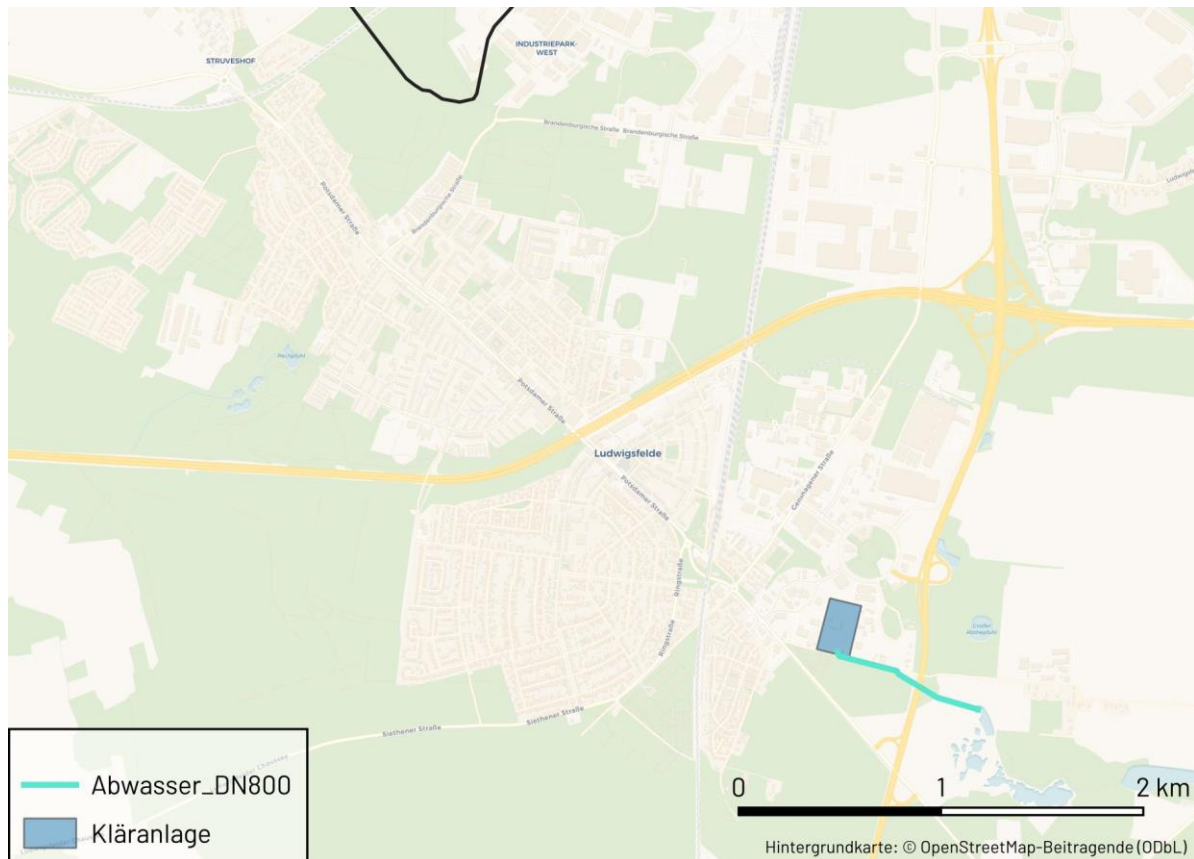


Abbildung 21: Standort Kläranlage und Abwassernetze und -leitungen (größer DN 800)

Die Ablaufleitung aus der Kläranlage ist insgesamt 732 m lang und wurde 1999 gebaut, wobei GFK-Rohrleitungen mit einem Innendurchmesser von 800 mm verwendet wurden. Der Trockenwetterabfluss beträgt ca. 3.000 m³ pro Tag.

3.7.7 Wärmeerzeugungsanlagen mit Einspeisung in ein Wärmenetz

Die Standorte der Wärmeerzeuger mit Einspeisung in ein Wärmenetz, werden unten in Kartenform dargestellt. Ergänzend gibt die Tabelle einen kompakten Überblick über Betreiber, Erzeugertyp, Energieträger und Leistung der jeweiligen Anlage.

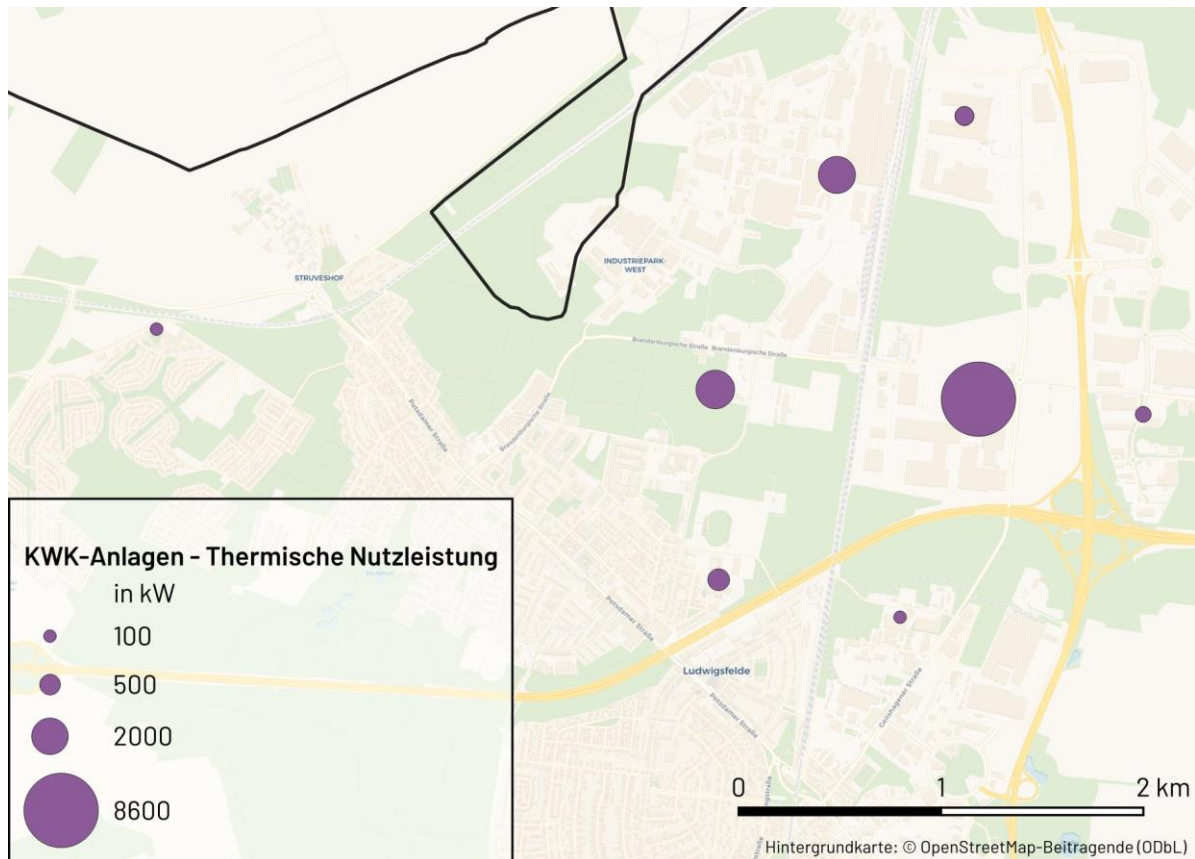


Abbildung 22: Standorte der Wärmeerzeuger, die in ein Wärmenetz einspeisen (Quelle: Angaben der Netzbetreiber)

Die beiden größten Anlagen sind wesentliche Wärmeerzeuger der vorher beschriebenen Wärmenetze. Das BHKW der Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH speist ebenfalls in das Wärmenetz ein, die Wärme wird jedoch vor Ort genutzt, sodass Mercedes-Benz darüber hinaus weitere Wärme bezieht. Die kleineren BHKWs unter 1.000 kW_{th} speisen in kein Wärmenetz ein, die Wärme wird überwiegend vor Ort genutzt.

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Erzeugung	Leistung in kW _{th}	Energie-träger
e.distherm	Bioenergie Ludwigsfelde GmbH	2007	ORC-Anlage	8.588	Hack-schnitzel
SWL-Netz	Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH	2006	BHKW	2.250	Erdgas
	Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH	2011	BHKW	2.062	Erdgas
	Kristall Schwimm & GesundheitsCenter Ludwigsfelde GmbH	2018	BHKW	578	Erdgas
	Deutsche Post AG	2020	BHKW	390	Erdgas
	Neuser GmbH	2025	BHKW	228	Erdgas

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Erzeugung	Leistung in kW _{th}	Energieträger
	Callidus Infrastruktur GmbH	2023	BHKW	100,7	Erdgas
	Autozentrum EHH	2018	BHKW	100	Erdgas

Tabelle 8: Wärmeeerzeuger mit Einspeisung in ein Wärmenetz (Quelle: Angaben der Netzbetreiber)

3.7.8 Wärme- und Gasspeicher

In dem Gemeindegebiet Ludwigsfelde sind derzeit keine Wärme- und Gasspeicher vorhanden.

3.7.9 Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen

Erzeugungsanlagen für Wasserstoff oder synthetische Gase im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes **Anlage 2 WPG (zu § 23)** sind derzeit in Ludwigsfelde nicht vorhanden oder geplant.

3.7.10 Stromnetze

Auf der Grundlage von Anlage 1 (zu § 15) WPG wurden Informationen und Daten zu bereits bestehenden, konkret geplanten oder bereits genehmigten Stromnetzen auf Hoch- und Mittelspannungsebene erhoben. Einschließlich der Umspannstationen auf Mittelspannung und Niederspannung. Zusätzlich wurden Informationen zu geplanten Optimierungs-, Verstärkungs-, Erneuerungs- und Ausbaumaßnahmen im Niederspannungsnetz abgefragt. Die Ergebnisse liegen der Kommunalverwaltung vor. Da es sich um sensible Daten des Energiesektors handelt, werden diese nicht im Wärmeplan veröffentlicht.

Die Konzessionärinnen für das Stromnetz in der Stadt Ludwigsfelde sind die ENRO Ludwigsfelde Netz GmbH sowie die Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH. Sämtliche Netzausbaupläne können über die Plattform VNBdigital (VNBdigital, 2025) abgerufen werden.

3.8 Wärmedichten - kartografische Darstellungen gemäß Anlage 2 zu § 23 WPG

Mit der Erstellung eines Wärmeatlas für Ludwigsfelde liegt ein wichtiges Planungsinstrument vor, das räumlich aufgelöste Analysen des Wärmebedarfs ermöglicht.

Als Grundlage dienen die Zählerdaten Gas, Wärme und Strom zu Heizzwecken sowie die Schornsteinfegerdaten und die ALKIS-Daten. Die Verbrauchsdaten wurden mit den GIS-Daten der Gebäude zusammengeführt. Darauf aufbauend wurden die Gebäude- und Verbraucherstruktur ermittelt und beschrieben. Die Zuordnung erfolgte über die Verbraucheradressen oder die Gebäudekoordinaten.

Zur Bestimmung der spezifischen Wärmebedarfe in kWh/m² beheizter Fläche wurden neben den Endenergieverbrauchsdaten auch Wohnflächen oder Gebäudenutzflächen verwendet. Die dafür benötigten Energiebezugsflächen wurden nach dem üblichen Ansatz der Energieeinsparverordnung mithilfe der 3D-Gebäudedaten errechnet.

Für die aggregierte, also verdichtete, Darstellung von Wärmebedarfen und Wärmebedarfsdichten wurden bebaute Flurstücke, die durch Straßen voneinander getrennt sind, zu Baublöcken zusammengefasst. Dadurch sind die entscheidenden Werte einfacher zu erkennen.

Zwischen den verschiedenen Objekten wurden räumliche Beziehungen hergestellt. Zum Beispiel: Ein Gebäude hat eine oder mehrere Hausadressen, grenzt an Gebäude „X“, liegt auf einem Flurstück „Y“, gehört zu einem Stadtteil oder Baublock „Z“ und besitzt einen Gasanschluss. Die Datenaggregation erleichtert eine Bewertung von Maßnahmen wie etwa eine mögliche Nahwärmeversorgung.

Nach der Datenverschneidung und Charakterisierung der Gebäude wurde eine umfangreiche Plausibilitätskontrolle durchgeführt, um die Qualität des Wärmeetlas zu erhöhen. Dabei wurde überprüft, ob alle Verbrauchsdaten den Gebäuden zugeordnet werden konnten. Fehler resultieren oft aus unkorrekten Adressangaben in den Datensätzen. Diese wurden manuell behoben.

Weiterhin wurden die flächenspezifischen Verbräuche aller Gebäude überprüft und angepasst. Hier lag der Fokus auf den auffälligsten Werten. Dazu zählen sehr geringe Werte, wie $< 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ und sehr hohe Werte, wie $> 400 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Häufig handelt es sich bei den niedrigen Verbräuchen um einen Gasverbrauch ausschließlich für Kochzwecke (also nicht für Heizung). Hohe spezifische Verbräuche lassen sich oft auf Nahwärmnetze für größere Gebäudeeinheiten zurückführen.

Das trifft zu, wenn über eine Verbrauchsadresse abgerechnet wird, jedoch gleichzeitig mehrere Gebäude mit abweichender Adresse mitversorgt werden, zum Beispiel ein Reihenhausblock mit fünf Einheiten und einem Gasanschluss. Oder mehrere Verwaltungsgebäude auf einem oder mehreren Flurstücken mit einem einzigen Wärmeerzeuger. Mit Hilfe verschiedener mathematischer Algorithmen wurden solche Situationen automatisiert erkannt und mehrere Gebäude zu Versorgungsverbünden zusammengefasst. Somit mussten für die mitversorgten Gebäude keine getrennten Wärmebedarfsabschätzungen gemacht werden.

Im nächsten Schritt wurde der Wärmebedarf für jene Gebäude ohne bekannte Verbrauchsdaten ermittelt. Dazu wurden vorliegende Zählerdaten benachbarter Gebäude verwendet, um damit den flächenspezifischen Wärmebedarf des untersuchten Gebäudes abzuschätzen. Es wurde unterstellt, dass der Sanierungsstand und die Nutzung den umliegenden Gebäuden ungefähr entsprechen. Direkt angrenzende, ähnlich große Gebäude wurden dabei stärker gewichtet. In Einzelfällen, in denen es keine solche Vergleichsdaten gab, wurden die Gebäude bzw. deren Wärmebedarf nicht in den Wärmeetlas aufgenommen.

Zur weiteren Prüfung und Auslegung von Wärmeversorgungssystemen sollten spätestens bei einer Machbarkeitsstudie die fehlenden Daten beschafft und im Wärmeetlas nachgetragen werden. Das könnte über eine Fragebogenabfrage geschehen. In diesem Zuge könnten weitere Informationen über zusätzliche Wärmeerzeuger, installierte Leistung und Alter der Heizungsanlagen eingeholt werden.

Für Baublöcke mit drei oder weniger Gebäuden erfolgt aus Gründen des Datenschutzes keine Darstellung des Wärmebedarfs im Wärmeetlas. Die jeweiligen Wärmebedarfswerte der Gebäude wurden aber in alle Kalkulationen dieses Berichts miteinbezogen.

Gewerbliche und landwirtschaftlich genutzte Flächen ohne genaue Wärmeverbrauchsdaten wurden nicht berücksichtigt, weil deren Wärmebedarf nur schwer einzuschätzen ist. Diese Flächen sind in den Karten dunkelgrau eingefärbt.

Im Ergebnis liegt ein gebäudescharfer Wärmeatlas mit Informationen zu den Gebäuden (Gebäudetyp, Nutzungsart, Größe, beheizte Fläche etc.) und Energieträgern sowie zum Wärmebedarf mit Hochrechnung auf die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 vor. Alle Kartendarstellungen stehen der Stadt Ludwigsfelde auch in digital nutzbaren Formaten zur Verfügung.

Der Wärmeatlas visualisiert die Daten kartografisch auf drei Ebenen:

- Gebäude
- Quartier (auch Gebäudeblock genannt, Gruppe von Gebäuden, die sich auf angrenzenden Flurstücken befinden und durch Straßen abgegrenzt werden können)
- Potenzielle Wärmenetzgebiete

Aus den vielfältigen Auswertungsmöglichkeiten des erstellten digitalen Wärmeatlas, werden an dieser Stelle die gemäß Anlage 2 (zu § 23) Abs. 2 Ziff. 1 und 2 WPG vorgegebenen Karten dargestellt:

Aktuelle Wärmeverbrauchsichten

Die Wärmelinien-dichte beschreibt die transportierte Wärmemenge in einem Wärmenetz pro Jahr im Verhältnis zu dessen Trassenlänge. Sie liefert einen Hinweis auf die Wärmenetzeignung von Straßenabschnitten. Der Leitfaden zum WPG verwendet dazu folgende Kategorisierung:

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

Tabelle 9: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmelinien-dichte (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019)

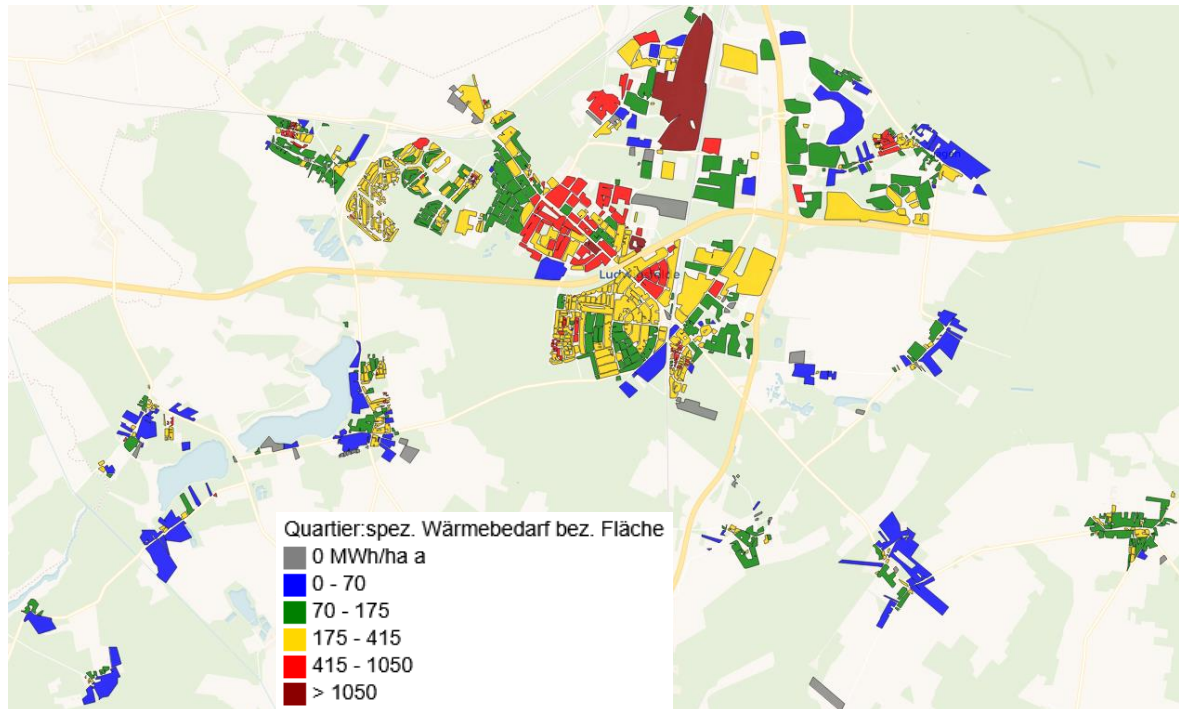


Abbildung 23: Baublockbezogene Darstellung der Wärmeverbrauchsichten in MWh/(ha·a)

Aktuelle Wärmelinienichte (Basisjahr 2024)

Die Wärmelinienichte beschreibt die pro Jahr in einem Wärmenetz transportierte Wärmemenge im Verhältnis zu dessen Trassenlänge. Sie liefert Hinweise auf die Wärmenetzeignung von Straßenabschnitten. Der Leitfaden zum WPG verwendet dazu folgende Kategorisierung:

Wärmelinienichte in MWh/(ha·a)	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0 – 0,7	Kein technisches Potenzial
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	Wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z. B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)

Tabelle 10: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmelinienichte (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019)

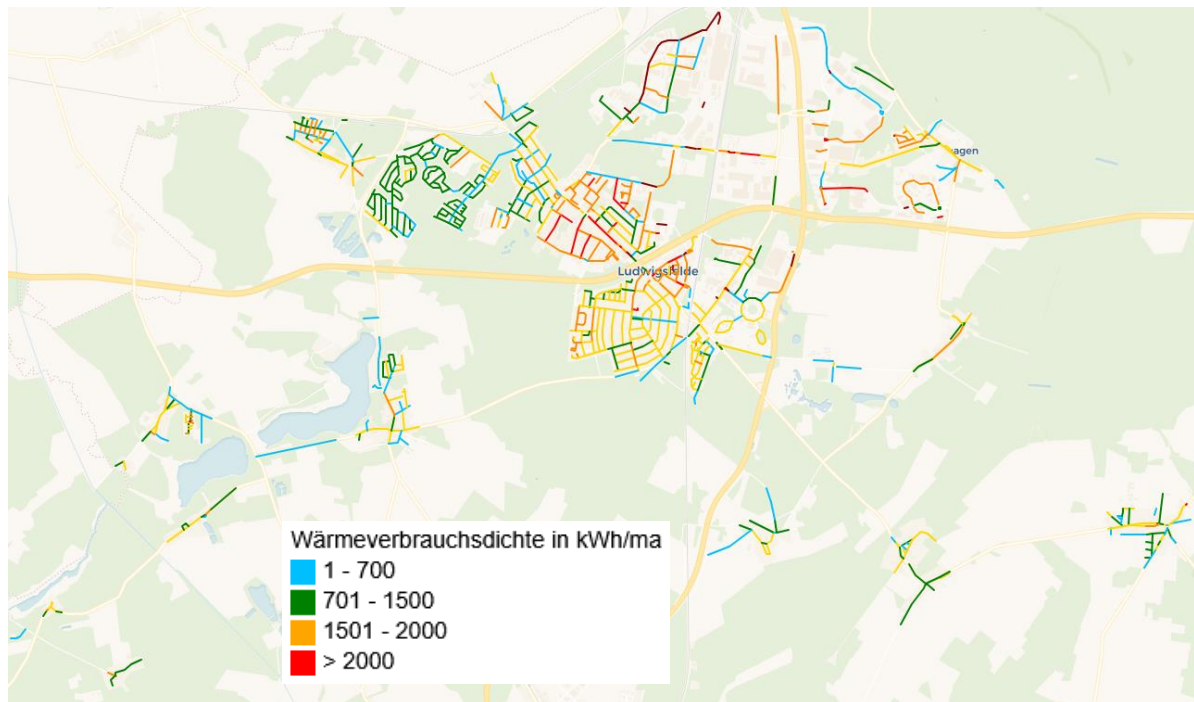


Abbildung 24: Straßenabschnittbezogene Darstellung der Wärmelinienichten in Kilowattstunden pro Meter und Jahr

Die Auswertung zeigt, dass besonders das Zentrum der Stadt Ludwigsfelde einen hohen bis sehr hohen spezifischen Wärmebedarf aufweist. Ebenfalls hohe spezifische Wärmebedarfe sind im Industriepark Nord, im Brandenburg Park sowie im Preußen Park zu sehen.

4 Potenzialanalyse

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden quantitativ und räumlich differenziert die im in der KWP betrachteten Gebiet vorhandenen Potenziale zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien, zur Nutzung von unvermeidbarer Abwärme und zur zentralen Wärmespeicherung ermittelt. Bekannte räumliche, technische, rechtliche oder wirtschaftliche Restriktionen für die Nutzung von Wärmeezeugungspotenzialen wurden berücksichtigt.

Die ermittelten Potenziale werden quantitativ und nach Energieträgern sowie räumlich differenziert kartografisch ausgewiesen. Die Darstellung der Potenziale im Wärmeplan erfolgt mit dem Ziel, Wärmeversorgern und -verbrauchern möglichst konkrete Anhaltspunkte zu geben, welche Energiequellen sie in vertiefenden Analysen und Planungen genauer untersuchen sollten. Ausschlussgebiete wie Wasserschutzgebiete oder Heilquellengebiete werden räumlich differenziert ausgewiesen.

Zudem wurden die Potenziale zur Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden sowie in industriellen oder gewerblichen Prozessen abgeschätzt.

4.1 Wärmebedarfsentwicklung: 2025 – 2045

Zur Berechnung und Fortschreibung des Wärmebedarfs wurde ein Treibermodell angewendet, welches die lokalspezifischen Randbedingungen berücksichtigt. Soweit sektorspezifische Unterscheidungen möglich waren, wurden für die Anwendungen Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme individuelle Einflussfaktoren zur Entwicklung des Wärmebedarfs definiert und berechnet.

Ein exemplarisches Treibermodell ist in folgender Abbildung für die Sektoren Haushalte sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Industrie schematisch dargestellt.

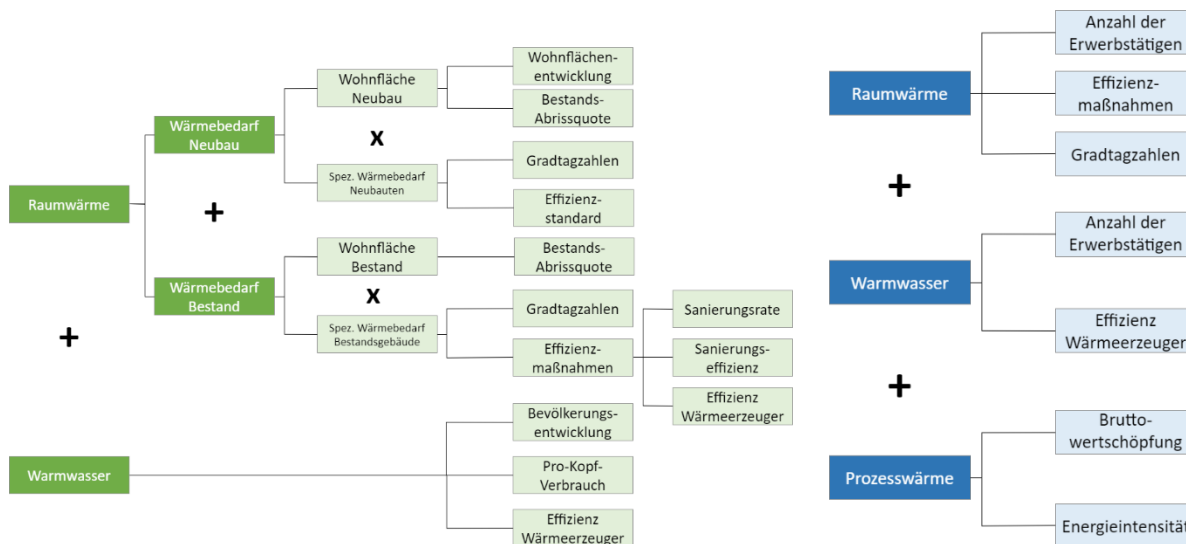


Abbildung 25: Wärmeanwendungen und Treiber des Sektors Haushalte (links), Wärmeanwendungen und Treiber der Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD, rechts) und Industrie (rechts).

Für die Prognose der Wärmebedarfsentwicklung in Wernigerode wurden folgende Szenarien berücksichtigt.

Sektor	Referenz-Studie	Szenario für Wärmebedarfsentwicklung
Haushalte	(BdI e.V, 2021)	Sparszenario - Wohngebäude
Öffentliche Gebäude	(BdI e.V, 2021)	Sparszenario – Nichtwohngebäude
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)	(BdI e.V, 2021)	Sparszenario – Nichtwohngebäude
Industrie	(BdI e.V, 2021)	Bauszenario – Nichtwohngebäude

Tabelle 11: Studien für Wärmebedarfsentwicklung bezüglich der Sanierungseffizienz

Den Berechnungen liegt eine angenommene Sanierungstiefe von 50 % zugrunde. Durch die steigenden Temperaturen aufgrund des Klimawandels wird zudem von einer Reduktion des Wärmebedarfs durch geringere Heizbedarfe ausgegangen. Daraus ergibt sich eine Senkung des Wärmebedarfs pro Jahr um rund 0,2 %.

Insgesamt liegt die Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung und Klimawandel so bei rund 1,0 % pro Jahr in der Industrie und 1,5 % pro Jahr in den Haushalten. Die Reduktion über die Bezugsjahre 2030, 2035, 2040 und 2045 ist in folgender Tabelle dargestellt.

Sektoren	2024	2030	2035	2040	2045
Haushalte	133,6	124,7	117,5	110,6	104,0
Öffentliche Gebäude	24,4	23,0	21,5	20,3	19,1
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	55,7	52,1	49,3	46,4	43,7
Industrie	108,4	103,9	100,3	96,8	93,5
Summe	322,0	303,5	288,6	274,1	260,3
<i>Reduktion in %</i>		-6%	-10%	-15%	-19%

Tabelle 12: Wärmebedarfsreduktion bis zum jeweiligen Stützjahr nach Sektoren in GWh pro Jahr

Die Entwicklung des Wärmebedarfs zeigt folgende Darstellung:

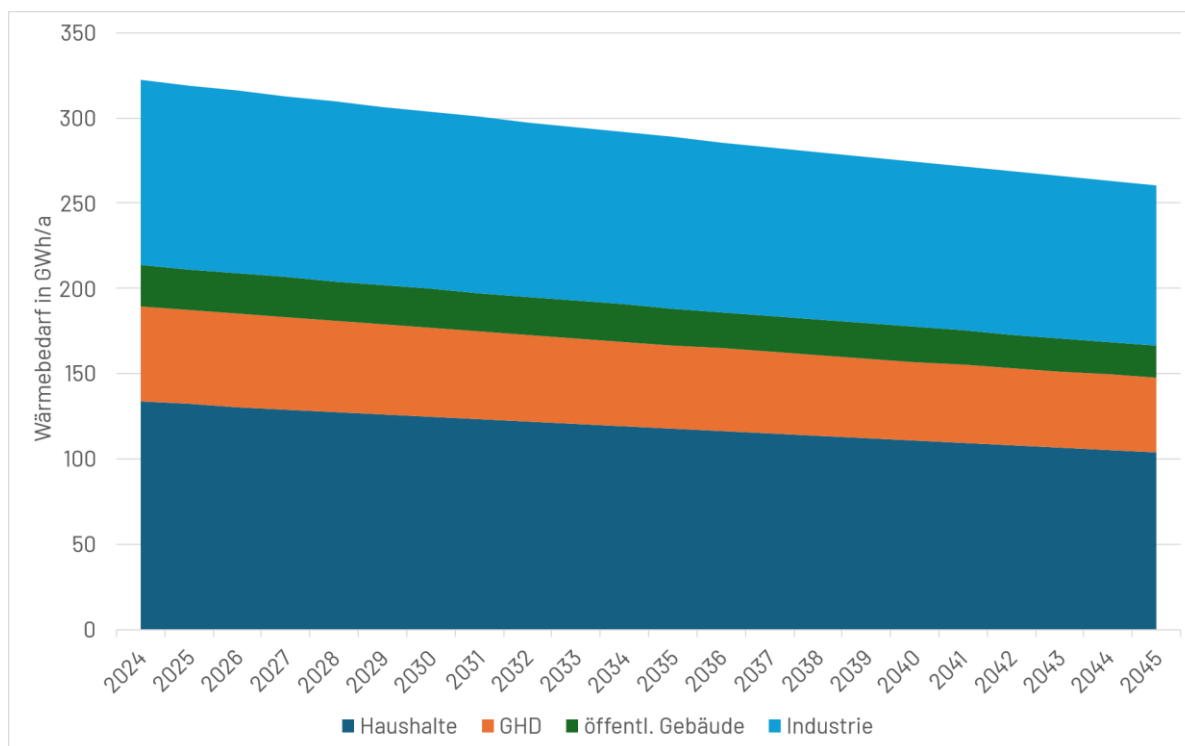


Abbildung 26: Wärmebedarfsreduktion von 2024 bis 2045 differenziert nach Sektoren

4.2 Potenziale zu erneuerbaren Energien

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, reicht es nicht aus, den Stromsektor zu dekarbonisieren und erneuerbare Stromquellen auszubauen. Ebenso müssen die vorhandenen Potenziale lokaler Wärmequellen umfassend genutzt werden. Zu diesen lokalen Quellen zählen unter anderem Solarenergie, Geothermie, Grundwasser, Oberflächengewässer, unvermeidbare Abwärme sowie Biomasse. Sie können sowohl auf einzelnen Grundstücken als auch auf Ebene ganzer Quartiere über entsprechende Wärmenetze oder Quartiersansätze erschlossen werden. Neben der Erzeugung und Verteilung von Wärme spielt künftig auch die Speicherung thermischer Energie eine zentrale Rolle.

In der Potenzialanalyse werden unterschiedliche Stufen der Potenziale unterschieden. Das theoretische Potenzial beschreibt das physikalisch verfügbare Angebot einer Energieressource oder eines nachwachsenden Rohstoffs in einem bestimmten Gebiet. Das technische Potenzial umfasst jenen Anteil, der unter Berücksichtigung begrenzender Faktoren tatsächlich und dauerhaft, insbesondere bei Biomasse ohne Übernutzung, genutzt werden kann. Das wirtschaftliche Potenzial bezieht sich auf den Teil, der unter aktuellen oder angenommenen Rahmenbedingungen finanziell tragfähig ist; es verändert sich unter anderem mit dem CO₂-Preis. Das umsetzbare Potenzial berücksichtigt darüber hinaus weitere hemmende Faktoren wie das Verhalten wirtschaftlicher Akteure sowie rechtliche und administrative Einschränkungen.

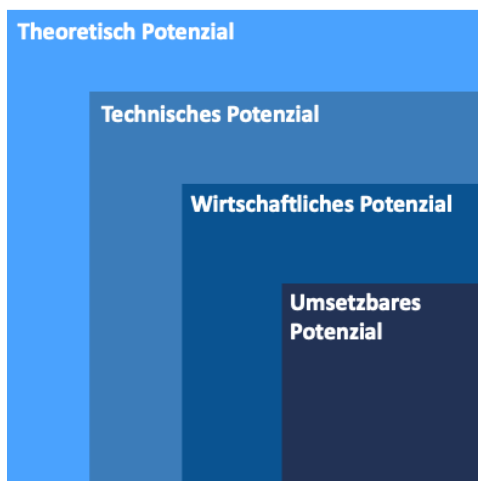


Abbildung 27: Darstellung zur Abgrenzung der Potenzialbegriffe

Im Rahmen der Analyse werden die Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Wärmequellen bewertet. Die daraus abgeleiteten Werte bilden die Grundlage für die entwickelten Szenarien zur zukünftigen Wärmeversorgung in Ludwigsfelde. Sie stellen das technisch erschließbare Potenzial dar, dessen tatsächliche Umsetzung jeweils im Einzelfall geprüft und weiter konkretisiert werden muss. Die ermittelten Potenziale werden in den folgenden Abschnitten detailliert erläutert.

4.2.1 Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Geothermie kann sowohl für die Wärmeeinspeisung in ein Wärmenetz als auch für Nutzung über dezentrale Wärmepumpen an den Gebäuden geeignet sei. Oberflächennahe Geothermie bezieht sich auf Bohrtiefen von bis zu 400 Meter. Maßgeblich für die Eignung sind die möglichen Wärmeentzugsleistungen des Bodens und die Flächenverfügbarkeit. Als Randbedingungen für die Nutzung von oberflächennaher Geothermie ist die Aufstellung außerhalb von wasserwirtschaftlichen unzulässigen Gebieten zu nennen. Wasserwirtschaftlich und hydrogeologisch ungünstige Gebiete sind demgegenüber nicht direkt ein Ausschlusskriterium. Dort bedarf es einer gesonderten Beurteilung des Vorhabens im Rahmen einer Einzelfallprüfung durch die zuständige Behörde. Mögliche Auflagen in diesen Bereichen sind die Beschränkung der Bohrtiefe oder bohrtechnische Auflagen. Auf dieser Grundlage wurde nach geeigneten Flächen gesucht und das Potenzial für die Stadt Ludwigsfelde berechnet.

4.2.1.1 Nutzung der oberflächennahen Geothermie zur zentralen Wärmeversorgung

Zur Identifikation potenziell geeigneter Flächen für die Errichtung von Erdwärmesondenfelder für Nahwärmenetze wurden verfügbare Geodaten systematisch ausgewertet. Als Datengrundlage für die Eignung von Geothermie in Ludwigsfelde dient das Geoportal des Landes Brandenburg "GeoPortal LBGR Brandenburg". Für die Oberflächennahe Geothermie stehen in der Stadt Ludwigsfelde sowohl wasserwirtschaftliche Informationen sowie diverse Bohrprofile mit Angaben zu der jeweiligen Wärmeleitfähigkeit (WLF) in Bohrtiefen bis zu 100 Meter zur Verfügung.

4.2.1.1.1 Flächenfindung

Im Genehmigungsverfahren für Erdwärmesonden in Ludwigsfelde wird zwischen verschiedenen Standorttypen in Bezug auf die wasserwirtschaftliche Nutzung unterschieden. Die wasserwirtschaftliche Einstufung berücksichtigt dabei insbesondere die Lage innerhalb von Wasser- oder Heilquellenschutzgebieten. In der Stadt Ludwigsfelde liegen vier verschiedene Standorttypen im Bezug auf das Wasserschutzgebiet vor: Zone I (Blau), Zone II (Lila), Zone III A (Grün) und Zone III B (Grau).

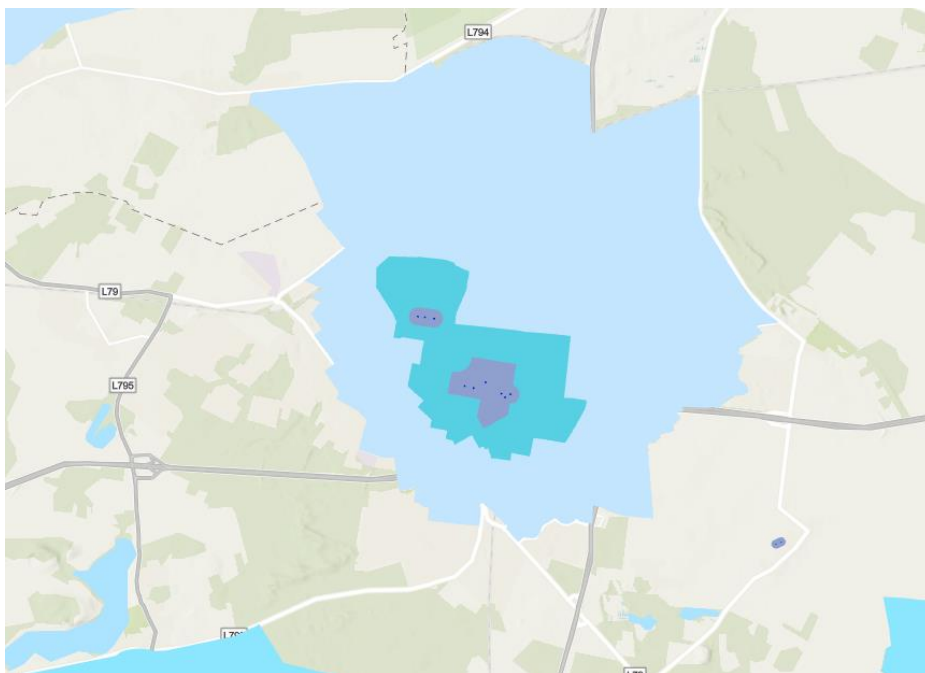


Abbildung 28: Wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung

Zone I ist der "Fassungsbereich" (Brunnen) und ist für jegliche anderweitige Nutzung verboten. Zone II stellt ein "engeres Schutzgebiet" dar, welches die Errichtung von Erdwärmesonden grundsätzlich ausschließt. Zone III A und B repräsentieren ein "weiteres Schutzgebiet" und umfasst das gesamte Einzugsgebiet der geschützten Wassererfassungen, wobei Zone III A enger zu betrachten ist und Zone III B allgemeiner. Nichtsdestotrotz sind beide Standorttypen als ungeeignet für die Errichtung von vertikalen Erdwärmesonden zu verstehen.

Die Gebiete westlich, südlich und östlich der Stadt Ludwigsfelde sind jedoch als wasserwirtschaftlich unbedenklich eingestuft und stehen damit als Option für die Nutzung von oberflächennaher Geothermie zur Verfügung

4.2.1.1.2 Potenzialermittlung

Für die Potenzialermittlung der oberflächennahen Geothermie bietet das GeoPortal LBGR Brandenburg Standortbewertungen basierend auf historischen Bohrprofilen. Diese Standortbewertung des Landes Brandenburg stellt Daten zur Wärmeleitfähigkeit und Aussagesicherheit zur Verfügung.

Die so bestimmten Werte beziehen sich auf trockenes Gestein mit luftgefüllten Poren und Klüften. Da jedoch mit zunehmender Wassersättigung die Wärmeleitfähigkeit steigt und Erdwärmesonden in der

Regel Gesteinsschichten mit wassergefüllten Poren, Rissen und Klüften erschließen, stellen die ermittelten WLF im Allgemeinen konservative Schätzungen dar.

Nicht ausgeschlossen werden kann, dass in Einzelfällen die tatsächliche Wärmeleitfähigkeit noch geringer ausfällt. Die endgültige Prüfung und Festlegung der WLF, die für Planung und Auslegung einer Erdwärmesondenanlage maßgeblich ist, obliegt daher der Verantwortung des Planers.

Im Folgenden wurden beispielhaft Bohrpunkte westlich, südlich und östlich außerhalb des Wasserschutzgebietes ausgewertet.

- Im Westen von Ludwigsfelde auf Höhe des Bahnhofes Ludwigsfelde-Struveshof beläuft sich die Wärmeleitfähigkeit auf rund 2,6 W/(mK) für Bohrungen bis 60 Meter. Tiefere Bohrungen bis 100 Meter weisen eine Wärmeleitfähigkeit von rund 2,3 W/(mK) und eine geringe Aussagesicherheit auf. Das Land Brandenburg stuft diesen Standort als besonders gut geeignet ein.
- Im Süden auf Höhe der Kläranlage Ludwigsfelde liegt die Wärmeleitfähigkeit bei Bohrungen bis zu 60 Meter bei ca. 2,6 W/(mK) mit einer guten Aussagesicherheit. Im Fall von tieferen Bohrungen liegt die Leitfähigkeit nur noch bei rund 2,0 W/(mK), jedoch mit einer geringen Aussagesicherheit. Die Nutzung von oberflächennaher Geothermie wird daher als nur geeignet eingestuft.
- Im Osten von Ludwigsfelde, im Gebiet des Berufsbildungszentrums Berlin DVAG weisen die Bohrprofile eine Wärmeleitfähigkeit von 2,0 W/(mK) in Tiefen bis 40 Meter, 2,3 W/(mK) in Tiefen bis 80 Meter und 2,7 W/(mK) in Tiefen bis 100 Meter auf. Die Aussagesicherheit wird als befriedigend und die Nutzung oberflächennaher Geothermie als besonders gut geeignet eingestuft.

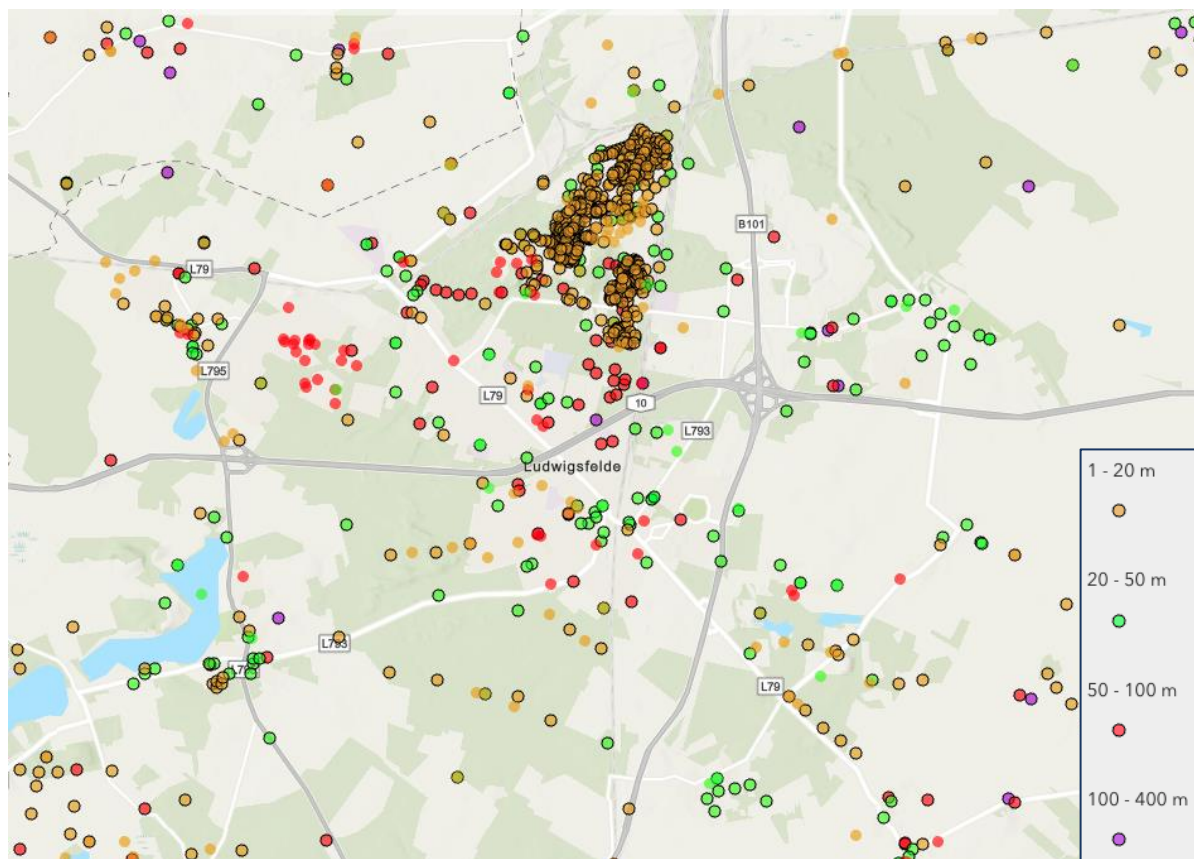


Abbildung 29: Oberflächennahe Geothermie Bohrungsstellen

4.2.2 Tiefe Geothermie

Tiefe Geothermie nutzt Gesteinsschichten in Tiefen von über 1.500 Metern und kann dadurch Wärme auf einem hohen Temperaturniveau bereitstellen. Im Gegensatz zur mitteltiefen Geothermie ermöglicht sie oftmals eine direkte Einspeisung in Fernwärmenetze, ohne dass zuvor eine Temperaturanhebung durch Großwärmepumpen erforderlich ist.

Die Erschließung tiefer geothermischer Ressourcen ist jedoch mit hohen Investitionskosten und geologischen Unsicherheiten verbunden. Nicht jede Tiefenbohrung führt zu einer wirtschaftlich nutzbaren Förderrate, weshalb eine präzise geologische Erkundung, eine sorgfältige Planung sowie eine fachgerechte Durchführung und Überwachung der Bohrungen unerlässlich sind.

Für die Stadt Ludwigsfelde liegt derzeit keine ausreichende Datengrundlage zur Beurteilung der Erschließbarkeit tiefer geothermischer Potenziale vor. Entsprechende Informationen aus regionalen Tiefenbohrungen oder seismischen Untersuchungen stehen aktuell nicht zur Verfügung, sodass das Fündigkeitsrisiko nicht verlässlich eingeschätzt werden kann. Zusätzlich befinden sich große Teil der Gemeinde Ludwigsfelde innerhalb eines Wasserschutzgebietes, was die Nutzungsmöglichkeit von Erdwärmesonden einschränkt und unmöglich macht.

Ludwigsfelde befindet sich am südlichen Rand des Norddeutschen Beckens, einer Region, die nach Angaben des Bundesverbands Geothermie in Deutschland über ein relevantes hydrothermales Potenzial verfügt. Der geothermische Normalgradient liegt dort bei rund 2,8 bis 3,0 °C je 100 Meter Tiefe, sodass mit zunehmender Tiefe ein kontinuierlicher Temperaturanstieg zu erwarten ist.

Basierend auf den Informationen des Geothermischen Informationssystem "GeotIS" existiert ein vorhandenes hydrothermisches Potenzial in dem Gebiet um Ludwigsfelde. Dieses erreicht jedoch nur Temperaturen von 60 – 100 °C. Dabei handelt es sich jedoch um Explorationsbohrungen, welche außerhalb des Gemeindegebietes vollzogen wurden und um tiefen größer als 400m.

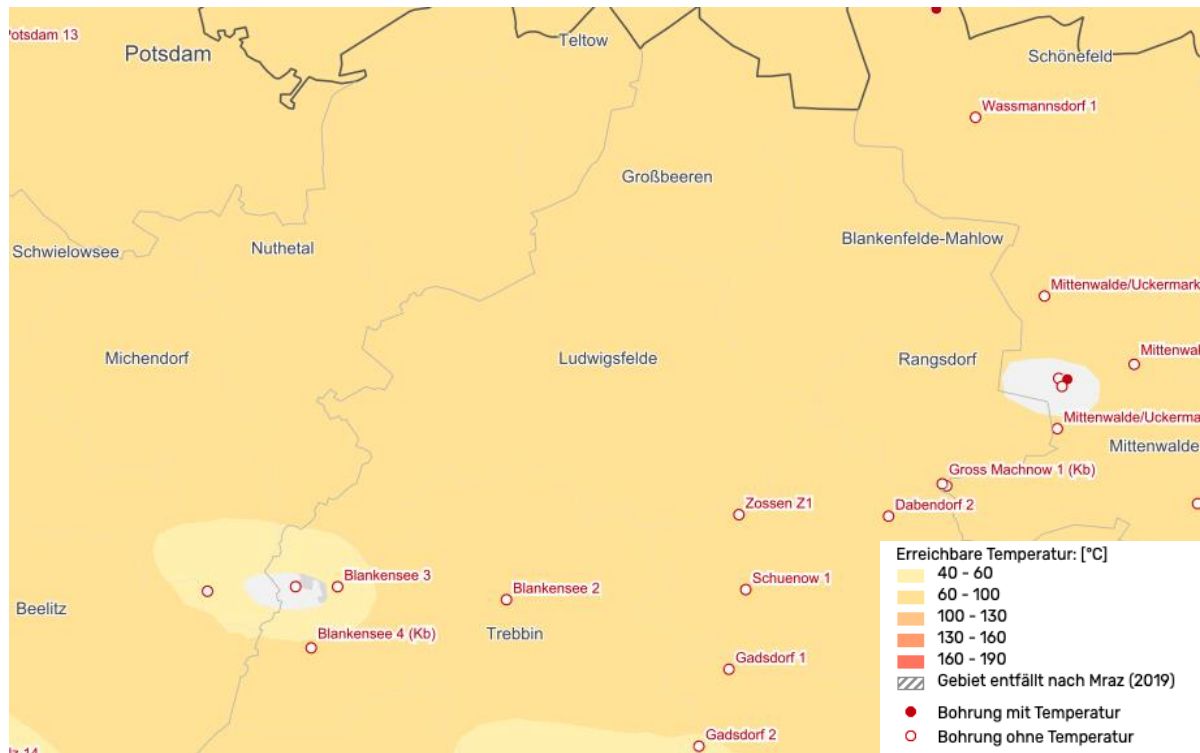


Abbildung 30: Erreichbare Temperaturen in Gebieten mit nachgewiesen hydrothermischen Potenzial und tiefen Geothermie Bohrungen

Aufgrund dieser unzureichenden Datenlage kann das Potenzial der tiefen Geothermie für Ludwigsfelde zum jetzigen Zeitpunkt nicht bewertet werden. Eine weiterführende Untersuchung erfolgt daher in dieser Wärmeplanung nicht. Sobald künftig belastbare geologische Daten oder überregionale Studien vorliegen, sollte das Thema im Rahmen einer Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung erneut betrachtet werden.

4.2.3 Grundwasser

Grundwasser stellt aufgrund seiner ganzjährigen, relativ konstanten Temperatur ein verlässlich nutzbares Reservoir an thermischer Energie dar und bietet damit ein Potenzial für die Wärmeversorgung im Kontext der kommunalen Wärmeplanung. Als Form der Umweltwärme kann Grundwasser über Förder- und Schluckbrunnen sowie geeignete Wärmetauscher erschlossen und mithilfe von Wärmepumpen auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben werden. Dadurch eignet sich die Technologie sowohl für die Versorgung einzelner Gebäude als auch für die Einspeisung in quartiersbezogene oder zentrale Wärmenetze. Die tatsächliche Nutzungsmöglichkeit hängt maßgeblich von der hydrologischen Situation, der Grundwasserneubildung, der Wasserqualität sowie rechtlichen und ökologischen Rahmenbedingungen ab.

Wie bereits in der Flächenfindung für oberflächennahe Geothermie (siehe 4.2.1.1.1.) identifiziert, befindet sich die Stadt Ludwigsfelde größtenteils in einem Wasserschutzgebiet, welches den Entzug von Grundwasser überwiegend verhindert. Aufgrund des mangelnden flächendeckenden Potenzials wird Grundwasser nicht als umsetzbares Potenzial betrachtet.

4.2.4 Oberflächengewässer

Flüsse, Seen und andere oberirdische Gewässer speichern aufgrund ihrer hohen Wärmekapazität und ihres Volumens erhebliche Mengen thermischer Energie, die ganzjährig für die Wärmeversorgung nutzbar sind. Diese Form der Umweltwärme wird über Wärmetauscher gewonnen, die dem Wasser thermische Energie entziehen. Wärmepumpen heben diese anschließend auf ein nutzbares Temperaturniveau an und ermöglichen so die Versorgung einzelner Gebäude ebenso wie die Ein-speisung in zentrale Wärmenetze.

Die Wärmeentnahme erfolgt üblicherweise über direkt im Gewässer installierte Wärmetauscher oder über Wasserentnahme- und Rückleitungsbauwerke, sodass der Technikstandort, insbesondere bei einer Netzanbindung, auch in einiger Entfernung zum Gewässer liegen kann. Die Einsatzmöglichkeiten hängen maßgeblich von der ganzjährigen Wasserführung bzw. Wasserverfügbarkeit, der Nähe zu Siedlungsstrukturen sowie ökologischen und wasserrechtlichen Rahmenbedingungen ab.

Im Rahmen der Wärmeplanung für die Stadt Ludwigsfelde wurden die Fließ- und Stillgewässer im Gemeindegebiet untersucht. Das Gemeindegebiet Ludwigsfelde verfügt lediglich über kleine Bäche wie den Leopoldsgraben und den Hühnerpfuhlgraben (Gewässer dritter Ordnung). Diese bieten jedoch aufgrund ihrer Größe und Durchflussmenge ein zu geringes Entzugspotenzial. In Bezug auf Stillgewässer stellt der Siethener See ein größeres Stillgewässer dar. Jedoch haben die Prüfungen im Rahmen der vorliegenden KWP ergeben, dass dieses zum einen zu weit von Siedlungsstrukturen entfernt liegt und zum anderen ein zu geringes Entzugspotenzial aufweist. Aus diesen Gründen stellen Oberflächengewässer kein umsetzungsrelevantes Element der Wärmeplanung für die Stadt Ludwigsfelde dar.

4.2.5 Abwasser

Die Nutzung der Abwärme aus dem Abwasser wurde in den vergangenen Jahren in verschiedenen Projekten untersucht und bei Vorliegen der notwendigen Voraussetzungen umgesetzt. Voraussetzung ist das Vorhandensein von Abwasserkanälen mit einem Durchmesser größer DN 800 oder von größeren Abwassersammlern, da die nutzbaren Abwassermengen sonst zu gering sind. Die Lage dieser großvolumigen Kanäle oder Sammler sollte in der Nähe der Nutzer der Wärme liegen. Dies sind in der Regel Betreiber von Fern- und Nahwärmenetze. Darüber hinaus wird die Entnahmemenge und die nutzbare Temperatur durch die Vorgaben des Kläranlagenbetreibers begrenzt. Die Temperaturentnahme ist so zu begrenzen, dass die Eingangstemperatur im Klärwerk zu keinem Zeitpunkt im Jahr unter 12 °C liegen. Insbesondere im Winter wäre daher für die Nutzung der Abwärme eine Erhöhung der Temperatur durch eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe erforderlich.

In Ludwigsfelde betreibt der Wasserver- und Abwasserentsorgungs-Zweckverband Region Ludwigsfelde (WARL) eine Kläranlage mit einer jährlichen Abwassermenge von rund 9,6 Mio. m³ und einer Ausbaugröße von etwa 48.000 Einwohnerwerten. Die Anlage liegt östlich des Stadtzentrums und in rund 1,8 km Entfernung zum bestehenden Fernwärmenetz. Aufgrund dieser räumlichen Nähe besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die Wärme aus dem gereinigten Abwasser im Auslauf der Kläranlage zu nutzen und über eine Großwärmepumpe in das Fernwärmenetz einzuspeisen.

Zur Bewertung des Potenzials wurden reale Abfluss- und Temperaturdaten aus dem Jahr 2023 ausgewertet. Der mittlere Abfluss beträgt rund 195 l/s, wobei in etwa 80 % der Zeit mindestens 75 l/s zur Verfügung stehen. Die Temperaturen am Auslauf bewegen sich zwischen ca. 5,6 °C und 19,5 °C. Unter

der Annahme einer moderaten Abkühlung des Abwassers ergibt sich ein theoretisches Abwärmepotenzial von rund 10,67 GWh pro Jahr bei einer maximalen Entzugsleistung von etwa 1,5 MW_{th}.

Dadurch stellt die Nutzung von Abwärme aus Abwasser ein theoretisch sowie technisch mögliches Potenzial für die zukünftige Wärmeversorgung der Stadt Ludwigsfelde dar, welches einen relevanten Beitrag zur Klimaneutralität 2045 leisten kann.

4.2.6 Umgebungsluft

Umweltwärme, insbesondere in Form von Umgebungsluft, stellt eine nahezu überall verfügbare erneuerbare Energiequelle dar und gewinnt im Zuge der Wärmewende zunehmend an Bedeutung. Die wichtigste Technologie zur Nutzung dieser Energiequelle ist die Luft-Wasser-Wärmepumpe (L/W-Wärmepumpe). Sie ermöglicht die Gewinnung von Wärme aus der Umgebungsluft und kann damit grundsätzlich einen Beitrag zur nachhaltigen und klimafreundlichen Wärmeversorgung leisten.

Der effiziente Betrieb von Luftwärmepumpen hängt maßgeblich von der energetischen Qualität der Gebäudehülle sowie den Temperaturniveaus der Heizsysteme ab. Gebäude mit reduzierter Heizlast und Niedertemperaturheizsystemen – wie Fußbodenheizungen oder großflächigen Heizkörpern – ermöglichen besonders hohe Wirkungsgrade. Mit dem fortschreitenden Ausbau erneuerbarer Energien verbessert sich zudem der Emissionsfaktor des Strommixes, wodurch sich die Klimabilanz von Wärmepumpen perspektivisch weiter verbessert.

Für den praktischen Einsatz sind jedoch Schallimmissionsgrenzwerte maßgeblich, die bei der Planung zu berücksichtigen sind. Der zulässige Schalleistungs- und Beurteilungspegel kann nach dem „Leitfaden Schall“ des Bundesverbands Wärmepumpe (bwp, 2016) für jedes Gebäude individuell berechnet werden. Diese Werte bilden eine Grundlage für die Beurteilung, an welchen Standorten der Betrieb von Luftwärmepumpen unter Einhaltung gesetzlicher Vorgaben möglich ist. Darüberhinaus ist zu prüfen, ob die Mindestabstände zu Nachbargrundstücken eingehalten werden kann.

Eine eigene Potenzialanalyse zur Nutzung von Umweltwärme wurde für die Stadt Ludwigsfelde nicht durchgeführt. Die vorliegenden Einschätzungen basieren daher auf allgemeinen technischen, rechtlichen und planerischen Rahmenbedingungen sowie auf Erfahrungen aus vergleichbaren Kommunen. Grundsätzlich ist anzunehmen, dass insbesondere in locker bebauten Wohngebieten mit ausreichend Abstand zwischen den Gebäuden Potenziale für die Nutzung von Luftwärmepumpen bestehen. In dicht bebauten Bereichen können jedoch Schall- und Platzrestriktionen den Einsatz erheblich einschränken.

Vor dem Hintergrund dieser Rahmenbedingungen wird die Nutzung von Luftwärme in der Stadt Ludwigsfelde derzeit nicht als umsetzungsrelevantes Element der kommunalen Wärmeplanung bewertet. Eine zukünftige Neubewertung kann erfolgen, sobald sich die technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen weiterentwickeln und belastbare standortspezifische Analysen vorliegen.

4.2.7 Windenergie

Die Nutzung von Windenergie stellt im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung eine wichtige Option zur Bereitstellung erneuerbarer Energie dar. Insbesondere in Verbindung mit strombasierten Wärmeerzeugungstechnologien wie Großwärmepumpen oder Power-to-Heat-Anlagen kann regional erzeugter Windstrom einen direkten Beitrag zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung leisten.

Ludwigsfelde liegt zwischen zwei ausgewiesenen Windvorranggebieten (Abbildung 32) und verfügt damit über günstige räumliche Voraussetzungen für die Nutzung von Windenergie. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen der KWP geprüft, in welchem Umfang regional erzeugter Windstrom für die Wärmeversorgung nutzbar gemacht werden kann.

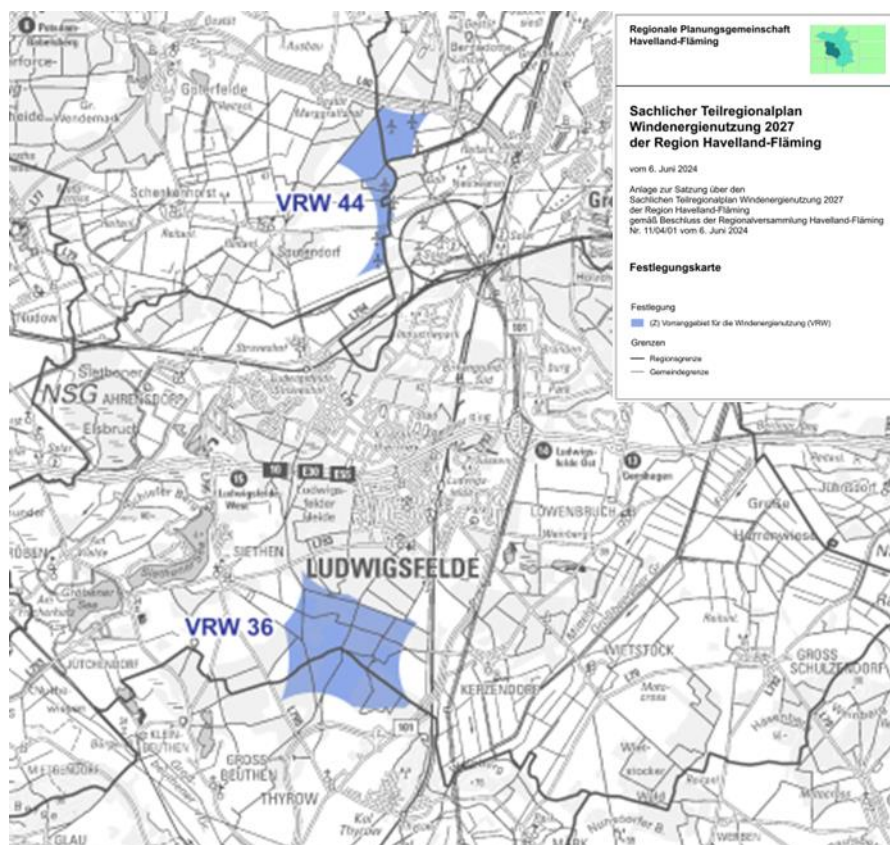


Abbildung 31: Ausweis der Windvorranggebiete in Ludwigsfelde

In Abstimmung mit Projektentwicklern in Stadtnähe besteht grundsätzlich die Möglichkeit, aus bis zu zwei Windenergieanlagen jeweils rund 11,7 GWh Strom pro Jahr zu erzeugen. Davon könnten bei einer Anlage etwa 8,9 GWh pro Jahr, bei zwei Anlagen bis zu 19,7 GWh pro Jahr gezielt für die Wärmeherzeugung genutzt werden, beispielsweise über eine Direkteinspeisung in eine Power-to-Heat-Anlage. Diese Technologie wandelt Strom unmittelbar in Wärme um und kann insbesondere zur Abdeckung von Mittel- und Spitzenlasten im Fernwärmenetz eingesetzt werden.

Alternativ wurde untersucht, den erzeugten Windstrom zum Betrieb einer geplanten Großwärmepumpe, beispielsweise im Bereich der Kläranlage, einzusetzen. Durch die Nutzung von erneuerbarem Strom kann die Wärmepumpe klimafreundlich betrieben und ein hoher Anteil regenerativer Wärme bereitgestellt werden.

Die untersuchten Optionen zeigen, dass Windenergie in Kombination mit strombasierter Wärmeherzeugung ein relevantes Potenzial für die klimaneutrale Weiterentwicklung der Wärmeversorgung in Ludwigsfelde bietet. Die konkrete Ausgestaltung hängt dabei von technischen, wirtschaftlichen und netzseitigen Rahmenbedingungen ab und sollte durch fortführende Projekte weiter geprüft werden.

4.2.8 Photovoltaik und Solarthermie

Die Nutzung der Solarenergie stellt einen zentralen Baustein für die klimaneutrale Energie- und Wärmeversorgung der Stadt Ludwigsfelde dar. Sowohl Photovoltaik zur Stromerzeugung als auch Solarthermie zur Bereitstellung von Wärme bieten erhebliche Potenziale auf Dach- und Freiflächen im Stadtgebiet.

Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung werden die theoretisch verfügbaren Solarpotenziale systematisch ermittelt und ausgewertet, um belastbare Aussagen zum möglichen Beitrag der Solarenergie zur zukünftigen Strom- und Wärmeversorgung zu treffen. Die Ergebnisse basieren auf dem Abschlussbericht „Ergebnisse der Potenzialanalyse über nutzbare Flächen für solartechnische Anlagen im Land Brandenburg“ aus März 2022 der Energieagentur Brandenburg WFBB.

4.2.8.1 Photovoltaik auf Dachflächen

Die Ermittlung des Photovoltaik-Potenzials auf Dachflächen basiert auf Open-Data-Datensätzen des Landes Brandenburg. Zentrale Grundlage sind ALKIS-Daten zur Gebäude- und Nutzungsstruktur sowie LOD2-Gebäudemodelle, aus denen Dachform, -neigung und -ausrichtung abgeleitet werden. Baulicher Zustand, Statik und Denkmalschutz wurden nicht berücksichtigt. Für die Verschattungsanalyse wurde ein bildbasiertes digitales Oberflächenmodell (bDOM) genutzt, das Gebäude und Vegetation realitätsnah abbildet. Die solare Einstrahlung wurde mithilfe von PVGIS-Daten ermittelt, aus denen Verlustfaktoren für unterschiedliche Neigungs- und Ausrichtungskombinationen berechnet wurden. Für die Potenzialabschätzung wurden folgende Grundannahmen getroffen:

- Mindestgröße nutzbarer, nicht verschatteter Dachflächen: 3 m², bei Flachdächern 6 m²
- Referenzmodul: 300 Wp-PV-Modul mit einer Fläche von 1,65 m² und einem 18% Wirkungsgrad
- Bei Flachdächern wird nur 50 % der Dachfläche als nutzbar angesetzt

Zur Berechnung wurden zunächst die ALKIS-Attribute (z. B. Nutzung, Gemeindekennziffer, Adresse) mit den LOD2-Gebäudemodellen verknüpft. Anschließend wurde auf Basis des bDOM ein Verschattungsmodell entwickelt, das den Sonnenstand zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten simuliert. Darauf aufbauend wurden für alle Dachflächen Neigung und Ausrichtung berechnet und mit den Verschattungsinformationen sowie den Einstrahlungsdaten aus PVGIS kombiniert. Als ungeeignet für Photovoltaik gelten Dachflächen, die aufgrund von Verschattung sowie ungünstiger Neigung und Ausrichtung weniger als 40 % der maximal möglichen Jahreseinstrahlung erreichen.

Ergebnis ist ein gebäudescharfer Datensatz mit nutzbaren Dachflächen, Verschattung, Neigung, Ausrichtung und Ertragspotenzial. Die daraus abgeleiteten maximalen PV-Potenziale werden den Bestandsanlagen gegenübergestellt, um das noch verfügbare Ausbaupotenzial aufzuzeigen. Für die Stadt Ludwigsfelde ergibt sich auf einer Gebietsfläche von 110 km² eine potenzielle Energiemenge von rund 219,9 GWh/a und einer maximalen Leistung von 244,8 MWp. Durch die ALKIS-Daten ist zudem eine Auswertung nach Gebäudenutzungen möglich. Die potenzielle Leistung beläuft sich für gewerblich genutzte Gebäude auf 133,2 MWp (54,4%), für wohnwirtschaftlich genutzte Gebäude auf 77,1 MWp (31,5%) und für öffentliche Gebäude auf 17,9 MWp (7,3%).

Diese genannten Ergebnisse aus der Potenzialanalyse des Landes Brandenburg stellt das theoretisch maximal mögliche Potenzial dar. Das tatsächliche Potenzial wird unter der Berücksichtigung von bspw.

Eignung und Qualität der Dachflächen niedriger ausfallen. Für die entsprechende Berechnung liegen zurzeit jedoch keine belastbaren Daten und Informationen vor. Unter der Annahme, dass 25% dieser Dachflächen nutzbar gemacht werden können, ergibt sich eine Energiemenge von 55,0 GWh/a.

4.2.8.2 Photovoltaik auf Freiflächen (EEG-Basisflächen)

Die Ermittlung des Photovoltaik-Potenzials auf Freiflächen basiert auf einer umfangreichen Auswertung von Geodaten des Landes Brandenburg. Zentrale Grundlage ist das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS), mit den potenziell geeigneten Flächen sowie Restriktions- und Ausschlussflächen identifiziert wurden. Ergänzend wurden weitere Fachgeodaten, unter anderem zu Schutzgebieten, Bodendenkmälern, Hochwassergefahren, Freiraumverbundstrukturen und Wind-eignungsgebieten, herangezogen. Agrarflächen werden im Rahmen des KWP nicht berücksichtigt. Da keine landesweit einheitlichen Geodaten zu kommunalen Planungen, geplanten Bauvorhaben oder zum Artenschutz vorliegen, ersetzt die Analyse keine standortbezogene Einzelfallprüfung oder bauleitplanerische Abwägung. Für die Potenzialabschätzung wurden folgende Grundannahmen getroffen:

- Berücksichtigt wurden ausschließlich Freiflächen ab 0,5 ha Mindestgröße (Keine Agrarflächen)
- Zur Berücksichtigung von Wartungswegen sowie möglicher Selbstverschattung aufgeständerter Module wurde pauschal 50 % der Bruttofläche als technisch nutzbar angesetzt
- Referenzmodul: 300 Wp-PV-Modul mit einer FlVäche von 1,65 m² und einem 18% Wirkungsgrad

Die Flächen wurden rasterbasiert (10 × 10 m) stufenweise in Ausschluss-, Abwägungs-, geeignete, Prioritäts- (EEG-Basisflächen) und Sonderflächen klassifiziert. Ausschlusskriterien umfassen u. a. Schutzgebiete, Gewässer, Wälder, Siedlungsflächen, Hochwasserrisikogebiete, Bodendenkmäler und Freiraumverbundflächen. Bevorzugt berücksichtigt werden EEG-Basisflächen, insbesondere Randstreifen entlang von Autobahnen und Bahntrassen, Konversionsflächen sowie Halden.

Als Ergebnis liegt ein kommunal auswertbarer Datensatz zu geeigneten Freiflächen für Photovoltaik vor. Die daraus abgeleiteten maximalen PV-Potenziale werden den Bestandsanlagen gegenübergestellt, um das noch verfügbare Ausbaupotenzial aufzuzeigen. Für die Stadt Ludwigsfelde liegt eine EEG-Basisfläche von 1.143 ha vor, wovon 11% für eine PV-Anlage geeignet sind. Daraus ergibt sich eine potenzielle Energiemenge von 122 GWh/a bei einer potenziellen Leistung von 115 MWp.

Für den KWP der Stadt Ludwigsfelde stellen diese Ergebnisse eine strategische Entscheidungsgrundlage dar, um geeignete Suchräume für Freiflächen-Photovoltaik zu identifizieren. Die tatsächliche Realisierbarkeit einzelner Standorte bleibt einer vertiefenden kommunalen Planung und Einzelfallprüfung vorbehalten. Im Rahmen der KWP wird die Annahme getroffen, dass 25% der EEG-Basisflächen nutzbar gemacht werden können. Daraus ergibt sich eine potenzielle Energiemenge von 30,5 GWh/a.

4.2.8.3 Solarthermie auf Wohngebäuden

Die Ermittlung des Solarthermie-Potenzials auf Dachflächen basiert methodisch auf der gleichen Datengrundlage und Rechenlogik wie die Photovoltaik-Potenzialanalyse. Verwendet werden identische Geodaten, Dachgeometrien sowie Verschattungs- und Einstrahlungsmodelle. Die ausgewiesenen theoretischen Potenziale beinhalten bereits den bestehenden Anlagenbestand.

Da solarthermisch erzeugte Wärme standortnah genutzt werden muss, beschränkt sich die Potenzialermittlung auf Wohngebäude und auf eine maximale Anlagengröße von 20 m² je Gebäude. Als geeignete Teildachflächen gelten geneigte Dächer ab 4 m² und Flachdächer ab 10 m², wobei bei Flachdächern aufgrund größerer Kollektorabstände ein Flächenfaktor von 2,5 angesetzt wurde.

Flächen gelten als ungeeignet, wenn sie aufgrund von Neigung und Ausrichtung weniger als 60 % des maximal möglichen Ertragspotenzials erreichen. Für geeignete Dachflächen wurde ein pauschaler solarthermischer Jahresertrag von 500 kWh/m² angenommen. Die Eignung der Dachflächen wird in die Klassen gut geeignet (100% - 90%), geeignet (90% - 75%) und bedingt geeignet (75% - 60%) unterteilt.

Die ausgewiesenen Solarthermie-Potenzialflächen sind identisch mit den für Photovoltaik geeigneten Dachflächen und stellen daher keine zusätzlichen Flächen dar. Aufgrund der vergleichsweise geringen benötigten Fläche beanspruchen solarthermische Anlagen im gewählten Ansatz jedoch nur etwa 4 % der solarenergetisch geeigneten Dachflächen, sodass die Beeinträchtigung des PV-Potenzials gering ist.

Als Ergebnis liegt ein kommunal auswertbarer Datensatz zum Solarthermie-Potenzial auf Wohngebäuden vor. Für die Stadt Ludwigsfelde ergibt sich auf einer Kollektorfläche von 52.470 m² eine potenzielle Energiemenge von 24,3 GWh/a. Übereinstimmend mit den zuvor getroffenen Berechnungsmethoden wird angenommen, dass 25% der Dachflächen nutzbar gemacht werden können. Dies resultiert in einer potenziellen Energiemenge von 6,1 GWh/a.

4.2.9 Biomasse

Die Nutzung von Biomasse aus nachwachsenden Rohstoffen sowie organischen Rest- und Abfallstoffen kann einen wichtigen Beitrag zur lokalen Versorgung mit erneuerbarer Wärme leisten und somit zur Umsetzung der Wärmewende auf kommunaler Ebene beitragen. Dabei ist zu beachten, dass Untersuchungen im Rahmen der erfolgten Erstellung der Transformationsplanung der Wärmenetze durch die Stadtwerke Ludwigsfelde viele der potenziell nutzbaren Flächen bereits anderweitig in Anspruch genommen werden. Die folgenden Betrachtungen stellen daher ein theoretisches Maximalpotenzial dar.

Im Mittelpunkt der Analyse steht die Bewertung der verfügbaren Biomassequellen, die in fester Form (z. B. Holz, Grünschnitt) oder gasförmiger Form (Biomethan) zur Energieerzeugung eingesetzt werden können.

Die Stadt Ludwigsfelde verfügt aufgrund ihres ländlich geprägten Umlands über grundsätzlich nutzbare Biomassepotenziale. Biomasse ist bereits in die bestehende Wärmeversorgung eingebunden, da ein wesentlicher Anteil der eingespeisten Wärmemenge aus einem Holzheizwerk im Industriegebiet Ludwigsfelde stammt.

Im Rahmen der KWP wurde geprüft, in welchem Umfang zusätzliche Biomassepotenziale für die zukünftige Wärmeversorgung erschlossen werden können. Betrachtet wurden insbesondere regional verfügbare Holzhackschnitzel aus Waldrestholz, Landschaftspflegematerial, Grünschnitt sowie Alt- und Restholz. Für innovative Verfahren zur energetischen Nutzung von Rest- und Altholz, beispielsweise zur Erzeugung von Holzgas bzw. Biogas, wurde ein theoretisches Potenzial von bis zu 17,6 GWh/a ermittelt. Dieses Potenzial repräsentiert grundsätzlich die zusätzliche energetische Nutzungs-

möglichkeit holzbasierter Reststoffe. Da jedoch entsprechende Technologien teils noch nicht umfassend im großtechnischen Dauerbetrieb etabliert sind, ist deren Einsatz mit technischen und wirtschaftlichen Unsicherheiten verbunden und bedarf einer vertieften Prüfung im weiteren Planungsprozess.

Als technisch etablierte und kurzfristig realisierbare Option wurde die Errichtung eines zusätzlichen Holzhackschnitzel-Heizwerks untersucht. Hieraus ergibt sich ein konkret erschließbares Potenzial von bis zu 7 MW thermischer Leistung und einer jährlichen Wärmeerzeugung von rund 40 GWh. Dieses Potenzial kann insbesondere zur Grund- und Mittellastabdeckung im Wärmenetz beitragen.

Ergänzend wurde die Nutzung von Biomethan als erneuerbarer gasförmiger Energieträger betrachtet. Aufgrund begrenzter verfügbarer Mengen in der Region gilt Biomethan nicht als aktuell umsetzbares Potenzial.

4.2.10 Unvermeidbare Abwärme

In dem Kapitel werden nachfolgend unvermeidbare Abwärme über die Plattform für Abwärme und das Marktstammdatenregister ausgewertet.

4.2.10.1 Auswertung Plattform für Abwärme

Am 15.1.2025 wurden die Daten der Plattform für Abwärme erstmals veröffentlicht und am 06.01.2026 als Version 1.2 aktualisiert. Die im Rahmen der Erstellung der KWP genutzten Daten aus der Plattform sind öffentlich zugänglich. Auf dieser Grundlage wurden die Daten für den Bericht ausgewertet (Ausfuhrkontrolle, 2025). Überschneidungen mit den Ergebnissen der in Kapitel 4.2.9.2 beschriebenen Analyse der industriellen Abwärme sind daher möglich. Auf der Plattform sind über 26.000 Abwärmepotenziale von mehr als 3.800 Firmen verzeichnet. Nachfolgend werden diese Daten für Ludwigsfelde ausgewertet.

In der folgenden Abbildung sind die Standorte der Abwärmepotenziale dargestellt.

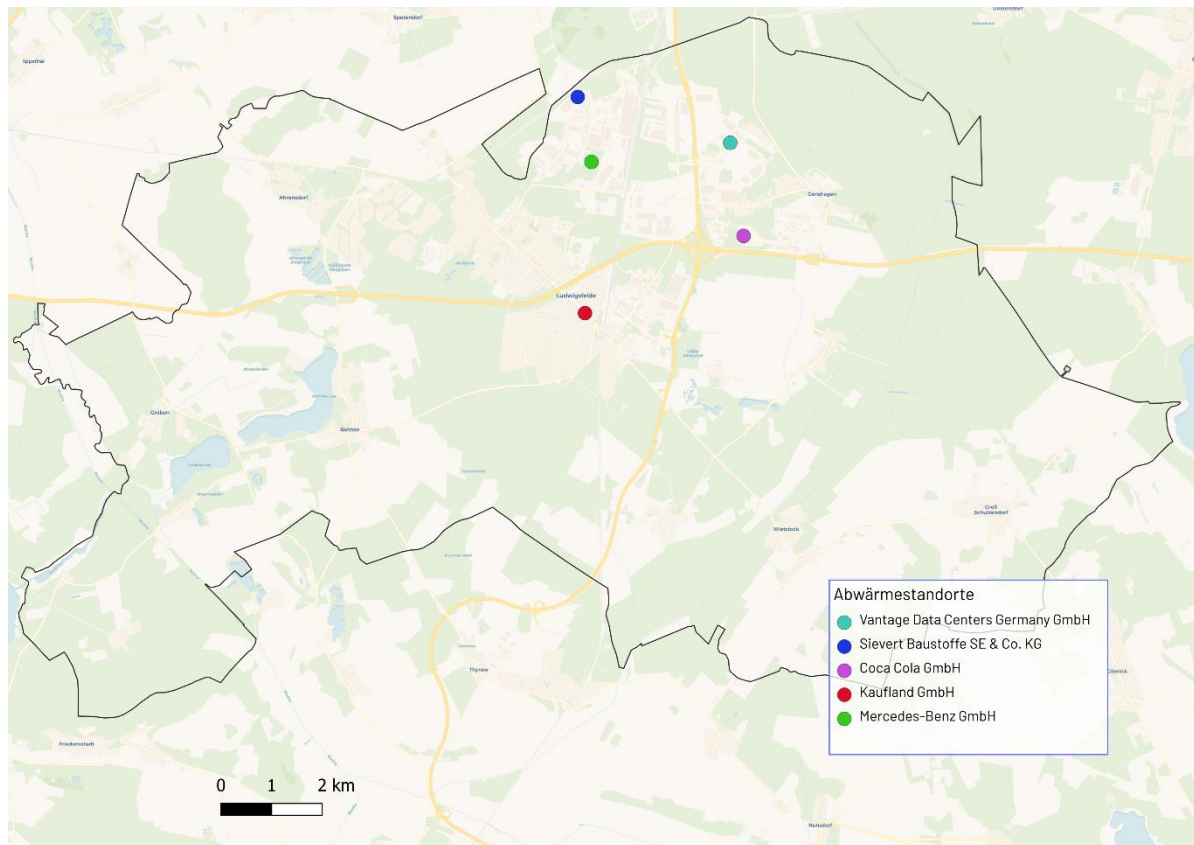


Abbildung 32: Standorte der Anlagen mit Abwärme

Die Plattform für Abwärme stellt die Abwärmepotenziale von 5 Unternehmen in Ludwigsfelde bereit. Das größte Abwärmepotenzial repräsentiert die Vantage Data Centers Germany GmbH mit 50.746 MWh/a und einer maximalen thermischen Leistung von 4,3 MW, welche durch die Kühlung des Datacenters erzeugt wird. Obwohl das Datacenter das ganze Jahr über Abwärme produziert, liegt das durchschnittliche Temperaturniveau nur bei 24 – 26 °C.

Das nächstgrößte Potenzial stellt die Werke Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH mit insgesamt 4.412 MWh/a und einer maximalen thermischen Leistung von 1,9 MW_{th}, wobei sich diese Potenziale jedoch in verschiedene Untergruppen aufteilen: 2.096 MWh/a (1,0 MW_{th}) resultiert aus Abgasen von diversen Trocknern mit einer durchschnittlichen Temperatur von 120 °C, 1.369 MWh/a (0,7 MW_{th}) entspringt aus Prozessabluft mit einer durchschnittlichen Temperatur von 40 °C und 947 MWh/a (0,2 MW_{th}) erfolgt aus zwei BHKW Modulen mit einer durchschnittlichen Temperatur von 120 und 152 °C. Eine größere Verfügbarkeit stehen nur die BHKW-Module mit 22 Stunden auf 365 Tagen zur Verfügung, Abgase und Prozessluft nur zwischen 14 und 16 Stunden wochentags.

Die Coca-Cola Europacific Partners Deutschland GmbH liefert ein Abwärmepotenzial von 1.720 MWh pro Jahr mit einer maximalen thermischen Leistung von 321 kW bei einem Temperaturniveau von durchschnittlich 50°C. Dieses Abwärmepotenzial steht 18 Stunden pro Tag zur Verfügung.

Das vierte Abwärmepotenzial mit 1.449 MWh/a und einer maximalen thermischen Leistung von 848 kW wird von der Kaufland Vertrieb 64 GmbH & Co. KG betrieben. Das Potenzial steht als Abwärme aus Gewerbekälteanlage durchgängig 7 Tage und 24 Stunden zur Verfügung mit einem durchschnittlichen Temperaturniveau von 25 °C.

Das letzte dokumentierte Abwärmepotenzial resultiert aus der Sievert Baustoffe SE & Co. KG mit 1.412 MWh/a, einer maximalen thermischen Leistung von 720 kW und einer durchschnittlichen Temperatur von 80 °C. Jedoch ist die Verfügbarkeit mit nur 6 Stunden in 5 Tagen begrenzt. Dadurch ist dieses Potenzial für eine Einspeisung ungeeignet.

4.2.10.2 Industrielle Abwärme

In Industrie- und Gewerbebetrieben sowie bei technischen Anlagen fallen häufig erhebliche Mengen unvermeidbarer Abwärme an, die potenziell zur Wärmeversorgung genutzt werden können. Gemäß § 3 Absatz 1 Nummer 13 des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) wird unvermeidbare Abwärme als Wärme definiert, die als Nebenprodukt in Industrieanlagen, Stromerzeugungsanlagen, Elektrolyseuren oder im tertiären Sektor entsteht und ohne Wärmenetzzugang ungenutzt an die Umgebung abgegeben würde. Nach § 3 Absatz 4 WPG gilt auch Wärme aus thermischer Abfallbehandlung oder der Behandlung von Klärschlamm als unvermeidbare Abwärme.

Die Temperaturniveaus dieser Abwärmequellen variieren je nach Prozess stark – sie können zwischen 20 °C und über 600 °C liegen. Nach internen Optimierungen verbleibt der überwiegende Teil des extern nutzbaren Potenzials im Bereich von 20 bis 120 °C (BAFA, 2025). In diesem Temperaturbereich ist für eine Netzeinspeisung in der Regel eine Temperaturanhebung durch Wärmepumpen erforderlich.

In 4.2.10.1 wurden die Abwärmepotenziale von bestehenden Industrieanlagen bereits aufgeführt, weshalb es zu Dopplungen kommen kann. Für die Stadt Ludwigsfelde wurden mehrere potenzielle Abwärmequellen identifiziert, die sich hinsichtlich technischer Nutzbarkeit, räumlicher Lage und zeitlicher Verfügbarkeit unterscheiden:

- Rechenzentrum (vorhanden und geplant)

Im Rahmen der KWP wurde geprüft, ob das Abwärmepotenzial des Rechenzentrums nutzbar gemacht werden kann. Aktuell leiten die RZ-Blöcke die Abwärme über dezentrale Entlüfter in die Umgebung ab, weshalb eine Einspeisung der Wärme technisch nicht möglich ist und somit für das vorhandene Rechenzentrum kein umsetzbares Potenzial besteht.

Jedoch plant das Unternehmen für 2035 eine Erweiterung der Rechenkapazität um einen oder mehrere RZ-Blöcke. Eine Nutzung dieser Abwärme könnte ein relevantes Potenzial für die Erreichung der Klimaneutralität werden.

- Mercedes-Benz Werke Ludwigsfelde

Das im Norden von Ludwigsfelde gelegene Werk von Mercedes Benz stellt ebenfalls ein relevantes Abwärmepotenzial dar. Jedoch ist die Zukunft des Produktionsstandortes in Ludwigsfelde derzeit unsicher: Im September 2025 wurde angekündigt die Produktion des Modells Sprinter in Ludwigsfelde einzustellen und das Werk zu schließen, wodurch eine zukünftige Nutzung von Abwärme ausgeschlossen ist. Anfang 2026 wurde hingegen angekündigt, dass die Produktion des Modells Marco Polo in Ludwigsfelde geplant sei. Resultierend aus dieser Dynamik repräsentiert das Mercedes Benz Werk in Ludwigsfelde ein umsetzbares Potenzial, eine fortlaufende Prüfung der Situation ist dennoch notwendig.

- Kläranlage Ludwigsfelde

Das Abwärmepotenzial der Kläranlage in Ludwigsfelde liegt bei 10,67 GWh/a und wurde bereits im Kapitel 4.2.5 zu Abwasserpotenzialen aufgeschlüsselt.

Die im Rahmen der Abfrage bei Industrie- und Gewerbebetrieben ermittelten Daten bestätigen, dass keine weiteren relevanten Abwärmepotenziale in Ludwigsfelde bestehen. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Vor-Ort-Erkenntnissen der Stadtwerke Ludwigsfelde.

Insgesamt zeigt sich, dass insbesondere das vorhandene Rechenzentrum das mit Abstand bedeutendste Abwärmepotenzial für die zukünftige Wärmeversorgung der Stadt darstellen würde. Jedoch ist dieses Potenzial nicht umsetzbar. Hingegen werden ab 2035 die neuen RZ-Blöcke einen signifikanten Einfluss auf die Klimaneutralität von Ludwigsfelde haben können. Die übrigen Quellen stellen nur ein begrenztes Potenzialvolumen dar. Eine weiterführende Betrachtung einzelner Standorte, insbesondere der Mercedes-Benz Werke und der Kläranlage, sollte im Zuge künftiger Detailuntersuchungen und Netzplanungen erfolgen, um die langfristige Integration erneuerbarer und unvermeidbarer Abwärme in die Wärmeversorgung der Stadt Ludwigsfelde weiter voranzutreiben.

4.2.11 Grüner Wasserstoff und andere synthetische Gase

Regenerativ erzeugter Wasserstoff stellt langfristig eine mögliche Option für eine klimaneutrale Wärmeversorgung in Kommunen dar. Kurz- bis mittelfristig kann Wasserstoff insbesondere in Bereichen relevant werden, in denen alternative Lösungen technisch schwer umsetzbar oder wirtschaftlich ungünstig sind. Aktuell bestehen jedoch noch erhebliche Unsicherheiten, die einer zeitnahen Integration von Wasserstoff in die kommunale Wärmeplanung entgegenstehen. Diese betreffen vor allem die Verfügbarkeit, die infrastrukturellen Rahmenbedingungen sowie die wirtschaftliche Entwicklung.

Die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff ist gegenwärtig noch nicht gesichert. Nach heutigem Kenntnisstand übersteigt der prognostizierte Bedarf der Industrie – insbesondere in energieintensiven Branchen wie der Stahl- und Chemieproduktion – die geplanten nationalen Produktionskapazitäten deutlich. Dadurch ist kurzfristig nicht davon auszugehen, dass nennenswerte Mengen grünen Wasserstoffs für den Wärmesektor bereitgestellt werden können.

Auch die infrastrukturellen Rahmenbedingungen sind derzeit noch unzureichend entwickelt. Der Aufbau eines bundesweiten Wasserstoffnetzes befindet sich in der ersten Ausbauphase. Das von der Bundesnetzagentur veröffentlichte „Wasserstoff-Kernnetz“ (geplant rund 9.000 km bis 2032) soll zentrale Erzeugungsstandorte, Speicher, Industriezentren und Importkorridore verbinden.

Genehmigtes Wasserstoffkernnetz

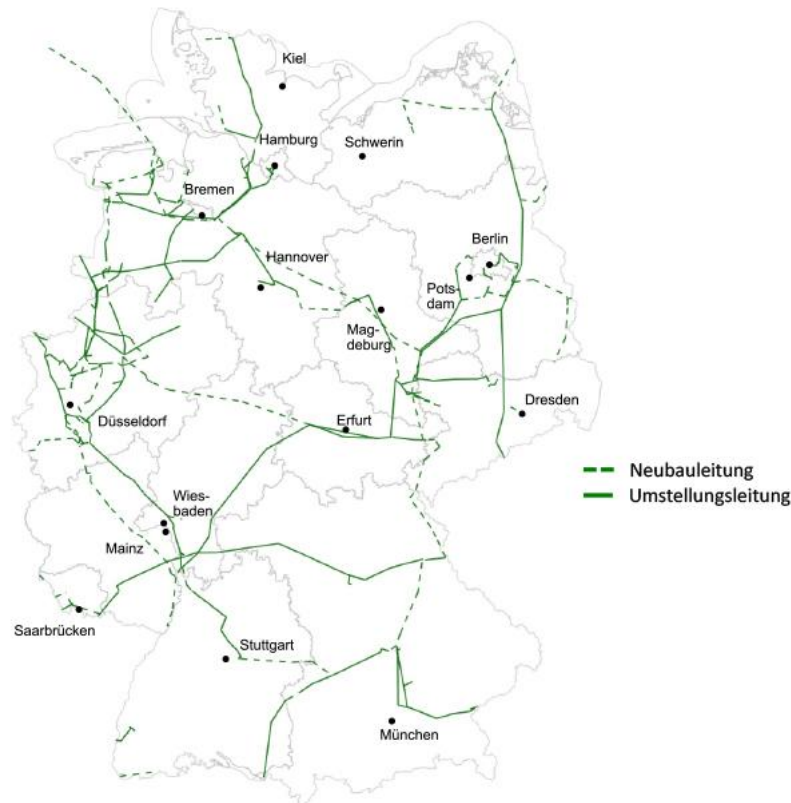


Abbildung 37: Karte des Wasserstoff Kernnetzes der Bundesnetzagentur

Laut der Karte zum genehmigten Wasserstoffkernnetzes scheint eine Neubauleitung nahe am Gebiet von Ludwigsfelde vorbeizuführen. Jedoch ist diese Karte nur sehr grob zu verstehen. Aufgrund der derzeit unscharfen Anbindungen und fehlenden Planungsdetails ist jedoch nicht abschließend zu bewerten, inwieweit sich hieraus künftig ein konkretes Potenzial für die Wasserstoffversorgung Ludwigsfeldes ergeben könnte.

Darüber hinaus bleibt die Kostenentwicklung von Wasserstoff derzeit unklar. Sowohl Produktionskosten als auch Transportinfrastruktur, regulatorische Vorgaben und die Preisentwicklung alternativer Energieträger beeinflussen die zukünftige Wirtschaftlichkeit erheblich. Verlässliche betriebswirtschaftliche Szenarien, die eine belastbare Grundlage für Investitionen bilden könnten, liegen momentan nicht vor.

Vor diesem Hintergrund kann Wasserstoff derzeit nicht als umsetzungsrelevantes Element der kommunalen Wärmeplanung der Stadt Ludwigsfelde berücksichtigt werden. Diese Einschätzung stellt keine grundsätzliche Ablehnung des Energieträgers dar, sondern beruht auf einer pragmatischen Bewertung der aktuellen technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Es wird empfohlen, die weiteren Entwicklungen im Bereich des grünen Wasserstoffs – insbesondere hinsichtlich Verfügbarkeit, Netzinfrastruktur, Kostenentwicklung und regulatorischer Vorgaben – fortlaufend zu beobachten. Sobald belastbare Daten und tragfähige wirtschaftliche Rahmenbedingungen

vorliegen, sollte der mögliche Einsatz von Wasserstoff im Wärmesektor erneut geprüft werden. Spätestens im Zuge einer Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung sollte hierzu eine erneute und vertiefte Bewertung erfolgen.

4.2.12 Großwärmespeicher

Großwärmespeicher können eine wichtige Rolle in zukünftigen Wärmenetzen spielen, da sie die zeitliche Verzögerung zwischen Wärmeangebot und -nachfrage überbrücken können. Der zeitliche Versatz kann durch die Einbindung von erneuerbaren Energien und Abwärme auftreten, wenn diese weitgehend losgelöst vom zeitlichen Verlauf des Wärmebedarfs bereitstehen. Großwärmespeicher werden in langfristige (saisonale), mittelfristige (mehrere Wochen) und kurzfristige (mehrere Stunden oder Tage) Speicher unterschieden.

Neben der zeitlichen Komponente unterscheiden sich Wärmespeicher in ihrer Bauform. Die Bauformen sind in vier Typen unterteilt: Behälter-, Erdbecken-, Aquifer- und Erdsonden-Wärmespeicher. Die Behälter-Wärmespeicher bestehen meistens aus einem Stahlbetonbehälter, welcher mit Wasser gefüllt wird und entweder über oder unter Grund aufgestellt wird. Um die Wärmeverluste zu minimieren, sind die Behälter von außen gedämmt und haben eine zylindrische Form. Die Wärme wird in Wasser gespeichert. Das Wasser ist im Speicher nach Temperaturen geschichtet, indem dieser von oben be- und entladen wird und dabei unten kaltes Wasser entnommen beziehungsweise eingelassen wird. Um höhere Temperaturen zu speichern, werden sogenannte Druckspeicher eingesetzt - in Unterscheidung zu den drucklosen Speichern. Druckspeicher können für größere Volumina in Speicherkaskaden aufgebaut werden. Im Gegensatz zu den anderen Speichertypen wird weniger Fläche benötigt, und die Speicher können in der Nähe der Heizzentralen errichtet werden. Bei Behälter-Wärmespeichern handelt es sich um eine weitbekannte Technologie mit hoher Lade- und Entladekapazität und geringen Verlusten.

Erdbecken-Wärmespeicher werden entweder als große Erdbecken mit geringer Bautiefe oder als flächensparende Stahl-Beton-Tanks mit größerer Bautiefe ausgeführt. Nach oben sind die Erdbecken-Wärmespeicher mit einem schwimmenden, freitragenden oder aufliegenden, meist gedämmten Deckel abgeschlossen. Als Speichermedium dienen Wasser, Wasser-Kies-Gemisch oder Wasser-Erdreich-Gemisch. Die Wärme wird bis zu 95 °C drucklos gespeichert. Erdbecken-Wärmespeicher zeichnen sich durch signifikante Skaleneffekte und hohe Lade- und Entladekapazitäten aus. Der Flächenbedarf von Erdbecken-Wärmespeichern ist von der Beschaffenheit des Untergrunds abhängig, da dieser den möglichen Böschungswinkel beeinflusst. Bei Betrachtung von bereits gebauten Speichern kann für kleinere Speicher grob mit einem Speichervolumen von 2 m³/m² Fläche und bei großen mit circa 6,5 m³/m² Fläche für die reine Speicherfläche gerechnet werden. Unter der Annahme einer maximalen Temperaturdifferenz im Speicher von 80 K können so theoretisch etwa 185 bis 555 kWh/m² Speicherkapazität errichtet werden. Erdbecken-Wärmespeicher werden in der Regel mit Wärmepumpen verbunden, welche die Entladung des Speichers unterstützen. Dadurch kann das untere Temperaturniveau abgesenkt und die Speicherkapazität dadurch angehoben werden.

Aquifer-Speicher nutzen vorhandene wassergefüllte Hohlräume im Gestein oder Grundwasserschichten, um Wärme meist saisonal zu speichern. Sie können nicht gebaut, sondern nur erschlossen werden (vgl. Kapitel 4.2.1). Da Aquifer-Speicher nicht gedämmt werden können, muss eine große Tiefe gewählt werden, um eine effiziente und eine verlustarme Speicherung zu gewährleisten. Grundsätzlich nimmt die Temperatur im Untergrund mit der Tiefe zu. Im Gegensatz zu den Erdbecken-Speichern ist der

Flächenbedarf zwar geringer, aber die Kosten der Errichtung sind höher und mit dem Risiko verbunden, möglicherweise keine geeignete geologische Formation im Untergrund zu finden.

Erdsonden-Wärmespeicher speichern Wärme wie Aquifer-Speicher im Untergrund, jedoch nicht in so großen Tiefen und auf einem geringeren Temperaturniveau. Daher eignen sich Erdsonden-Wärmespeicher entweder für Netze mit niedrigeren Vorlauftemperaturen oder in Verbindung mit einer Anhebung der Temperatur, zum Beispiel durch eine Großwärmepumpe. Die Speicher bestehen aus Erdwärmesonden, die in Feldern angeordnet werden, nach oben gedämmt und mit einer Abdichtung sowie Überdeckung versehen sind. Erdwärmesonden sind vertikal oder schräg positionierte Wärmeleitungen im Untergrund, um diesen thermisch zu nutzen. Dort darf kein Grundwasser verlaufen, damit Wärmeverluste vermieden werden. Die Fläche über den Erdsondenfeldern kann weiter genutzt werden. Auf diese Weise kann eine große Speicherkapazität bei geringeren Kosten installiert werden.

Eine Bewertung der Potenziale ist jeweils im Zusammenhang mit der kompletten netzgebundenen Wärmeerzeugung für ein betrachtetes Gebiet vorzunehmen, da sich die technischen und wirtschaftlichen Einsatzbedingungen eines Speichers aus dem jeweiligen Gesamtsystem ergeben. Hier spielt vor allem das gewählte Erzeugerportfolio eine maßgebliche Rolle. Insbesondere wenn die Erzeugung auf stark schwankenden Wärmequellen aufbaut (das kann z. B. bei industrieller Abwärme der Fall sein) oder der saisonale Erzeugungslastgang stark vom Wärmebedarfslastgang abweicht (z. B. bei der Solarthermie), können Großwärmespeicher eine maßgebliche Rolle im Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit oder der Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung spielen.

Die mengenmäßigen Potenziale von Speichern hängen unter anderem von der Flächenverfügbarkeit oder der Nutzbarkeit des Untergrunds ab. Die Varianten Aquifer- und Erdsonden-Wärmespeicher sollten zusammen mit konkret geplanten Anlagen für tiefe oder oberflächennahe Geothermie geprüft werden, weil die technischen und genehmigungsrechtlichen Rahmenbedingungen vergleichbar sind. Behälterspeicher benötigen dagegen weniger Grundfläche, aber es müssen baurechtliche Rahmenbedingungen bei der Standortwahl und idealerweise die Nähe zu bestehenden oder geplanten Wärmenetzen berücksichtigt werden.

4.3 Zusammenfassung der Potenziale

Die Analyse hat diverse umsetzbare Potenziale für die Stadt Ludwigsfelde identifiziert. Tabelle 13 fasst die Ergebnisse aller betrachteten Potenziale für den Ausbau von erneuerbaren Energiequellen zusammen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass mögliche Überschneidungen zwischen den Potenzialquellen, aufgrund von bspw. dem Bezug aus gleichen Potenzialflächen, kommen kann.

Potenziale	Potenzial in GWh/a	Anteil am Gesamtpotenzial	Potenzial 2045 in % des Wärmebedarfs
Oberflächennahe Geothermie		Kein umsetzbares Potenzial	
Tiefe Geothermie		Kein umsetzbares Potenzial	
Grundwasser		Kein umsetzbares Potenzial	

Oberflächengewässer		Kein umsetzbares Potenzial	
Abwasser (Kläranlage)	10,67	6%	4%
Umgebungsluft		Kein umsetzbares Potenzial	
Windenergie (2 Anlagen)	19,7	12%	8%
Solarthermie			
PV auf Dachflächen	55,0	32%	21%
PV auf Freiflächen	30,5	18%	12%
Solarthermie auf WE	6,1	4%	2%
Biomasse	40,0	24%	15%
Unvermeidbare Abwärme			
Rechenzentrum	Derzeit kein umsetzbares Potenzial		
Mercedes-Benz Werke	4,41	3%	2%
Coca-Cola Europacific	1,72	1%	1%
Kaufland Vertrieb 64	1,45	1%	1%
KWK-Anlagen	X	X%	X%
Grüner Wasserstoff und andere synthetische Gase		Kein umsetzbares Potenzial	
Großwärmespeicher		Potenzialermittlung bei Bedarf In Folgeprojekt	
Summe	169,6	100%	65%

Tabelle 13: Potenziale für erneuerbare Energien, unvermeidbare Abwärme und Großwärmespeicher

Insgesamt zeigt die Potenzialanalyse, dass in Ludwigsfelde viele erneuerbare Wärmequellen zwar theoretisch oder technisch vorhanden sind, aber nur ein Teil davon als tatsächlich umsetzbares Potenzial in Frage kommt. Oberflächennahe und tiefe Geothermie, Grundwasser sowie Oberflächengewässer scheiden aufgrund wasserwirtschaftlicher Restriktionen, geringer Leistungsfähigkeit oder fehlender Datengrundlage derzeit weitgehend aus, wodurch diese nicht als umsetzungsrelevanter Baustein für die KWP bewertet werden. Gleiches gilt für Abwasserwärme aus dem Kanalnetz und die Nutzung von Umgebungsluft über Luft-Wärmepumpen, die zwar technisch möglich, unter den aktuellen Rahmen-

bedingungen in Ludwigsfelde aber nur eingeschränkt und ohne standortscharfe Analysen nicht als tragende Säulen der Wärmewende eingeordnet werden. Grüner Wasserstoff ist wegen fehlender Infrastruktur, unklarer Verfügbarkeit und Kostenentwicklung derzeit nur eine theoretische Option, welche in den kommenden Jahren erst identifiziert werden kann.

Demgegenüber stehen sehr große und grundsätzlich gut erschließbare Potenziale im Bereich Solar- und Windenergie, Biomasse und unvermeidbarer Abwärme. Die Freiflächen-Solarthermief Flächen bieten ein technisches Potenzial, das selbst bei Nutzung nur eines Bruchteils der verfügbaren Flächen relevante Anteile des kommunalen Wärmebedarfs decken kann, insbesondere in Kombination mit Großwärmespeichern. Ergänzend dazu weisen Dachflächen ein erhebliches Potenzial für Solarthermie (ca. 6 GWh/a) und Photovoltaik (zusätzliche rund 55 GWh/a Stromertrag) auf, das schrittweise und weitgehend dezentral erschlossen werden kann. Biomasse steht vor Ort zur Verfügung und wird ebenfalls als umsetzbares Potenzial betrachtet. Nach PV auf Dachflächen repräsentiert es das größte Potenzial für die Stadt Ludwigsfelde. Aufgrund von bereits bestehenden Projekten bietet Windenergie zusätzlich ein vielversprechendes Potenzial für die Region. Kleinere Potenziale bietet die industrielle Abwärme aus den Mercedes Benz Werken, Coca-Cola und Kaufland sowie der Kläranlage. Großwärmespeicher spielen dabei als Schlüsseltechnologie eine wichtige Rolle, um die erheblichen, aber zeitlich schwankenden Potenziale aus Solarthermie und Abwärme systemdienlich nutzbar zu machen.

Die identifizierten Potenziale sind dabei mit 170 GWh/a nicht ausreichend, um den kompletten Wärmebedarf der Stadt Ludwigsfelde zu decken.

5 Eignung für Wärmenetze

Das Planungsgebiet wurde nach § 18 Abs. 1 WPG in einem mehrstufigen Verfahren auf die Eignung für Wärmenetze im Zieljahr geprüft. Zuerst wurden verschiedene Ausbauszenarien für Wärmenetze entwickelt. Als Indikatoren für eine wirtschaftliche Erschließbarkeit wurden zunächst die angestrebten Wärmelinienichten zugrunde gelegt (vgl. Kapitel 6.1). Im nächsten Schritt wurden voraussichtliche Investitions- und Betriebskosten der Wärmenetze für die verschiedenen Ausbauszenarien kalkuliert (vgl. Kapitel 6.2).

Zur Vereinfachung des Verfahrens wurde entschieden, für alle Ausbauvarianten vorläufig mit den gleichen Indikatoren und pauschalen Erzeugungskosten zu arbeiten und erst nach der Priorisierung der Netzausbauszenarien das ortsangepasste Erzeugerportfolio (vgl. Kapitel 6.4) detailliert zu entwickeln.

In Kapitel 6.2. und 6.3. werden die Ergebnisse des Kostenvergleichs der Wärmegestehungskosten für die Netzausbauszenarien, mit bestehenden Wärmenetztarifen und den Kosten für dezentralen Alternativen der Wärmeherzeugung vorgestellt. Auf dieser Basis erfolgte eine wirtschaftliche Priorisierung der Varianten.

Für die Beschreibung des Zielszenarios (vgl. Kapitel 8) wurden gemäß § 18 Abs. 1 WPG Satz 2 die folgenden Kriterien berücksichtigt:

- Geringe Wärmegestehungskosten
- Geringe Realisierungsrisiken
- Hohe Versorgungssicherheit
- Geringe kumulierte Treibhausgasemissionen

5.1 Entwicklung von Netzausbauszenarien

Die Entwicklung von Ausbauszenarien für Wärmenetze erfolgt zunächst primär auf Grundlage des Kriteriums möglichst geringer Wärmegestehungskosten. Diese sind maßgeblich von der Wärmebedarfsdichte in den potenziellen Ausbaubereichen abhängig. Je höher die Wärmebedarfsdichte, desto geringer die voraussichtlichen Wärmegestehungskosten. Für die konkrete Entwicklung von Netzausbauszenarien wurde die Wärmelinienichte der Straßenzüge, differenziert nach Ortsteilen, als zentrales Kriterium herangezogen. Die Wärmebedarfe der Gebäude eines Straßenzugs im Zieljahr wurden zusammengefasst. Anschließend wurden die Wärmelinienichten für die einzelnen Straßenzüge berechnet. Damit wird die Wärmemenge der Abnehmer pro Trassenmeter Leitungsnetz (Straßenlänge plus Hausanschlusslänge) bezeichnet. Dabei wurden je nach Gebäudetyp und Wärmebedarf unterschiedliche Anschlussraten angenommen:

- Öffentliche Gebäude: 100 % Anschlussquote. Bei Gebäuden im Eigentum der Stadt/ Gemeinde wird vermutet, dass dort ein besonderes Anschlussinteresse besteht, um den Wärmenetzausbau zu fördern.
- Gebäude mit weniger als 100 MWh/a: 60 % Anschlussquote

- Gebäude ab 100 MWh/a: 80 % Anschlussquote. Es ist anzunehmen, dass Eigentümer von Gebäuden mit geringem Wärmebedarf mehr Optionen für die Einzelversorgung durch Wärmepumpen haben, und sich dies auf die Anschlussraten auswirken kann.

Zur Berechnung von Wärmelinienichten auf Straßenzugenebene wurden die Wärmebedarfe und Hausanschlussleitungslängen mit den Anschlussraten multipliziert.

Die Auswahl der Straßenzüge für einen potenziellen Wärmenetzausbau basiert auf einem numerischen Optimierungsalgorithmus auf Basis der Graphentheorie. Der Algorithmus bewertet alle Straßenzüge nach einer vorgegebenen minimalen Wärmelinienichte (Grenzwärmelinienichte) und maximiert den potenziellen Wärmeabsatz bei möglichst minimalen Leitungslängen. Die Straßenzüge werden dazu nicht einfach über die Grenzwärmelinienichte ausgewählt, sondern der Algorithmus ermittelt direkt ein zusammenhängendes Wärmenetz.

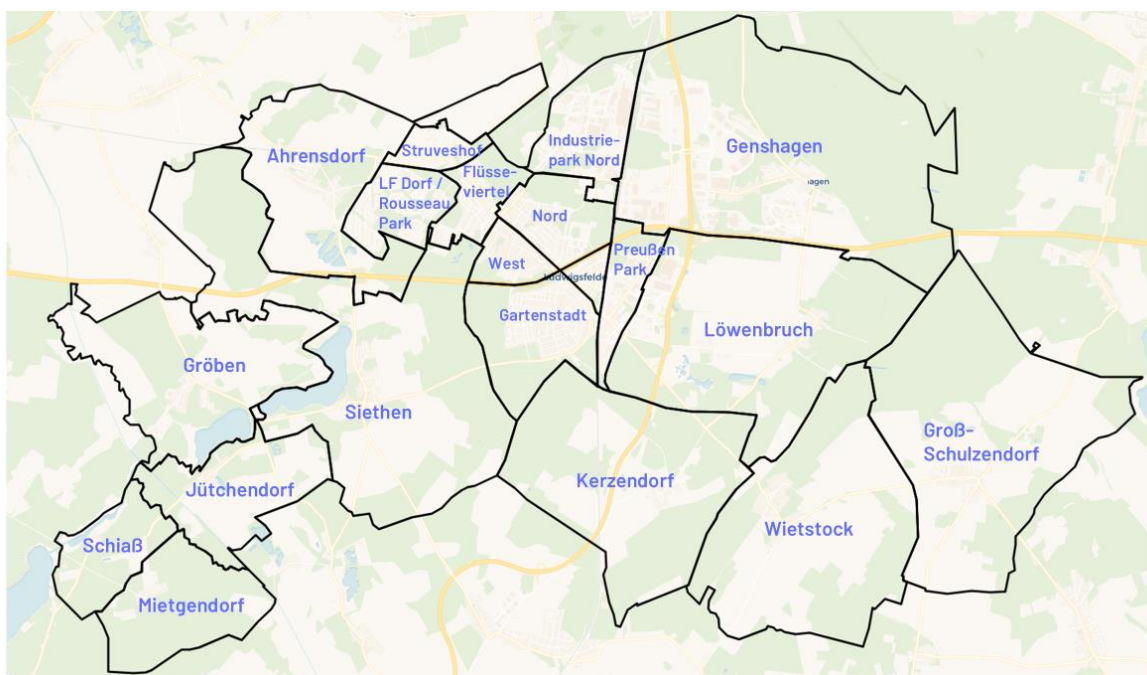


Abbildung 38: Stadt Ludwigsfelde differenziert nach Ortsteilen und Versorgungsgebieten

Insgesamt wurden 9 Varianten für den Fernwärmeausbau mit Variation der Grenzwärmelinienichte von 600 kWh/(m·a) bis 2.000 kWh/(m·a) erstellt. Die Ergebnisse sind im Folgenden zunächst für das bestehende Netzgebiet dargestellt, jedoch getrennt nach den bisherigen Netzbetreibern (Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH und e.distherm Energielösungen GmbH). Für das Gebiet der Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH werden die Ortsteile Gartenstadt, Flüsseviertel, Ludwigsfelde Dorf, Rousseau Park und Struveshof für einen möglichen Netzausbau ausgeschlossen. Somit werden lediglich die Ortsteile Nord, West, Dichterviertel, Preußen Park und Löwenbruch für einen theoretischen Netzausbau untersucht.

Ausbauvariante (Grenzwärmelinienichte) in kWh/(m·a)	Trassenlänge (Transport und Hausanschlüsse) in km	Wärmebedarf 2045 in GWh/a	Durchschnittl. Wärmelinienichte in kWh/(m·a)
600	14,7	22,6	1.537

700	12,2	21,4	1.761
800	10,2	20,2	1.968
900	9,8	19,9	2.034
1.000	9,4	19,6	2.084
1.100	9,4	19,6	2.084
1.200	9,4	19,6	2.084
1.500	8,7	18,8	2.178
2.000	8,5	18,6	2.193

Tabelle 14: Kenngrößen für Netzausbauvarianten des Netzes der Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH

Es ist zu erkennen, dass bereits bei einer Grenzwärmelinienichte von 2.000 kWh/(m·a) ein deutlicher Ausbau zu erkennen ist, der etwa 8,5 km neue Trassen und einen zusätzlichen Wärmebedarf von fast 19 GWh pro Jahr mit sich bringen würde. Dies ergibt sich vor allem aus der Verdichtung im Netzgebiet West, der Neuerschließung des Dichterviertels, sowie einem Anschluss von Großkunden im Preußen Park.

Für das Netzgebiet der e.distherm Energielösungen GmbH werden die Ausbauggebiete im Industriepark Nord sowie in Genshagen zusammengefasst und sind in folgender Tabelle dargestellt.

Ausbauvariante in kWh/(m·a)	Trassenlänge (Transport und Hausanschlüsse) in km	Wärmebedarf 2045 in GWh/a	Durchschnittl. Wärmelinienichte in kWh/(m·a)
600	13,6	16,4	1.209
700	12,7	16,1	1.274
800	9,6	14,1	1.464
900	8,5	13,5	1.591
1.000	6,1	11,9	1.960
1.100	6,1	11,9	1.960
1.200	5,7	11,5	2.013
1.500	2,6	8,2	3.182
2.000	2,6	8,2	3.182

Tabelle 15: Kenngrößen für Netzausbau des Netzes e.distherm Energielösungen GmbH

Neben wenigen Gebäuden im Industriepark die bisher nicht an das Wärmenetz angeschlossen sind, ergibt sich das Wärmenetzausbauggebiet vor allem östlich der B101 im Brandenburg Park bis nach

Genshagen. Mit abnehmender Grenzwärmelinien-dichte entwickelt sich das potentielle Ausbauggebiet bis zu einem möglichen Wärmeabsatz von gut 16 GWh pro Jahr bei den angenommenen Anschluss-quoten.

In den Ortsteilen von Ludwigsfelde wurden ebenfalls mögliche neue Wärmenetze analysiert und für eine Grenzwärmelinien-dichte von 600 kWh/(m·a) ausgewertet. Die Ergebnisse sind in folgender Ta-belle dargestellt. Selbst bei einer entsprechend geringen Wärmelinien-dichte entwickeln sich in fast allen Ortsteilen Wärmenetze die einen kumulierten Wärmebedarf von unter 1 GWh aufweisen. Ledig-lich in Ahrens-dorf ist ein Wärmebedarf von 1,3 GWh pro Jahr erreichbar. Bei den Netzen mit einer Trassenlänge unter 600 Metern würde es sich zudem formal um Gebäudenetze handeln, da maximal 16 Gebäude angeschlossen würden.

Stadtteil	Trassenlänge (Transport und Hausanschlüsse) in km	Wärmebedarf 2045 in GWh/a	Durchschnittl. Wärmelinien-dichte in kWh/(m·a)
Ahrens-dorf	2,7	1,3	471
Groß Schulzendorf	0,5	0,4	854
Gröben	1,0	0,5	558
Jütchendorf	-	-	-
Kerzendorf	0,6	0,4	566
Löwenbruch	1,6	0,9	574
Mietgendorf	0,2	0,1	627
Schiaß	0,3	0,1	487
Siethen	0,6	0,5	801
Wietstock	0,2	0,2	1.153

Tabelle 16: Kenngrößen für Netz-szenarien in den Ortsteilen von Ludwigsfelde

5.2 Kalkulation der voraussichtlichen Wärmegestehungskosten

Nach § 18 Abs. 1 WPG umfassen die Wärmegestehungskosten die Vollkosten der Wärmeversorgung. Sie setzen sich aus den Investitionskosten für das Leitungsnetz (Transportleitungen, Hausanschlusslei-tungen und Hausanschlussstationen) sowie den Kosten für die Wärmeerzeugung zusammen. Zur Ver-einfachung wurden in der ersten Phase für alle Ausbauszenarien der Wärmenetze die gleichen pau-schalen Erzeugungskosten von 90 €/MWh angenommen. Die Wärmeverluste der Netze wurden in Ab-hängigkeit von der Wärmelinien-dichte (WLD) über eine Näherungsfunktion abgeschätzt. Grundlage hierfür ist eine angenommene spezifische Verlustleistung von 20 W/m. Die Formel ist im Folgenden dargestellt:

$$\text{Netzverluste} = 0,2057 \cdot \text{WLD}^{-0,85}$$

Zur Berechnung der Investitionskosten der Trassenleitungen wurde eine lineare Näherungsgleichung in Abhängigkeit von der Wärmelinienlänge verwendet, da der genaue Standort der Wärmeerzeuger für das Wärmenetz zu diesem Zeitpunkt noch nicht festgelegt ist. Somit können weder eine Netzsimulation durchgeführt noch konkrete Rohrquerschnitte berechnet werden.

$$\text{spez. Kosten Trassenleitungen} = (0,1817 \cdot q + 1215,1) \cdot 0,9$$

Auf Basis angenommener Volllaststunden von 1.600 h/a wurde überschlägig für jedes Gebäude eine benötigte Heizleistung berechnet. Anhand dieser Leistung kann über den in untenstehender Tabelle dargestellten Zusammenhang ein Normdurchmesser (DN) für die Hausanschlussleitung bestimmt werden. Mithilfe des ermittelten Normdurchmessers werden anschließend über eine Kostenfunktion die spezifischen Kosten der Hausanschlussleitungen bestimmt.

Hausanschlussleistung in kW	Nennweite DN		Nennweite DN	Spezifische. Kosten in €/m
10	20		20	773
20	20		32	933
50	32		40	1.070
100	40		50	1.182
200	50		65	1.297
500	65		80	1.387
1.000	100		100	1.479
2.000	125		125	1.706
5.000	150		150	1.865
10.000	200		200	2.070
20.000	300		250	2.275
50.000	400		300	2.502

Tabelle 17: Zusammenhang zwischen Hausanschlussleistung und Normdurchmesser (DN) für Hausanschlussleitungen, sowie Kostenannahmen der Hausanschlussleitungen in Abhängigkeit der Nennweite

Für die Hausanschlussstationen (HAST) wurde eine Kostenfunktion nach Durchmesser in Abhängigkeit von der Hausanschlussleistung angenommen:

$$\text{spez. Kosten HAST} = 0,026 \cdot dQ^{-0,46} \cdot 1,625$$

Für die Berechnung der Investitionskosten wurde abschließend angenommen, dass die Trassen- und Hausanschlussleitungen sowie die Hausübergabestationen mit jeweils 40 % der Investitionskosten gefördert werden.

Weitere Annahmen sind in folgender Tabelle dargestellt.

Annahme	Wert
Kalkulatorischer Zinssatz	6 %

Betrachtungszeitraum	20 Jahre (2026 – 2045)
BEW-Förderung (Hausanschlussleitungen und -stationen)	40 % bezogen auf Invest vor Förderung
Betriebskosten Netz (Hausanschlussleitung und Trassen)	1 %/a bezogen auf Invest vor Förderung
Betriebskosten Hausanschlussstationen	0,3 %/a bezogen auf Invest vor Förderung

Tabelle 18: Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Ausbauvarianten

Unter Berücksichtigung der Wärmebedarfe und der vorläufigen Annahme von 90 €/MWh Wärmeherstellungskosten ergeben sich für das Netz der Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH die in der folgenden Tabelle dargestellten Wärmegestehungskosten (LCoH) differenziert nach den einzelnen Quartieren.

Quartiere / Versorgungsgebiete	Wärmegestehungskosten über die verschiedenen Grenzwärmelinienendichten
West	15,0 – 15,4 Ct/kWh
Dichterviertel	15,4 – 15,9 Ct/kWh
Nord	18,6 – 20,1 Ct/kWh
Preußen Park	16,4 – 19,4 Ct/kWh
Löwenbruch	15,9 – 19,0 Ct/kWh

Tabelle 19: Berechnete Wärmegestehungskosten für die Quartiere im Netzgebiet der Stadtwerke Ludwigsfelde

Hierbei ist anzumerken, dass die in Tabelle 14 summierten Wärmebedarfe sich unterschiedlich auf die Quartiere verteilen. Im Quartier Nord beispielsweise würde selbst bei der geringsten Grenzwärmelinienendichte nur ein Wärmebedarf von unter 1 GWh pro Jahr hinzukommen. In den Quartieren West und Dichterviertel sind die Wärmegestehungskosten gering, auch für geringe Wärmelinienendichten, was in diesem Fall den Anschluss fast aller Gebäude im Quartier umfassen würde. In den Quartieren Preußen Park und Löwenbruch ist anzumerken, dass es hier maßgeblich von einzelnen wenigen Großverbrauchern abhängt. Dementsprechend ist an dieser Stelle bereits anzumerken, dass dies im weiteren Verlauf näher untersucht und mit den Firmen vor Ort abgestimmt werden muss, um belastbare Wärmegestehungskosten zu ermitteln.

In untenstehender Tabelle sind die Wärmegestehungskosten analog für das Netzgebiet der e.distherm Energielösungen GmbH dargestellt. Im Industriepark Nord handelt es sich weitestgehend um den Anschluss weiterer Gebäude an das bestehende Netz, was in geringen Ausbaukosten und entsprechend günstigen Wärmegestehungskosten resultiert. Mögliche Ausbauszenarien in Genshagen hingegen unterscheiden sich deutlich in den Netzlängen und den resultierenden Wärmegestehungskosten. Der Anschluss weiterer Gebäude nahe am bestehenden Netz im Brandenburg Park führt zu geringeren Wärmegestehungskosten als eine Erweiterung des Netzes bis in die Wohngebiete Genshagens, wie es bei geringen Wärmelinienendichten sich ergeben würde.

Quartiere / Versorgungsgebiete	Wärmegestehungskosten über die verschiedenen Grenzwärmelinienendichten
--------------------------------	--

Industriepark Nord	12,6 – 14,1 Ct/kWh
Genshagen	15,5 – 21,5 Ct/kWh

Tabelle 20: Berechnete Wärmegestehungskosten für die Quartiere im Netzgebiet der e.distherm Energielösungen GmbH

In den Stadtteilen Ludwigsfeldes, wo es bisher keine Wärmeversorgung über Wärmenetze gibt, ergeben sich folgende Wärmegestehungskosten nach oben beschriebenem Vorgehen.

Stadtteile	Wärmegestehungskosten bei der Grenz-wärmelinien-dichte 600 kWh/(m·a)
Ahrendorf	27,8 Ct/kWh
Groß Schulzendorf	21,8 Ct/kWh
Gröben	25,7 Ct/kWh
Jütchendorf	25,3 Ct/kWh
Kerzendorf	25,6 Ct/kWh
Löwenbruch	
Mietgendorf	24,5 Ct/kWh
Schiaß	26,8 Ct/kWh
Siethen	21,8 Ct/kWh
Wietstock	19,2 Ct/kWh

Unter den beschriebenen Bedingungen ergeben sich für alle Stadtteile Wärmegestehungskosten über 20 Ct/kWh. Eine Ausnahme bildet Wietstock, da hier nach dem Verfahren die höchste Wärmelinien-dichte entstünde, vgl. Tabelle 16. Hierbei ist nochmal darauf hinzuweisen, dass es sich häufig um kleine Gebäudenetze von wenigen Gebäuden handelt. Eine nachbarschaftliche Wärmeversorgung beispielsweise über genossenschaftliche Modelle wird an dieser Stelle nicht näher untersucht, kann jedoch durch andere wirtschaftliche Randbedingungen andere Wärmegestehungskosten ergeben.

5.3 Vergleich zu Wärmegestehungskosten dezentraler Wärmeversorgung

Bevor im weiteren Verlauf die Berechnung der Wärmegestehungskosten der dezentralen Wärme-erzeugung dargelegt wird, soll hier auf einige Aspekte und Rahmenbedingungen hingewiesen werden. Für potenzielle Kunden ist ein Wärmenetz vor allem dann attraktiv, wenn dessen Wärmepreise nicht höher sind als die Wärmeversorgungskosten einer dezentralen Wärme-erzeugungslösung des Kunden. Wettbewerbsfähige Wärmegestehungskosten der Wärmenetze sind daher entscheidend, um ausrei-chende Absatzmengen und damit die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen sicherzustellen.

Der Anreiz zum Anschluss an ein Wärmenetz liegt für Kunden nicht allein in konkurrenzfähigen Wär-mepreisen, sondern auch in weiteren Vorteilen gegenüber dezentralen Lösungen. (LandesEnergie-Agentur Hessen (Hrsg.) 2025). Zu nennen sind: keine Schallemissionen, geringer Platzbedarf, Entlas-tung bei den Anschaffungskosten, geringerer Aufwand für Wartung und Instandhaltung sowie höhere Versorgungssicherheit der Wärmenetze.

Dennoch wird es zukünftig Quartiere und Gebiete geben, die nicht durch ein Wärmenetz erschlossen werden und daher eine dezentrale Wärmeversorgung der Gebäude oder des Gebäudeblocks erforderlich ist.

Für die dezentrale Wärmeversorgung stehen gemäß § 71 GEG ab 1.7.2028 nur noch bestimmte Optionen zur Verfügung. Nach dem Gesetz dürfen Heizungsanlagen „zum Zweck der Inbetriebnahme in einem Gebäude nur eingebaut oder aufgestellt werden, wenn sie mindestens 65 % der mit der Anlage bereitgestellten Wärme mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme...“ erzeugen. Gleiches gilt für Heizungsanlagen, die in ein sogenanntes Gebäudenetz einspeisen. Die maßgeblichen dezentralen Technologien sind zukünftig:

- Luft-Wasser-Wärmepumpe (L/W-WP)
- Sole-Wasser-Wärmepumpe (S/W-WP)
- Biomasse-Kessel

Diese Heizungssysteme werden bereits heute häufig in Kombination mit PV-Anlagen oder Solarthermieranlagen betrieben. Das wichtigste Förderprogramm für den Einbau solcher Heizungsanlagen ist die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG). Die aktuellen Förderbedingungen und Förderanteile sind in folgender Tabelle aufgeführt.

Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)	
Grundförderung	30 % Investitionskostenzuschuss
Klimageschwindigkeitsbonus	Nur bei selbstgenutzten Gebäuden bzw. Wohneinheiten und bei Austausch einer bestehenden Öl-, Kohle-, Gas-Etagen-, Nachtspeicherheizung oder einer mindestens 20 Jahre alten Gasheizung
	Bis Ende 2028 = 20 %
	2029 – 2030 = 17 %
	2031 – 2032 = 14 %
	2033 – 2034 = 11 %
	2035 – 2036 = 8 %
Wärmepumpen-Effizienzbonus	5 % bei S/W-Wärmepumpen, Wasser-Wasser-Wärmepumpen, sowie Wärmepumpen mit natürlichem Kältemittel
Einkommensbonus	30 %. Nur bei selbstgenutzten Wohneinheiten und einem Haushaltsjahreseinkommen von maximal 40.000 €
Emissionsminderungs-Zuschlag	2.500 € pauschal für besonders effiziente Biomasseheizungen (Emissionsgrenzwert für Staub von 2,5 mg/m ³)
Maximale förderfähige Kosten	30.000 € für die 1. Wohneinheit
	15.000 € für die 2. bis 6. Wohneinheit
	8.000 € ab der 7. Wohneinheit

Tabelle 21: Förderhöhe beim Heizungstausch nach BEG, Stand 1.1.2025

Der Einsatz von Wasserstoff zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung in Haushalten wird derzeit als ökonomisch nicht sinnvoll eingeschätzt, da Wasserstoff aktuell nur in begrenzten Mengen verfügbar ist und gleichzeitig bedeutende konkurrierende Anwendungsfelder bestehen (z. B. Hochtemperaturprozesse in der Industrie, der Stahlproduktion oder im Fernverkehr). Zudem ist aktuell nicht zu erkennen, dass in absehbarer Zeit hinreichende Mengen Wasserstoff für eine Versorgung im Raumwärmebereich von Einzelgebäuden zur Verfügung stehen werden. Ebenso ist eine flächendeckende Umstellung der Gasverteilnetze auf vollständige Versorgung mit Wasserstoff derzeit nicht zu erwarten (vgl. Kapitel 2.2).

Zur Berechnung der Kosten für dezentrale Wärmeerzeuger wurden der Technikkatalog Wärmeplanung (Ortner, Paar, et al., Technikkatalog Wärmeplanung 2024) sowie die Ariadne-Analyse (Meyer, Fuchs, Thomsen, Herkel, und Kost, 2024) als Grundlage herangezogen.

Die Wärmegestehungskosten wurden anhand der LCoH-Methode ermittelt. Für die Berechnung wurde folgende Formel verwendet:

$$LCoH = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{(CapEx_t - SE_t) + (OpEx_t)}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{Heat_t}{(1+r)^t}}$$

Dabei gilt:

- LCoH = Levelized Cost of Heat in €/kWh
- CapEx_t = Investitionskosten im Jahr t in €
- SE_t = Investitionskostenförderung im Jahr t in €
- T = Betrachtungszeitraum in Jahren (a)
- OpEx_t = Wartungs- und Betriebskosten im Jahr t in €
- Heat_t = Erzeugte Wärme im Jahr t in kWh
- r = Diskontierungssatz in %

Für die Referenzszenarien wurden folgende Annahmen getroffen:

- Betrachtungszeitraum 20 Jahre
- Diskontierungssatz: 4 %/a
- Inflationsrate: 2 %/a (für Preissteigerung)
- Heizwärmebedarf: 20 MWh (Einfamilienhaus); 160 MWh (Mehrfamilienhaus)
- Leistung der Wärmeerzeuger:
 - Wärmepumpen: 2.500 Vollbenutzungsstunden;
8 kW (Einfamilienhaus); 64 kW (Mehrfamilienhaus)
 - Andere Wärmeerzeuger: 1.600 Vollbenutzungsstunden;
12,5 kW (Einfamilienhaus); 100 kW (Mehrfamilienhaus)

Die Investitionskosten wurden dem Technikkatalog Wärmeplanung (Stand: 10/2025) entnommen. Lediglich bei den Investitionskosten des Pelletkessels wurde auf den alten Stand (08/2024) zurückgegriffen.

In die Berechnungen wurde die BEG-Förderung einbezogen. Der Klimageschwindigkeitsbonus und der Einkommensbonus blieben in den Referenzszenarien unberücksichtigt. Für Wärmepumpen wurde eine Förderung von insgesamt 35 % angesetzt. Dabei wurde berücksichtigt, dass die Förderung im

Einfamilienhaus auf maximal 30.000 € und im Mehrfamilienhaus (12 Wohneinheiten) auf maximal 153.000 € förderfähige Kosten begrenzt ist. Zu Lebensdauer und Betriebskosten wurden folgende Annahmen getroffen:

- Wärmepumpen: 18 Jahre Lebensdauer und 2,5 %/a Betriebskosten
- Gas-Brennwertgeräte: 20 Jahre Lebensdauer und 3,0 %/a Betriebskosten
- Heizölkessel: 20 Jahre Lebensdauer und 3,5 %/a Betriebskosten
- Pelletkessel: 15 Jahre Lebensdauer und 6,0 %/a Betriebskosten

Die Jahresnutzungsgrade der Wärmeerzeuger wurden wie folgt angesetzt:

- Wärmepumpen: 3,0 im Einfamilienhaus; 2,5 im Mehrfamilienhaus
- Gas-Brennwertgeräte: 90 % bezogen auf den Brennwert
- Heizölkessel: 90 % bezogen auf den Brennwert
- Pelletkessel: 90 %

Die Energiepreise und deren Entwicklung, sowie die CO₂-Preise wurden anhand der Ariadne-Analyse bestimmt. Dabei wurde zwischen den dort aufgeführten Stützjahren linear interpoliert. Für die Berechnung der Wärmepumpen wurde der reguläre Haushaltsstrom-tarif verwendet, ein möglicher Wärmepumpentarif blieb unberücksichtigt. Die CO₂-Preise wurden entsprechend der Preisentwicklung der Kategorie „Standard“ für Erdgas bzw. Heizöl berücksichtigt. Diese sieht eine Erhöhung auf 116 €/t₂₀₂₄ im Jahr 2030 und auf 175 €/t₂₀₂₄ im Jahr 2040 vor. Die Werte für die Zeiträume dazwischen wurde linear interpoliert und mit brennwertbezogenen Emissionsfaktoren gemäß BEHG von 181 g_{CO2}/kWh_{th} für Erdgas und 249 g_{CO2}/kWh_{th} für Heizöl bestimmt. Eine Übersicht findet sich in folgender Abbildung.

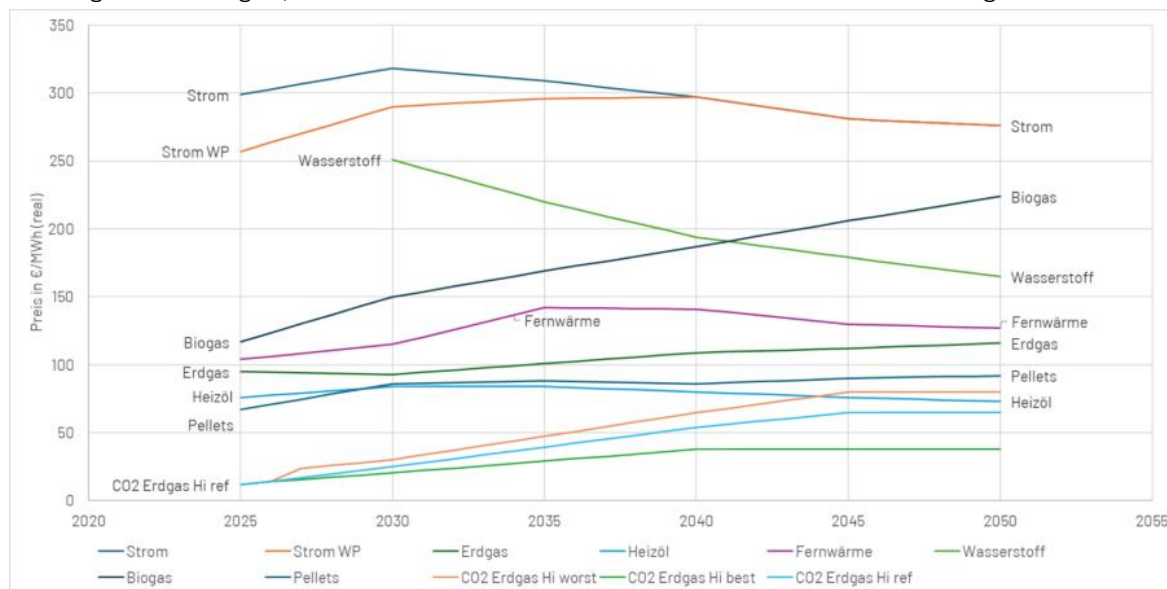


Abbildung 39: Preisentwicklung der Energieträger nach Ariadne-Analyse

Die in der Abbildung dargestellten Werte beziehen sich auf reale Preisniveaus des Jahres 2024. Für die Berechnung der zukünftigen jährlichen Kosten erfolgte anschließend eine Anpassung anhand der unterstellten Inflationsrate. Weiterhin sei an dieser Stelle auf den Zusammenhang zwischen Energieträ-

gerpreisen und der Effizienz der Wärmeerzeuger hingewiesen. Werden rein die Betriebskosten betrachtet, so ergeben sich bei einer Wärmepumpe, die Strom für 30 Ct/kWh_{el} bei einer Jahresarbeitszahl von 3,0 nutzt, wärmebedarfsgebundene Kosten von 10 Ct/kWh_{th}.

Die zuvor dargestellten Randbedingungen bilden die Grundlage für die sogenannten Referenzszenarien. Die Wärmegestellungskosten (LCoH) der entsprechenden Wärmeerzeuger sind in untenstehenden Abbildungen für Einfamilienhäuser und für Mehrfamilienhäuser dargestellt.

Im Einfamilienhaus weist die Luft-Wasser-Wärmepumpe mit etwa 217 €/MWh die günstigsten Wärmegestellungskosten (LCoH) auf. Der Pelletkessel stellt mit etwa 285 €/MWh die kostenintensivste Variante dar. Öl- und Gasheizungen zeichnen sich zwar durch vergleichsweise geringe Investitions- und Betriebskosten aus, weisen jedoch deutlich höhere Energieträgerkosten auf als Wärmepumpen oder Pelletanlagen. Beim Pelletkessel sind die variablen Brennstoffkosten zwar relativ niedrig, dem stehen jedoch hohe Investitionskosten sowie erhöhte laufende Betriebskosten gegenüber.

Im Mehrfamilienhaus bleibt die Wärmepumpe ebenfalls die wirtschaftlichste Option mit Wärmegestellungskosten (LCoH) von etwa 186 €/MWh. Die übrigen Heizsysteme bewegen sich mit etwa 190 bis 200 €/MWh in einem ähnlichen Kostenbereich. Der im Vergleich zum Einfamilienhaus geringere Kostennachteil des Pelletkessels ist vor allem auf die zugrunde gelegten Kostenfunktionen zurückzuführen: Bei kleineren Anlagen steigen die spezifischen Investitionskosten für Pelletkessel überproportional zu anderen Wärmeerzeugern an, wodurch sich ihre Kostenposition im Einfamilienhaus relativ zum Mehrfamilienhaus verschlechtert.

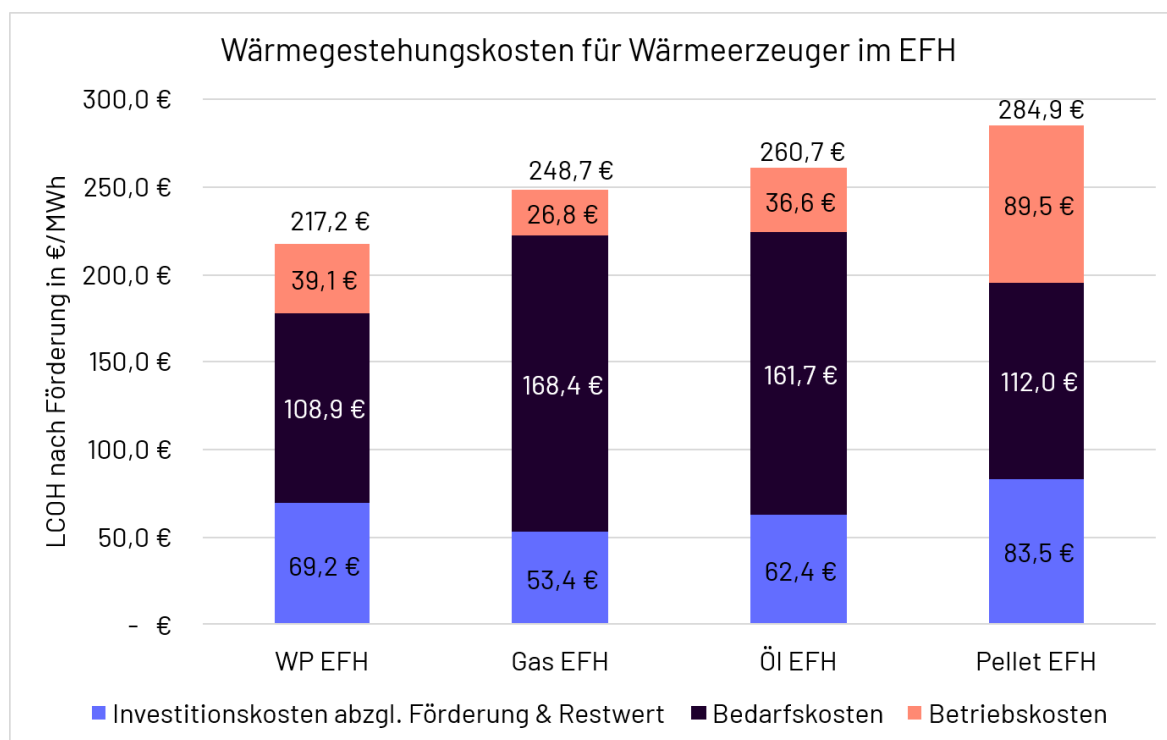


Abbildung 40: Vergleich der berechneten LCoH der Referenzszenarien im Einfamilienhaus

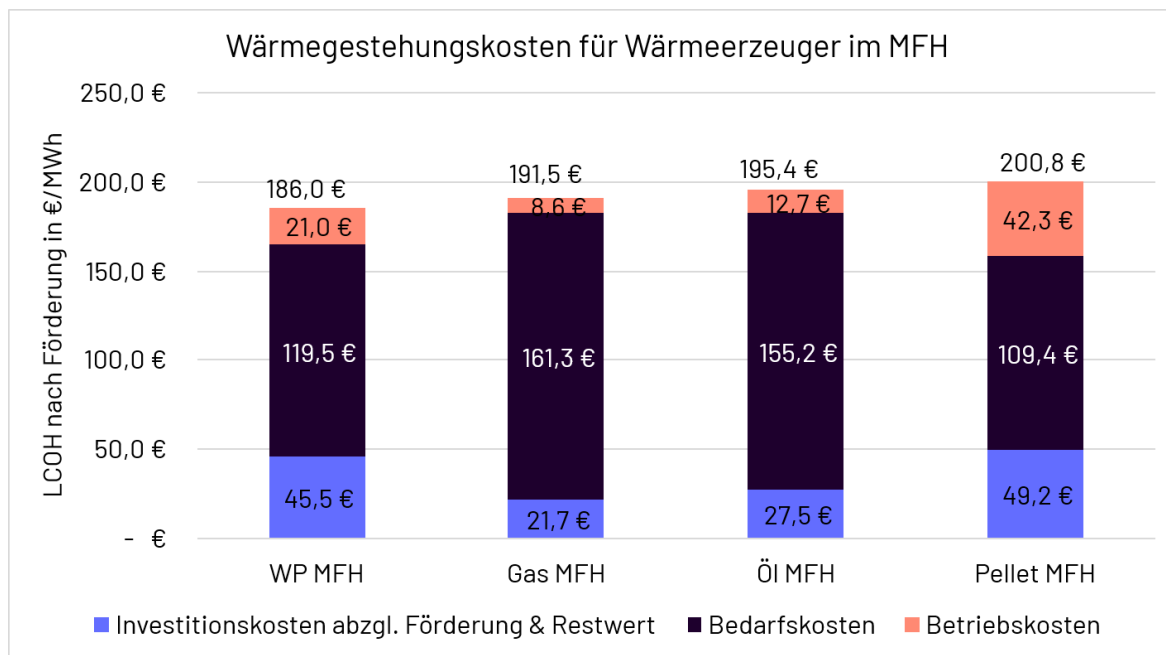


Abbildung 41: Vergleich der berechneten LCOH der Referenzszenarien im Mehrfamilienhaus

Aufgrund der Vielzahl der in der Kalkulation berücksichtigten Parameter ist in der Praxis von einer größeren Bandbreite tatsächlicher Wärmegestehungskosten auszugehen. Wesentliche Einflussgrößen sind die anbieterspezifischen Preisunterschiede bei den Investitionskosten sowie die zukünftige Entwicklung der Strompreise. Entsprechend können sich je nach Gebäude und Rahmenbedingungen sowohl niedrigere als auch höhere Versorgungskosten ergeben. Der hier dargestellte Kostenvergleich der Referenzszenarien dient daher als erste wirtschaftliche Einordnung.

Vor diesem Hintergrund wurde eine tiefergehende Sensitivitätsanalyse durchgeführt, in der zentrale Einflussparameter gegenüber dem Referenzszenario variiert wurden:

- Diskontierungsfaktor: 3 %/a bis 6 %/a
- Investitionskosten: 90 % bis 120 % der Referenzwerte
- Förderung der Investition:
 - 30 % bis 35 % Wärmepumpen im Mehrfamilienhaus (Deckelung: 12 Wohneinheiten)
 - 30 % bis 55 % Wärmepumpen im Einfamilienhaus (Deckelung: 1 Wohneinheit)
 - 0 % bis 30 % Pelletkessel
- Lebensdauer: 16 bis 20 Jahre
- Nutzungsgrad bzw. Jahresarbeitszahl (JAZ): 85 % bis 95 % für Gas und Heizöl; 80 % bis 90 % für Pellets; 2,5 bis 3,5 bei Wärmepumpen im Einfamilienhaus; 2,0 bis 3,5 bei Wärmepumpen im Mehrfamilienhaus
- Betriebskosten: 2,0 %/a bis 3,0 %/a für Wärmepumpen; 2,5 % bis 3,5 % für Gas und Heizöl; 4 %/a bis 8 %/a für Pellets
- Energiepreisentwicklung gemäß Ariadne-Analyse mit Variation des Ausgangswertes 2025 sowie anschließender Skalierung mit konstantem Faktor:
 - Strom: 250 €/MWh bis 350 €/MWh (Skalierung 99 % bis 101 %)
 - Gas: 90 €/MWh bis 110 €/MWh (Skalierung 99 % bis 102 %)
 - Öl: 70 €/MWh bis 90 €/MWh (Skalierung 99 % bis 102 %)
 - Pellets: 60 €/MWh bis 80 €/MWh (Skalierung 99 % bis 102 %)

Für jede variierte Einflussgröße wurden im Rahmen der Sensitivitätsanalyse zehn Berechnungen durchgeführt. Dabei wurde die jeweilige Variable zwischen den oben aufgeführten Extremwerten verändert, während alle übrigen Parameter auf den Werten des Referenz-szenarios verblieben. Insgesamt entstanden so 90 LCoH-Berechnungen, die anschließend statistisch ausgewertet wurden. Die Ergebnisse werden im Folgenden anhand von Kasten-diagrammen dargestellt.

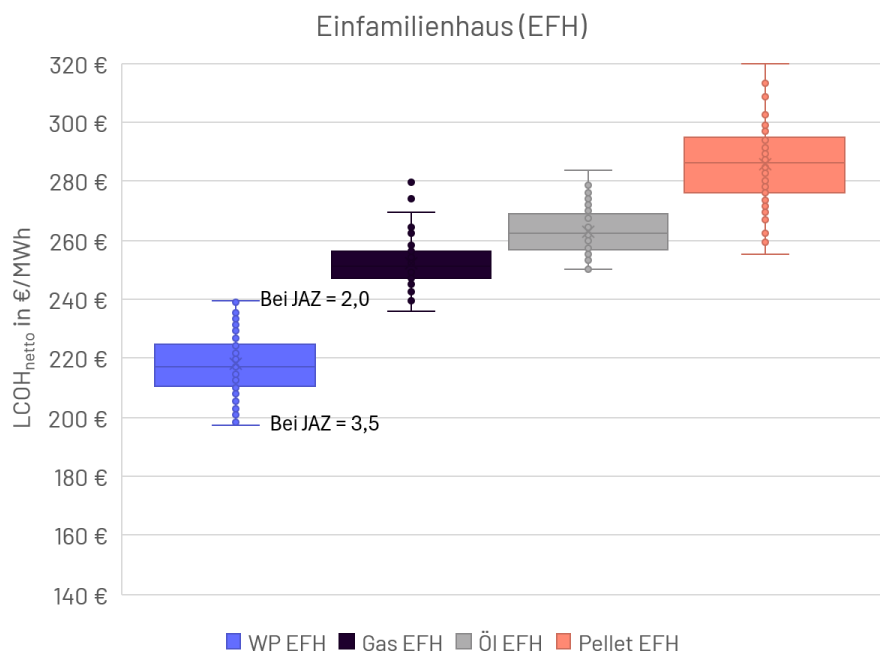


Abbildung 42: Sensitivitätsanalyse der dezentralen Wärmebereitstellungsvarianten im Einfamilienhaus

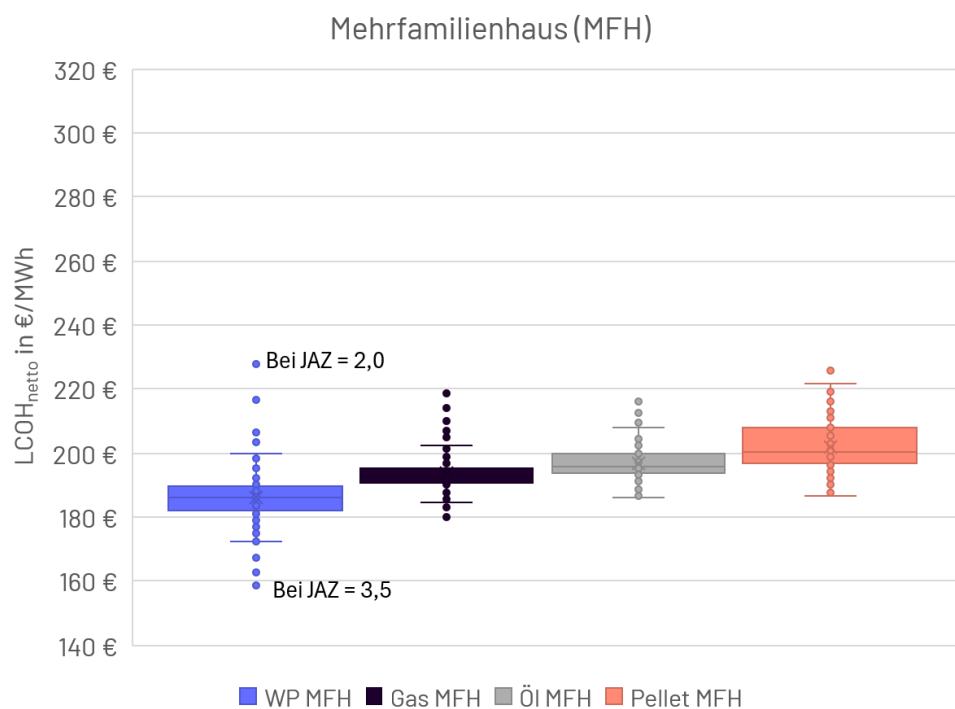


Abbildung 43: Sensitivitätsanalyse der dezentralen Wärmebereitstellungsvarianten im Mehrfamilienhaus

In den Ergebnissen ist eine Bandbreite zu erkennen, innerhalb derer sich die Wärmegestehungskosten der unterschiedlichen Varianten voraussichtlich bewegen. Gleichzeitig zeigen sich in Einzelfällen signifikante Abweichungen. Besonders sensitiv wirkt sich die Entwicklung der Energiepreise aus, die bei Gas- und Ölheizungen maßgeblich zu den oberen Ausreißern führt. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen ist zudem die Jahresarbeitszahl (JAZ) ein entscheidender Einflussfaktor.

Der niedrigste ermittelte Medianwert von etwa 19 ct/kWh (netto) kann als Orientierungswert für einen wettbewerbsfähigen Wärmenetzpreis herangezogen werden. Die Wärmegestehungskosten des priorisierten Wärmenetzes sollten folglich unter diesem Wert oder zumindest nicht wesentlich darüber liegen.

Da die Wärmegestehungskosten dezentraler Wärmeversorgungssysteme aufgrund der Vielzahl relevanter Einflussfaktoren mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet sind, sollten die konkreten lokalen Rahmenbedingungen vor einer endgültigen Investitionsentscheidung für einen Wärmenetzausbau ortsspezifisch geprüft werden. Eine solche vertiefende Analyse kann beispielsweise im Rahmen einer BEW-Machbarkeitsstudie oder BEW-Transformationsplanung erfolgen.

5.4 Wärmeerzeugungsvarianten

Die im Folgenden dargestellten Wärmeerzeugungsvarianten beschränken sich auf das Netzgebiet der Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH und die oben beschriebenen Netzausbaugebiete. Dabei wurde aufgrund der geringen Wärmegestehungskosten für das Quartier West und das Dichterviertel ein Anschluss bis zu einer Grenzwärmeliniendichte von 600 kWh/(m·a) angenommen. Die mittlere Anschlussquote ergibt sich dabei für das Quartier West zu rund 86 % und für das Dichterviertel zu rund 92 %, da ein Großteil der Gebäude bereits über ein Gas-Contracting-Modell durch die Stadtwerke versorgt ist. Ein Anschluss weiterer Gebäude im Preußen Park, Löwenbruch und auch eine Verdichtung im Quartier Nord ist unwahrscheinlich und zu großen Teilen abhängig von den Großkunden im Gewerbegebiet, sodass hier kein Ausbau in diesen Gebieten angenommen wird.

Das favorisierte Wärmenetz weist folgende Indikatoren auf:

	Verdichtung West	Dichterviertel
Wärmebedarf 2024 in MWh/a	7.580	8.010
Wärmebedarf 2045 in MWh/a	5.900	6.240
Wärmeliniendichte 2024 in kWh/(m·a)	3.065	2.720
Wärmeliniendichte 2045 in kWh/(m·a)	2.385	2.120
Trassenlänge in m	3.860	4.890
Hausanschlusslängen in m	730	700
Anzahl der Anschlüsse	44	38

Tabelle 22: Kennzahlen der beiden Ausbauquartiere

Für diese Varianten wurden im nächsten Schritt Erzeugerkonzepte entwickelt und im Detail berechnet. Anschließend wurden diese Erzeugervarianten auf Basis der Bewertungskriterien aus § 18 Abs. 1 WPG miteinander verglichen. Als Ergebnis lag ein priorisiertes Erzeugerkonzept für das Ziel-Wärmenetz vor.

Das Vorgehen zur Entwicklung eines Erzeugerportfolios für das priorisierte Wärmenetz wird in den folgenden Kapiteln detailliert erläutert.

5.4.1 Erzeugerauslegung

Da die bisherige Wärmeversorgung über das bestehende Erdgas-BHKW und den Fremdbezug der e.disthorm gedeckt wird, wurden für das klimaneutrale Zielszenario im Jahr 2045 verschiedene Szenarien betrachtet, die verschiedene Randbedingungen berücksichtigen. Die erarbeiteten Erzeugerszenarien basieren dabei im Wesentlichen auf folgenden Potenzialen:

1. Modernisierung des bestehenden BHKWs
2. Neues Biomasse-Heizwerk
3. Wärmepumpe am Klärwerk
4. Fremdbezug der e.disthorm

Die Annahmen zu einzelnen Erzeugern inklusive der Leistungen sind in Tabelle 23 dargestellt. Dabei sind auch die Jahre der Inbetriebnahme (IBN) bzw. Außerbetriebnahme (ABN) angegeben

Erzeuger	Nennleistung in MW _{th}	Soll-Vollbenutzungs- stunden pro Jahr	IBN	ABN	Kommentar
Bestands-BHKW	2,2			2028	
Neues BHKW	2,2	3.000	2028	2037	Vornehmlich Winterbetrieb
Hackschnitzel-Heizwerk	2,0	6.000	2029		Keine weitere Beschränkung der Laufzeit, da Trassenlänge unter 20 km bleibt
Wärmepumpe am Klärwerk	1,5	maximal	2033		
Fremdbezug der e.disthorm	Bis 22				Übergabestation kann bis 22 MW übertragen

Tabelle 23: Priorisierung der Wärmeerzeuger für das Zielbild 2045

Nach der groben Betrachtung unterschiedlicher Kombinationen wurden zwei Hauptvarianten definiert. In Konzept 1 ist demnach die Verdichtung des Bestandsnetzes sowie der Ausbau West berücksichtigt. In Konzept 2 kommt der zusätzliche Wärmebedarf des Dichterviertels sukzessive bis 2035 hinzu, der dann größtenteils aus der Kläranlage gedeckt werden kann. Das Biomasse-Heizwerk ist in beiden Konzepten berücksichtigt. Die BHKWs sind für das Zieljahr 2045 nicht mehr berücksichtigt (siehe Spalte ABN in obiger Tabelle).

5.4.2 Simulation der Lastgänge

Die Unterschiede der Varianten sind zusammen mit den einzelnen Wärmeerzeugermengen in den folgenden Tabellen für Konzept 1 und Konzept 2 für das Zieljahr 2045 sowie alle Stützjahre dargestellt.

Variante	1 – 2030	1 – 2035	1 - 2040	1 – 2045
Wärmeerzeugung	46,2 GWh	43,9 GWh	41,7 GWh	39,6 GWh
Hackschnitzel	12,0	12,0	12,0	12,0
BHKW	6,6	6,6	-	-
Wärmepumpe Klärwerk	-	-	-	-
e.distherm Winterwärme	18,3	16,6	21,8	20,0
e.distherm Sommerwärme	9,3	8,7	8,1	7,6

Tabelle 24: Wärmebereitstellung nach einzelnen Wärmeerzeugern in GWh für das Konzept 1

Variante	2 – 2030	2 – 2035	2 - 2040	2 – 2045
Wärmeerzeugung	46,2 GWh	52,0 GWh	49,3 GWh	46,8 GWh
Hackschnitzel	12,0	12,0	12,0	12,0
BHKW	6,6	6,6	-	-
Wärmepumpe Klärwerk	-	10,0	10,0	10,0
e.distherm Winterwärme	18,3	17,1	22,0	19,9
e.distherm Sommerwärme	9,3	6,3	5,5	4,9

Tabelle 25: Wärmebereitstellung nach einzelnen Wärmeerzeugern in GWh für das Konzept 2

In den folgenden Abbildungen ist exemplarisch für beide Varianten der Lastgang über das Jahr und die mittlere Tagesleistung der einzelnen Erzeuger dargestellt. Die Simulation selbst wurde stets auf Stundenbasis durchgeführt. Lediglich zur besseren Darstellung wurde für die Diagramme die mittlere Tagesleistung gebildet. So liegt beispielsweise die maximale Spitze des Lastgangs (Konzept 2 - 2035) im Tagesmittel bei etwa 13 MW, während die Spitzenlast bei stündlicher Betrachtung bei rund 15 MW liegt.

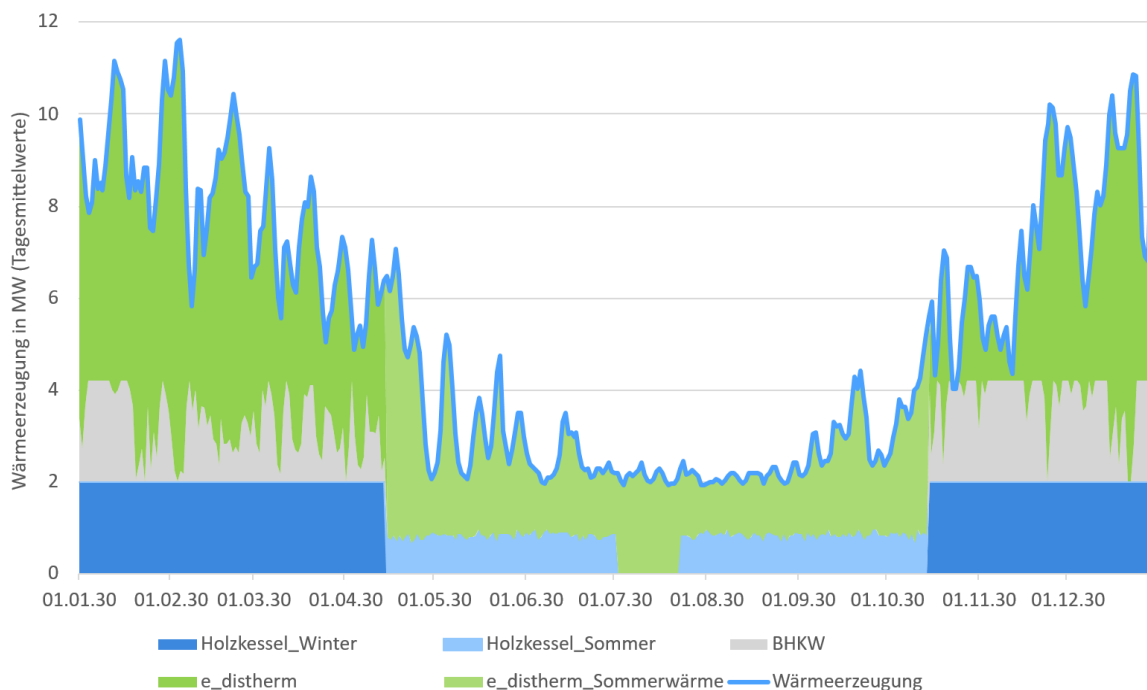


Abbildung 44: Lastgang für das Erzeugerkonzept 1 im Jahr 2030

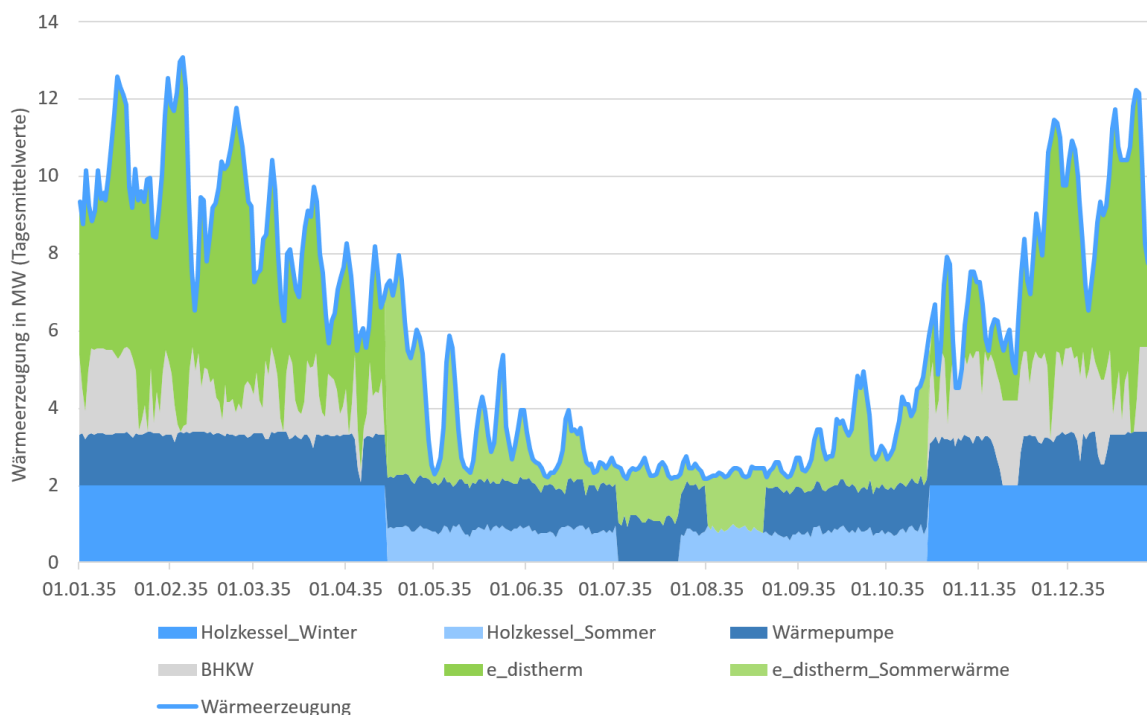


Abbildung 45: Lastgang für das Erzeugerkonzept 2 im Jahr 2035

Die verschiedenen Szenarien wurden neben ihren technischen Unterschieden im nächsten Schritt wirtschaftlich miteinander verglichen, um abschließend eine techno-ökonomische Bewertung vornehmen zu können und ein favorisiertes Zielszenario mit entsprechendem Erzeugerkonzept auszuwählen.

5.4.3 Kostenannahmen

Auf Basis der ausgewählten Variante für den Netzausbau und das Erzeugerportfolio wird in diesem Kapitel die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzsystems betrachtet. Hierzu werden erforderliche Investitionskosten sowie betriebs- und bedarfsgebundene Kosten über einen Zeitraum von 20 Jahren abgeschätzt und auf Wärmeerzeugung bzw. Wärmeabsatz bezogen. Die so ermittelten Kosten werden in einer Kennzahl Levelized Costs of Heat (LCoH) zusammengefasst, welche die durchschnittlichen Wärmeversorgungskosten über den Betrachtungszeitraum wiedergibt. Im Folgenden werden einzelne Annahmen erläutert und das Ergebnis beschrieben.

$$LCOH = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{(CapEx_t - SE_t) + (OpEx_t - SO_t)}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{Heat_t}{(1+r)^t}}$$

LCOH	= Levelized Cost of Heat	[€/kWh]
CapEx _t	= Investitionskosten im Jahr t	[€]
SE _t	= Investitionskostenförderung im Jahr t	[€]
T	= Betrachtungszeitraum	[a]
OpEx _t	= Wartungs- und Betriebskosten im Jahr t	[€]
SO _t	= Betriebskostenförderung im Jahr t	[€]
Heat _t	= Erzeugte Wärme im Jahr t	[kWh]
r	= Diskontierungssatz	[%]

Abbildung 46: Berechnungsformel der LCoH und Definition der einzelnen Parameter

Angelehnt an gängige Annahmen und Vorgaben aus anderen Wirtschaftlichkeitsrechnungen wurden die folgenden grundsätzlichen Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung des vorliegenden Transformationsplans festgelegt. Abweichungen von diesen Annahmen sind explizit benannt:

- Betrachtungsdauer: 20 Jahre
- Betrachtungszeitraum: 2026 – 2045
- Preisänderungsrate (Inflationsrate): 2 % p.a.
- Diskontierungszinssatz: 6 % p.a. (nominal)

Als verbrauchsgebundene Kosten wurden die jährlichen Wärmegestehungskosten der neuen Erzeugungsanlagen sowie die Kosten für den Wärmebezug von Dritten und von den Bestandserzeugern berücksichtigt. In folgender Abbildung sind die verbrauchsgebundenen Kosten von 2025 bis 2045 dargestellt. Diese spezifischen Kosten werden mit den Wärmebedarfen aus der Erzeugersimulation (vgl. Kap. 3.4) multipliziert, um die verbrauchsgebundenen Kosten zu ermitteln.

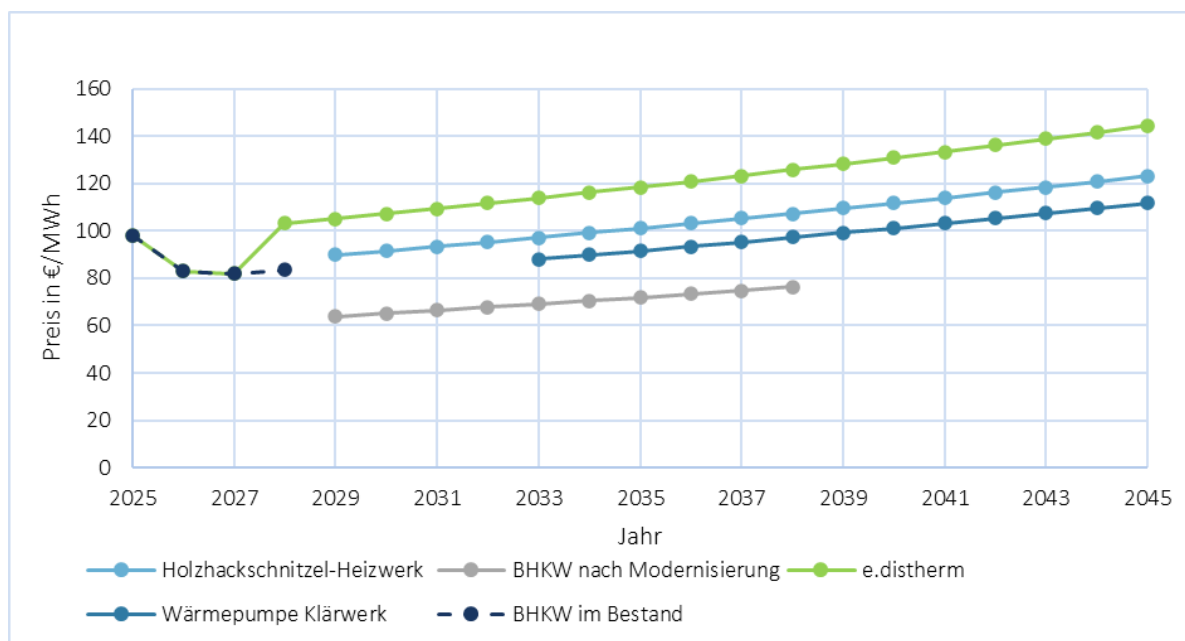


Abbildung 47: Entwicklung der Wärmegestehungskosten (Bedarfskosten) für die verschiedenen Wärmeerzeuger

Für das Zielbild eines dekarbonisierten Wärmenetzes werden erhebliche Investitionen in neue Erzeuger und den Netzausbau benötigt. Diese werden im Folgenden erläutert, wobei die Annahmen bereits in die Berechnung der Wärmebezugskosten eingeflossen sind. Die Kosten für die Wartung und Instandhaltung der vorhandenen Infrastruktur werden über jährliche betriebsgebundene Kosten abgebildet.

	Gesamtinvestition vor Förderung	Gesamtinvestition nach Förderung
Holzackschnitzel-Heizwerk	7,9 Mio. €	5,25 Mio. €
BHKW-Modernisierung	2,4 Mio. €	2,4 Mio. €
Netzausbau West	6,22 Mio. €	3,73 Mio. €
Gesamtsumme Konzept 1	16,5 Mio. €	11,4 Mio. €
Wärmepumpe Klärwerk	5,16 Mio. €	3,1 Mio. €
Netzausbau Dichterviertel	7,12 Mio. €	4,27 Mio. €
Gesamtsumme Konzept 2	28,8 Mio. €	18,8 Mio. €

Tabelle 26: Zusammenfassung der Investitionskosten

5.4.4 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit

Mit den Kostenansätzen aus den vorherigen Kapiteln wurden die jährlichen Kosten für die Transformation des Wärmenetzes ermittelt und daraus die Wärmegestehungskosten anhand der LCoH-Methode mit und ohne Förderung berechnet. Es handelt sich hierbei stets um Netto-Kosten, ohne Berücksichtigung der Mehrwertsteuer.

Zunächst sind in den folgenden Abbildungen die jährlichen Kosten visualisiert, aufgeteilt in die Kategorien Investitions-, Betriebs-, und Bedarfskosten. Weiterhin ist die mögliche Förderung dargestellt.

Hierbei sei darauf hingewiesen, dass in den Investitionskosten lediglich die Kosten für den Netzausbau und die Wärmepumpe (Konzept 2) dargestellt sind. Die Investitionskosten für die weiteren Erzeuger sind in den Bedarfskosten enthalten, da bereits ein Wärmegestellungspreis berechnet und angesetzt wurde.

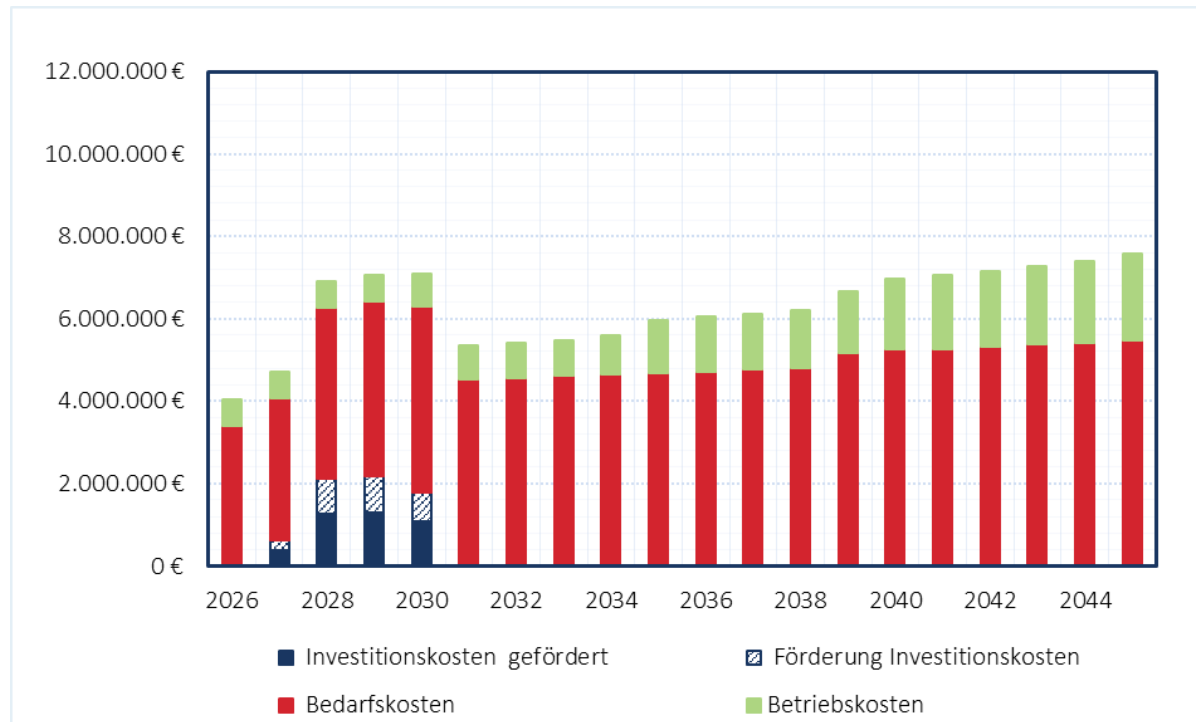


Abbildung 48: Jährliche Kosten im Betrachtungszeitraum (2026 – 2045) Konzept 1

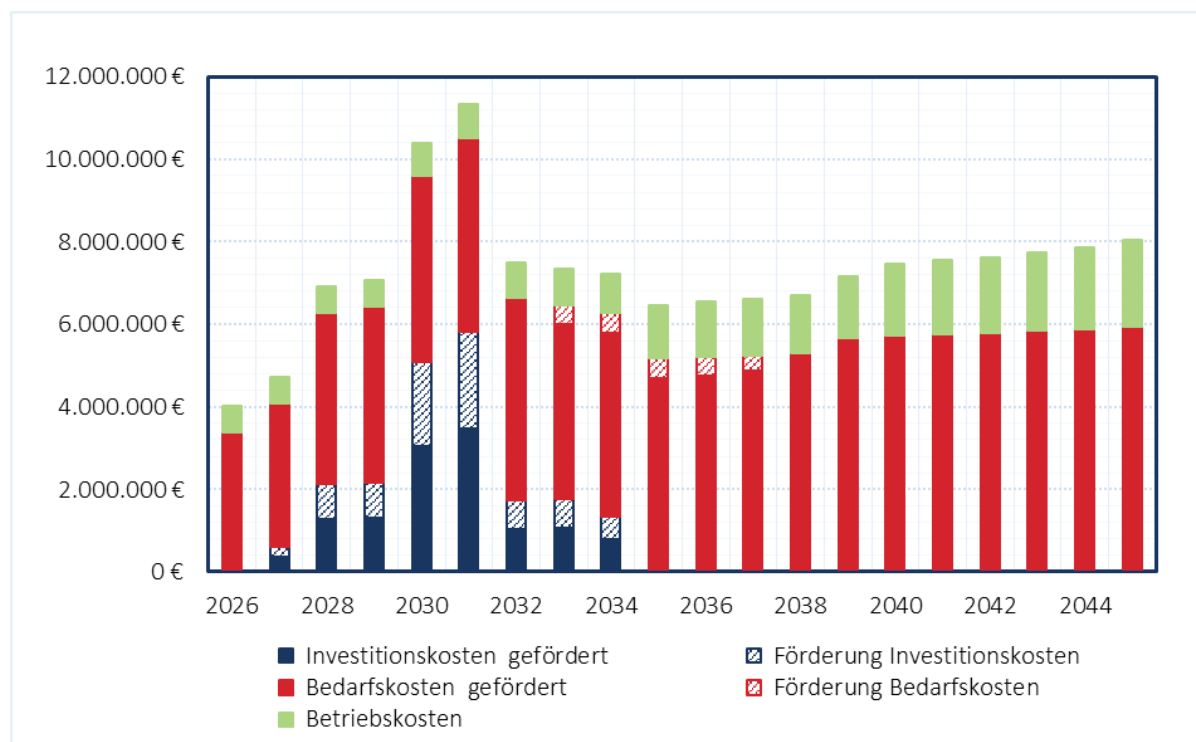


Abbildung 49: Jährliche Kosten im Betrachtungszeitraum (2026 – 2045) Konzept 2

Abschließend sind in den folgenden Abbildungen die Ergebnisse für beide Konzepte dargestellt. Es ergeben sich nach Förderung sehr ähnliche LCoH in Höhe von etwa 200 €/MWh. Die höheren Investitionskosten in Konzept 2 werden durch günstigere Bedarfskosten ausgeglichen, sodass sich ähnliche Wärmegestehungskosten ergeben. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass der Netzausbau des Dichterviertels und die Erschließung des Klärwerks als Wärmequelle möglich ist, ohne dass es zu höheren Kosten führt. Daher wird das Konzept 2 priorisiert und ist in dem folgenden Kapitel 5 primär dargestellt.

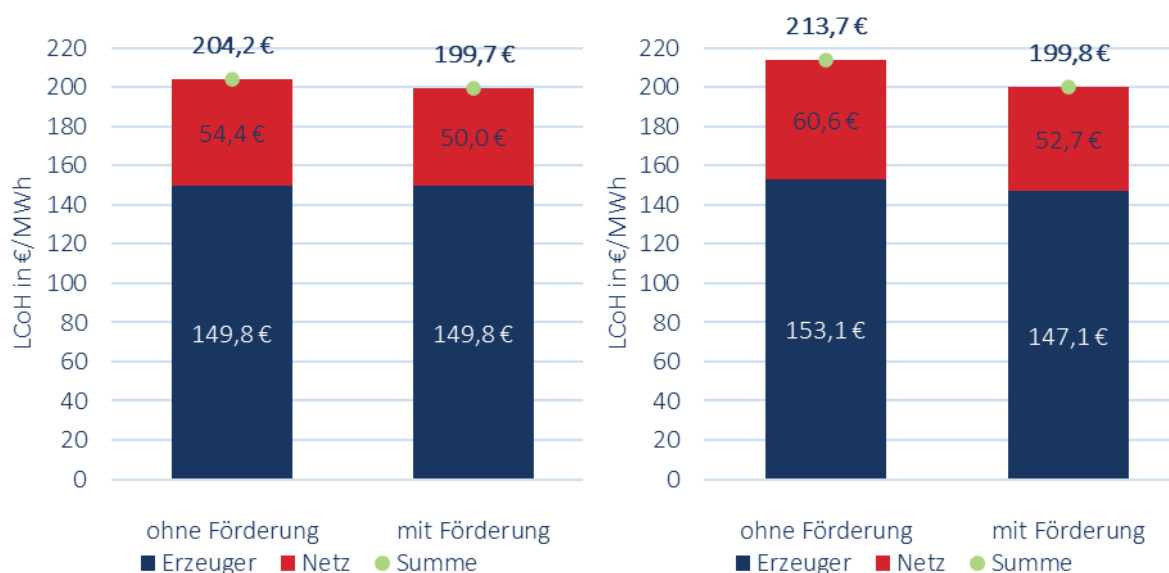


Abbildung 50: LCoH für Konzept 1 (links) und Konzept 2 (rechts) differenziert nach Kosten für Erzeuger und für das Netz

Wie in Kapitel 4.2 beschrieben wurde für die Wärmepumpe eine Betriebskostenförderung angesetzt. Da die Wärmepumpe erst im Jahr 2033 in Betrieb gehen soll und sich die Förderkategorie zu diesem Zeitpunkt verändert haben könnte, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Ohne eine Betriebskostenförderung steigt der LCoH auf rund 203 €/MWh an. Wird hingegen die Betriebskostenförderung über die maximale Förderdauer von 10 Jahren angesetzt, so ergäben sich LCoH von rund 197,5 €/MWh.

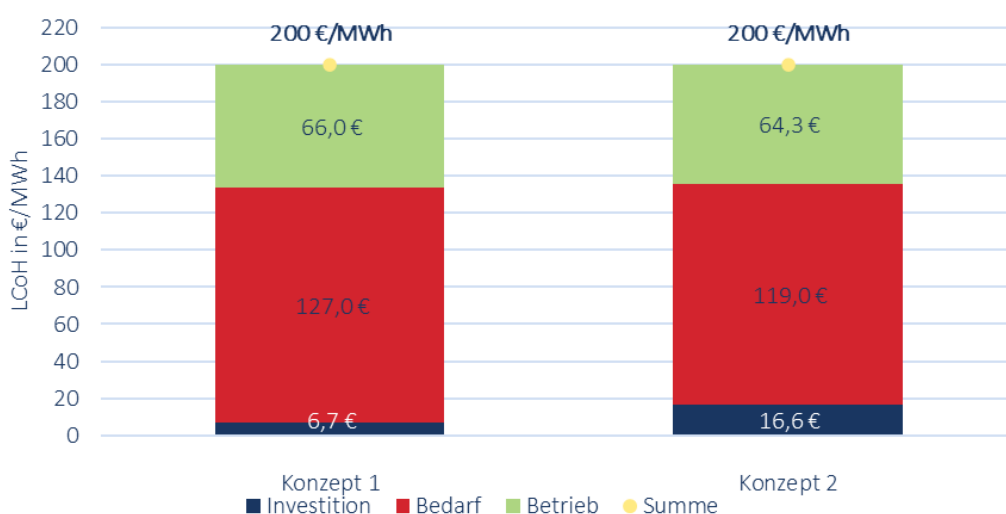


Abbildung 51: LCoH nach Förderung für beide Konzepte differenziert nach Kostenart

5.4.5 Bewertungskriterien für die Wärmeerzeugung

Um eine Einteilung der Quartiere der Stadt Ludwigsfelde in zentrale und dezentrale Teilgebiete vorzunehmen, wurden die vier in § 18 Abs. 1 Satz 3 WPG definierten Kriterien zugrunde gelegt. Diese Bewertung erfolgt zunächst für die Wärmenetzvarianten. Die Bewertungskriterien sind gemäß § 18 Absatz 1 WPG:

- die voraussichtlichen Wärmegestehungskosten,
- die Realisierungsrisiken,
- die Versorgungssicherheit und
- die kumulierten Treibhausgasemissionen.

Wärmegestehungskosten für die Wärmenetzeignungsgebiete

Wie im vorherigen Kapitel dargelegt, weisen beide Varianten ähnliche Wärmegestehungskosten auf. Im Vergleich zu den Wärmegestehungskosten bei dezentraler Versorgung sind die berechneten Wärmegestehungskosten konkurrenzfähig, sodass aus Gründen der Wirtschaftlichkeit Konzept 2 empfohlen werden kann, welches den größeren Ausbau umfasst.

Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit für die Wärmenetzeignungsgebiete

Hinsichtlich der Versorgungssicherheit bietet ein Wärmenetz Vorteile, da es in der Erzeugung in der Regel über eine Redundanz verfügt, die dazu führt, dass selbst beim Ausfall des größten Wärmeerzeugers noch eine vollständige Versorgung auch an sehr kalten Tagen erfolgen kann. Eine dezentrale Versorgung mittels eines Erzeugers am oder im Gebäude hat diese Redundanz üblicherweise nicht, so dass beim Ausfall des Erzeugers keine Wärme zur Verfügung steht.

Der Bau beider Erzeugungsvarianten ist mit geringen Errichtungsrisiken verbunden.

Bei der Versorgung der Wärmepumpen mit elektrischer Energie besteht hingegen ein etwas höheres Risiko, da die anstehende Elektrifizierung in den Bereichen Mobilität und Wärme möglicherweise schneller voranschreitet als die erforderliche Anpassung der Stromnetze. Auch die noch zu geringe

Ausbaugeschwindigkeit bei erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen kann kurz- bis mittelfristig ein begrenzender Faktor sein. Dieses Risiko kann reduziert werden, wenn zumindest ein Teil der benötigten elektrischen Energie lokal aus Photovoltaik- oder Windenergieanlagen bezogen wird.

Kumulierte Treibhausgasemissionen für die Wärmenetzeignungsgebiete

In untenstehender Abbildung ist die CO₂-Einsparung in den Stützjahren für beide Konzepte im Vergleich zum Ist-Zustand dargestellt.

Die Einsparungen ergeben sich einerseits aus dem Umbau der Erzeugerstruktur bis zum Zieljahr 2045 und andererseits aus dem Fernwärmenetzausbau bzw. der Fernwärmenetzverdichtung und dem damit verbundenen Anschluss neuer Gebäude an das Wärmenetz, wodurch die bisherigen Emissionen der gebäudeindividuellen Versorgung durch Emissionen der Fernwärme ersetzt werden.

Es werden die Einsparungen in Bezug auf das Bezugsjahr 2025 berechnet. Der aktuelle Primärenergiefaktor des Bestandsnetzes in Ludwigsfelde wurde für das gesamte Verbundnetz ermittelt und beträgt 0,68 nach der öffentlichen Bescheinigung vom 08.08.2018. Im Gegensatz zum Primärenergiefaktor ist kein CO₂-Faktor öffentlich bescheinigt, sodass hier überschlägig ein eigener Ansatz gewählt wurde. Dafür wurden die Emissionsfaktoren für Nah-/Fernwärme aus KWK mit Deckungsanteil der KWK an der Wärmeerzeugung von mindestens 70 Prozent nach der Anlage 9 des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) verwendet. Diese betragen für gasförmige und flüssige Brennstoffe 180 g/kWh und für erneuerbare Brennstoffe 40 g/kWh, wobei es sich um CO₂-Äquivalente handelt. Mit der Annahme eines EE-Anteils der Fernwärme von 40 % ergibt sich ein Emissionsfaktor für das Wärmenetz von 124 g/kWh.

- CO₂-Faktor: 124 kg_{CO2-Äq}/MWh_{th}
- Primärenergiefaktor: 0,68

Für die Berechnung der Einsparungen durch den Fernwärmenetzausbau wurde vereinfachend angenommen, dass alle anzuschließenden Gebäude bisher mit Erdgas beheizt werden und die entsprechenden Faktoren als Referenzwerte verwendet. Eine Überprüfung im Wärmeetlas hat ergeben, dass der Anteil an gasversorgten Gebäuden im Ausbaubereich über 90 % beträgt und die Vereinfachung somit gerechtfertigt erscheint.

- CO₂-Faktor: 240 kg_{CO2-Äq}/MWh_{th}
- Primärenergiefaktor: 1,1

Für die Berechnung der Emissionen der Wärmeerzeugung für das Bestandsnetz wurde der zuvor berechnete CO₂-Faktor (124 kg_{CO2-Äq}/MWh_{th}) als über die Jahre konstant angenommen. Die Emissionsfaktoren für die jeweiligen Stützjahre und das Zieljahr werden aus den Annahmen zu den Erzeugerkonzepten berechnet. Dabei werden die simulierten Endenergiemengen mit energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren ermittelt, die aus dem Technikatalog Wärmeplanung jahresspezifisch entnommen wurden.

Für die Berechnung der eingesparten Emissionen durch den Ausbau bzw. die Verdichtung und den damit einhergehenden Austausch gebäudeindividueller Wärmeversorgungslösungen gegen einen Fernwärmeanschluss wird als Referenzszenario angenommen, dass die Gebäude im Netzausbau-/Verdichtungsgebiet bis zum Jahr 2045 nicht an das Fernwärmenetz angeschlossen würden und daher weiterhin die gleichen Emissionen generieren wie im Bezugsjahr (240 kg/MWh).

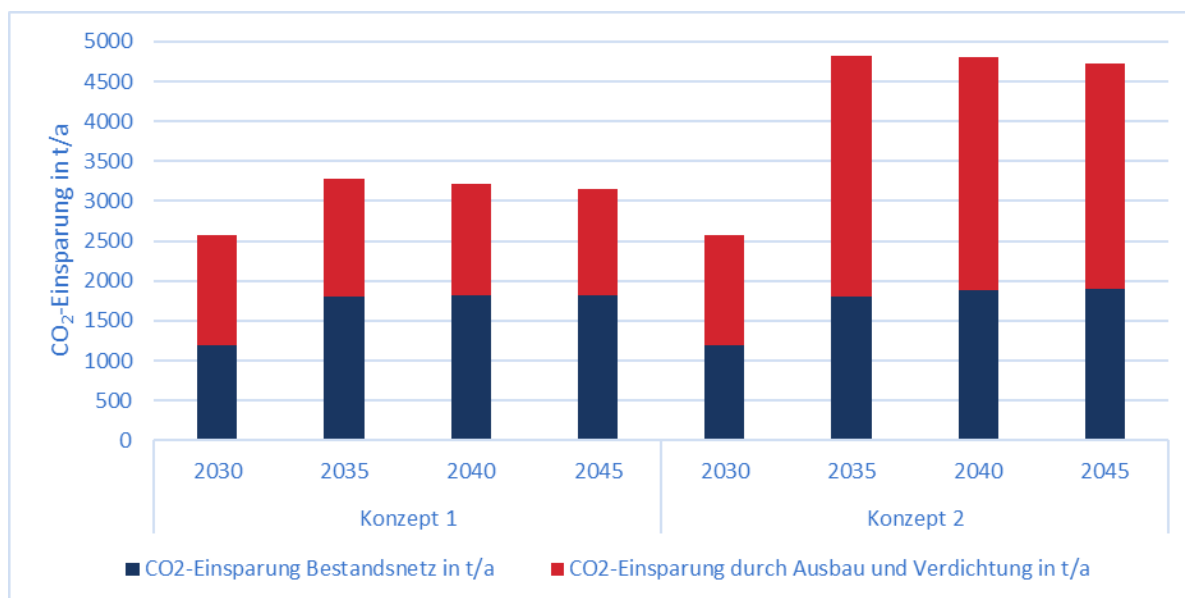


Abbildung 52: CO₂-Einsparung in den Stützjahren im Vergleich zum Ist-Zustand für beide Konzepte

Konzept 2 zeigt höhere Einsparungen an Treibhausgasemissionen auf als Konzept 1 was auf den stärkeren Netzausbau im Dichterviertel zurückzuführen ist.

Festlegung des Zielszenarios für die zentrale Wärmeversorgung

Für das Zielszenario wird Konzept 2 ausgewählt, da dieses gleiche Wärmegestehungskosten bei höherer Versorgungssicherheit und geringeren Treibhausgasemissionen aufweist.

5.4.6 Zeitliche Umsetzung Wärmenetzausbau

Für die gemäß § 18 Abs. 3 WPG vorgegebene Einteilung des beplanten Gebiets nach den Betrachtungszeitpunkten 2030, 2035 und 2040 ist die Entwicklung eines zeitlichen Verlaufs des Netzausbaus erforderlich. Auf diesen Verlauf ist auch der Ausbaupfad des Erzeugerportfolios anzupassen. Im Folgenden wird der zeitliche Ausbaupfad für das in den vorangegangenen Kapiteln entwickelte Netzausbau- und Erzeugerkonzept erläutert.

In folgender Abbildung ist die angenommene zeitliche Entwicklung des Wärmebedarfs für das Wärmenetz zu sehen. Dieser umfasst den Wärmebedarf der potenziellen Anschlüsse zuzüglich der Netzverluste. Es wird angenommen, dass der Ausbau des Wärmenetzes bis zum Jahr 2035 erfolgt. Dem Netzausbau wirken jedoch die Wärmebedarfsreduktion durch energetische Sanierungen sowie der Klimawandel entgegen. Die daraus resultierende Entwicklung der Wärmeerzeugung im Wärmenetz ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

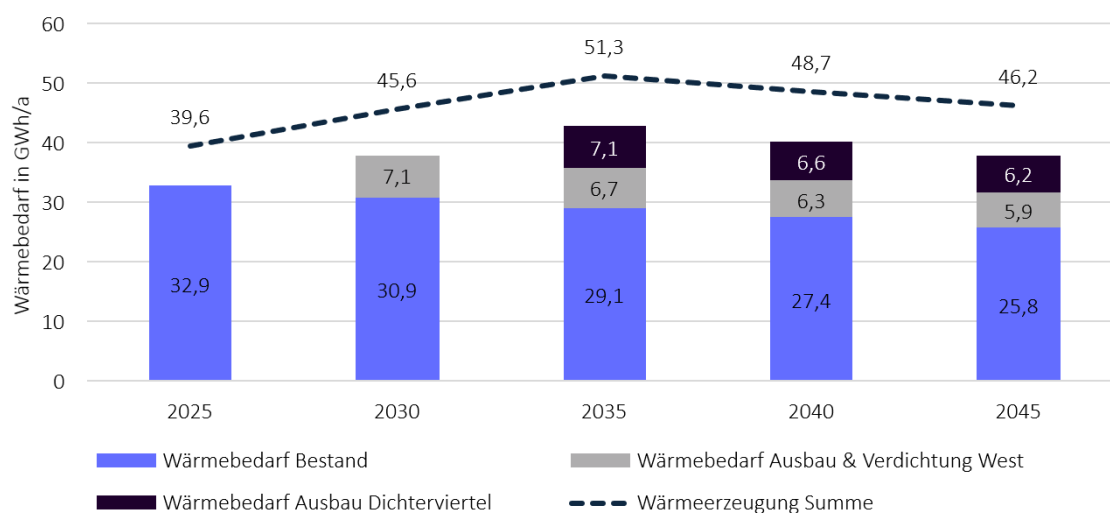


Abbildung 53: Wärmeabsatz im Wärmenetz im Zeitverlauf

In der folgenden Abbildung ist der angenommene Zubau von Wärmeerzeugungsleistung für das Wärmenetz im Konzept 2 dargestellt.

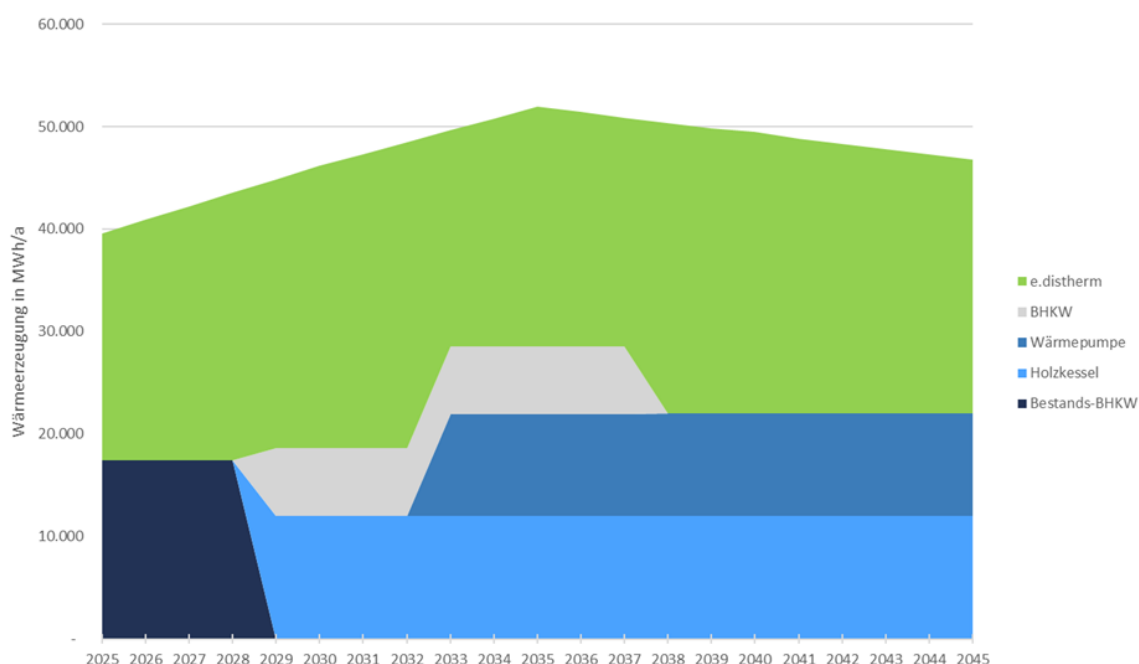


Abbildung 54: Zu- und Abbau von Wärmeerzeugungsleistung im Zeitverlauf

5.5 Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG

Grundlage für die Festlegung von Eignungsstufen für Wärmenetze ist das in den vorangegangenen Kapiteln entwickelte Ausbaukonzept für das Wärmenetz. Hierfür wurde folgende Systematik angewendet:

Die Kategorien „wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich geeignet“ für die Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz gelten für Baublöcke, deren Wärmebedarf im Zieljahr zu mindestens 25 % über das zukünftige Wärmenetz gedeckt wird.

Baublöcke, in denen der Wärmebedarf im Zieljahr zu weniger als 25 % über das zukünftige Wärmenetz versorgt wird, werden als „wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich ungeeignet“ kategorisiert. Diese Einordnung gilt sowohl für Gebiete, die bereits aktuell durch ein Wärmenetz versorgt werden, als auch für Gebiete mit künftig geplantem Netzausbau, gemäß dem beschriebenen Zielszenario.

Eine Besonderheit ergibt sich dabei für Baublöcke, die zwar zu weniger als 25 % über ein Wärmenetz versorgt werden, deren Wärmebedarfsdichte jedoch gleichzeitig mindestens 415 MWh/(ha·a) beträgt. Diese werden ebenfalls als „wahrscheinlich geeignet“ für die eine Versorgung durch ein Wärmenetz kategorisiert. Hintergrund ist, dass gemäß Leitfaden zum Wärmeplanungsgesetz (WPG) bei einer Wärmebedarfsdichte von mindestens 415 MWh/(ha·a) grundsätzlich von einer Wärmenetzeignung im Bestand ausgegangen werden kann. Auch dann, wenn gleichzeitig die in dieser Wärmeplanung entwickelten Ausbauszenarien entweder keinen Wärmenetzausbau vorsehen oder lediglich einen, der zu einem Wärmebedarfsanteil mit Wärmenetzen von weniger als 25 % führt. Sollten zukünftig veränderte Rahmenbedingungen – insbesondere wirtschaftliche – dazu führen, dass sich dort ein stärkerer Wärmenetzausbau ergibt, könnte der Wärmebedarfsanteil auch schon bei moderaten Änderungen der Rahmenbedingungen auf 25 % oder mehr steigen.

Dementsprechend erschien es nicht sinnvoll, diese Baublöcke als „wahrscheinlich ungeeignet“ für ein Wärmenetz einzustufen. Erst wenn sowohl der Wärmenetzanteil auf unter 25 % sinkt als auch die Wärmebedarfsdichte unter 415 MWh/(ha·a) liegt, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass keine hinreichende Eignung für eine netzgebundene Wärmeversorgung besteht. Folgende Tabelle zeigt die zugrunde gelegten Grenzwerte sowie die daraus abgeleitete Einordnung im Überblick.

Baublöcke	Wärmenetzanteile nach Netzausbauszenario in %	Verknüpfung	Wärmebedarfsdichte (WBD) in MWh/(ha·a)
Sehr wahrscheinlich geeignet	> 75	-	-
Wahrscheinlich geeignet	≤ 75 und > 25	oder	≥ 415
Wahrscheinlich ungeeignet	≤ 25 und > 0	und	< 415
Sehr wahrscheinlich ungeeignet	= 0	und	< 415

Tabelle 27: Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG

Die hier dargestellten Anteile am Wärmebedarf beziehen sich jeweils auf den Wärmebedarf ohne industrielle Verbraucher innerhalb eines Baublocks. Auch die herangezogene Wärmebedarfsdichte wurde ohne Industrieanteile berechnet.

In untenstehender Abbildung sind die Eignungsstufen für die Stadt Ludwigsfelde dargestellt. Die „sehr wahrscheinlich geeigneten“ Gebiete befinden sich überwiegend in Bereichen, in denen bereits heute ein Wärmenetz vorhanden ist. Hinzukommen die Gebiete mit hohen Wärmebedarfsdichten wie das Dichterviertel, der Brandenburg Park oder der Preußen Park.

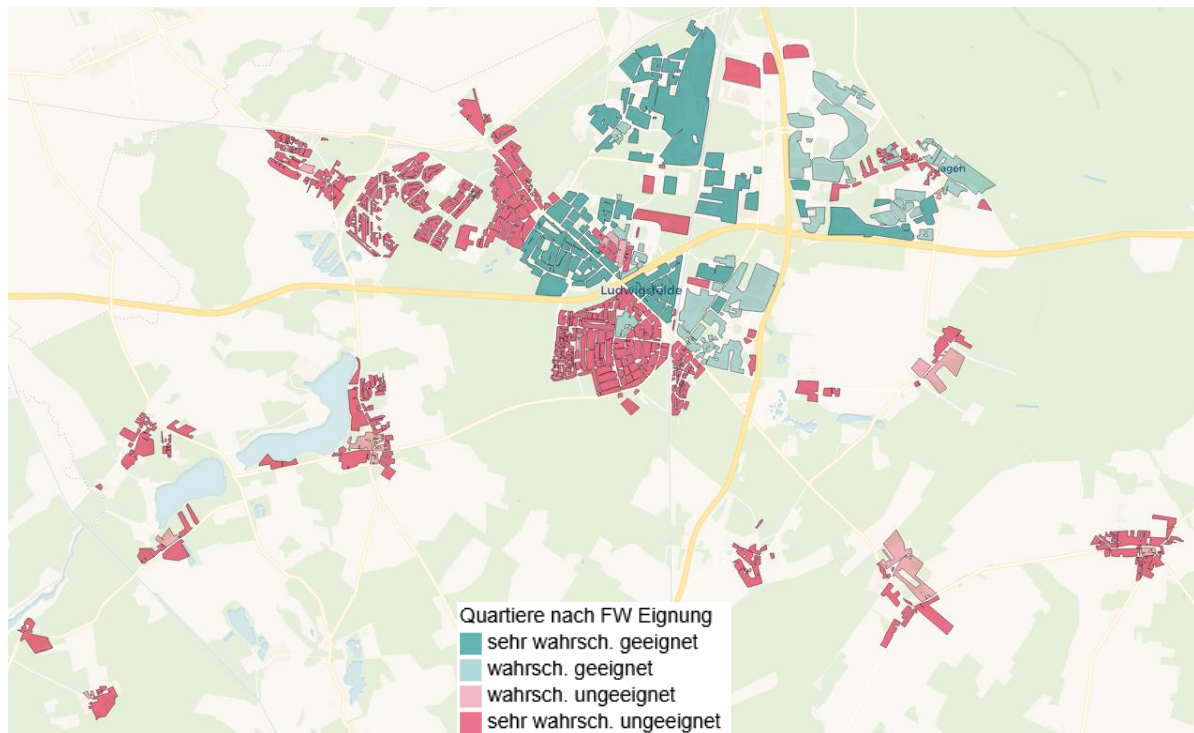


Abbildung 55: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit Wärmenetzen nach Baublöcken im Zielszenario gemäß § 19 WPG

6 Eignung für dezentrale Wärmeerzeugung

Um Gebiete zu ermitteln, in denen dezentrale Wärmeversorgungskonzepte für eine zukünftige dekarbonisierte Wärmeversorgung umsetzbar sind, wurden mögliche Wärmequellen zur Versorgung von Einzelgebäuden untersucht. Zu diesen gehören Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) und Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) mit Erdwärmesonden (EWS). Die Analysen erfolgten dabei gebäudescharf auf Basis des erstellten Wärmeatlas.

6.1 Luft-Wasser-Wärmepumpen zur Einzelgebäudeversorgung

Als einschränkender Faktor für den Einsatz von L/W-WP wurde die Einhaltung der Schallimmissionsvorgaben berücksichtigt. Die Methodik orientiert sich dabei an Greif (2023). Nachfolgend werden das Verfahren und die daraus abgeleiteten Ergebnisse beschrieben.

6.1.1 Datengrundlage und Vorgehen

Die benötigte Heizleistung jedes Gebäudes wurde anhand der im Wärmeatlas enthaltenen Wärmebedarfe sowie unter Annahme idealerweise erreichbarer Volllaststunden von 2.500 Vbh pro Jahr für Wärmepumpen berechnet. Der Schallleistungspegel $L_{w,aeq}$ der L/W-WP lässt sich über den in untenstehender Abbildung gezeigten Zusammenhang bestimmen. Die dort angesetzte Funktion orientiert sich an den emissionsärmsten Wärmepumpen der jeweiligen Leistungsklasse.

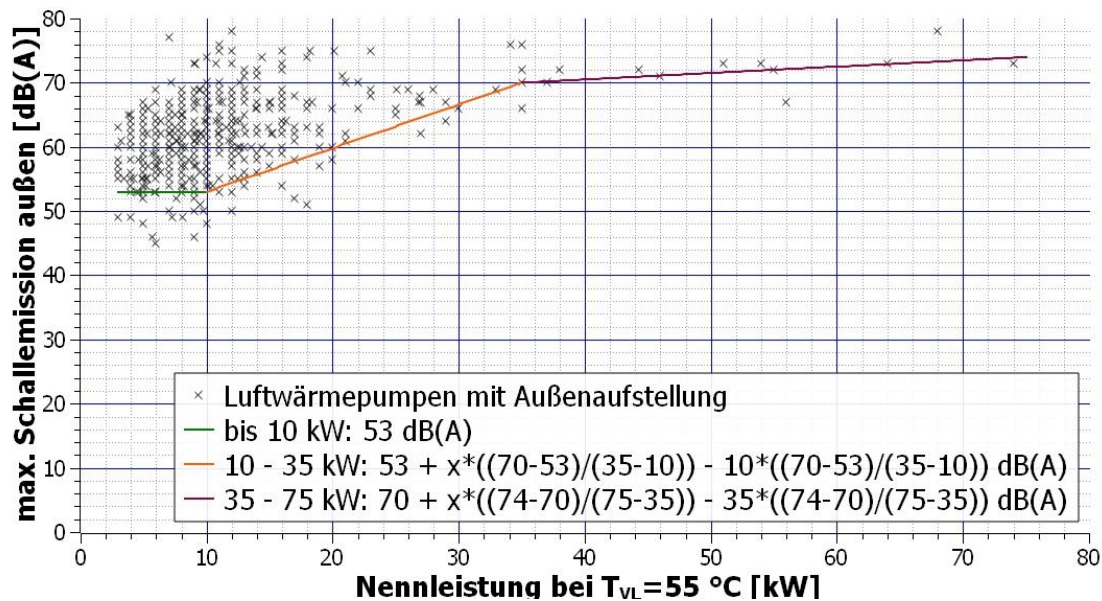


Abbildung 56: Zusammenhang zwischen der Schalleistung von L/W-Wärmepumpen und der Heizleistung, basierend auf Datenblattwerten aus der GET-Produktdatenbank (Amt der Salzburger Landesregierung - Lebensgrundlagen und Energie, 2023).

Nach dem Leitfaden Schall des Bundesverbands Wärmepumpe (BWP) ergibt sich der erforderliche Mindestabstand s_m zum Nachbargebäude unter Einhaltung der Schallimmissionschutzvorgaben wie folgt:

$$s_m = 10^{\frac{L_{w,aeq} - L_r + K_T + K_0 - 11 \text{ dB(A)} + K_R + K_{Nacht} + K_{Irrelevanz}}{20}}$$

Die verwendeten Parameter sind in folgender Tabelle aufgeführt:

Parameter	Beschreibung
$L_{w,aeq}$	Schalleistungspegel der L/W-WP nach Herstellerangabe
L_r	Grenzwert für Schalleistungspegel; Annahme: 35 dB(A). Entspricht dem Grenzwert für reine Wohngebiete im Nachtbetrieb.
K_T	Zuschlag für die Ton- und Informationshaltigkeit nach Herstellerangabe; Annahme: 0 dB(A)
K_0	Raumwinkelmaß aus der Aufstellungssituation; Annahme: 6 dB(A). Entspricht Aufstellung an einer Wand
K_R	Zuschlag für Zeiten mit erhöhter Empfindlichkeit (Tagbetrieb); Annahme: 0 dB(A)
K_{Nacht}	Annahme für Leistungsabsenkung von Wärmepumpen im Nachtmodus; Annahme: -2 dB(A)

$K_{\text{Irrelevanz}}$	Der Nachweis für die Gesamtbelastung entfällt, wenn die Wärmepumpe den maßgeblichen Immissionsrichtwert der TA Lärm um mindestens 6 dB(A) unterschreitet (sog. Irrelevanz-Wert); Annahme: 6 dB(A)
-------------------------	---

Tabelle 28: Parameter zur Berechnung des notwendigen Mindestabstands zur Einhaltung der Immissionsschutzvorgaben

In folgender Abbildung ist der Zusammenhang zwischen Mindestabstand und Schallleistungsdruck der Luft-Wasser-Wärmepumpe (L/W-WP) mit den vorher genannten Annahmen dargestellt.

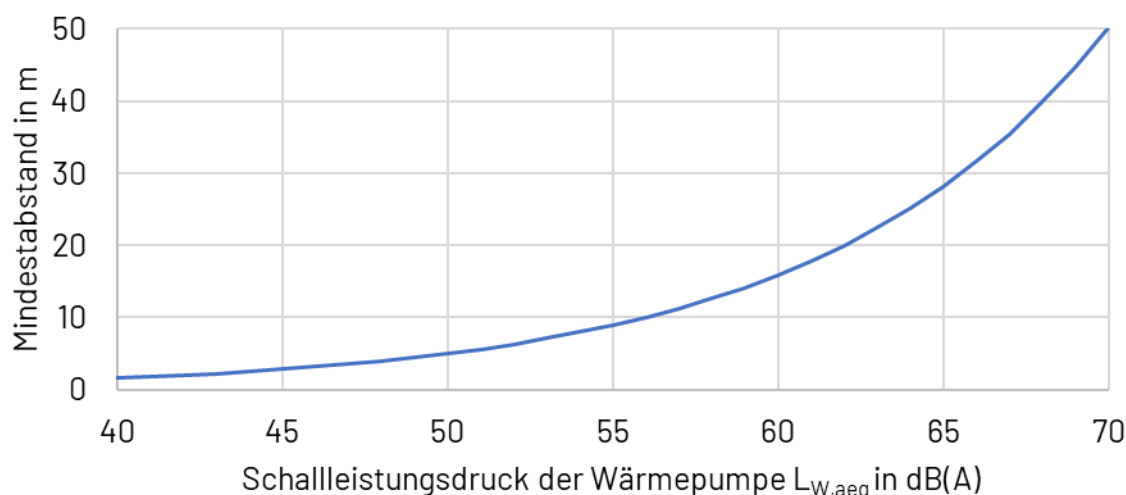


Abbildung 57: Mindestabstand zwischen L/W-WP und Nachbargebäuden zur Einhaltung der Schallimmissionsvorgaben über dem Schallleistungsdruck der Wärmepumpe

Als möglicher Aufstellbereich für Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) wurde ein ringförmiger Bereich mit einem Abstand von mindestens 0,3 m und höchstens 10 m Abstand um das Gebäude und innerhalb des jeweiligen Flurstücks festgelegt. Wie in untenstehender Abbildung (links) gezeigt, wurde ein Puffer mit dem vorher ermittelten Mindestabstand s_m um die benachbarten Gebäude gelegt. Wenn eine ausreichend große Fläche des Aufstellbereichs nach Abzug der Puffer zur Verfügung stand, wurde das entsprechende Gebäude als für die Versorgung mit L/W-WP geeignet eingestuft.

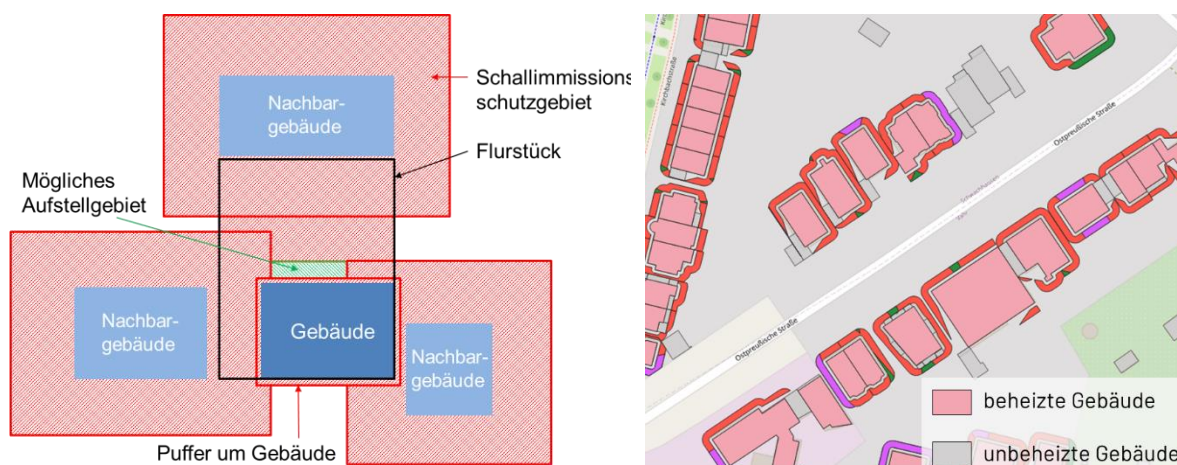


Abbildung 58: (links) Bestimmung des potenziellen Aufstellgebiets der L/W-Wärmepumpe unter Berücksichtigung der Mindestabstände und unter Einhaltung der Schallimmissionsgrenzwerte; (rechts) Ausschnitt aus dem Wärmeatlas – möglicher Installationsort der L/W-Wärmepumpe bei jetzigem Zustand des Gebäudes (violett) oder bei Sanierung (grün)

Sofern bei der zunächst angesetzten Heizleistung in dem Aufstellbereich keine ausreichend große nutzbare Fläche verblieb, wurde die Wärmepumpenleistung iterativ so lange reduziert, bis ein geeigneter Aufstellbereich entstand (bis zu einem minimalen Wert von 50 % der aktuellen Heizleistung). Das Resultat ist in obenstehender Abbildung (rechts) beispielhaft dargestellt. Die Methode vernachlässigt die Abschattung des Schalls durch das Gebäude selbst. Diese ist im Einzelfall gesondert zu prüfen.

6.1.2 Ergebnisse

In untenstehender Abbildung ist die mithilfe der zuvor beschriebenen Methode ermittelte Anzahl der Gebäude dargestellt, die über L/W-Wärmepumpen voraussichtlich versorgbar ist. Ohne energetische Sanierung können rund 93 % und mit Sanierung (Reduktion des jeweiligen Wärmebedarfs um mindestens 50 %) können 96 % aller Gebäude mit Luft-Wasser-Wärmepumpen versorgt werden. Dabei zeigen sich zwischen den Sektoren Unterschiede.

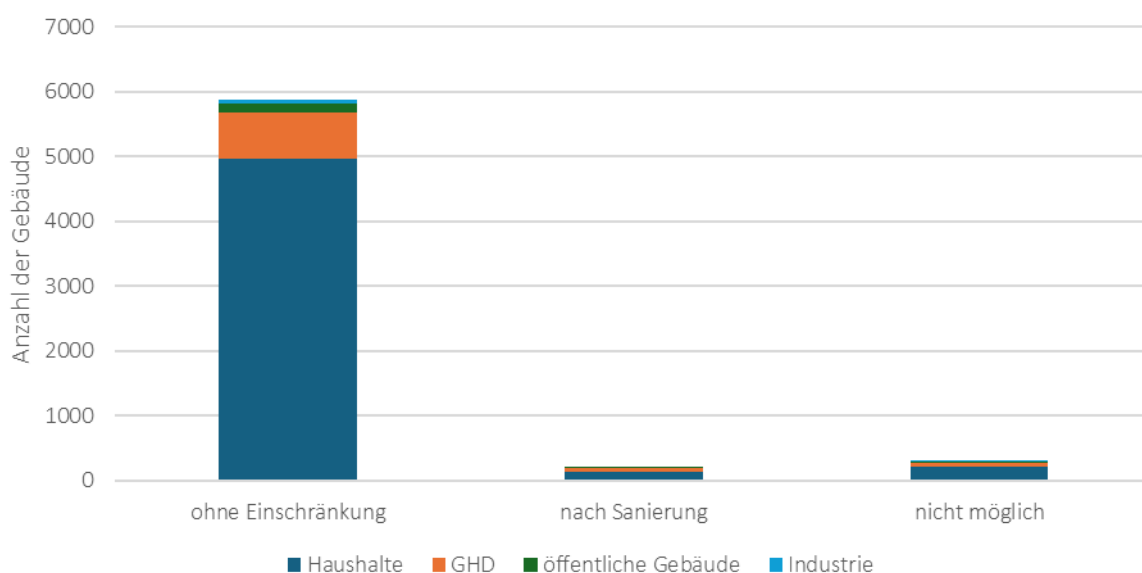


Abbildung 59: Anzahl der Gebäude nach Sektoren, die ohne Sanierung, nach Sanierung oder voraussichtlich nur schwer möglich mit L/W-Wärmepumpen versorgt werden können

In untenstehender Abbildung ist der prozentuale Anteil des Wärmebedarfs nach Sektoren dargestellt. Hier zeigt sich ein deutlich höherer Anteil der voraussichtlich nicht über Wärmepumpen versorgt werden kann. Das liegt daran, dass wenige Gebäude mit sehr hohem Wärmebedarf das Ergebnis verzerren, da bei hohem Wärmebedarf häufig keine Fläche auf dem Grundstück für die Platzierung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe gefunden wird. Beispielsweise ist der Anteil an öffentlichen Gebäuden die voraussichtlich nicht versorgt werden können aufgrund der Therme und deren großem Wärmebedarf sehr hoch.

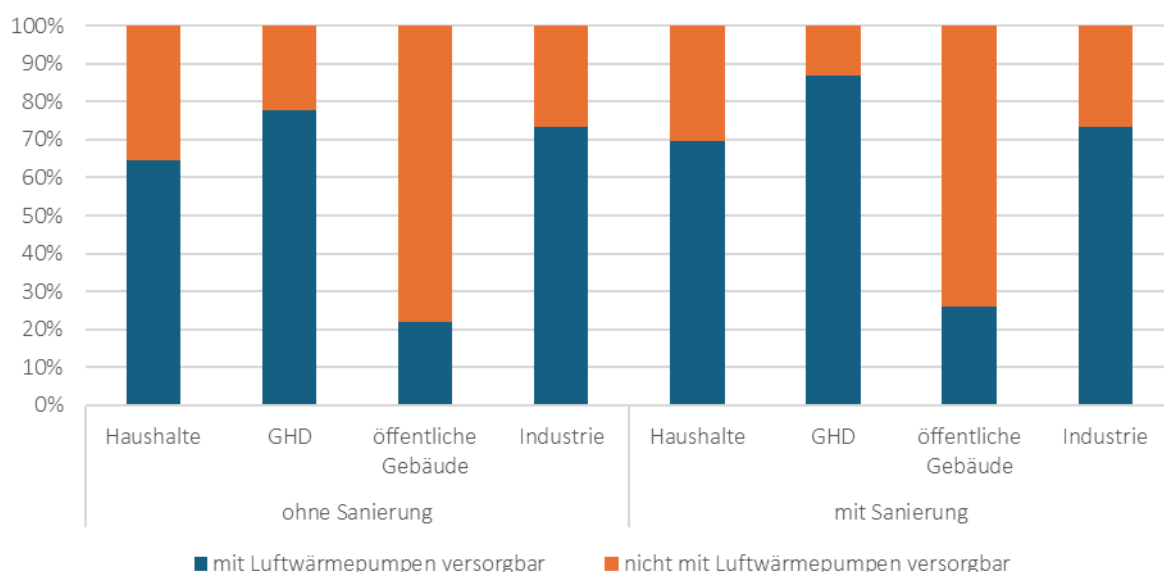


Abbildung 60: Anteil des Wärmebedarfs nach Sektoren, der mit und ohne Sanierung über L/W-Wärmepumpen gedeckt werden kann

Die mögliche Deckung des Wärmebedarfs über dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) in den Baublöcken ist in untenstehender Abbildung gezeigt. In den meisten Baublöcken können große Anteile des Wärmebedarfs durch dezentrale L/W-WP gedeckt werden. Im dicht bebauten Stadtzentrum, sowie im bspw. im Dichterviertel gibt es jedoch Baublöcke, in denen eine Versorgung über dezentrale L/W-WP schwierig ist oder besondere dezentrale Lösungen erfordern würde. In diesen Baublöcken sollte daher eine Versorgung über Wärmenetze besonders priorisiert werden.

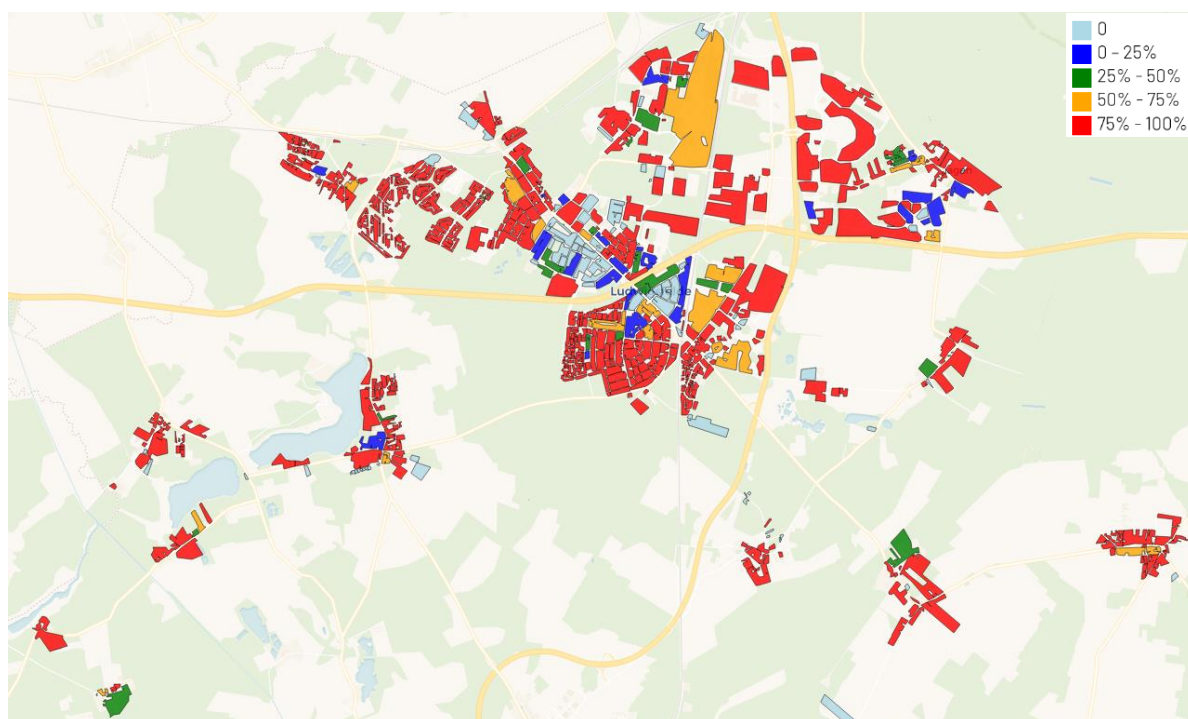


Abbildung 61: Mögliche Deckungsanteile von dezentralen L/W-Wärmepumpen in den Baublöcken bei heutigem Wärmebedarf

6.2 Wärmepumpen mit Erdwärmesonden zur Einzelgebäudeversorgung

Neben den Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) wurden auch Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) mit Erdwärmesonden (EWS) als Wärmeerzeuger für die dezentrale Wärmeversorgung betrachtet. Die Methode und die Ergebnisse werden im Folgenden beschrieben.

6.2.1 Datengrundlage und Vorgehen

Die einzelnen Schritte der angewendeten Methode zur Ermittlung des Potenzials von S/W-WP mit EWS sind in untenstehender Abbildung schematisch dargestellt. Die Auslegung kleiner Erdwärmesondenanlagen (bis 30 kW Heizleistung) erfolgt gemäß VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrunds – Blatt 2“ (2019).

Schritt 1: Anzahl möglicher Sonden pro Grundstück

Grundlage waren die Gebäude- und Grundstücksdaten aus dem Wärmeatlas. Es wurde ein Mindestabstand von 2 m zum Gebäude (inkl. unbeheizter Nebengebäude) und von 5 m zur Grundstücksgrenze angesetzt (Empfehlung VDI 4640: min. 10 m Abstand zwischen Nachbaranlagen). Mithilfe eines Algorithmus wurde automatisiert die maximal mögliche Sondenanzahl auf der restlichen Grundstücksfläche platziert. Dabei wurde ein Mindestabstand von 6 m zwischen den Sonden zugrunde gelegt. Die ermittelte Sondenanzahl wurde dann pauschal um 50 % reduziert, um nicht erfasste Hindernisse wie Bäume, Teiche, Pools u. a., die eine Flächennutzung einschränken können (stichprobenweise anhand von Luftbildern ermittelt), zu berücksichtigen.

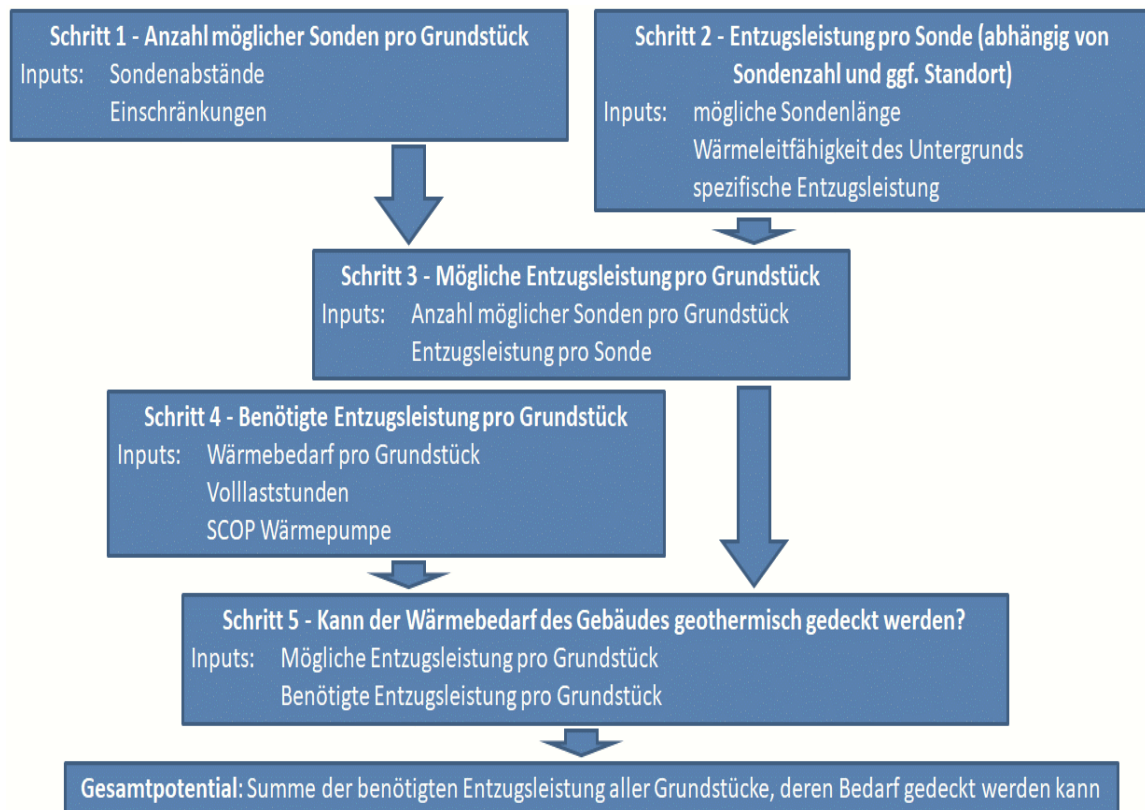


Abbildung 62: Ablaufschema zur Erhebung des Potenzials für oberflächennahe Geothermie mit S/W-WP und EWS für Einzelgebäude

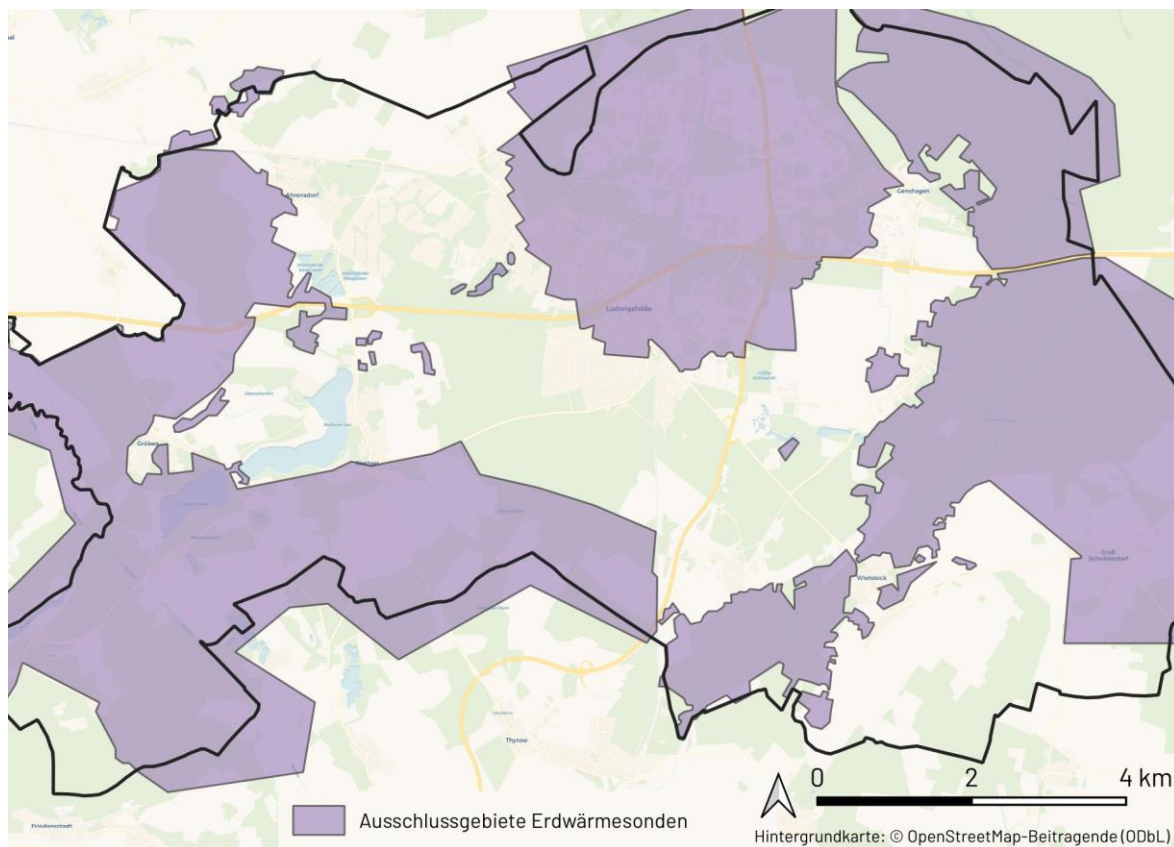


Abbildung 63: Wasserschutzrechtliche Ausschlussgebiete für Erdwärmesonden in Ludwigsfelde



Abbildung 64: Darstellung der Platzierung der EWS auf den Grundstücken für ein Beispielgebiet: Platzierungsbereich auf den Grundstücken (hellgrün); Sondenstandorte (blaue Punkte)

Schritt 2: Entzugsleistung pro Sonde

Die mögliche Entzugsleistung pro Sonde hängt primär von der Sondenlänge und der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds ab. Das Potenzial wurde für eine Sondenlänge von 100 m berechnet.

Eine zentrale Randbedingung für den Betrieb von Erdwärmesonden ist die Einhaltung einer minimalen Fluidtemperatur von -3 °C am Sondereintritt. In der VDI 4640 sind Tabellenwerte für die spezifische Entzugsleistung pro Sondenmeter für Anlagen mit bis zu 5 Sonden und 30 kW Heizleistung enthalten. Um auch größere Anlagen berücksichtigen zu können, wurde ergänzend mit dem Simulationstool GEO-HANDlight (Hochschule Biberach 2022) in einer Standardanordnung die spezifische Entzugsleistung für Anlagen mit bis zu 25 Sonden berechnet.

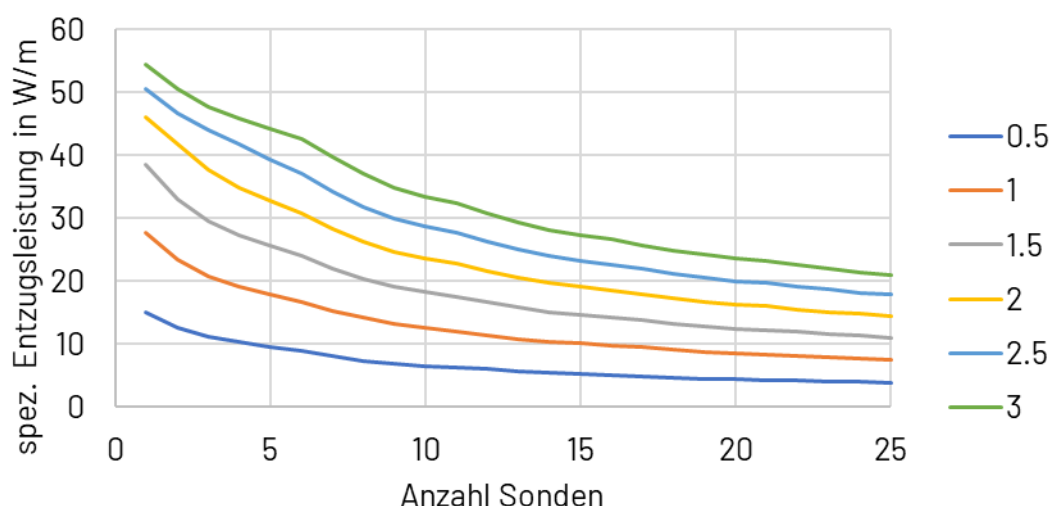


Abbildung 65: Spezifische Entzugsleistung über der Sondenanzahl für verschiedene Wärmeleitfähigkeiten, berechnet mit GEO-HANDlight mit Wasser und Frostschutzmittel als Fluid

Die mittlere Wärmeleitfähigkeit über eine Bohrtiefe von 100 m wurde mit $2,0\text{ W/(m·K)}$ angenommen.

Schritt 3: Mögliche Entzugsleistung pro Grundstück

Die potenziell verfügbare Entzugsleistung pro Grundstück berechnet sich aus der zuvor ermittelten maximalen Sondenanzahl und der spezifischen Entzugsleistung.

Schritt 4: Erforderliche Entzugsleistung pro Grundstück

Die erforderliche Entzugsleistung eines Grundstücks ergibt sich aus der berechneten Heizleistung der auf dem Grundstück befindlichen Gebäude und der Jahresarbeitszahl der Sole-Wasser-Wärmepumpe (S/W-WP). Diese wurde mit 4 angesetzt.

Schritt 5: Wärmebedarfsdeckung durch Geothermie pro Grundstück

Durch den Vergleich der erforderlichen Entzugsleistung (Schritt 4) mit der potenziell verfügbaren Entzugsleistung (Schritt 3) wurde geprüft, ob der aktuelle Wärmebedarf der Gebäude auf dem jeweiligen Grundstück vollständig über Erdwärmesonden gedeckt werden kann. Zusätzlich wurde eine energetische Sanierung mit Absenkung des Wärmebedarfs um bis zu 50 % berücksichtigt.

6.2.2 Ergebnisse

Die mögliche Deckung des Wärmebedarfs über dezentrale Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) in den Baublöcken ist in untenstehender Abbildung dargestellt. Durch die wasserschutzrechtlichen Ausschlussgebiete fallen viele Baublöcke in Ludwigsfelde als mögliche Gebiete für Erdwärmesonden weg. In den übrigen Gebieten ist in vielen Baublöcken eine hohe Deckung möglich.

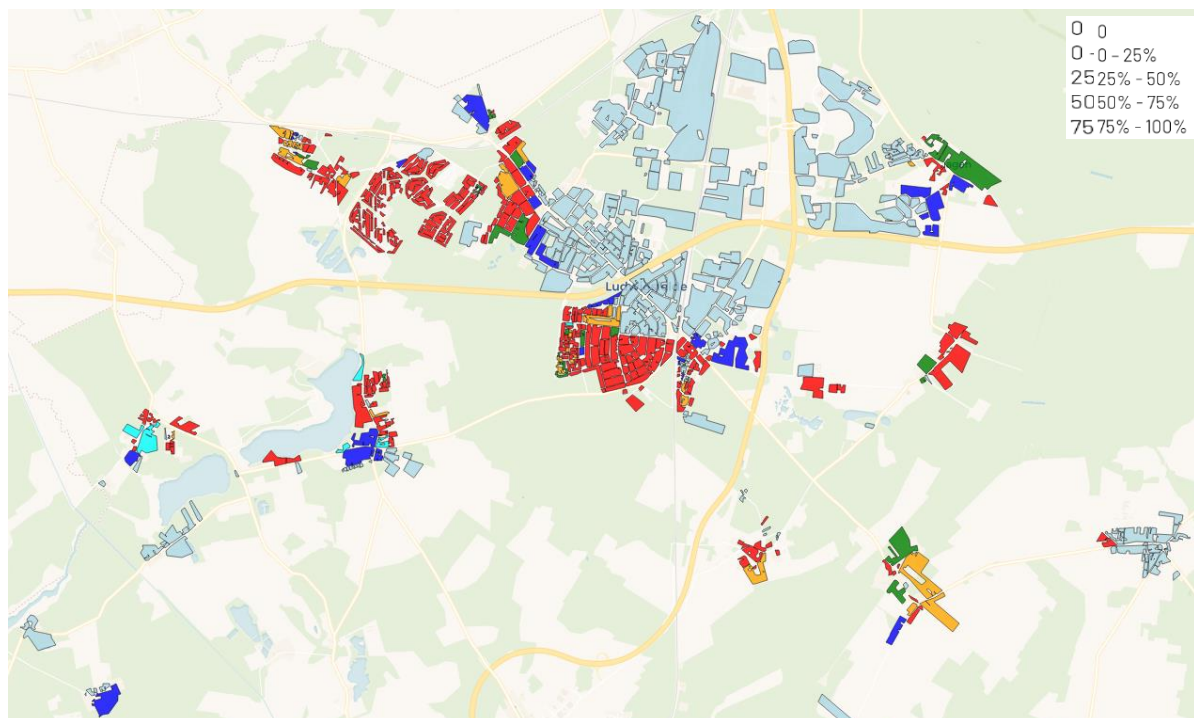


Abbildung 66: Mögliche Deckungsanteile von dezentralen S/W-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden in den Baublöcken bei heutigem Wärmebedarf.

6.3 Fazit zur Eignung mit dezentralen Wärmepumpen

Die in den vorherigen Kapiteln angenommenen Voraussetzungen für die Eignung dezentraler Wärmepumpen zur Deckung des Wärmebedarfs von Einzelgebäuden sind:

- die Einhaltung der Vorgaben zu Schallemissionen bei Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) oder
- eine ausreichend große Grundstücksfläche zur Installation einer hinreichenden Anzahl von Erdwärmesonden für Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP).

Die dafür notwendigen Analysen wurden auf Basis des Wärmeatlas gebäudescharf durchgeführt. Zusätzlich wurde untersucht, inwieweit sich die Möglichkeit zur Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen verbessert, wenn von einer Wärmebedarfsreduktion um bis zu 50 % ausgegangen wird. Dabei wurde nicht geprüft, ob diese Bedarfsreduktion in den Gebäuden technisch möglich ist.

Bei den S/W-WP wurde die Möglichkeit der thermischen Regeneration des Untergrunds im Sommer, beispielsweise durch die Einleitung von Wärme aus Solarthermieanlagen, nicht berücksichtigt. Dadurch ließe sich die Anzahl benötigter Sonden deutlich reduzieren. Ein weiterer Vorteil von Erdwärmesondenanlagen besteht in der Möglichkeit zur passiven Gebäudekühlung im Sommer und der damit einhergehenden Regeneration des Untergrunds.

Es lässt sich festhalten, dass das Potenzial für dezentrale L/W-WP nach standardisiertem Vorgehen und ohne Berücksichtigung von Individuallösungen mit über 80 % bereits sehr hoch liegt. Dennoch sollten die Gebiete, in denen dezentrale Wärmepumpen nicht flächendeckend eingesetzt werden können, verstärkt in die weitere Planung des Wärmenetzausbaus einbezogen werden.

Das Potenzial zur Versorgung des Wärmebedarfs mit S/W-WP ist im Vergleich zum Potenzial der L/W-WP deutlich geringer. Der wesentliche begrenzende Faktor sind dabei häufig die zu geringen Grundstücksgrößen, auf denen keine ausreichende Anzahl von Erdwärmesonden installiert werden kann.

6.4 Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG

Zur Festlegung der Eignungsstufen für die dezentrale Wärmeversorgung werden die Ergebnisse aus den vorangegangenen Kapiteln herangezogen. Die Bewertung bezieht sich dabei ausschließlich auf die Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen. Für die weiteren dezentralen Wärmeversorgungsoptionen erfolgt keine vergleichbar differenzierte Analyse. Pelletkessel sind grundsätzlich technisch immer dann möglich, wenn eine ausreichend große Aufstellfläche für Heizung, Pelletlager und dazugehörige Nebenanlagen vorhanden ist.

Die Kategorien „wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich geeignet“ für die dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen wurden für Baublöcke gewählt, deren Wärmebedarf zu mindestens 50 % über Wärmepumpen versorgt werden kann. Baublöcke, deren Wärmebedarf im Zielszenario zu weniger als 50 % über dezentrale Wärmepumpen versorgt werden kann, wurden als „wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich ungeeignet“ eingestuft.

Die Kategorisierung folgt den Grenzwerten aus untenstehender Tabelle. Hierbei wurde insbesondere die Realisierbarkeit auf dem jeweiligen Grundstück mithilfe der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Methodik ausgewertet. Die Eignung der vorhandenen Anlagentechnik des Gebäudes muss von einem Fachunternehmen individuell geprüft werden.

Baublücke	Fernwärmeanteile nach Netzausbau-szenario in %	Verknüpfung	Wärmebedarfs-dichte (WBD) in MWh/(ha·a)
Sehr wahrscheinlich geeignet	≥ 75	-	-
Wahrscheinlich geeignet	≥ 50 und < 25	oder	≥ 415
Wahrscheinlich ungeeignet	≥ 25 und < 0	und	< 415
Sehr wahrscheinlich ungeeignet	0	und	< 415

Tabelle 29: Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG

Insgesamt besteht für sehr viele Gebiete eine hohe Eignung für eine dezentrale Versorgung mit Luft-Wasser-Wärmepumpen oder Sole-Wasser-Wärmepumpen. Insbesondere im Zentrum Ludwigsfeldes gibt es jedoch Baublöcke, in denen sich eine Wärmeversorgung durch Wärmepumpen aufgrund verdichteter Bebauung als schwierig erweisen könnte. Viele dieser Gebiete verfügen jedoch häufig gleichzeitig über eine hohe Wärmenetzeignung (vgl. Kapitel 5).

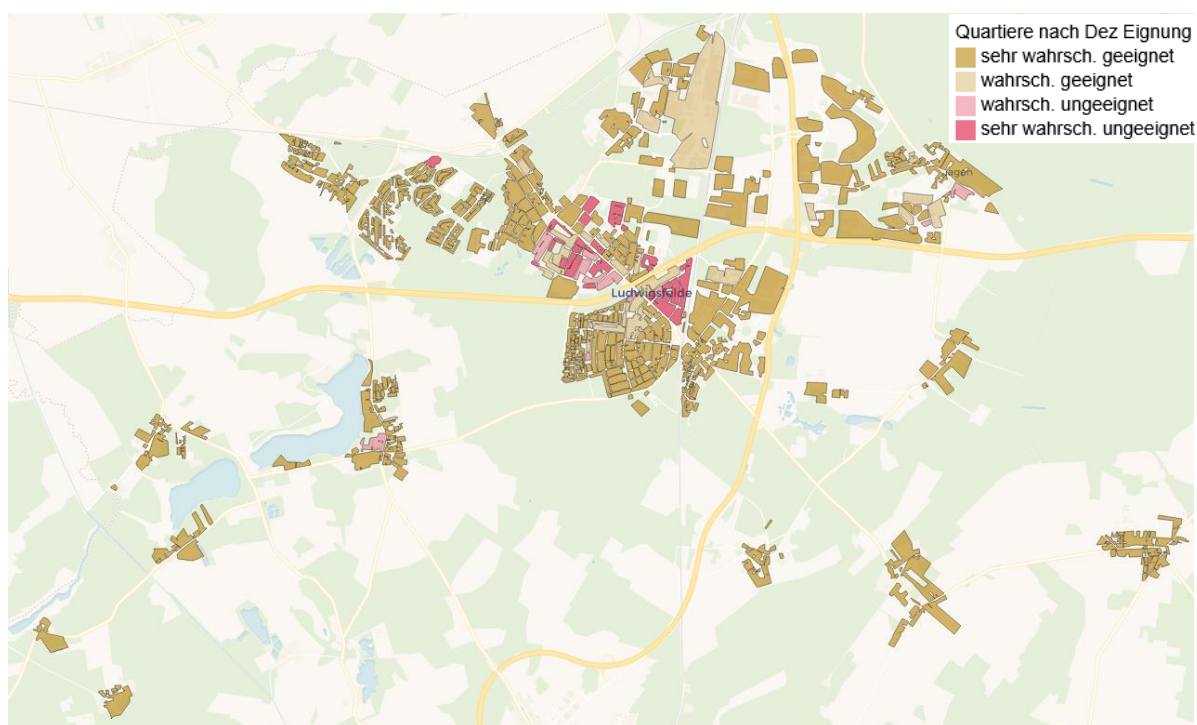


Abbildung 67: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Wärmepumpen nach Baublöcken im Zielszenario gemäß § 19 WPG

6.5 Bewertungskriterien für dezentrale Versorgung gemäß § 18 Absatz 1 WPG

Analog zur Bewertung der Wärmenetzeignung erfolgt auch die Beurteilung dezentraler Versorgungsoptionen auf Grundlage der vier in § 18 Abs. 1 Satz 3 WPG genannten Kriterien. Diese umfassen: Wirtschaftlichkeit, Realisierungsrisiken, Versorgungssicherheit und kumulierte Treibhausgasemissionen. Die Bewertung beinhaltet sowohl einen Vergleich der dezentralen Versorgungsoptionen untereinander als auch deren Einordnung im Verhältnis zur netzgebundenen Wärmeversorgung.

Vergleich zwischen zentraler und dezentraler Versorgung

Der Vergleich zwischen zentraler und dezentraler Wärmeversorgung erfolgte bereits in Kapitel 5.3. Ein Wärmenetz wurde dementsprechend nur in den Gebieten entwickelt, in denen eine Versorgung über das Wärmenetz zu niedrigeren Wärmegestehungskosten für die Kunden führen kann als eine dezentrale Wärmeversorgung. Als Referenz für die dezentrale Versorgung wurden insbesondere Luft-Wasser-Wärmepumpen betrachtet, da diese als tendenziell kostengünstigste dezentrale Versorgungsoption gelten. Unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten wäre daher in diesen Gebieten dem Wärmenetz der Vorzug einzuräumen.

Auch hinsichtlich der Versorgungssicherheit weist ein Wärmenetz Vorteile auf. Durch die üblicherweise vorgesehene Redundanz in der Erzeugungsstruktur kann selbst beim Ausfall des größten Wärmeerzeugers eine vollständige Versorgung auch an sehr kalten Tagen sichergestellt werden. Eine dezentrale Versorgung durch einen Wärmeerzeuger am oder im Gebäude hat diese Redundanz häufig nicht, so dass im Havariefall keine Wärme zur Verfügung steht.

Bezüglich des vorgeschlagenen Wärmenetzes werden keine besonderen Realisierungsrisiken gesehen. Gleiches gilt für dezentrale Wärmepumpen, sofern es sich um Gebiete handelt, für die in den vorangegangenen Kapiteln eine überwiegende Eignung nachgewiesen werden konnte (gebietsbezogener Wärmeversorgungsanteil von mehr als 50 %). In Gebieten mit verdichteter Bebauung bestehen demgegenüber teils größere Realisierungsrisiken aufgrund fehlender geeigneter Aufstellflächen.

Im Ergebnis führt diese Bewertung zu der Empfehlung, in den Gebieten, für die in Kapitel 5 eine Wärmenetzbeurteilung festgestellt wurde, ein Wärmenetz als präferierte Versorgungsart vorzusehen. Dies gilt auch dann, wenn in diesen Gebieten gleichzeitig eine hohe Eignung für dezentrale Wärmepumpen gemäß den Kapiteln 6.1 oder 6.2 nachgewiesen werden konnte.

Voraussichtliche Wärmegestehungskosten dezentraler Versorgungsoptionen

Der Kostenvergleich erfolgte ebenfalls bereits in Kapitel 5.3. Als kostengünstigste Option zeigt sich unter den getroffenen Annahmen die Luft-Wasser-Wärmepumpe. Im Vergleich zu erdwärmegekopelten Wärmepumpen ist allerdings zu beachten, dass diese insbesondere aufgrund der hohen Anfangsinvestitionen teurer sind. Dieser Kostennachteil der Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) wird über die Laufzeit zumindest teilweise durch geringere Bedarfskosten (Strombezug) kompensiert. Je nach angenommener Entwicklung des Strompreises kann sich somit auch eine andere Beurteilung ergeben. Zudem entsteht bei S/W-Wärmepumpen eine höhere Planungssicherheit, da steigende Stromkosten aufgrund des besseren Wirkungsgrades die entstehenden Wärmeversorgungs-kosten weniger beeinflussen. Bei Kesseln mit fester Biomasse besteht ebenfalls eine starke Abhängigkeit von der Preisentwicklung des Energieträgers.

Realisierungsrisiko

Hinsichtlich des Realisierungsrisikos werden zwischen den verschiedenen Varianten mit dezentralen Wärmepumpen keine Unterschiede gesehen, da die Eignung für beide gemäß den Kapiteln 6.1 und 6.2 nur dort angenommen wurde, wo die durchgeführten Analysen eine entsprechende technische Umsetzbarkeit nachgewiesen haben. Ähnliches gilt für Kessel mit fester Biomasse. Sofern auf dem Grundstück bzw. im Keller hinreichend Platz verfügbar ist, sind keine besonderen Realisierungsrisiken zu beachten.

Versorgungssicherheit

Für alle dezentralen Anlagen gilt, dass beim Ausfall des Wärmeerzeugers keine Wärmeversorgung mehr besteht, solange die Reparatur andauert und keine alternativen Wärmeerzeuger wie Kaminöfen vorhanden sind. Mit einer zweiten Erzeugungsanlage ließe sich dieses Problem zwar lösen, allerdings ergäben sich daraus weitere Zusatzkosten. Ein systematischer Unterschied hinsichtlich der Versorgungssicherheit wird zwischen den verschiedenen dezentralen Anlagentypen nicht gesehen.

Treibhausgasemissionen

In untenstehender Abbildung sind die spezifischen Treibhausgasemissionsfaktoren in der angenommenen Entwicklung bis zum Jahr 2045 dargestellt (Ortner, Paar, et al., Technikatalog Wärmeplanung 2024). Mit Ausnahme des Strommixes in Deutschland wird für alle übrigen Energieträger von konstanten Emissionsfaktoren ausgegangen

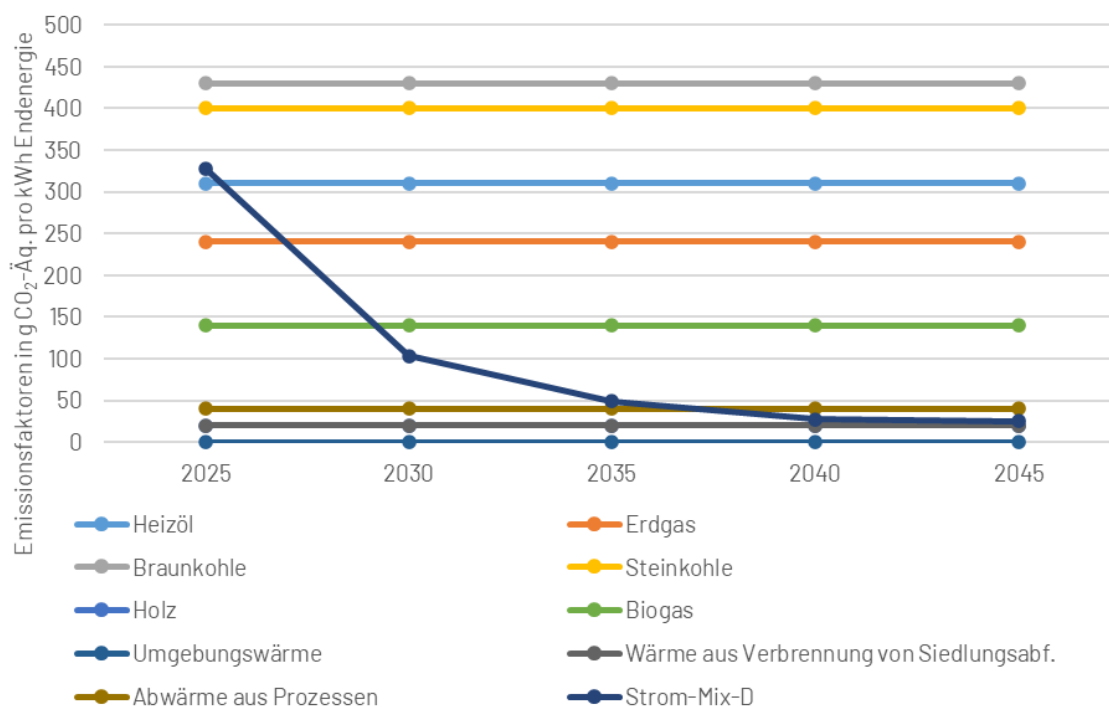


Abbildung 68: Spezifische Emissionsfaktoren der Energieträger zur dezentralen Wärmeherzeugung

7 Zielszenario

Mit der Erstellung des Zielszenarios wird das beplante Gebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt. Ziel dieser Einteilung ist es, die Erkenntnisse aller vorangegangenen Schritte der Wärmeplanung zu einem konsistenten, langfristig ausgerichteten Zielbild für die Stadt Ludwigsfelde zusammenzuführen.

Die planungsverantwortliche Stelle legt dabei für jedes Teilgebiet eine priorisierte Wärmeversorgungsart fest. Grundlage sind die Bewertungen gemäß § 18 WPG sowie die zuvor ermittelten Potenziale, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Realisierungsbedingungen.

Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete können gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 14 WPG sein:

- ein Wärmenetzgebiet (§ 3 Abs. 1 Nr. 18 WPG),
- ein Wasserstoffnetzgebiet (§ 3 Abs. 1 Nr. 23 WPG),
- ein Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung (§ 3 Abs. 1 Nr. 6 WPG) oder
- ein Prüfgebiet (§ 3 Abs. 1 Nr. 10 WPG).

Die Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete erfolgt dabei gemäß § 18 Abs. 3 WPG für die Betrachtungszeitpunkte 2030, 2035 und 2040.

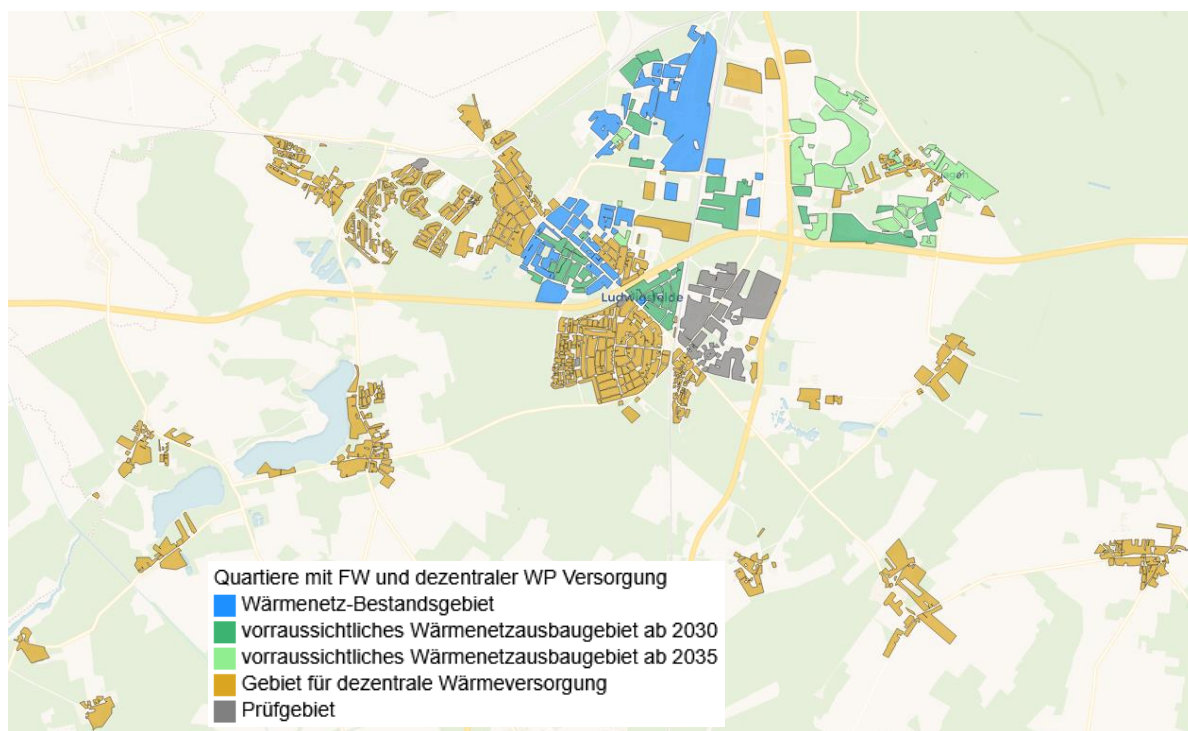
Das Zielszenario umfasst insbesondere:

- die Zuordnung aller Teilgebiete zu einer priorisierten Wärmeversorgungsart,
- die Darstellung der erwarteten zeitlichen Entwicklung des Ausbaus der zentralen (leitungsgebundenen) Wärmeversorgung,
- die Identifikation von Prüfgebieten, in denen aufgrund bestehender Unsicherheiten noch keine priorisierte Wärmeversorgungsart definiert wird und
- die Beschreibung des beplanten Gebiets als Ganzes anhand der Indikatoren nach Anlage 2 Abschnitt III WPG

Zusätzlich erfolgt in diesem Kapitel die kartografische Darstellung von Gebieten mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial (bezogen auf die Raumwärme) gemäß § 18 Abs. 5 WPG. Diese Darstellung dient der strategischen Einordnung von Sanierungsmaßnahmen als ergänzendem Baustein der Wärmewendestrategie.

7.1 Einteilung des Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete-

Gemäß § 18 Abs. 1 Satz 2 stellt die planungsverantwortliche Stelle mit dem Ziel einer möglichst kosteneffizienten Versorgung für jedes Teilgebiet und differenziert für die Betrachtungszeitpunkte 2030, 2035 und 2040 dar, welche Wärmeversorgungsart sich für das jeweilige Teilgebiet besonders eignet. Eine Wärmeversorgungsart gilt dann als besonders geeignet, wenn sie im Vergleich zu den anderen in Betracht kommenden Wärmeversorgungsarten geringe Wärmegestehungskosten, geringe Realisierungsrisiken, ein hohes Maß an Versorgungssicherheit und geringe kumulierte Treibhausgasemissionen bis zum Zieljahr aufweist. Dazu wurde das Stadtgebiet in verschiedene Kategorien von Wärmeversorgungsgebieten (Wärmenetz, dezentrale Wärmeversorgung und Prüfgebiet) aufgeteilt. Die sich daraus ergebende Einteilung des beplanten Gebiets zeigt folgende Abbildung.



Wärmenetzgebiete

Die in Kapitel 5.1 beschriebenen Netzausbauszenarien für ein Wärmenetzgebiet wurden zunächst hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit bewertet. Zentrales wirtschaftliches Beurteilungskriterium war, inwieweit der Netzausbau zu Wärmebereitstellungskosten führt, die unter denen dezentraler Wärmeversorgungsoptionen liegen (vgl. Kapitel 5.4.4).

Die weiteren Kriterien (geringe Realisierungsrisiken, ein hohes Maß an Versorgungssicherheit und geringe kumulierte Treibhausgasemissionen) wurden für die Kategorien zentrale Erzeugung, Wärmenetz und dezentrale Versorgung getrennt bewertet:

- In Kapitel 5.4.5 erfolgte eine Bewertung Erzeugervarianten für die Wärmenetze.
- Für die Wärmenetze wurden die Realisierungsrisiken insbesondere durch die Annahme von realistisch umsetzbaren jährlichen Leitungsnetzkilometern minimiert.
- Die Kriterien für Realisierungsrisiken und damit implizit die Versorgungssicherheit bezüglich des Einsatzes dezentraler Wärmepumpen wurden in Kapitel 6 berücksichtigt.

Auf Basis dieser Bewertungen wurde festgelegt, dass die als „wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich geeignet“ für die Versorgung mit einem Wärmenetz klassifizierten Gebiete (vgl. Kapitel 5.6) als Wärmenetzgebiete definiert werden. Wärmenetze stellen dort die gemäß § 18 Abs. 1 WPG vorgegebene „möglichst kosteneffiziente Versorgung“ dar und sollten daher priorisiert werden.

Prüfgebiete

Baublöcke wurden als Prüfgebiete definiert, wenn diese aufgrund einer hohen Wärmebedarfsdichte wahrscheinlich für ein Wärmenetz geeignet sind, jedoch durch den Algorithmus nicht für das Wärmenetz identifiziert wurden (vgl. Kapitel 5.1). Diese Gebiete können entweder über ein Inselnetz (vgl. Kapitel 5.5) versorgt werden oder bei der Ausführungsplanung für ein großes Wärmenetz mitbetrachtet werden.

Gebiete für dezentrale Wärmeversorgung

Gebiete für die dezentrale Versorgung werden in der Auswertung aus Kapitel 6.4 als „wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich geeignet“ für eine dezentrale Nutzung von Wärmepumpen klassifiziert (L/W-WP oder S/W-WP). In diesen Gebieten wird eine Versorgung über dezentrale Wärmeerzeuger (meist Wärmepumpen) empfohlen.

7.2 Energieträgerbilanz und Treibhausgasemissionen

Für die Stadt Ludwigsfelde ist auf Basis des Zielszenarios eine klimaneutrale Wärmeversorgung grundsätzlich möglich. Diese wird zu einem relevanten Anteil über eine netzgebundene Wärmeversorgung erfolgen. Gleichzeitig wird ein erheblicher Anteil der Wärmeversorgung durch dezentrale Wärmepumpen bereitgestellt.

In untenstehender Abbildung ist die Entwicklung des Wärmebedarfs bis zum Jahr 2045 für Ludwigsfelde dargestellt. Der Gesamtwärmebedarf sinkt von rund 322 GWh im Jahr 2025 auf etwa 260 GWh im Jahr 2045 aufgrund von energetischen Sanierungsmaßnahmen und tendenziell milderem Winter. Mit dem Ausbau der Wärmenetze steigt der über Wärmenetze bereitgestellte Wärmebedarf von rund 92 GWh im Jahr 2025 auf etwa 109 GWh im Jahr 2045. Gleichzeitig wird angenommen, dass der Erdgasanteil bis zum Jahr 2045 linear auf Null absinkt, da diesem Zeitpunkt kein fossiles Gas mehr verbrannt werden darf. In den Gebieten ohne Anschlussmöglichkeit an ein Wärmenetz wird die Wärmepumpe den überwiegenden Teil des Wärmebedarfs übernehmen. Lediglich ein kleiner Anteil des Wärmebedarfs wird weiterhin durch Biomasse gedeckt.

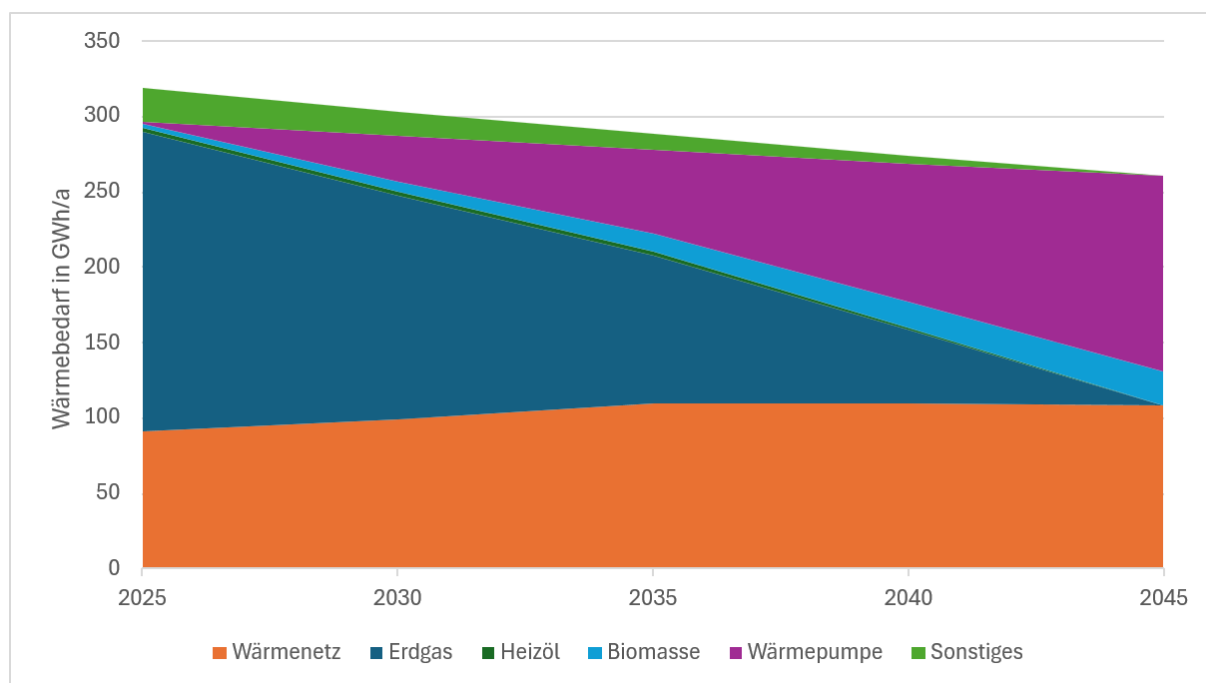


Abbildung 69: Entwicklung der Wärmebedarfsdeckung für das geplante Gebiet bis 2045

Zu beachten ist, dass die ausgewiesenen Prüfgebiete (vgl. Kapitel 7.1) als Gebiete mit dezentraler Wärmeversorgung angenommen wurden. Würden diese stattdessen als Wärmenetzausbaugebiete ausgewiesen, würden sich die Anteile der Energieträger entsprechend verschieben.

Der Verlauf der spezifischen Treibhausgasemissionen für die unterschiedlichen Energieträger und das Wärmenetz ist in untenstehender Abbildung dargestellt. Die Treibhausgasbilanzierung basiert dabei auf den Annahmen aus dem Technikkatalog für kommunale Wärmeplanung (Ortner, Paar, et al., Technikkatalog Wärmeplanung 2024). Die Vorkette der Energieträger (Transport und Bereitstellung) findet hier Berücksichtigung. Die aktuell dominierenden Emissionen durch Erdgas gehen im Zeitverlauf zurück, da der Erdgasbedarf abnimmt. Gleichzeitig sinken auch die spezifischen Emissionen des Wärmenetzes, obwohl deren Ausbau voranschreitet. Dies ist auf die zunehmende Dekarbonisierung der Wärmenetze zurückzuführen. Die Emissionen der Wärmepumpen sind kaum sichtbar, trotz eines angenommenen massiven Ausbaus. Hintergrund ist die Annahme eines stark dekarbonisierten Strommixes in Deutschland. Die spezifischen Emissionen des Energieträgers Strom sinken im Zeitverlauf deutlich, sodass es insgesamt nur zu geringen Treibhausgasemissionen kommen wird.

Parallel zur Umstellung auf andere Energieträger nimmt der gesamte Wärmebedarf durch die Wärmebedarfsreduktion (vgl. Kapitel 4.1) ab, sodass auch dadurch die Treibhausgasemissionen sinken.

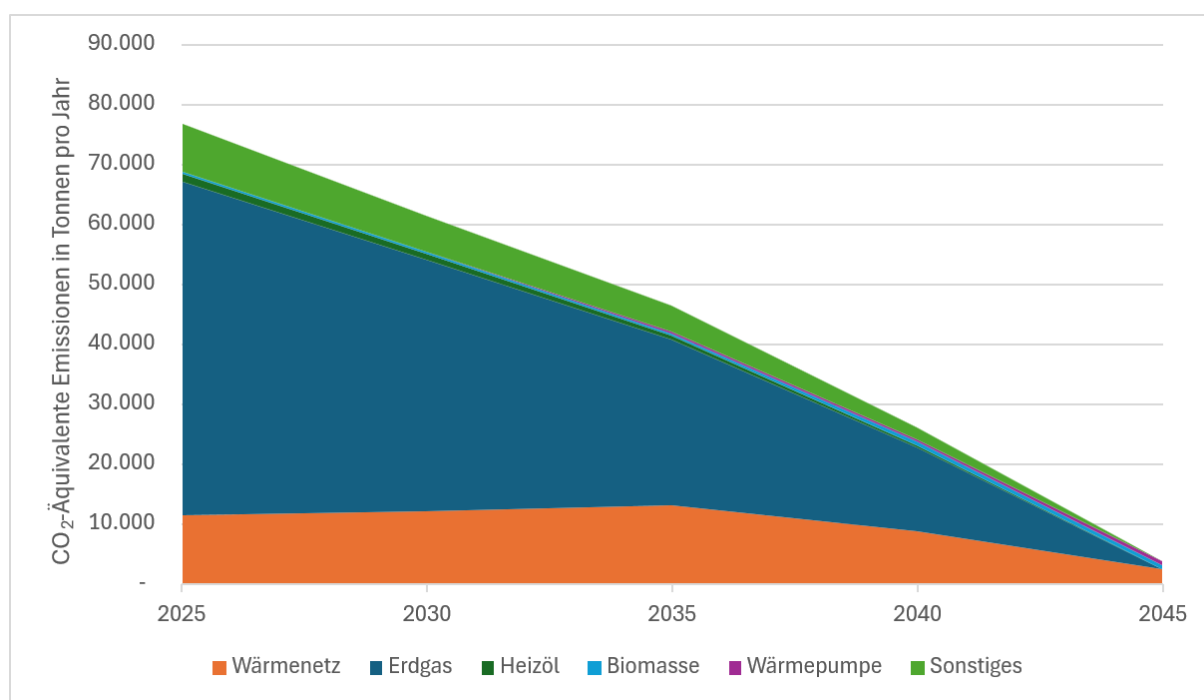


Abbildung 70: Verlauf der Treibhausgasemissionen für das geplante Gebiet bis 2045

7.3 Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial

Gemäß § 18 Abs. 5 WPG hat die planungsverantwortliche Stelle geplante Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial darzustellen. Ziel der Erfassung ist es, Teilgebiete zu identifizieren, in denen Maßnahmen zur Reduktion des Endenergiebedarfs besonders geeignet sind, eine zügige Transformation zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung zu unterstützen. Für diese Gebiete können im Rahmen der Umsetzungsmaßnahmen nach § 20 WPG gezielt Projektskizzen erarbeitet werden.

Die Identifizierung dieser Gebiete erfolgte auf Grundlage der gebäudespezifischen und baublockbezogenen Wärmebedarfe aus dem Wärmeatlas.

Aus diesen Daten ergeben sich zunächst Indikationen über die potenziellen gebäudespezifischen Einsparpotenziale beim Wärmebedarf. In Kombination mit dem absoluten baublockbezogenen Wärmebedarf im jeweiligen Gebiet lässt sich ableiten, ob dort ein erhöhtes Energieeinsparpotenzial besteht.

Nicht als Teilgebiet mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial wurden dagegen Gebiete eingestuft, die zwar ein hohes gebäudespezifisches, aber gleichzeitig ein geringes absolutes Einsparpotenzial aufweisen (z. B. aufgrund geringer Bebauungsdichte). Gleiches gilt für Gebiete mit hohem absolutem gebietspezifischem Wärmebedarf, aber gleichzeitig nur geringen gebäudespezifischen Einsparpotenzialen. Letzteres ist insbesondere dann der Fall, wenn zwar eine hohe Bebauungsdichte besteht, gleichzeitig jedoch bereits ein hoher Anteil der Gebäude weitgehend energetisch saniert ist.

Die zugrunde liegende Systematik wird in folgender Abbildung veranschaulicht.

Gebäudebezogenes Einsparpotenzial	Hoch		Teilgebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial
	Niedrig		
		Niedrig	hoch
		Absoluter Wärmebedarf im Baublock	

Abbildung 71: Kriterien für Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial

Das gebäudebezogene Einsparpotenzial wurde dabei als relative Differenz zum aktuellen Wärmebedarf ermittelt. Das Reduzierungspotenzial stellt die Differenz aus aktuellem Wärmebedarf und dem gemittelten Wärmebedarf über die Neubauten in unsaniertem Zustand des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH (IWU, 2015) dar. In Ludwigsfelde liegt keine Datengrundlage zur Kategorisierung von Gebäudetypen vor. Darum wurden die spezifischen Wärmebedarfe des IWU für Neubauten in unsaniertem Zustand ($70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) genutzt.

Für jeden Baublock wurden die prozentualen Einsparpotenziale im Bezug zum gesamten Wärmebedarf ermittelt. Diese ergaben sich aus der Differenz zwischen dem gesamten Wärmebedarf eines Baublocks und dem Wärmebedarf aller Gebäude des Baublocks im zuvor definierten Zustand dividiert durch den gesamten Wärmebedarf. Dabei blieben Gebäude mit einem Wärmebedarf, der kleiner als der gebäudespezifische Wärmebedarf gemäß IWU war, unberücksichtigt. Anschließend wurden die Baublöcke nach diesen prozentualen Einsparpotenzialen absteigend sortiert.

Statistische Baublöcke mit niedriger Bebauungsdichte von weniger als $1,5 \text{ MWh}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ wurden im Ranking nach hinten gestellt und wegen ihrer geringen Relevanz für die absoluten Einsparpotenziale nicht auf der Karte dargestellt.

Die statistischen Blöcke wurden nach ihrem prozentualen Einsparpotenzial absteigend einsortiert, bis die kumulierte absolute Differenz dieser Blöcke einen Anteil von 1 % der gesamten absoluten Differenz aller Blöcke erreicht. Danach beginnt die nächste Klasse, bis die kumulierte absolute Differenz dieser Blöcke einen Anteil von 5 % der gesamten absoluten Differenz aller Blöcke erreicht. Diese und die weiteren Klassen von Sanierungsgebieten zeigt untenstehende Abbildung.

Ziel dieses Vorgehens ist es, die Baublöcke in den Karten zu identifizieren, die ein ortsspezifisch außer-gewöhnlich hohes gebäudespezifisches und baublockbezogenes Energieeinsparpotenzial aufweisen.

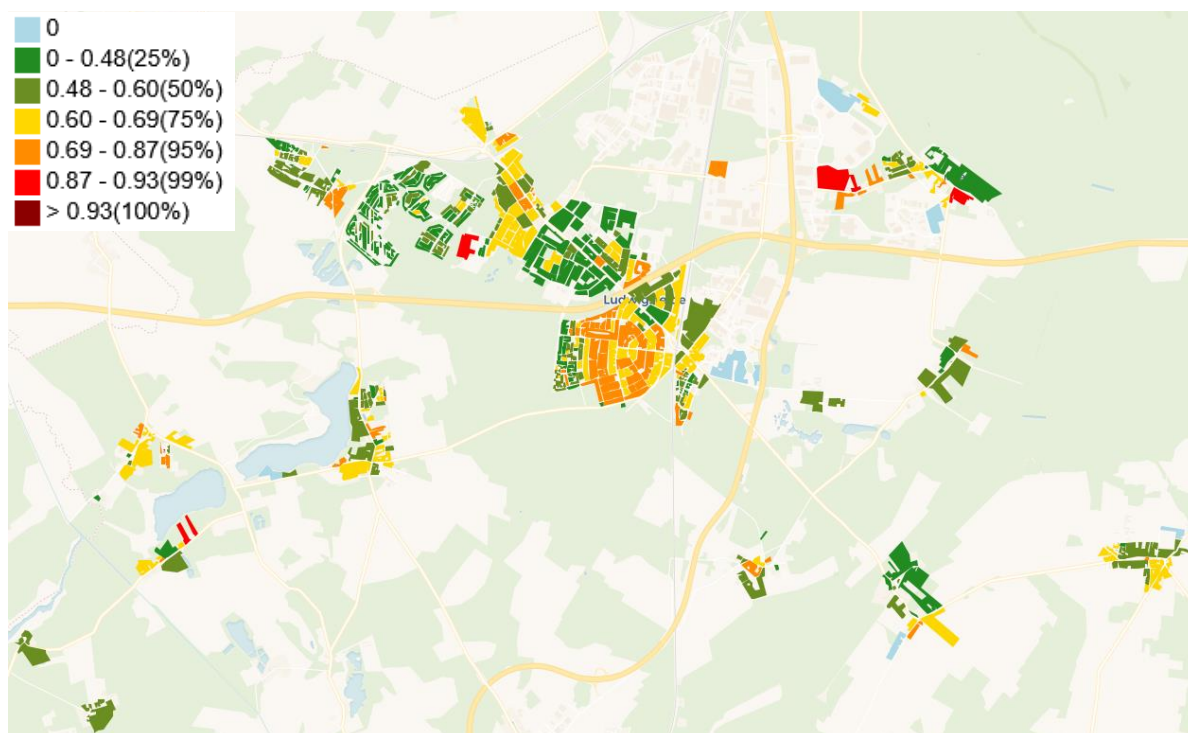


Abbildung 72: Räumlich Darstellung des Einsparpotenzials bis 2045

Die dargestellte Karte weist in verschiedenen Perzentilintervallen Gebiete nach ihrem Einsparpotenzial aus. Dunkelrot ist das 1 %-Perzentil und hellrot das 5 %-Perzentil markiert. Diese Gebietskategorien können als Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial verstanden werden. Dem liegt das Verständnis zugrunde, dass diese Teilgebiete, die hinsichtlich des erzielbaren Einsparpotenzials besonders auffälligen Bereiche abbilden.

Grundsätzlich könnten auch die orangenen und gelben Gebiete als Teilgebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial verstanden werden, da sie in der oberen Hälfte hinsichtlich des Einsparpotenzials liegen. Die Festlegung auf das obere 5 %-Perzentil folgt aber der Einschätzung, dass sich gegebenenfalls besondere zu entwickelnde Maßnahmen zu Energieeinsparungen zunächst auf die Gebiete mit sehr hohem überdurchschnittlichen Einsparpotenzial konzentrieren sollten. In diesen Gebieten ist nicht nur auf kleinem Raum eine besonders hohe Einsparung erzielbar, sondern es ist auch wahrscheinlich, dass dort die eingesetzten Mittel (etwa zur energetischen Gebäudesanierung) einen besonders hohen Effekt erzielen.

7.4 Auswirkungen auf das Stromnetz

Zur Abschätzung der Auswirkungen des Zielszenarios auf das Stromnetz wurden auf Grundlage der geplanten Wärmeerzeugung mit dezentralen Wärmepumpen tägliche Lastgänge des zu erwartenden, zusätzlichen Strombedarfs prognostiziert. Für dezentrale Wärmepumpen wurde ein Lastgang in Anlehnung an den Gesamtwärmebedarf angenommen. Die resultierenden Stromlastgänge im Tagesmittel sind in untenstehender Abbildung in 5-Jahres-Schritten bis zum Zieljahr dargestellt.

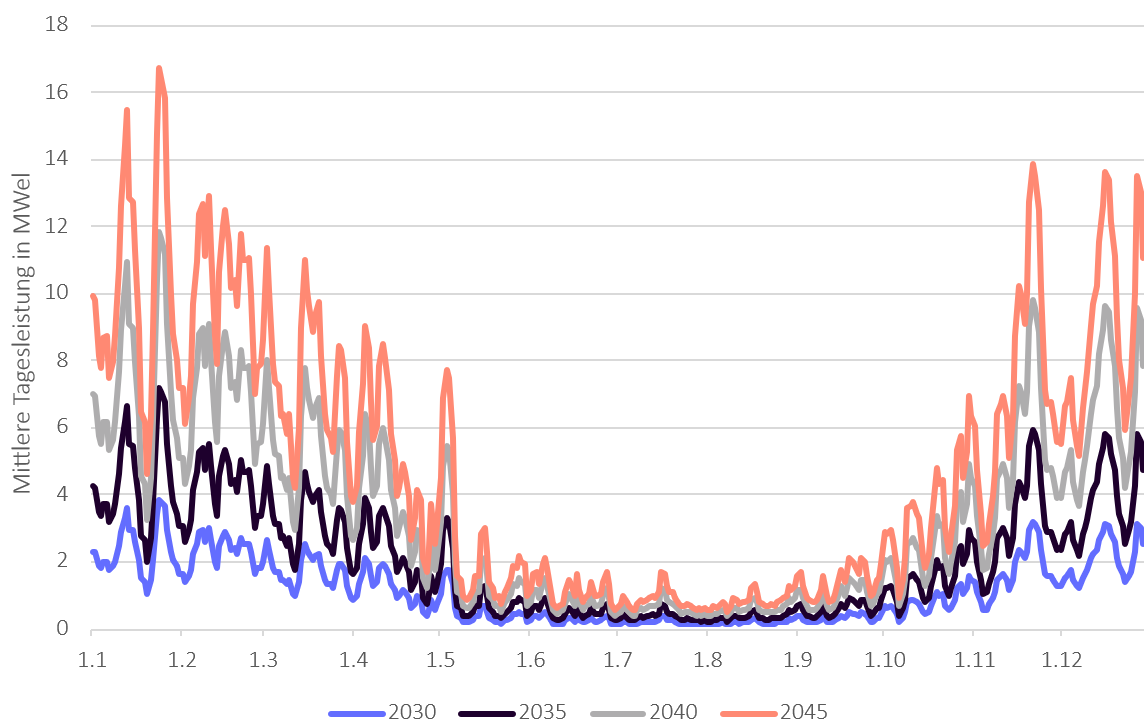


Abbildung 73: Stromlastgänge für die Jahre 2030 und 2045 im Zielszenario im Tages- und Stundenmittel.

Unter den getroffenen Annahmen steigt der Strombedarf für das gesamte Stadtgebiet bis zum Jahr 2045 um rund 43 GWh pro Jahr an. Die zusätzliche Lastspitze durch den Betrieb der Wärmepumpen beträgt im Tagesmittel insgesamt rund 17 MW.

Jahr	2030	2035	2040	2045
Strombedarf in GWh/a	10,0	18,4	30,5	43,1
Lastspitze Tagesmittel in MW	4	7	12	17

Tabelle 30: Auswirkungen des Zielszenarios auf das Stromnetz, Zahlen für die Jahre 2030 und 2045

Der zusätzliche Strombedarf zentraler Wärmepumpen für die Wärmeerzeugung in Wärmenetzen ist hier nicht berücksichtigt. Die Wärmepumpe am Klärwerk würde bei dem angenommenen Wärmeerzeugungspotential von 10,67 GWh pro Jahr zu einem zusätzlichen Strombedarf von rund 3,6 GWh pro Jahr führen.

Grob überschlagen ist somit insgesamt von einem zusätzlichen Strombedarf von rund 47 GWh pro Jahr und stündlichen Lastspitzen von rund 23 MW auszugehen.

8 Umsetzungsstrategie

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Schritte der Umsetzungsstrategie und des Maßnahmenkatalogs zum Erreichen des Zielszenarios und damit einer klimaneutralen Wärmeversorgung dargestellt.

8.1 Übersicht über die Umsetzungsstrategie

Mit der hier vorliegenden kommunalen Wärmeplanung ergeben sich insgesamt folgende Maßnahmen für die Umsetzungsstrategie, welche nach Zuständigkeit sortiert sind:

1. Umsetzungswebpage für die Wärmewende
2. Angebote Energie- und Fernwärmeberatung
3. Verdichtung Fernwärme im Bestandsnetz
4. Ausbau Fernwärme in Ludwigsfelde
5. Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung
6. Energiesparplan in kommunalen Einrichtungen
7. Wärmewende-Netzwerk Ludwigsfelde
8. Wärmewende-Monitoring
9. Fortführung Regelaustausch Stadt mit Energieversorgern
10. Begleitende Handwerkerinitiative
11. Machbarkeitsprüfung Nahwärmenetze
12. Errichtung von PV-Anlagen auf öffentlichen Gebäuden

Die Bewertung der Priorität und Wirksamkeit ergibt sich relative zu den Maßnahmen auf einer Skala von 1 (Sehr hoch) und 5 (Sehr niedrig) für Priorität und 1 (Sehr niedrig) und 5 (Sehr hoch) für die Wirksamkeitsabschätzung.

Projektskizze 1: Umsetzungswebpage für die Wärmewende

	
Hauptzugang zu den zentralen Informationen zur Umsetzung der KWP	
Ziele / Planungen	Informationen zur KWP sollen verständlich dargestellt werden, wobei wichtige Zielgruppen inkludiert und durch die Kommune zusätzlich motiviert werden sollen. Die Infos präsentieren u.a. die Wärmelösungstechnik und Kosten vor und verlinkt zu LEA mit dem Regionalverband und Stadtwerken. Zusätzlich soll ein Format zur Interessensanmeldung für FW und NW angeboten werden. Die Webpage zur KWP sollte in die städtische Webpräsenz eingebunden werden.
Maßnahmenvorschläge	■ Allgemeine Information zur KWP und Umsetzung - Texte zur KWP

	- Karten aus KWP - Zitate & Reaktionen aus Veranstaltungen ggfs. Video-Verlinkungen (s. Projektskizze 2) ■ Beispielprojekte für EE-Wärme ■ Online Seminare zu zentralen Umsetzungsthemen
Kosten und Finanzierung	Für die Maßnahme „Allgemeine Information zur KWP und Umsetzung“ fallen einmalig zwischen 5.000€ und 7.000€ in 2026 an. Alle anderen Maßnahmen sind enthalten durch Verlinkung
Versorgung	Die Maßnahme „Beispielprojekte für EE-Wärme“ ist getrennt nach FW und WP. Die anderen Maßnahmen sind versorgungsübergreifend
Gebäudetypen	Während „Allgemeine Informationen zur KWP“ sich auf alle Gebäudetypen bezieht, unterscheiden die „Beispielprojekte“ zwischen Einfamilienhäusern (EFH) und Mehrfamilienhäusern (MFH), ggfs. Auch Gewerbe. Die Online-Seminare fokussieren sich insbesondere auf EFH und MFH
Konzeption/Koordination durch	Stadt Ludwigsfelde
Durchführung durch	Stadt Ludwigsfelde. Die Online-Seminare werden über Verlinkung bereitgestellt
Priorität	Sehr hohe Priorität fällt für „Allgemeine Informationen zur KWP“ und „Beispielprojekte“ an. Mittlere Priorität erhält die Etablierung von „Online-Seminaren“
Wirksamkeit	Die Maßnahme stellt eine unverzichtbare „Grundausstattung“ dar

Projektskizze 2: Angebote Energie- und Fernwärmeberatung

 Fachkundige Beratung zu der passenden Wärmeerzeugung ist der Schlüssel für eine erfolgreiche Umsetzung	
Ziele / Planungen	Die Maßnahme zielt darauf ab, passende Wärmeversorgungsoptionen aufzuzeigen, Hinweise zum Heizungstausch und zu sinnvollen bzw. notwendigen Sanierungen zu geben sowie verfügbare Fördermöglichkeiten verständlich darzustellen. Ergänzend werden Anschlussoptionen, Produkte mit Kosten sowie deren Vor- und Nachteile berücksichtigt.
Maßnahmenvorschläge	■ Geförderte individuelle Energieberatung über Verlinkung zu Landesprogrammen

	■ Lösungsberatung für den Anschluss an das FW-Netz
Kosten und Finanzierung	Die Finanzierung und Durchführung der „Lösungsberatung für den Anschluss an das FW-Netz“ obliegt den Stadtwerken Ludwigsfelde.
Versorgung	Wärmepumpe und Fernwärme
Gebäudetypen	Ein- und Mehrfamilienhäuser
Konzeption/Koordination durch	Stadt Ludwigsfelde und Verbraucherzentrale für Energieberatung und Stadtwerke Ludwigsfelde für Lösungsberatung
Durchführung durch	Verbraucherzentrale für Energieberatung und Stadtwerke Ludwigsfelde für Lösungsberatung
Priorität	Mittlere Priorität für „Geförderte individuelle Energieberatung“ und hohe Priorität für „Lösungsberatung für den Anschluss an das FW-Netz“.
Wirksamkeit	Mittlere Wirksamkeit für „Geförderte individuelle Energieberatung“ und sehr hohe Wirksamkeit für „Lösungsberatung für den Anschluss an das FW-Netz“.

Projektskizze 3: Verdichtung Fernwärme im Bestandsnetz

	Verdichtung entlang der bestehenden FW-Trassen
Situation im Gebiet	Die Stadtwerke Ludwigsfelde betreiben aktuell mehrere Fernwärmenetze in der Stadt Ludwigsfelde. Entlang der bestehenden Trassen wird eine größere Anzahl von Gebäude mit dezentral betriebenen, fossilen Wärmeerzeugern mit Wärme versorgt. Durch die vorliegende Maßnahme sollen Gebäudeeigentümer bei bestehendem Ersatzbedarf von dem Anschluss an die dekarbonisierte Fernwärme überzeugt werden.
Eignungsgebiete	Alle Baublöcke/Gebäude entlang der bestehenden Fernwärmetrassen, die aktuell nicht angeschlossen sind.
Ziele / Planungen	Die Planung setzt auf qualifizierte Angebote und den Nachweis von Kostenneutralität, ergänzt durch Anreize wie eine

	Sprinterprämie. Informationsveranstaltungen und gezielte Ansprachen (mit Projektskizze 4 abgestimmt) sollen die Teilnehmer effektiv erreichen.
Maßnahmenvorschläge	■ Anschluss möglichst vieler weiterer Kunden an die Fernwärme an den bestehenden Trassen
Kosten und Finanzierung	Die Durchführung und Finanzierung laufen über die Stadtwerke Ludwigsfelde
Versorgung	Zentrale Versorgung
Gebäudetypen	Übergreifend
Konzeption/Koordination durch	Stadtwerke Ludwigsfelde
Durchführung durch	Stadtwerke Ludwigsfelde
Priorität	Sehr hohe Priorität
Wirksamkeit	Sehr hohe Wirksamkeit

Projektskizze 4: Ausbau Fernwärme in Ludwigsfelde

Geplanter Ausbau der FW-Netze der Stadtwerke Ludwigsfelde	
Situation im Gebiet	Die Stadtwerke Ludwigsfelde betreiben mehrere FW-Netze. Diese sollen sukzessive bis 2045 ausgebaut werden.
Eignungsgebiete	Alle für den Ausbau geplanten Gebiete entsprechend des in der Karte skizzierten Netzausbaus
Ziele / Planungen	Die Ziele der Maßnahme umfassen auf der Basis des geplanten Netzbaus die Bereitstellung wettbewerbsfähiger Angebote und die aktive Ansprache und Beratung von Kunden
Maßnahmenvorschläge	■ Bau der geplanten Trassen bis 2035 ■ Anschluss möglichst vieler Kunden an die Wärmeleitung bis 2035 ■ Integration der Abwärme des geplanten Rechenzentrums und Einsatz von Grünem Gas und Pelletkesseln ab 2035
Kosten und Finanzierung	Die Durchführung und Finanzierung laufen über die Stadtwerke Ludwigsfelde
Versorgung	Zentrale Versorgung
Gebäudetypen	Übergreifend
Konzeption/Koordination durch	Stadtwerke Ludwigsfelde

Durchführung durch	Stadtwerke Ludwigsfelde
Priorität	Hohe Priorität
Wirksamkeit	Sehr Hohe Wirksamkeit

Projektskizze 5: Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung

	
Dekarbonisierung der FW-Erzeugung durch Umstellung der Erzeugung	
Situation im Gebiet	Die Stadtwerke Ludwigsfelde haben im Rahmen der parallel zur KWP erstellten Transformationsplanung den Pfad und alle Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung für ihre FW-Netze geplant.
Eignungsgebiete	Bestehende und geplante FW-Netzgebiete
Ziele / Planungen	Reduzierung von Treibhausgasemissionen und Investitionen in Infrastruktur
Maßnahmenvorschläge	■ Bau eines Wärmespeichers
Kosten und Finanzierung	Die Durchführung und Finanzierung laufen über die Stadtwerke Ludwigsfelde
Versorgung	Zentrale Versorgung
Gebäudetypen	Übergreifend
Konzeption/Koordination durch	Stadtwerke Ludwigsfelde
Durchführung durch	Stadtwerke Ludwigsfelde
Priorität	Hohe Priorität
Wirksamkeit	Sehr hohe Wirksamkeit

Projektskizze 6: Energiesparplan in kommunalen Einrichtungen

Situation im Gebiet	In den vergangenen Jahren wurden bereits verschiedene erste Maßnahmen zur Sanierung und energetischen Optimierung kommunaler Liegenschaften geplant und umgesetzt sowie Schulungen für den bewussten Umgang mit Ressourcen durchgeführt.
Ziele / Planungen	Das Energiemanagement in kommunalen Einrichtungen fokussiert sich auf die Reduzierung des Energieverbrauchs 1. Verhaltensbedingt: Unterstützt Fördern durch energieeffizienter Verhaltensweisen aller Nutzungsgruppen, durch Anwenden sowie pädagogischer

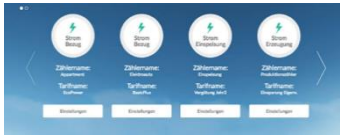
	Konzepte für einen bewussten Ressourceneinsatz und Best-Practice-Beispielen, die verantwortungsvolles Handeln fördern sollen. - Identifizierung baulicher Einsparpotentiale von städtischen Liegenschaften zur Sicherstellung der zukünftigen Wärmeversorgung - Etablierung kommunales Energiemanagement
Maßnahmenvorschläge	(Energetische) Sanierung kommunaler Gebäude
Kosten und Finanzierung	Die Durchführung und Finanzierung laufen über die Stadtwerke Ludwigsfelde
Versorgung	Die Versorgung ist grundsätzlich übergreifend.
Gebäudetypen	Alle Maßnahmen betreffen ausschließlich kommunale Einrichtungen
Konzeption/Koordination durch	Stadt Ludwigsfelde sowie Stadtwerke Ludwigsfelde
Durchführung durch	Stadt Ludwigsfelde, Stadtwerke Ludwigsfelde und teils Bundesförderung
Priorität	Sehr hohe Priorität
Wirksamkeit	Sehr hohe Wirksamkeit

Projektskizze 7: Wärmewende-Netzwerk Ludwigsfelde

	
Regelmäßiger Austausch zu Wärmeversorgungsthemen	
Situation im Gebiet	In der Stadt Ludwigsfelde werden eine größere Zahl von Mehrfamilienhäusern von Wohnungsbaugesellschaften und Hausverwaltungen betrieben und betreut. Im Rahmen der KWP wurden zwei Workshops mit WBGs, Verwaltungen und Eigentümern durchgeführt. Dieser Austausch soll im Rahmen der Umsetzung fortgeführt werden.
Ziele / Planungen	Austausch zu allen Aspekten und Lösungen zur Umstellung der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien.
Maßnahmenvorschläge	- Regelmäßige organisierte und vorbereitete Sitzungen 2 Sitzungen/Veranstaltungen pro Jahr
Kosten und Finanzierung	Die Finanzierung wird mittels bestehender Ressourcen gewährleistet
Gebäudetypen	Übergreifend

Konzeption/Koordination durch	Stadt Ludwigsfelde
Durchführung durch	Stadt Ludwigsfelde mit Stadtwerke Ludwigsfelde
Priorität	Niedrig
Wirksamkeit	Niedrig

Projektskizze 8: Wärmewende-Monitoring

	
Messung und Bericht über Umsetzungsfortschritt	
Ziele / Planungen	Die Maßnahme umfasst die regelmäßige Prüfung der Umsetzungsfortschritte über den alle 3 Jahre fortgeschriebenen Wärmeatlas sowie eine jährliche Stichprobenerhebung zum Gesamtwärmebedarf. Begleitende Kommunikation soll die Motivation stärken, während die kontinuierliche Aktualisierung eine hohe Planungs- und Umsetzungsqualität, flexible Anpassungen an Entwicklungen und eine verlässliche Entscheidungsgrundlage für weitere Maßnahmen sicherstellt.
Maßnahmenvorschläge	■ Nutzung Wärmekataster durch Aktualisierung ■ Erhebung Wärmebedarf alle 2-3 Jahre
Kosten und Finanzierung	Für die Maßnahmen fallen 3.500€ alle drei Jahre an
Versorgung	Allgemein
Gebäudetypen	Übergreifend
Konzeption/Koordination durch	Stadt Ludwigsfelde
Durchführung durch	Stadt Ludwigsfelde mit Unterstützung durch Stadtwerke, Wohnungsbaugesellschaften und weitere Interessensvertreter
Priorität	Moderate Priorität
Wirksamkeit	Moderate Wirksamkeit

Projektskizze 9: Fortführung Regelaustausch Stadt mit Energieversorgern



Regelmäßiger Austausch zu Wärmeversorgungsthemen

Situation im Gebiet	In der Stadt Ludwigsfelde werden eine größere Zahl von Mehrfamilienhäusern von Wohnungsbaugesellschaften und Hausverwaltungen betrieben und betreut. Im Rahmen der KWP wurden zwei Workshops mit WBGs, Verwaltungen und Eigentümern durchgeführt. Dieser Austausch soll im Rahmen der Umsetzung fortgeführt werden.
Ziele / Planungen	Austausch und Koordination von Bauvorhaben zu allen Aspekten und Lösungen zur Umstellung der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien.
Maßnahmenvorschläge	■ Jour Fix Wärmenetzentwicklung mit städtischen Baumaßnahmen
Kosten und Finanzierung	Die Finanzierung wird mittels bestehender Ressourcen gewährleistet
Versorgung	Fernwärme
Gebäudetypen	Übergreifend
Konzeption/Koordination durch	Stadt Ludwigsfelde
Durchführung durch	Stadt Ludwigsfelde mit Stadtwerke Ludwigsfelde
Priorität	Hoch
Wirksamkeit	Hoch

Projektskizze 10: Begleitende Handwerkerinitiative



Fachkundige Beratung und Installation durch das lokale Handwerk

Ziele / Planungen	Ziel dieser Maßnahme ist der Austausch zu Umsetzungsthemen, die Schaffung von Angeboten für Handwerkerschulungen (vgl. IHKs bzw. HKs in Brandenburg) und die Kooperationen zu Know-How und Ressourcenengpässen
Maßnahmenvorschläge	■ Gemeinsame Initiative mit den Innungsmeistern zur Umsetzung der Wärmewende ■ Austausch über Wärmelösungen

	Schulungen/Best Practice zu WP und FW
Kosten und Finanzierung	Kosten entstehen durch den Personalbedarf für die Koordination sowie ggf Sachmittel für die Durchführung von Schulungen
Versorgung	WP
Gebäudetypen	Übergreifend
Konzeption/Koordination durch	Handwerksinnungen ggfls. unterstützt durch Stadt Ludwigsfelde
Durchführung durch	Handwerksinnungen
Priorität	Moderate Priorität
Wirksamkeit	Moderate Wirksamkeit

Projektskizze 11: Machbarkeitsprüfung Nahwärmenetze

In Gebieten mit hoher Wärmedichte und ohne geplante Fernwärme bieten sich Nahwärmelösungen an, in dezentralen Gebieten können durch Kooperationen ebenfalls Wärmeversorgungs-lösungen entstehen	
Situation im Gebiet	Im Zielszenario wurden Gebiete ausgewiesen, die ausreichend Wärmedichte für ein Wärmenetz ausweisen, von den Energieversorgern aber nicht zentral erschlossen werden. In diesen Gebieten besteht die Möglichkeit Nahwärme- oder Insellösungen im Rahmen von geförderten Machbarkeitsstudie zu prüfen. In dezentral zu versorgenden Gebieten sollen ebenfalls mögliche, kooperative Lösungen identifiziert werden.
Eignungsgebiete	Gebiete im Zielbild mit einer Eignung wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich, in denen bis 2045 kein FW-Ausbau vorgesehen ist. Dezentral versorgte Gebiete
Ziele / Planungen	Das übergreifende Ziel der Planung ist die Beratung und Koordination für quartiersbezogene Nahwärmelösungen
Maßnahmenvorschläge	Hilfestellung, Input, Analyse und Förderung in Gebieten mit höheren Wärmedichten ohne Fernwärme MBS Bahnhofsviertel

Kosten und Finanzierung	Personalkosten, Sachkosten für Konzepte sind einmalig förderfähig zwischen 20.000€ und 50.000€. Ein Förderungspotenzial gilt es zu prüfen über KfW Programm 432 mit mindestens 75 %
Versorgung	Nahwärme oder dezentrale Lösungen
Gebäudetypen	Übergreifend
Konzeption/Koordination durch	Stadt Ludwigsfelde und weitere (private) Initiatoren
Durchführung durch	Energieberater für die Förderung
Priorität	Moderate Priorität
Wirksamkeit	Hohe Wirksamkeit

Projektskizze 12: Errichtung von PV-Anlagen auf öffentlichen Gebäuden

	
Klärung über die weitere Nutzung und Entwicklung der Gasnetze	
Situation im Gebiet	Die Stadt Ludwigsfelde hat sich zum Ziel gesetzt auf öffentlichen Gebäuden PV-Anlagen als ein weiterer Schritt zur Klimaneutralität zu errichten. Als Pilotprojekt wurden bereits PV-Anlagen auf einer KITA installiert.
Ziele / Planungen	Reduktion der Treibhausgase mittels PV-Anlagen
Maßnahmenvorschläge	■ Selektion und Bau von PV-Anlagen auf öffentlichen Gebäuden
Kosten und Finanzierung	Durchführung und Finanzierung durch Stadt Ludwigsfelde
Versorgung	PV-Anlagen
Gebäudetypen	Öffentlichen/kommunale Gebäude
Konzeption/Koordination durch	Stadt Ludwigsfelde
Durchführung durch	Stadt Ludwigsfelde
Priorität	Moderate Priorität
Wirksamkeit	Moderate Wirksamkeit

9 Öffentlichkeits- und Stakeholderbeteiligung bei der Erstellung der Wärmeplanung

Die Einbindung relevanter Akteure sowie der Öffentlichkeit ist ein wichtiger Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung und dient vor allem zur Sicherung der Akzeptanz und Realisierbarkeit der geplanten Maßnahmen. Ein offener Austausch mit lokalen Partnern, wie etwa Energieversorgern, Wohnungsunternehmen, der Industrie und den gewerblichen Betrieben, ermöglicht es, frühzeitig Informationen zu bündeln, Potenziale zu identifizieren und Umsetzungshürden realistisch einzuschätzen.

Auf der Grundlage einer eigenen Kommunikationsplanung wurde parallel zu der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung der offene Austausch mit zentralen Akteursgruppen gesucht. Neben der regelmäßigen Abstimmung mit der Verwaltung wurden Gespräche mit Interessengruppen, mit Immobilieneigentümern und Wohnungsbaugesellschaften bzw. deren Vertreter und mit potenziellen Abwärme Lieferanten geführt. Auch die Öffentlichkeit wurde über den öffentlichen Ausschuss für Umwelt, Bau und Mobilität sowie über entsprechende Öffentlichkeitsarbeit über den Projektstand informiert. Die Stadtwerke Ludwigsfelde waren an der Erarbeitung beteiligt. Die e.district als weiterer Wärmenetzbetreiber wurde ebenfalls angesprochen und hat im Rahmen der Beteiligung Daten und Informationen zur Weiterentwicklung und Dekarbonisierung der eigenen Wärmenetze eingebracht.

Ziel dieser Aktivitäten war es frühzeitig Erwartungen zu klären und die kommunalen Gegebenheiten und Interessen in die Planungsprozesse einzubeziehen – als Grundlage für eine umsetzbare, lokal abgestimmte Wärmewendestrategie.

9.1 Akteursbeteiligung zu Projektbeginn

Mit Beginn der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung wurde ein operatives Projektteam und Berichtswege aus dem Projekt in die Verwaltung eingerichtet, um den Rahmen für den gesamten Planungsprozess zu schaffen und bei Vorliegen von Ergebnissen Weichenstellungen für die weitere Arbeit vorzunehmen. Das Projektteam bestand aus Vertreterinnen und Vertretern der Stadt und der externen Projektpartner PRO ENERGY CONSULT und Qoncept Energy. In der Anfangsphase wurde das Team zudem durch verschiedene Abteilungen der Stadt Ludwigsfelde zur Ausgestaltung der Datenerhebung und Erstellung des Kommunikationskonzeptes unterstützt.

Im Rahmen regelmäßiger Projektsitzungen wurden die relevanten Datengrundlagen identifiziert sowie festgelegt, welche Akteure aus Verwaltung, Wirtschaft und Energiewirtschaft aktiv in den Prozess eingebunden werden sollten. Ziel war es, eine tragfähige Grundlage für die Bestandsanalyse und die spätere Entwicklung von Szenarien zu schaffen.

Ein besonderer Fokus lag dabei auf der Einbindung der örtlichen Gewerbebetriebe. In enger Abstimmung mit der Kommune wurden Betriebe kontaktiert, bei denen ein relevantes Wärmepotenzial vermutet wurde und zu einer Teilnahme an einer strukturierten Befragung eingeladen. Dabei standen Informationen zu aktuellen Energieverbräuchen sowie potenziellen Abwärmequellen im Vordergrund.

Nach Abschluss der Bestands- und Potenzialanalyse wurden verschiedene Stellen in der Stadt Ludwigsfelde und deren Verwaltung über den Zwischenstand des Projekts informiert.

9.2 Beteiligung in den Projektphasen

Im Rahmen der Analyse potenzieller Wärmenetzeignungsgebiete wurden gezielte Gespräche mit relevanten Schlüsselakteuren geführt. Zentrale Gesprächspartner waren neben der Stadt die Stadtwerke Ludwigsfelde. Weitere Betriebe und gewerbliche Organisationen, die grundsätzlich für die Bereitstellung von Abwärme und den Betrieb dezentraler Wärmenetze in Betracht kommen, wurden auch im Rahmen der im zeitlichen Vorlauf erstellten Transformationsplanung der Stadtwerke Ludwigsfelde angesprochen. In diesem Zusammenhang sind auch Abstimmungen mit den Wohnungsbauunternehmen erfolgt.

Sämtliche Abstimmungen und Beteiligungsformate wurde über begleitend über die Projektphasen von der Bestands- und Potenzialanalyse über die Entwicklung des Zielszenarios bis zur Abstimmung der Umsetzungs- und Verstetigungsstrategie durchgeführt. Nach Abschluss des Zielszenarios wurde dieses zudem in einer Sitzung im Bau-Ausschuss vorgestellt. Dieser Austausch diente nicht nur der Information, sondern auch der Einbindung kommunalpolitischer Perspektiven in die weiteren Planungen.

9.3 Öffentlichkeitsinformation und -beteiligung

Im Verlauf der Erstellung der KWP wurde die Öffentlichkeit im Rahmen der Projektkommunikation über die Webpage der Stadt Ludwigsfelde über den Zwischenstand des Projekts sowie die wesentlichen Ergebnisse informiert.

Der finale Wärmeplan wird in einer Ratssitzung zur Beschlussfassung vorgelegt. Im Anschluss wird der beschlossene Wärmeplan über die Website der Stadt veröffentlicht und damit allgemein zugänglich gemacht.

Darüber hinaus ist nach Fertigstellung des Wärmeplans eine öffentliche Informationsveranstaltung geplant, auf der die zentralen Ergebnisse vorgestellt und erläutert werden. Ziel ist es, Transparenz zu schaffen, die Öffentlichkeit einzubinden und Akzeptanz für die weiteren Schritte im Umsetzungsprozess zu fördern.

10 Wärmewendestrategie

10.1 Verstetigungsstrategie

Die kommunale Wärmeplanung der Stadt Ludwigsfelde ist als langfristiger, iterativer Prozess angelegt und stellt keinen einmaligen Planungsakt dar. Auf der Grundlage des WPG ist eine regelmäßige Aktualisierung zudem gesetzlich gefordert. Um ihre Wirksamkeit dauerhaft zu sichern und die Zielsetzung einer weitgehenden Dekarbonisierung der Wärmeversorgung zu erreichen, ist eine strukturelle und institutionelle Verstetigung erforderlich. Die im Rahmen der Wärmeplanung entwickelten Handlungsfelder und Maßnahmen entfalten ihre nachhaltige Wirkung nur dann, wenn sie kontinuierlich begleitet, regelmäßig überprüft und systematisch weiterentwickelt werden. Ziel der Verstetigungsstrategie ist es daher, die kommunale Wärmeplanung dauerhaft im Verwaltungshandeln der Stadt Ludwigsfelde zu verankern, ihre regelmäßige Fortschreibung sicherzustellen und eine belastbare Grundlage für Monitoring, Controlling sowie die Verzahnung mit weiteren kommunalen Strategien, insbesondere im Bereich Klimaschutz, Stadtentwicklung und Energieinfrastruktur, zu schaffen.

Mit dem Inkrafttreten des Wärmeplanungsgesetzes ist die kommunale Wärmeplanung eine gesetzlich geregelte Pflichtaufgabe. Die Stadt Ludwigsfelde verfolgt vor diesem Hintergrund das Ziel, den Wärmebedarf schrittweise zu reduzieren und die Wärmeversorgung bis spätestens 2045 weitgehend treibhausgasneutral auszugestalten. Die Verstetigungsstrategie stellt sicher, dass die kommunale Wärmeplanung als strategischer Orientierungsrahmen dauerhaft wirksam bleibt und flexibel auf neue rechtliche, technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen reagieren kann.

Rollierende Fortschreibung der Wärmeplanung

Die kommunale Wärmeplanung wird in der Stadt Ludwigsfelde als rollierende Planung umgesetzt. Dies bedeutet, dass der bestehende Wärmeplan in regelmäßigen Abständen, mindestens jedoch im Fünfjahresrhythmus, überprüft, aktualisiert und fortgeschrieben wird. Neue Daten, Erkenntnisse aus der Umsetzung, technologische Entwicklungen sowie veränderte gesetzliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen werden dabei systematisch berücksichtigt. Der Planungshorizont erstreckt sich langfristig bis zum Zieljahr der Treibhausgasneutralität, wobei kurzfristige Zeiträume mit höherer Planungstiefe betrachtet werden und längerfristige Zielpfade sukzessive konkretisiert werden. Auf diese Weise bleibt die Wärmeplanung handlungsleitend und anpassungsfähig.

Organisatorische Verankerung in der Verwaltung

Die organisatorische Verantwortung für die kommunale Wärmeplanung wird dauerhaft innerhalb der Stadtverwaltung Ludwigsfelde verankert. Eine fachlich geeignete Organisationseinheit übernimmt die Federführung als planungsverantwortliche Stelle im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes und ist für die laufende Betreuung, Fortschreibung und Weiterentwicklung des Wärmeplans zuständig. Hierzu gehört insbesondere die Koordination der Maßnahmenumsetzung, die Schnittstelle zur Kommunalpolitik sowie die Abstimmung mit relevanten internen und externen Akteuren, insbesondere den Stadtwerken und weiteren Infrastrukturbetreibern.

Zur Sicherstellung eines effizienten und kohärenten Verwaltungshandelns wird eine kontinuierliche ämterübergreifende Abstimmung etabliert. Dadurch wird gewährleistet, dass die Ziele und Maßnahmen der Wärmeplanung frühzeitig in andere kommunale Planungs- und Entscheidungsprozesse, etwa in der Stadtentwicklung, der Bauleitplanung oder bei Infrastrukturmaßnahmen, integriert werden.

Datenmanagement, Monitoring und Controlling

Eine zentrale Voraussetzung für die Verstetigung der kommunalen Wärmeplanung ist die kontinuierliche Pflege, Aktualisierung und Auswertung relevanter Daten. Hierzu zählen insbesondere Energieverbrauchsdaten, Gebäudestruktur- und Nutzungsdaten, Informationen zu bestehenden Erzeugungsanlagen und Energieinfrastrukturen sowie Daten zu Potenzialen erneuerbarer Wärmequellen. Diese Daten werden regelmäßig aktualisiert und in geeigneten digitalen Systemen, insbesondere GIS-basiert, zusammengeführt.

Ergänzend wird ein strukturiertes Datenkataster aufgebaut, das die verwendeten Datenquellen, Zuständigkeiten, Aktualisierungszyklen und Qualitätsanforderungen dokumentiert. Die Ergebnisse des Monitorings und Controllings bilden die fachliche Grundlage für die regelmäßige Berichterstattung, die Fortschreibung der Wärmeplanung sowie die Priorisierung weiterer Maßnahmen.

Politische Rückkopplung und Beschlusswesen

Die Verstetigung der kommunalen Wärmeplanung wird durch eine klare politische Anbindung abgesichert. Der Wärmeplan wird durch die politischen Gremien der Stadt Ludwigsfelde beschlossen und regelmäßig fortgeschrieben. In festgelegten Abständen wird über den Umsetzungsstand der Maßnahmen, neue Analysen, Veränderungen der Rahmenbedingungen sowie den daraus resultierenden Handlungsbedarf berichtet. Auf diese Weise wird die Wärmeplanung dauerhaft politisch legitimiert und als Bestandteil der kommunalen Entscheidungsfindung etabliert. Gleichzeitig wird geprüft, inwieweit politische Beschlüsse und kommunale Planungen mit den Zielen der Wärmeplanung in Einklang stehen.

Kommunikation und Beteiligung

Eine transparente und kontinuierliche Kommunikation ist ein wesentlicher Bestandteil der Verstetigungsstrategie. Die Stadt Ludwigsfelde informiert die Öffentlichkeit regelmäßig über den Stand der kommunalen Wärmeplanung, geplante Maßnahmen sowie über konkrete Umsetzungsschritte. Hierfür werden bestehende Kommunikationskanäle genutzt und bei Bedarf durch weitere Beteiligungsformate ergänzt. Ziel ist es, das Verständnis für die Wärmewende zu stärken, Akzeptanz für notwendige Veränderungen zu schaffen und Investitionsentscheidungen von Bürgerinnen, Bürgern und Unternehmen zu unterstützen.

Ressourcensicherung und langfristige Handlungsfähigkeit

Die dauerhafte Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung erfordert eine angemessene personelle und finanzielle Ausstattung. Die Stadt Ludwigsfelde stellt sicher, dass ausreichende personelle Ressourcen für Planung, Koordination, Monitoring und Kommunikation zur Verfügung stehen. Darüber hinaus werden Mittel für externe Fachgutachten, Machbarkeitsstudien und Beteiligungsprozesse eingeplant. Förderprogramme werden systematisch genutzt und durch kommunale Eigenmittel ergänzt, um die langfristige Handlungsfähigkeit der kommunalen Wärmeplanung sicherzustellen.

Mit dieser Verstetigungsstrategie stellt die Stadt Ludwigsfelde sicher, dass die kommunale Wärmeplanung dauerhaft als verbindlicher Bestandteil des kommunalen Verwaltungshandelns verankert wird. Die geregelte Fortschreibung, das systematische Monitoring sowie die politische Rückkopplung gewährleisten eine langfristige Wirksamkeit der Wärmeplanung und unterstützen die zielgerichtete Transformation der Wärmeversorgung.

10.2 Controllingkonzept

Das Controlling-Konzept der Stadt Ludwigsfelde stellt die systematische Überwachung, Bewertung und Steuerung der Zielerreichung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung sicher. Es dient als zentrales Instrument zur Fortschrittskontrolle, Qualitätssicherung und strategischen Weiterentwicklung der Wärmeplanung und bildet zugleich die Grundlage für eine transparente Berichterstattung gegenüber Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit. Ziel ist es, die Umsetzung der definierten Strategien und Maßnahmen nachvollziehbar zu dokumentieren, Zielabweichungen frühzeitig zu erkennen und bei Bedarf geeignete Steuerungs- und Anpassungsmaßnahmen einzuleiten.

Das Controlling folgt einem integrierten Ansatz, der eine strategische Top-down-Perspektive mit einer operativen Bottom-up-Perspektive kombiniert. Auf diese Weise werden sowohl übergeordnete Zielpfade als auch die konkrete Umsetzung einzelner Maßnahmen ganzheitlich betrachtet. Die Federführung für das Controlling liegt bei der Stadt Ludwigsfelde, die die relevanten Prozesse zur Datenerhebung, -auswertung und Berichterstattung definiert, koordiniert und kontinuierlich weiterentwickelt.

Ziel des Controllings ist die Sicherstellung der kontinuierlichen Zielverfolgung und Nachsteuerung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung der Stadt Ludwigsfelde. Das Controlling unterstützt die regelmäßige Überprüfung der Zielerreichung, die Bewertung der Wirksamkeit umgesetzter Maßnahmen sowie die sachgerechte Fortschreibung des Wärmeplans. Organisatorisch wird das Controlling in die bestehende Verwaltungsstruktur der Stadt Ludwigsfelde eingebunden. Die verantwortliche Fachabteilung übernimmt die Gesamtkoordination, das Datenmanagement, die Entwicklung und Pflege der Indikatoren sowie die Erstellung der Controllingberichte. Zur Sicherstellung einer fachlich fundierten und abgestimmten Steuerung kann ein verwaltungsinternes Steuerungs- oder Kontrollgremium eingerichtet werden, gegebenenfalls unter Einbindung externer Akteure wie Energieversorger oder weiterer relevanter Stakeholder.

Die Ausgestaltung des Controllings erfolgt im Einklang mit den Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes. Dieses schreibt eine Überprüfung des kommunalen Wärmeplans im Fünfjahresrhythmus vor und verpflichtet zur Überwachung der Fortschritte bei der Umsetzung der ermittelten Strategien und Maßnahmen. Bestandteil dieser Überprüfung ist die Festlegung und Fortschreibung geeigneter Indikatoren, die den Zielpfad hin zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung abbilden. Die Indikatoren sind für das gesamte Stadtgebiet zu definieren und bilden die Entwicklung des Endenergieverbrauchs, der Treibhausgasemissionen, der leitungsgebundenen Wärmeversorgung sowie der angeschlossenen Gebäude ab. Sie dienen als zentrale Bewertungsgrundlage für die Fortschrittskontrolle und die rechtssichere Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung.

Top-down-Verfolgung der Zielerreichung

Die strategische Top-down-Perspektive orientiert sich an den übergeordneten energie- und klimapolitischen Zielen der Stadt Ludwigsfelde sowie an den gesetzlichen Vorgaben. Diese Zielsetzungen werden in messbare Key Performance Indicators (KPIs) überführt, um eine objektive und nachvollziehbare Bewertung der Zielerreichung zu ermöglichen.

Zu den zentralen Zielgrößen zählen insbesondere die Reduktion der CO₂-Emissionen, der steigende Anteil erneuerbarer Wärme, die Senkung des Endenergieverbrauchs sowie die energetische Sanierungsquote im Gebäudebestand. Als Basisjahr dient das Jahr 2023. Die Zielwerte sind so definiert, dass sie einen realistischen, zugleich ambitionierten Zielpfad bis zum Jahr 2030 abbilden. Die Überprüfung dieser strategischen Kennzahlen erfolgt in einem regelmäßigen Fünfjahresintervall.

Bottom-up-Verfolgung der Maßnahmenumsetzung

Ergänzend zur strategischen Steuerung bewertet die Bottom-up-Perspektive die konkrete Umsetzung der Maßnahmen und Projekte der kommunalen Wärmeplanung. Grundlage hierfür sind regelmäßige Rückmeldungen der beteiligten Akteure, darunter Stadtwerke, Netzbetreiber, Quartiersakteure, Fördermittelgeber sowie weitere Projektbeteiligte.

Beobachtet werden unter anderem die Umsetzung und der Fortschritt von Quartierskonzepten, realisierte Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung, der Ausbau und die Verdichtung von Wärmenetzen, die Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie bewilligte Fördermittel und eingesetzte Projektbudgets. Auch Aspekte der Bürgerbeteiligung, etwa die Teilnahme an Informations- und Beteiligungsformaten, fließen in die Bewertung ein.

Indikatoren und Monitoring

Zur Bewertung der Zielerreichung und der Maßnahmenumsetzung werden qualitative und quantitative Indikatoren herangezogen. Diese umfassen unter anderem die Entwicklung des Wärmebedarfs, die Treibhausgasemissionen, den Heizungstausch im dezentralen Bereich, die Anzahl der Anschlüsse an Wärmenetze, den Ausbau und die Dekarbonisierung der Wärmenetze sowie Beratungs- und Informationsangebote für Bürgerinnen und Bürger. Die Datenerhebung erfolgt möglichst regelmäßig, in der Regel jährlich, mindestens jedoch im Rahmen der gesetzlich vorgesehenen Fünfjahresüberprüfung. Als Datenquellen dienen unter anderem Energieversorger, Netzbetreiber, Schornsteinfeger, Fördermittelgeber sowie eigene kommunale Erhebungen. Soweit rechtlich und organisatorisch möglich, wird eine kontinuierliche Verbesserung der Datenqualität und -verfügbarkeit angestrebt.

Die folgende Tabelle bietet eine Übersicht über die möglichen Zielgrößen des Controlling Konzepts:

Zielgrößen	KPI	Zielwert	Datenlieferant	Erhebungs- turnus
Reduktion der Treibhausgasemissionen	Jährliche CO ₂ -Emissionen der Wärmeversorgung (t CO ₂ e/Jahr)	–10 % bis 2030 (Basisjahr 2023)	Energieversorger, Netzbetreiber, kommunale THG-Bilanz	möglichst jährlich, mind. alle 5 Jahre
Senkung des Wärmebedarfs	Endenergieverbrauch Wärme gesamt (kWh/Jahr)	–15 % bis 2030 ggü. Referenz	Energieversorger, Netzbetreiber	möglichst jährlich, mind. alle 5 Jahre
Steigerung erneuerbarer Wärme	Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung (%)	≥ 30 % bis 2030	Netzbetreiber Wärme, Energieversorger	alle 5 Jahre
Ausbau leitungsgebundener Wärme	Anteil leitungsgebundener Wärme am Endenergieverbrauch (%)	Kontinuierliche Steigerung bis 2030	Netzbetreiber Wärme	alle 5 Jahre

Anschlussgrad Wärmenetze	Anteil angeschlossener Gebäude am Gebäudebestand (%)	Erhöhung in definierten Eignungsgebieten	Netzbetreiber Wärme	Jährlich
Ausbau Wärmenetzinfrastruktur	Länge neu errichteter Wärmenetze (m/Jahr)	Bedarfsorientierter Ausbau gemäß Wärmeplan	Netzbetreiber Wärme	Jährlich
Dekarbonisierung Wärmenetze	Emissionsfaktor / Primärenergiefaktor Nahwärme	kontinuierliche Reduktion bis 2045	Netzbetreiber Wärme	Jährlich
Transformation fossiler Infrastruktur	Anzahl Gas-Hausanschlüsse	deutliche Reduktion bis 2045	Gasnetzbetreiber	alle 5 Jahre
Reduktion fossiler Einzelheizungen	Anzahl fossiler Heizungsanlagen	kontinuierlicher Rückgang bis 2045	Schornsteinfeger	alle 5 Jahre
Heizungstausch dezentral	Anzahl installierter Wärmepumpen	kontinuierlicher Anstieg	Schornsteinfeger, Netzbetreiber Strom	alle 5 Jahre
Energetische Sanierung	Sanierungsquote am Gebäudebestand (%)	1,5–2,0 % pro Jahr	Bauordnungsamt, Fördermittelgeber	jährlich / aggregiert alle 5 Jahre
Förderung und Finanzierung	Abgerufene Fördermittel (€)	steigender Mittelabruf	BAFA, KfW u. a.	Jährlich
Beratung und Information	Anzahl Energieberatungen	kontinuierliche Steigerung	Verbraucherzentrale, Energieberater	Jährlich
Öffentlichkeitsarbeit	Anzahl Veranstaltungen / Teilnehmende	mindestens jährliche Informationsangebote	Stadtverwaltung	Jährlich
Bürgerbeteiligung	Beteiligungsquote an Formaten (%)	kontinuierliche Erhöhung	Stadtverwaltung	Jährlich

Tabelle 31: Mögliche Zielgrößen des Controlling Konzepts

Prozesscontrolling und qualitative Bewertung

Neben der inhaltlichen Ziel- und Maßnahmenkontrolle ist das Prozesscontrolling ein wesentlicher Bestandteil des Controlling-Konzepts. In regelmäßigen Abständen wird bewertet, inwieweit die Umsetzungsprozesse effizient, transparent und zielgerichtet ausgestaltet sind. Dabei werden unter anderem der Stand der Zielerreichung, der Anpassungsbedarf der Wärmewendestrategie, die Qualität der Entscheidungsprozesse sowie die Einbindung relevanter Akteure und der Öffentlichkeit betrachtet. Diese qualitative Bewertung ermöglicht es, strukturelle Schwächen frühzeitig zu identifizieren, Arbeitsabläufe zu optimieren und die Zusammenarbeit zwischen Verwaltung, Politik und externen Akteuren weiter zu verbessern.

Datenmanagement und Berichterstattung

Die Datenerhebung, -verarbeitung und Berichterstattung erfolgt über möglichst standardisierte Prozesse. Zentrale Grundlage bildet ein kommunales Datenmanagement, das relevante Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammenführt und konsolidiert. Die Nutzung eines städtischen GIS-Systems wird empfohlen, um räumliche Auswertungen zu ermöglichen und die Transparenz der Ergebnisse zu erhöhen. Ergänzend können einfache Auswertungsinstrumente eingesetzt werden, sofern eine rechtssichere Datenbasis vorliegt. Die Ergebnisse des Controllings werden in regelmäßigen Controllingberichten zusammengefasst. Diese werden mindestens alle fünf Jahre den zuständigen politischen Gremien vorgestellt und bilden die Grundlage für die Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans. Wesentliche Kennzahlen und Ergebnisse sollen zudem in geeigneter Form öffentlich zugänglich gemacht werden, um Transparenz und Akzeptanz für die Wärmewende in der Stadt Ludwigsfelde zu stärken.

Integration in die Fortschreibung der Wärmeplanung

Die im Controlling gewonnenen Erkenntnisse dienen als zentrale Grundlage für die kontinuierliche Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung. Auf Basis der Ergebnisse können Maßnahmen angepasst oder priorisiert, Zielabweichungen korrigiert und neue Handlungsbedarfe identifiziert werden. Damit stellt das Controlling ein zentrales Steuerungsinstrument dar, um die Wärmewende in der Stadt Ludwigsfelde langfristig wirksam, nachvollziehbar und rechtssicher umzusetzen.

11 Zusammenfassung

Die Wärmeplanung der Stadt Ludwigsfelde umfasst die Bereiche:

- Bestandsanalyse und Aktualisierung des bestehenden Wärmeatlases
- Potenzialanalyse
- Eignung leitungsgebundener Wärmeversorgung und Rückschlüsse auf dezentrale Wärmeversorgung
- Dezentrale Wärmeversorgung
- Entwicklung eines klimaneutralen Zielszenarios 2045
- Entwicklung einer Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog inklusive Projektskizzen

Die Bestandsanalyse zeigt auf, dass der Wärmebedarf der Stadt Ludwigsfelde fast vollständig fossil gedeckt wird. Daraus resultieren Treibhausgasemissionen von rund **70.000 t CO₂-Äquivalente pro Jahr**. Die Abnehmerstruktur ist durch rund 77 % Haushalte und 23 % GHD (inklusive Industrie) geprägt.

Der Wärmeatlas der Stadt Ludwigsfelde wurde mit den gemittelten Gasverbrauchsdaten der Jahre 2020-2023 erstellt und um weitere Darstellungen wie bspw. die der Quartiersebene, potenzieller Trassenverlauf eines Wärmenetzsystems, Darstellung des dezentralen Wärmeversorgungspotenzials etc. ergänzt.

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurde zunächst eine Wärmebedarfsentwicklung berechnet. Hierbei wurde zwischen Haushalten und dem Bereich GHD unterschieden. Insgesamt wird ein Wärmebedarfsrückgang von insgesamt rund **10 % bis 2030 und rund 31 % bis 2045** bei konservativen Annahmen der Gebäudemodernisierung prognostiziert.

Weiterhin wurde das Potenzial erneuerbarer Energien für die dezentrale und zentrale Wärmeversorgung ermittelt. Hier wurde deutlich, dass das Potenzial für lokale Biomasse und Solarthermie sehr begrenzt ist. Hingegen besteht ein Potenzial zur Nutzung der Abwärme aus dem Auslauf der Kläranlage WARL, die mittels von Großwärmepumpen in nennenswertem Umfang zur Wärmeversorgung des Fernwärmenetz beitragen kann. Hier kann nach ersten Berechnungen bei Jahresarbeitszahlen der Großwärmepumpe von **3,7 (bei 85 °C Vorlauftemperatur des Wärmenetzes) eine Heizleistung von bis zu 12 MW_{th}** bereitgestellt werden. Das Potenzial Tiefengeothermie wird als gering eingeschätzt. Demgegenüber konnte gezeigt werden, dass bis zu **50 %** der Gebäude mit dezentralen L/W-Wärmepumpen unter Einhaltung von aktuellen Abstands- und Schallemissionsregelungen ohne zusätzliche Schallschutzvorrichtungen mit Sanierungsmaßnahmen versorgt werden könnten. Zusätzlich wurde das Potenzial kartografisch auf Gebäudeebenen und Quartiersebene dargestellt. Das Potenzial zur Nutzung oberflächennaher Geothermie mit Erdwärmesonden bis zu einer Tiefe von 100 m und S/W-Wärmepumpe ist hingegen aufgrund des Flächenbedarfs und der höheren Investitionskosten sowie Wasserschutzgebiete im Stadtgebiet eingeschränkt.

Im Rahmen der Untersuchung der Eignung leitungsgebundene Wärmeversorgung“ wurden detaillierte Untersuchungen des Stadtgebiets durchgeführt. Neben der Auswertung der Wärmebedarfsdichten wurden potenzielle Trassenverläufe berechnet und Wärmelinien dichten für das Zielszenario 2045 ausgewertet sowie kartografisch dargestellt. Diese Untersuchungen und Darstellungen greifen auch auf die Ergebnisse der parallel durch die Stadtwerke Ludwigsfelde erstellte Transformationsplanung für

deren bestehende Wärmenetze zurück. So konnte ein konkreter gebietsbezogener Ausbauplan für die Fernwärme bis 2045 in die KWP aufgenommen werden. Für die Ausbaugebiete wurde die Wirtschaftlichkeit basierend auf der Wärmeerzeugung aus Großwärmepumpen am Klärwerk und aus Luft-Wasser-Wärme sowie Redundanz und Spitzenlast aus Biomasse und synthetischen Gasen (spätestens ab 2045 mit Biomethan oder Wasserstoff) nachgewiesen. Es zeigte sich, dass alle Ausbaugebiete des zentralen Wärmenetzsystems wirtschaftlich konkurrenzfähige Warmegestehungskosten im Vergleich zu einer dezentralen Versorgung im Bereich **von ca. 19 Cent/kWh** (Durchschnitt über 20 Jahre netto mit Förderung) erzielen. Somit wurde im Zielszenario eine Verbindung der bestehenden Wärmenetze der Stadtwerke Ludwigsfelde und deren sukzessiver Ausbau bis 2045 empfohlen. Dieses Wärmenetz könnte rund **36 %** des Gesamtwärmebedarfs der Stadt Ludwigsfelde decken.

Im Rahmen eines separaten Kapitels zu dezentralen Wärmeversorgungs-lösungen wurden zwei Technologien/Technologie-kombinationen untersucht und mit den voraussichtlichen Warmegestehungskosten für Erdgas- oder Heizöl-betriebene Heizungen verglichen:

- L/W-Wärmepumpe
- Holzpelletkessel

Hierfür wurden die Warmegestehungskosten vor und nach BEG-Förderung berechnet. Die Warmegestehungskosten wurden für den in der Stadt Ludwigsfelde typischen Heizleistungsbereich angegeben und verglichen. Für eine Heizleistung von 10 kW thermisch entstehen Warmegestehungskosten im Bereich von **190 bis 280 €/MWh** (Durchschnitt über 20 Jahre netto mit Förderung). Dabei stellt sich die L/W-Wärmepumpe am wirtschaftlichsten dar.

Schlussendlich wurde das Zielszenario beschrieben. Für die Stadt Ludwigsfelde ist bis zum Jahr 2045 eine klimaneutrale Wärmeversorgung möglich. Diese kann zu einem relevanten Anteil aus einer netzgebundenen Wärmeversorgung bestehen. Gleichzeitig wird der Anteil der L/W-Wärmepumpen an der Wärmeerzeugung als sehr hoch eingeschätzt, da das lokale Potenzial gegeben ist. Mit der Umsetzung des geplanten Wärmenetzausbaus und der zugehörigen Verdichtung entlang der bestehenden Trassen können **36 %** des Wärmebedarfs mit dem Wärmenetzsystem gedeckt werden. **50 %** des Wärmebedarfs würden dezentral durch L/W-Wärmepumpen gedeckt, weitere 2 % dezentral mit S/W-Wärmepumpen und Erdwärmesonden bis 100 m Tiefe. Die restlichen 12 % würden mit Holzpelletkesseln gedeckt.

Wird ein solches Zielszenario verfolgt, werden die Treibhausgasemissionen bis 2045 um 98 % reduziert. Der Anteil des Gesamtwärmebedarfs, der durch die Verbrennung holziger Biomasse gedeckt wird, steigt nur geringfügig von aktuell **rund 8 % (Schätzung) auf 9 % an**. Dies bedeutet einen geringen Bedarf an Neuinstallationen von Holzpelletkesseln. Insgesamt reduzieren sich die Treibhausgasemissionen um 98 %, lediglich die Emissionen der Verbrennung von biogenen oder synthetischen Gasen, holziger Biomasse und der Stromerzeugung verbleiben im Jahr 2045.

Aufbauend auf dem Zielszenario wurde eine Wärmewendestrategie abgeleitet. Hier wurde ein übergeordneter Maßnahmenkatalog präsentiert, gefolgt von der separaten Betrachtung der dezentralen Wärmeversorgung und der zentralen leitungsgebundenen Wärmeversorgung. Anschließend an den Maßnahmenkatalog wurden in 14 Projektskizzen einzelne Maßnahmen detailliert beschrieben. Diese befassen sich mit der

- Beratung der Gebäudeeigentümer zu Sanierung und Umstellung der Wärmeerzeugung,

- Erschließung der Ausbaugelände des zentralen Wärmenetzesystems,
- Umstellung auf eine klimaneutrale dezentrale Wärmeversorgung,
- Weiterführung und Intensivierung der Maßnahmen zur Steigerung der Gebäudeeffizienz in den kommunalen Liegenschaften
- Intensivierung des Austausches aller Interessengruppen zur erfolgreichen Umsetzung der Wärmewende in Ludwigsfelde,
- Monitoring und Steuerung der Umsetzung der KWP

Insgesamt zeigt sich, dass eine klimaneutrale Wärmeversorgung in Ludwigsfelde durch alle Beteiligten gemeinsam zu erreichen ist. Das Konzept basiert dabei maßgeblich auf dem Ausbau des Fernwärmenetzesystems, dezentralen L/W-Wärmepumpen und weiter intensivierten energetischen Gebäudesanierungen.

Abkürzungsverzeichnis

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
bwp	Bundesverband Wärmepumpe e. V.
COP	Coefficient of Performance / Leistungskennzahl der Wärmepumpe
EWS	Erdwärmesonden
GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)
GeotIS	Geothermisches Informationssystem
GHD	Gewerbe / Handel / Dienstleistungen
GIS	Grafisches Informationssystem
GrwV	Grundwasserverordnung
HAST	Hausanschlussstationen
HBO	Hessischen Bauordnung
HH	Haushalte
HEG	Hessisches Energiegesetz
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

JAZ	Jahresarbeitszahl
K	Kelvin
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW(h) _{el}	Kilowatt(stunden) elektrisch
kW(h) _{th}	Kilowatt(stunden) thermisch
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
L/W(- WP)	Luft-Wasser(-Wärmepumpe)
LCoH	Levelized Cost of Heat, Deutsch: Wärmegestehungskosten
LEA Hes- sen	LandesEnergieAgentur Hessen
LOD	Level of Detail
MW(h) _{el}	Megawatt(stunden) elektrisch
MW(h) _{th}	Megawatt(stunden) thermisch
OGewV	Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer
PV	Photovoltaik
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance / Leistungskennzahl der Wärmepumpe über eine gesamte Heizperiode
SRm	Schüttraummeter
S/W(- WP)	Sole-Wasser(-Wärmepumpe)
THG	Treibhausgase
TWW	Trinkwarmwasserunterstützung

UVP-V Bergbau	Umweltverträglichkeitsprüfung bergbaulicher Vorhaben
VAwS	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WP	Wärmepumpe
WPG-E	Entwurf eines Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz – WPG)
WRG	Wärmerückgewinnung
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Teilgebiete, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz geeignet sind (blaue und grüne Einfärbungen).....	8
Abbildung 2: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Gas am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme.....	13
Abbildung 3: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über Wärmenetze am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme.....	14
Abbildung 4: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über Wärmenetze am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme.....	14
Abbildung 5: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über unbekannte Energieträger (vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse) am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme.....	15
Abbildung 6: Darstellung der Anteile überwiegender Energieträger eines Baublocks am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme.....	15
Abbildung 7: Treibhausgasemissionen für die Wärmeerzeugung im Jahr 2021	16
Abbildung 8: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Gaskessel).....	17
Abbildung 9: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Wärmepumpen, soweit über Zählerdaten bekannt).....	18
Abbildung 10: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Wärmenetz bzw. Hausübergabestationen)	18
Abbildung 11: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Gas-Contracting).....	19
Abbildung 12: Baublockbezogene Darstellung der Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger, einschließlich Hausübergabestationen, nach Art der Wärmeerzeuger (Unbekannt - vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse)	19
Abbildung 13: Baublockbezogene Darstellung der überwiegenden dezentralen Wärmeerzeuger nach Anzahl	20
Abbildung 14: Baublockbezogene Darstellung des Überwiegenden Gebäudetyps	21
Abbildung 15: Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps nach Zensusdaten 2022	22
Abbildung 16: Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude nach Zensusdaten 2022	23
Abbildung 17: Standortbezogene Darstellung bestehender sowie bekannter potenzieller Großverbraucher von Wärme, Gas oder Wasserstoff (gemäß § 7 Abs. 3 Nr. 3 WPG) ..	24
Abbildung 18: Lage der bestehenden Wärmenetze	25
Abbildung 19: Flächenhafte Lage (baublockbezogen) bestehender Wärmenetze ab mindestens 50 % Anteil an der Wärmeversorgung	25
Abbildung 20: Flächenhafte Lage (baublockbezogen) bestehender Gasnetze und -leitungen (ab mindestens 50 % Anteil an der Wärmeversorgung)	26
Abbildung 21: Standort Kläranlage und Abwassernetze und -leitungen (größer DN 800).....	28
Abbildung 22: Standorte der Wärmeerzeuger, die in ein Wärmenetz einspeisen (Quelle: Angaben der Netzbetreiber)	29
Abbildung 23: Baublockbezogene Darstellung der Wärmeverbrauchsichten in MWh/(ha-a)	33

Abbildung 24: Straßenabschnittbezogene Darstellung der Wärmelinienindichten in Kilowattstunden pro Meter und Jahr	34
Abbildung 25: Wärmeanwendungen und Treiber des Sektors Haushalte (links), Wärmeanwendungen und Treiber der Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD, rechts) und Industrie (rechts).	35
Abbildung 26: Wärmebedarfsreduktion von 2024 bis 2045 differenziert nach Sektoren	37
Abbildung 27: Darstellung zur Abgrenzung der Potenzialbegriffe	38
Abbildung 28: Wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung	39
Abbildung 29: Oberflächennahe Geothermie Bohrungsstellen	40
Abbildung 30: Erreichbare Temperaturen in Gebieten mit nachgewiesen hydrothermischen Potenzial und tiefen Geothermie Bohrungen.....	42
Abbildung 31: Ausweis der Windvorranggebiete in Ludwigsfelde.....	45
Abbildung 32: Standorte der Anlagen mit Abwärme	50
Abbildung 37: Karte des Wasserstoff Kernnetzes der Bundesnetzagentur	53
Abbildung 38: Stadt Ludwigsfelde differenziert nach Ortsteilen und Versorgungsgebieten	59
Abbildung 39: Preisentwicklung der Energieträger nach Ariadne-Analyse.....	67
Abbildung 40: Vergleich der berechneten LCoH der Referenzszenarien im Einfamilienhaus.....	68
Abbildung 41: Vergleich der berechneten LCoH der Referenzszenarien im Mehrfamilienhaus	69
Abbildung 42: Sensitivitätsanalyse der dezentralen Wärmeerzeugungsvarianten im Einfamilienhaus	70
Abbildung 43: Sensitivitätsanalyse der dezentralen Wärmeerzeugungsvarianten im Mehrfamilienhaus	70
Abbildung 44: Lastgang für das Erzeugerkonzept 1 im Jahr 2030.....	74
Abbildung 45: Lastgang für das Erzeugerkonzept 2 im Jahr 2035.....	74
Abbildung 46: Berechnungsformel der LCoH und Definition der einzelnen Parameter	75
Abbildung 47: Entwicklung der Wärmegestehungskosten (Bedarfskosten) für die verschiedenen Wärmeerzeuger	76
Abbildung 48: Jährliche Kosten im Betrachtungszeitraum (2026 – 2045) Konzept 1	77
Abbildung 49: Jährliche Kosten im Betrachtungszeitraum (2026 – 2045) Konzept 2	77
Abbildung 50: LCoH für Konzept 1 (links) und Konzept 2 (rechts) differenziert nach Kosten für Erzeuger und für das Netz	78
Abbildung 51: LCoH nach Förderung für beide Konzepte differenziert nach Kostenart	79
Abbildung 52: CO ₂ -Einsparung in den Stützjahren im Vergleich zum Ist-Zustand für beide Konzepte.....	81
Abbildung 53: Wärmeabsatz im Wärmenetz im Zeitverlauf	82
Abbildung 54: Zu- und Abbau von Wärmeerzeugungsleistung im Zeitverlauf.....	82
Abbildung 55: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit Wärmenetzen nach Baublöcken im Zielszenario gemäß § 19 WPG	84
Abbildung 56: Zusammenhang zwischen der Schallleistung von L/W-Wärmepumpen und der Heizleistung, basierend auf Datenblattwerten aus der GET-Produktdatenbank (Amt der Salzburger Landesregierung - Lebensgrundlagen und Energie, 2023).....	85
Abbildung 57: Mindestabstand zwischen L/W-WP und Nachbargebäuden zur Einhaltung der Schallimmissionsvorgaben über dem Schallleistungsdruck der Wärmepumpe	86
Abbildung 58: (links) Bestimmung des potenziellen Aufstellgebiets der L/W-Wärmepumpe unter Berücksichtigung der Mindestabstände und unter Einhaltung der Schallimmissionsgrenzwerte; (rechts) Ausschnitt aus dem Wärmeetlas – möglicher	

Installationsort der L/W-Wärmepumpe bei jetzigem Zustand des Gebäudes (violett) oder bei Sanierung (grün)	86
Abbildung 59: Anzahl der Gebäude nach Sektoren, die ohne Sanierung, nach Sanierung oder voraussichtlich nur schwer möglich mit L/W-Wärmepumpen versorgt werden können	87
Abbildung 60: Anteil des Wärmebedarfs nach Sektoren, der mit und ohne Sanierung über L/W-Wärmepumpen gedeckt werden kann	88
Abbildung 61: Mögliche Deckungsanteile von dezentralen L/W-Wärmepumpen in den Baublöcken bei heutigem Wärmebedarf	88
Abbildung 62: Ablaufschema zur Erhebung des Potenzials für oberflächennahe Geothermie mit S/W-WP und EWS für Einzelgebäude	90
Abbildung 63: Wasserschutzrechtliche Ausschlussgebiete für Erdwärmesonden in Ludwigsfelde	90
Abbildung 64: Darstellung der Platzierung der EWS auf den Grundstücken für ein Beispielgebiet: Platzierungsbereich auf den Grundstücken (hellgrün); Sondenstandorte (blaue Punkte)	91
Abbildung 65: Spezifische Entzugsleistung über der Sondenanzahl für verschiedene Wärmeleitfähigkeiten, berechnet mit GEO-HANDlight mit Wasser und Frostschutzmittel als Fluid	91
Abbildung 66: Mögliche Deckungsanteile von dezentralen S/W-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden in den Baublöcken bei heutigem Wärmebedarf.	92
Abbildung 67: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Wärmepumpen nach Baublöcken im Zielszenario gemäß § 19 WPG	94
Abbildung 68: Spezifische Emissionsfaktoren der Energieträger zur dezentralen Wärmeherzeugung .	96
Abbildung 69: Entwicklung der Wärmebedarfsdeckung für das geplante Gebiet bis 2045	99
Abbildung 70: Verlauf der Treibhausgasemissionen für das geplante Gebiet bis 2045	100
Abbildung 71: Kriterien für Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial	101
Abbildung 72: Räumlich Darstellung des Einsparpotenzials bis 2045	102
Abbildung 73: Stromlastgänge für die Jahre 2030 und 2045 im Zielszenario im Tages- und Stundenmittel.	103

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Teilgebiete, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz geeignet sind.	8
Tabelle 2:	Erhobene Daten unter Bezug zu Anlage 1 zu § 15 WPG	11
Tabelle 3:	Aktueller jährlicher Endenergieverbrauch von Wärme nach Energieträgern und Endenergiesektoren in Gigawattstunden (GWh/a) im Jahr 2024	12
Tabelle 4:	Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch von Wärme nach Energieträgern in Prozent	12
Tabelle 5:	Anzahl und Art dezentraler Wärmeerzeuger einschließlich Hausübergabestationen (Wärmenetz) im Bestandsjahr 2024	17
Tabelle 6:	Daten zu den bestehenden Wärmenetzen in Ludwigsfelde; * Netzdaten im Rahmen der KWP nicht verfügbar	24
Tabelle 7:	Strukturdaten des Gasversorgungsnetzes in Ludwigsfelde	27
Tabelle 8:	Wärmeerzeuger mit Einspeisung in ein Wärmenetz (Quelle: Angaben der Netzbetreiber)	30
Tabelle 9:	Wärmenetzzeignung in Abhängigkeit von der Wärmelinienlänge (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019)	32
Tabelle 10:	Wärmenetzzeignung in Abhängigkeit von der Wärmelinienlänge (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019)	33
Tabelle 11:	Studien für Wärmebedarfsentwicklung bezüglich der Sanierungseffizienz	36
Tabelle 12:	Wärmebedarfsreduktion bis zum jeweiligen Stützjahr nach Sektoren in GWh pro Jahr	36
Tabelle 13:	Potenziale für erneuerbare Energien, unvermeidbare Abwärme und Großwärmespeicher	57
Tabelle 14:	Kenngößen für Netzausbauvarianten des Netzes der Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH	61
Tabelle 15:	Kenngößen für Netzausbau des Netzes e.district Energielösungen GmbH	61
Tabelle 16:	Kenngößen für Netzszenarien in den Ortsteilen von Ludwigsfelde	62
Tabelle 17:	Zusammenhang zwischen Hausanschlussleistung und Normdurchmesser (DN) für Hausanschlussleitungen, sowie Kostenannahmen der Hausanschlussleitungen in Abhängigkeit der Nennweite	63
Tabelle 18:	Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Ausbauvarianten	64
Tabelle 19:	Berechnete Wärmegestehungskosten für die Quartiere im Netzgebiet der Stadtwerke Ludwigsfelde	64
Tabelle 20:	Berechnete Wärmegestehungskosten für die Quartiere im Netzgebiet der e.district Energielösungen GmbH	65
Tabelle 21:	Förderhöhe beim Heizungstausch nach BEG, Stand 1.1.2025	66
Tabelle 22:	Kennzahlen der beiden Ausbauquartiere	72
Tabelle 23:	Priorisierung der Wärmeerzeuger für das Zielbild 2045	73
Tabelle 24:	Wärmebereitstellung nach einzelnen Wärmeerzeugern in GWh für das Konzept 1	74
Tabelle 25:	Wärmebereitstellung nach einzelnen Wärmeerzeugern in GWh für das Konzept 2	74
Tabelle 26:	Zusammenfassung der Investitionskosten	77
Tabelle 27:	Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG	84
Tabelle 28:	Parameter zur Berechnung des notwendigen Mindestabstands zur Einhaltung der Immissionsschutzvorgaben	87

Tabelle 29: Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG	95
Tabelle 30: Auswirkungen des Zielszenarios auf das Stromnetz, Zahlen für die Jahre 2030 und 2045	104
Tabelle 31: Mögliche Zielgrößen des Controlling Konzepts.....	121

Literaturverzeichnis

- Amt der Salzburger Landesregierung - Lebensgrundlagen und Energie. (2023). *get-Produktdatenbank*. Von www.produktdatenbank-get.at/#/ abgerufen
- Ausfuhrkontrolle, B. f. (10. 12 2025). *Plattform für Abwärme*. Von https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html abgerufen
- BdI e.V. (21. 10 2021). *Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft*. Bundesverband der deutschen Industrie e.V.
- Greif, S. (2023). *Räumlich hoch aufgelöste Analyse des technischen Potenzials von Wärmepumpen zur dezentralen Wärmeversorgung der Wohngebäude in Deutschland*. München: TUM. Von <https://mediatum.ub.tum.de/node?id=1702065> abgerufen
- Hochschule Biberach. (2022). *Auslegung von Erdwärmesondenanlagen - GEO-HANDlight V5.0*. Von <https://innosued.de/energie/geothermie-software-2/> abgerufen
- IWU. (2015). *Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden*. Darmstadt.
- LandesEnergieAgentur Hessen (Hrsg.). (2025). *Leitfaden zur Planung und Errichtung von Wärmenetze. Perspektiven für die Wärmewende*. Wiesbaden.
- Ortner, S., Paar, A., Johannsen, L., & Mellwig, P. (2024). *Technikkatalog Wärmeplanung*.
- Universität Kassel. (2022). *Impulspapier Solarthermie - Solare Nahwärme*. LEA Hessen Landesenergieagentur.
- VNBdigital. (2. 4 2025). *VNBdigital*. Von VNBdigital: <https://www.vnbdigital.de/> abgerufen

Anhang

Erläuterung des Wärmeatlas

Potenzielle Wärmenetzgebiete

- Zu jeder Transportleitung wurden Hausanschlussleitungen automatisch erzeugt. Diese verbinden pro Grundstück ein Gebäude.
- Die Einfärbung der Wärmenetzgebiete 1–4 sowie der Wärmelinien dichte ist auf Grundstücksebene vorgenommen.

Gebäude

id	Identifikationsnummer. Jedes Gebäude bekommt eine einmalig vergebene ID.
sektor	Zuordnung zu Sektor Haushalte oder GHD (aus ALKIS)
energieträger	Energieträger: ■ gas: Gasverbrauch bekannt ■ gas&shz: Gas- und Strom-Direktheizung, Verbrauch bekannt ■ nb_gesch: Energieträger und Verbrauch nicht bekannt. Wärmebedarf anhand Nachbargebäude mit bekanntem Wärmebedarf geschätzt. ■ nb_n_gesch: Energieträger und Verbrauch nicht bekannt. Wärmebedarf nicht geschätzt. ■ shz: Strom-Direktheizung, Verbrauch bekannt ■ wp: Wärmepumpenstromverbrauch bekannt
volumen o. dach	Gebäudevolumen ohne Dachgeschoss
außen fl.	Äußere Gebäudeoberfläche
grund fl	Gebäudegrundfläche
beheizte fl.	EnEV Bezugsfläche
wohn fl.	Wohnfläche, berechnet über Faktor aus EnEV Bezugsfläche
wärmebedarf 2021	Jährlicher Wärmebedarf. Berechnet aus Verbrauchssumme für das Jahr 2021. Korrigiert um Faktoren für den Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung und Witterungsbereinigung.
spez. wärmebedarf	Spezifischer auf die beheizte Fläche bezogener jährlicher Wärmebedarf

Quartier

id	Identifikationsnummer. Jedes Gebäude bekommt eine einmalig vergebene ID.
Fläche	Grundfläche des Quartiers

Wärmebedarf 2021	Summe der jährlichen Wärmebedarfe aller im Quartier stehenden Gebäude
spez. Wärmebedarf bezug: Gebäude	Durchschnittlicher jährlicher Wärmebedarf je m ² EnEV Bezugsfläche im Quartier
spez. Wärmebedarf bezug: fläche	Durchschnittlicher jährlicher Wärmebedarf je m ² Quartiersfläche
LWP ist	Jährlicher Wärmebedarf im Quartier, der beim aktuellen Gebäudebestand theoretisch mit Luft-Wärmepumpen gedeckt werden könnte
Anteil	Anteil von "LWP ist" bezogen auf "Wärmebedarf 2021"
LWP ist+saniert	Jährlicher Wärmebedarf im Quartier, der bei Sanierungen von bis zu 50 % Sanierungseffizienz theoretisch mit Luft-Wärmepumpen gedeckt werden könnte
Anteil	Anteil von "LWP ist+saniert" bezogen auf "Wärmebedarf 2021"
Sanierungsanteil	Anteil bezogen auf "Wärmebedarf 2021", um den Sanierungen den jährlichen Wärmebedarf reduzieren müssten, damit das Potenzial von "LWP ist+saniert" erreicht werden kann.
geo ist	Jährlicher Wärmebedarf im Quartier, der beim aktuellen Gebäudebestand theoretisch mit Erdwärmesonden gedeckt werden könnte
Anteil	Anteil von "geo ist" bezogen auf "Wärmebedarf 2021"
geo ist+saniert	Jährlicher Wärmebedarf im Quartier, der bei Sanierungen von bis zu 50 % Sanierungseffizienz theoretisch mit Erdwärmesonden gedeckt werden könnte
Anteil	Anteil von "geo ist+saniert" bezogen auf "Wärmebedarf 2021"
Sanierungsanteil	Anteil bezogen auf "Wärmebedarf 2021", um den Sanierungen den jährlichen Wärmebedarf reduzieren müssten, damit das Potenzial von "geo ist+saniert" erreicht werden kann.

Fragebogen Abwärmepotenzial

Fragebogen zur Ermittlung von Abwärmepotenzialen			
1. Allgemeine Angaben			
Firmenname			
Branche			
Straße		Hausnummer	
PLZ, Ort			
Kontaktperson			
E-Mail		Telefon	
Ausfülldatum			
2. Energieverbrauch und -erzeugung für Wärme			

2.1. Angaben zu Energieträgern	
Gasverbrauch in MWh/a	
Nah-/Fernwärmeverbrauch in MWh/a	
Stromverbrauch in MWh/a	
Heizölverbrauch in MWh/a	
Falls Sie keinen Wärmenetzanschluss haben: Haben Sie Interesse an einem Wärmenetzanschluss?	☐ Ja ☐ Nein
2.2. Angaben zur eigenen Energieerzeugung	
Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien in MWh/a	
Wärmeerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung in MWh/a (bitte den zugehörigen Energieträger angeben)	
2.3. Angaben zur Energieverwendung	
End-Energieverbrauch Raumwärme/Warmwasser in MWh/a • falls bekannt für beides getrennt angeben • falls MWh/a nicht bekannt, als geschätzten Prozentwert zum o. g. Energieträgereinsatz angeben	
End-Energieverbrauch für Prozesswärme in MWh/a (falls MWh/a nicht bekannt, als Prozentwert zum o. g. Energieträgereinsatz angeben)	
Wird für Prozesswärme Dampf genutzt, und wenn ja, wofür?	
Mit welchem Temperaturniveau wird Prozesswärme eingesetzt? Falls mehrere Temperaturniveaus relevant sind, geben Sie bitte die beiden höchsten an.	

2.4. Informationen zu installierten Leistungen der Wärmeerzeugung	
2.4.1. Heizöl	
Zur Versorgung von	
Installierte Leistung in kW	
2.4.2. Erdgas-Kessel	
Zur Versorgung von	
Installierte Leistung in kW	
2.4.3. Elektrische Energie	
Zur Versorgung von	
Installierte Leistung in kW	
2.4.4. Erneuerbare Energien ☐ Solarthermie ☐ Umweltwärme / Wärmepumpe ☐ Biomasse ☐ Sonstiges (PV etc.)	Zur Versorgung von
Installierte thermische Leistung in kW	
2.4.5. Nah-/Fernwärme	
Zur Versorgung von	
Installierte Leistung in kW	
2.4.6. Kraft-Wärme-Kopplung	
Zur Versorgung von	
Installierte thermische Leistung in kW	

2.5. Abwärmequellen		
Nutzen Sie bereits Abwärme für eigene Zwecke oder speisen diese in ein Wärmenetz ein? Wenn ja, dann beschreiben Sie bitte kurz, aus welchem Prozess welche Mengen mit welcher Technologie (direkt über Wärmeübertrager oder indirekt über Wärmepumpe) für welchen Zweck bereitgestellt werden.		
Steht ungenutzte Abwärme intern oder extern in nutzbarer Menge zur Verfügung? Sollten Sie die u. g. Fragen dazu nicht im Detail beantworten können, bitten wir Sie darum, die bei Ihnen vorliegenden Informationen (z. B. in Form eines dazu bereits erstellten Gutachtens) bereitzustellen.		
☐ nein		
☐ ja, bisher ungenutzte Abwärmemenge in kWh/a:		
☐ unbekannt		
Wenn ja , geschätztes Temperaturniveau der Abwärmequelle in °C		

Haben Sie eine der folgenden Abwärmequellen? Wenn ja, kreuzen Sie diese an und geben Sie verfügbare Informationen zur Abwärmequelle an.

☐ (Ab-)Dampf	Temperatur in °C	Volumenstrom m³/h	in	Thermische Leistung in kW	Energie in kWh/a
Verfügbarkeit der Abwärmequelle				☐ gleichbleibend ☐ tageszeitlich schwankend ☐ im Wochenverlauf schwankend ☐ saisonal schwankend ☐ nicht planbar	
☐ Abwasser	Temperatur in °C	Volumenstrom m³/h	in	Thermische Leistung in kW	Energie in kWh/a
Verfügbarkeit der Abwärmequelle				☐ gleichbleibend ☐ tageszeitlich schwankend ☐ im Wochenverlauf schwankend ☐ saisonal schwankend ☐ nicht planbar	

☐ Gasförmig (Abgas) Temperatur in °C Volumenstrom m³/h in Thermische Leistung in kW Energie in kWh/a

Verfügbarkeit der Abwärmequelle ☐ gleichbleibend
☐ tageszeitlich schwankend
☐ im Wochenverlauf schwankend
☐ saisonal schwankend
☐ nicht planbar

☐ Feststoffe (z. B. Gießereisand) Temperatur in °C Volumenstrom m³/h in Thermische Leistung in kW Energie in kWh/a

Verfügbarkeit der Abwärmequelle ☐ gleichbleibend
☐ tageszeitlich schwankend
☐ im Wochenverlauf schwankend
☐ saisonal schwankend
☐ nicht planbar

☐ Sonstiges Temperatur in °C Volumenstrom m³/h in Thermische Leistung in kW Energie in kWh/a

Verfügbarkeit der Abwärmequelle ☐ gleichbleibend
☐ tageszeitlich schwankend
☐ im Wochenverlauf schwankend
☐ saisonal schwankend
☐ nicht planbar

Betreibt Ihr Unternehmen Rückkühlanlagen?

☐ Nein

☐ Ja, einen oder mehrere Kühltürme

Handelt es sich um einen ☐ offenen oder ☐ geschlossenen Prozess?

Welchen Kühlwasservolumenstrom fahren Sie (in m³/h)?

Wie hoch ist die thermische Leistung der Rückkühlanlagen (in kW thermisch)?

Wie hoch sind die Vor- und Rücklauftemperaturen (in °C)?	
Wie lang sind die Laufzeiten in h/a?	
Sind Schwankungen in der Laufzeit zu erwarten?	☐ gleichbleibend ☐ tageszeitlich schwankend ☐ im Wochenverlauf schwankend ☐ saisonal schwankend ☐ nicht planbar
☐ Ja, eine oder mehrere Kälteanlagen	
Welches ist das Verdampfungstemperaturniveau?	
Wie hoch ist die thermische Leistung der Kälteanlage (in kW thermisch)?	
Wie hoch ist die elektrische Leistung der Kälteanlage (in kW elektrisch)?	
Wie erfolgt die Wärmeabgabe an die Umgebung?	
Wie lang sind die Laufzeiten (in h/a)?	
Sind Schwankungen in der Laufzeit zu erwarten?	☐ gleichbleibend ☐ tageszeitlich schwankend ☐ im Wochenverlauf schwankend ☐ saisonal schwankend ☐ nicht planbar
☐ Ja, einen oder mehrere Trockenkühler	
Welches ist die installierte Leistung der Trockenkühler (in kW)?	
Wie lang sind die Laufzeiten (in h/a)?	

Sind Schwankungen in der Laufzeit zu erwarten?		☐ gleichbleibend ☐ tageszeitlich schwankend ☐ im Wochenverlauf schwankend ☐ saisonal schwankend ☐ nicht planbar
Betreibt Ihr Unternehmen eine Lüftungsanlage?		
☐ Ja, ein großes Rechenzentrum?		
☐ Nein		
☐ Ja, ohne Wärmerückgewinnung		
Welches ist die installierte thermische Leistung (in kW)?		
Alternativ: Wie groß ist der Luftvolumenstrom (in m ³ /h)?		
Sind Schwankungen in der Laufzeit zu erwarten?		☐ gleichbleibend ☐ tageszeitlich schwankend ☐ im Wochenverlauf schwankend ☐ saisonal schwankend ☐ nicht planbar

☐ Ja, mit Wärmerückgewinnung		
Betreibt Ihr Unternehmen Kompressoren zur Druckluftherzeugung?		
☐ Nein		
☐ Ja, ohne Wärmerückgewinnung		
Welches ist die installierte thermische Leistung (in kW)?		
Sind Schwankungen in der Laufzeit zu erwarten?	☐ gleichbleibend ☐ tageszeitlich schwankend ☐ im Wochenverlauf schwankend ☐ saisonal schwankend ☐ nicht planbar	



3. Schicht-/Betriebsmodell

Für eine mögliche Abwärmenutzung ist es wichtig zu wissen, ob es geplante Schwankungen im Produktionsbetrieb gibt. Daher benötigen wir die folgenden Informationen.

- Schichtmodell (Ein-/Zwei-/Dreischichtbetrieb)
- Wöchentliche Betriebszeiten (z. B. Mo–Fr; Mo–Sa, durchgehend)
- Betriebsferien (von–bis)
- Saisonale Betriebskampagnen (bitte Dauer und Zweck kurz beschreiben)
- Regelmäßige geplante Betriebsunterbrechungen (bitte Dauer und Zweck kurz beschreiben)

