

Kommunale Wärmeplanung Dingelstädt



Impressum

Stadt Dingelstädt

Geschwister-Scholl-Straße 28

37351 Dingelstädt

gefördert durch

Nationale Klimaschutzinitiative

Redaktion, Satz und Gestaltung

seecon Ingenieure GmbH, Spinnereistraße 7, Halle 14, 04179 Leipzig

Stand

01.08.2025

Bildnachweis Titelseite

Stadt Dingelstädt

Anmerkung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die Verwendung gendergerechter Sprache verzichtet. Alle geschlechtsspezifischen Bezeichnungen, die in generisch männlicher oder weiblicher Form benutzt wurden, gelten für alle sozialen Geschlechter gleichermaßen ohne jegliche Wertung oder Diskriminierungsabsicht.

Die Bildrechte bei Abbildungen ohne Quellenangabe liegen bei seecon.

Abkürzungen und Einheiten

AGFW	Arbeitsgemeinschaft Fernwärme
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BauG	Baugesetzbuch
BBergG	Bundesberggesetz
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BISKO	Bilanzierungssystematik Kommunal
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ -eq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
DIN	Deutsche Industrienorm
DN	Nenndurchmesser, Diameter Nominal
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEV	Endenergieverbrauch
EFH	Einfamilienhaus
EstG	Einkommensteuergesetz
EU-EHS	Europäisches Emissionshandelssystem
FM	Festmeter
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GeotIS	Geothermisches Informationssystem
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GTP	Gasnetzgebietstransformationspläne
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunde
H ₂	Wasserstoff
H2-Ready	Wasserstoff-Ready
Ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
JAZ	Jahresarbeitszahl
KEA-BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KF	Klimafaktoren
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KSG	Klimaschutzgesetz
kVA	kiloVoltAmpere
kW	Kilowatt
kWel	Kilowatt elektrisch
kWh	Kilowattstunde
kWp	Kilowatt peak
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LOD	Level of Detail
m	Meter

MFH	Mehrfamilienhaus
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
NGF	Nettogrundfläche
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
NWG	Nichtwohngebäude
PHH	Private Haushalte
PV	Photovoltaik
PVFA	Photovoltaik-Freiflächenanlage
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
RAPIS	Raumplanungsinformationssystem
RH	Reihenhaus
SAB	Sächsische Aufbaubank
SächsWG	Sächsische Wassergesetz
SAENA	Sächsische Energieagentur
SOBA	Sächsisches Oberbergamt
ST	Solarthermie
T	Tausend
THG	Treibhausgas
TWW	Trinkwarmwasser
WB	Wärmebedarf
WEA	Windenergieanlage
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WindBG	Windenergieflächenbedarfsgesetz
WPG	Wärmeplanungsgesetz

Inhaltsverzeichnis

IMPRESSUM	2
ABKÜRZUNGEN UND EINHEITEN	3
ZUSAMMENFASSUNG	7
1 ORGANISATORISCHES	10
1.1 Rechtlicher Rahmen und Förderkulisse	10
1.1.1 Klimapolitische Rahmenbedingungen.....	10
1.1.2 Rahmenbedingungen für die Umsetzung.....	11
1.1.3 Finanzierung und Förderung	12
1.1.4 Dienstleister.....	14
2 EIGNUNGSPRÜFUNG.....	16
2.1 Gemeindestruktur.....	16
2.2 Unterteilung in Baublöcke.....	19
2.3 Feststellung der Eignung.....	20
3 BESTANDSANALYSE.....	22
3.1 Gebäude- und Siedlungsstruktur	22
3.2 Gebäudetypen.....	23
3.3 Baualtersklassen	25
3.4 Energie- und Versorgungsinfrastrukturen	26
3.4.1 Gasnetze	26
3.4.2 Wärmenetze	28
3.4.3 Kältenetze	30
3.4.4 Abwassernetz	30
3.4.5 Stromnetz.....	30
3.5 Erzeuger, Speicher und Verbraucher von Wärme	30
3.5.1 Großverbraucher von Wärme.....	30
3.5.2 Wärmeerzeugungsanlagen	31
3.5.3 Wärme- und Gasspeicher	35
3.5.4 Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen	35

3.6	Wärmebedarf- und Wärmeverbrauchsdaten	35
3.6.1	Gesamter Wärmebedarf und -verbrauch	35
3.6.2	Wärmedichten	37
3.7	Energie- und Treibhausgasbilanz	39
3.8	Ergebnisse der Bestandsanalyse	45
4	POTENZIALANALYSE	47
4.1	Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden	47
4.2	Wärmebedarfsreduktion in Prozessen	48
4.3	Unvermeidbare Abwärme	49
4.4	Geothermie	50
4.4.1	Dezentrale oberflächennahe Geothermie	51
4.4.2	Zentrale Geothermie	55
4.5	Umweltwärme	58
4.5.1	Oberflächengewässer	58
4.5.2	Grundwasser	59
4.5.3	Luft	60
4.6	Abwasser	61
4.7	Solarenergie auf Freiflächen	62
4.7.1	Photovoltaik-Freiflächenpotenziale	62
4.7.2	Solarthermie Freiflächenpotenziale	64
4.8	Solarenergie auf Dachflächen	65
4.9	Lokale Biomasse	68
4.9.1	Untersuchte Biomassekategorien	69
4.9.2	Theoretische Biomassepotenziale im Untersuchungsgebiet	71
4.10	Windkraft	72
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	75
	TABELLENVERZEICHNIS	77
	LITERATURVERZEICHNIS	78

Zusammenfassung

Bestandsanalyse

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden 17.421 Gebäude bezüglich der Eigentümer, des Gebäudetyps, der Nutzung, des Baualters, ihres Heizenergieträgers, des Wärmebedarfs sowie daraus resultierender Endenergieverbräuche und THG-Emissionen analysiert. 11.545 dieser Gebäude sind unbeheizte Nebengebäude und wurden für weitere Analysen ausgeschlossen.

Das Untersuchungsgebiet, die Stadt Dingelstädt, ist in 10 Ortschaften unterteilt und primär durch Vegetationsfläche geprägt (88 %). Nur 4 % der Gesamtfläche sind als Siedlungsfläche ausgewiesen. Der größte zusammenhängende Siedlungsbereich findet sich im Zentrum des Untersuchungsgebiets.

Es herrscht ein unausgeglichenes Verhältnis zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden. Etwa 2/3 der Gebäude sind Nichtwohngebäude. Die meisten Gebäude im Untersuchungsgebiet wurden vor 1949 erbaut. Dies zeigt auch die Analyse der überwiegenden Baualtersklassen pro Baublock (Abbildung).

Die vorhandene Energie- und Versorgungsinfrastruktur im Untersuchungsgebiet umfasst zwei Gasnetze. Außerdem besteht ein kleines Nahwärmenetzgebiet mit acht Gebäuden im Nordosten der Stadt Dingelstädt. Kältenetze sowie Abwasserkanäle mit einem Nenndurchmesser (DN) größer 800 mm sind nicht zu vorhanden. Die Stromversorgung Dingelstädts läuft über das Umspannwerk Leinefeld. Die Spannungsebene beträgt 110 kV und die Einspeisung erfolgt über das Mittelspannungsschaltheus SH Dingelstädt.

Erdgasbetriebene Wärmeerzeugungsanlagen sind im Untersuchungsgebiet am häufigsten vertreten und haben die höchste Nennwärmeleistung, gefolgt von Heizölanlagen und Flüssiggas. Über die Hälfte der Heizungsanlagen wurde nach dem Jahr 2000 installiert und hat die empfohlene Nutzungsdauer knapp überschritten. Erdgasbetriebene Anlagen und Fernwärmeübergabestationen sind nur im Zentrum des Untersuchungsgebiets zu verzeichnen, während dezentral betriebene Anlagen im ganzen Untersuchungsgebiet installiert sind.

Im Untersuchungsgebiet gibt es 5 Großverbraucher, die jeweils mehr als 500 MWh Wärme pro Jahr verbrauchen. Es liegen keine Informationen dazu vor, welche Energieträger genutzt werden.

Das gesamte Untersuchungsgebiet hat einen Nutzwärmebedarf von knapp 108 GWh/a. Von dem Gesamtwärmebedarf entfallen 20 % (ca. 21,2 GWh/a) auf Prozesswärme. Der restliche Wärmebedarf für Raumwärme und TWW beträgt 86,8 GWh/a. Hohe Wärmebedarfe sind überwiegend in Baublöcken des Kernbereichs des Untersuchungsgebiets zu verorten. Dort finden sich auch die Bereiche mit hohen Wärmeflächen- und Wärmelinieindichten.

Der gesamte Endenergieverbrauch für Wärme im Untersuchungsgebiet beträgt etwa 120 GWh/a. Dieser Verbrauch wird überwiegend durch Erdgas, Heizöl, Flüssiggas und Biomasse gedeckt. Industrielle Prozesswärme und Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe tragen zusammen etwa 36,1 % des Endenergieverbrauchs bei. Wohngebäude sind am

Endenergieverbrauch zu 52,2 % beteiligt und öffentliche Gebäude machen 11,7 % des Endenergieverbrauchs aus.

Die THG-Emissionen des Wärmesektors der Stadt Dingelstädt liegen inklusive Prozesswärme der Industrie heute bei 28.229 Tonnen CO₂-Äquivalente (CO₂-eq) pro Jahr.

Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse betrachtet eine mögliche Wärmebedarfsreduktion durch Gebäudesanierung (private Haushalte) und im Bereich der Prozesswärme (Unternehmen). Außerdem werden folgende lokale Potenziale klimaneutraler Energiequellen untersucht: zentrale und dezentrale Geothermie, Umweltwärme, Abwasser, Solarenergie auf Freiflächen und Dächern, lokale Biomasse und Windkraft.

Es zeigt sich, dass ca. 20,5 GWh/a an Raumwärme und Trinkwarmwasserbedarf vom gegenwärtigen Wärmebedarf und -verbrauch eingespart werden könnten, falls eine umfassende Sanierung der Gebäude auf ein konventionelles Sanierungsniveau durchgeführt wird. Dies entspricht ca. 23,6 % des gegenwärtigen Verbrauchs an Raumwärme und Warmwasser.

Ein Reduktionspotenzial für Prozesswärme im Untersuchungsgebiet konnte aufgrund unzureichender Datenlage nicht analysiert werden. Zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses lagen die erforderlichen Informationen der Industrieunternehmen nicht vor.

Für die oben genannten, zentralen erneuerbaren Energiequellen ergeben sich folgende Potenziale (Tabelle 1):

Tabelle 1 Untersuchte zentrale, erneuerbare Potenziale

Zentrale Potenziale	Einordnung des Potenzials im Untersuchungsgebiet
Solarthermie auf Freiflächen	Hohes Potenzial, aber in Nutzungskonkurrenz zu Landwirtschaft
Umweltwärme aus Oberflächengewässern	Mittleres Potenzial, mögliche Nutzungskonflikte mit Schutzgebieten beachten
Reduktions- & Abwärmepotenziale aus Prozesswärme	Geringes Potenzial
Abwasserwärme	Kein Potenzial
Zentrale oberflächennahe Geothermie	Hohes Potenzial, aber in Nutzungskonkurrenz zu Landwirtschaft
Tiefengeothermie	Geringe theoretisches Mindestpotenzial
Windkraft	Hohes Potenzial, aber in Nutzungskonkurrenz zu Landwirtschaft
Photovoltaik auf Freiflächen	Hohes Potenzial, aber in Nutzungskonkurrenz zu Landwirtschaft

Für die oben genannten, dezentralen erneuerbaren Energiequellen ergeben sich folgende Potenziale (Tabelle 2):

Tabelle 2 Untersuchte dezentrale, erneuerbare Potenziale

Dezentrale Potenziale	Einordnung des Potenzials im Untersuchungsgebiet
Solarenergie auf Dachflächen (Photovoltaik und Solarthermie)	Hohes Potenzial
Dezentrale Luftwärme	Hohes Potenzial
Dezentrale Grundwasserwärme	Mittleres Potenzial
Dezentrale oberflächennahe Geothermie	geringes Potenzial
Dezentrale Abwasserwärme	Kein Potenzial
Biomasse-basierte Wärme	Geringes Potenzial (lokal)

1 Organisatorisches

Innerhalb dieses Abschnitts werden die politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen, die gegenwärtige Förderkulisse für die kommunale Wärmewende beleuchtet sowie anschließend die Dienstleister, die grundlegenden Arbeitsphasen der kommunalen Wärmeplanung sowie genutzten Datenquellen vorgestellt.

1.1 Rechtlicher Rahmen und Förderkulisse

1.1.1 Klimapolitische Rahmenbedingungen

Bundes-Klimaschutzgesetz

Innerhalb Deutschlands beschreibt das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) (Bundes-Klimaschutzgesetz 2019), das erstmalig 2019 verabschiedet wurde, die Eckpfeiler der Klimaschutzpolitik. Nach dessen Novellierung im Juni 2021 enthält dieses Gesetz Zielsetzungen, die ambitionierter als auf europäischer Ebene sind. Die rechtsverbindlichen Treibhausgasminde-
rungsziele lauten wie folgt:

Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045

Reduktion der THG-Emissionen um mindestens

- – 65 % | bis 2030 gegenüber 1990
- – 88 % | bis 2040 gegenüber 1990.

Wärmeplanungsgesetz

Im Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG) wird in § 1 das Ziel definiert, bis spätestens 2045 zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung beizutragen und Endenergieeinsparungen zu erbringen (Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz – WPG), 2023). Darüber hinaus legt das Gesetz Ziele für den Anteil erneuerbarer Energien in Wärmenetzen fest:

- mind. 30 % erneuerbare Energien bis 2030
- mind. 80 % erneuerbare Energien bis 2040

Der Anteil kann aus erneuerbaren Energien, unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination aus beidem gespeist werden.

Gebäudeenergiegesetz

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) hat das Ziel, die Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung von Gebäuden in Deutschland zu steigern. Das Gesetz definiert energetische Standards sowohl für Neubauten als auch für bestehende Gebäude und legt fest, welche Anforderungen bei Bau, Umbau und Sanierung erfüllt werden müssen. Die dadurch erzielten Emissionseinsparungen sollen zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele beitragen (Gebäudeenergiegesetz - GEG, 2020).

Kommunalrichtlinie im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative

Die Kommunalrichtlinie der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) zielt darauf ab, Gemeinden bei der Reduktion von THG-Emissionen zu unterstützen und nachhaltige Klimaschutzmaßnahmen zu fördern. Sie umfasst unter anderem die Erstellung kommunaler Wärmepläne durch externe Dienstleister (NKI, 2008).

1.1.2 Rahmenbedingungen für die Umsetzung

Zentrale Rahmenbedingungen für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung sind zum einen das WPG, die Kommunalrichtlinie der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI), sofern für die Erstellung des Wärmeplans eine Förderung aus dieser erhalten wurde, sowie bestehende Leitfäden zur kommunalen Wärmeplanung.

Das WPG verpflichtet über § 4 WPG die Bundesländer, sicherzustellen, dass bis spätestens der folgenden zwei Fristen Wärmepläne erstellt, sind:

1. zum Ablauf des 30. Juni 2026 für alle bestehenden Gemeindegebiete, in denen zum 1. Januar 2024 mehr als 100 000 Einwohner gemeldet sind, sowie
2. zum Ablauf des 30. Juni 2028 für alle bestehenden Gemeindegebiete, in denen zum 1. Januar 2024 100 000 Einwohner oder weniger gemeldet sind

Hierzu werden die Landesregierungen ermächtigt, durch Rechtsverordnungen weitere Anforderungen für die Wärmeplanung zu definieren.

Solange noch keine landesrechtliche Regelung besteht, ist der Wärmeplan laut § 5 WPG bis spätestens bis zum Ablauf des 30. Juni 2026 zu erstellen und zu veröffentlichen und muss im Wesentlichen den Anforderungen des Gesetzes entsprechen. Dies ist anzunehmen, wenn der Wärmeplan mit Mitteln des Bundes oder eines Landes gefördert wurde oder nach den Standards der in der Praxis verwendeten Leitfäden erstellt wurde.

Darüber hinaus formuliert das WPG:

- Begrifflichkeiten der Wärmeplanung
- Allgemeine Anforderungen an die Wärmeplanung
- Anforderungen an die Datenerhebung und -verarbeitung
- Den Ablauf der Wärmeplanung

- Anforderungen an die Ergebnisse des Wärmeplans

Im Detail hat eine WPG-konforme Wärmeplanung aus den folgenden Schritten zu bestehen:

1. Beschluss oder die Entscheidung der planungsverantwortlichen Stelle über die Durchführung der Wärmeplanung,
2. Eignungsprüfung,
3. die Bestandsanalyse,
4. Potenzialanalyse,
5. Entwicklung und Beschreibung eines Zielszenarios,
6. Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete und Darstellung der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr
7. Entwicklung einer Umsetzungsstrategie mit konkreten Umsetzungsmaßnahmen,
8. Beschluss und Veröffentlichung

Die Kommunalrichtlinie fordert über den Technischen Annex folgende inhaltliche Bestandteile für einen förderfähigen Wärmeplan:

- Bestandsanalyse sowie Energie- und Treibhausgasbilanz
- Potenzialanalyse zur Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen und lokalen Potenzialen erneuerbarer Energien
- Zielszenarien und Entwicklungspfade, mindestens unter Berücksichtigung der jeweils aktuell gültigen THG-Minderungsziele der Bundesregierung
- Entwicklung einer Strategie und eines Maßnahmenkatalogs mit 2-3 Fokusgebieten
- Verstetigungsstrategie
- Controlling-Konzept
- Kommunikationsstrategie

Für die Durchführung der Wärmeplanung gibt es mittlerweile eine Reihe von brauchbaren Praxisleitfäden, die bei der Erstellung dieses Wärmeplans berücksichtigt wurden:

- Leitfaden für die kommunale Wärmeplanung des BMWK
- Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW)
- Praxisleitfaden zur kommunalen Wärmeplanung des AGFW
- Leitfaden Kommunale Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen
- Leitfaden Energienutzungsplan des Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit

1.1.3 Finanzierung und Förderung

Im folgenden Kapitel werden relevante Förderprogramme beschrieben, die im Zusammenhang mit den im Konzept untersuchten Maßnahmen Anwendung finden bzw. für zukünftige Vorhaben für die Stadt Dingelstädt relevant sein können. Die folgende Tabelle 3 gibt einen ersten Überblick über Förderprogramme zum Thema Gebäudeeffizienz im Neubau bzw. in der Bestandssanierung sowie zur effizienten und nachhaltigen Energieversorgung.

Tabelle 3 Übersicht relevanter Förderprogramme

Förderprogramm	Fördergegenstand
Förderprogramme zur Gebäudeeffizienz und Klimaanpassung	
<p>KfW 264/464 Bundesförderung für effiziente Gebäude für Kommunen</p> <p>Antragsberechtigigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kommunen <p>BAFA</p> <p>Sanierung Wohngebäude oder Nichtwohngebäude</p> <p>Antragsberechtigigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kommunen • private Unternehmen • Privatpersonen 	<ul style="list-style-type: none"> • Bau und Kauf eines neuen Effizienzgebäudes • (Neubau, Kauf und Fachplanung sowie Baubegleitung*die Nachhaltigkeitszertifizierung) • Komplettsanierung zum Effizienzgebäude • Einzelne energetische Maßnahmen bei bestehenden Immobilien • Umwidmung von Wohn- in Nichtwohngebäude • Fachplanung und Baubegleitung <p>Nach Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) werden folgende Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle über die BAFA gefördert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sanierung an Gebäudehülle • Modernisierung Anlagentechnik • Modernisierung Wärmeerzeuger • Heizungsoptimierung • Fachplanung und Baubegleitung
<p>BAFA</p> <p>Bundesförderung für Energieberatung, Anlagen und Systeme</p> <p>Antragsberechtigigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kommune • private Unternehmen • Privatpersonen 	<ul style="list-style-type: none"> • Modul 1: energetisches Sanierungskonzept • Modul 2: Energieberatungen für den Neubau von Nichtwohngebäuden • Modul 3: Contracting-Orientierungsberatung
Förderprogramme zur Energieversorgung	
<p>KfW 295 Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft</p> <p>Antragsberechtigigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kommunale Unternehmen • private Unternehmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Modul 1: Querschnittstechnologien • Modul 2: Prozesswärme aus erneuerbaren Technologien • Modul 3: MSR, Sensorik und Energiemanagement-Software • Modul 4: Energiebezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen

Förderprogramm	Fördergegenstand
<p>BAFA Bundesförderprogramm für effiziente Wärmenetze (BEW)</p> <p>Antragsberechtigt:</p> <ul style="list-style-type: none">• Kommune• private Unternehmen• Vereine• Genossenschaften	<ul style="list-style-type: none">• Modul 1: Transformationspläne und Machbarkeitsstudien• Modul 2: Systemische Förderung für Neubau und Bestandsnetze• Modul 3: Einzelmaßnahmen• Modul 4: Betriebskostenförderung

Mehrfachnutzungen von Bundesförderprogrammen bzw. Kombinationen mit der Stromvergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz und/oder der steuerlichen Förderung nach § 35c Einkommensteuergesetz (EstG) sind für dieselbe Maßnahme nicht möglich.

Informationen zu Fördermöglichkeiten bieten unter anderem das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW).

1.1.4 Dienstleister

Als beratendes Ingenieursunternehmen mit 30 Jahren Erfahrung in der Beratung von öffentlichen und privaten Kunden zu den Themen Natur- und Artenschutz, Stadt- und Raumplanung, Siedlungswasserwirtschaft, Verkehrsplanung sowie Energieversorgung und Klimaschutz wird bei den seecon Ingenieuren Offenheit, Transformation und Nachhaltigkeit großgeschrieben.

Diese Werte prägen das Denken und Handeln des Unternehmens in hohem Maße. Als mittelständisches Unternehmen mit Hauptsitz in Leipzig sowie weiteren Standorten in Dresden, Halle, Erfurt, Berlin und Nürnberg wird insbesondere in Ost- und Mitteldeutschland die Transformation zu einer nachhaltigeren Welt durch Infrastruktur-, Stadt- und Landschafts-, Umwelt- und Energieplanung unterstützt.

Kompetenzen und Hauptarbeitsgebiete

Im Bereich Energie und Klima

- Konzeption von Versorgungslösungen
- Energie- Treibhausgasbilanzen
- Kommunale Wärmepläne
- Transformationspläne, Machbarkeitsstudien und Planungsleistungen
- Quartierskonzepte und energetisches Sanierungsmanagement
- Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepte
- Energie- und Mobilitätskonzepte
- Energieberatungen

Darüber hinaus

- Natur- und artenschutzfachliche Prüfungen, Planung und Gutachten
- Bauleitplanung inkl. Landschaftsplanung sowie Konzept und Objektplanung
- Planung und Koordinierung von Verkehrsanlagen sowie Erschließungsplanung

2 Eignungsprüfung

Zweck der Eignungsprüfung ist die Feststellung, ob sich das gesamte Untersuchungsgebiet oder Teilgebiete für eine zentrale Wärmeversorgung durch ein Wärme- oder Wasserstoffgasnetz eignen. Im ersten Schritt werden hierfür geeignete Baublöcke und Teilgebiete identifiziert, indem das Untersuchungsgebiet anhand der Ortschaften, der Flächennutzung sowie der Straßen-, Schienen- und Wasserwege unterteilt wird.¹ Anschließend werden Baublöcke mit grundsätzlicher Eignung für eine zentrale Wärmeversorgung sowie voraussichtliche Gebiete für dezentrale Wärmeversorgung identifiziert.

2.1 Gemeindestruktur

In der folgenden Abbildung 3 und Abbildung 4 werden die gegenwärtige Flächennutzung, die Ortschaften und die Straßen-, Schienen- und Wasserwege im Untersuchungsgebiet veranschaulicht. Tabelle 1 zeigt die Anteile unterschiedlicher Flächennutzungen auf Basis der Regionaldaten Thüringens (Statistisches Landesamt Thüringen, 2023).

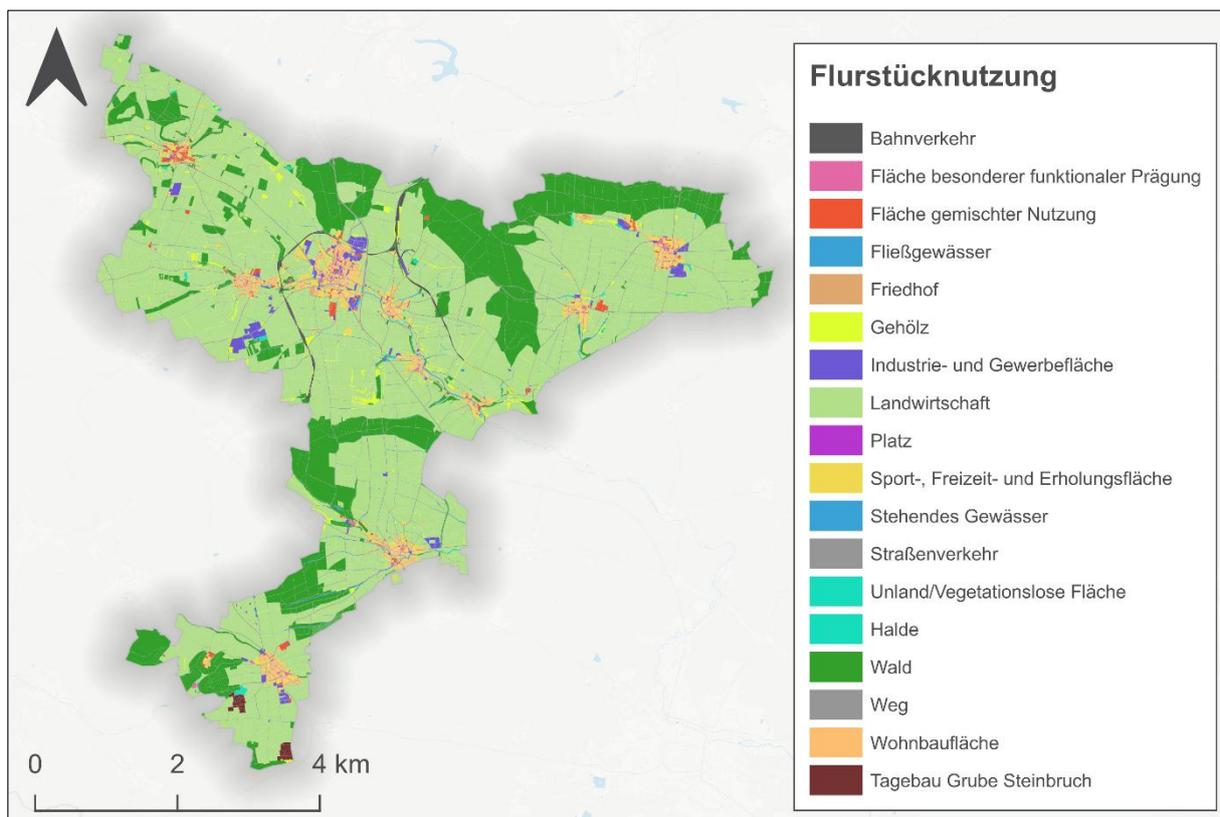


Abbildung 1 Flächennutzung nach ALKIS

¹ Laut § 3, Absatz 1, Nr. 1 WPG: Baublock“ ist ein Gebäude oder mehrere Gebäude oder Liegenschaften, das oder die von mehreren oder sämtlichen Seiten von Straßen, Schienen oder sonstigen natürlichen oder baulichen Grenzen umschlossen und für die Zwecke der Wärmeplanung als zusammengehörig zu betrachten ist oder sind.

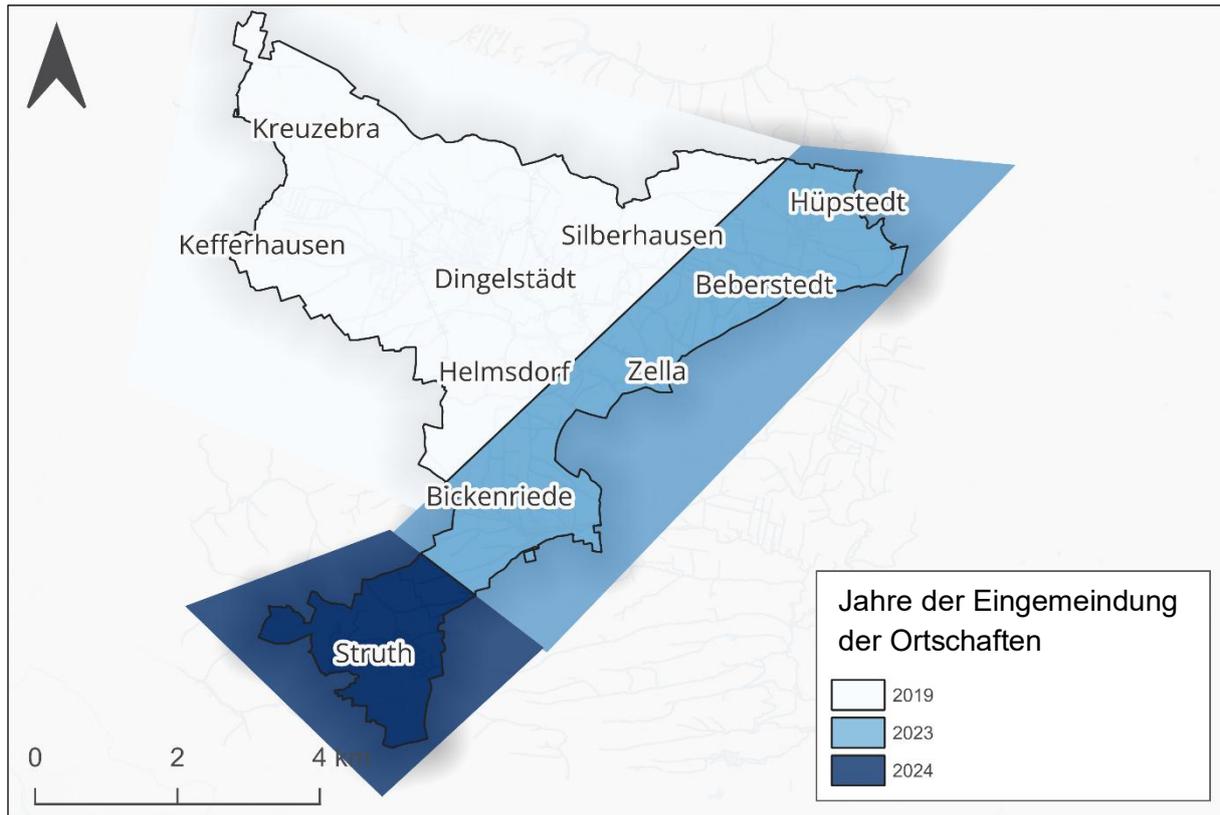


Abbildung 2 Ortschaften und Jahre der Eingemeindung

Das Untersuchungsgebiet, die Stadt Dingelstädt, besteht aus zehn Ortschaften und ist hauptsächlich forst- und landwirtschaftlich geprägt. Die Gemeinde wurde 2023 durch die Ortschaften Hüpstedt, Beberstedt, Zella und Bickenriede erweitert und 2024 kam Struth hinzu. Die Siedlungsfläche, macht ca. 4,0 % der gesamten Bodenfläche der Gemeinde aus und ist größtenteils durch Wohnbaufläche geprägt.

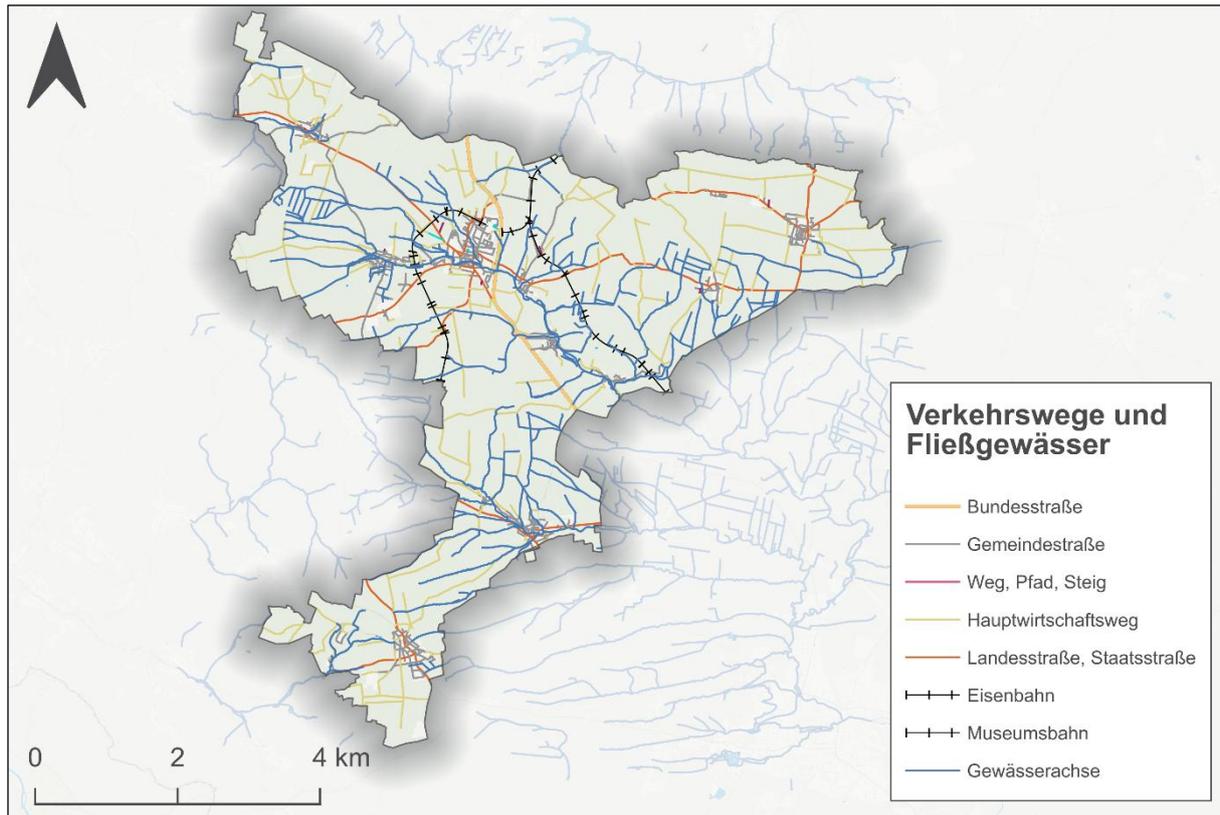


Abbildung 3 Straßen-, Schienen- und, Wasserwege im Untersuchungsgebiet

Das Gebiet wird von einer Bundesstraße, einer Bahnstrecke und einer Museumsbahn, vielen kleinen Fließgewässern und zahlreichen Landes- und Gemeindestraße durchzogen.

Tabelle 4 Relative Anteile der Flächennutzung im Untersuchungsgebiet

Flächennutzung	Flächengröße (ha)	Relativer Anteil in an Gesamtfläche
<u>Siedlungsfläche</u>	1081	4,0 %
Davon <u>Wohnbaufläche</u>	330	1,2 %
Davon <u>Industrie- und Gewerbefläche</u>	210	0,8 %
Davon <u>Tagebau, Grube, Steinbruch</u>	51	0,2 %
Davon <u>Sport-, Freizeit und Erholungsfläche</u>	305	1,1 %
<u>Verkehr</u>	2009	7,5 %
Davon Straßen und Wege	1826	6,8 %
<u>Vegetation</u>	23.608	87,6 %
Davon <u>Landwirtschaft</u>	16.547	61,4 %
Davon <u>Wald</u>	6.757	25,1 %
<u>Gewässer</u>	242	0,9%

2.2 Unterteilung in Baublöcke

Abbildung 4 zeigt das Untersuchungsgebiet in 25 Teilbereiche gegliedert. Teilbereiche mit zusammenhängender Bebauung werden als Siedlungsgebiete festgelegt. Die Bestimmung dieser zusammenhängend bebauten Flächen erlaubt die Abgrenzung der Siedlungsgebiete. Außenbereiche sind jene Teilbereiche, die nicht in einem baulichen Zusammenhang mit einem bestehenden Ortschaft stehen. Im Untersuchungsgebiet befinden sich 10 Siedlungsbereiche und 15 Außenbereiche.

Das vorliegende Untersuchungsgebiet wurde anhand der Straßen und Schienenwege sowie der Anzahl an räumlich zusammenhängenden Gebäuden in 218 Baublöcke mit mindestens drei Gebäuden aufgeteilt. Hinsichtlich der Anzahl der Gebäude pro Baublock zeigt sich eine Konzentration der Baublöcke mit hohen Gebäudemengen im Ortschaft Dingelstädt.

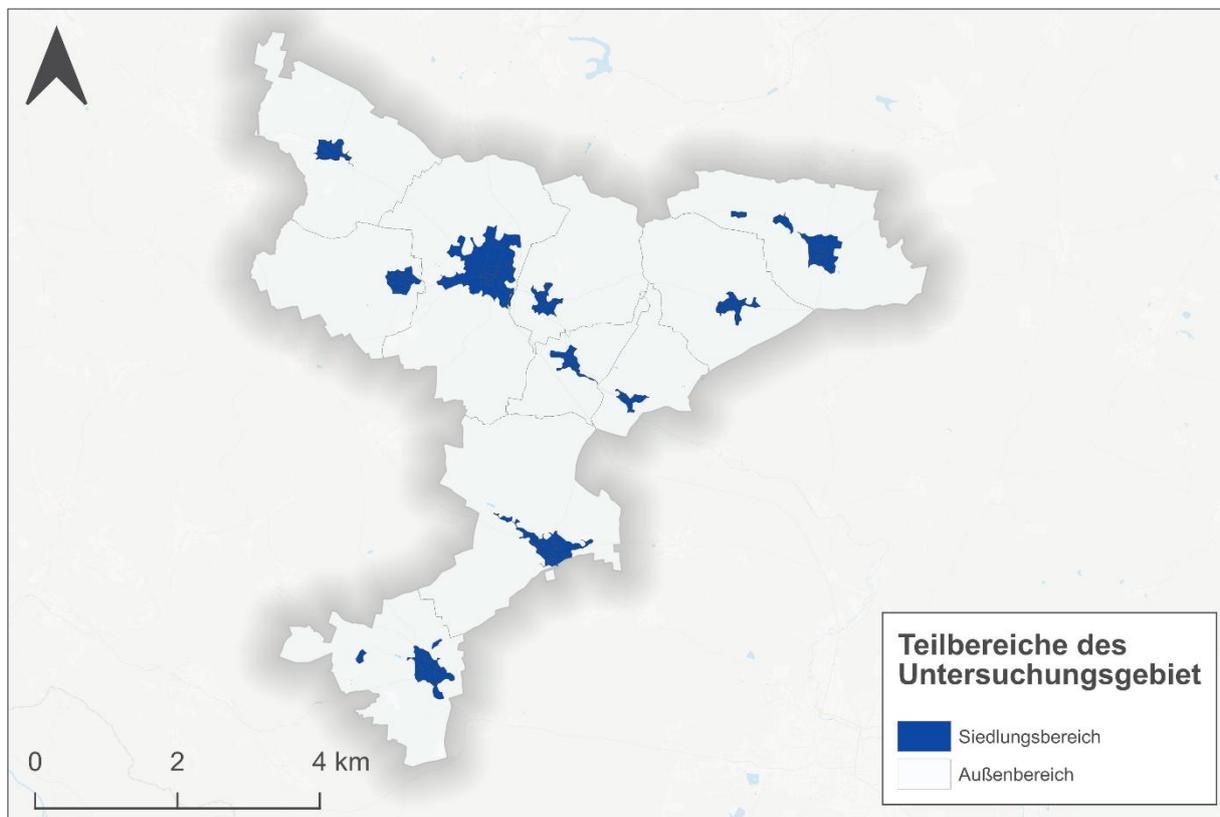


Abbildung 4 Untersuchungsgebiet unterteilt nach Siedlungs- und Außenbereich

Bei weiterer Unterteilung der Bereiche in einzelne Baublöcke, ergeben sich mehr als 218 Baublöcke, die durch Straßen- und Schienenwege oder sonstige natürliche oder bauliche Grenzen voneinander getrennt sind. Im Kerngebiet von Dingelstädt gibt es viele Baublöcke mit einer großen Anzahl beheizter Gebäude (Abbildung 5).

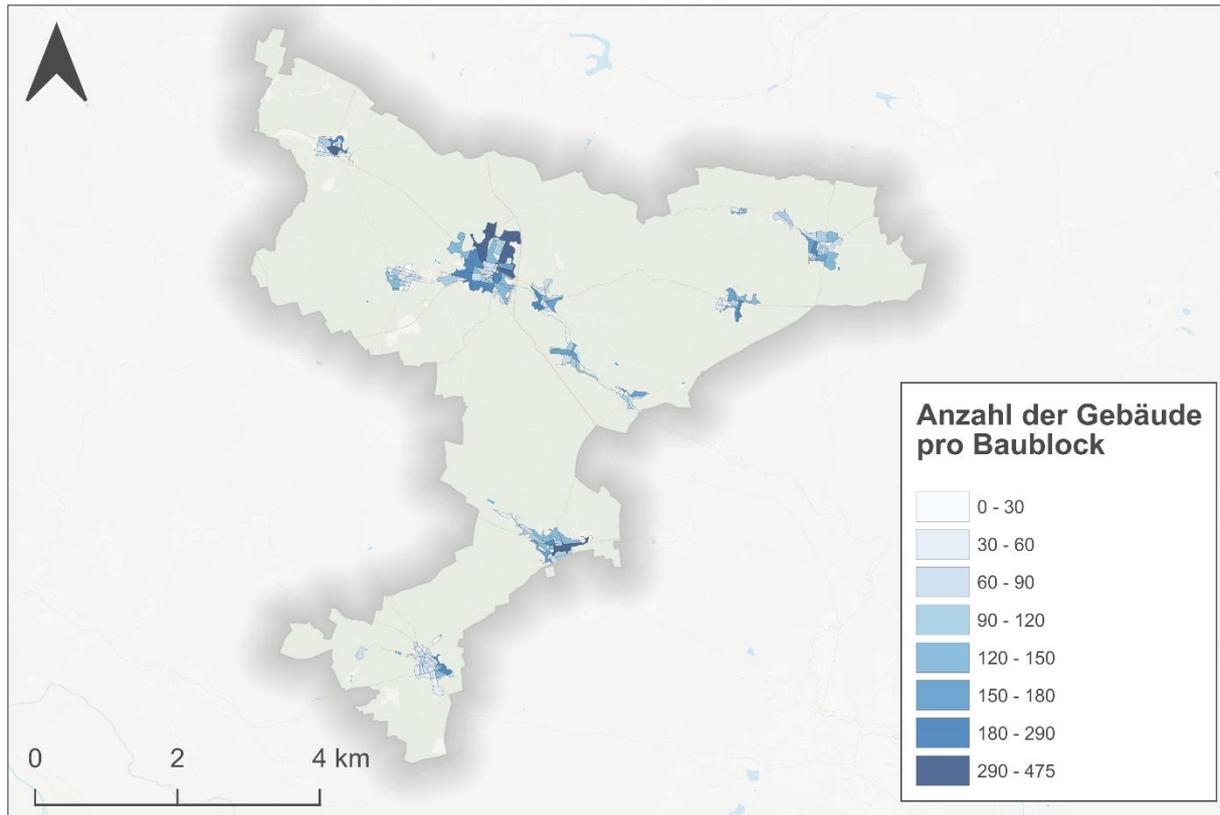


Abbildung 5 Unterteilung des Untersuchungsgebiets in Baublöcke

2.3 Feststellung der Eignung

Für die Feststellung, ob ein Baublock bzw. größere Teilgebiete oder ggf. das gesamte Untersuchungsgebiet sich mit hoher Wahrscheinlichkeit für eine zentrale Wärmeversorgung durch das Gasnetz oder Wärmenetze eignen oder nicht, werden die in Tabelle 5 aufgeführten Kriterien pro Baublock geprüft. Für die Feststellung der Eignung für eine zentrale Wärmeversorgung ist die Erfüllung eines Kriteriums ausreichend.

Tabelle 5 Kriterien der Eignungsprüfung

Prüfkriterium	Prüfung	Hintergrund
Bestehendes, geplantes oder genehmigtes Wärmenetz vorhanden	Findet sich innerhalb des Baublocks oder Teilgebiets ein bestehendes, geplantes oder genehmigtes Wärmenetz?	Wenn ja, dann kann eine zentrale Versorgung weiterhin wirtschaftlich sinnvoll sein.
Bestehendes, geplantes oder genehmigtes Gasnetz vorhanden	Findet sich innerhalb des Baublocks oder Teilgebiets ein bestehendes, geplantes oder genehmigtes Gasnetz?	Wenn ja, dann kann eine zentrale Versorgung weiterhin wirtschaftlich sinnvoll sein.
Geplantes Neubaugebiet für Gebäude	Stellt der Baublock ein geplantes Neubaugebiet für Gebäude dar?	Wenn ja, dann kann ggf. eine zentrale Wärmeversorgung zusammen mit der weiteren Infrastruktur geplant und realisiert werden.

Prüfkriterium	Prüfung	Hintergrund
Wärme-flächendichte und Wärmelinien-dichte	Wärme-flächendichte von mindestens 200 MWh/(ha*a) im Baublock sowie Wärmelinien-dichte von mindestens 1 MWh/(m*a) in einem Straßenzug, welcher sich innerhalb des Baublocks befindet oder diesen umrandet	Sofern die Wärme-flächendichte und die Wärmelinien-dichte vordefinierte Schwellwerte überschreiten, ist davon auszugehen, dass in dem jeweiligen Baublock eine zentrale Versorgung durch ein Wärmenetz sinnvoll sein kann.

Für das Untersuchungsgebiet ergibt sich anhand der genannten Kriterien das in Abbildung 6 dargestellte Bild. Demnach ist für den Kernbereich Dingelstädt, sowie die Ortschaften in unmittelbarer Umgebung Kefferhausen, Silberhausen und Helmsdorf eine grundsätzliche Eignung für eine zentrale Wärmeversorgung festzustellen. Auch in Teilen von Hüpstedt, Berberstedt, Kreuzebra und auf den Flächen der geplanten Neubaugebiet sowie weitere Baublöcke in Bickenriede, Struth und Zella ist eine grundsätzliche Eignung für eine zentrale Wärmeversorgung festzustellen.

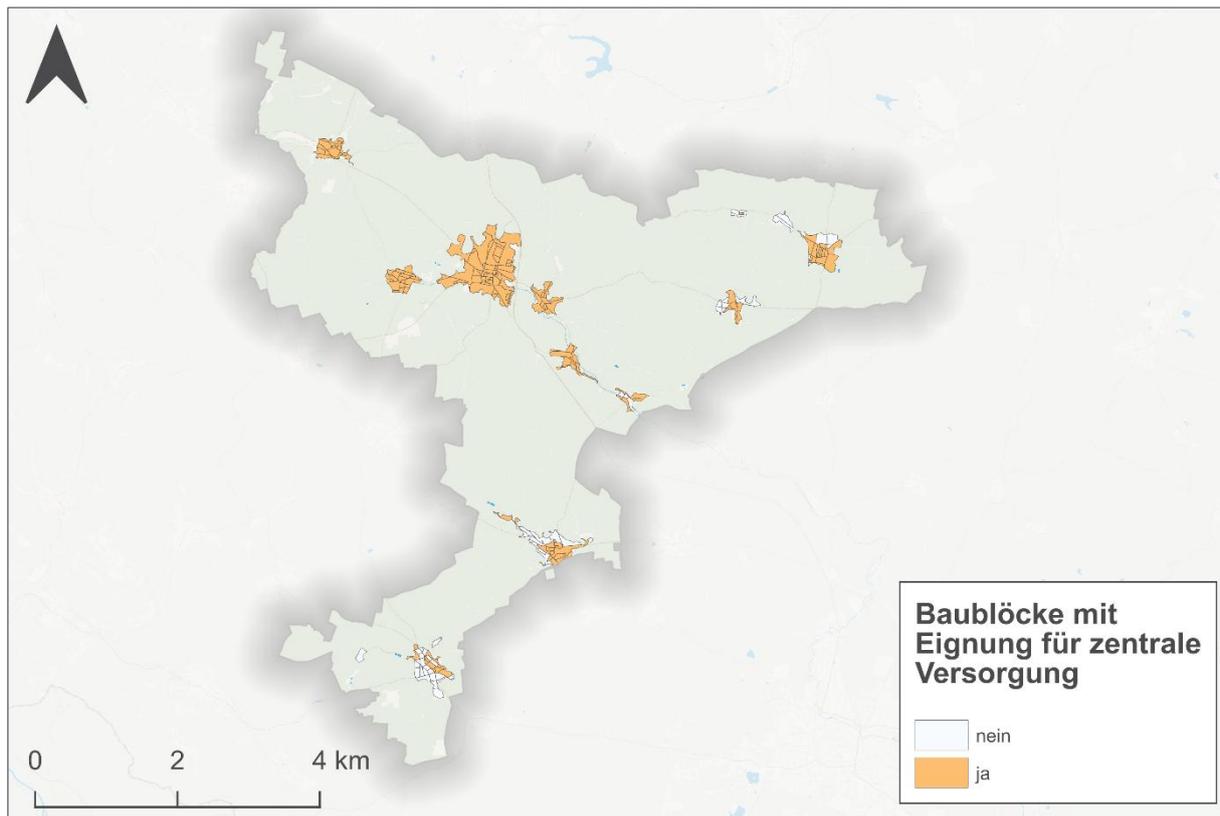


Abbildung 6 Baublöcke mit grundsätzlicher Eignung für eine zentrale Wärmeversorgung

Für die Baublöcke, für die keine grundsätzliche Eignung für eine zentrale Wärmeversorgung festgestellt wurde, kann eine verkürzte Wärmeplanung nach § 14 WPG erfolgen. Der vorliegende Wärmeplan fokussiert sich zwar auf die geeigneten Baublöcke, wird aber im Sinne einer umfassenden Bewertung alle Siedlungsbereiche hinsichtlich der voraussichtlich geeignetsten Wärmeversorgungsart (Gasnetz, Wärmenetz oder dezentral) untersuchen.

3 Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse umfasst die Erhebung von Informationen zur Erzeugung von Wärme (Gebäude, Energieversorgungsstrukturen, Gas- und Wärmenetze, Heizzentralen, Speicher) und die Abschätzung der daraus resultierenden THG-Emissionen. Ziel ist die räumliche Zuordnung der Bedarfe und Umwelteinwirkungen. Hierfür werden die nötigen Daten aus verschiedenen Quellen erhoben, aufbereitet und in einem Geoinformationssystem zusammengeführt. Die genutzten Datenquellen finden sich im Anhang.

3.1 Gebäude- und Siedlungsstruktur

Im Bestand wurden auf Basis von ALKIS ca. 17.421 Gebäudeobjekte identifiziert (Abbildung 7). Davon sind ca. 11.545 unbeheizte Nebengebäude. Der größte Eigentümer im Untersuchungsgebiet ist die Stadt Dingelstädt mit 115 Liegenschaften. Abseits dessen wurden 141 Gebäude im Eigentum größerer Industriebetriebe identifiziert.

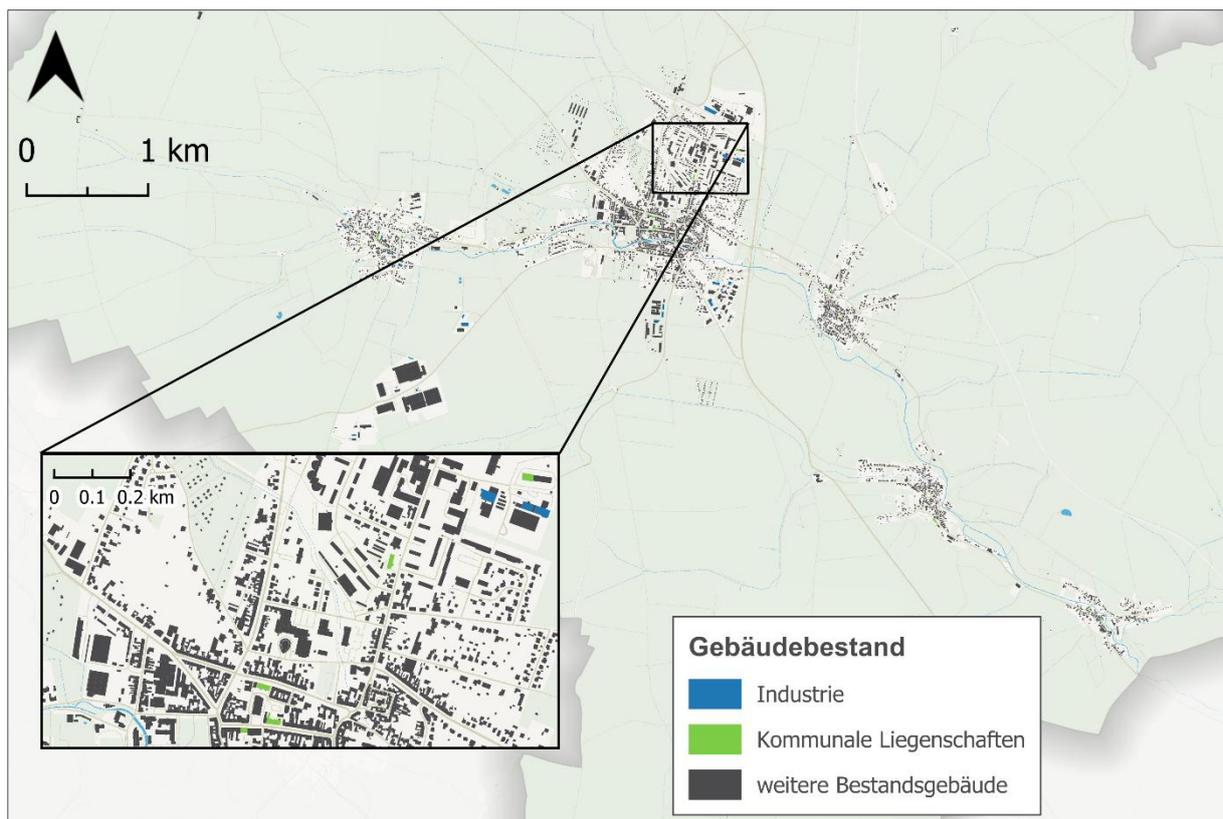


Abbildung 7 Verteilung der Gebäudetypen im Untersuchungsgebiet

Insgesamt leben zum Stichtag 31.12.2024 12.788 Personen im Untersuchungsgebiet. Im Vergleich zu 2021 (12.868 Personen) ist ein leichter Rückgang von rd. 100 Personen zu verzeichnen. Da in den Jahren 2023 und 2024 die Ortschaften Hüpstedt, Beberstedt, Zella, Bickenriede und Struth eingemeindet wurden, ist die Bevölkerungsentwicklung mit älteren Jahren

schwer zu vergleichen. Die Fläche des Untersuchungsgebiets beträgt laut ALKIS rd. 119 km². Das Untersuchungsgebiet ist insbesondere von folgenden Flächennutzungen (Abbildung 1) geprägt:

- Landwirtschaft
- Wald
- Wohnbauflächen in jedem Ortschaft
- Industrie- und Gewerbeflächen, primär im Ortschaft Dingelstädt

Dabei findet sich pro Ortschaft ein größerer Siedlungsbereich, umgeben von landwirtschaftlich und/oder forstwirtschaftlich geprägten Flächen.

Zum Redaktionsschluss liegen relevante, sich in Planung befindliche Bebauungspläne vor, die in Abbildung veranschaulicht werden.

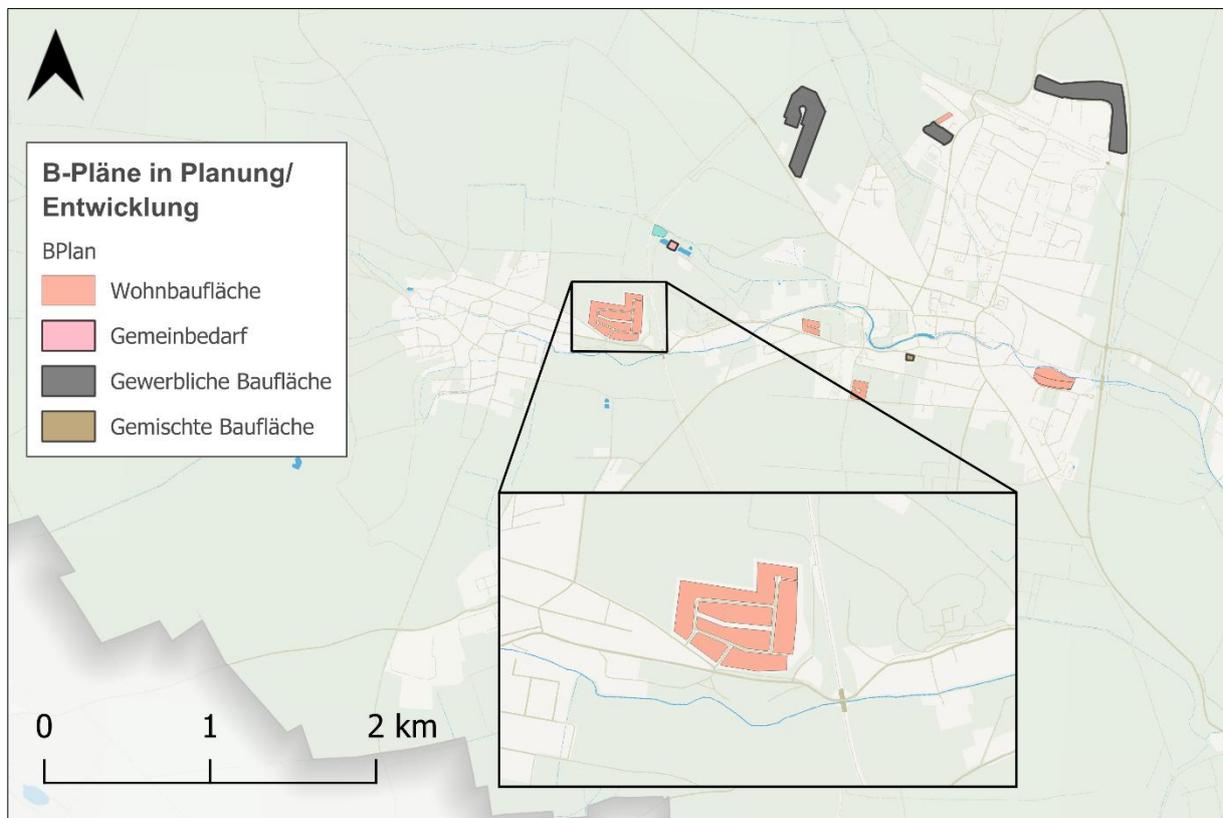


Abbildung 8 Aktuelle Bebauungspläne im Untersuchungsgebiet

3.2 Gebäudetypen

Im gesamten Untersuchungsgebiet gibt es laut ALKIS deutlich mehr Wohngebäude als Nichtwohngebäude. Die Wohngebäude verteilen sich auf Einfamilienhäuser, Reihenhäuser und Mehrfamilienhäuser (Abbildung). Nichtwohngebäude stellen in den meisten Baublöcken einen geringen Anteil an den darin enthaltenen Gebäuden dar (Abbildung).

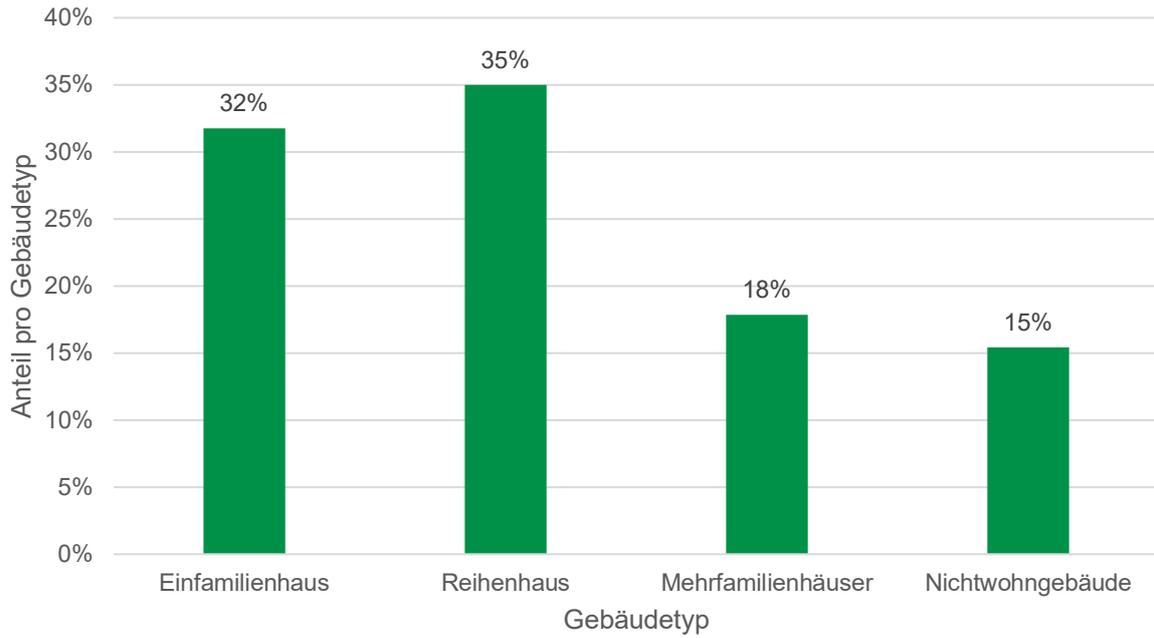


Abbildung 9 Verteilung der Gebäudtypen im Untersuchungsgebiet

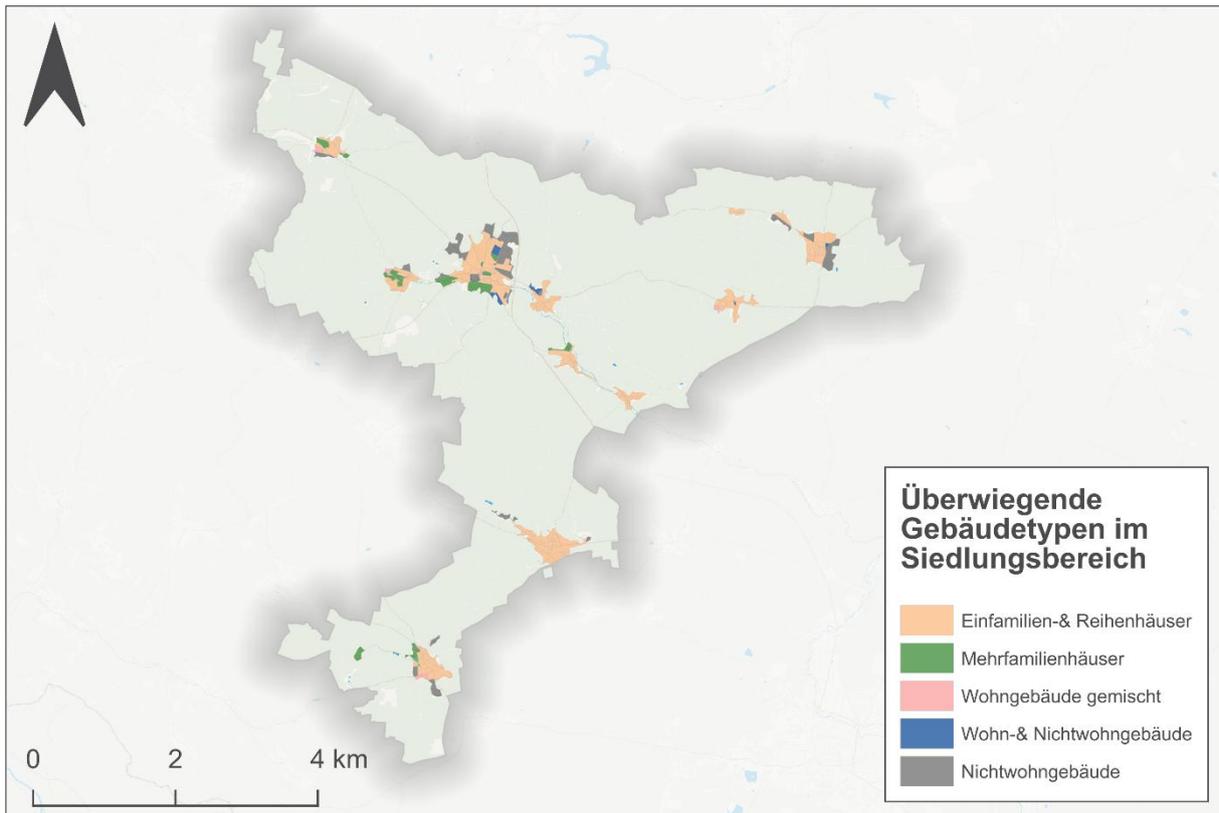


Abbildung 10 Überwiegende Gebäudtypen der Baublöcke im Siedlungsbereich

3.3 Baualtersklassen

Der Großteil der Gebäude, für die ein Baualter bestimmt werden konnte, wurde vor 1949 errichtet (Abbildung). Dies zeigt sich auch bei Betrachtung der einzelnen Baublöcke, auch wenn einige Baublöcke mit überwiegend jüngerem Baualter hervorstechen (Abbildung).

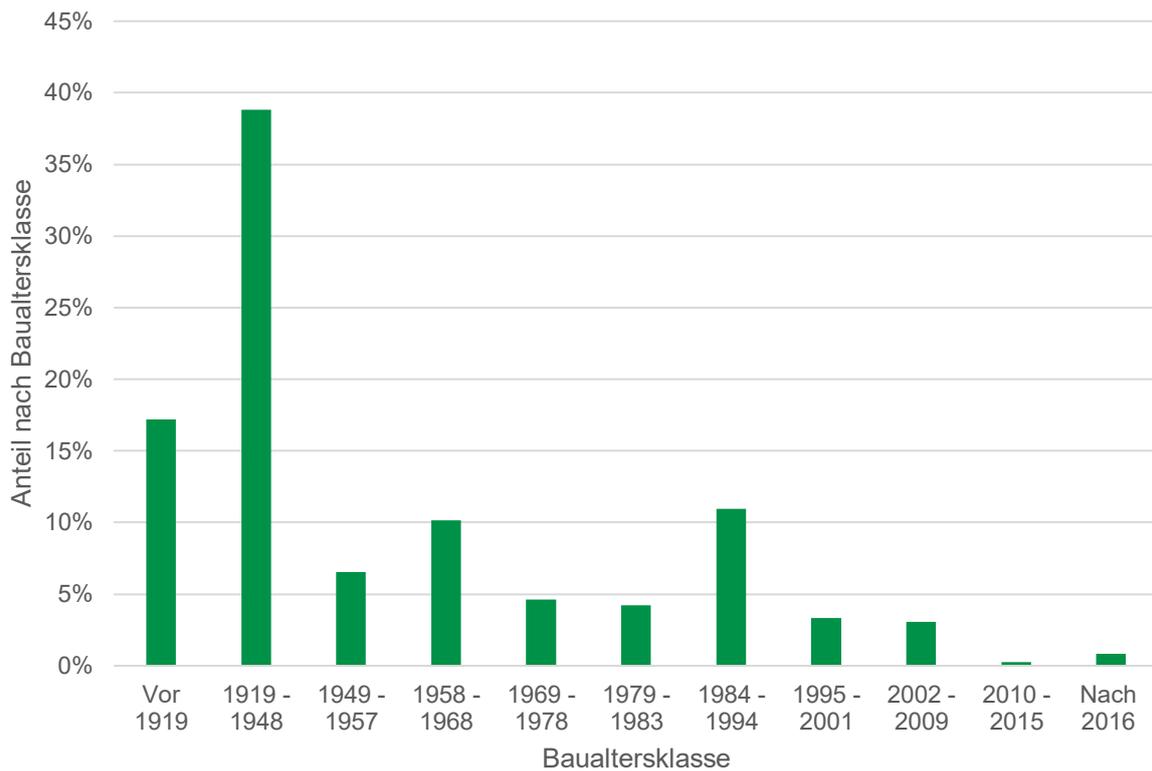


Abbildung 11 Verteilung der Gebäude nach Baualtersklasse

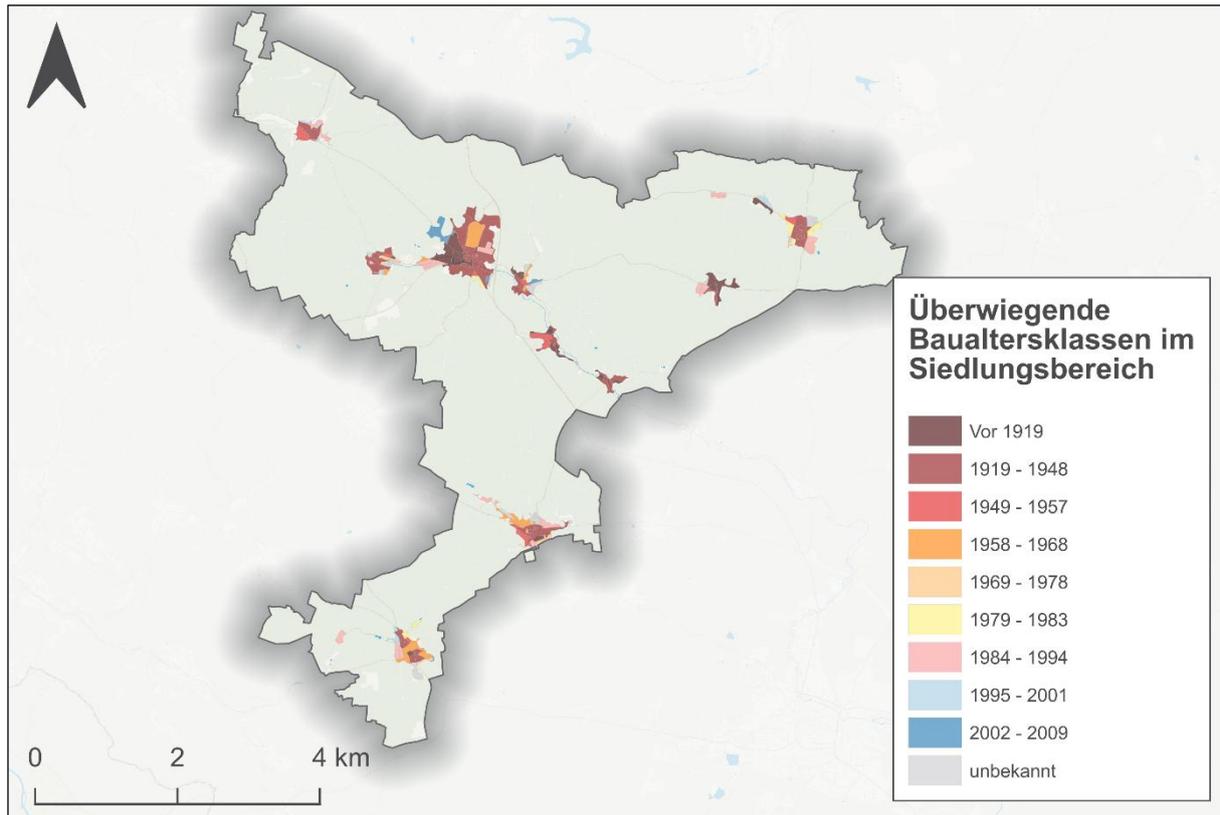


Abbildung 12 Überwiegende Baualtersklasse pro Baublock

Bezüglich des Anteils denkmalgeschützter Gebäude ist festzuhalten, dass ca. 1 % der Bestandsgebäude unter Denkmalschutz stehen. Insgesamt stehen 135 Gebäude unter Denkmalschutz.

3.4 Energie- und Versorgungsinfrastrukturen

Nachfolgend werden die bestehenden, bereits genehmigten sowie geplanten Energie- und Versorgungsinfrastrukturen betrachtet.

3.4.1 Gasnetze

Innerhalb des Untersuchungsgebiets finden sich zwei bestehende Gasnetzbetreiber, die die Haushalte mit Gas beliefern. In Abbildung 13 sind die Gebiete, in welchen sich das bestehende Gasnetz erstreckt und Haushalte direkt versorgt, entsprechend eingefärbt. Weitere geplante oder bereits genehmigte Gasnetzinfrastrukturen gibt es laut Aussage der Gasnetzbetreiber nicht.

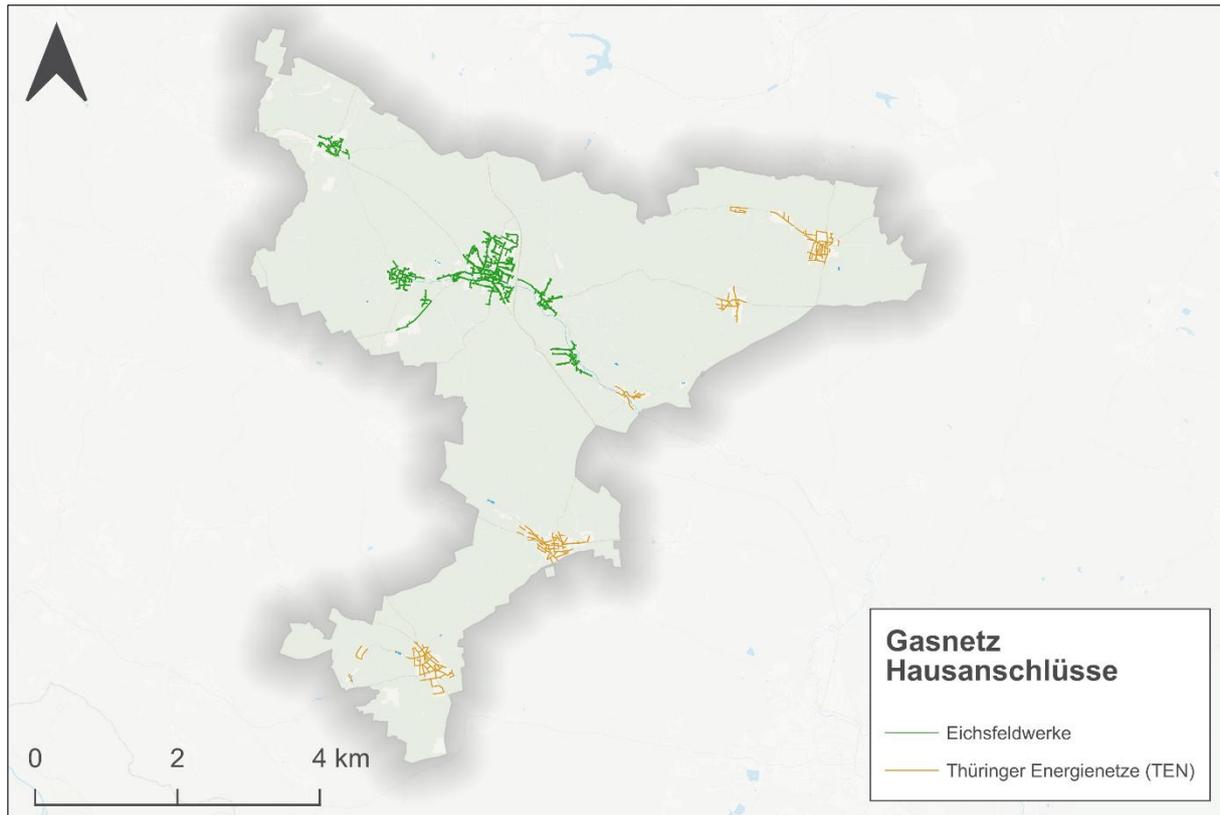


Abbildung 13 Bestehende Gasnetzgebiete nach Hausanschlüssen

In Abbildung 13 sind die Gebiete, in welchen sich das bestehende Gasnetz erstreckt, entsprechend eingefärbt. Das Untersuchungsgebiet wird von den Eichsfeldwerken und den Thüringer Energienetzen versorgt. Weitere geplante oder bereits genehmigte Gasnetzinfrastrukturen gibt es laut Aussage der Gasnetzbetreiber nicht.

Die folgende Tabelle 6 fasst die relevanten Parameter des bestehenden Gasnetzes im Untersuchungsgebiet zusammen.

Tabelle 6 Relevante Gasnetzparameter

Gasnetzparameter		
Betreiber	Eichsfeldwerke	Thüringer Energienetze GmbH & Co. KG (TEN)
Medium	Erdgas / Methan	Erdgas / Methan
Mittleres Inbetriebnahme- bzw. letztes Modernisierungsjahr	unbekannt	unbekannt
Trassenlänge	Mitteldruck u. Niederdruck: 62,4 km	Hochdruck: 15,1 km Mitteldruck u. Niederdruck: 54,3 km
Anschlüsse	1.995	1.433
Gasabsatz der letzten 3 Jahre (2021 – 2023) im Untersuchungsgebiet	71,8 GWh/a	12,2 GWh/a

Im Untersuchungsgebiet gibt es keine zentralen Gasspeicher oder zentrale Erzeugungsanlagen für Wasserstoff oder synthetische Gase. Auch existieren keine Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen mit einer Kapazität von mehr als 1 Megawatt an installierter Elektrolyseleistung.

3.4.2 Wärmenetze

Innerhalb des Untersuchungsgebiets finden sich keine bestehende Fernwärmenetze sowie geplante Ausbau- und Neubaugebiete. Ein kleines Nahwärmenetz der Eichsfeldwerke mit acht Gebäuden und schätzungsweise rd. 100 Wohneinheiten befindet sich im Nordosten der Stadt Dingelstädt und ist an das Gasnetz angeschlossen (s. Darstellung in Abbildung 14). Darüber hinaus gibt es ein Biomethan betriebenes Gebäudenetz im Südosten der Gemarkung Hüpstedt, von dem drei Gebäude mit Wärme versorgt werden. Die geschätzte Lage dieser Biogas- bzw. Erdgasbetriebenen Brennwertkessel ist in Abbildung 16 kartografisch dargestellt. Zentrale Wärmespeicher sind im Untersuchungsgebiet nicht bekannt.

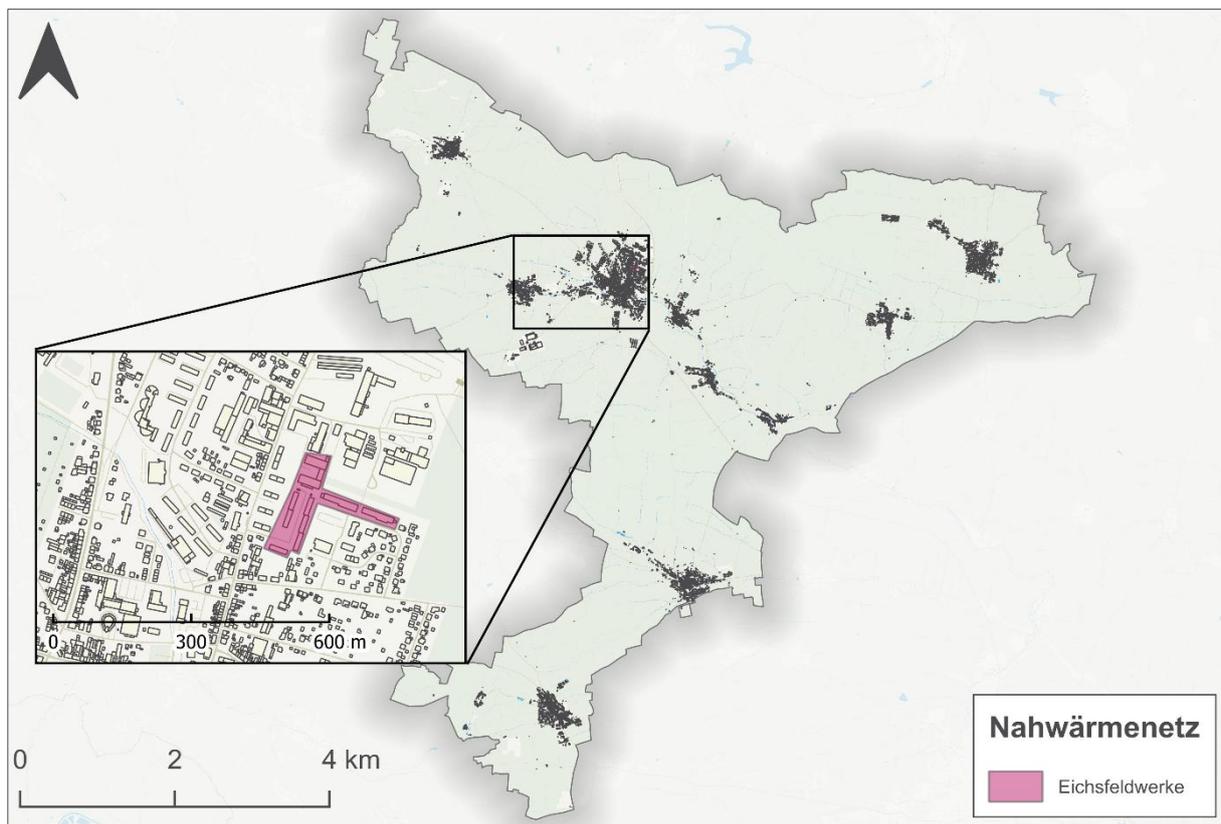


Abbildung 14 Bestehendes Nahwärmenetz

Tabelle 7 Relevante Parameter bestehender Wärmenetze

Wärmenetzparameter	Nahwärmenetz Dingelstädt, Eichsfeldwerke	Biogas-Wärmenetz, Agrar Beberstedt
Mittleres Inbetriebnahme- bzw. letztes Modernisierungsjahr	2004	2010/ 2018
Trassenlänge	0,5 km	1,5 km
Anschlüsse	8	3
Medium	Wasser	Wasser
Netzausbau /Transformationsplan	Transformation geplant, Ausbau nicht geplant	nicht geplant
Mittlerer Wärmeabsatz [MWh/a]	928 MWh/a	1.199 MWh/a
Temperaturniveau	80°C VL; 60 °C RL	90°C VL; 70 °C RL
Zentrale Wärmeerzeuger und Speicher		
Gesamte Anschlussleistung	945 kW	350 kW
Inbetriebnahme-/ Modernisierungsjahr	Heizwerk: 2004 Erdgas BHKW: 2004 Biogas BHKW: 2016	Biogas BHKW: 2010/ 2020 (Neu)
Primärer Energieträger	Erdgas, Biomethan	Biomethan
Zentrale Wärmespeicherung	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden

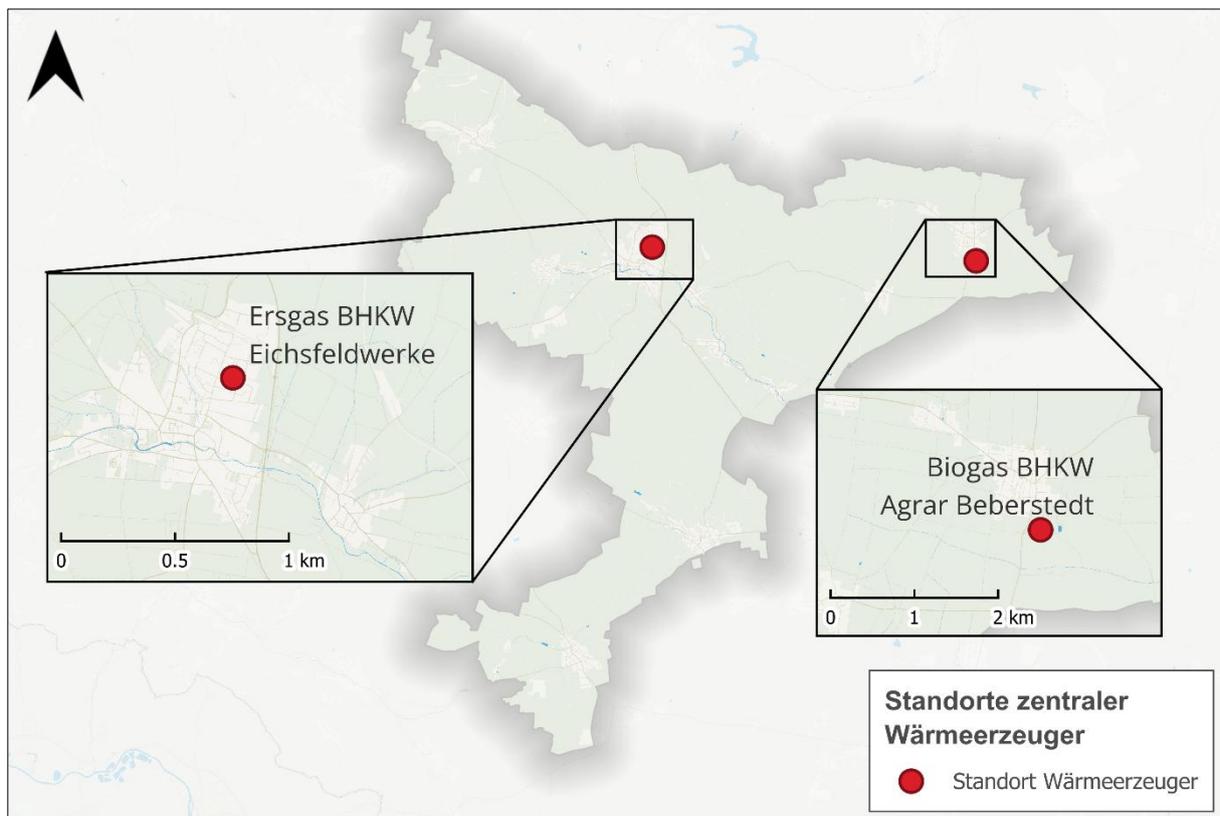


Abbildung 15 Standorte zentraler Wärmeerzeuger

3.4.3 Kältenetze

Innerhalb des Untersuchungsgebiets ist kein zentrales Kältenetz zu verzeichnen.

3.4.4 Abwassernetz

Innerhalb des Untersuchungsgebiets sind keine Kanalabschnitte mit einem Nenndurchmesser (DN) größer 800 mm zu verzeichnen.

3.4.5 Stromnetz

Die Ortschaften Beberstedt, Bickenriede, Dingelstädt, Helmsdorf, Hüpstedt, Kefferhausen, Kreuzebra, Silberhausen, Struth und Zella der Stadt Dingelstädt werden über Mittelspannungssysteme aus dem 110-kV-Umspannwerk Leinefelde versorgt. Die Einspeisung erfolgt über das Mittelspannungsschaltheis SH Dingelstädt. Das Umspannwerk Leinefelde befindet sich am westlichen Stadtrand von Leinefelde. Es versorgt sowohl das ländliche Mittelspannungsnetz in Richtung Teistungen und Dingelstädt als auch das städtische Mittelspannungsnetz der Stadt Leinefelde. Die derzeit verfügbare freie Anschlusskapazität im Lastfall beträgt ca. 5 MW.

3.5 Erzeuger, Speicher und Verbraucher von Wärme

3.5.1 Großverbraucher von Wärme

Unter Anwendung eines Schwellenwerts von 500 MWh/a für den Endenergieverbrauch sind folgende Standorte von Großverbrauchern von leitungsgebundenem Erdgas, Wärme oder weiteren Brennstoffen im Untersuchungsgebiet zu verzeichnen (Abbildung 16). Alle weiteren Verbraucher im Untersuchungsgebiet zeigen jährliche Endenergieverbräuchen kleiner 500 MWh.

Unter den Großverbrauchern befinden sich fünf Verbraucher mit mehr als 500 MWh/a. Die genauen Energieträger sind unbekannt. Die Großverbraucher sind in Abbildung kartografisch dargestellt.

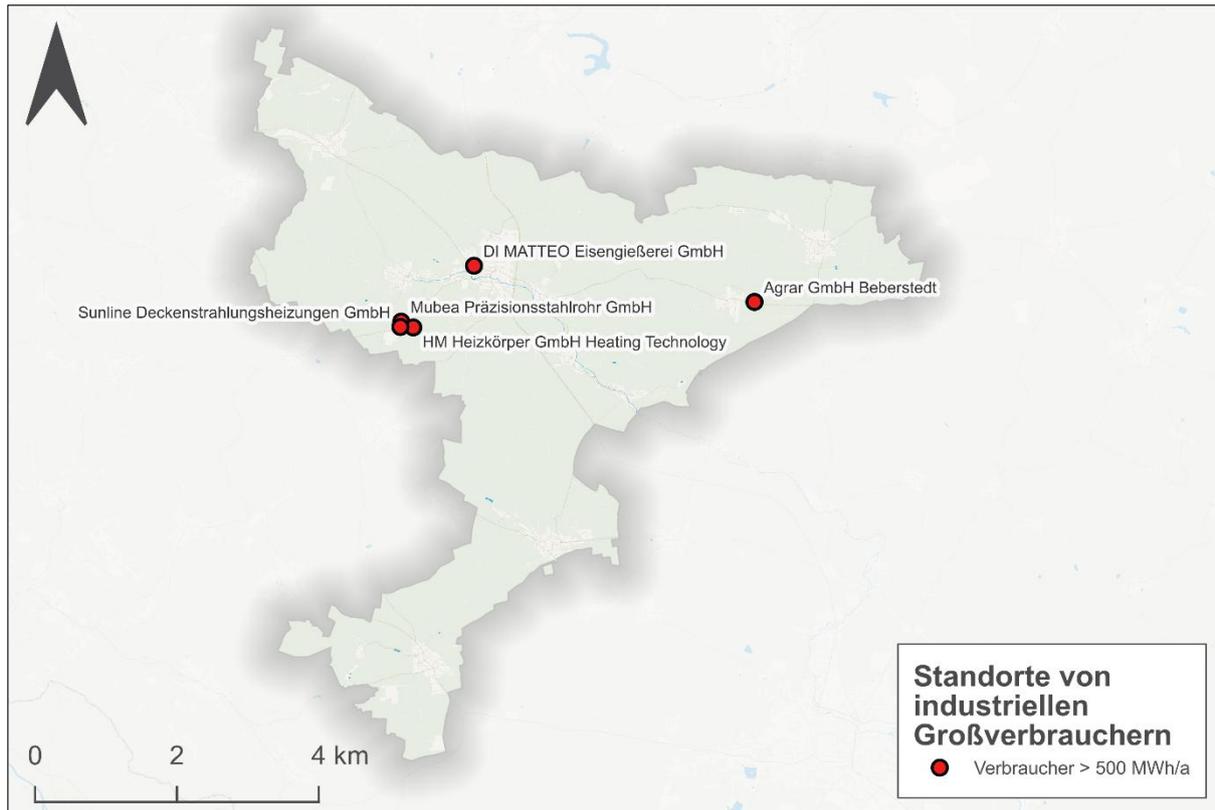


Abbildung 16 Großverbraucher von Wärme

3.5.2 Wärmeerzeugungsanlagen

Im Folgenden wird ein Überblick über den Bestand an Wärmeerzeugungsanlagen gegeben (Tabelle 8). Erdgasbetriebene Anlagen stellen die größte Anzahl und installierte Nennwärmeleistung im Untersuchungsgebiet. Es folgen in der Anzahl biomassebasierte Wärmeerzeuger mit 1378 Anlagen und Solarthermieanlagen (335), deren Nennwärmeleistung deutlich unter der von erdgasbetriebenen Anlagen liegt. Heizölbetriebene Anlagen stellen trotz geringer Anzahl (151) die drittgrößte Nennwärmeleistung dar.

Tabelle 8 Dezentrale Wärmebereitstellungsanlagen

Anlagenart mit Energieträger	Anzahl	Kumulierte Nennwärmeleistung [kW]
Erdgas	1.491	21.485
Flüssiggas	10	131
Heizöl EL	151	4.758
Braunkohle	121	1.105
Steinkohle	1	4
Biomasse	1.378	9.922
Biogas	2	430
Wärmepumpen	67	495

Anlagenart mit Energieträger	Anzahl	Kumulierte Nennwärmeleistung [kW]
Stromdirektheizung	100	600
Solarthermie	335	1.486

Abbildung 17 stellt die Verteilung des Alters der installierten Wärmeerzeugungsanlagen dar. Alle Heizungsanlagen sind nach dem Jahr 2005 installiert worden und haben somit die empfohlene Nutzungsdauer von 20 Jahren kürzlich erst überschritten. Das Potenzial für eine zeitnahe Heizungsmodernisierung ist dementsprechend gering. Stoßzeiten für die Inbetriebnahme von Heizungen ist der Zeitraum nach 2020 (basierend auf 136 Feuerstätten und WPs).

Die hier dargestellte Verteilung bezieht sich insbesondere auf Feuerungsanlagen, welche durch die Bezirksschornsteinfeger erfasst werden, sowie Daten zum Baualter von Wärmepumpen, die durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) erhoben werden. Zum Baualter von Stromdirektheizungen lagen keine Daten vor.

Die räumliche Verteilung dezentraler Wärmeerzeuger, einschließlich Hausübergabestationen, ist in [Abbildung 18](#) und [Abbildung 19](#) dargestellt. Die Kategorie der dezentralen Wärmeerzeuger umfasst alle Wärmepumpen, Stromdirektheizungen, Solarthermieanlagen, Biomasseanlagen, Heizölanlagen sowie Kohle- und Flüssiggasanlagen.

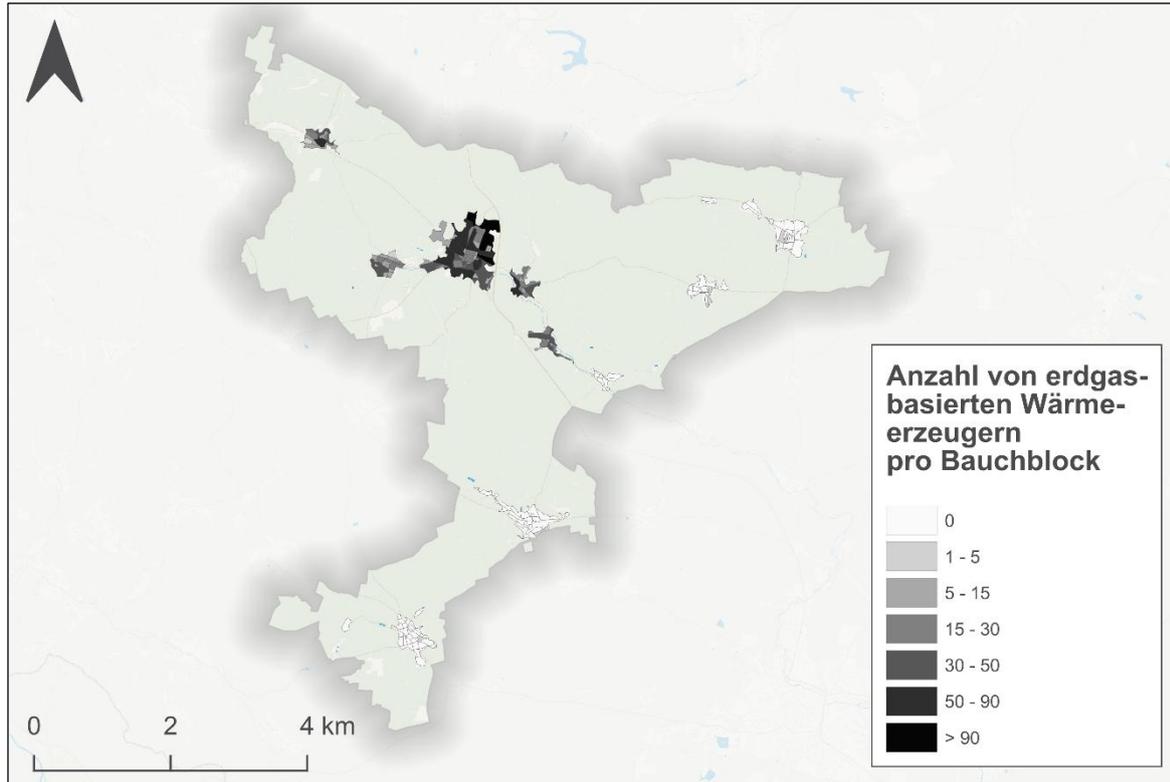


Abbildung 17 Anzahl erdgasbasierter Wärmeerzeuger in Form einer baublockbezogenen Darstellung

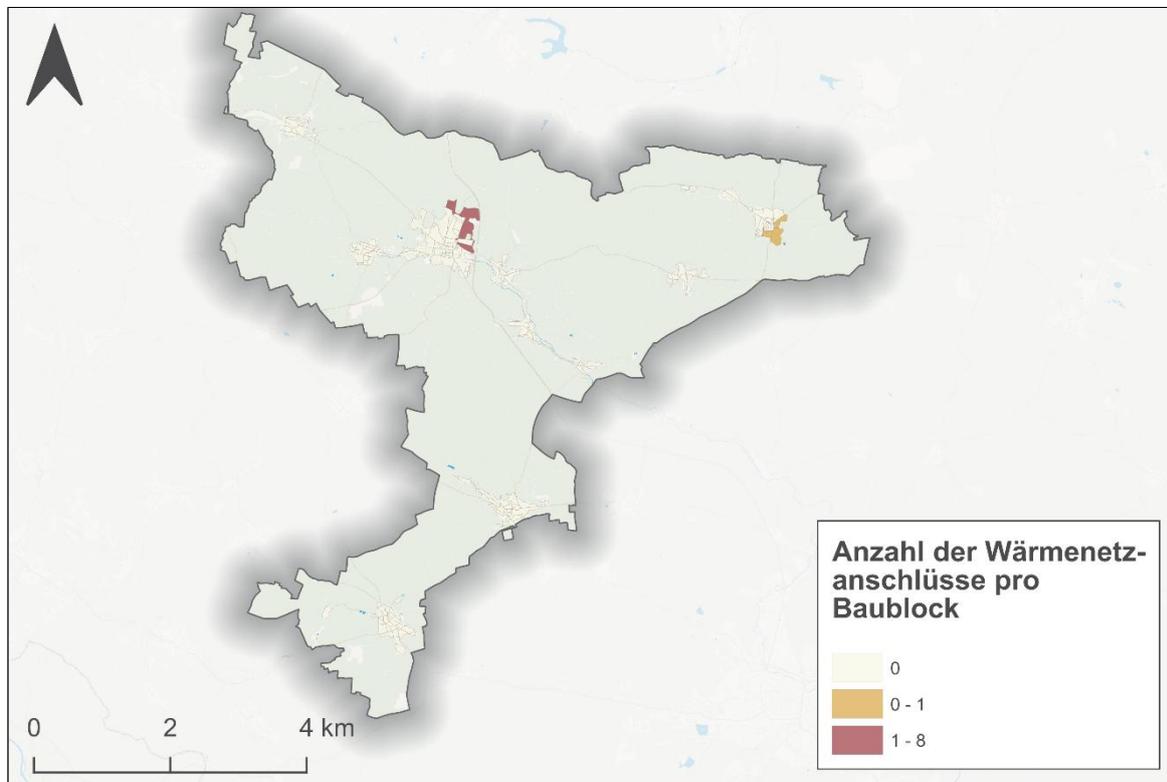


Abbildung 18 Anzahl der Gebäude mit Wärmenetzanschluss in Form einer baublockbezogenen Darstellung

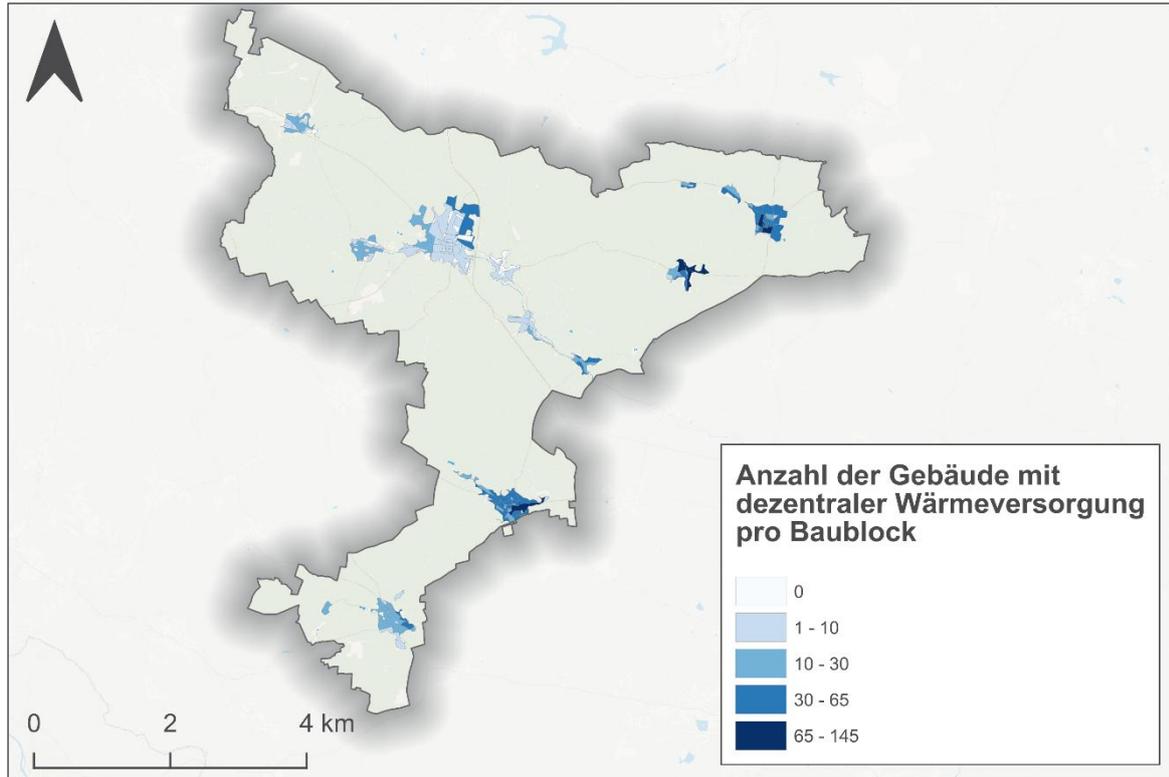


Abbildung 19 Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger in Form einer baublockbezogenen Darstellung

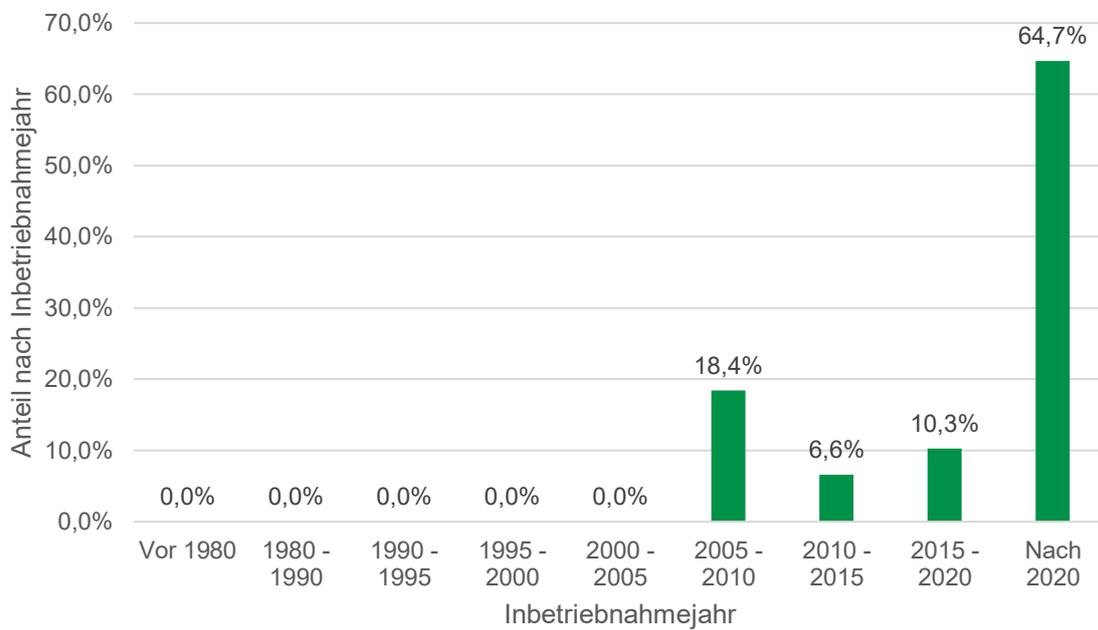


Abbildung 20 Verteilung der Inbetriebnahmejahre der Wärmebereitstellungsanlagen

3.5.3 Wärme- und Gasspeicher

Innerhalb des Untersuchungsgebietes befinden sich keine Wärme- und Gasspeicher.

3.5.4 Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen

Für das Untersuchungsgebiet sind keine bestehenden, geplanten oder genehmigten Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen mit einer Kapazität von mehr als 1 Megawatt installierter Elektrolyseleistung zu verzeichnen.

3.6 Wärmebedarf- und Wärmeverbrauchsdichten

Im Rahmen der Wärmebedarfs- und -verbrauchsanalyse wird eine katasterbasierte Bedarfsanalyse durchgeführt, die durch Verbrauchsdaten kalibriert und in den Baublöcken aggregiert wird. Die Baublöcke und die Straßen, welche diese unterteilen, werden nach Ermittlung des räumlichen Wärmebedarfs zur Bestimmung von Wärmedichten genutzt.

3.6.1 Gesamter Wärmebedarf und -verbrauch

Im Betrachtungsgebiet ergibt sich ein summierter Nutzwärmebedarf von knapp 108 GWh/a. Der Gesamtwärmebedarf ist durch einen Anteil von 20 % an Prozesswärme geprägt (entspricht ca. 21,2 GWh/a). Der verbleibende Wärmebedarf für Raumwärme und Trinkwarmwasser (TWW) beträgt 86,8 GWh/a (Abbildung). Vom Gesamtwärmebedarf lassen sich ca. 55,7 GWh/a den Wohngebäuden zuordnen, sowie 39,2 GWh/a den Gebäuden für Wirtschaft oder Gewerbe und 12,9 GWh/a Gebäuden für öffentliche Zwecke. Die Betrachtung der räumlichen Verteilung des gesamten Wärmebedarfs (Abbildung) zeigt, dass insbesondere in Baublöcken des nordöstlichen Ortschaft Dingelstädt hohe Wärmebedarfe zu verorten sind. Abseits dessen zeigen die Siedlungsbereiche außerhalb des Kerngebiets Baublöcke mit unterschiedlich hohen Wärmebedarfen.

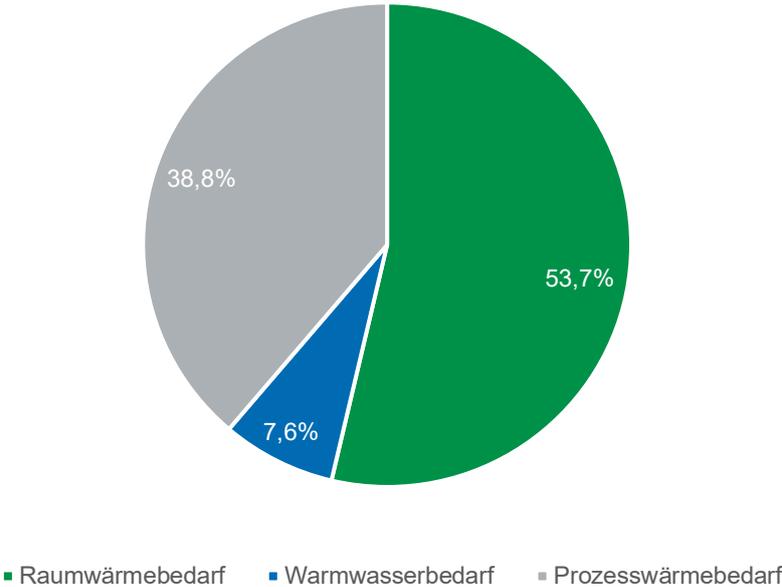


Abbildung 21 Anteile des Raumwärme-, Trinkwarmwasser- und Prozesswärmebedarfs

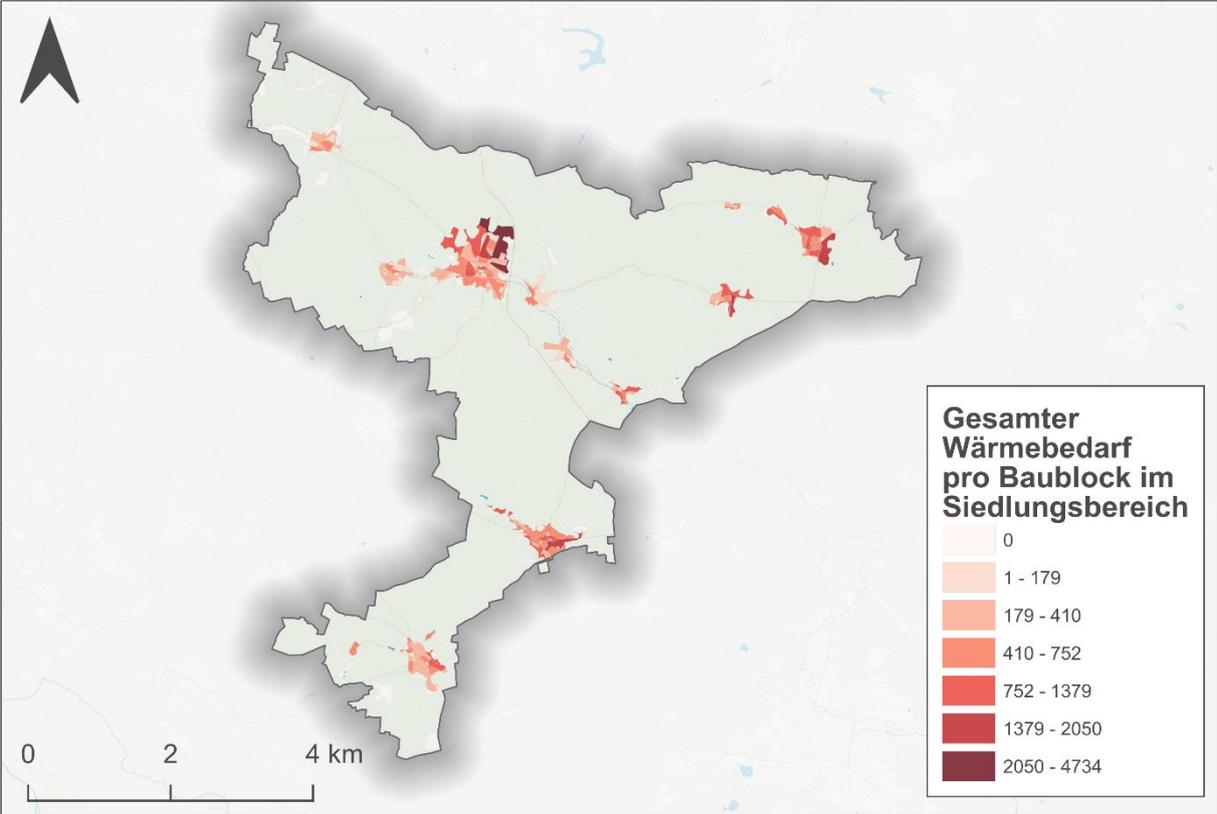


Abbildung 22 Ermittelter Gesamtwärmebedarf pro Baublock

3.6.2 Wärmedichten

Standorte mit kleinräumiger Überlagerung von hohen Wärmebedarfen zeigen hohe Wärme-flächendichten bzw. -liniendichten. Die Wärme-flächendichte beschreibt die Höhe des Wärmebedarfs in Bezug auf eine Fläche. Die Wärmelinie-dichte beschreibt den Quotienten aus dem Wärmebedarf der an einer Leitung angeschlossenen Gebäude und der Länge dieser Leitung. Mit Hilfe dieser Kennwerte wird unter anderem die Eignung für eine zentrale Wärmeversorgung festgestellt.

Wärme-flächendichten mit wirtschaftlichem Potenzial liegen laut Literatur im Bereich von 100 bis 300 MWh/(ha*a) (siehe ((KEA-BW), 2020), (Beuth Hochschule für Technik Berlin, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2017), (Prognos AG, 2020), (HIC Hamburg Institut Consulting GmbH, Averdung Ingenieure & Berater GmbH, 2021)). Dementsprechend wird in dieser Analyse eine Wärme-flächendichte von mindestens 200 MWh/(ha*a) als Schwellenwert für die Wirtschaftlichkeit eines potenziellen Wärmenetzes gewählt. Die notwendige Höhe der Wärmelinie-dichte hängt im konkreten Einzelfall von individuellen Parametern wie den Wärmegestehungskosten der Wärmequellen, den Verlegekosten, der spezifischen Verlustleistung und dem realisierbaren Anschlussgrad des Netzes ab. Nichtsdestotrotz gehen Literaturwerte i.d.R. von einem Schwellenwert von mindestens 1 MWh/(m*a) aus.

Die für das Untersuchungsgebiet ermittelten Ergebnisse werden in Abbildung 23 und

Abbildung 24 veranschaulicht und beziehen sich ausschließlich auf den Raumwärme- und Warmwasserbedarf. Ein Großteil der Baublöcke weist eine Wärme-flächendichte zwischen 100 und 200 MWh/(ha*a) auf. In allen Stadtteilen außer Helmsdorf, Kefferhausen und Kreuzebra befinden sich im Zentrum mindestens zwei Baublöcke mit Wärme-flächendichten größer als 279 MWh/(ha*a). Der ältere Gebäudebestand weist einen sehr hohen Wärmebedarf auf (Abbildung 23). Bei Betrachtung der Ergebnisse für die Wärmelinie-dichte zeigen insbesondere die Straßenzüge nahe oder innerhalb von Baublöcken mit älterer Industrie und dichter Besiedlung die hohen Werte zwischen 3 – 10 MWh/(m*a) *a). In den anderen Ortschaften sind diese Werte weniger ausgeprägt. Abschließend ist für das gesamte Untersuchungsgebiet festzuhalten, dass etwa 2.000 Straßenzüge eine Wärmelinie-dichte unter dem Wert von 1,63 MWh/(m*a) aufweisen (Abbildung 23) und 139 Straßenzüge einen Wert über 1,63 MWh/(m*a).

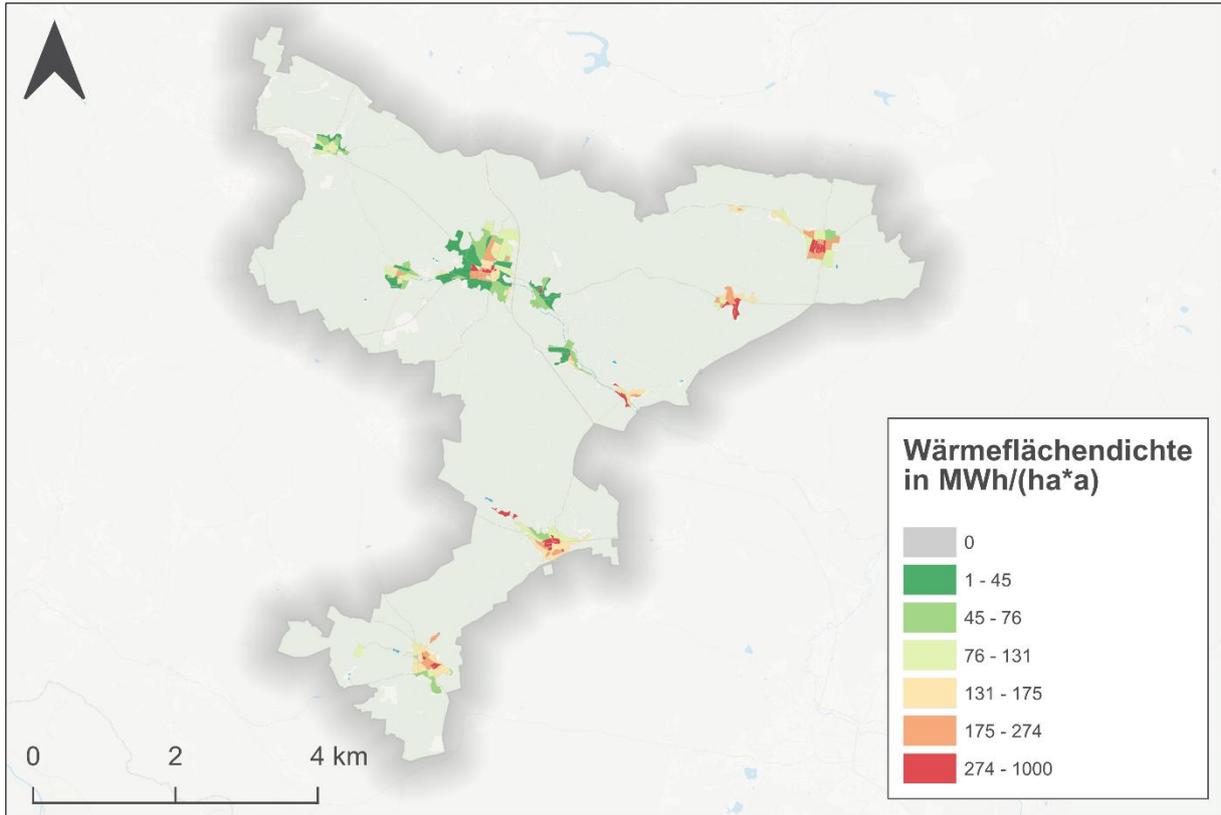


Abbildung 23 Wärme-flächendichte pro Baublock

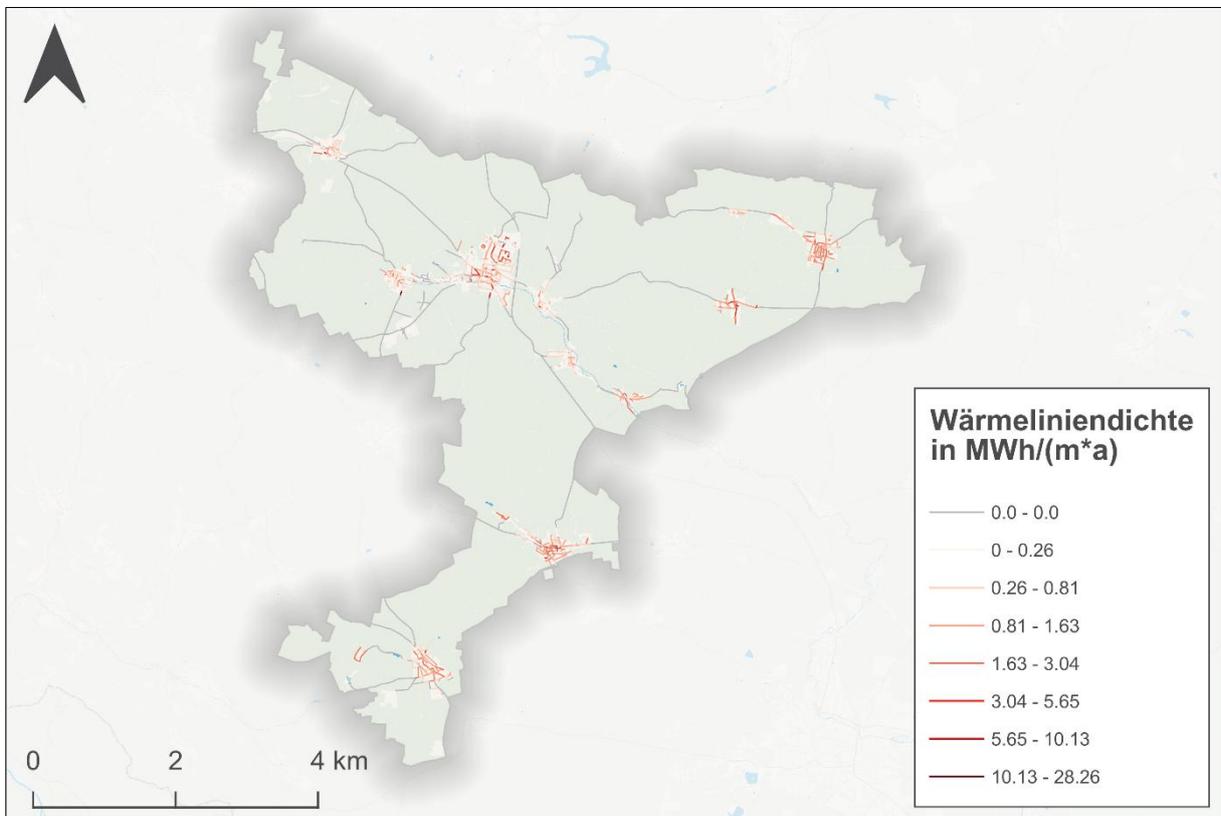


Abbildung 24 Wärmelinien-dichte pro Straßenabschnitt

3.7 Energie- und Treibhausgasbilanz

In Form einer Energie- und Treibhausgasbilanz des Wärmesektors wird an dieser Stelle eine Grundlage für die Bewertung von Potenzialen und Maßnahmen sowie das Erstellen von Szenarien geschaffen. Die folgende Bilanz wird auf Basis der BSKO-Systematik für kommunale Treibhausgasbilanzen erstellt (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, 2020).

Dafür werden die Endenergieverbräuche ermittelt und mit energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren verrechnet. Dabei werden nicht nur reine CO₂-Emissionen, sondern zugleich weitere klimarelevante THG erfasst und in der Form von CO₂-Äquivalenten (CO₂-eq)² aggregiert.

Der jährliche Endenergieverbrauch (EEV) für Wärme, der sich aus dem Mittel der erfassten Energieverbräuche der Jahre 2020 bis 2023 sowie den berechneten Bedarfen ergibt, beträgt für das Untersuchungsgebiet knapp 119 GWh/a, wobei sich ca. 23,9 GWh/a auf die Prozesswärme der aufgezeigten Großverbraucher zurückführen lassen. Daraus ergibt sich ein Gesamtausstoß an Treibhausgasemissionen in Höhe von ca. 27.711 Tonnen CO₂-eq pro Jahr.

Die Stadt besitzt ohne die aufgezeigten Großverbraucher einen mittleren Endenergieverbrauch für Wärme in Höhe von ca. 95,7 GWh/a, welcher für einen Gesamtausstoß an Treibhausgasemissionen in Höhe von ca. 21.699 t CO₂-eq/a verantwortlich ist.

Die nachfolgende Abbildung 25 zeigt die Verteilung des aktuellen jährlichen Endenergieverbrauchs von Wärme nach Energieträgern und die daraus resultierenden THG-Emissionen, inklusive der Prozesswärme der Großverbraucher.

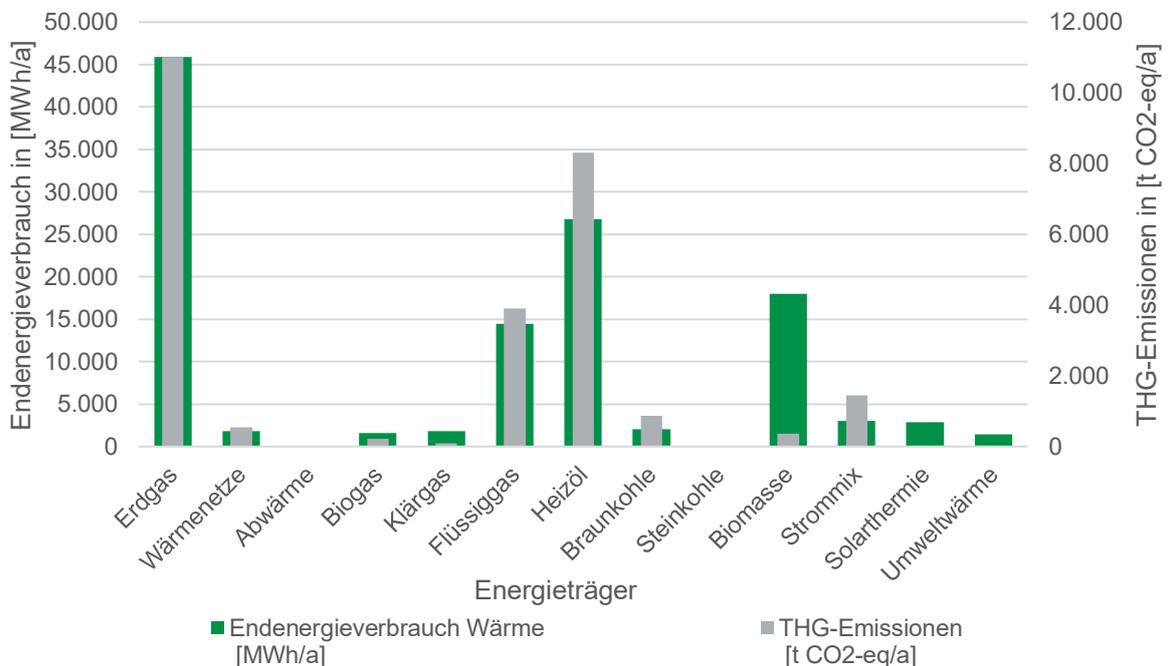


Abbildung 25 Verteilung des aktuellen jährlichen Endenergieverbrauchs von Wärme und der THG-Emissionen nach Energieträgern

² Neben Kohlenstoffdioxid werden Methan und Lachgas mitberücksichtigt (vgl. BSKO-Methodik)

Hierbei zeigt sich, dass die Energieträger Erdgas, Heizöl, Flüssiggas und Biomasse im Endenergieverbrauch dominieren. Dies liegt unter anderem an den industriellen Großverbrauchern und deren Endenergiebedarf an Erdgas, der über 50% des gesamten Erdgasverbrauchs ausmacht.

Verglichen zu den Emissionen und dem Endenergieverbrauch der Kommune ohne Industrie fällt auf, dass der höchste Anteil an Emissionen und dem Endenergieverbrauch privater Haushalte über den Energieträger Heizöl gedeckt wird (Abbildung). Biomasse dient zu 100% zur Versorgung privater Haushalte. Biomasse spielt allerdings bei den THG-Emissionen eine deutlich geringere Rolle, da es ein erneuerbarer Energieträger ist. Das höchste Potential privater Haushalte Emissionen einzusparen, besteht im Umstieg von Heizöl auf klimaneutrale Energieträger.

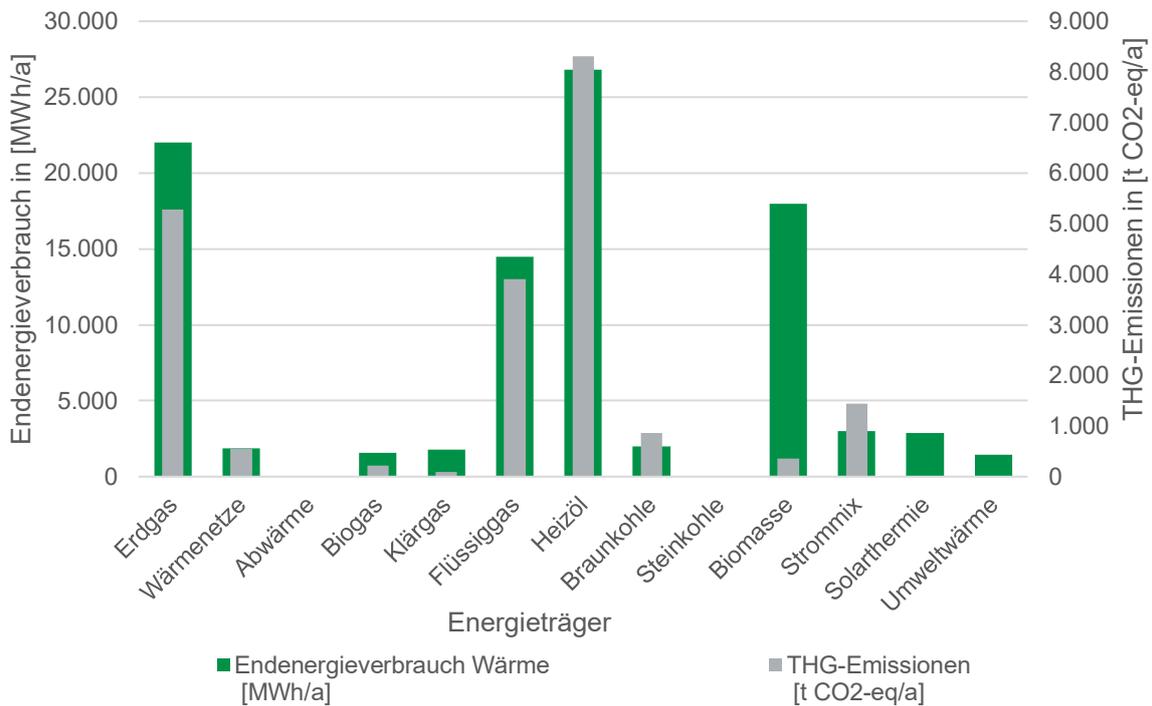


Abbildung 26 Verteilung des aktuellen jährlichen Endenergieverbrauchs von Wärme und der THG-Emissionen nach Energieträgern ohne industrielle Großverbraucher

In Abbildung 27, Abbildung 28 und Abbildung 29 ist der Anteil von Erdgas, Nah-/Fernwärme und weiterer dezentraler Energieträger am jährlichen EEV für Wärme pro Baublock dargestellt. Unter dem Begriff „dezentrale Energieträger“ werden Heizöl, Biomasse, Flüssiggas, Strom, Kohle, Umweltwärme und Solarthermie zusammengefasst. Im Kerngebiet des Untersuchungsgebiets ist der Anteil des erdgasbasierten EEV hoch. In den Randbereichen oder in Gebieten ohne Gasnetz wird der EEV fast vollständig durch dezentrale Energieträger gedeckt. Der Anteil des EEV durch Nah- und Fernwärme variiert je nach Baublock zwischen weniger als 25 % und 100 %.

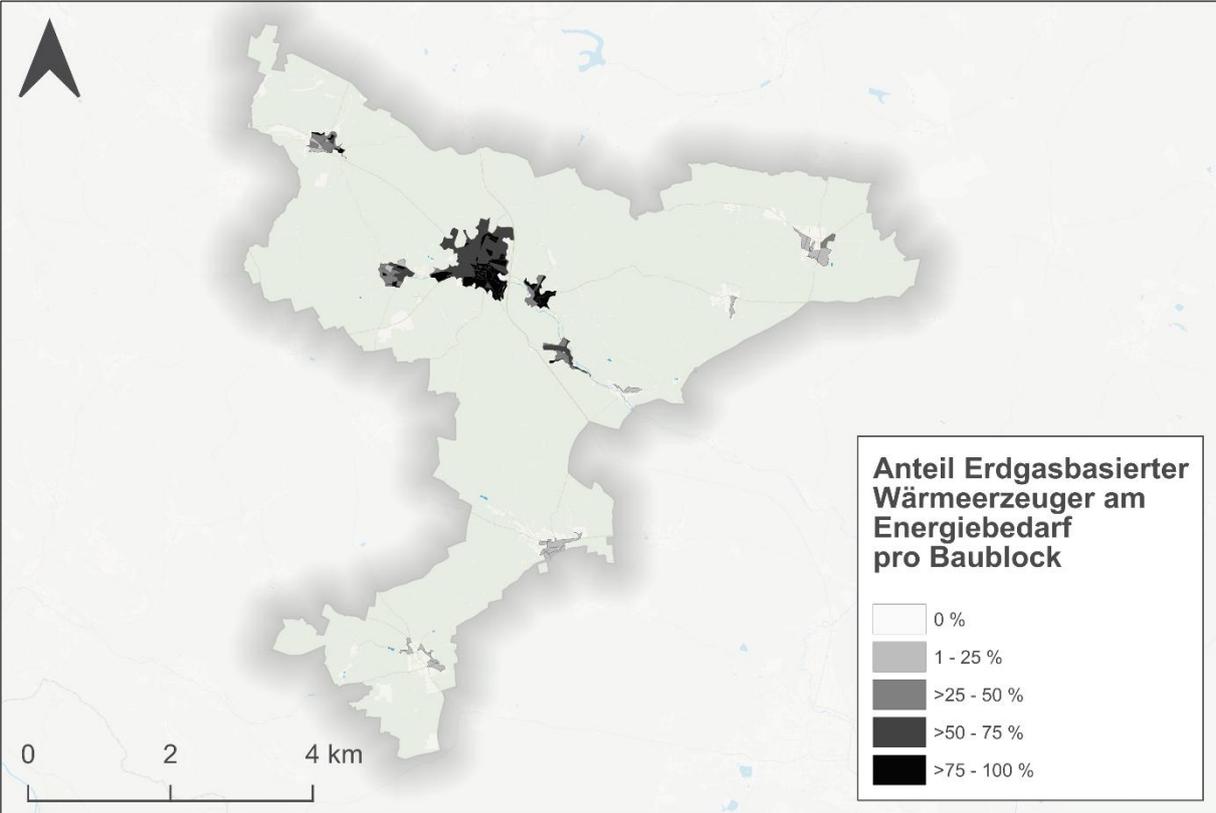


Abbildung 27 Anteil von leitungsgebundenem Erdgas am jährl. Endenergiebedarf für Wärme im Siedlungsbereich

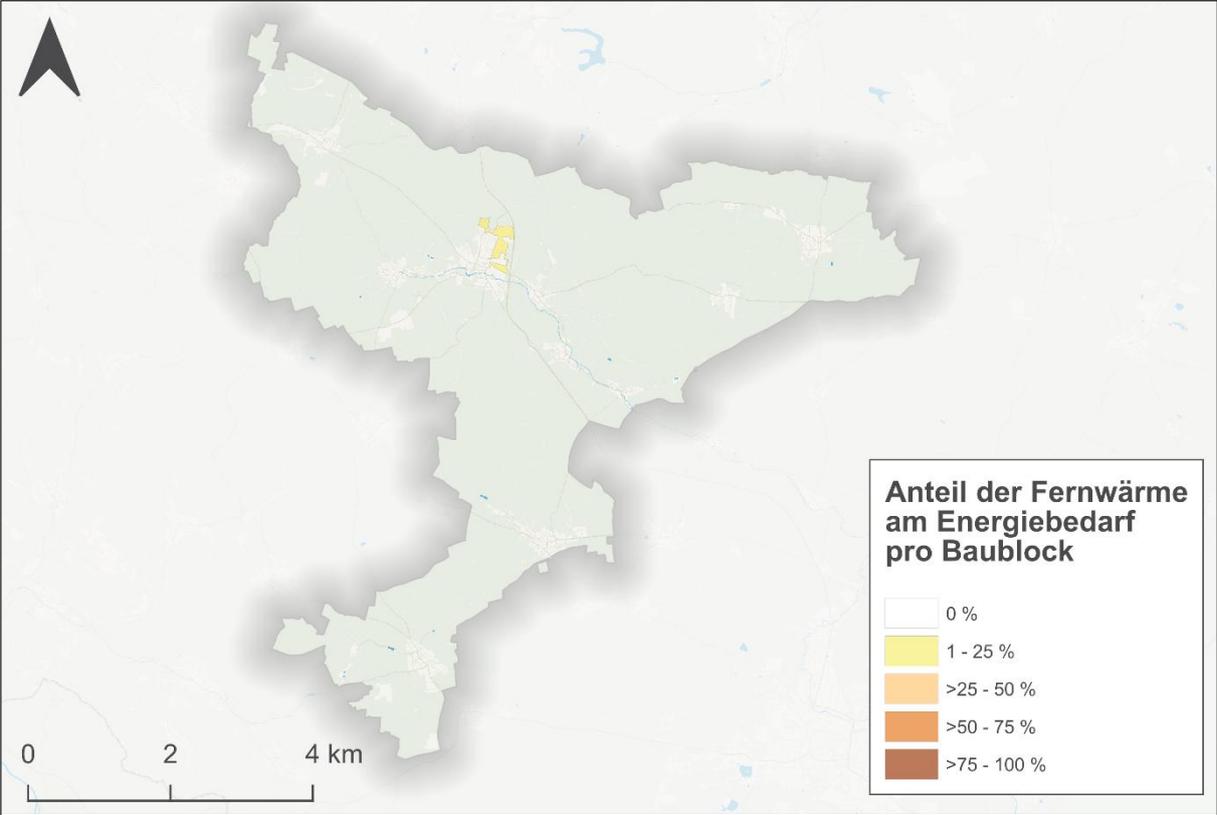


Abbildung 28 Anteil von leitungsgebundener Wärme am jährl. Endenergiebedarf für Wärme im Siedlungsbereich

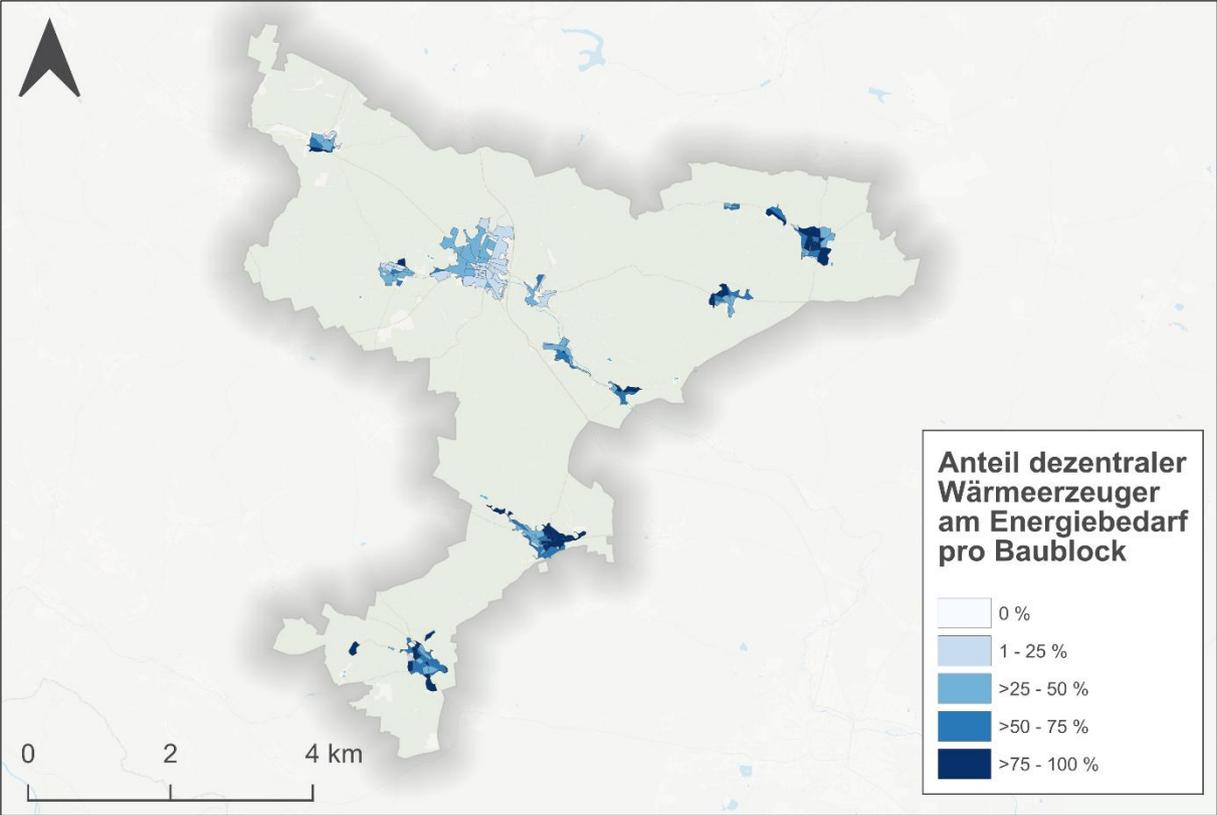


Abbildung 29 Anteil von dezentralen Wärmeerzeugern am jährl. Endenergiebedarf für Wärme im Siedlungsbereich

Abbildung zeigt die Zuordnung der bilanzierten Endenergieverbräuche zu den Sektoren Haushalte (Wohngebäude), Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe, industrielle Prozesswärme und öffentliche Gebäude. Etwa 52,2 % des Endenergieverbrauchs entfallen auf industrielle Prozesswärme und Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe. Die industrielle Prozesswärme verursacht nur geringe THG-Emissionen, da ein Teil dieser durch Biomasse erzeugt wird. Die Wohngebäude tragen zu 43 % des Endenergieverbrauchs und zu 52,2 % der THG-Emissionen bei. Es folgen die öffentlichen Gebäude mit 5 % Anteil am Endenergieverbrauch und 8 % an den THG-Emissionen.

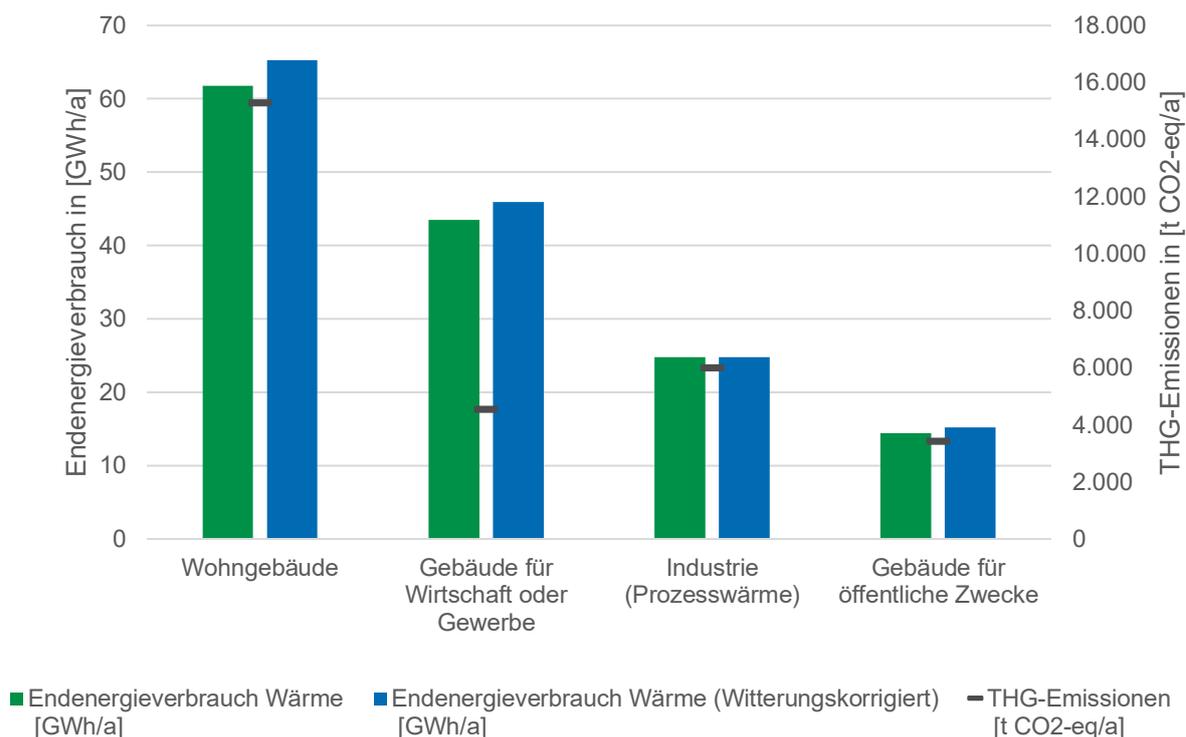


Abbildung 30 Verteilung des jährlichen Endenergieverbrauchs und der THG-Emissionen und Endenergiesektoren

Der aktuelle Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch von Wärme beträgt 24 %. Dieser kann vor allem durch den hohen Biogaseinsatz der Industrie erklärt werden. Dadurch liegt der Anteil von Biogas bei 15 %. Ohne die industriellen Großverbraucher beträgt der Anteil der erneuerbaren Energien am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme sogar 28 %. Dieser teilt sich auf in 19 % Biomasse und 11 % alle weiteren erneuerbaren Energieträger.

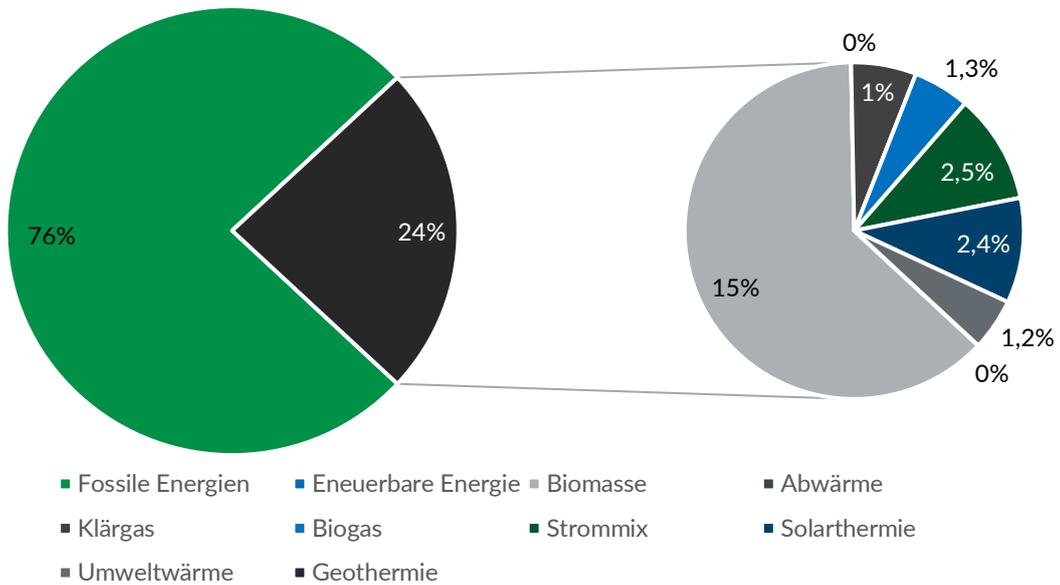


Abbildung 31 Aktueller Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch von Wärme nach Energieträgern in Prozent

Der jährliche Endenergieverbrauch leitungsgebundener Wärme ist in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen (Abbildung 32). Mit Witterungskorrektur würde dieser deutlich höher ausfallen. Aufgeteilt in die einzelnen leitungsgebundenen Energieträger zeigt sich, dass 100 % durch Erdgas gedeckt werden.

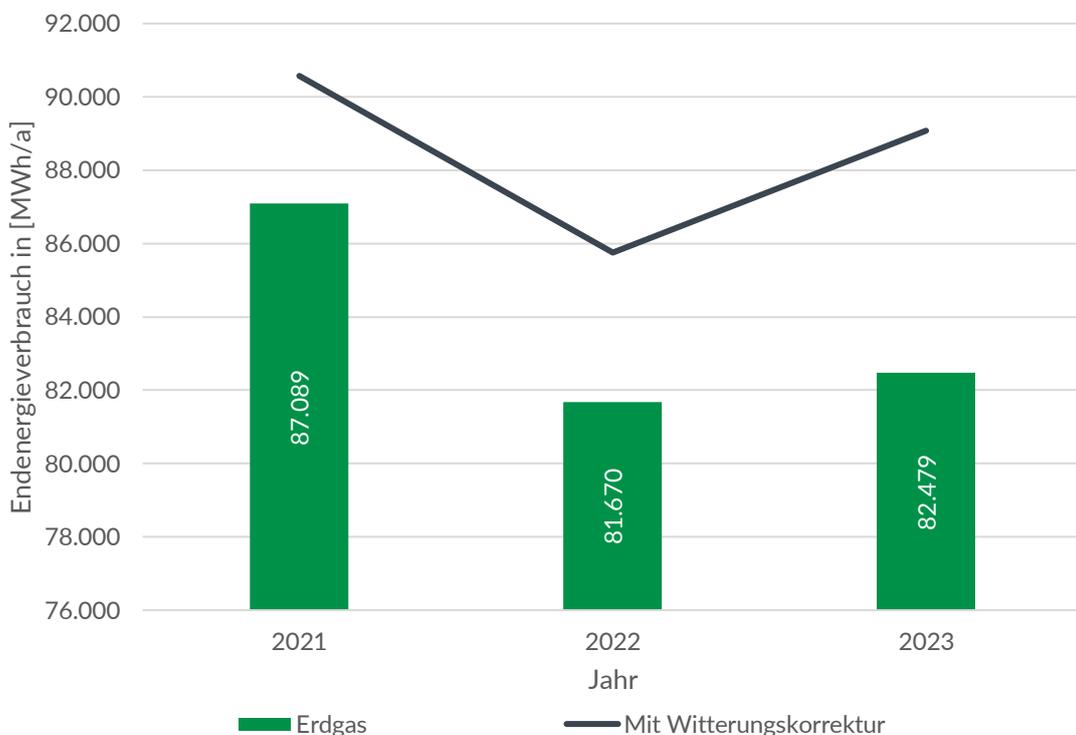


Abbildung 32 aktueller jährlicher Endenergieverbrauch leitungsgebundener Wärme nach Endenergieträgern in Megawattstunden

Die beiden Nahwärmenetze im Untersuchungsgebiet erzeugen ihre Wärme auf Basis von Biomethan und Erdgas. Ihr Anteil am gesamten Erdgasverbrauch beträgt 2 %.

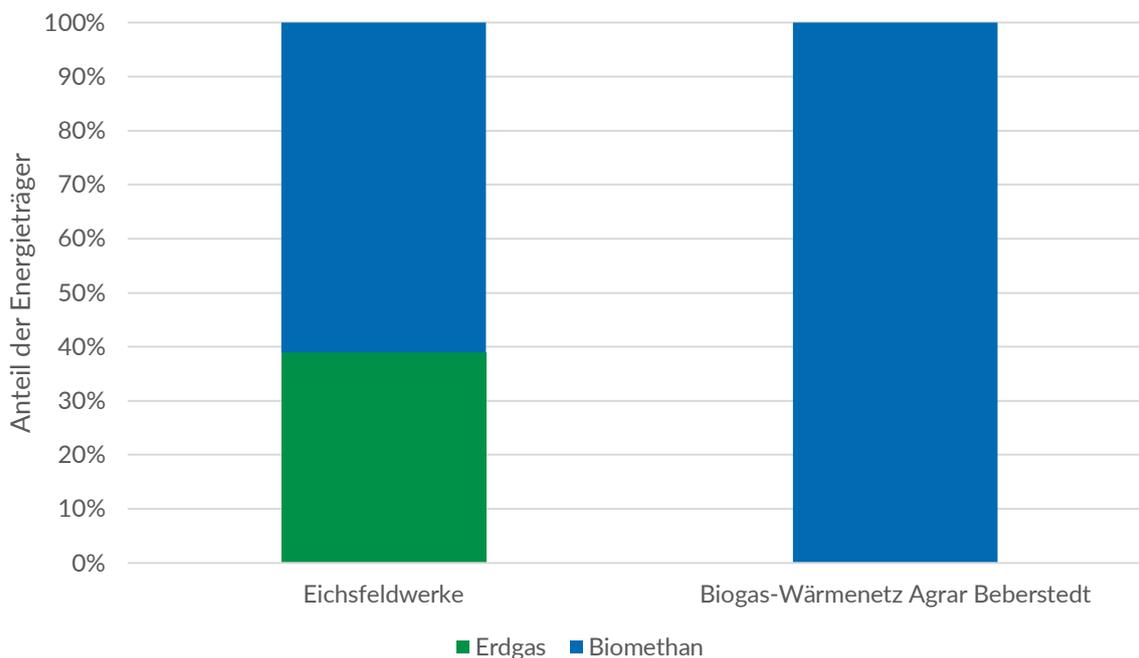


Abbildung 33 Anteil der Energieträger an der erzeugten Nahwärme

Werden die THG-Emissionen des Wärmesektors des Untersuchungsgebiets auf die Bevölkerung vor Ort bezogen ergibt sich inklusive der THG-Emissionen der industriellen Großverbraucher eine Pro-Kopf-Emission von ca. 2,2 t CO₂-eq/a. Werden ausschließlich die THG-Emissionen der Gemeinde ohne industrielle Großverbraucher betrachtet, ergibt sich eine Pro-Kopf-Emission von ca. 1,8 t CO₂-eq/a. Diese liegt unter dem Wert des bundesdeutschen Durchschnitts von 6,5 t CO₂-eq/a pro Person für private Haushalte (KLIMABÜNDNIS, 2022). Für die Berechnung wurden soziodemographische Bevölkerungsdaten des statistischen Landesamtes für das Jahr 2023 verwendet.

3.8 Ergebnisse der Bestandsanalyse

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden 17.421 Gebäude bezüglich der Eigentümer, des Gebäudetyps, der Nutzung, des Baualters, ihres Heizenergieträgers, des Wärmebedarfs sowie daraus resultierender Endenergieverbräuche und THG-Emissionen analysiert. 11.545 dieser Gebäude sind unbeheizte Nebengebäude und wurden für weitere Analysen ausgeschlossen.

Das Untersuchungsgebiet, die Stadt Dingelstädt, ist in 10 Ortschaften unterteilt und primär durch Vegetationsfläche geprägt (88 %). Nur 4 % der Gesamtfläche sind als Siedlungsfläche ausgewiesen. Der größte zusammenhängende Siedlungsbereich findet sich im Zentrum des Untersuchungsgebiets.

Es herrscht ein unausgeglichenes Verhältnis zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden. Die meisten Gebäude im Untersuchungsgebiet wurden vor 1949 erbaut. Dies zeigt auch die Analyse der überwiegenden Baualterklassen pro Baublock (Abbildung).

Die vorhandene Energie- und Versorgungsinfrastruktur im Untersuchungsgebiet umfasst zwei Gasnetze. Außerdem existieren zwei bestehende und Wärmenetzgebiete. Kältenetze sowie Abwasserkanäle mit einem Nenndurchmesser (DN) größer 800 mm sind nicht zu vorhanden. Das Strom-Mittelspannungsnetz verbindet die einzelnen Ortschaften miteinander.

Erdgasbetriebene Wärmeerzeugungsanlagen sind im Untersuchungsgebiet am häufigsten vertreten und haben die höchste Nennwärmeleistung, gefolgt von Biomasse und Heizöl. Über die Hälfte der Heizungsanlagen wurde nach dem Jahr 2000 installiert und hat die empfohlene Nutzungsdauer knapp überschritten. Daraus ergibt sich zur Zeit nur ein geringes Potenzial für eine umfassende Heizungsmodernisierung in naher Zukunft. Erdgasbetriebene Anlagen und Fernwärmeübergabestationen sind nur im Zentrum des Untersuchungsgebiets zu verzeichnen, während dezentral betriebene Anlagen im ganzen Untersuchungsgebiet installiert sind.

Im Untersuchungsgebiet gibt es fünf Großverbraucher, die jeweils mehr als 500 MWh Wärme pro Jahr verbrauchen. Es liegen keine Informationen dazu vor, welche Energieträger genutzt werden.

Das gesamte Untersuchungsgebiet hat einen Nutzwärmebedarf von knapp 107,9 GWh/a. Von dem Gesamtwärmebedarf entfallen 20 % (ca. 21,2 GWh/a) auf Prozesswärme. Der restliche Wärmebedarf für Raumwärme und TWW beträgt 86,7 GWh/a. Hohe Wärmebedarfe sind überwiegend in Baublöcken des Kernbereichs des Untersuchungsgebiets zu verorten. Dort finden sich auch die Bereiche mit hohen Wärmeflächen- und Wärmeliniedichten.

Der gesamte Endenergieverbrauch für Wärme im Untersuchungsgebiet beträgt etwa 120 GWh/a. Dieser Verbrauch wird überwiegend durch Erdgas, Heizöl, Flüssiggas und Biomasse gedeckt. Industrielle Prozesswärme und Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe tragen zusammen etwa 37 % des Endenergieverbrauchs bei. Wohngebäude sind am Endenergieverbrauch zu 52 % beteiligt und öffentliche Gebäude machen 12 % des Endenergieverbrauchs aus.

Die THG-Emissionen des Wärmesektors der Stadt Dingelstädt liegen heute bei 28.229 Tonnen CO₂-eq pro Jahr.

4 Potenzialanalyse

Im Laufe dieses Kapitels werden eine Analyse und Darstellung der bestehenden Potenziale aus erneuerbaren Energien und Abwärme sowie bestehender Energieeffizienzpotenziale für Gebäude und eine Wärmebedarfsreduktion von Prozessen durchgeführt. Die einzelnen erneuerbaren Potenzialkategorien, die untersucht werden, sind Geothermie, Umweltwärme, Abwasser, Solarenergie, Biomasse und Windkraft.

4.1 Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass einige Häuser im Gemeindegebiet zukünftig saniert werden. Während einer Sanierung werden oft Maßnahmen der energetischen Sanierung, z. B. durch Dämmmaßnahmen, Fenstertausch oder Abluftwärmenutzung, die Wärmebedarfe der Bestandsgebäude reduziert. Wie hoch diese Bedarfsreduktion ist, hängt von einigen Parametern ab. Das Gebäudealter, der Sanierungszustand sowie die realen Verbrauchsdaten gehen in eine Hochrechnung des Sanierungspotenzials aller erfassten Objekte im Untersuchungsgebiet ein.

Entsprechend den spezifischen Bedarfskennwerten nach der Gebäudetypologie für Wohn- und Nichtwohngebäude in einem konventionell sanierten Zustand des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) wird analog zur Bedarfsanalyse (Abschnitt 3.6) pro Gebäude ein Wärmebedarf im sanierten Zustand ermittelt. Aus dem Vergleich von berechnetem Wärmebedarf im IST-Zustand zum sanierten Zustand wird anschließend pro Gebäude ein prozentuales Einsparpotenzial abgeleitet. Dies wird auf den kombinierten Wärmebedarf und -verbrauch angewendet, um tatsächliche Verbräuche zu berücksichtigen.

Die Analyse liefert folgendes Ergebnis. Der derzeitige Gebäudewärmebedarf an Raumwärme und Warmwasser von 86,8 GWh/a könnte durch eine umfassende Sanierung der Gebäude auf ein konventionelles Sanierungsniveau um 20,5 GWh/a auf 66,3 GWh/a reduziert werden. Dies entspricht einer Einsparung von ca. 23,6 % des gegenwärtigen Verbrauchs. Die räumliche Verteilung des Sanierungspotenzials ist in Abbildung 34 dargestellt.

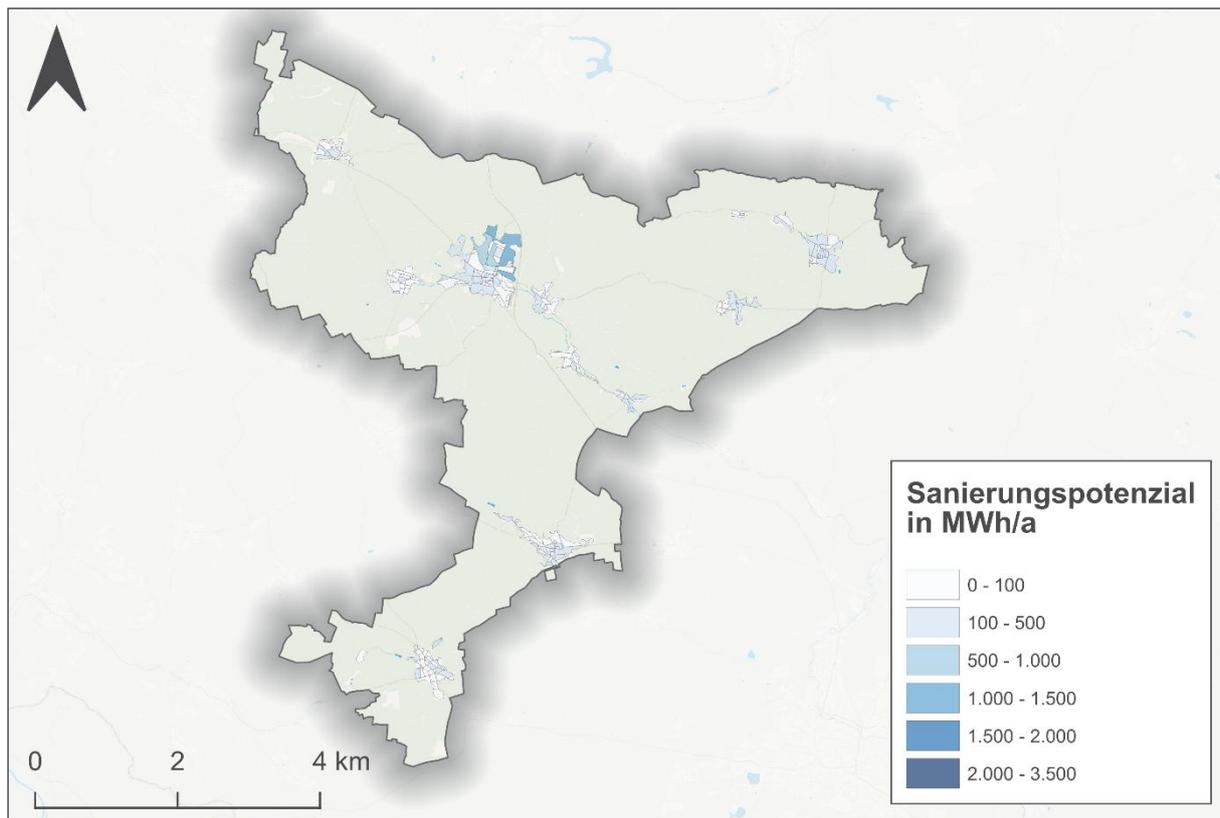


Abbildung 34 Sanierungspotenziale pro Baublock

Die meisten Baublöcke zeigen ein durchschnittliches Reduktionspotenzial von 0 – 100 MWh/a. Ein Baublock zeigt hohes energetisches Sanierungspotenzial. Dieser befindet sich im Nordosten der Stadt Dingelstätt (1.000 – 1.500 MWh/a).

4.2 Wärmebedarfsreduktion in Prozessen

Wärmebasierte industrielle Prozesse können Potenziale für die Reduktion des Prozesswärmebedarfs und damit des gesamten Wärmebedarfs bieten. Die erreichbaren Reduktionspotenziale sind nur individuell bestimmbar, da sie vom individuellen Prozess und dessen Ausgestaltung abhängen.

Für das Untersuchungsgebiet wurden in Absprache mit der Kommune die in Tabelle 9 aufgelisteten Betriebe als mögliche Industrieunternehmen mit Prozesswärme identifiziert und abgefragt. Die Tabelle enthält zudem das jeweilige Abfrageergebnis in Kürze zusammengefasst.

Bei Redaktionsschluss lag lediglich eine Rückmeldung der HM Heizkörper GmbH vor. Die Informationen beschränkten sich auf die Nutzung von industrieller Abwärme.

Tabelle 9 Identifizierte Unternehmen mit vermuteten Reduktionspotenzialen an Prozesswärme und vermuteten Abwärmepotenzialen inkl. Abfrageergebnis

Unternehmen	Branche	Abfrageergebnis
HM Heizkörper GmbH*	Produktion von Heizkörpern	Keine Angabe zur Prozesswärme
Di Matteo Eisengießerei GmbH	Keine Angabe	Keine Angabe
Mubea fahrwerksfedern GmbH	Keine Angabe	Keine Angabe
Sunline Deckstrahlheizungen GmbH	Keine Angabe	Keine Angabe

4.3 Unvermeidbare Abwärme

Unvermeidbare Abwärme stellt laut § 3 Nr. 13. WPG Wärme dar, die „als unvermeidbares Nebenprodukt in einer Industrieanlage, einer Stromerzeugungsanlage oder im tertiären Sektor anfällt und ohne den Zugang zu einem Wärmenetz ungenutzt in die Luft oder in das Wasser abgeleitet werden würde; Abwärme gilt als unvermeidbar, soweit sie aus wirtschaftlichen, sicherheitstechnischen oder sonstigen Gründen im Produktionsprozess nicht nutzbar ist und nicht mit vertretbarem Aufwand verringert werden kann, (...)“. Diese unvermeidbaren Abwärmepotenziale gilt es in der Wärmeplanung zu identifizieren, um mögliche Nutzungsmöglichkeiten, wie bspw. durch ein Wärmenetz, aufzuzeigen. Unvermeidbare Abwärme findet sich in denselben Industriezweigen wie bei der Prozesswärmereduktion. Ähnlich zur Prozesswärme hängen die Temperaturen und Menge der Wärme stark von dem individuellen Prozess ab. Zudem kann die Wärmemenge auch von Schwankungen in der Produktion abhängen. Aufgrund dieser Individualität wird die gleiche Vorgehensweise wie für die Identifikation von Reduktionspotenzialen an Prozesswärme für die Identifikation von Abwärmepotenzialen angewendet. Dementsprechend wird hier auf Kapitel 4.2 verwiesen. Ein Unternehmen hat ein Abwärmepotenzial gemeldet. Die Befragung hat ergeben, dass die HM Heizkörper GmbH die auftretende Abwärme zum Großteil selbst nutzt.



Abbildung 35 Standorte potenzieller Abwärmequellen im Untersuchungsgebiet

Tabelle 10 Übersicht der Industrie- und Produktionsstätten mit Abwärme Potenzial

Bezeichnung	Wirtschaftszweig	Theoretisches Abwärme Potenzial
HM Heizkörper GmbH*	Produktion von Heizkörpern	0,5 GWh/a
Di Matteo Eisengießerei GmbH	Keine Angaben	Keine Angaben
Mubea fahrwerksfedern GmbH	Keine Angaben	Keine Angaben
Sunline Deckstrahlheizungen GmbH	Keine Angaben	Keine Angaben

4.4 Geothermie

Im folgenden Kapitel wird das Potenzial der Geothermie analysiert und dargestellt. Geothermie nutzt auf verschiedene Arten Erdwärme zur Energiegewinnung. Es wird zwischen oberflächennaher Geothermie (bis 400 m Tiefe) und tiefer Geothermie (ab 400 m Tiefe) unterschieden. **Dezentrale oberflächennahe Geothermie** verwendet Wärmepumpen, die Wärme für einzelne Gebäude bereitstellen. Sie eignet sich besonders für private Haushalte und kleine Betriebe.

Zentrale Geothermie nutzt sowohl oberflächennahe als auch tieferliegende Erdschichten zur Wärme- und Stromerzeugung in größerem Maßstab. Systeme der tiefen Geothermie versorgen ganze Städte oder Industrieanlagen und erfordern umfangreiche Bohrungen und Infrastrukturen. Beide Arten der Geothermie werden in den folgenden Abschnitten getrennt voneinander untersucht.

4.4.1 Dezentrale oberflächennahe Geothermie

Umweltwärme kann aus dem oberflächennahen Erdreich entweder durch die Verwendung von Erdsonden oder mit Erdwärmekollektoren entzogen werden. Erdwärmesonden werden durch Bohrungen verlegt, während Erdwärmekollektoren horizontal im Erdreich verlegte Wärmeübertrager sind, die die Wärme des Erdreichs als Energiequelle für eine Wärmepumpe nutzbar machen.

Das Potenzial der oberflächennahen Geothermie wird anhand von Katasterdaten ermittelt. Es werden Flächen wie z.B. Bahnverkehr, Gewässer und Straßen ausgeschlossen, da hier keine Erdwärmennutzung möglich ist. Auch Überschwemmungs- und Trinkwasserschutzgebiete sind ausgeschlossen. Im Untersuchungsgebiet befindet sich zu weiten Teilen Trinkwasserschutzgebiet (Zonen I/II/III). Dadurch befinden sich alle Gemarkungen außer Dingelstädt und Bickenriede vollständig in einem Ausschlussgebiet.

Um das Potenzial von oberflächennaher Geothermie in Kombination mit Wärmepumpen zu bestimmen, wird ein theoretisches und ein technisches Potenzial berechnet. Im theoretischen Potenzial wird die gesamte durch oberflächennahe Geothermie nutzbare Fläche im Siedlungsgebiet berücksichtigt. Das technische Potenzial berücksichtigt darauf aufbauend die räumliche Nähe zu einem Gebäude und inwieweit ein wesentlicher Anteil des Energiebedarfs eines Gebäudes durch oberflächennahe Geothermie zur Verfügung gestellt werden kann.

Um das technische Potenzial zu ermitteln, wird der Deckungsgrad für jedes Gebäude auf 100 % begrenzt. Das bedeutet, dass auch bei einer sehr großen Fläche, die einem Gebäude zur Verfügung steht, nicht mehr Wärme aus dem Erdreich entnommen wird, als für das Gebäude benötigt wird. Für ungedämmte Häuser ist der Betrieb von Wärmepumpen unter Umständen unwirtschaftlich, daher wird sich hier dem Wert Wärmebedarf je m² bedient. Obwohl Gebäude mit einem höheren Wärmebedarf als 120 kWh/m² für das Betreiben von Wärmepumpen wirtschaftlich weniger geeignet sind, werden alle Gebäude in der Potenzialanalyse betrachtet (Beuth Hochschule für Technik Berlin und ifeu-Institut, 2017) (Umweltbundesamt, 2023a).

Da die Daten keine genauen Grundstücksgrenzen enthalten, wird für jedes Flurstück, auf dem ein Gebäude mit Wärmebedarf steht, die Eignung für geothermische Nutzung ermittelt. Von den Flächen im Untersuchungsgebiet werden sowohl die genannten Ausschlussgebiete und ein 2,5 Meter breiter Puffer um Gebäude abgezogen. Die verbleibenden Flächen werden zusätzlich um 30 % reduziert, um der tatsächlichen Nutzung (z.B. durch Bäume oder Versiegelung) Rechnung zu tragen.

Erdsonden Wärmepumpen

Da zwischen einzelnen Bohrungen Abstände einzuhalten sind, ist der Flächenbedarf durch die Anzahl der Bohrungen für Erdsonden und die Mindestabstände zu bestimmen. Über die Annahme von verschiedenen Kennwerten einer Wärmepumpe kann eine theoretisch nutzbare Wärmemenge bestimmt werden (Abbildung 36). Das theoretische Gesamtpotenzial von Erdwärmesonden beträgt 60,3 GWh/a.

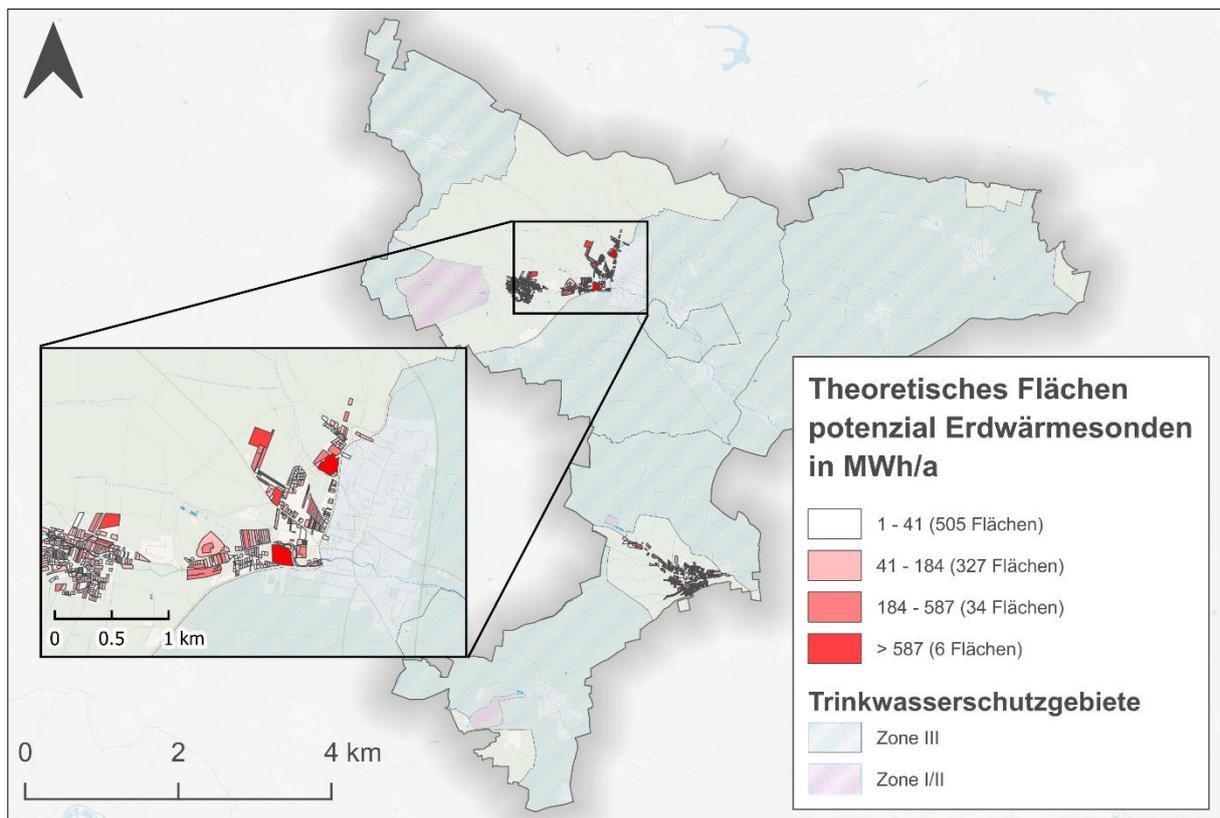


Abbildung 36 Theoretisches Potenzial von Flächen zu Erdsondennutzung

Aus dem Verhältnis der nutzbaren Wärme aus der Geothermie zu dem Wärmebedarf des Gebäudes lässt sich ein Deckungspotenzial ableiten. Dieses entspricht dem technischen Gesamtpotenzial von 12,9 GWh/a (Abbildung 37).

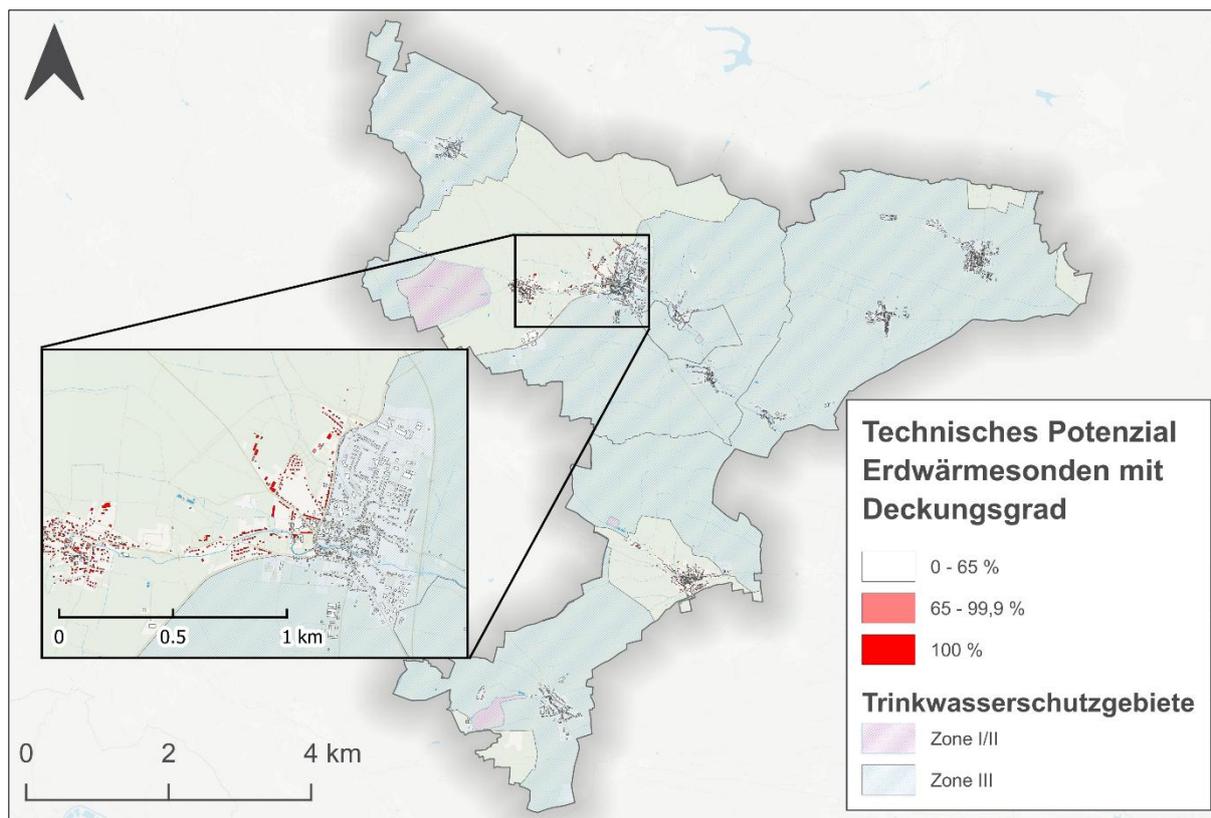


Abbildung 37 Technisches Potenzial von Erdsonden Wärmepumpen mit Deckungsgrad

Der gesamte Raumwärme- und Warmwasserbedarf der Gebäude im Untersuchungsgebiet beträgt laut Wärmebedarfsanalyse 86,8 GWh/a. Aus der oben genannten Berechnung ergibt sich für die Kommune ein technisches Erdsonden-Potenzial von 12,9 GWh/a, was einem Deckungsgrad von ca. 14 % entspricht.

Erdkollektoren Wärmepumpen

Erdkollektoren benötigen laut Literatur eine unbebaute und unversiegelte Freifläche in der Regel von 1,5- bis 3-facher Größe der zu beheizenden Wohnfläche (je nach Untergrundverhältnissen) (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2023). Für diese Potenzialanalyse wurde als Kollektorfläche die doppelte Nettogrundfläche (NGF) des Gebäudes angenommen. Die NGF der Gebäude auf einem Flurstück wurde zusammengerechnet und abgeglichen mit der zur Verfügung stehenden Fläche auf dem Flurstück.

Ähnlich wie bei Erdsonden wurden zur Bestimmung des theoretischen Potenzials Ausschluss- und Abstandsflächen sowie örtliche Gegebenheiten berücksichtigt. Abbildung 38 zeigt das theoretische Potenzial durch Erdkollektoren aller möglichen Flächen im Siedlungsgebiet der Gemeinde. Das theoretische Potenzial für Erdkollektoren Wärmepumpen beträgt 22,6 GWh/a.

Analog zum technischen Potenzial der Erdsonden wurde auch bei Erdkollektoren das Potenzial als möglicher Deckungsgrad berechnet. Die Anteile am Wärmebedarf des Gebäudes sind in Abbildung 39 veranschaulicht. Das technische Potenzial von Erdkollektoren beträgt 6,8 GWh/a. Das entspricht einem Deckungsgrad von 7 % am gesamten Wärmebedarf der Gebäude im Untersuchungsgebiet.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das geothermische Nutzungspotenzial des Untersuchungsgebiets aufgrund der Lage wesentlicher Flächen innerhalb eines Trinkwasserschutzgebiets als eingeschränkt zu bewerten ist.

Für eine genauere Betrachtung der Geothermiepotenziale bietet sich eine weitere Untersuchung an, in der auch der wirtschaftliche und energetisch sinnvolle Betrieb von Wärmepumpen bei saisonalen, schwankenden Lastgängen berücksichtigt wird.

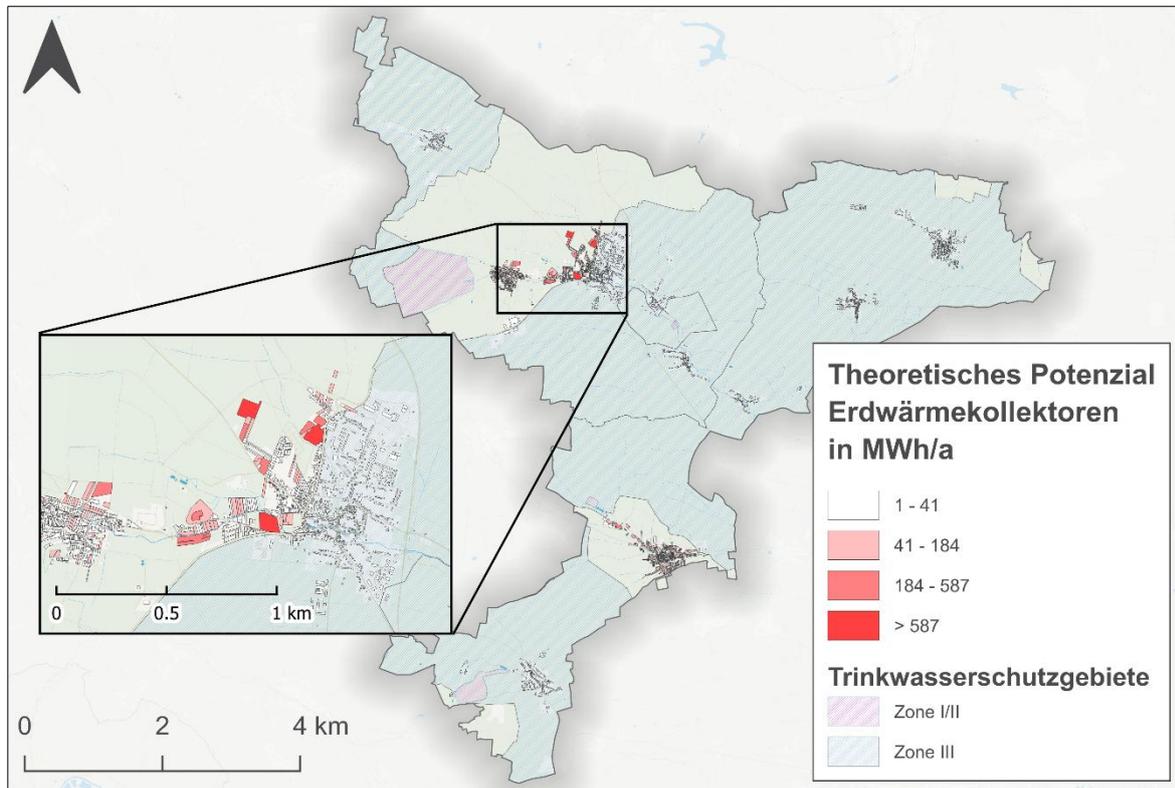


Abbildung 38 Theoretisches Potenzial von Flächen zu Erdkolektoren Wärmepumpennutzung

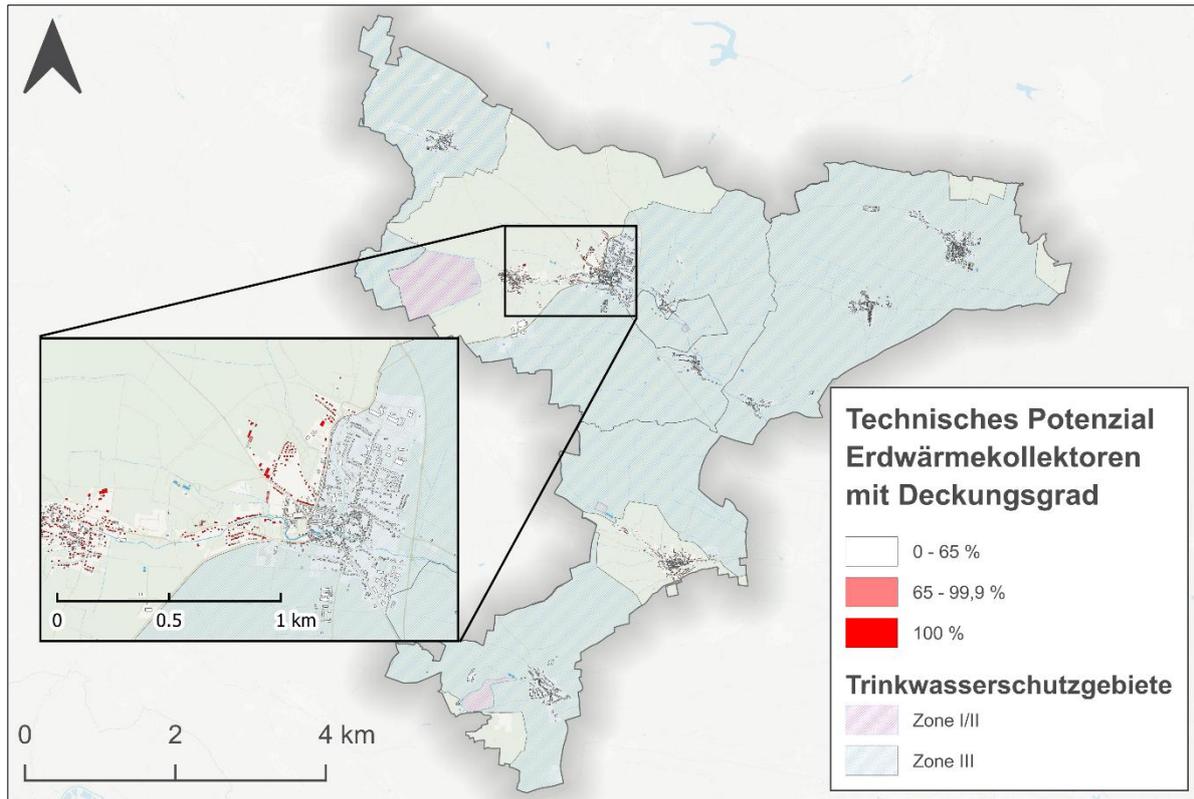


Abbildung 39 Energieanteil des technischen Potenzials von Erdkollektoren Wärmepumpen mit Deckungsgrad des Wärmebedarfs

4.4.2 Zentrale Geothermie

Zentrale Geothermie ist dadurch gekennzeichnet, dass gewonnene Erdwärme in ein Wärmenetz eingespeist wird. Die Potenziale zentraler Geothermie Nutzung werden in oberflächennahe Geothermie und Tiefengeothermie differenziert.

Oberflächennahe zentrale Geothermie

Zuerst wurden Ausschlussflächen für Erdsondenfelder bestimmt und anschließend mithilfe des Geothermieatlas Thüringen potenzielle Entzugsleistungen für die verbleibenden Flächen analysiert.³ Ausgeschlossen sind Flächen, die baulich, wasserwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder aus Gründen des Natur-, Gewässer-, Arten-, Denkmal-, Hochwasser-, oder Trinkwasserschutzes genutzt werden. Die verbleibenden Potenzialflächen sind in Abbildung 40 dargestellt.

³ Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft

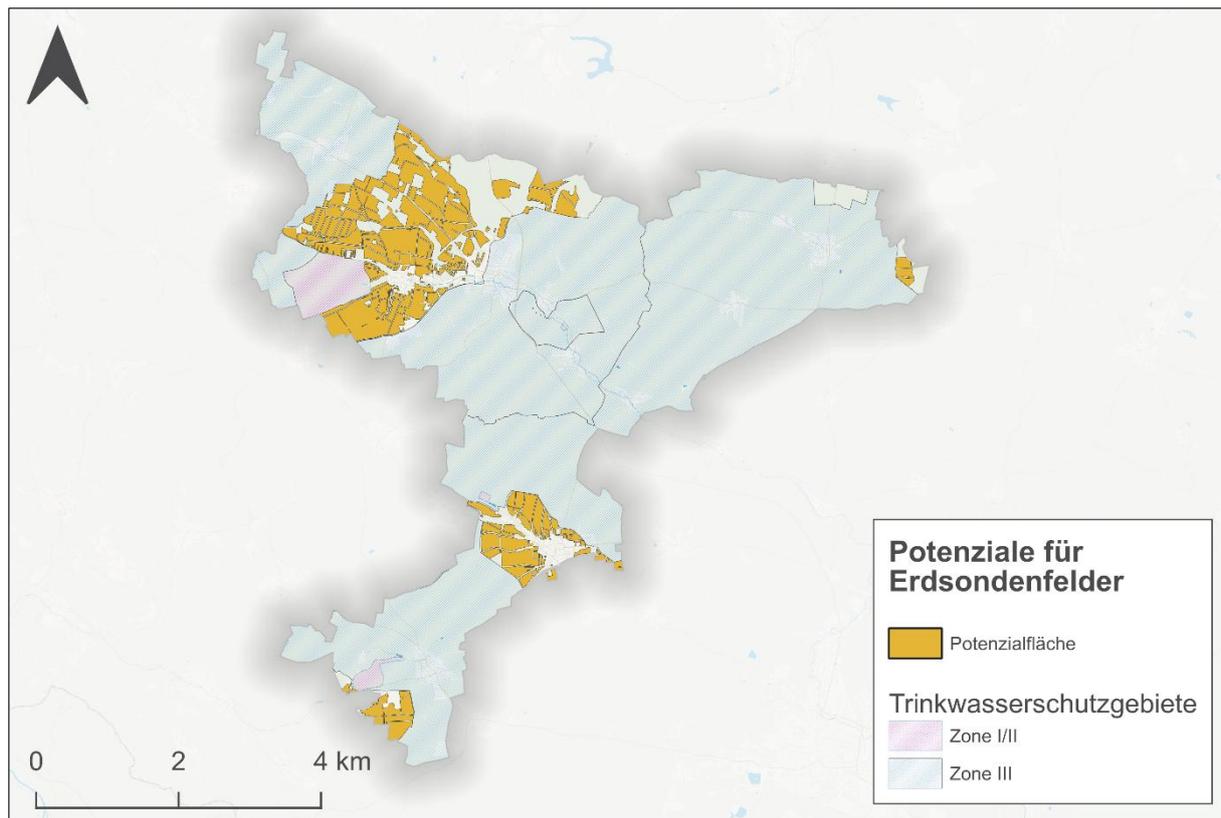


Abbildung 40 Potenzialflächen für zentrale Erdsondenfelder

Auf dieser Basis ergibt sich für alle Potenzialflächen ein theoretisches Potenzial von 12.453 GWh/a. Dadurch könnte der gesamte Wärmebedarf innerhalb des Untersuchungsgebiets gedeckt werden.

Tiefe zentrale Geothermie

Über Tiefbohrungen ab 400 m wird die Erdenergie erschlossen und diese aufgrund hoher Temperaturen direkt genutzt (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, 2016).

Für die Bestimmung des Potenzials an tiefer Geothermie bietet das Geothermische Informationssystem (GeotIS) Standortdaten von bereits existierenden tiefen Geothermieranlagen und deren Energieextraktion sowie Übersichtskarten zu Bodentemperatur und geothermischen Potenzialen unterteilt nach Systemart (hydrothermisch⁴ / petrothermisch⁵) und ihrer gegenwärtigen oder zukünftigen Verfügbarkeit (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik).

⁴ Hydrothermale Systeme nutzen überwiegend das im Untergrund vorhandene Wasser, meist direkt (ggf. über Wärmetauscher) zur Speisung von Nah- und Fernwärmenetzen oder zur gewerblichen bzw. industriellen Nutzung. Mögliche Beispiele sind die Nutzung von Aquiferen (Grundwasserleiter) mit heißem (> 100 °C), warmem (60–100 °C) oder thermalem (> 20 °C) Wasser.

⁵ Petrothermale Systeme nutzen überwiegend die im Gestein gespeicherte Energie. Sie ist also weitgehend unabhängig von Wasser führenden Strukturen. Beispiele für dieses Nutzungssystem sind entweder Enhanced Geothermal Systems (EGS) oder Hot Dry Rock Systems (HDR). Dabei wird das heiße Gestein (häufig das kristalline Grundgebirge, aber auch Sandsteine mit geringer Porosität) als Wärmetauscher genutzt. Ein anderes Beispiel sind tiefe Erdwärmesonden (EWS). Hierbei erfolgt die Energienutzung aus einer beliebigen Gesteinsabfolge mit geschlossenem Kreislauf des Wärmeträgermediums in der Sonde.

Mithilfe von GeotIS lässt sich eine Erstabschätzung zu möglichen Potenzialen an tiefer Geothermie ableiten. Im konkreten Einzelfall ist nichtsdestotrotz eine detaillierte Machbarkeitsstudie sowie eine Probebohrung im Untersuchungsgebiet erforderlich.

Auf Basis der Übersichtskarten zu Geothermiepotenzialen liegt nachgewiesenes oder vermutetes (zukünftig verfügbares) hydrothermisches Potenzial im Untersuchungsgebiet vor. Ein petrothermisches Potenzial ist außerdem vorhanden (Abbildung 41). Untergrundtemperaturen im Untersuchungsgebiet von 100-130 °C werden erst ab Tiefen von mehr als 2.800 m unter Normalnull erreicht. 40 °C werden erst ab 1.000 m Tiefe erreicht (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, 2016).

Das minimal nachhaltig nutzbare petrothermische und hydrothermische Potenzial lässt sich über die gesamte Untersuchungsfläche die mittlere terrestrische Wärmestromdichte in Deutschland von 0,065 W/m² auf ca. 23,8 GWh/a thermische Leistung abschätzen.

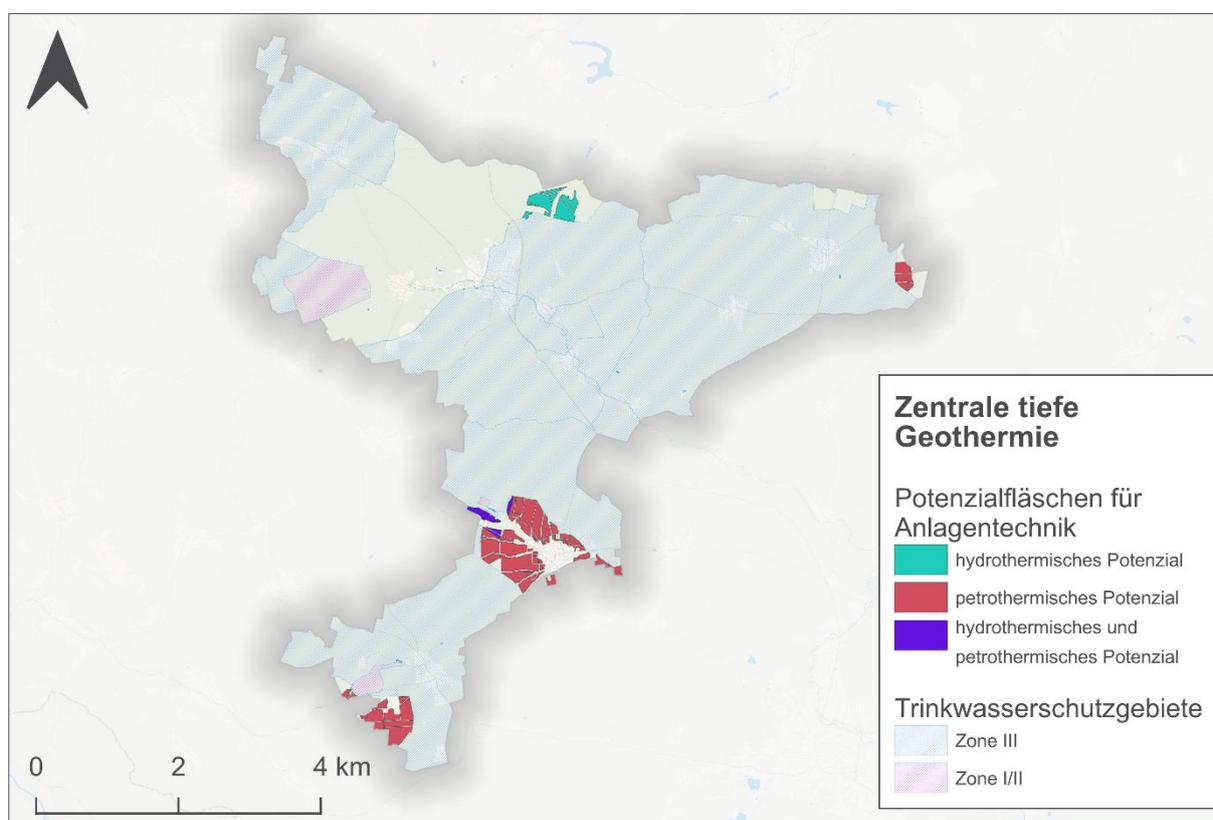


Abbildung 41 Grundsätzliche petrothermische und hydrothermische Potenziale für Tiefengeothermie im Untersuchungsgebiet

Im Gegensatz zu hydrothermischen Potenzialen ist die Nutzung von petrothermischen Potenzialen noch keine markterprobte Technologie. Gegenwärtig sind keine kommerziellen petrothermischen Anlagen in Betrieb. Deutschlandweit existieren bisher nur Probeanlagen. Dementsprechend stellt dieses Potenzial je nach Entwicklung der Technologie ein künftiges Potenzial für die zentrale Wärmebereitstellung dar. Bei Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung und der Verfügbarkeit markterprobter Technologien kann dieses nochmals detaillierter untersucht werden.

4.5 Umweltwärme

Nachfolgend wird das Potential der Umweltwärme analysiert und kartografisch dargestellt. Es werden folgende technologische Potenziale untersucht:

- Stehende Oberflächengewässer
- Fließende Oberflächengewässer
- Grundwasser
- Luft

Aus dem Wasser lässt sich Wärme auf niedrigem Temperaturniveau entziehen, diese kann mithilfe einer weiteren Technologie (Wärmepumpen) auf höhere Temperaturen angehoben werden. Abbildung 42 zeigt einen Überblick über mögliche Gewässer sowie Wasserschutzgebiete.

4.5.1 Oberflächengewässer

Eine Möglichkeit der Wärmeengewinnung aus der Umwelt ist die Nutzung von Wärme aus Oberflächengewässern. Damit fließende oder stehende Oberflächengewässer für dieses Vorhaben geeignet sind, müssen einige Kriterien erfüllt sein.

Stehende Gewässer

Für die Nutzung stehender Gewässer als Wärmequelle wird eine Mindesttiefe von 2–3 m empfohlen. Geringere Tiefen können die Effizienz der Wärmepumpe durch instabile Temperaturschichtung, Eisbildung und begrenzte Wärmespeicherung mindern. Die Eignung hängt zudem von Gewässergröße, Temperatur und Wärmepumpentechnologie ab. Bei der Analyse wird mit einer Mindesttiefe von 1 m des stehenden Gewässers ausgegangen, sofern dies nicht anders spezifiziert wurde.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich zehn Seen, wobei sich fast alle in Trinkwasserschutzgebieten befinden. Zwei stehende Gewässer konnten als theoretisch nutzbare stehende Gewässer identifiziert werden (Abbildung). Hier ergibt sich ein theoretisches Gesamtpotenzial von knapp 0,3 GWh/a, bei einer angenommenen Jahresarbeitszahl von 3 läge das technisch nutzbare Potenzial bei bis zu 0,5 GWh/a.

Keines der Gewässer steht in Verbindung mit Bergbaubetrieb und wird daher nicht als Grubengewässer deklariert.

Fließgewässer

Bei fließenden Oberflächengewässern sind eindeutige Kriterien festgelegt, um die Eignung für die Wärmeengewinnung zu prüfen. Es muss ein ausreichender Volumenstrom vorhanden sein, das Gewässer muss ganzjährig Wasser führen, die Strömungsgeschwindigkeit muss ausreichend hoch sein und es muss eine gleichmäßige Temperaturverteilung gewährleistet sein. Sollten diese Kriterien nicht erfüllt sein, beeinträchtigt das die Effizienz der Wärmepumpe massiv, weshalb Ausfallzeiten in Höhe von 50% des Jahres mitbetrachtet werden.

Im Untersuchungsgebiet befindet sich die Unstrut (Abbildung 42). Diese hat bei Niedrigwasser einen mittleren Durchfluss von 0,46 m³/s (. Dieser Volumenstrom reicht aus, um die effiziente

Nutzung einer Wärmepumpe zu gewährleisten. Die Unstrut wird überlagert von Trinkwasserschutzgebieten der Zone III, sodass eine Eignung für den Bau einer Wärmepumpe geprüft werden muss. Es ergibt sich ein theoretisches Gesamtpotenzial von bis zu 8,5 GWh/a. Bei einer angenommenen Jahresarbeitszahl von 3 läge das technisch nutzbare Potenzial sogar bei bis zu 18,0 GWh/a.

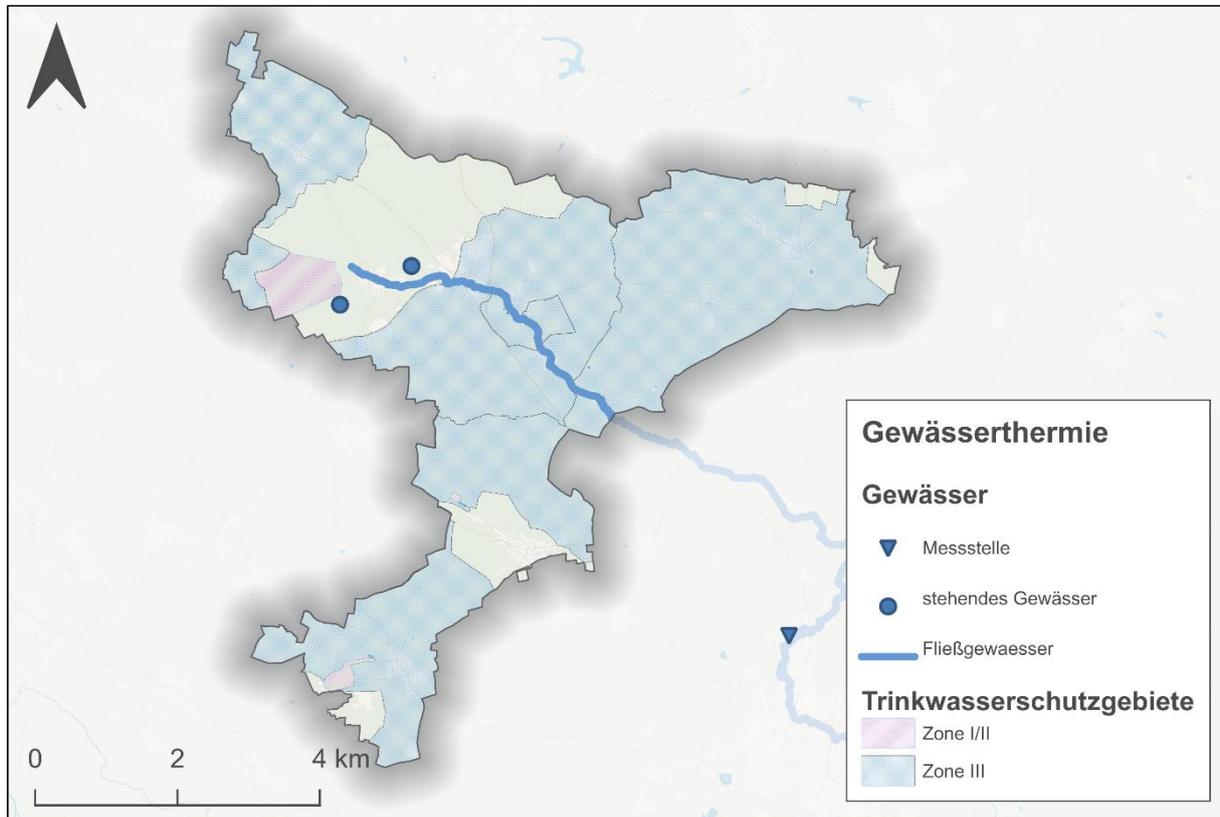


Abbildung 42 Übersicht der stehenden und fließenden Oberflächengewässer sowie Trinkwasserschutzgebiete im Untersuchungsgebiet

4.5.2 Grundwasser

Aus Grundwasser kann Energie gezogen werden. Es ist aufgrund der ganzjährig fast gleichbleibenden Temperatur als Wärmequelle für eine Wärmepumpe gut geeignet. Grundwasserwärmepumpenanlagen bestehen typischerweise aus zwei Brunnenarten: einem Förderbrunnen und einem Schluckbrunnen. Das Grundwasser wird über den Förderbrunnen entnommen, die darin enthaltene Energie über eine Wärmepumpe entzogen und anschließend wird das Wasser über den Schluckbrunnen dem Grundwasser zugeführt.

Grundwasserwärmepumpen benötigen für eine wirtschaftliche Nutzung einen geringen Abstand zu einer grundwasserführenden Erdschicht (Grundwasserflurabstand), da sonst hohe Brunnentiefen notwendig wären. Neben Flächen mit einem zu großen Grundwasserflurabstand wurden für die Potenzialanalyse weitere Flächen ausgeschlossen. Diese Flächen umfassen die bei Erdsonden-Wärmepumpen beschriebenen ATKIS-Flächennutzungen (Abschnitt 4.4.1) sowie Flächen, die zu klein für die Aufstellung von zwei Brunnen sind. Abbildung 43 zeigt die Gebäude im Untersuchungsgebiet, bei denen die Nutzung einer

Grundwasserwärmepumpe voraussichtlich möglich ist. Vereinfachend wurde für diese Gebäude angenommen, dass der gesamte Wärmebedarf gedeckt werden kann. Für eine genauere Bewertung sind individuelle geologische Erkundungen des Untergrunds notwendig, um Informationen zu beispielsweise Temperatur oder Fließrichtung zu erhalten.

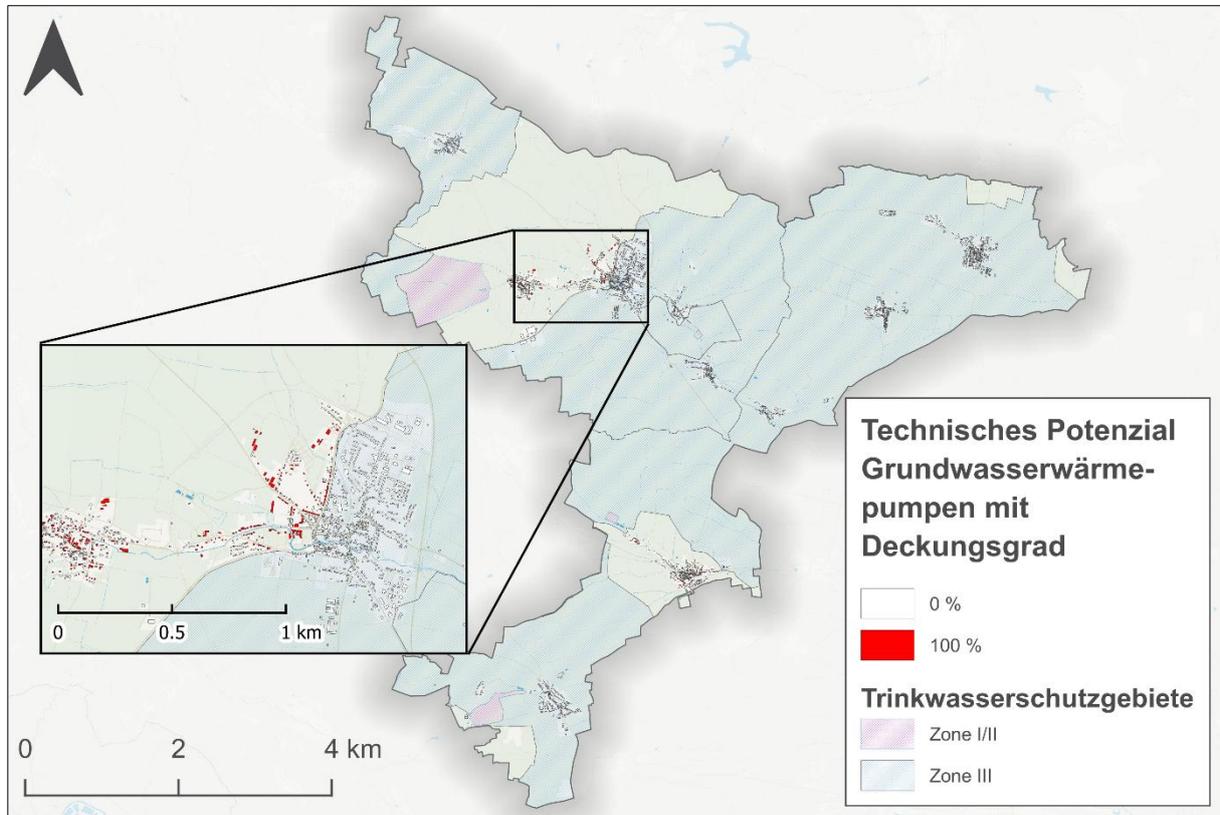


Abbildung 43 Energieanteile des Grundwasserwärmepumpen-Potenzials aufgeschlüsselt nach Eignung des spezifischen Wärmebedarf

Da es keine Datengrundlage für Temperatur, Fließrichtung und Volumenströme des Grundwassers gibt, wird hier kein energetischer Deckungsgrad berechnet, sondern nur die Eignung kategorisiert. Unter der Annahme, dass durch den Einsatz von Grundwasserwärmepumpen auf jedem Flurstück außerhalb der genannten Ausschlussgebiete der jeweilige Wärmebedarf vollständig gedeckt wird, ergibt sich ein technisches Potenzial von 10,8 GWh/a.

4.5.3 Luft

Luftwärmepumpen gewinnen Energie aus der Umgebungsluft, selbst bei niedrigen Außentemperaturen. Für die Potenzialanalyse wird modellhaft angenommen, dass theoretisch jedes Gebäude mit einer Luftwärmepumpe versorgt werden kann, um den maximal möglichen Einsatzbereich dieser Technologie darzustellen. Dabei handelt es sich um eine theoretische Annahme im Sinne eines technischen Potenzials – unabhängig von individuellen baulichen Gegebenheiten oder Sanierungsständen. In der Realität hängt die tatsächliche Eignung insbesondere bei unsanierten Altbauten von weiteren Faktoren wie Dämmstandard, Heizsystem und Gebäudetechnik ab.

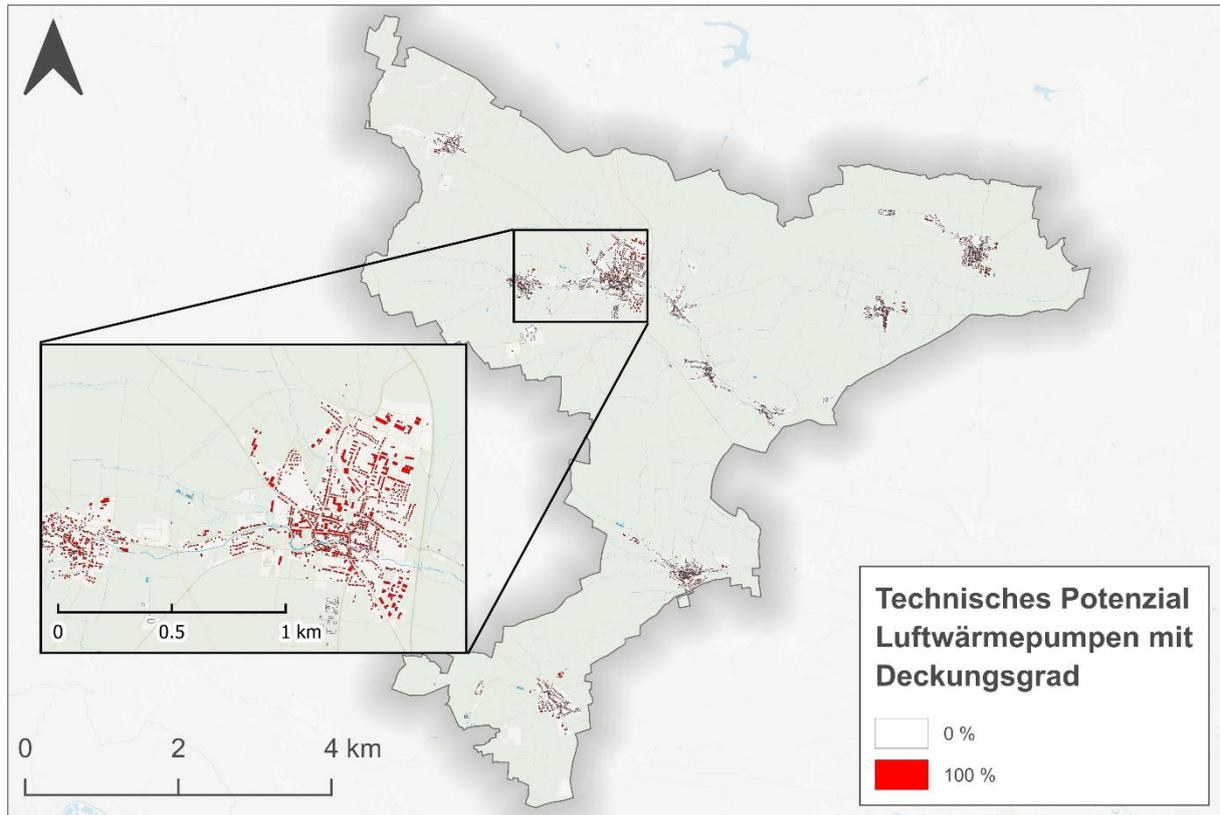


Abbildung 44 Umweltwärmepotenzial für dezentrale Luftwärmepumpen je Gebäude

Wie bereits bei den Potenzialberechnungen für Erdsonden, Erdkollektoren und Grundwasserwärmepumpen wurden auch bei der Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Luftwärmepumpen bestimmte Flächennutzungen gemäß ATKIS ausgeschlossen. Zudem wurden Mindestflächen sowie erforderliche Abstände für die Aufstellung berücksichtigt. Abbildung 43 zeigt die Gebäude, bei denen unter Einhaltung dieser Restriktionen der Einsatz einer Luftwärmepumpen grundsätzlich möglich ist. Bei den dargestellten Gebäuden wird von einer vollständigen Deckung des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser ausgegangen. Somit ergibt sich für Luftwärmepumpen im Untersuchungsgebiet ein Potenzial von 81,4 GWh/a. Das entspricht ca. 93 % des kompletten Raumwärmebedarfs der Gebäude im Untersuchungsgebiet.

4.6 Abwasser

Im Kontext der kommunalen Wärmeplanung gilt es herauszufinden, ob im Untersuchungsgebiet ein Potenzial in der Nutzung von Abwärme aus Abwasserkanälen oder Kläranlagen besteht.

Für die Nutzung von Abwasserwärme aus Kanälen sollten einzelne Kanalabschnitte die nachfolgenden Anforderungen (Tabelle 11) erfüllen, wobei nach Anlage 1 WPG das Kriterium Kanaldurchmesser \geq DN 800 gegeben sein muss.

Tabelle 11 Anforderungen an Abwasserkanalabschnitte für die Wärmeplanung (KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH [KEA-BW], 2020)

Merkmal	Wert
Kanaldurchmesser	≥ DN 800
Begehbare MW- oder SW-Kanal	Begehrbar
Material	Beton oder Mauerwerk
Mindestgefälle	1 %
Mittlerer Trockenwetterabfluss	≥ 15 l/s
Abwassertemperatur Winter	≥ 10° C
Mindestlänge Wärmetauscher	20 m
Keine Funktionsbeeinträchtigung durch den Einbau eines Wärmetauschers	

Die Abfrage des Kanalnetzbetreibers kam zu dem Ergebnis, dass keine Kanalabschnitte mit einem Kanaldurchmesser \geq DN 800 im Untersuchungsgebiet vorliegen. Dementsprechend ist das Potenzial aus Abwasserwärme technisch nicht gegeben.

Für die Nutzung von Abwärme aus Kläranlagen eignen sich insbesondere Kläranlagen in Kommunen mit einer großen Bevölkerungszahl, welche sich in möglichst geringer Distanz (< 1.000 m) (ifeu gGmbH, 2018) zur entsprechenden Wärmesenke (Nahwärmenetz) befinden. Zudem beeinflussen auch die Abwassertemperatur oder auch die Durchflussrate das Potenzial.

Die Abfrage der Kommune ergab, dass innerhalb des Untersuchungsgebietes keine Kläranlagen vorhanden sind. Somit kann hier kein Potenzial berechnet werden.

4.7 Solarenergie auf Freiflächen

Im Folgenden wird das Potenzial für Solarenergie auf Freiflächen untersucht. Dabei wird zwischen Nutzung von PV-Anlagen und ST-Anlage unterschieden. PV-Anlagen wandeln Sonnenlicht direkt in elektrische Energie um. Auf Freiflächen können großflächige PV-Parks errichtet werden. Solarthermische Anlagen nutzen die Sonnenwärme zur Erzeugung von Wärmeenergie. Auf Freiflächen werden Kollektoren installiert, die Sonnenstrahlung absorbieren und in Wärme umwandeln. Diese Wärme kann zur Unterstützung von Heizungssystemen oder zur Warmwasserbereitung verwendet werden.

4.7.1 Photovoltaik-Freiflächenpotenziale

Innerhalb dieses Abschnitts werden solare Freiflächenpotenziale in Form von Photovoltaik betrachtet. Bei großflächigen PV-Anlagen kann zwischen klassischen PV-Freiflächenanlagen

nach EEG, Agri-PV-Anlagen und Floating-PV-Anlagen unterschieden werden. PV-Freiflächenanlagen (PVFA), auch Solarparks genannt, sind großflächig auf dem Land installierte PV-Module. Für die Förderung nach EEG sind diese an Autobahnen und an mehrgleisigen Schienenwegen umzusetzen. Da im Untersuchungsgebiet allerdings keine Autobahnen oder mehrgleisige Schienenwege verlaufen, konzentriert sich die Bestimmung von Potenzialflächen auf Flächen für Agri- und Floating PV, sowie auf Flächen, die als Unland oder vegetationslose Fläche gekennzeichnet sind.

Agri PV-Anlagen, mit welchen eine gemischte Nutzung der Freifläche für PV und Landwirtschaft ermöglicht wird, bilden, ähnlich wie Floating PV-Anlagen, welche eine gemischte Nutzung von Gewässern und anderen Nutzungen ermöglichen, Sonderformen der PVFA.

Agri-PV-Anlagen

Für die Identifikation potenzieller Flächen der Agri-PV wird die Einteilung der Flächenkulisse anhand der Nutzungsarten und Flächengrenzen entsprechend ALKIS herangezogen. Als Potenzialflächen werden jene Flächen zugeordnet, welche der Kennung 43001 (Landwirtschaft) entsprechen. Dies umfasst die landwirtschaftlichen Flächenarten Ackerland, Streuobstacker, Hopfen, Spargel, Grünland, Streuobstwiese, Gartenland, Baumschule, Weingarten, Obstplantage, Obstbaumplantage, Obststrauchplantage und Brachland. Davon werden jedoch nur Flächen betrachtet, deren Bodenwert kleiner ist als 65, um landwirtschaftlich gut nutzbare Flächen als Potenzialflächen auszuschließen.

Dieses Vorgehen zur Identifikation von Potenzialflächen ist bewusst eher weniger restriktiv gewählt, um nicht bereits im Voraus gut geeignete Flächen aus der Betrachtung auszuschließen. Nichtsdestotrotz ist die so identifizierte Potenzialfläche erneut eher theoretischer Natur, da aufgrund bestehender Nutzungen und/oder technischer bzw. wirtschaftlicher Restriktionen bei Weiterem nicht davon auszugehen ist, dass die gesamte identifizierte Potenzialfläche zur solaren Energieerzeugung genutzt werden kann und wird.

Floating PV-Anlagen

Für die Identifikation potenzieller Flächen für Floating PV wird in gleicher Weise wie für Agri-PV die Einteilung der Flächenkulisse anhand der Nutzungsarten und Flächengrenzen entsprechend ALKIS herangezogen. Hierbei werden allerdings ausschließlich Flächen mit der Kennung 44006 (Stehendes Gewässer), welche die Gewässerarten See, Teich, Stausee, Speicherbecken, Baggersee und Sonstige umfasst, betrachtet. Um die so identifizierte theoretische Potenzialfläche einem tatsächlichen Potenzial anzunähern, wird sich als Annahme zur möglichen Potenzialhebung auf das GREEN DEAL Szenario des Energiekonzepts der IRMD bezogen. Dieses weist für diese PV-Anlagenkategorie ein tatsächliches Potenzial von 2 % der identifizierten Fläche aus. Abschließend wird auf Basis der so abgeschätzten Potenzialfläche und eines durchschnittlichen Flächenbedarfs einer Floating PVA von 1,3 MW/ha und angenommenen 980 Vollbenutzungsstunden pro Jahr der potenzielle PV-Jahresertrag berechnet.

Aufgrund der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Schutzgebiete eignet sich nach vorliegender Analyse keines der stehenden Oberflächengewässer als Potenzialfläche für Floating PV.

Die Ergebnisse der Ermittlung von Potenzialflächen und der jährlichen Erträge für Agri-PV können in Abbildung 45 und in Tabelle 12 eingesehen werden.

Für alle hier betrachteten Flächen wird ein Belegungsfaktor von 0,6 angenommen. Dieser Wert resultiert aus Praxiserfahrung im Zuge der Freiflächenanalyse für PV.

Tabelle 12 Ergebnisse der Potenzialberechnung für Photovoltaik auf Freiflächen

	Fläche [ha]	Jahresertrag PV [GWh pro Jahr]
Agri-PV	1.487	627
Konventionelle PV (auf Agrarfläche)	1.487	1.938

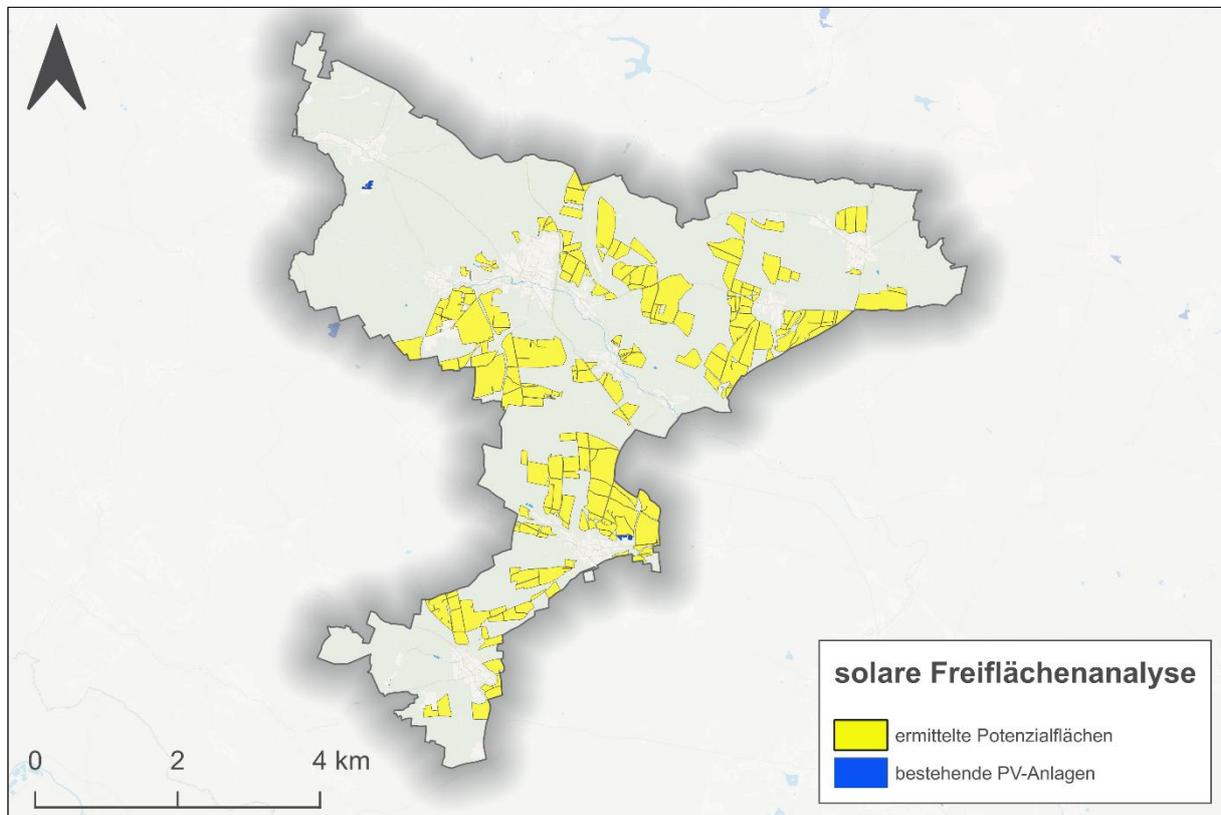


Abbildung 45 Potenzialflächen für PV-Anlagen aus Agrarland und bestehende Anlagen im Untersuchungsgebiet

4.7.2 Solarthermie Freiflächenpotenziale

Als Solarthermie bezeichnet man die Umwandlung der Sonnenenergie in nutzbare thermische Energie, die zum Heizen oder zur Gewinnung von Warmwasser genutzt werden kann.

Für die Ermittlung von Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie gelten die gleichen Regeln wie für die Ermittlung von Potenzialflächen für konventionelle Photovoltaik auf

Freiflächen. Zusätzlich wird hier ein potenzieller Erdbeckenspeicher betrachtet, der überschüssige Wärme aufnehmen und in Zeiten, in denen mehr Wärme benötigt als produziert wird, abgeben kann.

Aus bereits umgesetzten Projekten kann dafür ein pauschaler Wert für die Kapazität dieses Speichers von 2 m³ pro 1 m² Kollektoroberfläche angenommen werden. Für die hier durchgeführte Analyse ergibt sich damit ein Volumen von 30 Mio. m³.

Der jährliche Ertrag von Solarthermie wird in der Berechnung hier mit 500 kWh/ha pro Jahr angenommen. Daraus ergeben sich, die in Tabelle 13 aufgeführten Werte.

Tabelle 13 Solarthermie-Potenzial auf Freiflächen

	Fläche [ha]	Jahresertrag ST [GWh pro Jahr]
Solarthermie (auf Agrarflächen)	1.487	7.435

4.8 Solarenergie auf Dachflächen

Als Basis der solaren Dachflächennutzung der Gebäude werden georeferenzierte 3-D-Modelle auf der Grundlage der LoD2-Daten aller im Untersuchungsgebiet befindlichen Gebäude ausgewertet. Die Daten beinhalten die Gebäudegrundflächen, die Höhen sowie die Ausrichtung und Neigung der Dachflächen.

Mit einem Abschlag für Mindestabstände zur Dachkante und eventuelle Hindernisse auf der Dachfläche (z. B. Schornsteine) können die Flächen für eine solare Nutzung ermittelt werden. Der Abschlagswert wird beispielhaft für eine Auswahl an Dachflächen mit der Planungssoftware PV*Sol eruiert und beträgt bei Flachdächern rund 40 % und bei Schrägdächern 90 % des maximalen Flächenpotenzials. Aus den ermittelten Dachflächen kann das solare Potenzial über örtliche Strahlungsdaten (Europäische Kommission, 2023) ermittelt werden.

Um das Potenzial eines Gebäudes zur solaren Eigennutzung zu bestimmen, wird das Ergebnis der Dachteilflächen auf das Gebäude aggregiert. Jede Dachteilfläche wird dafür dem entsprechenden Gebäude zugeordnet, damit eine Aussage zur am besten geeigneten Dachteilfläche pro Gebäude getroffen werden kann.

Ergebnis der solaren Potenziale von Dachflächen

Für die solare Potenzialanalyse der Teildachflächen werden die Ergebnisse der solaren Potenzialanalyse in Form einer Karte des Betrachtungsgebiets mit einem Quartiersauszug in Abbildung 46 am Beispiel eines Ausschnittes um die Straße der Befreiung veranschaulicht. Darin werden die auf einer Teilfläche eintreffenden Strahlungswerte farblich hervorgehoben. Flächen mit einer ungünstigen Ausrichtung und Neigung, beispielweise Richtung Norden, erreichen Strahlungswerte unter 700 kWh/m² und werden weiß abgebildet. Die farbliche Darstellung steigt mit zunehmenden Strahlungswerten in den roten Bereich und erreicht bei einer optimalen Ausrichtung und Neigung einen Wert von über 1.000 kWh/m². Hohe

Strahlungswerte werden dabei vorwiegend bei Flachdächern oder nach Süden ausgerichteten Dachflächen erreicht.

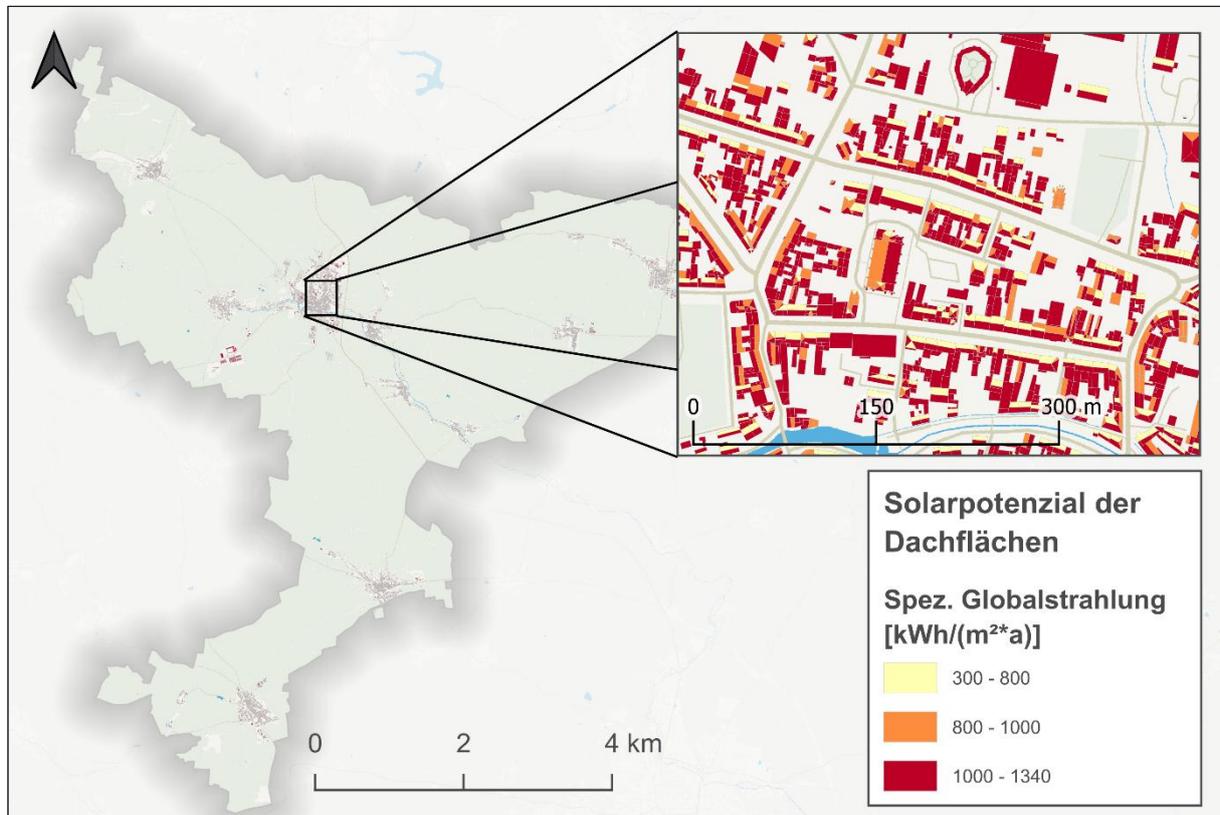


Abbildung 46 Ergebnis der Berechnung des Solarpotenzials auf Dachflächen

Aus den ermittelten Dachflächen und den jeweiligen spezifischen Ertragswerten lassen sich mit dem Solardachkataster die folgenden technischen und energetischen Angaben für jede Teildachfläche ausgeben:

- Modul- oder Kollektorfläche in m²
- Leistung in kW
- spezifischer Ertrag in kWh/kWp bzw. kWh/m²
- Jahresertrag in kWh/a

Um eine Aussage über den potenziellen Deckungsgrad einer solaren Dachanlage treffen zu können, wird über eine anschließende Lastganganalyse der solare Ertrag der Dachteilflächen mit dem Wärmebedarf der zugehörigen Gebäude verschnitten. Die Ergebnisse werden im Folgenden für Photovoltaik- und Solarthermie-Anlagen beschrieben.

Innerhalb des Betrachtungsgebietes ist eine Dachfläche von 1.369.717 m² für die Nutzung solarer Energieerzeugung mit Photovoltaik oder Solarthermie gut geeignet. Diese Dachflächen haben eine jährlich eintreffende Strahlungsenergiemenge von mehr als 1,1 MWh/m². Damit ist die Installation von PV- oder Solarthermieanlagen auf diesen Dächern grundsätzlich sinnvoll. In Abbildung 47 ist die Aufteilung der gut geeigneten Dachflächen abgebildet. Die Ergebnisse für die Berechnung des Ertrages aus der Nutzung von PV auf Dachflächen ist aus Tabelle 14 zu entnehmen.

Tabelle 14 Eignung und Ertrag aus der Nutzung von PV auf Dachflächen

Eignung für PV	Dachfläche [m²]	Installierbare PV-Leistung [kW]	Jahresertrag PV [MWh]
Sehr gut geeignet	1.128.540	113.456	101.028
Gut geeignet	158.159	19.865	14.457
Ungeeignet	83.018	10.427	6.634
Rest	203.897	25.610	12.672

Da die solarthermische Nutzung der gesamten Dachfläche zu sehr hohen Erträgen führen würde, welche gar nicht genutzt werden könnten, wird für die Berechnung des Ertrages zunächst eine realistische Kollektorgröße bestimmt, die zur beheizten Nettogrundfläche passt. Dies erfolgt anhand der DIN V 4701-10, die eine Auslegungsgröße von Solarthermieanlagen in Abhängigkeit der Nettogrundfläche ermöglicht.

Wird der Anteil des Wärmebedarfs des jeweiligen Gebäudes betrachtet, den die Nutzung von Solarthermie erzeugen kann. Dieser wird allerdings auf 25 % begrenzt, da darüber liegende Werte in der Praxis als unrealistisch angesehen werden (Dipl.-Physiker Roger Corradini, 2013). Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Abbildung 47 erneut für den Bereich um die Straße der Befreiung dargestellt.

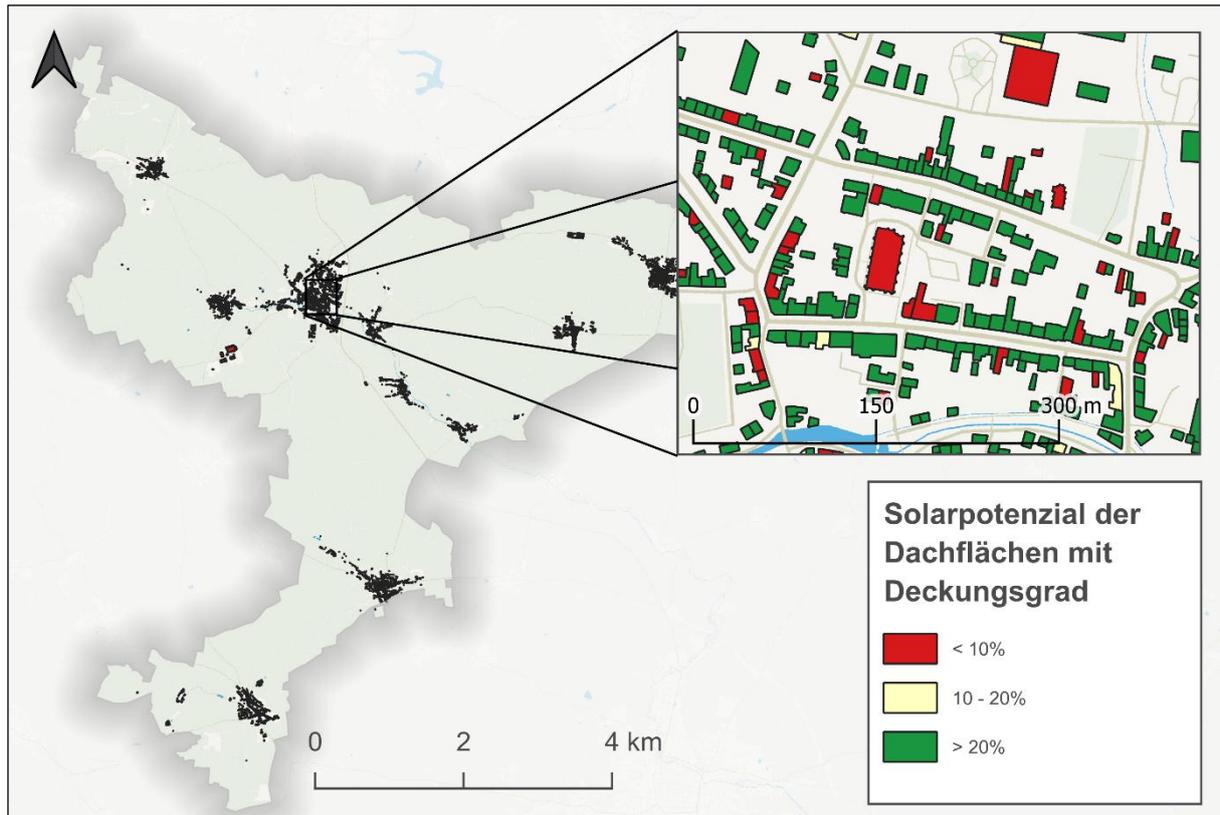


Abbildung 47 Ergebnis der Berechnung des Solarthermiepotenzials auf Dachflächen

4.9 Lokale Biomasse

Biomasse umfasst grundsätzlich pflanzliche wie auch tierische Stoffe, welche entweder als Rest- und Abfallstoffe, als Nebenprodukte oder als Hauptprodukte für die Energieerzeugung in der Land- und Forstwirtschaft sowie nachfolgenden Verarbeitungsbranchen aufkommen können. Die konkrete Definition von Wärme aus Biomasse erfolgt § 3, Abs. 1, Nr. 15e) WPG.

Daraus geht hervor, dass Biomassebrennstoffe grundsätzlich die Nachhaltigkeitsanforderungen der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung erfüllen müssen und keine indirekte Landnutzungsänderung bedingen sollten. Darüber hinaus verstärkt eine Intensivierung der energetischen Nutzung von Energiepflanzen oder Stammholz auch direkte Landnutzungsänderungen sowie Nutzungskonflikte um die verfügbaren Anbauflächen oder mit der stofflichen Biomasse-nutzung. Um diese Nutzungskonkurrenzen zu verringern, sollten primär lokale Rest- und Abfallstoffe zur Energieerzeugung genutzt werden.

Dementsprechend fokussiert sich die Potenzialanalyse zu Biomasse auf die Ermittlung der im Untersuchungsgebiet vorliegenden lokalen Biomassepotenziale (Vorranging, Rest- und Abfallstoffe), obwohl die Nutzung überregionaler Biomasseressourcen grundsätzlich für die Wärmeversorgung möglich ist. Aber auch lokale Biomasseressourcen stehen oftmals nur begrenzt zur Verfügung, da es sowohl innerhalb als auch außerhalb des Untersuchungsgebiets Konflikte mit der Nutzung geben kann.

4.9.1 Untersuchte Biomassekategorien

Innerhalb des Untersuchungsgebiets wurden entsprechend dieser Prämisse die in Tabelle 15 aufgeführten Biomassekategorien hinsichtlich ihres Angebotspotenzials untersucht. Die hierbei dargestellten Kategorien wurden im Rahmen des Auftaktgesprächs initial hinsichtlich möglicher lokaler Angebotspotenziale zusammen mit der Kommune geprüft. Auf Basis dessen ist festzuhalten, dass nur für einen Teil der Biomassekategorien mögliche Potenziale im Untersuchungsgebiet bestehen. Diese wurden anschließend nochmals eingehender geprüft und hinsichtlich eines theoretischen Angebotspotenzials abgeschätzt. Für die anderen Potenziale wurden keine eingehenderen Untersuchungen durchgeführt.

Tabelle 15 Untersuchte Biomassekategorien

Biomassekategorie	Lokales Potenzial vorhanden?
Waldrestholz	Theoretisches Potenzial auf Basis forstwirtschaftlicher Flächen vorhanden
Stroh von landwirtschaftlichen Nutzflächen	Mögliches Potenzial auf Basis landwirtschaftlicher Ackerflächen vorhanden
Biogas aus Gülle/Mist	Mögliches Potenzial auf Basis von Tierbeständen vorhanden
Landschaftspflegeholz und Straßenbegleitgrün	Mögliches Potenzial auf Basis von Baum- und Strauchschnitt
Säge-/Industrierestholz	Keine Daten erhalten
Biogene Abfälle	Küchen- und Speisereste, Restmüll, Sperrmüll
Klärgas/Klärschlamm	Keine lokale Kläranlage vorhanden (Reinigung erfolgt in Horsmar)
Deponiegas	Keine Deponien im Untersuchungsgebiet

Für forst- und landwirtschaftliche flächenbasierte Potenziale ist festzuhalten, dass das Untersuchungsgebiet über 2.440 ha an forst- und 6.344 ha an landwirtschaftlicher Fläche verfügt. Diese sind in der nachfolgenden Abbildung 48 dargestellt. Daraus ergibt sich ein theoretisches Potenzial von 14,3 GW/a aus landwirtschaftlicher Nutzfläche (Ackerland) in Form von Stroh und 3,6 GW/a aus Waldflächen in Form von Waldrestholz. Wobei letzteres derzeit laut Forstamt zumeist im Wald verbleibt oder in kleinem Umfang an die lokale Bevölkerung vermarktet wird.

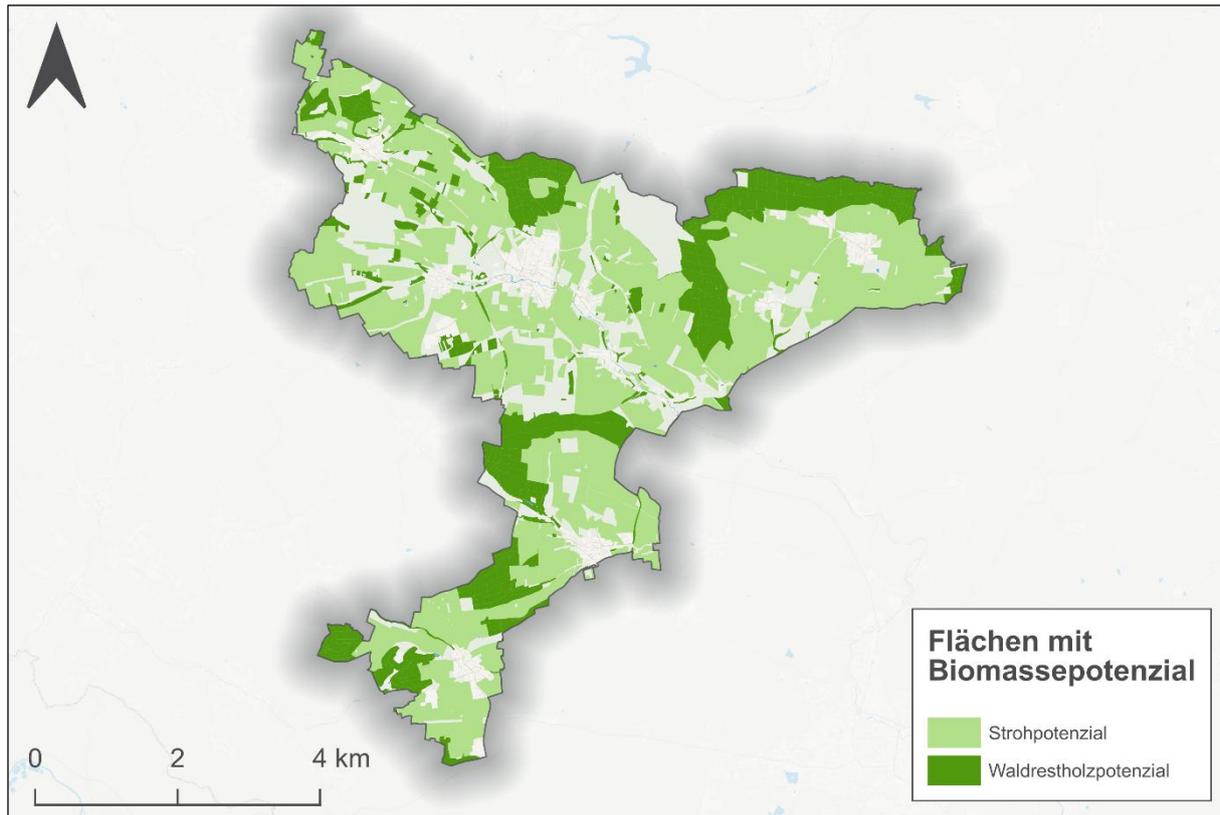


Abbildung 48 Forst- und landwirtschaftliche Flächen

Tabelle 16 Forst- und landwirtschaftliche Flächen

Flächenart	Fläche [ha]
Wald (Waldrestholz)	2.440
Landwirtschaft/ Ackeland (Stroh)	6.344

Das theoretische Potenzial für Biogas aus Gülle/Mist wurde über die in Tabelle 17 aufgeführten Tierbestände identifiziert. Hierbei handelt es sich um eine modellhafte Abschätzung des technisch nutzbaren Gesamtpotenzials.

Tabelle 17 Tierbestandszahlen im Untersuchungsgebiet

Tierart	Anzahl
Geflügel	9.000
Schafe	1.619
Schweine	826
Weitere Rinder	1.172
Ziegen	80

4.9.2 Theoretische Biomassepotenziale im Untersuchungsgebiet

Auf der Datengrundlage der identifizierten forst- und landwirtschaftlichen Flächen sowie der Tierbestandszahlen können mithilfe spezifischer Ertragskennwerte energetische Angebotspotenziale ermittelt werden. Diese sind nachfolgend in Tabelle 18 aufgelistet. Bei der flächenbasierten Potenzialermittlung wird des Weiteren berücksichtigt, dass nicht die gesamte ermittelte Fläche für den Biomasseanbau genutzt werden kann und dass Reststoffe aufgrund der nötigen Nährstoffrückführung nicht vollständig von Flächen für die energetische Nutzung entnommen werden können.

Tabelle 18 Spezifische Biomasseertragskennwerte und weitere Berechnungsparameter (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. [FNR], 2022); (Johann Heinrich von Thünen-Institut, 2012) (Umweltbundesamt, 2018) (Bundesanstalt für Straßenwesen, 2006)

Parameter	Wert	
Heizwertertrag Stroh	0.25 kWh/(m ² *a)	
Heizwertertrag Waldrestholz	0.165 kWh/(m ² *a)	
Heizwert Methan	10 kWh/Nm ³	
Heizwert Restmüll (Nutzungsgrad 35%)	10 GJ/t	
Heizwert Sperrmüll (Nutzungsgrad 35%)	16 GJ/t	
Methanertrag	Geflügelmist	1,64 Nm ³ /TP*a
	Pferdemist	388 Nm ³ /TP*a
	Rindergülle/-mist	185 Nm ³ /TP*a
	Schweinegülle/-mist	19 Nm ³ /TP*a
	Schafs-Ziegenmist	11 Nm ³ /TP*a
Wärmewirkungsgrad Biomasse	90 %	
Wärmewirkungsgrad Biogas (BHKW)	50 %	

Im Ergebnis ergibt sich auf Basis dieser Parameter ein technisches Potenzial für Wärme aus lokaler Biomasse von insgesamt rund 24,7 GWh/a.

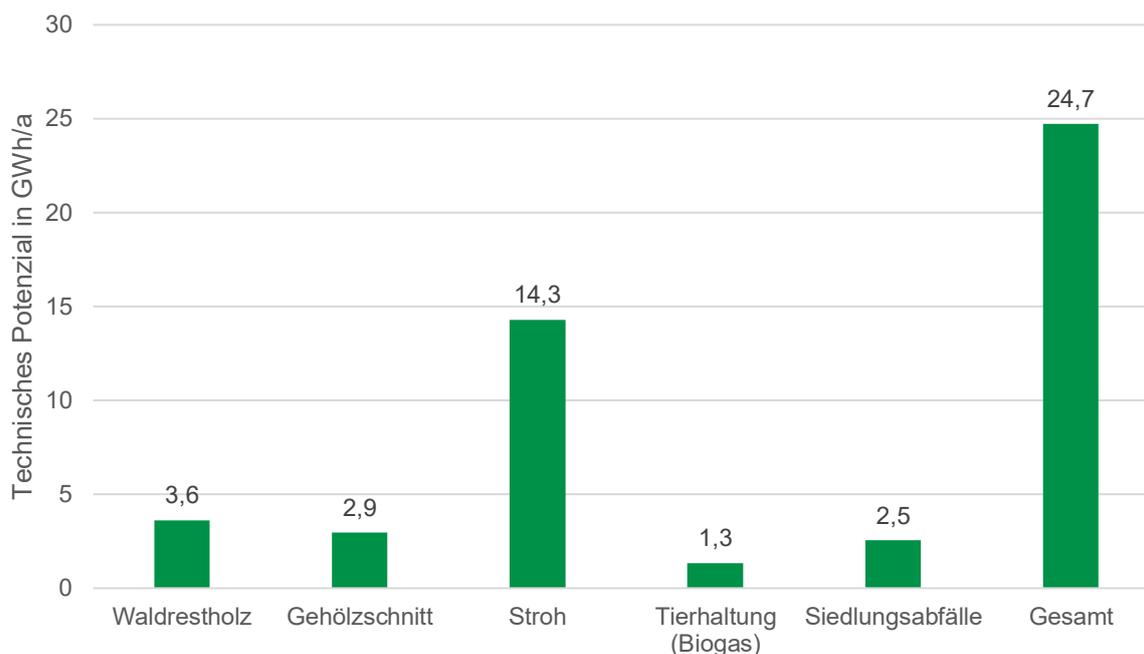


Abbildung 49 Theoretisches und technisches Biomassepotenziale für Wärme im Untersuchungsgebiet

Bei diesem Ergebnis handelt es sich um theoretische Potenziale, welche bereits (in Teilen) energetisch oder stofflich genutzt werden könnten. Zudem gilt es, die nötigen Ressourcen zentral zu sammeln, zu verarbeiten sowie zu verwerten, um diese theoretischen Potenziale möglichst kosteneffizient zu erheben.

Demnach sollten für die detaillierte Bestimmung des noch ungenutzten energetischen lokalen Biomassepotenzials die land- und forstwirtschaftlichen Flächeneigentümer bzw. bewirtschaftende Akteure identifiziert und hinsichtlich des Potenzials befragt werden. Darauf basierend kann zusammen mit den Akteuren eine potenzielle Sammlung und energetische Verwertung lokaler Biomasseressourcen eruiert werden.

4.10 Windkraft⁶

Windenergieanlagen (WEA) sind eine effiziente Variante für die Erzeugung erneuerbarer Energien, da auf kleiner Fläche im Vergleich zu PV oder Biomasse hohe Energieerträge erzielt werden können. Im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ist festgeschrieben, dass bis Ende 2030 115 GW Windenergie installiert werden sollen. Dafür müssen Potenzialflächen in den Ländern ausgewiesen werden, die dafür zur Verfügung stehen. Das ist im Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) festgeschrieben. Bis Ende 2027 sollen 1,4 % der Fläche jedes Bundeslandes als Potenzialfläche für Windenergie ausgeschrieben sein, bis 2030 soll dieser Wert auf 2 % steigen. Bis Juni 2024 soll festgeschrieben werden, wie die Ermittlung der Potenzialflächen durchgeführt werden soll (Umweltbundesamt, 2023b).

⁶ Die in dieser Analyse berücksichtigten Windpotenzialflächen basieren auf dem Planungsstand zum Zeitpunkt der Bearbeitung. Der im Entwurf vorliegende „Sachliche Teilplan Windenergie“ der Regionalen Planungsgemeinschaft Nordthüringen wurde erst nach Abschluss der Berechnungen veröffentlicht. Die darin enthaltenen Vorranggebiete für Windenergie konnten daher nicht mehr in die Auswertung einfließen. Eine Abweichung zu den in dieser Untersuchung identifizierten Potenzialflächen ist möglich.

Zur Ermittlung von Potenzialflächen werden im ersten Schritt Abstandsregeln betrachtet, die die Distanz zwischen Wohngebäuden und potenziellen Anlagen vorgeben (Bundesverband WindEnergie, 2018). In Thüringen beträgt dieser Abstand 1.000 m zu Wohnbebauung mit mindestens 5 Wohneinheiten (prometheus Rechtsanwalts-gesellschaft mbH, 2022).

Das weitere Vorgehen ist der Ausschluss von Naturschutzgebieten, geschützten Biotopen, Brutstätten und Nahrungshabitate von Vögeln und Fledermäusen (Umweltbundesamt, 2023b).

Im Rahmen der Analyse wurde eine potenziell für Windenergie nutzbare Gesamtfläche von 19,5 Hektar identifiziert. In die Bewertung wurden ausschließlich Flächen innerhalb des Untersuchungsgebiets einbezogen. Gebäude und mögliche Ausschlussflächen außerhalb des Untersuchungsraums wurden nicht berücksichtigt, sodass nicht ausgeschlossen werden kann, dass der erforderliche Mindestabstand zur Wohnbebauung außerhalb des Untersuchungsgebiets unterschritten wird.

In der vorliegenden Analyse befinden sich die identifizierten Potenzialflächen für Windenergie auf Ackerflächen und nicht innerhalb von Waldgebieten. Daher ist die Anwendung der Flexibilisierungsklausel gemäß § 20 Absatz 3 des Landesplanungsgesetzes zur Bewertung von Waldfunktionen hier nicht relevant. Aspekte wie die Waldfunktionenkartierung oder die forst- und naturschutzfachliche Kategorisierung von Waldflächen entfielen entsprechend. Nichtsdestotrotz ist bei der weiteren Projektentwicklung die Einhaltung artenschutzrechtlicher Anforderungen zwingend zu prüfen, da diese im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für einzelne Windenergieanlagen unabhängig vom Flächentyp berücksichtigt werden müssen.

Die Karte in Abbildung 50 zeigt die ausgegebenen Potenzialflächen innerhalb des Untersuchungsgebietes.

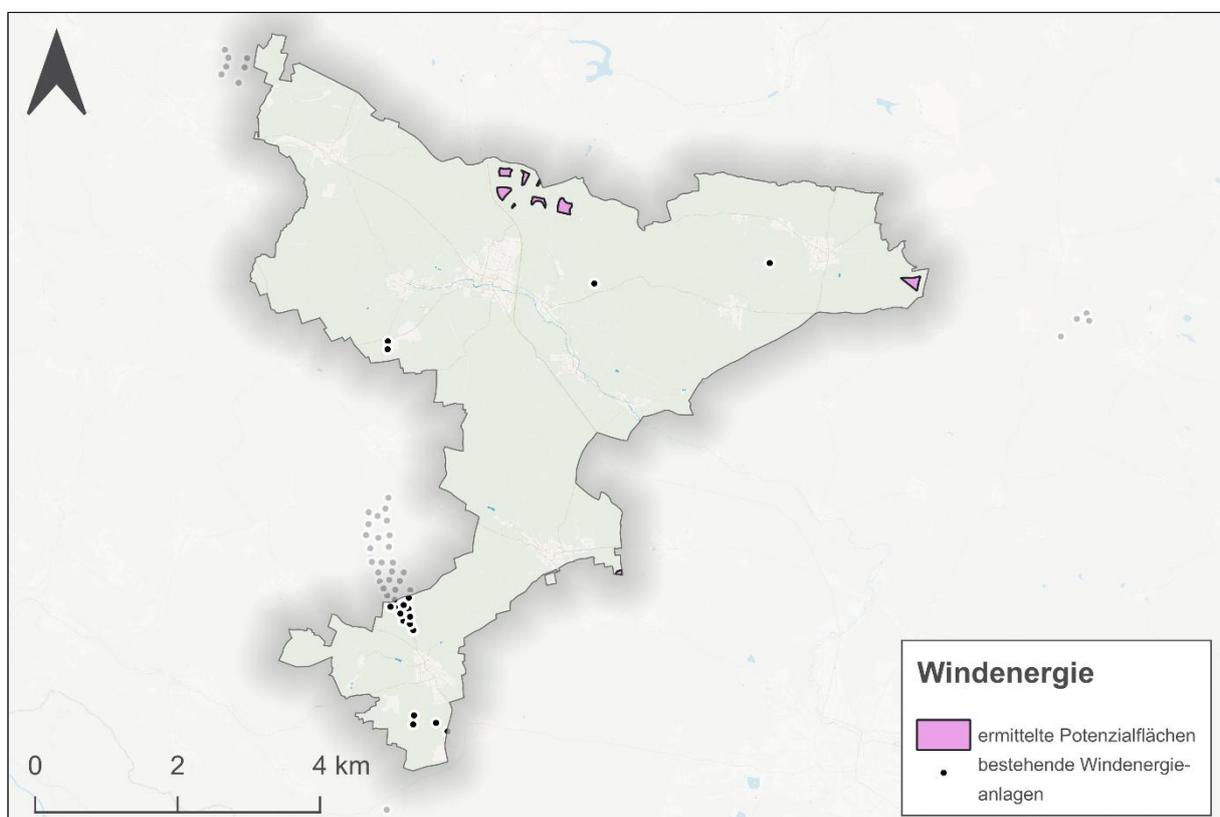


Abbildung 50 Potenzialflächen für Windenergie im Untersuchungsgebiet

In Abbildung 51 Ergebnisse der Potenzialberechnung für Windenergie Abbildung 51 werden die Ergebnisse der Potenzialermittlung für Windenergie dargestellt. Es zeigt sich, dass trotz der geringeren Anzahl potenziell realisierbarer Windenergieanlagen auf den untersuchten Flächen der potenzielle Energieertrag bei einer Nabenhöhe von 200 m mit 1.929 GWh/a am höchsten ist.

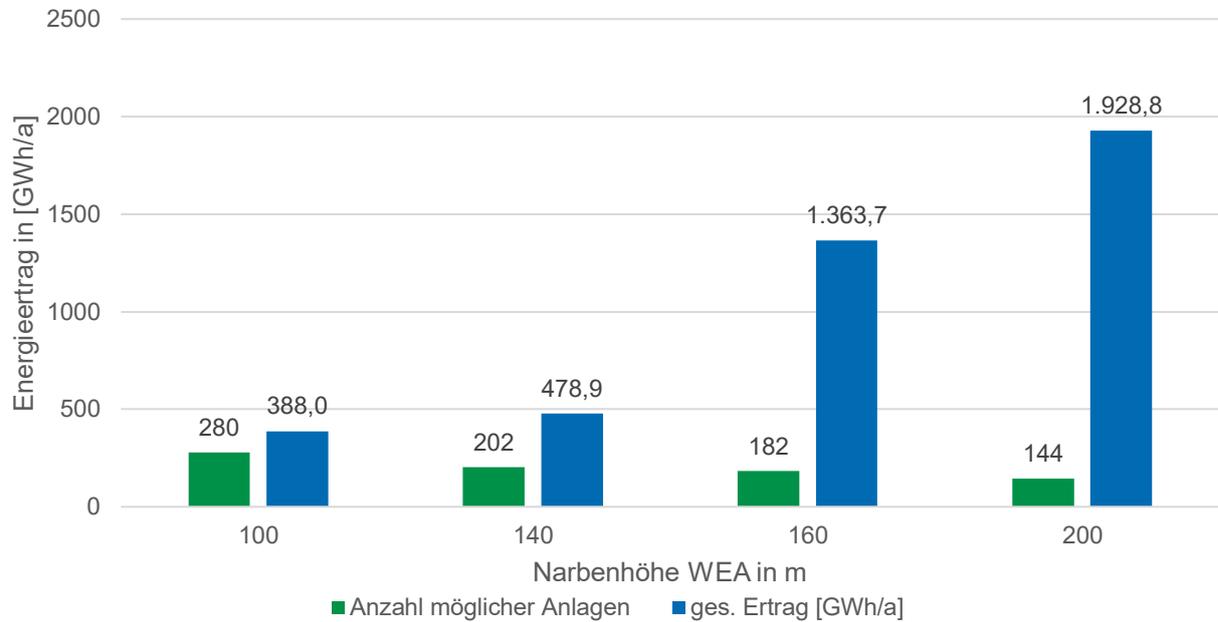


Abbildung 51 Ergebnisse der Potenzialberechnung für Windenergie

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Flächennutzung nach ALKIS	16
Abbildung 2	Ortschaften und Jahre der Eingemeindung	17
Abbildung 3	Straßen-, Schienen- und, Wasserwege im Untersuchungsgebiet	18
Abbildung 4	Untersuchungsgebiet unterteilt nach Siedlungs- und Außenbereich ...	19
Abbildung 5	Unterteilung des Untersuchungsgebiets in Baublöcke	20
Abbildung 6	Baublöcke mit grundsätzlicher Eignung für eine zentrale Wärmeversorgung.....	21
Abbildung 7	Verteilung der Gebäudetypen im Untersuchungsgebiet	22
Abbildung 8	Aktuelle Bebauungspläne im Untersuchungsgebiet	23
Abbildung 9	Verteilung der Gebäudetypen im Untersuchungsgebiet	24
Abbildung 10	Überwiegende Gebäudetypen der Baublöcke im Siedlungsbereich ...	24
Abbildung 11	Verteilung der Gebäude nach Baualtersklasse	25
Abbildung 12	Überwiegende Baualtersklasse pro Baublock	26
Abbildung 13	Bestehende Gasnetzgebiete nach Hausanschlüssen	27
Abbildung 14	Bestehendes Nahwärmenetz	28
Abbildung 15	Standorte zentraler Wärmeerzeuger	29
Abbildung 16	Großverbraucher von Wärme	31
Abbildung 17	Anzahl erdgasbasierter Wärmeerzeuger in Form einer baublockbezogenen Darstellung	33
Abbildung 18	Anzahl der Gebäude mit Wärmenetzanschluss in Form einer baublockbezogenen Darstellung	33
Abbildung 19	Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger in Form einer baublockbezogenen Darstellung.....	34
Abbildung 20	Verteilung der Inbetriebnahmejahre der Wärmebereitstellungsanlagen 34	
Abbildung 21	Anteile des Raumwärme-, Trinkwarmwasser- und Prozesswärmebedarfs.....	36
Abbildung 22	Ermittelter Gesamtwärmebedarf pro Baublock.....	36
Abbildung 23	Wärme-flächendichte pro Baublock	38
Abbildung 24.....	Wärmelinien-dichte pro Straßenabschnitt	38
Abbildung 25	Verteilung des aktuellen jährlichen Endenergieverbrauchs von Wärme und der THG-Emissionen nach Energieträgern	39
Abbildung 26	Verteilung des aktuellen jährlichen Endenergieverbrauchs von Wärme und der THG-Emissionen nach Energieträgern ohne industrielle Großverbraucher.....	40
Abbildung 27.....	Anteil von leitungsgebundenem Erdgas am jährl. Endenergiebedarf für Wärme im Siedlungsbereich	41
Abbildung 28	Anteil von leitungsgebundener Wärme am jährl. Endenergiebedarf für Wärme im Siedlungsbereich.....	42
Abbildung 29....	Anteil von dezentralen Wärmeerzeugern am jährl. Endenergiebedarf für Wärme im Siedlungsbereich.....	42

Abbildung 30	Verteilung des jährlichen Endenergieverbrauchs und der THG-Emissionen und Endenergiesektoren	43
Abbildung 31	Aktueller Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch von Wärme nach Energieträgern in Prozent.....	44
Abbildung 32	aktueller jährlicher Endenergieverbrauch leitungsgebundener Wärme nach Endenergieträgern in Megawattstunden	
Abbildung 33	Sanierungspotenziale pro Baublock.....	48
Abbildung 34	Standorte potenzieller Abwärmequellen im Untersuchungsgebiet.....	50
Abbildung 35	Theoretisches Potenzial von Flächen zu Erdsondennutzung	52
Abbildung 36	Technisches Potenzial von Erdsonden Wärmepumpen mit Deckungsgrad	53
Abbildung 37	Theoretisches Potenzial von Flächen zu Erdkollektoren Wärmepumpennutzung	54
Abbildung 38	Energieanteil des technischen Potenzials von Erdkollektoren Wärmepumpen mit Deckungsgrad des Wärmebedarfs	55
Abbildung 39	Potenzialflächen für zentrale Erdsondenfelder	56
Abbildung 40	Grundsätzliche petrothermische und hydrothermische Potenziale für Tiefengeothermie im Untersuchungsgebiet	57
Abbildung 41	Übersicht der stehenden und fließenden Oberflächengewässer sowie Trinkwasserschutzgebiete im Untersuchungsgebiet	59
Abbildung 42	Energieanteile des Grundwasserwärmepumpen-Potenzials aufgeschlüsselt nach Eignung des spezifischen Wärmebedarf.....	60
Abbildung 43	Umweltwärmepotenzial für dezentrale Luftwärmepumpen je Gebäude	61
Abbildung 44	Potenzialflächen für PV-Anlagen aus Agrarland und bestehende Anlagen im Untersuchungsgebiet.....	64
Abbildung 45	Ergebnis der Berechnung des Solarpotenzials auf Dachflächen	66
Abbildung 46	Ergebnis der Berechnung des Solarthermiepotenzials auf Dachflächen	68
Abbildung 47	Forst- und landwirtschaftliche Flächen.....	70
Abbildung 48	Theoretisches und technisches Biomassepotenziale für Wärme im Untersuchungsgebiet	72
Abbildung 49.....	Potenzialflächen für Windenergie im Untersuchungsgebiet	73
Abbildung 50	Ergebnisse der Potenzialberechnung für Windenergie.....	74

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Untersuchte zentrale, erneuerbare Potenziale.....	8
Tabelle 2	Untersuchte dezentrale, erneuerbare Potenziale.....	9
Tabelle 3	Übersicht relevanter Förderprogramme	13
Tabelle 4	Relative Anteile der Flächennutzung im Untersuchungsgebiet	18
Tabelle 5	Kriterien der Eignungsprüfung.....	20
Tabelle 6	Relevante Gasnetzparameter.....	27
Tabelle 7	Relevante Parameter bestehender Wärmenetze	29
Tabelle 8	Dezentrale Wärmebereitstellungsanlagen	31
Tabelle 9	Identifizierte Unternehmen mit vermuteten Reduktionspotenzialen an Prozesswärme und vermuteten Abwärmepotenzialen inkl. Abfrageergebnis	49
Tabelle 10	Übersicht der Industrie- und Produktionsstätten mit Abwärme Potenzial ...	50
Tabelle	Anforderungen an Abwasserkanalabschnitte für die Wärmeplanung (KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH [KEA-BW], 2020).....	62
Tabelle 12	Ergebnisse der Potenzialberechnung für Photovoltaik auf Freiflächen	64
Tabelle 13	Solarthermie-Potenzial auf Freiflächen.....	65
Tabelle 14	Eignung und Ertrag aus der Nutzung von PV auf Dachflächen.....	67
Tabelle 15	Untersuchte Biomassekategorien.....	69
Tabelle 16	Forst- und landwirtschaftliche Flächen	70
Tabelle 17	Tierbestandszahlen im Untersuchungsgebiet	70
Tabelle 18	Spezifische Biomasseertragskennwerte und weitere Berechnungsparameter (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V [FNR], 2022) (Johann Heinrich von Thünen-Institut, 2012) (Umweltbundesamt, 2018) (Bundesanstalt für Straßenwesen, 2006)	71

Literaturverzeichnis

- Beuth Hochschule für Technik Berlin, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. (Februar 2017). *Ableitung eines Korridors für den Ausbau der erneuerbaren Wärme im Gebäudebereich: Kurztitel: Anlagenpotenzial*.
https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/BeuthHS_ifeu_Anlagenpotenzial_Endbericht_2017.pdf
- Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.). (12/2006). *Energetische Verwertung von Grünabfällen aus dem Straßenbetriebsdienst* (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft V 150).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2015, 7. April). *Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand*.
https://enev-online.com/enev_praxishilfen/enev_2014_energieausweis_energieverbrauchswerte_vergleichswerte_nichtwohnbestand_bekanntmachung_15.04.07.pdf
- Nationale Klimaschutz Initiative, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Klimaschutz/nki.html> (2008).
- Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO).
- Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) (2019). <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/BJNR251310019.html#BJNR251310019BJNG000100000>
- Gebäudeenergiegesetz - Anlage 4 (2020). https://www.gesetze-im-internet.de/geg/anlage_4.html
- Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz – WPG) (2023). <https://www.gesetze-im-internet.de/baunvo/BJNR004290962.html>
- Bundesverband WindEnergie (Hrsg.). (2018). *Wind bewegt: Argumente für die Windenergie*.
<https://www.windenergie-thueringen.de/fakten-positionen/windmensch#:~:text=F%C3%BCr%20Windenergieanlagen%20in%20Th%C3%BCringen%20bis%20einschlie%C3%9Flich%20150%20m,H%C3%B6he%20mindestens%201.000%20m%20Abstand%20zur%20Wohnbebauung%20empfohlen.>
- Dipl.-Physiker Roger Corradini. (2013). *Regional differenzierte Solarthermie-Potenziale für Gebäude mit einer Wohneinheit*. https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2021/10/Dissertation_Roger_Corradini.pdf
- Europäische Kommission. (2023). *PVGIS*. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2022). *BASISDATEN BIOENERGIE DEUTSCHLAND 2022*. https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2022/Mediathek/broschuere_basisdaten_bioenergie_2022_06_web.pdf
- ifeu gGmbH. (2018). *Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende?*
https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/ifeu-bmu_Abwaermepotenzial_Abwasser_final_update.pdf

- Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. (2020). *Bilanzierungssystematik kommunal – BSKO Abschlussbericht*. <https://www.ifeu.de/publikation/weiterentwicklung-des-kommunalen-bilanzierungsstandards-fuer-thg-emissionen/>
- Institut Wohnen und Umwelt. „TABULA“ – *Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern*. <https://www.iwu.de/index.php?id=205>
- Johann Heinrich von Thünen-Institut. (2012). *Ergebnisse der Bundeswaldinventur 2012*. <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/waelder/die-bundeswaldinventur/die-bundeswaldinventur-schaufenster-in-den-wald>
- KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH. (2020). *Kommunale Wärmeplanung: Handlungsleitfaden*. https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/094_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-022021.pdf
- KLIMABÜNDNIS. (2022). *Klimaschutz-Planer*. <https://www.klimaschutz-planer.de/>
- Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. (2023, 16. Januar). *Verfahrenshandbuch für oberflächennahe Erdwärmennutzung in Sachsen*. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/42073>
- Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik. *Geothermisches Informationssystem: Aktuelle Forschungsdaten zu Potential und Nutzung geothermischer Energie*. <https://www.geotis.de/homepage/basics>
- Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik. (Januar 2016). *Tiefe Geothermie: Grundlagen und Nutzungsmöglichkeiten in Deutschland*. https://www.geotis.de/homepage/sitecontent/info/publication_data/public_relations/public_relations_data/LIAG_Broschuere_Tiefe_Geothermie.pdf
- Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES GmbH, Thünen-Institut. (August 2023). *Projektionsbericht 2023 für Deutschland*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11740/publikationen/2023_08_21_climate_change_39_2023_projektionsbericht_2023_0.pdf
- Prognos AG, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung. (Juni 2024). *Technikkatalog Wärmeplanung*. <https://www.kww-halle.de/wissen/bundesgesetz-zur-waermeplanung>
- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut. (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045: Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann*. Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität,. Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/KNDE_2045_Langfassung/Klimaneutrales_Deutschland_2045_Langfassung.pdf
- prometheus Rechtsanwalts-gesellschaft mbH. (2022, 2. Juni). *Änderung der BauO in Sachsen: 1.000m-Abstand für Windenergieanlagen*. <https://www.prometheus-recht.de/sachsen-1-000m-abstand-fuer-windenergieanlagen/>
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. (2022). *Wasserhaushalt-sportal Sachsen*. <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/mnqhq-regio/website/>

- Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft. *Geothermieatlas Sachsen*. <https://www.geologie.sachsen.de/geothermieatlas-13914.html>
- Statistisches Landesamt Sachsen. (2023). *Regionaldaten Gemeindestatistik Sachsen*. <https://www.statistik.sachsen.de/Gemeindedeta-belle/jsp/GMDAGS.jsp?Jahr=2023&Ags=14625630>
- Umweltbundesamt (Hrsg.). (05/2018). *Energieerzeugung aus Abfällen: Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26_texte_51-2018_energieerzeugung-abfaelle.pdf
- Umweltbundesamt (Hrsg.). (2023a). *Lösungsoptionen für Wärmepumpen in Bestandsgebäuden: Ad-hoc-Papier im Rahmen des Forschungsprojektes FKZ 3720 41 510 0*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11740/publikationen/2023-05-25_factsheet_loesungsoptionen_waermepumpen_gebaeudebestand.pdf
- Umweltbundesamt. (2023b). *Windenergie an Land*. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/windenergie-an-land#flaeche>