

Zwischenbericht zur Kommunalen Wärmeplanung

Zwischenbericht zur Erstellung der kommunalen Wärmeplanung für die Stadt Bad Berka

Impressum

Auftraggeber



Bad Berka

Ansprechpartner Stadt

Herr Lieke
Bauamtsleiter
Am Markt 10
99438 Bad Berka

Auftragnehmer



DSK Deutsche Stadt- und Grundstücksentwicklungsgesellschaft mbH

Abraham-Lincoln-Straße 44
35189 Wiesbaden
www.dsk-gmbh.de

Ansprechpartner Projektleitung

Herr Dr. Liesener
Gertraudenstraße 20
10178 Berlin
Michael.liesener@dsk-gmbh.de

Ansprechpartner Projektleitung

Herr Müller
Schlachthofstraße 81
99085 Erfurt
Jean.mueller@dsk-gmbh.de



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

Bearbeitungsstand: 22. Dezember 2025

Herausgeber: DSK Deutsche Stadt- und Grundstücksentwicklungsgesellschaft mbH

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

Förderhinweis:

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

Hinweis zur Geschlechter Formulierung:

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

Hinweis zur Untersuchungsgebietbezeichnung:

Im Folgenden werden die Begriffe Stadt und Untersuchungsgebiet synonym verwendet. Sie bezeichnen, sofern nicht ausdrücklich darauf hingewiesen wird, den Geltungsbereich der Kommunalgrenzen der Stadt Bad Berka, wie es in Abbildung 1 dargestellt ist. Ferner wird der Begriff aus § 3 Wärmeplanungsgesetz (WPG) zur Gliederung des Untersuchungsraums „Beplantes Teilgebiet“ synonym zum Begriff „Energiegebiet“ verwendet, um die Lesbarkeit für interessierte Bürgerinnen und Bürger zu wahren.

Hinweis zur Nutzung von künstlicher Intelligenz (KI):

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

Urheberrechtshinweis:

Das vorliegende Konzept unterliegt dem geltenden Urheberrecht. Ohne die ausdrückliche Zustimmung der Autoren und des o.g. Auftraggebers darf dieses oder Auszüge daraus nicht veröffentlicht, vervielfältigt und/oder anderweitig an Dritte weitergegeben werden. Sollte einer derartigen Nutzung zugestimmt und der Inhalt an anderer Stelle wiedergegeben werden, sind die Autoren gemäß anerkannten wissenschaftlichen Arbeitsweisen zu nennen.

Haftungsausschuss:

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

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

I. Inhalt

1.	Bestandsanalyse	6
1.1.	Methodik und Datengrundlage	7
1.2.	Konzeptionelle Grundlagen	8
1.3.	Entwicklung der Stadt Bad Berka	8
1.4.	Gebäudebestand	10
1.5.	Energetische Infrastruktur	14
1.6.	Energetische Bedarfe	27
1.7.	Energie- und Treibhausgasbilanz	32
2.	Potenzialanalyse	38
2.1.	Energieeinsparung durch Bedarfsreduktion	39
2.2.	Flächenscreening	42
2.3.	Oberflächennahe Geothermie	45
2.4.	Abwärme	54
2.5.	Außenluft	54
2.6.	Abwasser	57
2.7.	Dachflächen Solarthermie / Photovoltaik (PV)	57
2.8.	Freiflächen Photovoltaik	61
2.9.	Biomasse	67
2.10.	Grüner Wasserstoff und grünes Methan	77
2.11.	Gewässer	78
3.	Eignungsgebiete	79
3.1.	Eignungsgebiete	80
Anhang	82

II. Abkürzungen

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfahr- kontrolle	IKU	Investitionskredit Kommunale und Sozi- ale Unternehmen
BaG	Bundesamt für Güterverkehr	iSFP	Individueller Sanierungsfahrplan
BaV	Bundesanstalt für Verwaltungsdienst- leistungen	IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
BEG	Bundesförderung für effiziente Ge- bäude	JAZ	Jahresarbeitszahl
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz	KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärme- netze	KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
BHKW	Blockheizkraftwerk	KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Natur- schutz, Bau und Reaktorsicherheit	KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	MaStR	Marktstammdatenregister
CO₂	Kohlenstoffdioxid	PV	Photovoltaik
dena	Deutsche Energieagentur	TABULA	Typology Approach für Building Stock Energy Assessment
EE	Erneuerbare Energien	u.A.	unter Anderem
EEE	Energie Effizienz Experte	usw.	und so weiter
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien	WDVS	Wärmedämmverbundsystem
EnEV	Energieeinsparverordnung	z.B.	zum Beispiel
EU	Europäische Union	BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfahr- kontrolle
GEG	Gebäudeenergiegesetz	BaG	Bundesamt für Güterverkehr
RED II	Richtlinie zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen	BaV	Bundesanstalt für Verwaltungsdienst- leistungen
GIS	Geoinformationssystem	EED	Energieeffizienzrichtlinie
IKK	Investitionskredit Kommunen	EPBD	Energy Performance of Buildings Direc- tive
		WPG	Wärmeplanungsgesetz
		NKI	Nationalen Klimaschutzinitiative

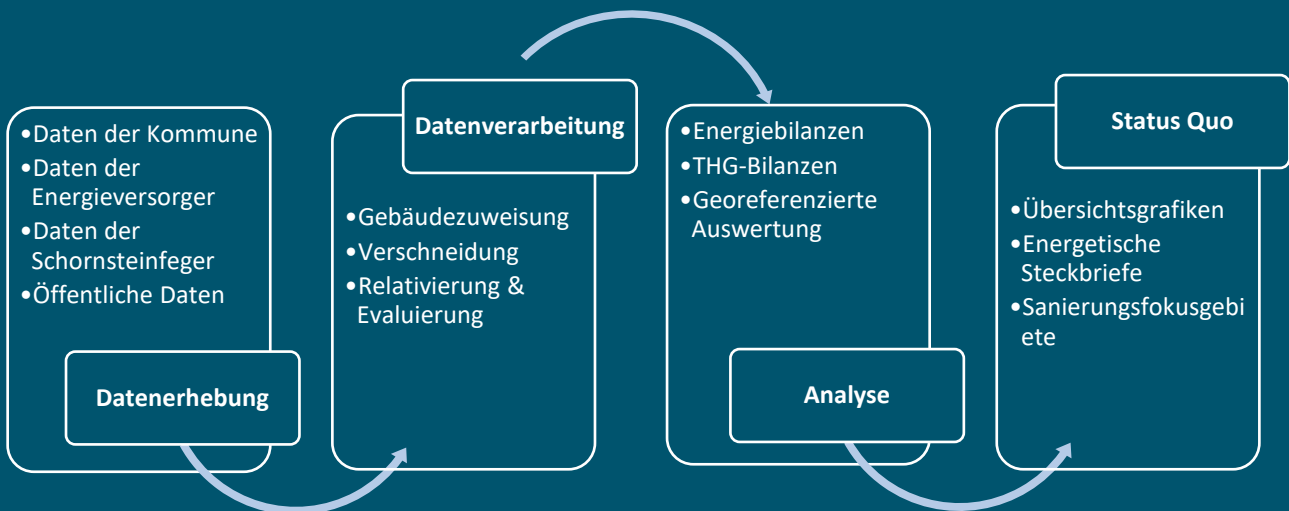
1. Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse erfasst den Zustand des Gebäudebestandes, den Wärmeverbrauch und die Wärmeinfrastruktur. Darüber hinaus findet die Aufbereitung der Daten statt, sodass die Analyse eine detaillierte Datengrundlage bildet, um im nächsten Schritt:

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

Somit stellt die Bestandsanalyse das wichtigste Werkzeug für die Entwicklung der kommunalen Wärmeplanung dar, da sie darauf abzielt, realistische Entwicklungspfade für reale Personen aufzuzeigen. Für die Stadt Bad Berka war es daher entscheidend, auf statistische Durchschnittswerte (wie normierte Bedarfswerte) zu verzichten und stattdessen mit Realwerten zu arbeiten.

Das Vorgehen und die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.



1.1. Methodik und Datengrundlage

Welche Daten wurden erhoben und wie wurden sie verarbeitet?

Die Bestandsanalyse beinhaltet die Datenerhebung von bestehende Gebäudetypologien, der Wärmeversorgungsstruktur hinsichtlich des Gasnetz- und Wärmenetzes, sowie dezentraler Heizungsanlagen in Wohn- und Nichtwohngebäuden. Auf dieser Grundlage wird der Wärmebedarf, Wärmeverbrauch und die verbundenen THG-Emissionen im Bereich der Wärmeversorgung ermittelt. In den folgenden Abschnitten werden die Daten aufgezeigt.

Das Ziel der Ausarbeitung ist die Ermittlung des Energiebedarfs und der THG-Emissionen, die dem Wärmesektor zuzurechnen sind. Mit diesen Daten kann eine verursachergerechte und räumliche Zuordnung der Bedarfe und Umweltauswirkungen im Untersuchungsgebiet erfolgen. Auf Grundlage der Ergebnisse findet die Potenzialanalyse statt, um eine Prognose für den zukünftigen Wärmebedarf und Einsatz der Energieträger zu entwickeln.

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

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

Nr.	Quelle	Datenbeschreibung	Anmerkung
1	TEN Thüringer Energienetze	Verbrauchsdaten Erdgasnetz (öffentliche Versorgung); Angaben zu Trassierung	Aggregation auf Basis WPG Anlage 1 (zu §15) Abs. 1-3
2	TWS Thüringer Wärme Service GmbH	Verbrauchsdaten Wärmenetz, Angaben zu Trassierung	Aggregation auf Basis WPG Anlage 1 (zu §15) Abs. 1-3
3	Bezirksschornsteinfeger	Feuerstättenart nach ZIV; Energieträger; Nennwärmeleistung; Heizsystem	Aggregation auf Basis WPG Anlage 1 (zu §15) Abs. 1-3
4	Stadtverwaltung Bad Berka	Gebäudenutzung, Adressdaten, Akteure	
5	Wohnungsgesellschaften	Abfrage Bestand	
6	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem Thüringen (ALKIS TH)	Flurstücke; Gebäude; 3D-Gebäudemodelle (Strukturmodell, LoD2)	
7	Statistisches Bundesamt (Destatis)	Datenbasis Zensus 2022	

Implementierung der Daten:

Die Zusammenführung der Daten erfolgte über ein Geoinformationssystem (GIS). Zunächst wurden die Gebäude- und Flurstücksdaten des Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems Thüringen (ALKIS TH) dargestellt. Anschließend sind die verfügbaren Daten georeferenziert worden, wobei beide Datensätze verknüpft werden konnten. Somit wurde eine Schnittstelle geschaffen, um Daten verschiedener Akteure im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben nach Anlage 1 (zu § 15) Wärmeplanungsgesetz Abs. 1 - 3 einspeisen und verorten zu können. Durch die Datenabfrage u.a. der TEN Thüringer Energienetze, TWS Thüringer Wärme Service GmbH, Bezirksschornsteinfeger, Statistisches Bundesamt und Stadtverwaltung Bad Berka ergeben sich diverse Datensätze, die sich in der Datengüte unterscheiden. Um diese Daten zu verarbeiten, wurden zwei Algorithmen entwickelt, die im ersten Schritt die Informationen den Adressen zugeordnet und im zweiten Schritt die Informationen in das Geoinformationssystem implementiert haben.

Eignungsprüfung

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

- » **Bestandsanalyse (§ 15 WPG):** Die systematische Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs, der vorhandenen Wärmeerzeugungsanlagen sowie der bestehenden Energieinfrastruktur kann in diesen Fällen ausgesetzt werden.
- » **Potenzialanalyse (§ 16 WPG):** Die Potenzialermittlung kann auf Optionen beschränkt werden, die für eine dezentrale Wärmeversorgung von Relevanz sind.
- » **Wärmeversorgungsgebiete (§ 18 WPG):** Eine Zuordnung des jeweiligen Teilgebiets zu spezifischen Wärmeversorgungsoptionen ist nicht erforderlich.
- » **Umsetzungsstrategie (§ 20 WPG):** Die Entwicklung einer konkreten Umsetzungsstrategie für das betreffende Gebiet ist nicht verpflichtend.

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

1.2. Konzeptionelle Grundlagen

Tangierende Konzepte mit den Arbeitsschritten der Kommunalen Wärmeplanung:

Es liegt kein tangierendes Konzept für die Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung vor.

1.3. Entwicklung der Stadt Bad Berka

Bad Berka ist eine Kleinstadt im Landkreis Weimarer Land in Thüringen. Die Fläche beträgt 55,32 km². Über das System der zentralen Orte wird die Stadt als Grundzentrum ausgewiesen. Landschaftlich erfolgt die Prägung durch das Landschaftsschutzgebiet Mittleres Ilmtal. Die Einwohnerzahl beträgt 7.450¹. Neben der Kernstadt ergeben sich die Ortsteile Bergern, Gutendorf, Kottendorf, Meckfeld, München, Schoppendorf, Tannroda und Tiefengruben.

1.3.1. Soziodemographische Entwicklung²

Seit dem Jahr 2000 ist ein Rückgang der Bevölkerung um 5% zu verzeichnen. Insgesamt sinkt die Einwohnerzahl bis 2008, steigt 2009 wieder an und sinkt bis 2024 ab. In 25 Jahren erfolgt eine Abnahme von 7.777 auf 7.450 Einwohner.

¹ Thüringer Landesamt für Statistik, 2025

² Ebd.

Der natürliche Entwicklungssaldo bildet ein demografisches Merkmal. Im Fall der Stadt befindet sich dieser im negativen Bereich, sodass es mehr Sterbefälle gibt als Geburten. So liegt der Rückgang bei -54 Personen für das Jahr 2024, wobei die Anzahl der Geburten seit 2000 abnimmt. Die Sterbefälle steigen dagegen an.

Weiterhin besitzt die Entwicklung der Wanderungssaldo einen weiteren Einfluss. Hier gibt es einen wechselhaften Saldo zu verzeichnen. So liegt dieser Wert für die Jahre 2022 (27 Personen) und 2023 (101 Personen) im positiven Bereich. Im Jahr 2024 wurde ein negativer Saldo von -4 Personen festgestellt.

Bei der Aufteilung der Bevölkerung nach Altersgruppen ab dem Jahr 2000 ergibt sich folgende Struktur: Personen unter 6 Jahre nehmen im Vergleich um 11% ab, Personen von 6 – 15 Jahren nehmen um 14% ab, Personen im Alter von 15 – 65 Jahren nehmen um 20% ab und Personen von 65 und mehr erhöhen sich um 72%.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse des 1. Gemeindebevölkerungsvorausberechnung des TLS im Zeitraum von 2020 bis 2040 eine deutliche Abnahme der Einwohner. So nimmt der Anteil bei den Personen von 0 bis 65 Jahre um 21% ab, wohingegen die Bevölkerung ab 65 Jahren um 28 % ansteigt.

So zeigt sich für die Stadt Bad Berka eine alternde Bevölkerungsstruktur. Zugleich gibt es einen negativen natürlichen Entwicklungssaldo, aber einen wechselhaften Wandersaldo mit einer potenziellen Tendenz.

1.3.2. Ortsteile und Stadtstruktur

Bad Berka umfasst neben der Kernstadt (5.365 Einwohner) folgende Ortsteile (Stand: 2024):

- Bergern 343
- Gutendorf 171
- Kottendorf 44
- Meckfeld 153
- München 84
- Schoppendorf 100
- Tannroda 930
- Tiefengruben 260

1.3.3. Wirtschaftsstruktur

Bad Berka besitzt eine gemischte Wirtschaftsstruktur mit Schwerpunkten in der öffentlichen Verwaltung, dem Gesundheits- und Sozialwesen, sowie kleinen und mittleren Unternehmen im Handwerk und Dienstleistungsreich.

Wichtige Arbeitgeber der Stadt sind:

- Zentralklinik Bad Berka : Klinik für Neurologie
- MEDIAN Reha-Zentrum
- Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung u. Medien
- Marie-Curie-Gymnasium
- Staatliche Regelschule Klosterberg Bad Berka

Das Gesundheits- und Kurwesen spielt eine besondere Rolle im lokalen Arbeitsmarkt. Bad Berka ist bekannt für seine Rehabilitationseinrichtungen bei verschiedenen Erkrankungen bspw. Diabetes, Stoffwechselerkrankungen, psychosomatischen Erkrankungen und onkologischen Erkrankungen. Neben den Reha-Einrichtungen bildet das

Zentralklinikum Bad Berka einen wichtigen Versorgungsstandort der Stadt. Im Bereich der Verwaltung bzw. Bildungswesen gibt es die oben genannten Einrichtungen.

Trotz ländlicher Prägung bietet Bad Berka durch seine Anbindung an die Bundesstraßen 85 und 87 einen günstigen Ausgangspunkt die Oberzentrum Erfurt und Jena zu erreichen.

1.3.4. Perspektiven und Herausforderungen

Bad Berka hat eine positive Zukunftsperspektive, die vor allem auf seiner Rolle als Kurstadt und dem Vorhandensein der Zentralklinik basiert. Die Stadt profitiert von ihrem gesunden Reizklima und den zahlreichen Gesundheitsangeboten. Die Zentralklinik ist der größte Arbeitgeber der Region und trägt maßgeblich zur wirtschaftlichen Stabilität bei. Gleichzeitig gibt es Bestrebungen, die Wohn- und Lebensqualität in Bad Berka und seinen Ortsteilen zu verbessern und eine aktive Beteiligung der Bürger zu fördern.

Integriertes Stadtentwicklungskonzept 2035 – Stadt Bad Berka definiert wesentliche Ziele in den Bereichen Arbeiten, Wohnen, Mobilität und soziale Infrastruktur. Darüber hinaus bilden wichtige Entwicklungsschwerpunkte die Förderung Wohnraum und Stadt der kurzen Wege, Schaffung von Sport- und Freizeitangeboten, Einrichtung einer zukunftsfähigen Verkehrsinfrastruktur sowie die Wahrung als qualitätsvoller Kurstandort. Herausforderungen bestehen weiterhin in der Sicherung des Fachkräftebedarfs, der Anpassung an demografische Veränderungen und der gezielten Förderung der Ortsteile. Voraussetzung für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Weiterentwicklung ist die Bereitstellung attraktiver Wohnangebote, eine funktionsfähige Infrastruktur sowie ein vielfältiges Angebot.

Trotz leicht rückläufiger Tendenzen im natürlichen Bevölkerungswachstum besitzt Bad Berka als Grundzentrum mit Gesundheits-, Tourismus- und Verwaltungsfunktion gute Voraussetzungen für eine stabile demographische und wirtschaftliche Entwicklung.

1.4. Gebäudebestand

In der Abbildung 1 ist das Untersuchungsgebiet auf Ebene der Gemeinde dargestellt. Nachfolgend wird der Gebäudebestand für die Kernstadt und der Ortsteile analysiert. Die Analyse erfolgt über den Datensatz für die Gebäudestrukturen, wie in Kapitel „Methodik und Datengrundlage“ beschrieben. Wenn Informationen zu Gebäudetypen nicht vorhanden sind, werden diese als „k.A.“ (keine Angaben) markiert, um die Darstellungen nicht zu verändern.

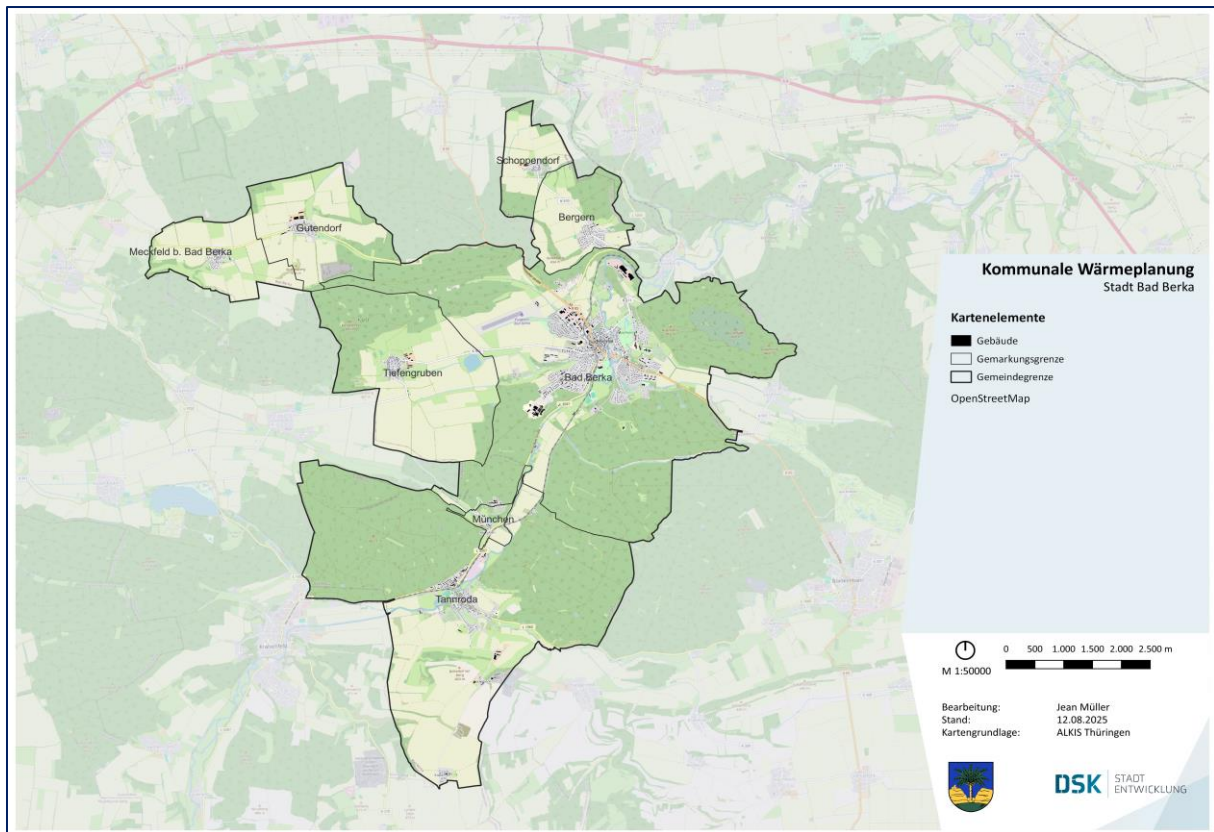


Abbildung 1: Großräumige Gliederung der Stadt Bad Berka

1.4.1. Typologie

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 5

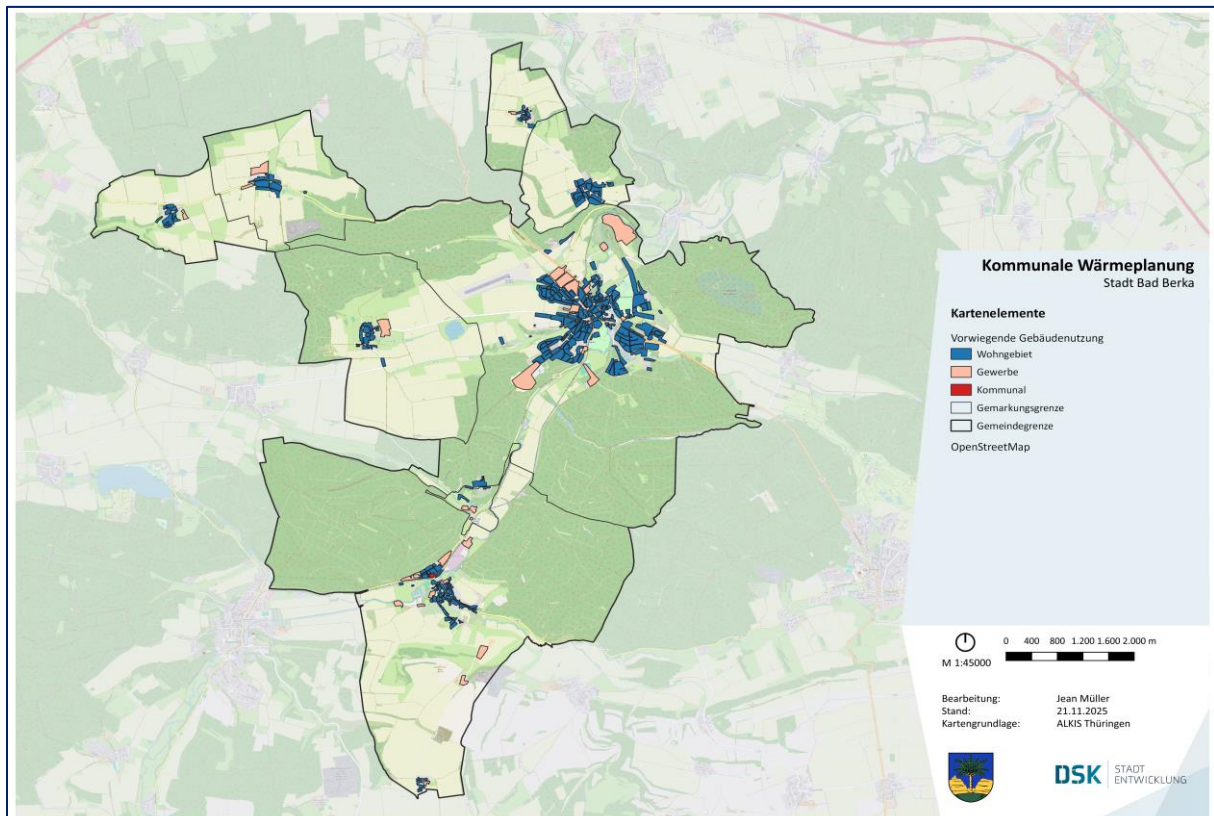


Abbildung 2: Vorwiegender Gebäudetyp in einer baublockbezogenen Darstellung

Die Abbildung 2 zeigt den vorwiegenden Gebäudenutzung auf Ebene der Baublöcke. Zu erkennen ist ein überwiegender Anteil von Wohngebieten. Baublöcke mit Gewerbenutzung sind meist in der Peripherie der Siedlungsräume vorhanden. Kommunale Flächen sind durch andere Gebäudenutzungen weniger vertreten. Eine Aufteilung wurde in Abbildung 3 vorgenommen.

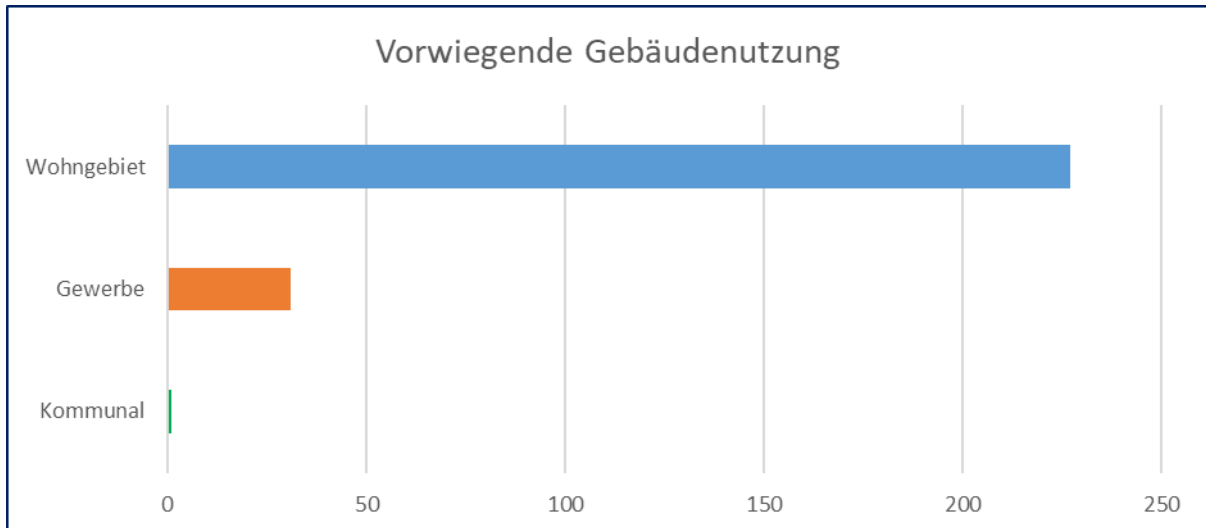


Abbildung 3: Baublöcke nach Sektoren

1.4.2. Baualtersklasse

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 6

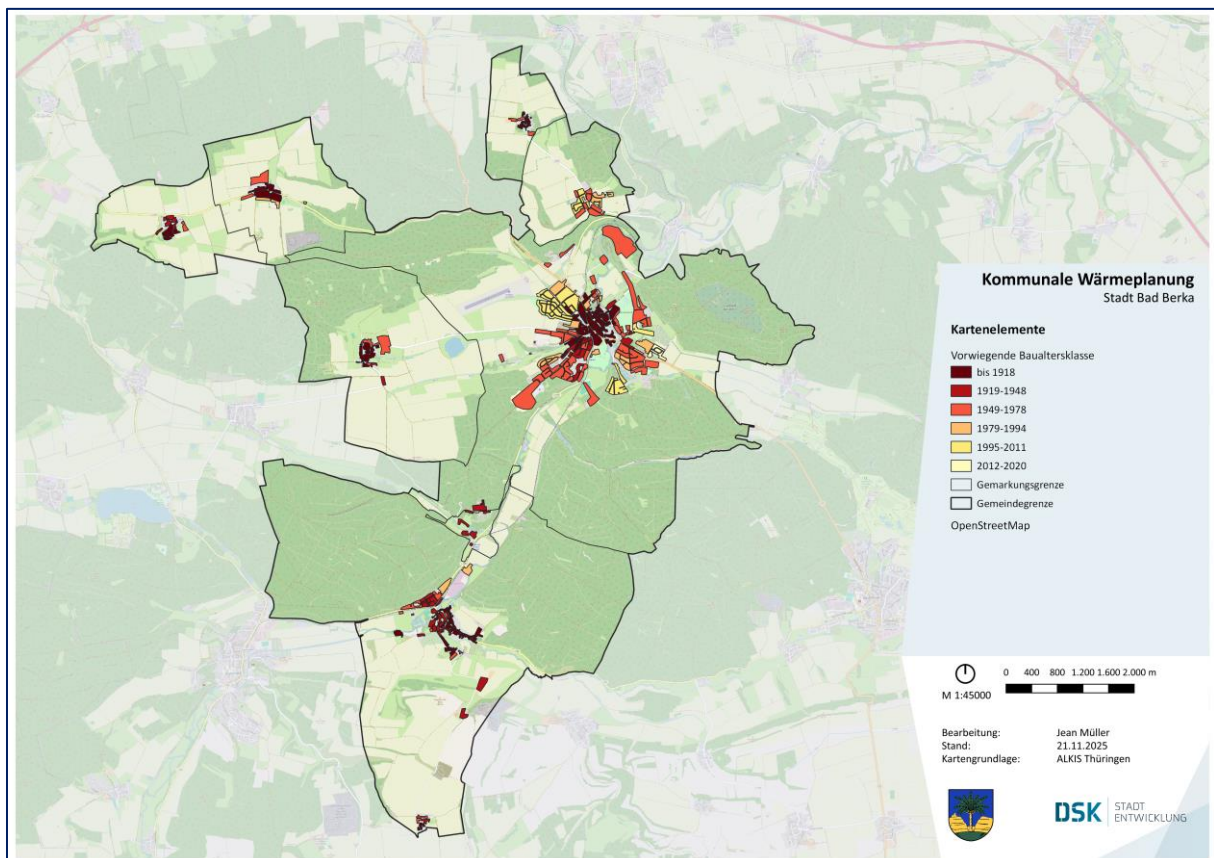


Abbildung 4: Darstellung der vorwiegenden Baualtersklassen

In der Abbildung 4 sind die prägenden Baualtersklassen je Baublock zu sehen. Zusätzlich zu der Abbildung ist noch eine graphische Darstellung (Abbildung 5), sowie die tabellarische Auflistung (Tabelle 2) der Baualtersklassen dargestellt.

Deutlich ist zu erkennen, dass ein hoher Altbaubestand bis 1978 in den Baublöcken vorliegt. Die BAK 4 bis 6 sind demgegenüber geringer vertreten.

Tabelle 2: Übersicht Baualtersklassen

Abkürzung	Baualtersklasse	Anzahl
BAK 1	bis 1918	81
BAK 2	1919-1948	49
BAK 3	1949-1978	68
BAK 4	1979-1994	23
BAK 5	1995-2011	34
BAK 6	2012-2020	4
Gesamt		259

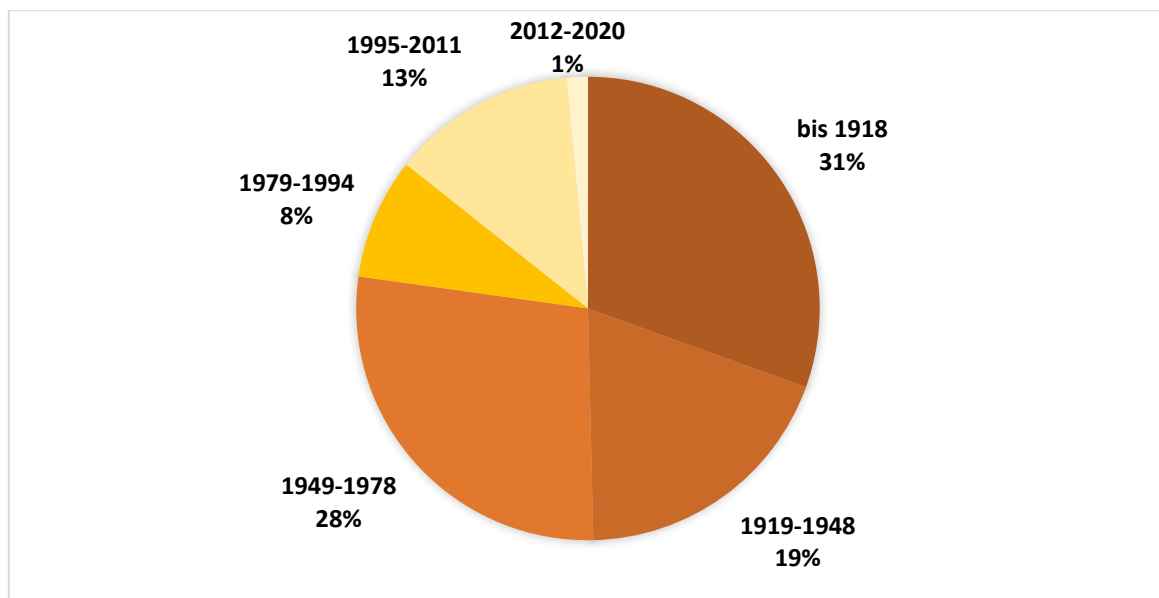


Abbildung 5: Aufteilung Baualtersklassen

1.5. Energetische Infrastruktur

1.5.1. Gasnetz

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

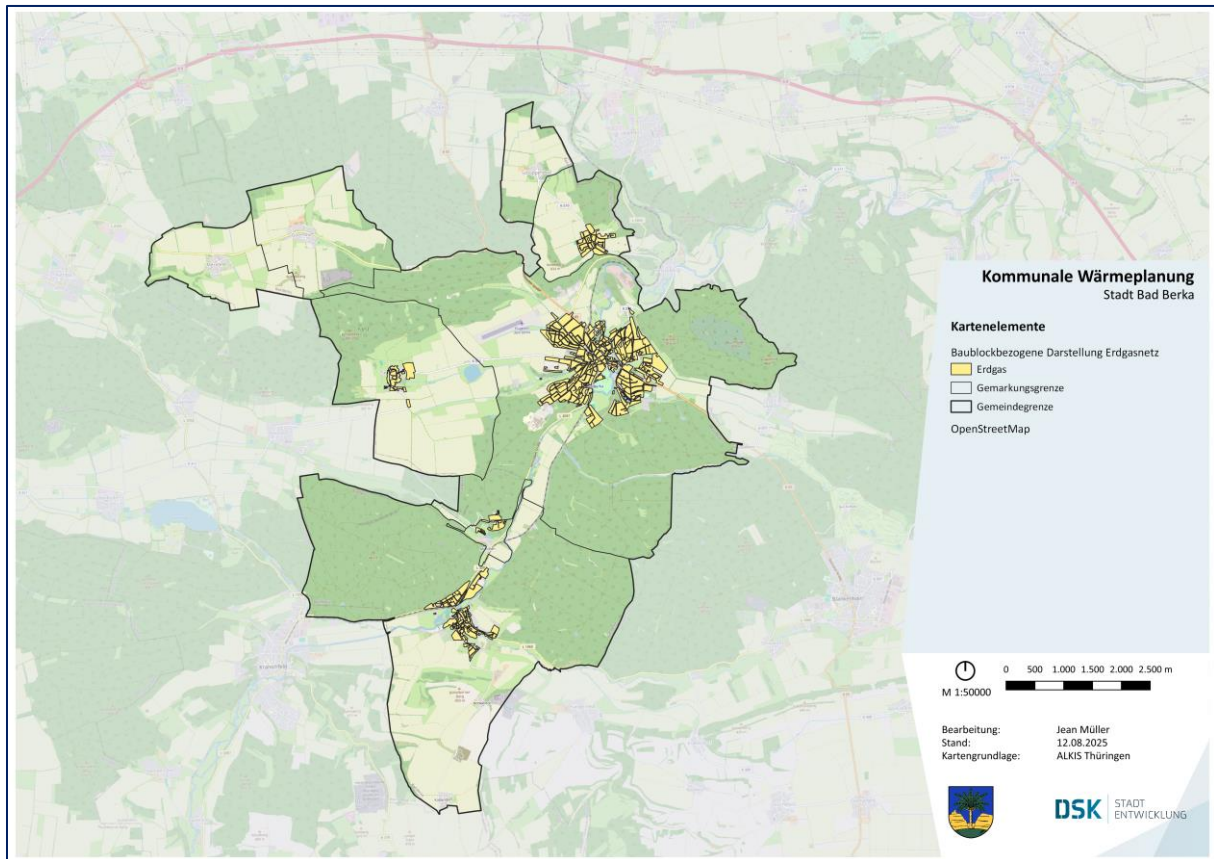


Abbildung 6: Baublockbezogene Darstellung des Erdgasnetzes

In der Abbildung 6 ist der Netzverlauf der öffentlichen Versorgung des Energieträgers Erdgas dargestellt. So verfügen die Kernstadt Bad Berka, sowie den Ortsteilen Tannroda, Tiefengruben, München und Bergern über eine leitungsgebundene Infrastruktur. Die Ortsteile Schoppendorf, Meckfeld, Gutendorf und Kottendorf sind nicht an das öffentliche Netz angeschlossen. Betreiber ist die TEN - Thüringer Energienetze. Eine Umstellung des bestehenden Gasnetzes oder einzelner Netzabschnitte auf Wasserstoff ist vorgesehen. So gibt die TEN einen möglichen Einsatz von Wasserstoff (H₂) bekannt, mit der Einschränkung zunächst Industriecluster und KWK-Anlagen zu versorgen. Perspektivisch ist vorstellbar H₂ über das Wasserstoff-Kernnetz, verläuft an A4-Achse und erreicht Stadt aus nördlicher Richtung, bereitzustellen. Aktuell befindet sich dieses jedoch noch nicht in konkreter Planung. Daher kann an dieser Stelle keine genauere Abschätzung in Bezug auf Mengen sowie wirtschaftlich tragfähige Preise verlässlich gegeben werden.

Das öffentliche Gasnetz wird mit Methan betrieben. Es verfügt über ca. 80,5 km Gesamtlänge. Die Anschlussquote liegt bei 1.551 Anschlussnehmern.

1.5.2. Wärmenetz

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

Ein Wärmenetz im Sinne des GEG ist ein leitungsgebundenes System zur Wärmeversorgung, das über die Begrenzung eines Gebäudenetzes hinausgeht – also mehr als 16 Gebäude oder mehr als 100 Wohneinheiten versorgt. Der Anschluss an ein solches Wärmenetz erfüllt gemäß § 71b GEG die Anforderungen an die Nutzung eines Anteils von mindestens 65 % erneuerbarer Energien, sofern der Wärmebedarf des Gebäudes vollständig über das Netz gedeckt wird. In diesem Fall ist kein gesonderter rechnerischer Nachweis über die Anteile erneuerbarer Energien erforderlich, sofern das Wärmenetz als ausreichend dekarbonisiert gilt.

In diesem Sinne sind für das geplante Gebiet alle Wärmenetze zu dokumentieren, die der Definition des GEG als Wärmenetz gerecht werden und somit mindestens 16 Gebäude oder 100 Wohneinheiten versorgen.



Abbildung 7: Bestehende, geplante und genehmigte Wärmenetze

Neben dem öffentlichen Gasversorgungsnetz bestehen im Gemeindegebiet zwei zentrale Wärmenetze, die künftig miteinander verbunden werden sollen. Betreiber ist die TWS - Thüringer Wärme Service GmbH. Diese Netze leisten einen wesentlichen Beitrag zur Wärmeversorgung in der Kernstadt Bad Berka und stellen somit zentrale Infrastrukturen im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung dar.

Das Wärmenetz in der Solesmeser Straße ging Anfang der 1990er Jahre in Betrieb. Die Betriebsart erfolgt mittels Wasser. Gemittelt über die letzten Jahre findet ein Wärmeabsatz von ca. 1,3 GWh/a bei einer Anschlussleistung von 793 kW statt. Die Vorlauftemperatur beträgt 70°C und der Rücklauf liegt bei 50°C. Die Gesamtlänge beträgt 580 m und versorgt sieben Mehrfamiliengebäude. Wärmeverluste des Netzes liegen bei ca. 15%.

Das Wärmenetz in der Blankenhainer Straße ging ebenfalls Anfang der 1990er Jahre in Betrieb. Die Betriebsart erfolgt mittels Wasser. Gemittelt über die letzten Jahre findet ein Wärmeabsatz von ca. 1,4 GWh/a bei einer Anschlussleistung von 590 kW statt. Die Vorlauftemperatur beträgt 70°C und der Rücklauf liegt bei 50°C. Die Gesamtlänge beträgt 325 m und versorgt sechs Mehrfamiliengebäude. Wärmeverluste des Netzes liegen bei ca. 15%.

1.5.3. Kälteinfrastruktur

Im Planungsgebiet liegt ein Kälteverbundnetz auf dem Gelände der Zentralklinik Bad Berka vor. Betreiber ist die Klinik selbst zur Eigenversorgung. Nach Auskunft der Einrichtung ergeben sich folgende Kälteerzeuger: zwei elektrische Kraftkältemaschinen mit je 840 kW Kälteleistung, zwei Absorptionskältemaschinen mit je 400 kW Kälteleistung und eine elektrische Kältemaschine mit 250 kW Kälteleistung. Im Winterbetrieb kann diese Leistung theoretisch bereitgestellt werden.

1.5.4. Darstellung Großverbraucher (über 100.000 kWh/a)

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 7
Letztverbraucher nach § 7 Absatz 3 Nummer 3

Zur Analyse der Letztverbraucher wurden gewerbliche Großkunden mit einer Endenergiebezugsmenge von mindestens 100.000 kWh/a erfasst. Diese Kategorie umfasst energieintensive Betriebe, die durch ihren hohen Wärmebedarf eine besondere Relevanz für die künftige Ausgestaltung der Wärmeinfrastruktur besitzen. Für das Gebiet von Bad Berka wurde eine entsprechende Auswertung durchgeführt, bei der gewerbliche und kommunale Großverbraucher identifiziert und kartografisch verortet wurden.

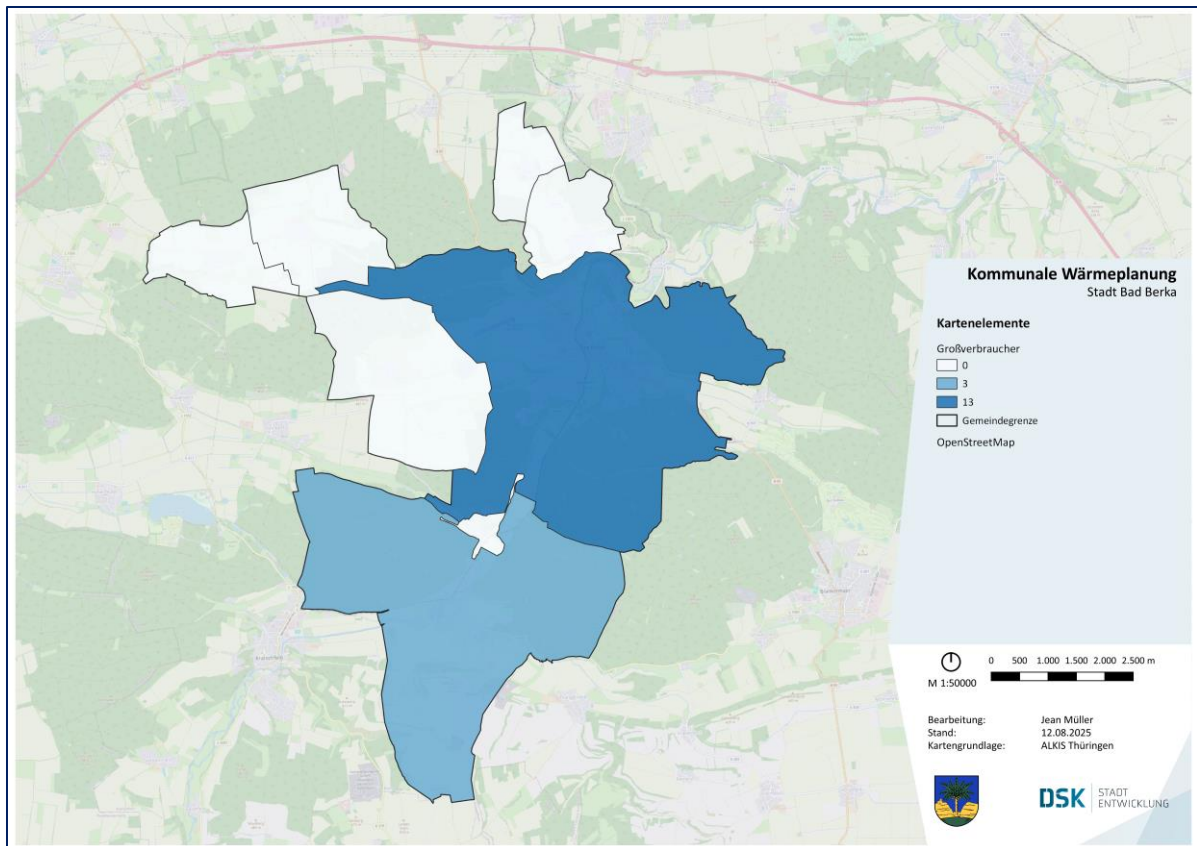


Abbildung 8: Ankerkunden nach Ortsteilen

Die Ergebnisse zeigen eine deutliche räumliche Konzentration dieser Abnehmer in der Kernstadt von Bad Berka, auch im angrenzenden Ortsteil Tannroda ergeben sich drei Großverbraucher.

Aus Gründen des Datenschutzes erfolgt die Darstellung ausschließlich in aggregierter Form auf Ortsteilebene. Eine genaue Adress- oder gebäudebezogene Verortung wurde bewusst vermieden, um die Rückverfolgbarkeit einzelner gewerblicher Verbraucher auszuschließen.

1.5.5. Dezentrale Wärmeerzeuger – Erdgas (öffentliche Gasversorgung)

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

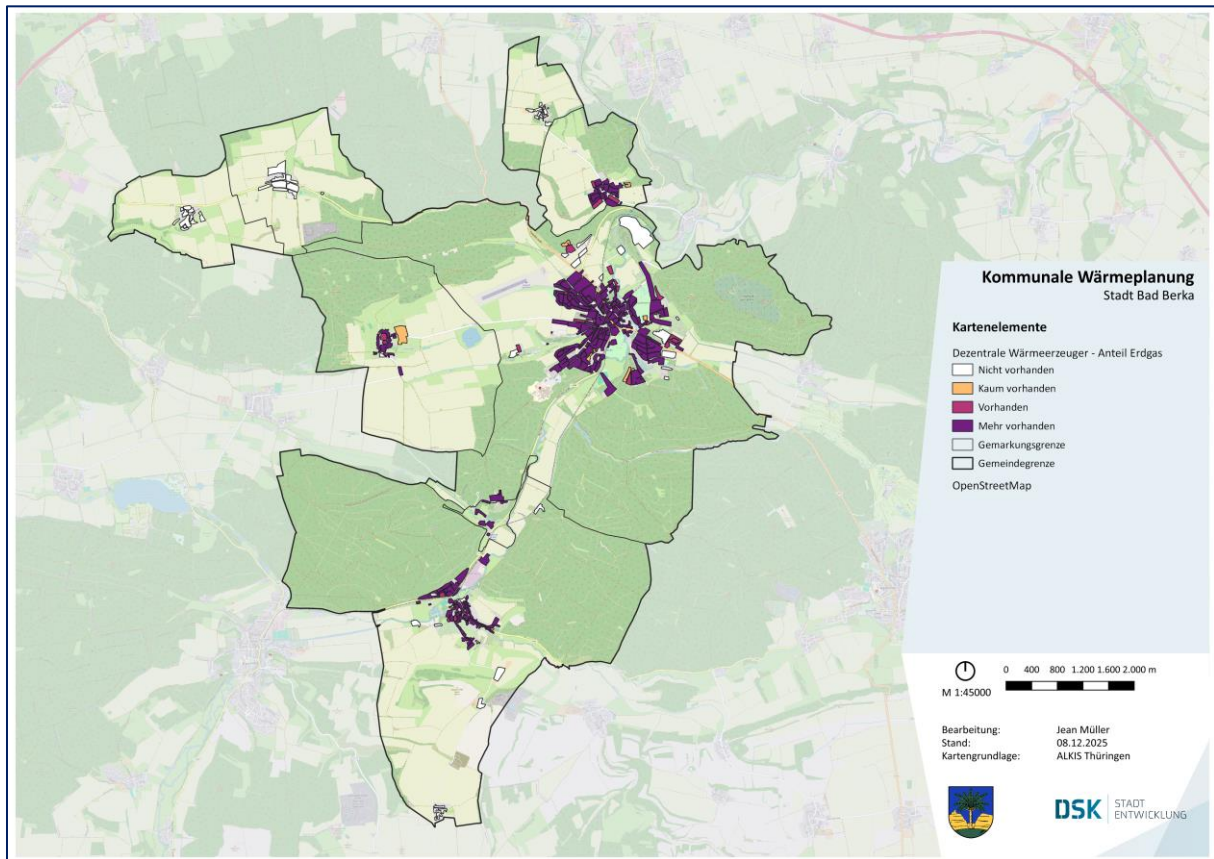


Abbildung 9: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Erdgas

In der Abbildung 9 wird das Aufkommen für den Energieträger Erdgas dargestellt. Über die öffentliche Gasversorgung werden ca. 91% der Wärmeversorgung sichergestellt.

1.5.6. Dezentrale Wärmeerzeuger - Heizöl

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

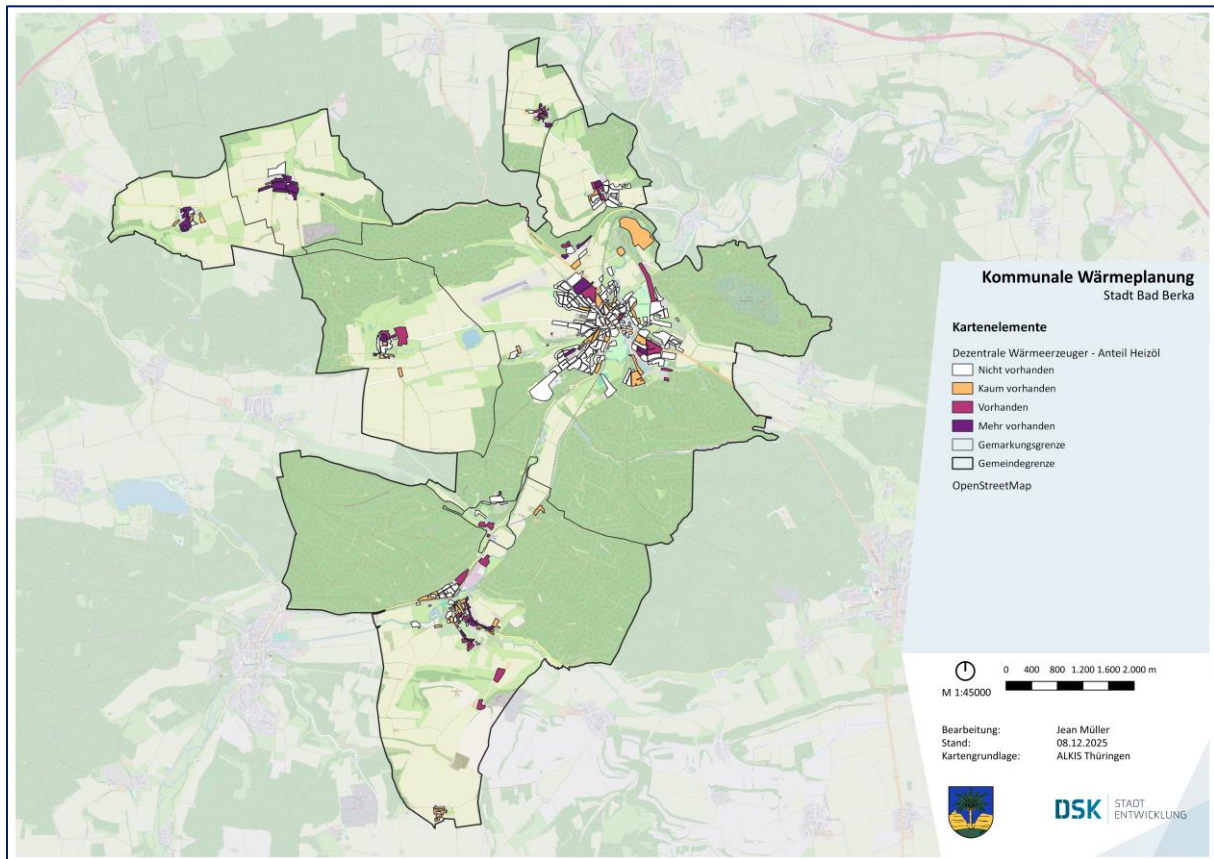


Abbildung 10: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Heizöl

Neben der leitungsgebundenen Infrastruktur liegen dezentrale Heizungsanlagen über den Energieträger Heizöl vor. Der Anteil beträgt ca. 4,5% an der Wärmeversorgung.

1.5.7. Dezentrale Wärmeerzeuger – Kohle

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

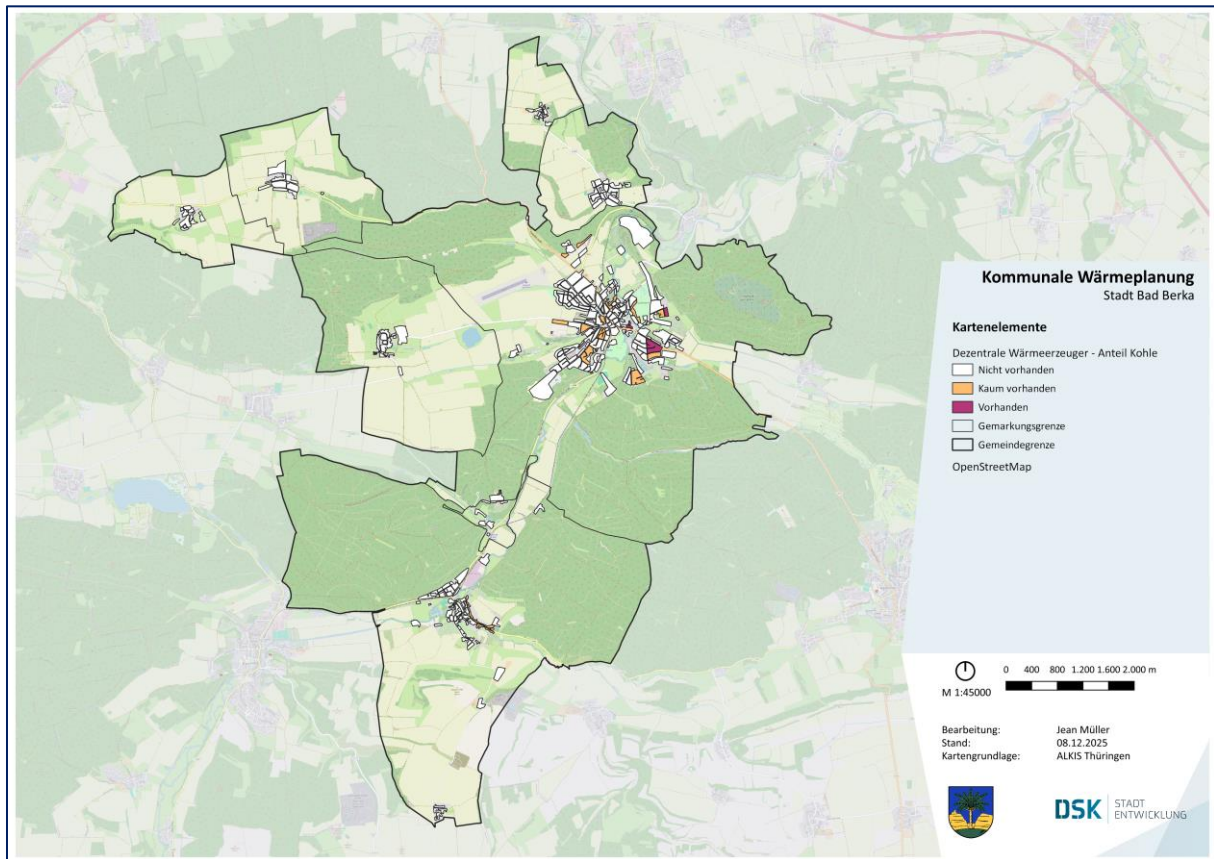


Abbildung 11: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Kohle

Der Anteil des Energieträgers Kohle liegt bei ca. 0,3%. Damit ist zu erkennen, dass dieser Energieträger keine bedeutende Rolle im Gebiet beinhaltet.

1.5.8. Dezentrale Wärmeerzeuger – Flüssiggas

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

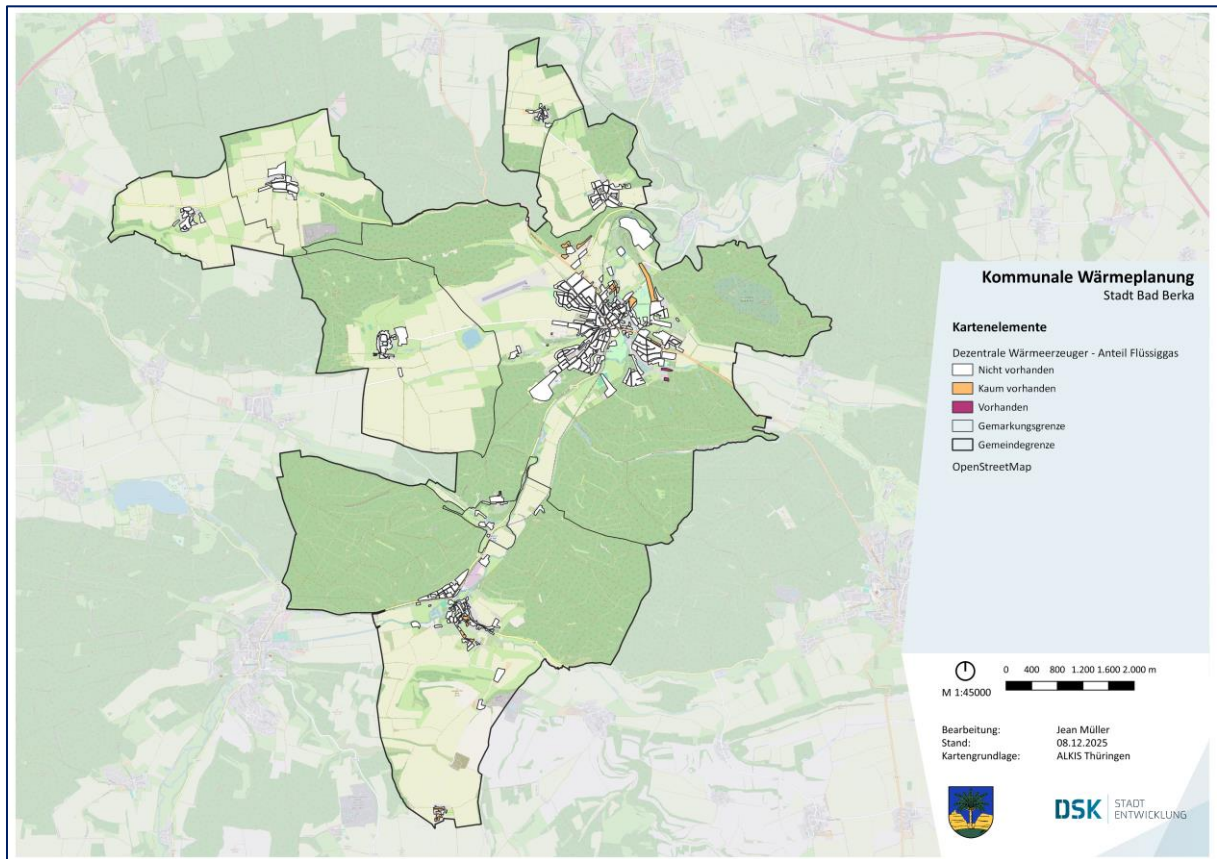


Abbildung 12: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Flüssiggas

Der Energieträger Flüssiggas bildet den geringsten Anteil mit ca. 0,2% im Planungsgebiet.

1.5.9. Dezentrale Wärmeerzeuger - Holzbrennstoffe

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

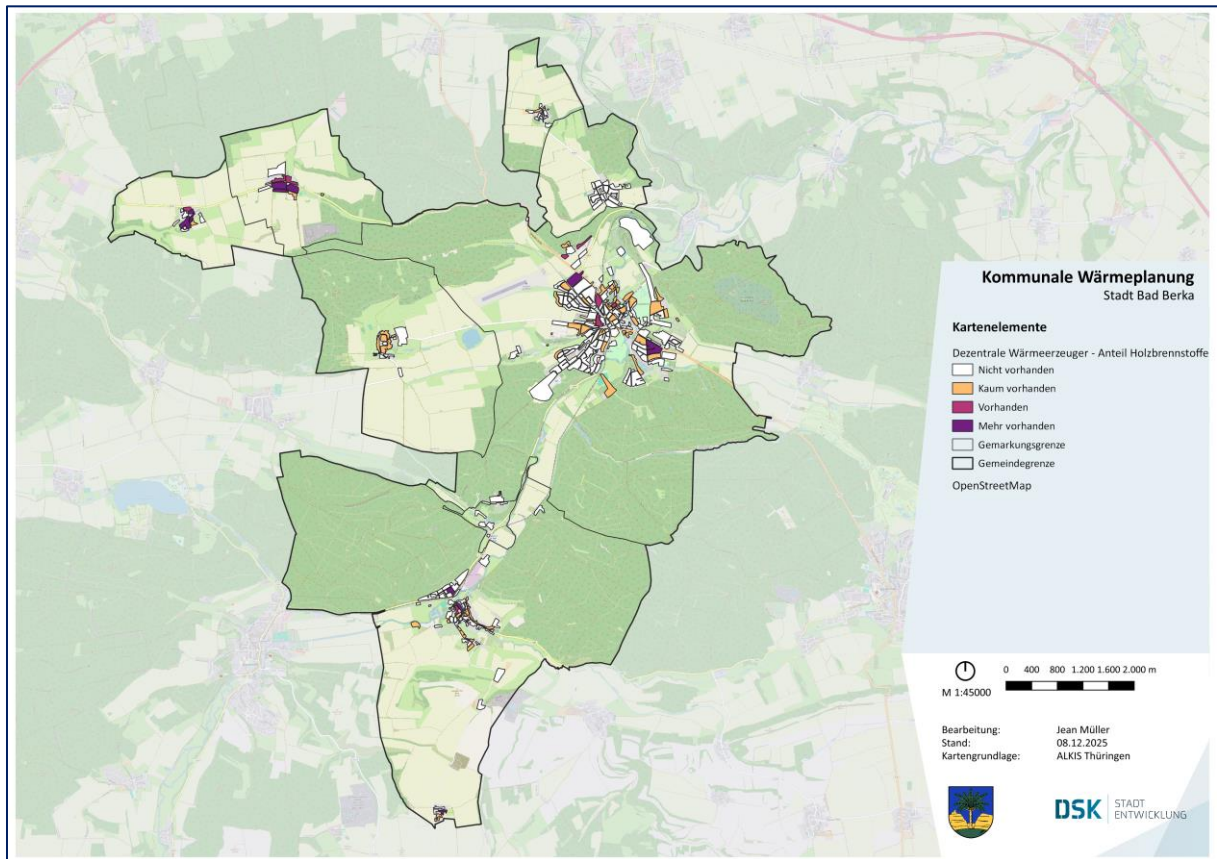


Abbildung 13: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Holzbrennstoffe

Die Abbildung 13 zeigt die Verteilung für den Energieträger Holzbrennstoffe. Insgesamt liegt ein Aufkommen von ca. 2% vor.

1.5.10. Dezentrale Wärmeerzeuger – Wärmestrom

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

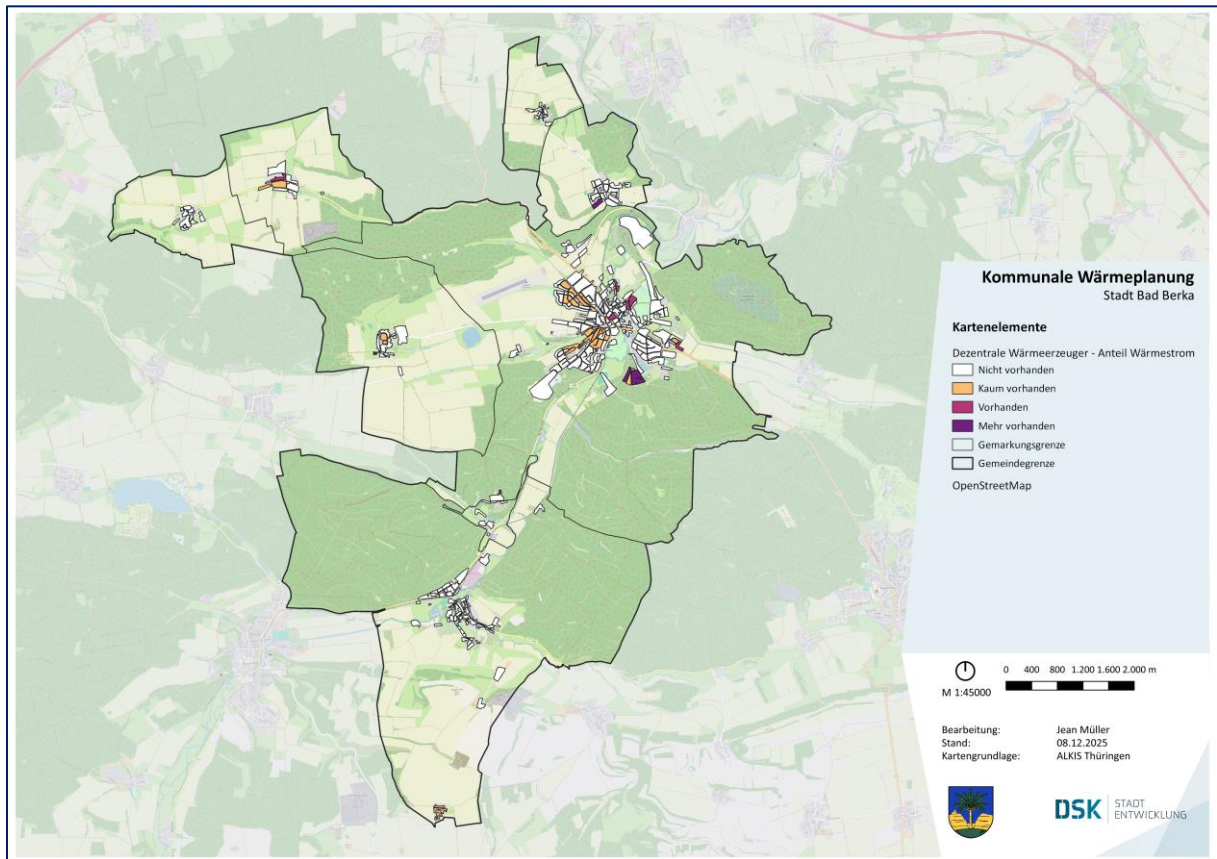


Abbildung 14: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Wärmestrom

Der Anteil für strombasierte Heizungsanlagen liegt bei ca. 0,7 %.

1.5.11. Dezentrale Wärmeerzeuger – Fernwärme

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

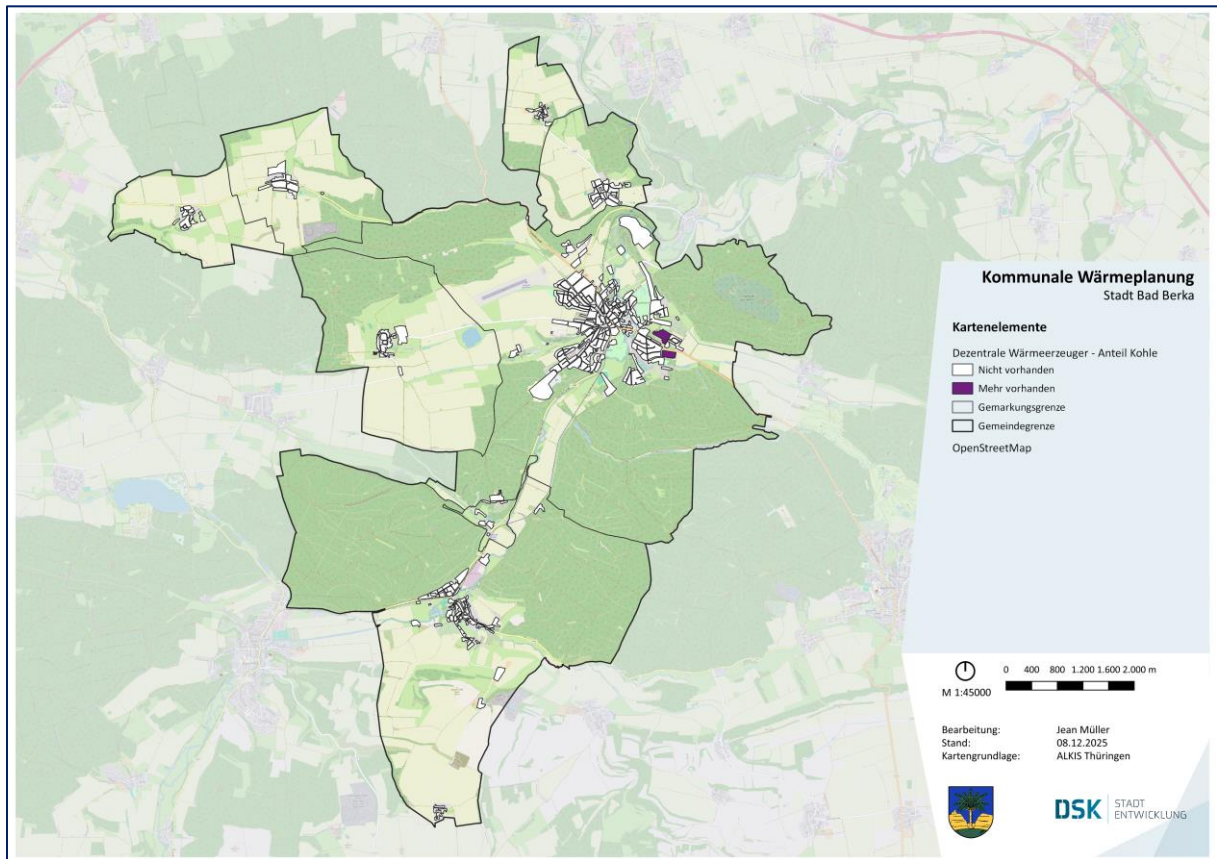


Abbildung 15: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Fernwärme

Zuletzt wird der Energieträger Fernwärme in der Abbildung 15 dargestellt. Der Anteil beträgt ca. 1,2% am Gesamtwärmeaufkommen.

1.5.12. Netzgebundene Infrastrukturen – Abwassernetze und -leitungen

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden ebenfalls Informationen zu den Abwasserleitungen, sowie den Kläranlagen abgefragt. Die Kläranlage befindet sich nördlich der Kernstadt Bad Berka. Die Abwasserkanäle mit Haltung > DN800 befinden sich südlich, verlaufend in die Kernstadt, sowie eine Leitung in Höhe der Friedrichsdorfer Straße.

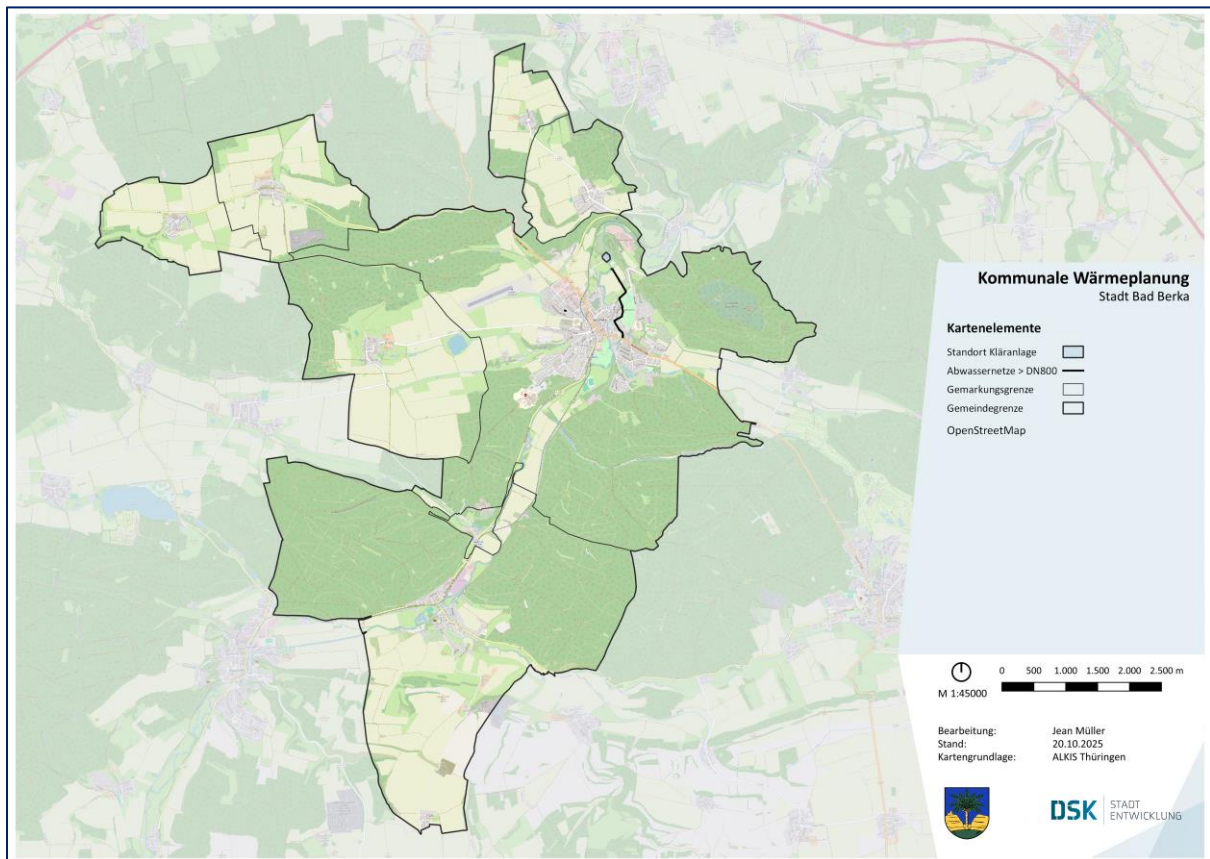


Abbildung 16: Darstellung Standort Kläranlage und Haltung > DN800

1.5.13. Netzgebundene Infrastrukturen – Stromnetz

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden ebenfalls Informationen zu dem Stromnetz beim Netzbetreiber TEN - Thüringer Energienetze abgefragt.

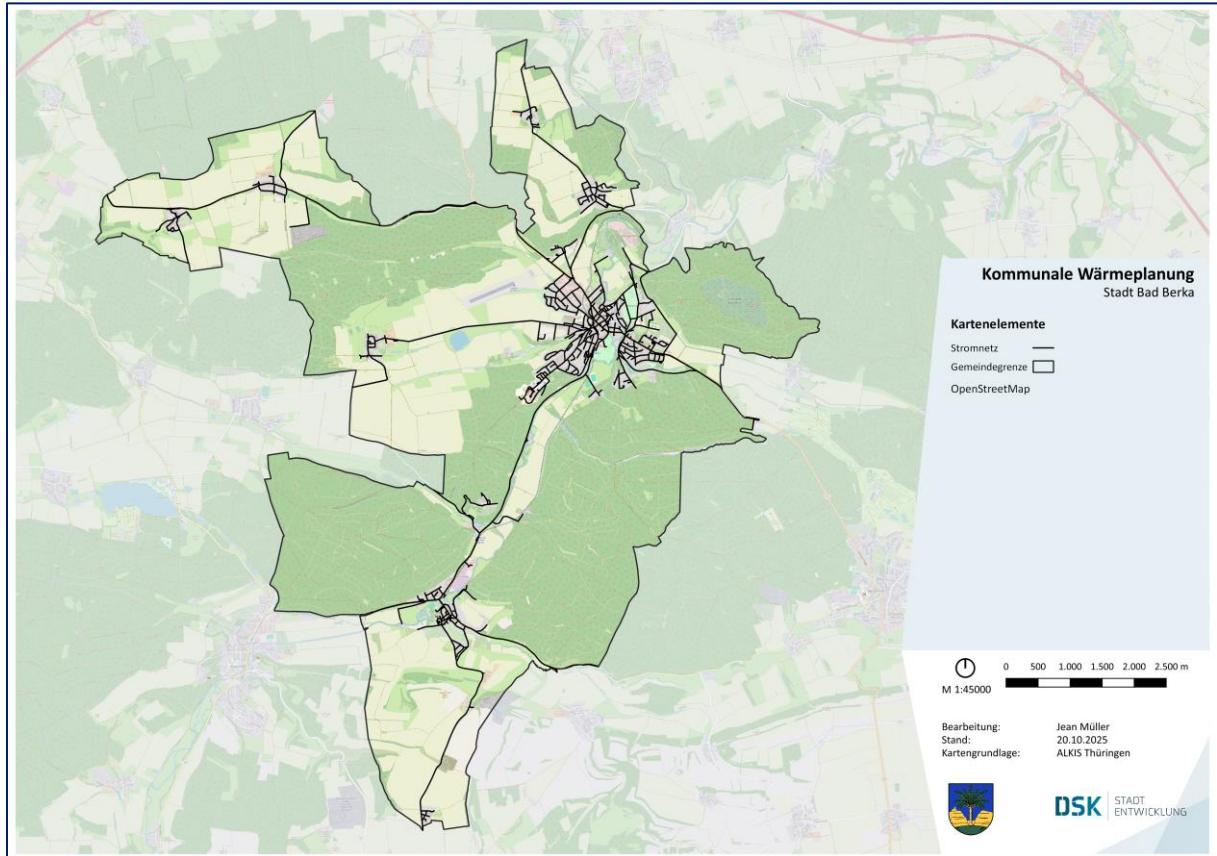


Abbildung 17: Stromnetz in Bad Berka

In Abbildung 17 wird der Netzverlauf für das Stromnetz in Bad Berka zu dargestellt.

1.6. Energetische Bedarfe

1.6.1. Wärmeflächendichte

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 1

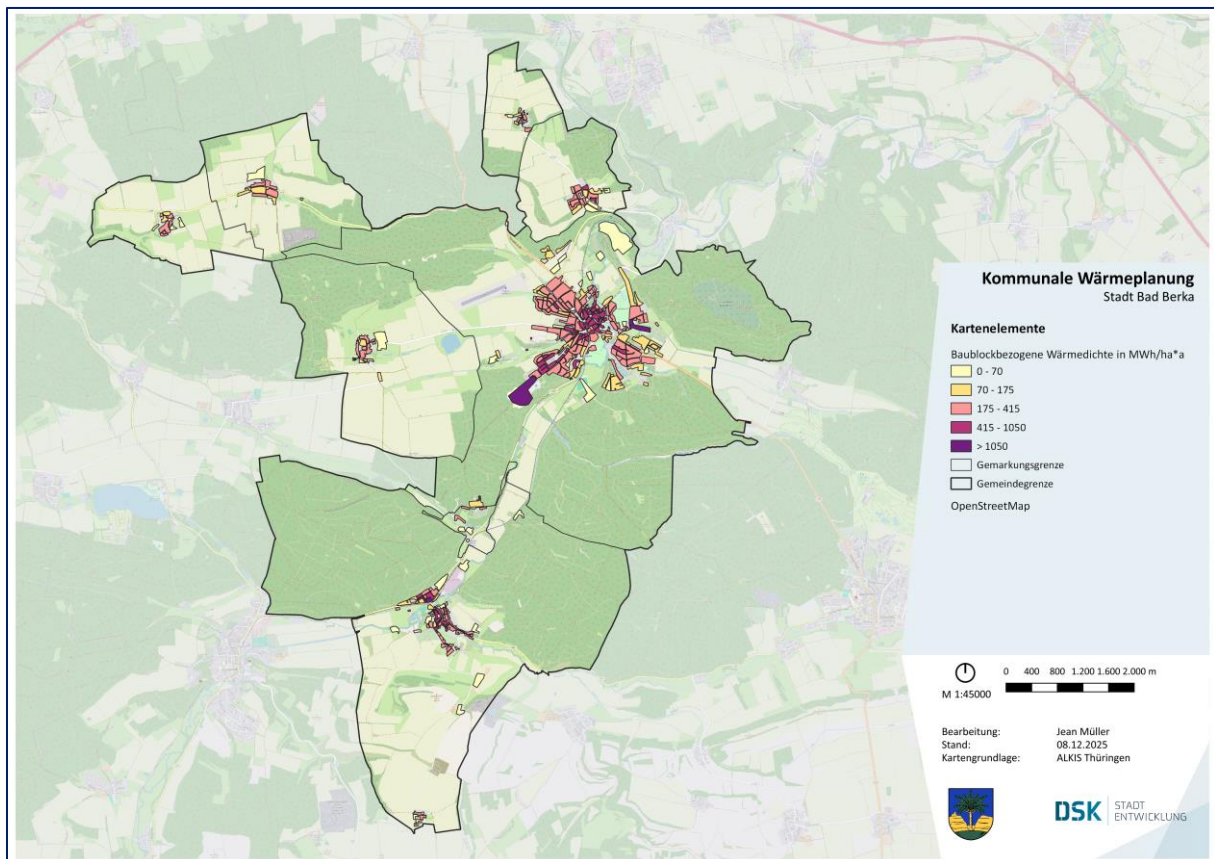


Abbildung 18: Baublockbezogene Wärmeflächendichte

In Abbildung 18 ist die Wärmeflächendichte je Baublock zu erkennen. Daraus geht hervor, die Kernstadt Bad Berka eine hohe Flächendichte aufweist. Auch der Ortsteil Tannroda verfügt über hohe Werte. In den anderen Ortsteilen nimmt die Wärmedichte ab.

Diese Werte sollen als mögliche Potenzialflächen (Wärmeklassen) in der Abbildung 19 für die Eignung eines Wärmenetzes eingeordnet werden. Hierbei wird eine Einteilung von kein technisches Potenzial bis sehr hohes technisches Potenzial vorgenommen.

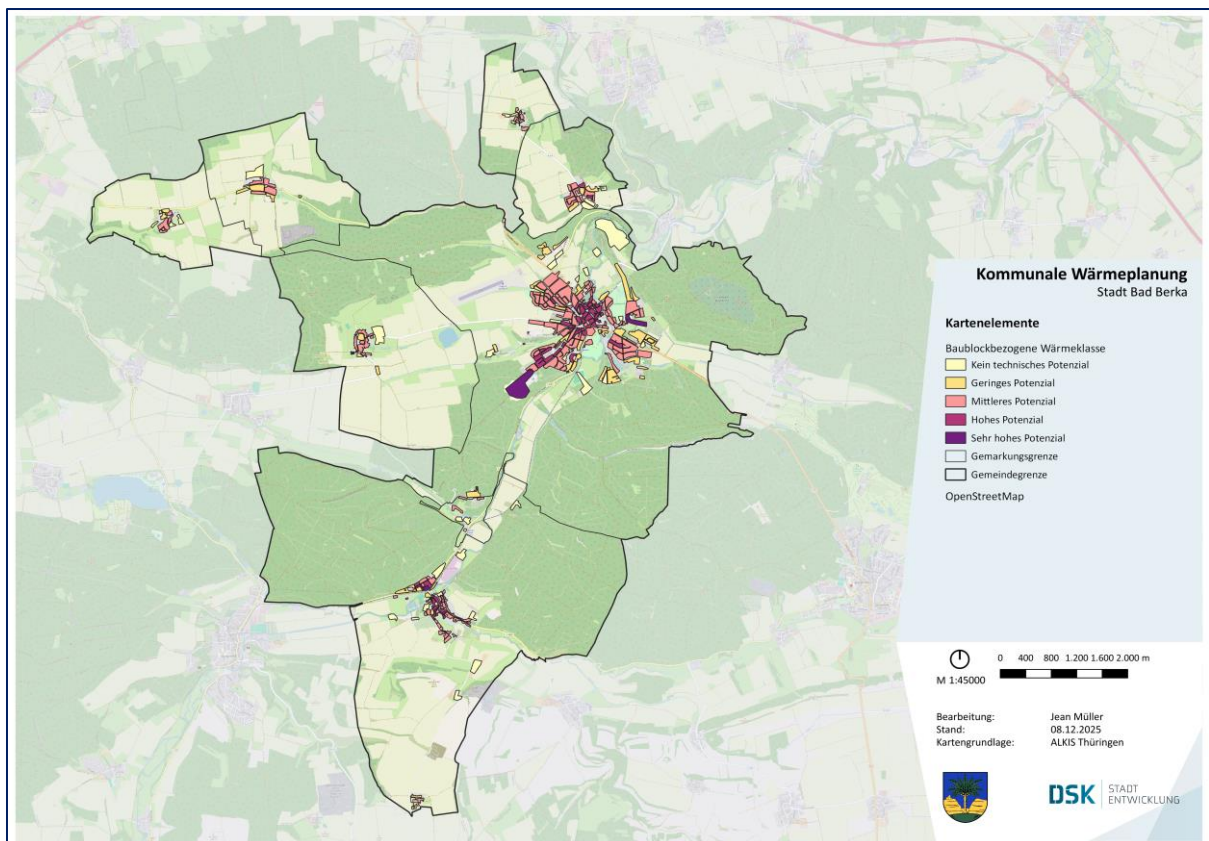


Abbildung 19: Darstellung der Wärmeflächenklassen

1.6.2. Wärmelinienichte

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 2

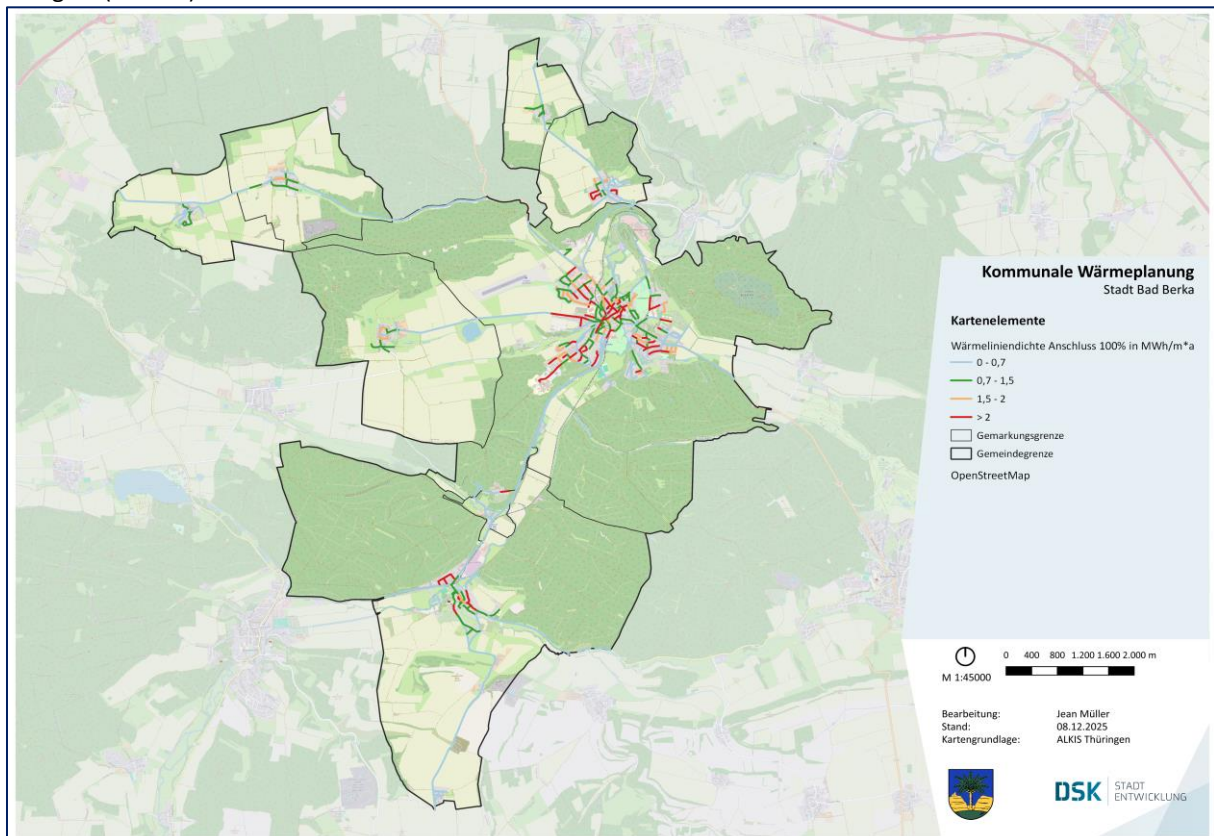


Abbildung 20: Straßenabschnittsbezogene Wärmelinienichte 100% Anschluss

In Abbildung 20 ist die Wärmelinien-dichte für eine 100% Anschlussquote zu erkennen. Die Dichte wird bestimmt durch die Gebäude an einem Straßenabschnitt. Somit erfolgt nach der Wärme-flächendichte eine lineare Eig-nungsprüfung. Bei einer Anschlussquote von 100% handelt es sich meist um einen theoretischen Wert, da dieser Wert in der Realität durch das individuelle Verhalten der Endabnehmer nicht erreichbar ist.

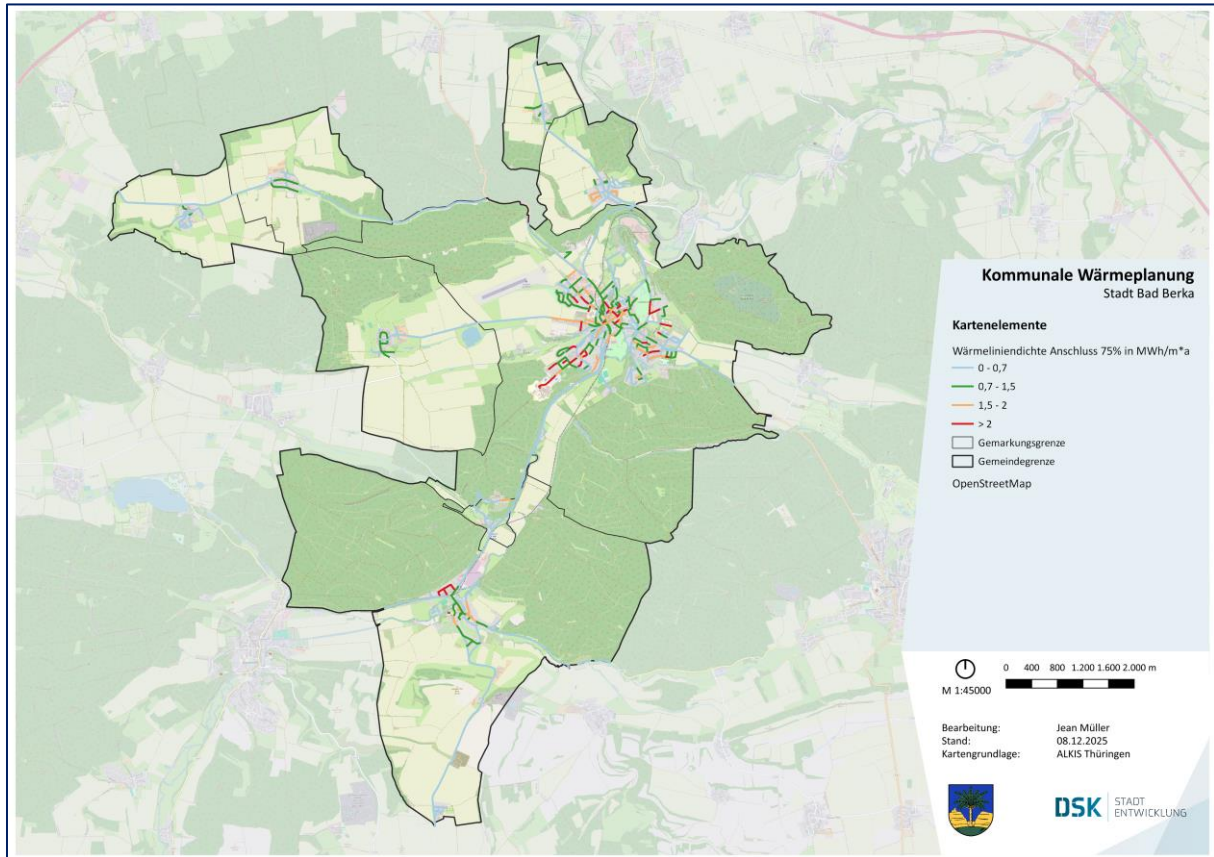


Abbildung 21: Straßenabschnittsbezogene Wärmelinien-dichte 75% Anschluss

Die Abbildung 21 stellt die Wärmelinien-dichte für eine Anschlussquote von 75% dar. Dieser Wertebereich reprä-sentiert die Ausgangslage genauer, da eine Anschlussquote von 100% meist nicht existiert. Angenommen wird hierbei, dass sich ca. 75% der Endabnehmer an ein mögliches Wärmenetz anschließen lassen.

1.6.3. Vorwiegender Energieträger

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 3

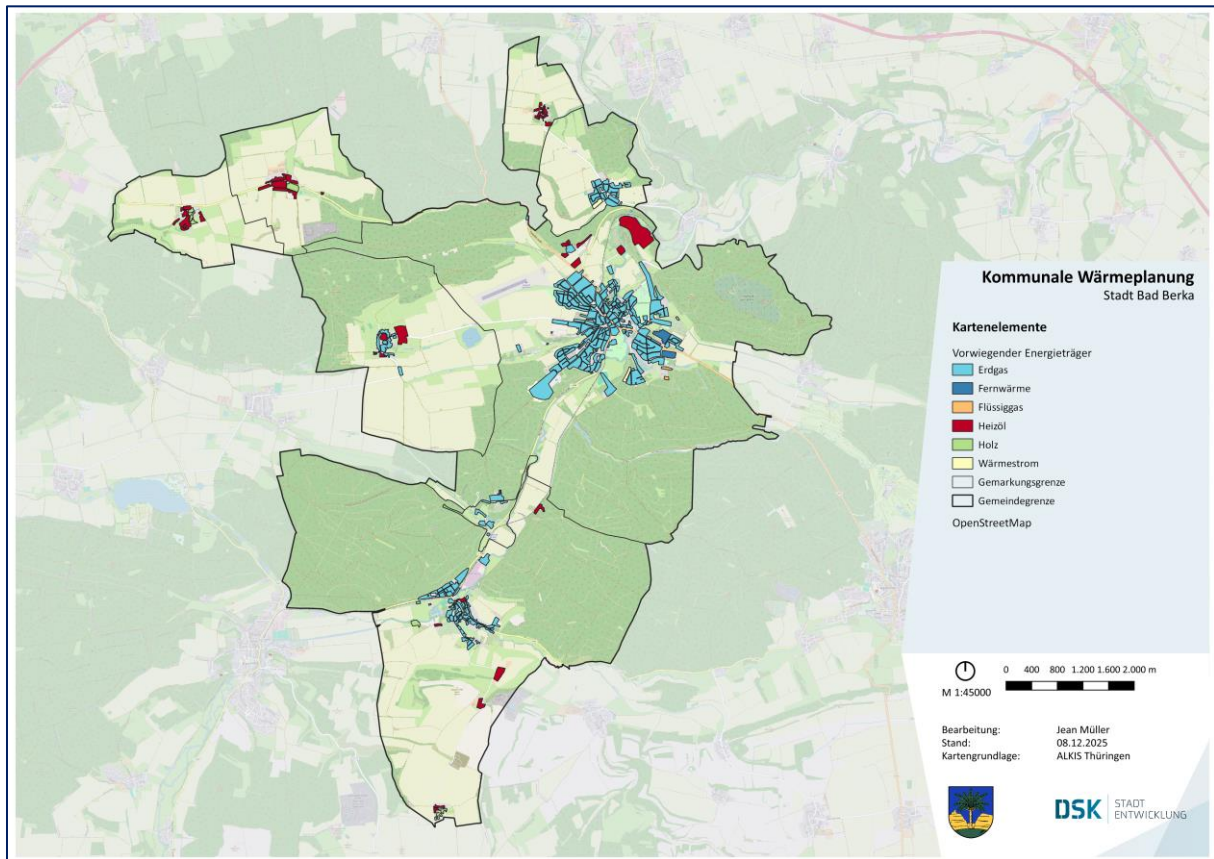


Abbildung 22: Baublockbezogene Darstellung des prägenden Energieträgers

In Abbildung 22 sind die vorwiegenden Energieträger je Baublock zu erkennen. Es wird deutlich, dass in der Kernstadt von Bad Berka der Energieträger Erdgas die Versorgung abdeckt. Diese Situation spiegelt sich in den Ortsteilen Tiefengraben, Tannroda und Bergern wieder. Die anderen Ortsteile weisen weitere Energieträger wie Holzbrennstoffe, Heizöl, u.a. auf.

Tabelle 3: Übersicht Anzahl Baublöcke und Hausanschlüsse je Energieträger

Energieträger	Anzahl Baublöcke	Anzahl Verbrauchsstellen
Erdgas (öffentliche Gasversorgung)	224	1682
Heizöl	38	257
Fernwärme	2	13
Holzbrennstoffe	8	118
Wärmestrom	2	109
Flüssiggas	2	23
Kohle	0	21
Gesamt	276	2223

BAUBLOCKBEZOGENER ENERGIETRÄGER

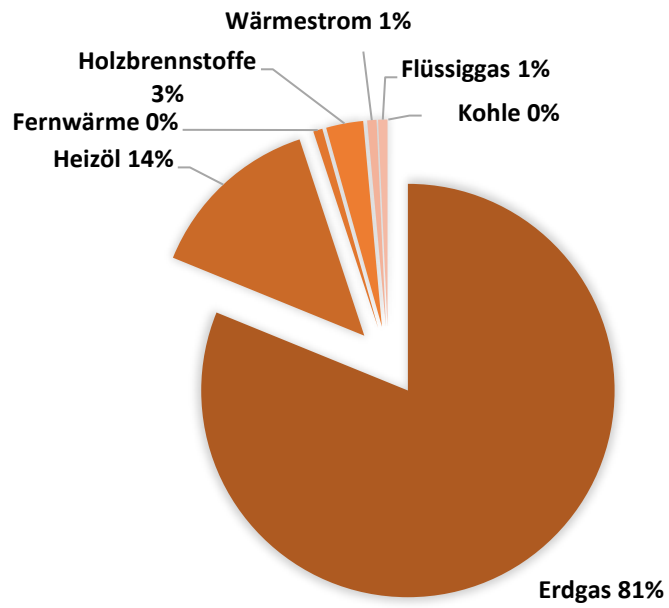


Abbildung 23: Darstellung Baublöcke je Energieträger

ANZAHL HAUSANSCHLÜSSE

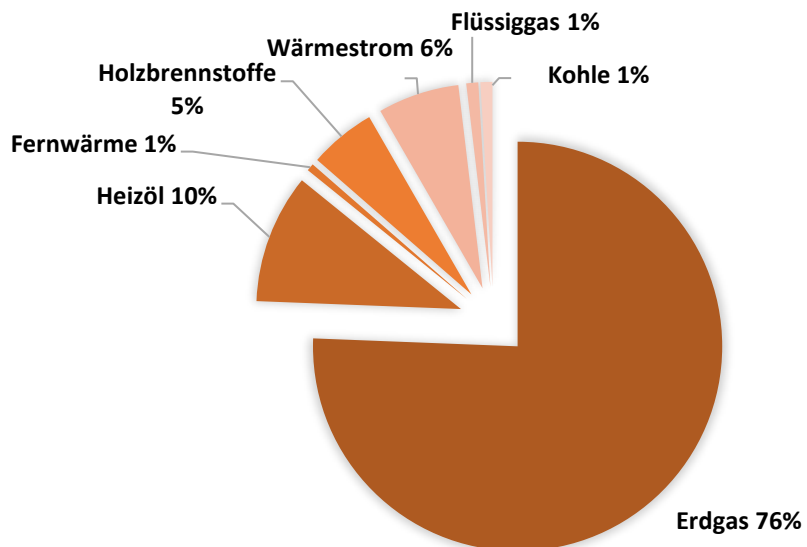


Abbildung 24: Darstellung Hausanschlüsse je Energieträger

1.7. Energie- und Treibhausgasbilanz

Energie wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in den **Wärmebedarf** und **Wärmeverbrauch** unterschieden. Signifikante Merkmale dieser bilden die Herleitung und Aussagekraft.

Der **Wärmebedarf** beschreibt die theoretisch ermittelte Energiemenge, die erforderlich ist, um einen definierten Nutzungszweck – wie z. B. Raumwärme, Warmwasser oder Prozesswärme – unter standardisierten Rahmenbedingungen zu decken. Er wird auf Basis technischer Gebäude- oder Anlageneigenschaften sowie normierter Randbedingungen berechnet. Der Energiebedarf dient somit als Planungsgröße, die aufzeigt, wie viel Energie bei effizientem Betrieb und normgerechter Nutzung erforderlich wäre.

Im Gegensatz dazu steht der **Wärmeverbrauch**, der die tatsächlich gemessene Energiemenge darstellt, die über einen bestimmten Zeitraum genutzt wurde. Er umfasst reale Nutzergewohnheiten, Verluste durch Verteilung oder ineffiziente Anlagentechnik sowie klimatische Einflüsse. Der Verbrauch bildet somit die tatsächliche Energiesituation ab, ist aber durch äußere Faktoren deutlich variabler und nicht direkt mit dem Bedarf vergleichbar. Der Verbrauchswert basiert auf verschiedenen Datensätzen wie bspw. Energieversorger TEN und TWS, sowie Daten Schornsteinfeger zu Wärmeleistung der Anlagen. Insgesamt wurde ein Gesamtaufkommen von 107.687,45 MWh/a ermittelt. Dieser Wert setzt sich zusammen aus Erdgas (90%), Heizöl (4%), Holz (2%), Kohle (0,3%), Fernwärme (2%), Wärmestrom (0,7%) und Flüssiggas (0,2%).

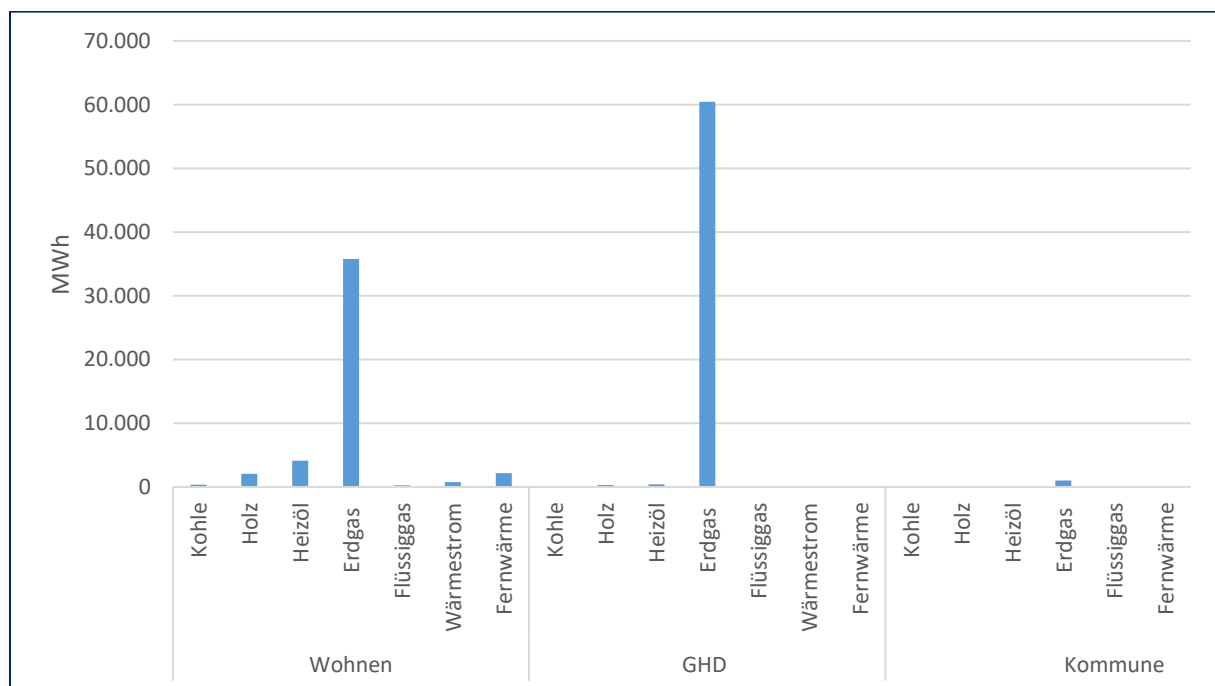


Abbildung 25: Sektorale Darstellung der Energieträger

Abbildung 25 stellt den Energieverbrauch differenziert nach verschiedenen Energieträgern und Nutzungssektoren dar. Aus der Darstellung geht klar hervor, dass insbesondere der Wohnsektor sowie der Bereich „Gewerbe, Handel und Dienstleistung, sowie Industrie“ einen erheblichen Anteil an der Nutzung von Wärme aufweisen. Dies unterstreicht die zentrale Rolle dieser beiden Sektoren im Hinblick auf den Gesamtenergieverbrauch und legt nahe, dass Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und Dekarbonisierung in diesen Bereichen ein besonders hohes

Potenzial zur Reduzierung der Emissionen bieten. Die genauen Zahlen sind in Tabelle 4: Sektorale Aufteilung der Endenergie zusammengefasst.

Tabelle 4: Sektorale Aufteilung der Endenergie

Sektor	Energieträger	Endenergieverbrauch [kWh]
Wohnen	Kohle	361.814,43
	Holz	2.084.879,60
	Heizöl	4.124.848,31
	Erdgas	35.782.408,17
	Flüssiggas	237.458,54
	Nachhaltig	741.752,72
	Fernwärme	2.174.679,95
GHD	Holz	321.175,08
	Heizöl	414.470,55
	Erdgas	60.446.175,39
	Wärmestrom	3.801,86
Kommune	Erdgas	993.989,16
Gesamt		107.687.453,76

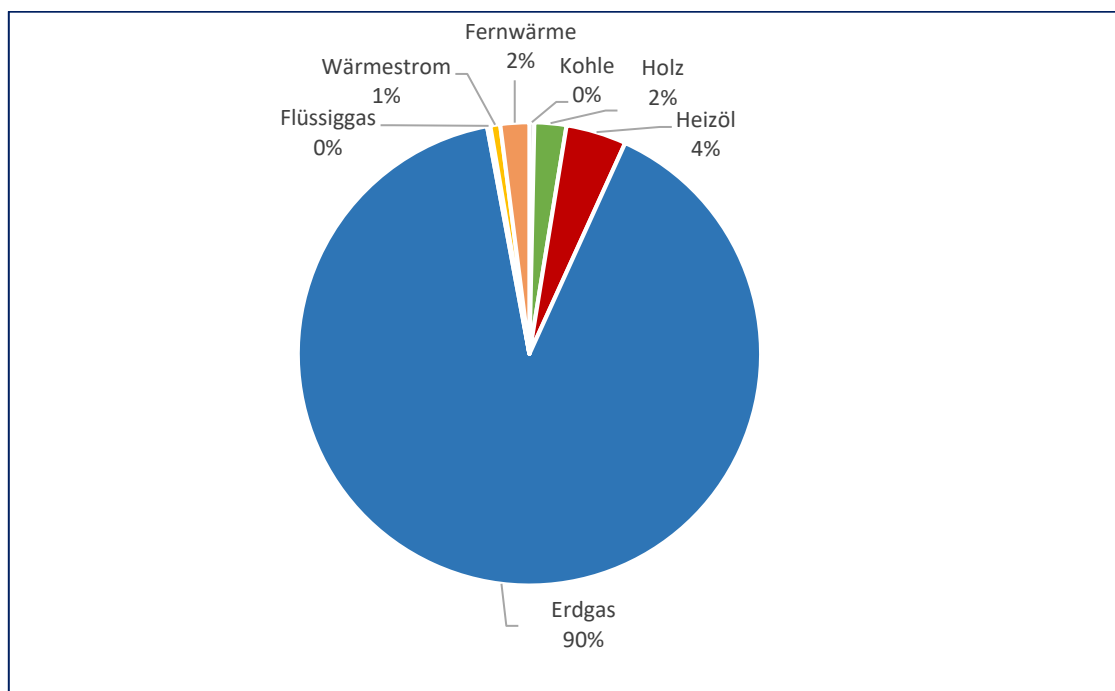


Abbildung 26: Energieträgeranteil am Endenergieverbrauch

In der darauffolgenden Abbildung 26 wird die Verteilung der eingesetzten Energieträger innerhalb des Stadtgebiets dargestellt. Hierbei ist ersichtlich, dass der Energieträger Erdgas einen erheblichen Anteil des Energieverbrauches deckt. Diese deutliche Dominanz von Erdgas als primärer Energieträger verdeutlicht die derzeitige strukturelle Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen, insbesondere im Bereich der Wärmeerzeugung.

Daraus ergibt sich ein Handlungsbedarf zur Diversifizierung des Energiemixes, damit nachhaltige Energieträger stärker in die Versorgung eingebunden werden, um langfristig die Versorgungssicherheit und Einhaltung der Klimaziele zu gewährleisten.

Die CO₂-Emissionsbilanz ist kein direkt messbarer Wert, sondern wird anhand modellbasierter Berechnungen unter Berücksichtigung definierter Systemgrenzen und standardisierter Emissionsfaktoren ermittelt. Grundlage hierfür ist die energieverbrauchsspezifische Umrechnung in Treibhausgasemissionen gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG), Anlage 9 zu § 85 Absatz 6 (Tabelle 5). Über die Berechnung ergeben sich 25.894,51 tCO_{2äq} für die Treibhausgasemissionen im Bereich der Wärmeversorgung.

Tabelle 5: Emissionsfaktoren Anlage 9 (zu § 85 Absatz 6 WPG)

Kategorie	Energieträger	Emissionsfaktor [gCO _{2äq} /kWh]
Fossile Brennstoffe	Heizöl	310
	Erdgas	240
	Flüssiggas	270
	Steinkohle	400
	Braunkohle	430
Biogene Brennstoffe	Biogas	140
	Holz	20
Strom	Strom (netzbezogen)	328
	Erneuerbarer Strom	0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	Gasförmige und flüssige Brennstoffe	300

Davon fallen 43% auf der Wohnnutzung, 56% Gewerbe, Handel, Dienstleistung und 1% des Wärmeaufkommens auf die kommunalen Liegenschaften. Nachstehend werden die Treibhausgasemissionen nach den Energieträgern dargestellt.

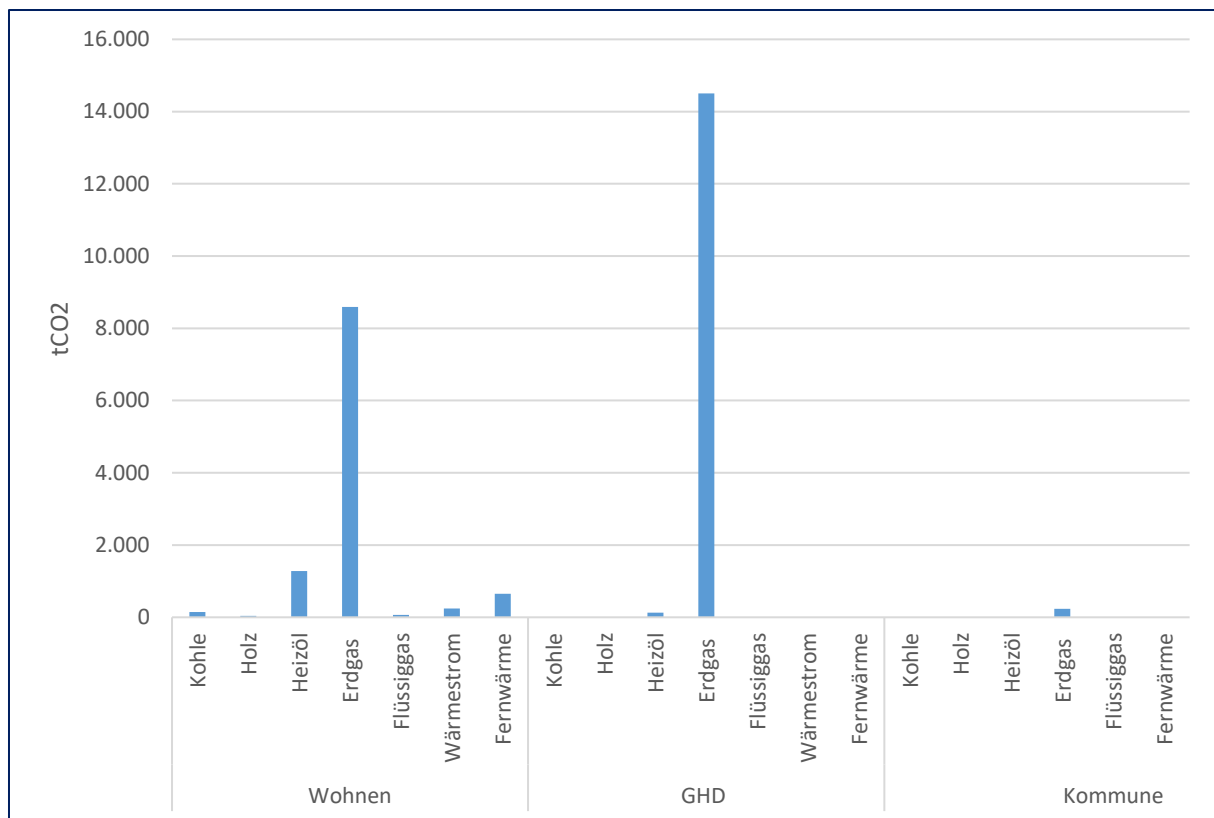


Abbildung 27: Energieträgeranteil an den CO2-Emissionen

Tabelle 6: Sektorale Aufteilung der THG-Emissionen

Sektor	Energieträger	CO2-Emissionen [tCO ₂ äq /a]
Wohnen	Kohle	144,73
	Holz	41,70
	Heizöl	1.278,70
	Erdgas	8.587,78
	Flüssiggas	64,11
	Wärmestrom	243,29
	Fernwärme	652,40
GHD	Holz	6,42
	Heizöl	128,49
	Erdgas	14.507,08
	Wärmestrom	1,25
Kommune	Erdgas	238,56
Gesamt		25.894,51

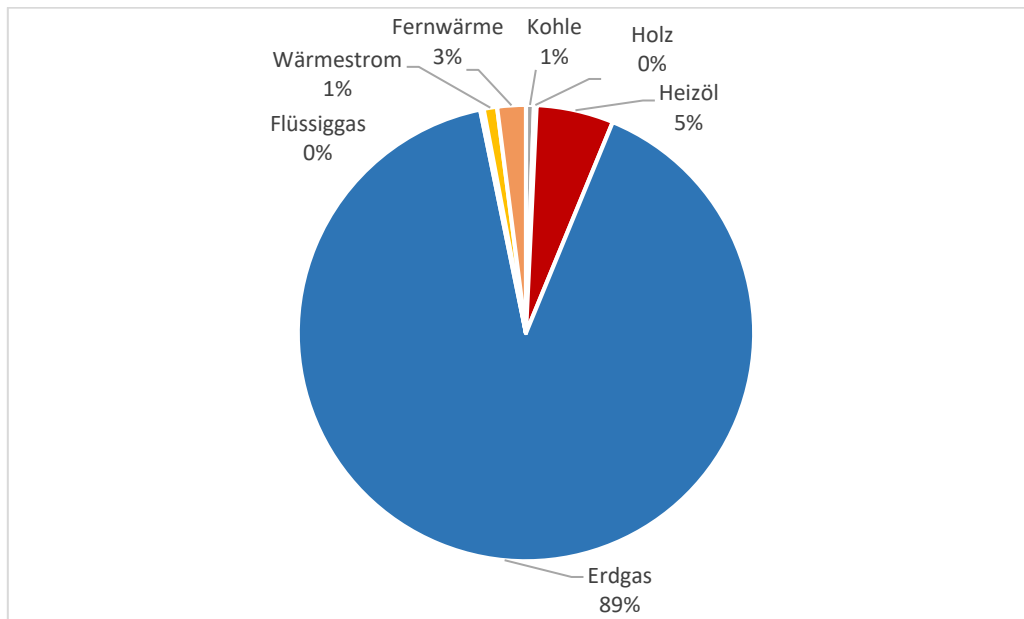


Abbildung 28: Verteilung CO₂-Emissionen

Nachfolgend wird das Aufkommen des Endenergieverbrauches nach den Anteilen Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in Tabelle 7 bzw. Abbildung 29 wiedergegeben. Die Einteilung erfolgte nach der Vorgabe des Technikkatalogs Wärmeplanung³.

Tabelle 7: Aufkommen des Endenergieverbrauches

Energieaufkommen	Endenergieverbrauch [kWh]	Relativ [%]
Raumwärme	75.306.176,41	70
Warmwasser	20.993.310,29	19
Prozesswärme	11.387.967,07	11
Gesamt	107.687.453,76	100

³ Prognos AG, ifeu, Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER); 2024 / KWW-Technikkatalog Wärmeplanung, 2025

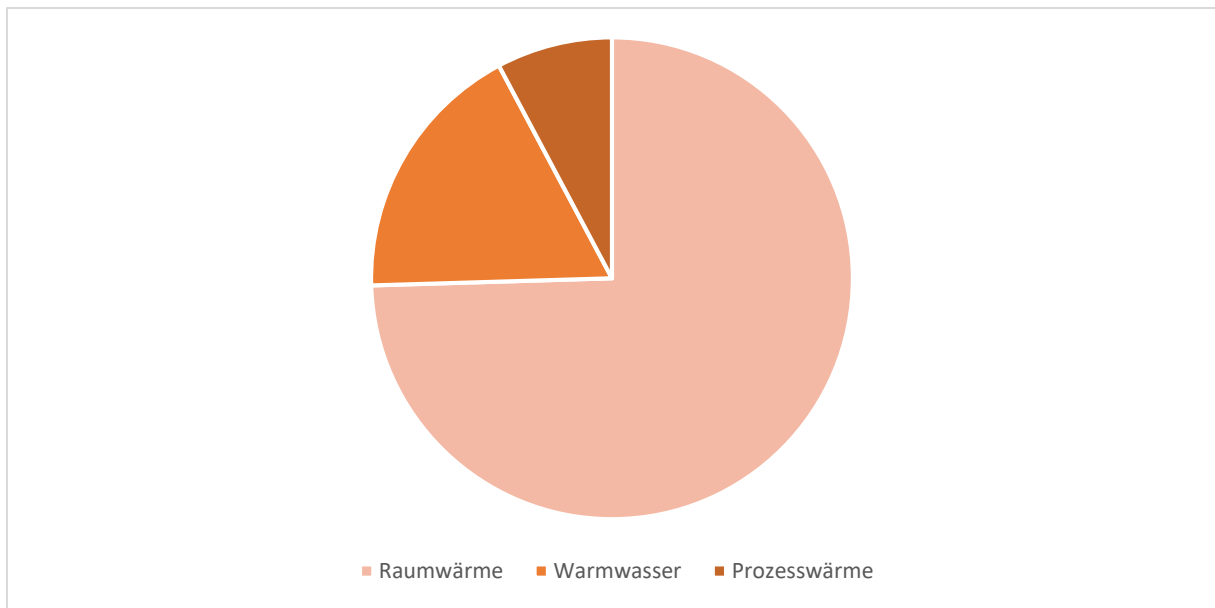


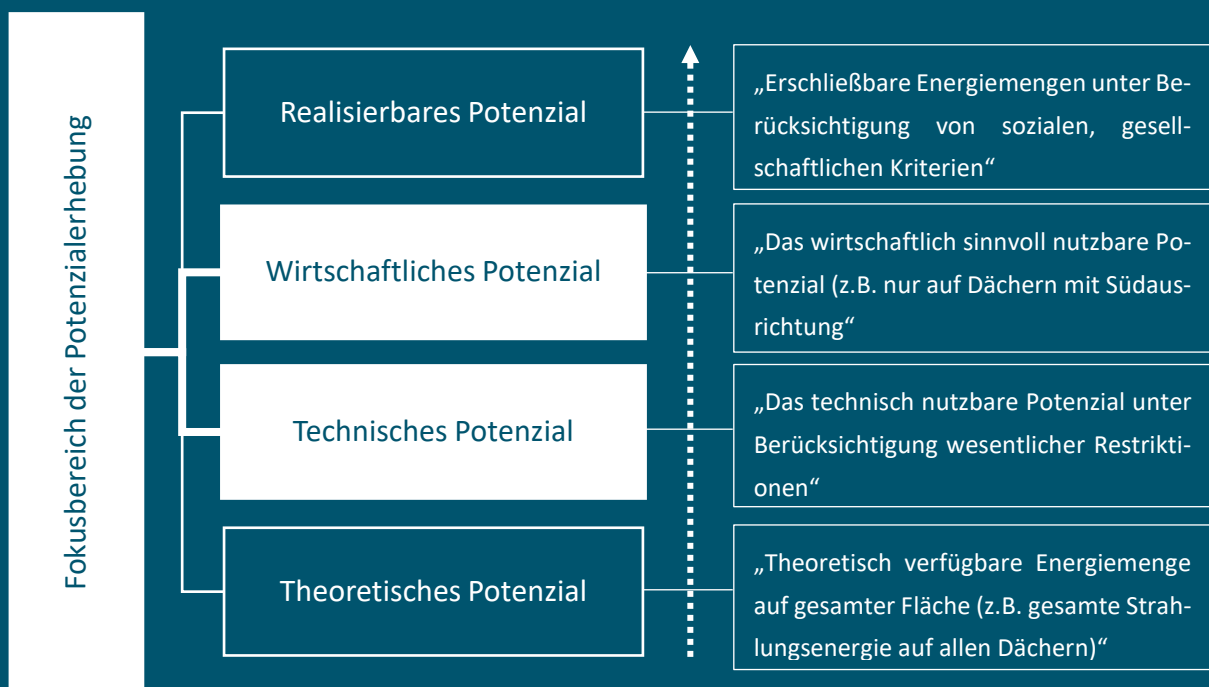
Abbildung 29: Anteile Endenergieverbrauch nach Aufkommen

2. Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse stellt einen entscheidenden Schritt in der kommunalen Wärmeplanung dar und identifiziert die Handlungsmöglichkeiten, die es ermöglichen, zukünftige Versorgungsoptionen in Bad Berka zu entwickeln.

Im Rahmen dieser Analyse werden potenzielle Quellen für die Erzeugung erneuerbarer Wärme und Strom im städtischen Raum untersucht, wobei der Schwerpunkt auf den verfügbaren Potenzialen für die Bereitstellung von nachhaltiger Wärme gelegt wird. Zusätzlich wird das Einsparpotenzial als ein weiterer relevanter Aspekt beleuchtet. Dieses Potenzial ergibt sich aus der energetischen Sanierung des bestehenden Gebäudebestands, was direkte Implikationen für die in der Zukunft mit erneuerbaren Energien gedeckte Wärmebereitstellung im Zieljahr hat.

Die Potenziale werden hierarchisiert in folgendem Maß dargestellt:



2.1. Energieeinsparung durch Bedarfsreduktion

2.1.1. Energetische Sanierung der Bestandsgebäude

Eines der größten Potenziale liegt in der Sanierung der Gebäude. Berechnet wird das Potenzial durch die Vorgaben des Technikcatalogs Wärmeplanung. Hierfür gibt es drei Berechnungsgrundlagen: O45-Szenario, UBA-Projektion und Fortschreibung der jährlichen Reduktion seit 2016. Anschließend erfolgt die Berechnung des Kennwertes nur mit dem Anteil der Raumwärme, da die Anteile für Warmwasser und Prozesswärme unverändert bleiben. Im Ergebnis lässt sich eine Senkung für das O45-Szenario von 107.687,45 MWh auf 86.388,51 MWh (Abbildung 30) feststellen. Die UBA-Projektion gibt einen Reduktionspfad von 107.687,45 MWh auf 84.749,00 MWh (Abbildung 31) wieder, sowie das Szenario für Fortschreibung der jährlichen Reduktion seit 2016 eine Reduktion von 107.687,45 MWh auf 94.737,45 MWh (Abbildung 32)⁴.

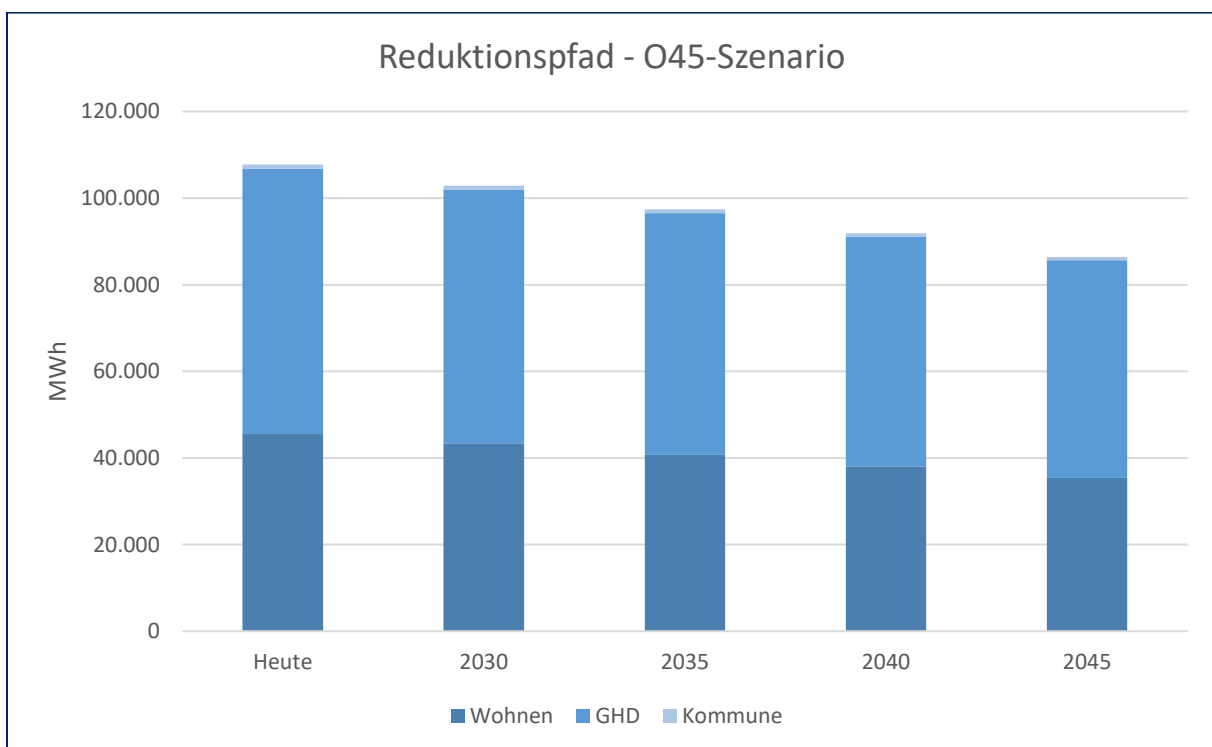


Abbildung 30: Darstellung Reduktionspfad nach O45-Szenario

⁴ Prognos AG, ifeu, Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER); 2024 / KWW-Technikkatalog Wärmeplanung, 2025

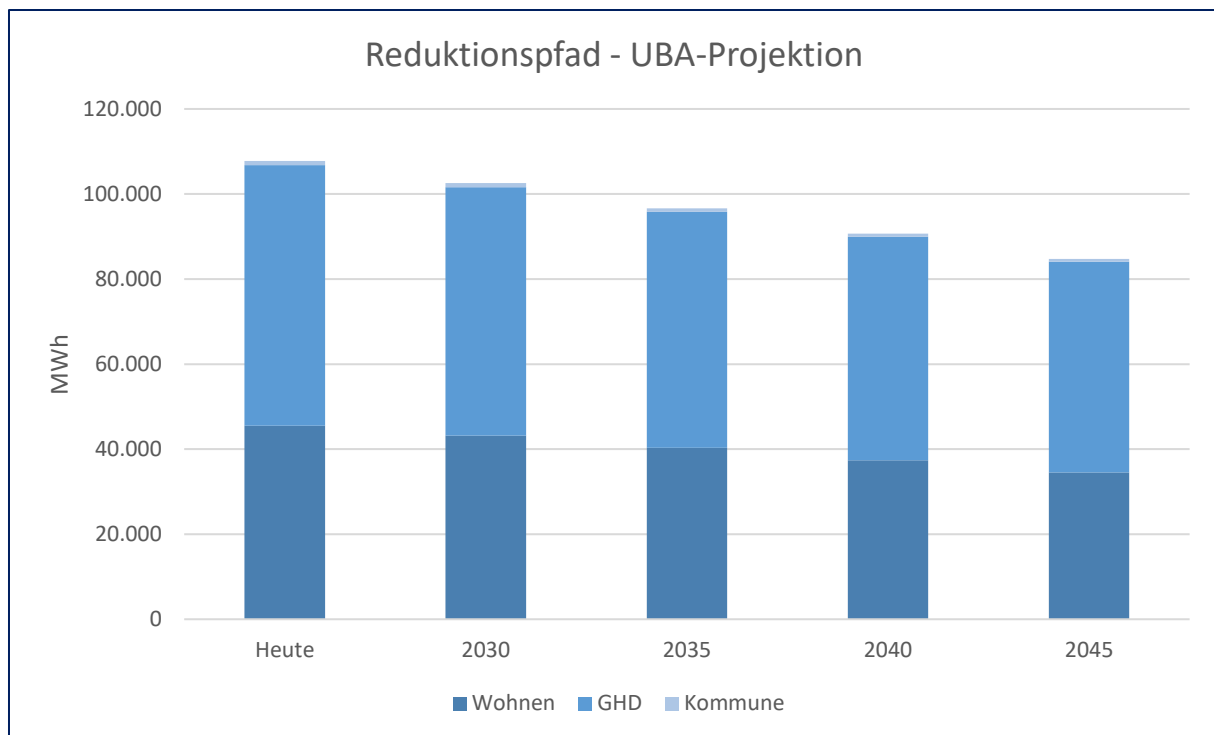


Abbildung 31: Darstellung Reduktionspfad nach UBA-Projektion

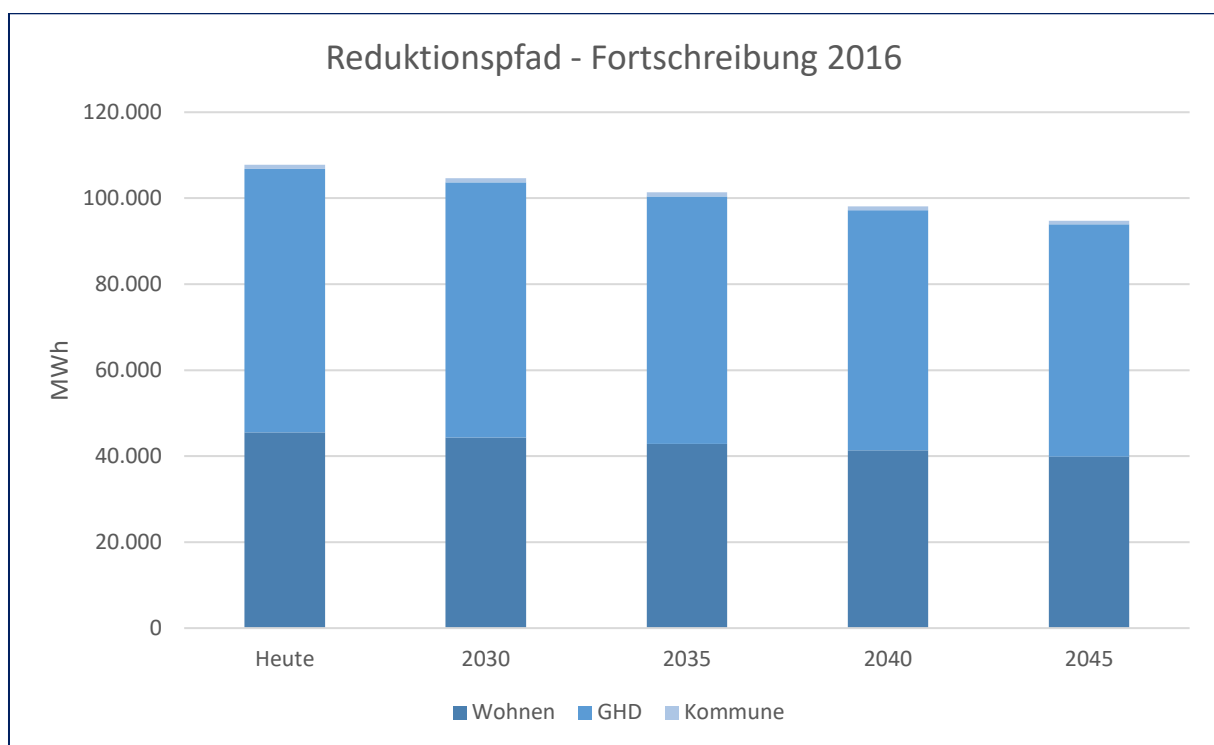


Abbildung 32: Darstellung Reduktionspfad nach Fortschreibung der jährlichen Reduktion seit 2016

2.1.2. Information zum Verbrauchsverhalten

Neben baulichen und technischen Energieeinsparpotenzialen können die Bürgerinnen und Bürger durch ein verändertes Verbrauchsverhalten zur Steigerung der Energieeffizienz im Stadtgebiet beitragen. Laut der Publikation „Sozialverträglicher Klimaschutz“ vom Umweltbundesamt aus dem Jahr 2020 wird das technische Einsparpotenzial im Bereich Heiz- und Haushaltsstrom auf ca. 60 % geschätzt. Ein verändertes Verbrauchsverhalten hat nicht

nur positive Effekte auf den Treibhausgasausstoß, sondern auch Auswirkungen auf die von einem Haushalt aufzubringenden Energiekosten. Auswertungen im Rahmen des Stromspiegels für Deutschland zeigen, dass ein durchschnittlicher 2-Personen-Haushalt in einem Einfamilienhaus ohne elektrische Warmwasserbereitung pro Jahr durchschnittlich 700 kWh (ca. 22 %) seines Stromverbrauches einsparen kann. Dies entspricht bei einem Arbeitspreis von 40 ct/kWh etwa 280 € pro Jahr. Folgende Abbildung zeigt die Aufteilung des Stromverbrauchs nach einzelnen Nutzungskategorien für einen Haushalt mit und ohne elektrische Warmwassererzeugung. Es lässt sich annehmen, dass der Verbrauch in den einzelnen Kategorien im unterschiedlichen Ausmaß von der energetischen Qualität der Geräte und dem Nutzungsverhalten bzw. den nutzerbedingten Einstellungen abhängt.

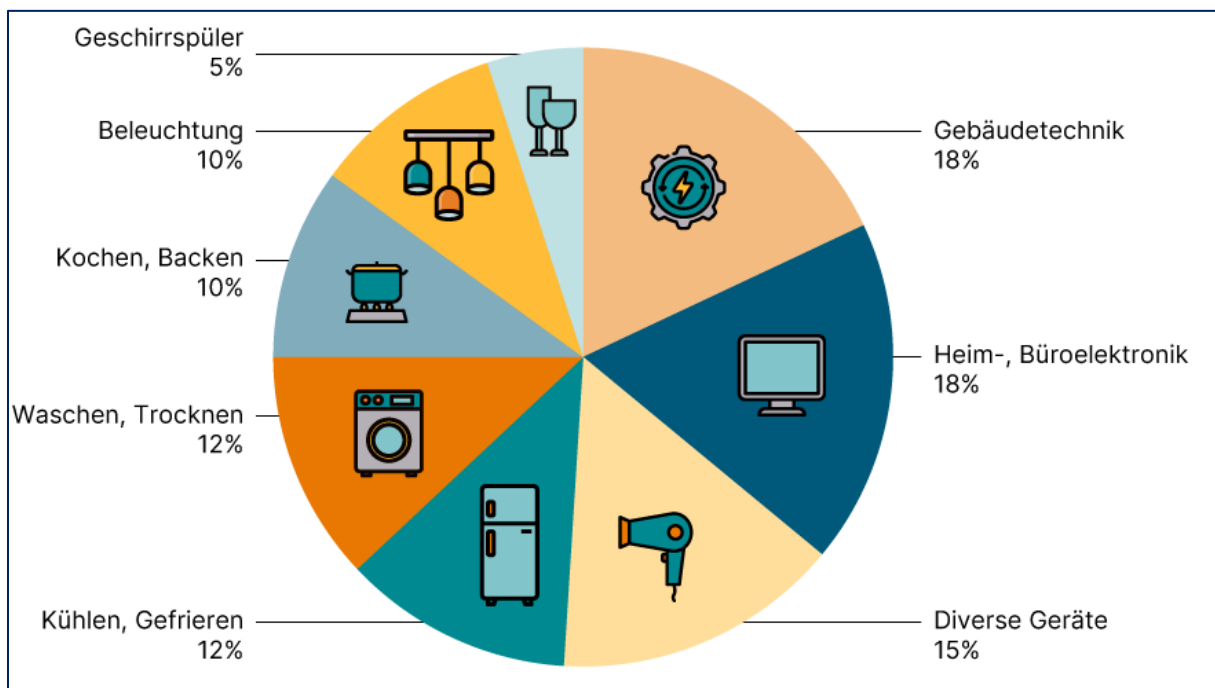


Abbildung 33: Energieverbrauch im Haushalt nach Kategorien (EKZ-Ratgeber, 2024)

Das Einsparpotenzial im Haushalt ist durch verschiedene Maßnahmen realisierbar, die sowohl die Effizienz der genutzten Geräte als auch das alltägliche Verhalten betreffen. Eine wirksame Strategie besteht darin, ältere und ineffiziente Stromverbraucher durch moderne, energieeffiziente Modelle zu ersetzen. Diese Investition kann langfristig zu erheblichen Einsparungen führen. Des Weiteren lässt sich der Energieverbrauch durch den Austausch von Leuchtmitteln senken. LED-Lampen beispielsweise verbrauchen deutlich weniger Strom als herkömmliche Glühlampen oder Halogenlampen und bieten dabei dieselbe Helligkeit. Ebenso kann die Anpassung von Werkseinstellungen bei elektronischen Geräten einen Unterschied machen. Das Verringern der Helligkeitseinstellung bei Fernsehern oder das Einstellen einer moderateren Kältestufe bei Kühlschränken und Gefriertruhen hilft, Energie zu sparen. Ein weiterer Ansatzpunkt zur Reduktion des Stromverbrauchs ist die Minimierung von Stand-by-Zeiten. Dies lässt sich effektiv durch den Einsatz von schaltbaren Steckerleisten erreichen, mit denen Geräte komplett vom Netz genommen werden können, wenn sie nicht in Gebrauch sind. Auch im Bereich des alltäglichen Verhaltens existieren zahlreiche Möglichkeiten zur Energieeinsparung. Beim Kochen, Waschen und anderen Haushaltstätigkeiten kann durch das Befolgen einfacher Verhaltensregeln Strom gespart werden. Dazu gehört beispielsweise die Verwendung von optimierten Waschprogrammen und das Waschen bei niedrigeren Temperaturen, was den Energiebedarf erheblich reduziert. Erhebliches Einsparpotenzial lässt sich durch das Vorziehen von Kaufentscheidungen bei noch funktionierenden älteren ineffizienten Haushaltsgeräten ausschöpfen.

Hierzu zählen neben Kühl- und Gefrierschränken, Waschmaschinen und Trocknern insbesondere auch ineffiziente Umwälzpumpen. Auswertungen für mittlere Verbrauchswerte von Kühl- und Gefrierkombinationen zeigen, dass der durchschnittliche Verbrauch der Neugeräte im Jahr 2001 bei 373 kWh/a lag, bei Geräten im Jahr 2012 auf 216 kWh/a und bei Geräten im Jahr 2016 auf 192 kWh/a sank. Ein durchschnittliches Gerät aus dem Jahr 2016 verbrauchte somit 49 % weniger Energie als ein 15 Jahre alter Kühlschrank. Dies entspricht einer Kosteneinsparung von ca. 53 € pro Jahr (vgl. co2online.de). Noch größer ist laut Daten der Stiftung Warentest das Einsparpotenzial bei Umwälzpumpen. Wobei das Umweltbundesamt bei alten ungeregelten Pumpen von einem noch weitaushöherem Einsparpotenzial ausgeht (Verbrauch der Altanlagen wird hier mit 400-600 kWh/a angegeben). Präzise Aussagen über das Einsparpotenzial im Bereich des Stromverbrauchs privater Haushalte können für das Quartier nicht gemacht werden. Einsparpotenziale in den Haushalten sind sehr stark von individuellen Faktoren abhängig. Zu den Faktoren gehören unter anderem das Alter, die Berufstätigkeit, das Einkommen, die Ausstattung mit elektrischen Geräten usw. Darüber hinaus müssen Mehrverbräuche berücksichtigt werden die durch die zunehmende Ausstattung von Haushalten mit Elektro- und insbesondere Multimediageräten, Informationstechnologien und deren parallele Nutzung verursacht wird (z. B. statt ausschließlich Fernsehnutzung werden gleichzeitig weitere Geräte wie Tablet und Handy genutzt). Unter Annahme statistischer Durchschnittswerte kann für die Haushalte im Quartier dennoch von einem realistischen Einsparpotenzial in einer Größenordnung von 10 bis 15 % ausgegangen werden. Im Wärmebereich können Einsparpotenziale neben der Sanierung der Gebäudehülle auch durch das Verändern oder Anpassen des Verbrauchsverhaltens realisiert werden. So steigen die Heizkosten bei einer Erhöhung der Temperatur in beheizten Räumen um 1 °C um durchschnittlich etwa 6 %.

Einsparungen müssen dabei nicht unbedingt durch das generelle Verringern der Wohnungstemperatur erreicht werden. Vielmehr geht es darum sich mit dem individuellen Heizverhalten auseinanderzusetzen und mögliche Ineffizienzen zu erkennen. So eignen sich beispielsweise für unterschiedliche Räume unterschiedliche Temperaturen. Durch den Einbau von Heizungsreglern/ Thermostaten mit Zeitschaltfunktion kann eine bedarfsgenaue Steuerung der Wärmezufuhr erreicht werden, was insbesondere bei Haushalten, in denen die Bewohnende tagsüber abwesend sind, vorteilhaft ist.

Erfahrungen der Münchner Gewofag zeigen, dass Einsparungen insbesondere durch einfache technische Maßnahmen zu erreichen sind, die den Verbrauchern bei der Optimierung seines Nutzungsverhaltens unterstützen (intelligente Thermostatventile mit Fensterkontakt). So können durch das Befolgen von einfachen Regeln beim Lüften (kurzes Stoßlüften ist besser als langfristig an gekippte Fenster) relevante Effizienzgewinne erzielt werden. Ebenso empfiehlt es sich, die Heizung regelmäßig zu entlüften, die Heizkörper möglichst unverdeckt zu halten (vermeiden von Wärmestaus am Heizkörper) oder wo dies relevant ist, Heizkörpernischen zu dämmen. Erhebliche Einsparpotenziale lassen sich auch durch die regelmäßige Durchführung eines hydraulischen Abgleichs erzielen⁵.

2.2. Flächenscreening

Zur Bestimmung von Potenzialflächen für die Wärmeversorgung wird ein Flächenscreening durchgeführt. Dieses Screening dient dazu, potenziell geeignete Flächen für die Nutzung von Wärmeversorgungssystemen zu identifizieren. Die Ergebnisse dieses Verfahrens fließen in die Potenzialflächenanalyse ein, die gemäß den Vorgaben des Leitfadens zur Wärmeplanung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) durchgeführt

⁵ co2online, 2024

wird. Hierbei werden sowohl die bestehende Infrastruktur als auch die energetischen Bedürfnisse der verschiedenen Gebiete berücksichtigt.

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

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

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

In Abbildung 34 sind die Ausschlussflächen in Bad Berka dargestellt. Tabelle 8 gibt eine Übersicht über die Einschränkungen für die Installation von Wärmetechnologien auf den entsprechenden Flächen.

Flächen, die durch ihre Beschaffenheit potenziell für die Installation von bestimmten Wärmeversorgungsanlagen in Frage kommen sind zum Beispiel Parkplätze oder Tunnel die mit Freiflächen-Solarthermie überbaut werden könnten, Sportplätze und andere Flächen der Freizeitgestaltung oder Erholung auf z.B. im Zuge von Sanierungen Erdwärmekollektoren eingebracht werden können oder Flächen auf denen Großwärmespeicher errichtet werden können. Auch Anlagen zur Erschließung von Wärme aus Oberflächengewässern, Abwasser und Grundwasser sowie Standorte für Heizzentralen und zentrale Luft-Wärmepumpen sollten analysiert werden. Dies ist jedoch mit den verfügbaren Geodaten nicht im Detail möglich.

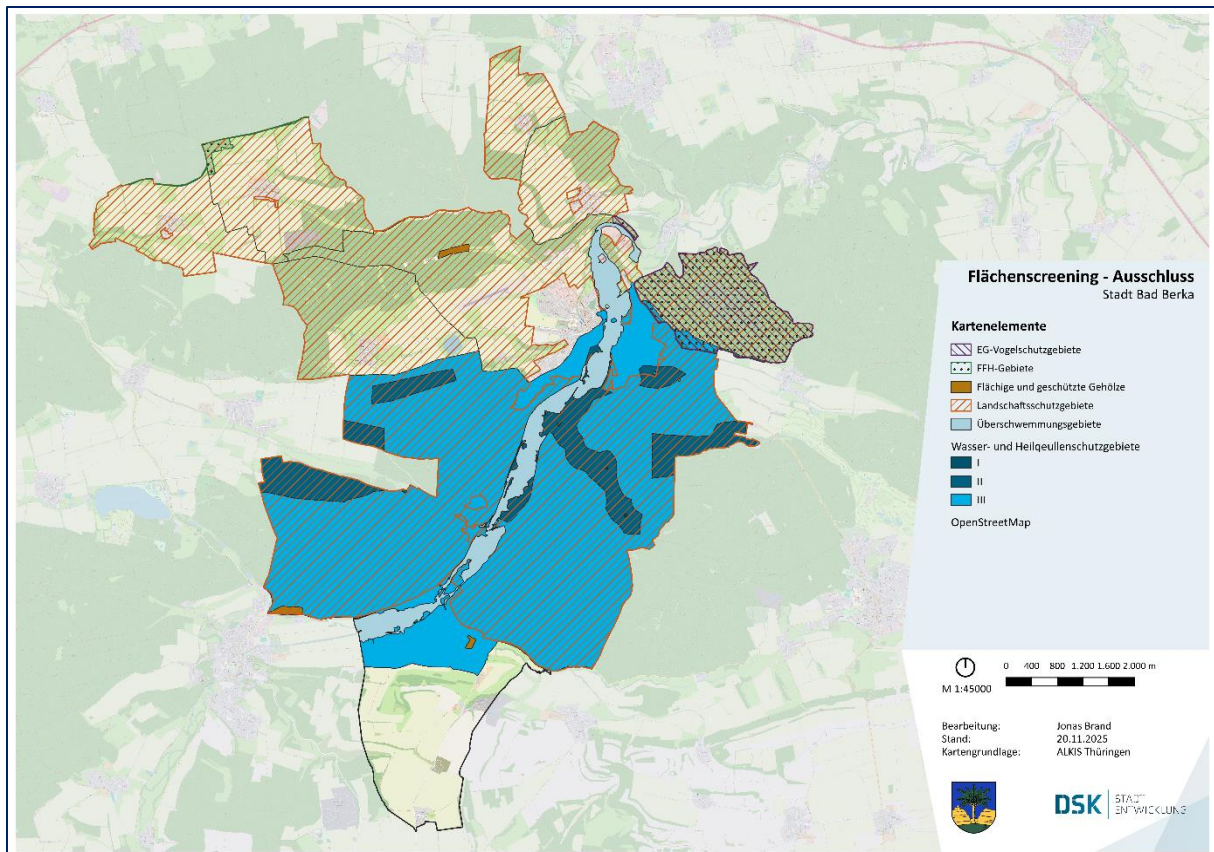


Abbildung 34: Ausschlussflächen Bad Berka

In Abbildung 35 sind die Potenzialflächen in Bad Berka abgebildet, die mittels Einzelfall-Untersuchung auf ihre Eignung hin geprüft werden könnten.

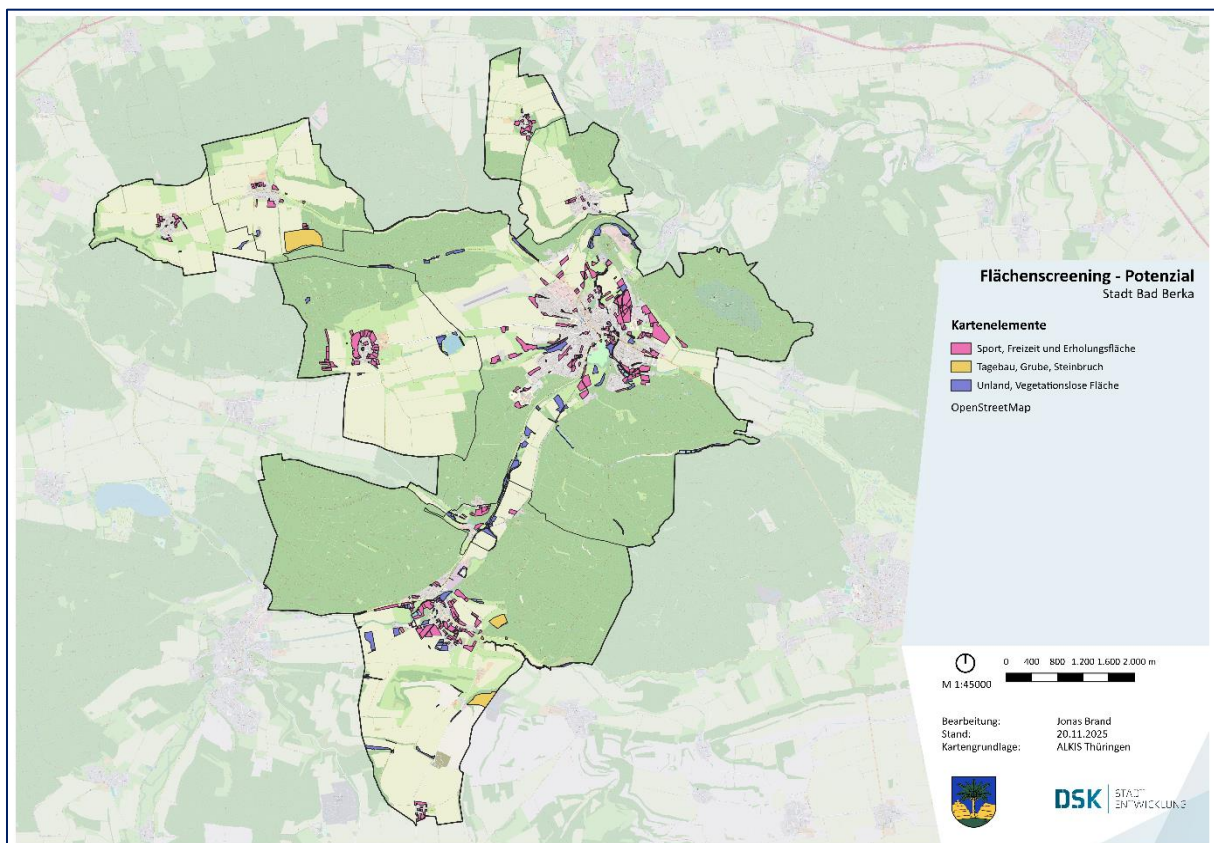


Abbildung 35: Potenzialflächen Bad Berka

Tabelle 8: Einschränkungen für Wärmeversorgungstechnologien

Gebietstyp	Relevanz / Einschränkung für Wärmeversorgungstechnologien
Wasserschutzgebiete & Heilquellenschutzzonen	Nutzung oberflächennaher oder tiefer Geothermie meist verboten; Freiflächen-Solarthermie und Wärmespeicher nur in Zone III B oder außerhalb zulässig.
Naturschutzgebiete & rechtlich geschützte Biotope	Keine Eingriffe erlaubt → Ausschlussflächen für alle baulichen Anlagen (Solarthermie, Geothermie, Speicher, Heizzentralen).
Natura 2000-Gebiete (FFH- & Vogelschutzgebiete)	Nutzung nur bei nachgewiesener Unbedenklichkeit; FFH-Verträglichkeitsprüfung erforderlich → meist Ausschlussflächen für großflächige Technologien.
Grünzüge & Grünzäsuren	Raumordnerische Einschränkungen gegen Bebauung → keine Heizzentralen oder Freiflächenanlagen, aber ggf. Leitungsführung möglich.
Naturdenkmale	Schutz im direkten Umfeld → keine technischen Anlagen in unmittelbarer Nähe.
Bekannte Überschwemmungsgebiete	Bauliche Nutzung eingeschränkt; Freiflächen-Solarthermie ggf. möglich, keine Wärmespeicher oder Heizzentralen.
Biodiversitätspläne*	Flächen mit ökologischem Vorrang → eingeschränkte Nutzung, nur bei Vereinbarkeit mit Biodiversitätszielen.
Oberflächengewässer	Relevante Wärmequelle für Flusswärmepumpen, gleichzeitig Ausschlussbereich für bauliche Eingriffe am Ufer.
Relevante Areale für Grundwassernutzung	Nutzung tiefer Geothermie und Wärmepumpen mit Grundwasserquelle nur nach Genehmigung; meist Ausschlussflächen für Bohrungen.

2.3. Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie bezieht sich auf die Nutzung von Erdwärme in Tiefen von bis zu 400 m. Hierbei wird thermische Energie für Heiz- oder Kühlanwendungen aus den oberen Erd- und Gesteinsschichten oder dem Grundwasser gewonnen. Die Temperatur in diesen Tiefen liegt typischerweise zwischen 8 und 15 °C und erhöht sich um etwa 1 C pro 30 m Tiefe. Die Nutzung dieser Erdwärme erfolgt hauptsächlich mittels Erdwärmesonden oder Erdwärmekollektoren, die in Verbindung mit einer Wärmepumpe eingesetzt werden. Die Wärmepumpe dient dazu, die Temperatur der gewonnenen Erdwärme auf ein nutzbares Niveau von 30 bis 60 °C anzuheben. Die verschiedenen Methoden werden in der nachfolgenden Abbildung 36 dargelegt.

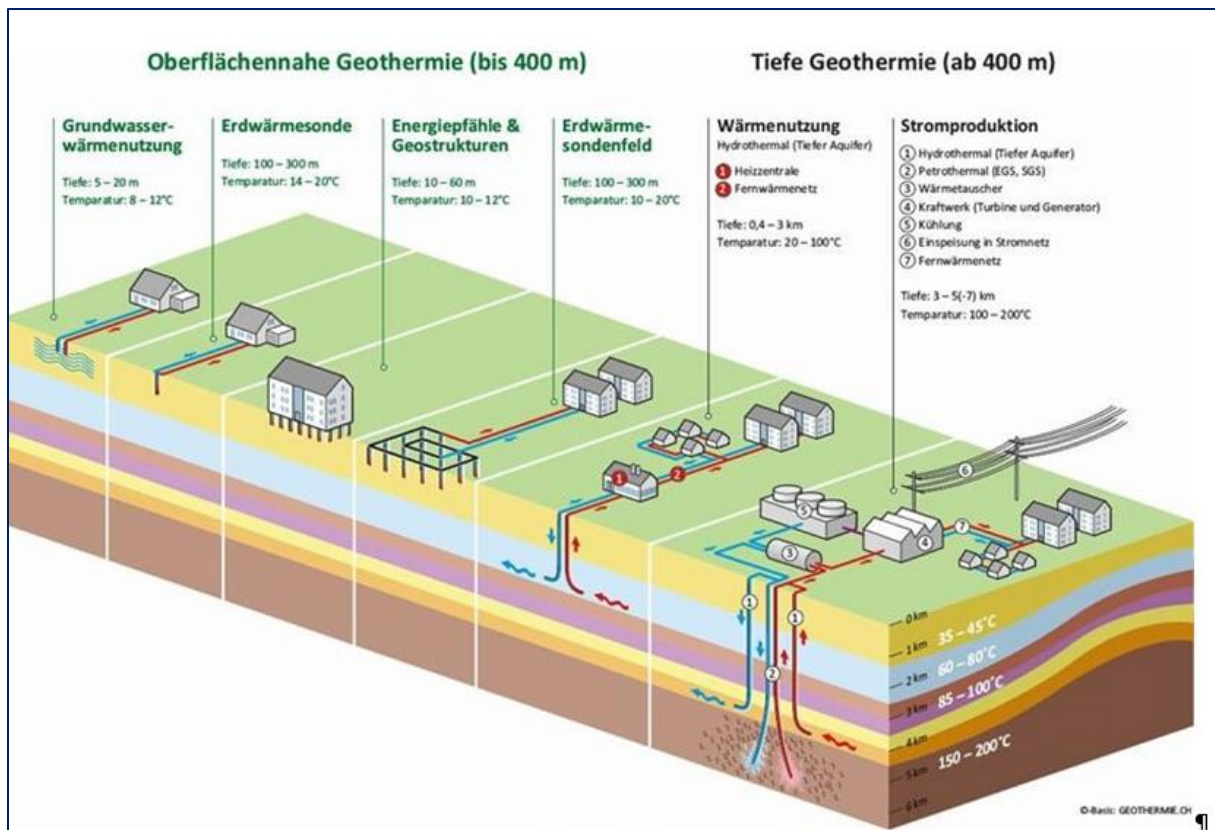


Abbildung 36: Übersicht geothermischer Nutzungsmöglichkeiten (Verein Geothermie Thurgau (nach Geothermie.ch), 2025)

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

Rechtliche Rahmenbedingungen für oberflächennahe Geothermie in Bad Berka (Thüringen)

Die Nutzung oberflächennaher Geothermie im Gebiet um Bad Berka unterliegt spezifischen rechtlichen Rahmenbedingungen, die sowohl aus dem Bergrecht als auch aus dem Wasserrecht resultieren.

Bergrechtliche Aspekte

Auf Bundesebene wurde mit der Herausnahme der oberflächennahen Geothermie bis zu einer Tiefe von 400 Metern aus dem Bergrecht eine wesentliche Änderung der Rechtslage vollzogen. Seitdem gilt Erdwärme bis zu dieser Tiefe nicht mehr als bergfreier Bodenschatz. Das bedeutet, dass bei einer eigentumsbezogenen Nutzung – beispielsweise zur Beheizung eines einzelnen Gebäudes – keine bergrechtliche Genehmigung erforderlich ist. Sollte jedoch die Bohrtiefe 100 Meter überschreiten oder eine über das eigene Grundstück hinausgehende Nutzung, wie etwa der Anschluss an ein Nahwärmenetz, geplant werden, ist eine Anzeige bei der zuständigen Bergbehörde notwendig. Gegebenenfalls muss ein Betriebsplan erstellt werden.

Wasserrechtliche Aspekte

Wasserrechtlich betrachtet fällt die Nutzung oberflächennaher Geothermie unter die Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) sowie des Thüringer Wassergesetzes (ThürWG). Hiernach ist jede geothermische Bohrmaßnahme, unabhängig von der Tiefe, mindestens zwei Monate vor dem geplanten Beginn bei der zuständigen Unteren Wasserbehörde anzuzeigen. Diese prüft unter anderem, ob es sich um eine Gewässerbenutzung gemäß § 9 WHG handelt und ob wasserrechtliche Genehmigungen oder zusätzliche Auflagen notwendig sind. Der Schutz des Grundwassers und die Minimierung möglicher Umweltauswirkungen durch die geothermische Nutzung stehen dabei im Vordergrund. Zu diesem Zweck werden regelmäßig technische Standards wie das DVGW-Arbeitsblatt W 120-2 herangezogen, das Anforderungen an Planung, Ausführung und Überwachung geothermischer Anlagen formuliert.

Für Bad Berka bedeutet dies, dass bei der Nutzung von Erdwärmesonden, Kollektoren oder gegebenenfalls Grundwasserwärme im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung eine frühzeitige Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde sowie – bei tieferen Bohrungen – mit der Bergbehörde notwendig ist, um einen reibungslosen Genehmigungsprozess sicherzustellen. Dabei müssen auch die regionalen hydrogeologischen Gegebenheiten wie die Grundwasserführung, bestehende Schutzgebiete oder die geologische Beschaffenheit des Untergrunds berücksichtigt werden.

Als fachliche Grundlage werden u. a. folgende Quellen herangezogen:

- Bundesberggesetz (BBergG), § 127 (Bohrtiefenregel)
<https://www.gesetze-im-internet.de/bbergg/>
- WHG § 9 und § 49
https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/___9.html
https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/___49.html
- TLUBN Thüringen – Verfahrenshandbuch und Allgemeinverfügungen
https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/000_TLUBN/Wasser/Grundwasser/Verfahrenshandbuch_wasserrechtliche_Zulassungen_Erdwaermeanlagen.pdf

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden zählen zu den bewährten Systemen der oberflächennahen Geothermie und kommen auch im Raum Bad Berka und dem südlichen Saaletal zunehmend als nachhaltige Wärmelösung in Betracht. Es handelt sich in der Regel um vertikal in den Untergrund eingebrachte Sonden, durch die eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Diese nimmt die im Erdreich gespeicherte Wärme auf und überträgt sie an eine Wärmepumpe. Aufgrund der konstanten Temperaturen in tiefen Bodenschichten ab etwa 10 Metern ermöglichen Erdwärmesonden eine hocheffiziente Beheizung von Wohn- und Gewerbegebäuden – auch bei den geologisch heterogenen Bedingungen des Saaletals.

Abstandsregelungen nach VDI 4640 Blatt 2

Die Planung und Installation solcher Anlagen richtet sich nach der VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2, welche bundesweit gültige Mindestanforderungen für Sicherheit, Effizienz und Schutz angrenzender Bereiche vorgibt. Diese legt u. a. fest:

- Mindestens 6 Meter Abstand zwischen mehreren Sonden eines Systems, um thermische Entkopplung zu gewährleisten,
- Mindestens 3 Meter Abstand zur Grundstücksgrenze,

- Mindestens 2 Meter Abstand zu bestehenden Gebäuden.

Diese Regelungen sind auch in Thüringen verbindlich anzuwenden und bilden die Grundlage für wasserrechtliche Anzeigen und Genehmigungen bei der Unteren Wasserbehörde. Ergänzend empfiehlt es sich, bei der Planung von Bohrungen ab 100 m Tiefe eine frühzeitige Abstimmung mit der Bergbehörde des Freistaats Thüringen vorzunehmen, um ggf. eine Betriebsplanpflicht gemäß § 127 BBergG zu prüfen.

Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren stellen eine Alternative zu vertikalen Sonden dar und eignen sich besonders für Grundstücke mit größerer verfügbarer Fläche – was im ländlich geprägten Raum um Bad Berka häufig gegeben ist. Diese Systeme bestehen aus flach im Erdreich (1–2 m Tiefe) verlegten Rohrschleifen, in denen ebenfalls eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Die über die Fläche aufgenommene Erdwärme wird einer Wärmepumpe zugeführt und zur Gebäudebeheizung oder Warmwasserbereitung genutzt.

Abstandsregelungen nach VDI 4640 Blatt 2

Auch bei Flächenkollektoren schreibt die VDI 4640 Blatt 2 bestimmte Abstände vor, um thermische Beeinflussungen und nachbarschaftliche Konflikte zu vermeiden:

- 6 Meter Mindestabstand zwischen einzelnen Kollektorsträngen zur Vermeidung thermischer Überlagerungen,
- 3 Meter Abstand zur Nachbargrenze,
- 2 Meter Abstand zu Gebäuden.

Die typische Verlegetiefe zwischen 1,0 und 2,0 Metern sorgt für eine kosteneffiziente Installation und eine gute Wärmeausbeute. Wichtig ist hierbei, dass keine Schutzgebiete oder stark wasserführende Schichten im oberen Bodenprofil tangiert werden – was durch eine standortbezogene Prüfung im Vorfeld zu klären ist.

Berechnung nach VDI 4640

Zur Abschätzung des geothermischen Potenzials und zur Vorbereitung der Bohrprofilberechnung nach VDI 4640 wurden die öffentlich zugänglichen Daten der Bohrpunktkarte der BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: <https://boreholemap.bgr.de/mapapps/resources/apps/boreholemap/index.html?lang=de> sowie die Shapefiles von <https://antares.thueringen.de/cadenza/> verwendet. Diese Quellen bieten eine umfassende Übersicht über verfügbare Bohrpunkte, deren Tiefen und Verteilung in verschiedenen Regionen Deutschlands.

Die Abbildung 37 zeigt die für die geothermische Potenzialanalyse herangezogenen Bohrpunkte im Gebiet der Stadt Bad Berka. Die Punkte markieren die Standorte, an denen öffentlich zugängliche geologische Daten – insbesondere Tiefen- und Temperaturinformationen – erhoben wurden. Sie bilden eine wesentliche Datengrundlage zur Einschätzung der lokalen geothermischen Bedingungen und des Potenzials für die Nutzung oberflächennaher Erdwärme. Die violett dargestellten Bohrpunkte konzentrieren sich vor allem auf das Stadtgebiet und entlang der besiedelten Täler, während in den stärker bewaldeten und landwirtschaftlich geprägten Bereichen deutlich weniger Messstellen vorhanden sind.

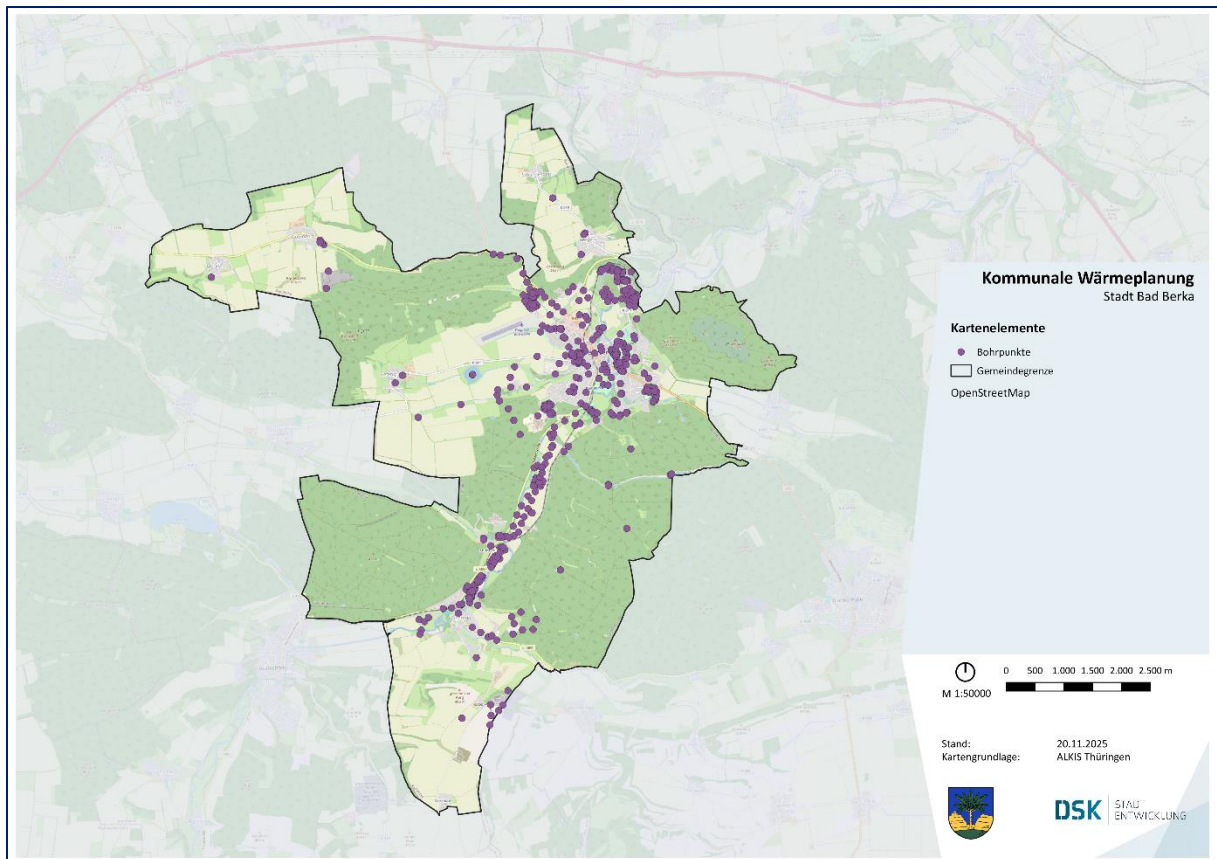


Abbildung 37: Untersuchungsbohrungen Gemeinde

Die Abbildung 38 und Abbildung 39 zeigen die geothermische Potenzialanalyse für die Entzugsleistung in Bad Berka bei einer Tiefe von 60 m und 120 m, sowie 2.400 Betriebsstunden. In den farblich abgestuften Bereichen wird ersichtlich, welche Gebiete besonders geeignet sind, um geothermische Energie zu gewinnen. Rote Bereiche kennzeichnen Zonen mit hohem geothermischem Potenzial (49–61 W/m), während die grünen Zonen geringere Potenziale (53–55 W/m) aufweisen. Diese Karten sind von entscheidender Bedeutung, um die geothermische Energiegewinnung in Bad Berka gezielt zu planen und potenzielle Standorte für die Nutzung der Erdwärme zu identifizieren.

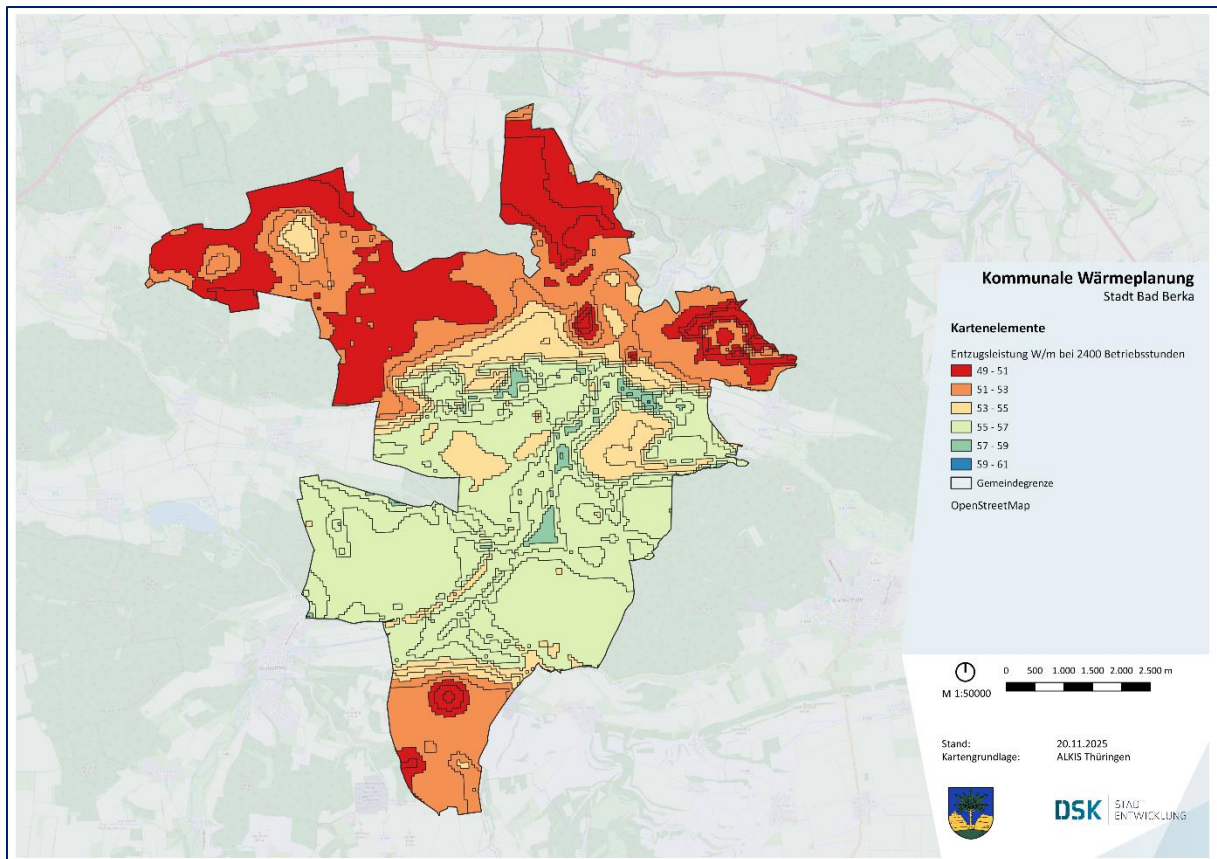


Abbildung 38 Entzugsleistung in 60 m Tiefe bei 2400 Betriebsstunden

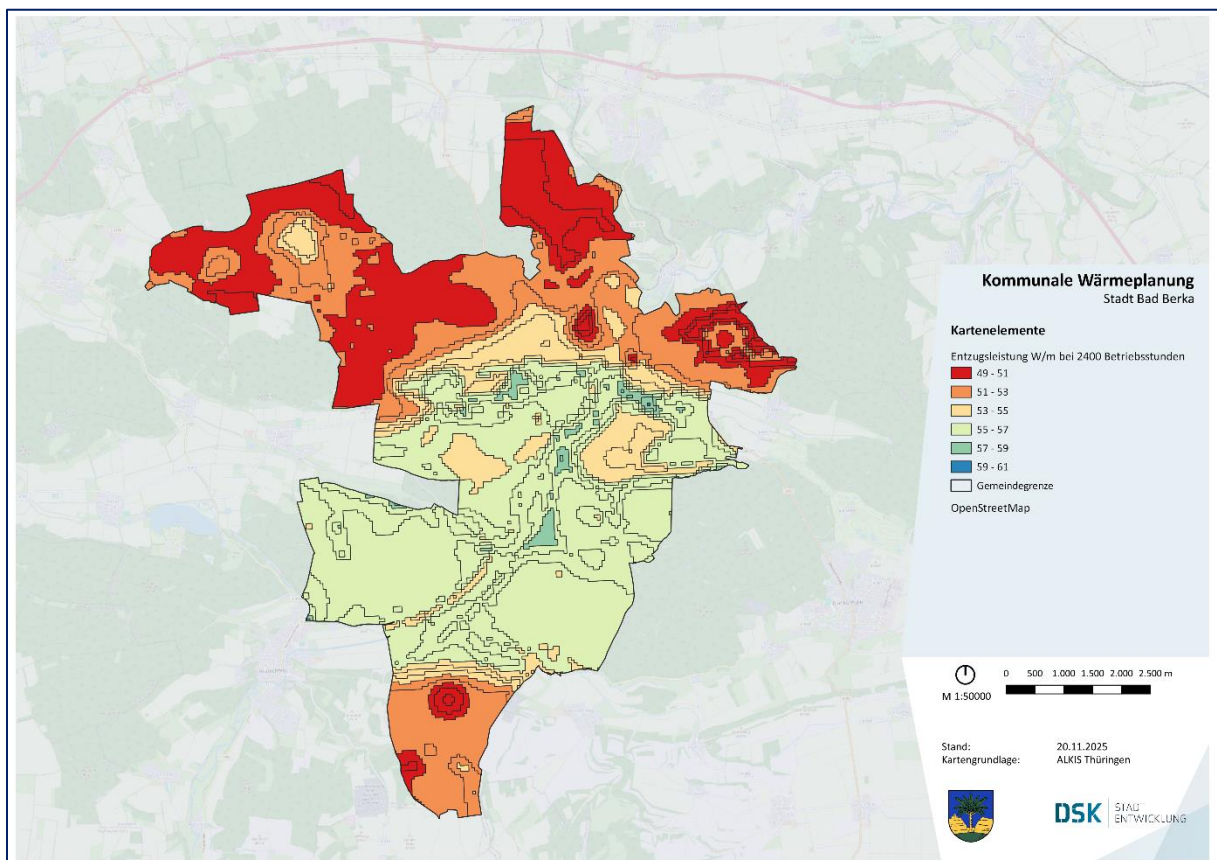
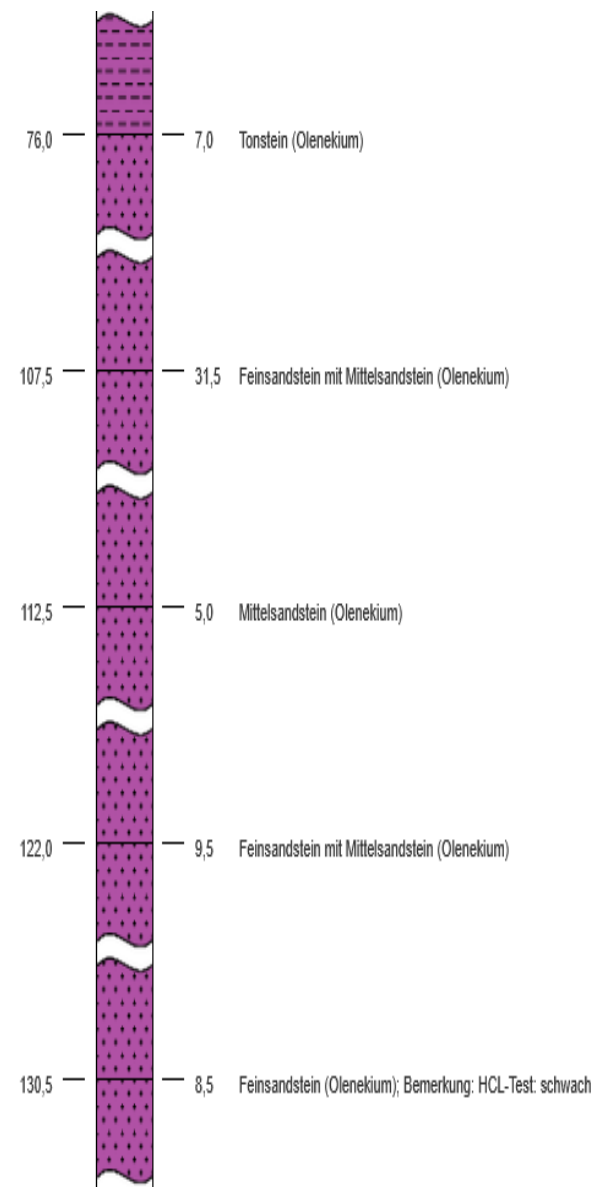
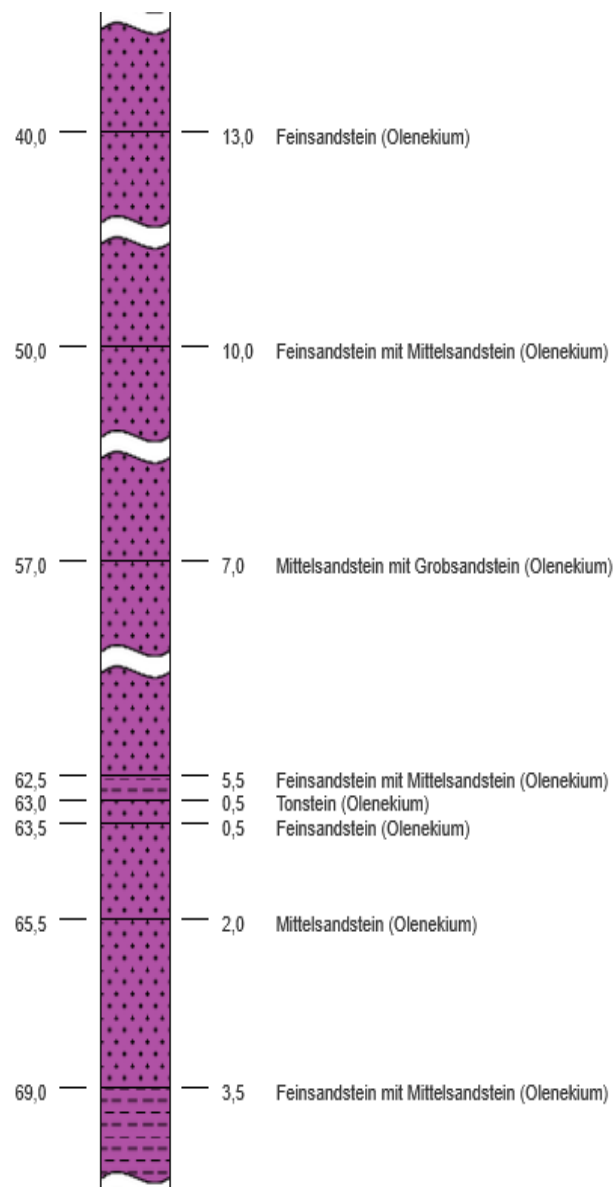
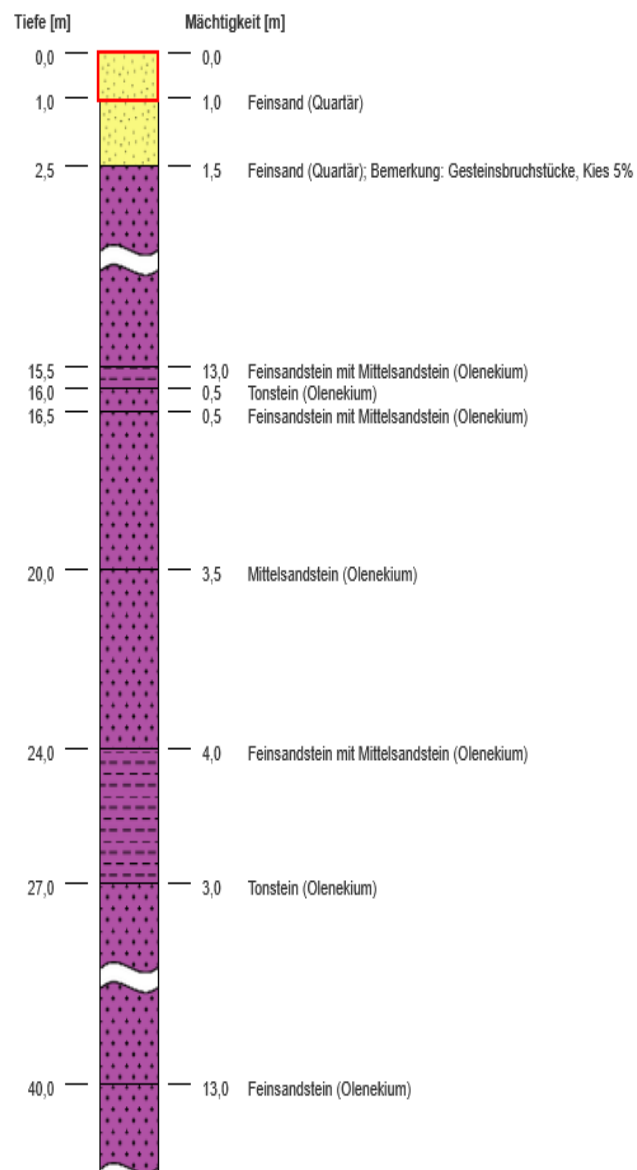


Abbildung 39 Entzugsleistung in 120 m Tiefe bei 2400 Betriebsstunden

Zur Einschätzung des geothermischen Potenzials wurden drei exemplarische Bohrszenarien in der Region Bad Berka (Thüringen) unter Berücksichtigung der geologischen Untergrundbedingungen simuliert. Die Berechnung der nutzbaren Energiemenge erfolgte gemäß den Vorgaben der VDI-Richtlinie 4640 (Tabelle 9), wobei insbesondere die Bohrtiefe, der Untergrundtyp (nachfolgende dargestellt) sowie die spezifische Entzugsleistung als zentrale Einflussfaktoren einbezogen wurden.

Tabelle 9: Spezifische Wärmeentzugsleistungen für unterschiedliche Untergründe (VDI 4640)

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



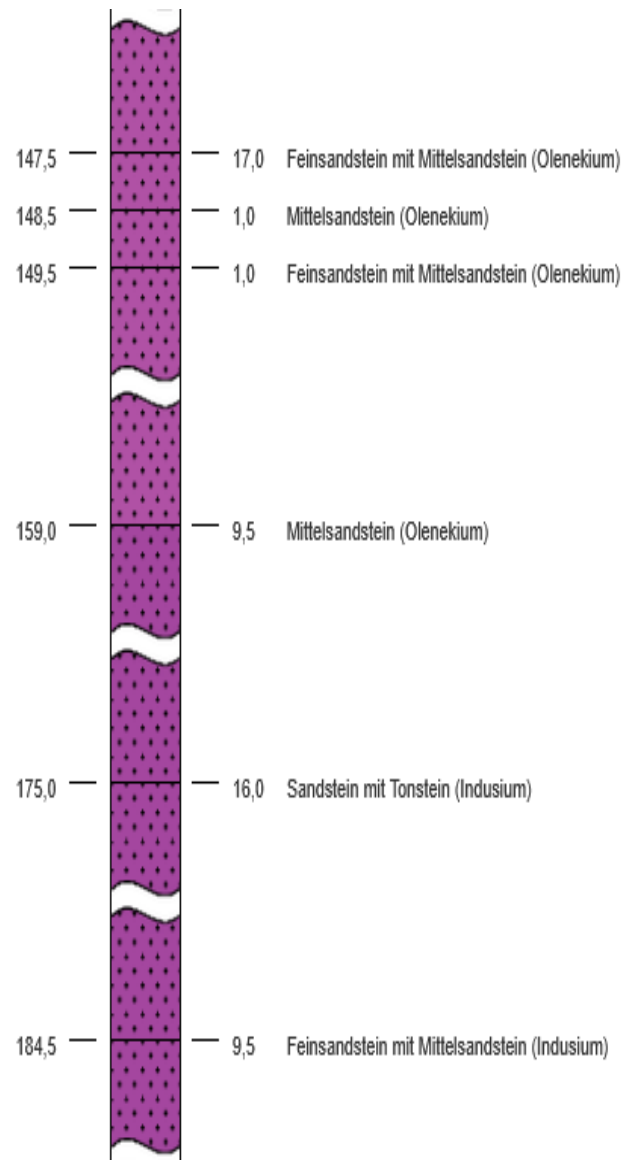


Tabelle 10: Vergleich verschiedener Szenarien für geothermische Erdwärmesonden

Kriterien	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Bohrtiefe [m]	57	130	225
Sediment	Sandstein	Sandstein	Tonstein
spez.Entzugsleistung [W/m]	66	66	55
Betriebsstunden [h]	2100	2100	2100
nutzbare Energiemenge [kWh/a]	7.930	18.086	25.988

Die nutzbare Energiemenge Q ergibt sich aus:

$$\frac{\text{kWh}}{\text{a}} = \frac{\text{Bohrtiefe [m]} * \text{spez. Entzugsleistung} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}} \right] * \text{Betriebsstunden [h]}}{1000}$$

Diese Formel wurde zur Ermittlung der Werte in Tabelle 10 verwendet. Die Ergebnisse zeigen einen linearen Anstieg der nutzbaren Energiemenge mit zunehmender Bohrtiefe, was im Wesentlichen auf die größere Wärme-tauschfläche sowie das größere temperierte Volumen im Untergrund zurückzuführen ist.

Die drei Szenarien zeigen deutlich, dass sowohl Bohrtiefe als auch die thermischen Eigenschaften des Sediments maßgeblich die geothermisch nutzbare Energie beeinflussen. Besonders bei zunehmender Tiefe steigt der Ein-fluss des Untergrundmaterials, da sich über größere Tiefen auch geringfügige Unterschiede in der Wärmeleitfä-higkeit stärker auswirken.

Die getroffenen Annahmen (z.B. Betriebsstunden, Entzugsleistungen) entsprechen praxisnahen Bedingungen kleiner bis mittlerer Erdwärmeeinrichtungen im privaten oder kommunalen Bereich. Die Berechnung erlaubt somit eine erste realistische Abschätzung der Energiepotenziale und dient als Grundlage für die weitere Planung – etwa zur Dimensionierung von Wärmepumpensystemen oder zur Entscheidung über die Wirtschaftlichkeit einer Bohr-maßnahme.

2.4. Abwärme

Für das Gebiet Bad Berka wurde kein relevantes Potenzial an industrieller Abwärme identifiziert. Es sind keine Gewerbe oder Unternehmen in der Plattform für Abwärme der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) gelistet, die einen Abwärmebedarf von mindestens 2,5 GWh/a aufweisen. Daher gibt es in dieser Region keine signifikan-ten Abwärmequellen, die für die kommunale Wärmeplanung genutzt werden könnten⁶.

2.5. Außenluft

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

⁶ (BfEE, 2025)

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

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

1. Wärmeaufnahme durch die Umgebungsluft

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

2. Verdichtung (Kompression)

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

3. Wärmeübertragung an das Heizsystem

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

4. Druckentspannung und Kreislaufschluss

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

Die nachstehende Abbildung zeigt diesen Kreislauf exemplarisch auf:

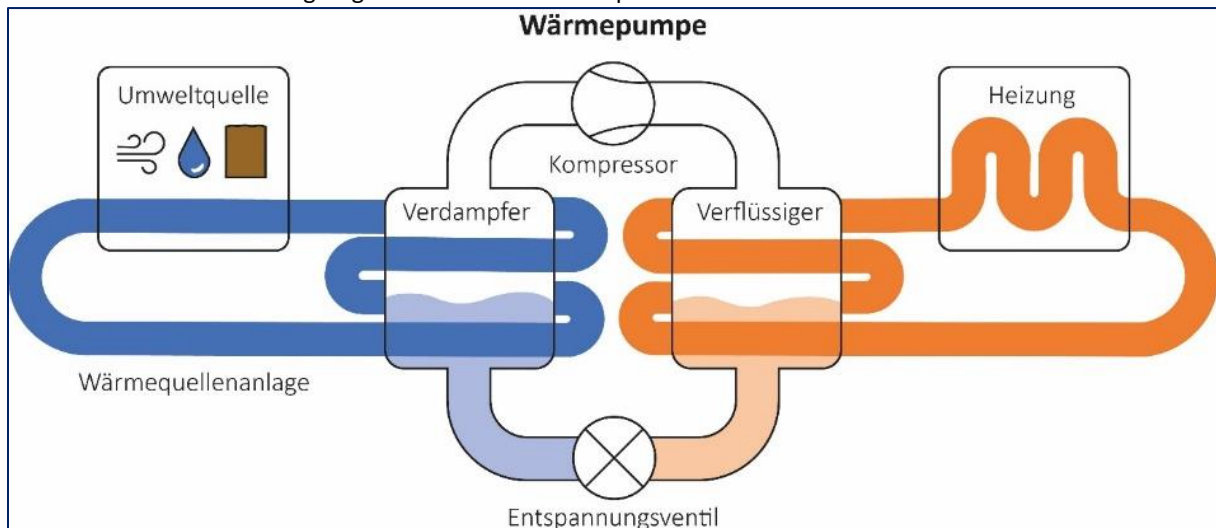


Abbildung 40 Funktionsweise einer Wärmepumpe

Wesentliche limitierende Faktoren für Luft-Wärmepumpen sind dabei Schallemissionswerte zu Nachbargebäuden, welche besonders in dichtbesiedelten Gebieten auftreten können.

Tabelle 11: Abstandsregelungen Wärmepumpennutzung nach Gebieten

Gebietstyp (FNP / BauNVO)	Nachtgrenzwert [dB(A)]	Erforderlicher Mindestabstand bei Spitzenlast 50 dB (A)
Reines Wohngebiet (WR)	35	5,6 m
Allgemeines Wohngebiet (WA)	40	3,2 m
Dorfgebiet (MD)	40-45	3,2-1,8 m
Mischgebiet (MI)	45	1,8 m
Wohnbaufläche (FNP)	35-40	5,6-3,2 m
Sonderbaufläche (SO)	35-55	5,6-<1 m
Gewerbegebiet (GE)	50	≤ 1 m
Industriegebiet (GI)	70	Direkte Aufstellung möglich

Tabelle 11 zeigt potenzielle Einschränkungen im Bezug zur Aufstellung von Wärmepumpen. Anhand der geltenden Abstands- sowie Lärmkriterien wurde untersucht, inwieweit die Installation von Wärmepumpen in Wohngebieten grundsätzlich möglich ist. Die Bewertung der Baublöcke wurde in die vier Kategorien „geeignet“, „bedingt geeignet“, „bedingt ungeeignet“ und „ungeeignet“ unterteilt und kartographisch dargestellt (Abbildung 41).

In Bad Berka sind nur wenige Bereiche rechnerisch als ungeeignet für den Einsatz von Wärmepumpen eingestuft. Selbst dort kann in der Regel bei einer standortbezogenen Prüfung sichergestellt werden, dass die erforderlichen Abstandsregelungen eingehalten werden.

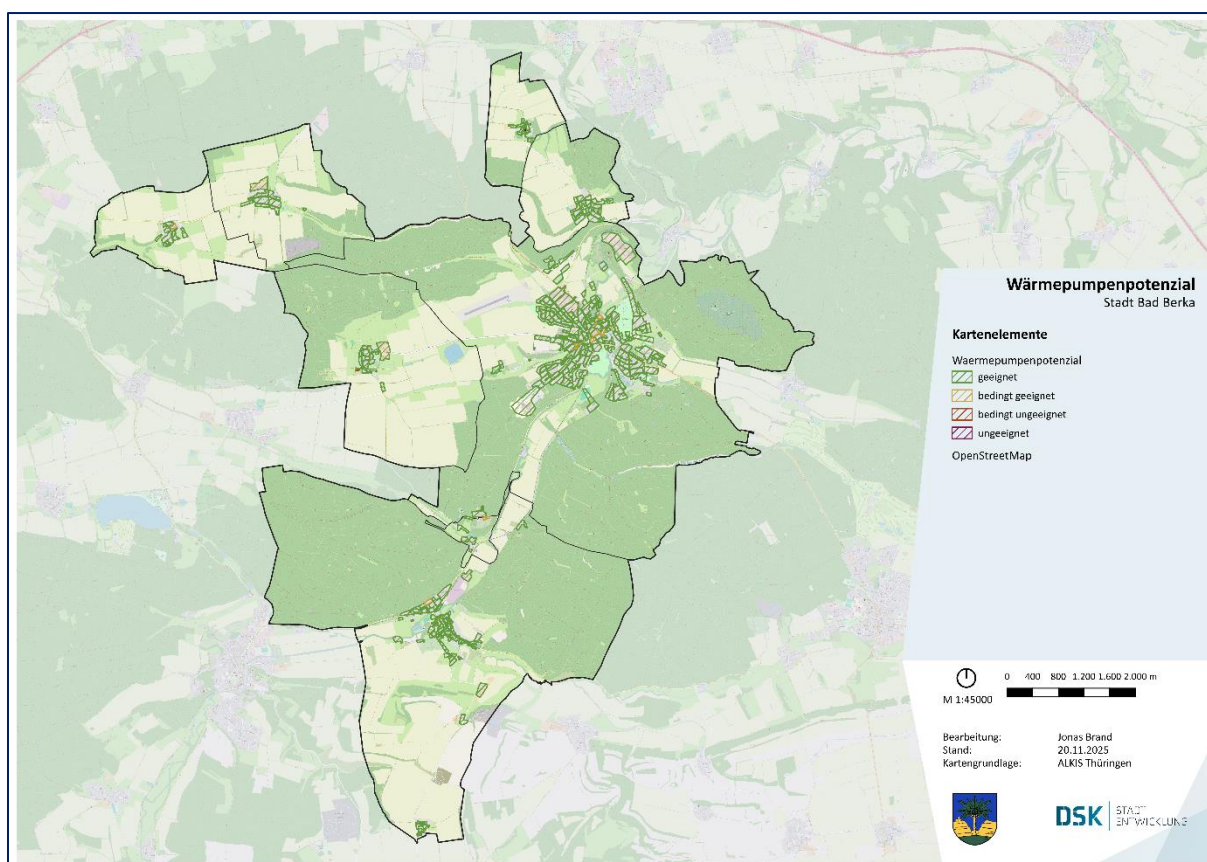


Abbildung 41: Abstandsanalyse für Wärmepumpen

2.6. Abwasser

Im Rahmen der Bestandanalyse konnte durch die Abfrage des Zweckverbandes JenaWasser die Lage der Kläranlage sowie Informationen zur Haltungen > DN800 festgestellt werden. In den Kanälen befindet sich in der Regel Mischwasser. Im Ergebnis konnte kein signifikantes technischen Potenziale im Bereich des Abwassers festgestellt werden.

2.7. Dachflächen Solarthermie (ST) / Photovoltaik (PV)

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

Stromerzeugung durch den Photoeffekt

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

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

Wärmebereitstellung durch Sonnenkollektoren

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

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

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

Im ersten Schritt wurden auf Basis von LOD2-Gebäudemodellen aus dem Thüringer ALKIS-Datensatz sämtliche Dachflächen im Untersuchungsgebiet erfasst. Ergänzt wurden diese durch ein Digitales Oberflächenmodell

(DOM) mit einer Auflösung von 1 × 1 Meter sowie meteorologischen Strahlungsdaten des Deutschen Wetterdienstes. Diese Grundlage ermöglicht eine detaillierte Berechnung der jährlichen Globalstrahlung auf jeder einzelnen Dachfläche – unter Einbezug der geografischen Ausrichtung, Neigung und Verschattung durch umliegende Bebauung oder Vegetation.

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

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

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

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

Ermittlung konkreter Photovoltaik-Produktionspotenziale

Die zuvor ermittelten geeigneten Dachflächen wurden in einem weiteren Schritt detailliert analysiert, um das konkrete Photovoltaik-Erzeugungspotenzial je Gemeinde zu ermitteln. Grundlage dieser Berechnung ist die durchschnittliche jährliche Globalstrahlung, die für jede einzelne Dachfläche modelliert wurde. Durch Multiplikation des spezifischen Einstrahlungswertes mit der jeweiligen Dachfläche ergibt sich zunächst ein theoretisches Einstrahlpotenzial in Kilowattstunden pro Jahr.

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

Zusätzlich wurde ein pauschaler Abzugsfaktor von 10 % berücksichtigt, um bauliche Einschränkungen wie Dachfenster, Schornsteine oder andere nicht belegbare Dachflächen realistisch zu bewerten. Die abschließende Berechnung des jährlichen Stromerzeugungspotenzials pro Dachfläche folgt somit der Formel:

$$\text{Stromertrag (kWh/Jahr)} = \text{Einstrahlung} \times \text{Fläche} \times 0,25 \times 0,95$$

Die daraus resultierende Gesamtaufstellung für das Untersuchungsgebiet zeigt das gesamte technische Potenzial der Solarstromproduktion bei vollständiger Nutzung der ermittelten geeigneten Dachflächen. Nachfolgend werden die untersuchten Dachflächen und das resultierende PV-Produktionspotenzial für das gesamte Untersuchungsgebiet dargestellt. Die mittleren Einstrahlungswerte liegen bei 874 kWh im Jahr. Das PV-Produktionspotenzial für das gesamte Untersuchungsgebiet liegt bei 123.538.414 kWh im Jahr.

Tabelle 12: Produktionspotenzial von Dach-PV – Gemeinde Bad Berka

Anzahl Dachflächen	Ø Dachflä- chen (qm)	Nutzbare Flä- che (qm)	Gesamte Einstrahlungs- werte (kWh/a)	Mittlere Ein- strahlungswerte (kWh/a)	PV-Produktionspoten- zial (kWh/a)
15.131	39	606.540	11.083.705	874	123.538.414

Für die gemarkungsscharfe Betrachtung wird in der anschließenden Tabelle das Ergebnis auf Gemarkungsebene aufgeschlüsselt. So ergibt sich für jede Kommune die Anzahl der analysierten Gebäude, die insgesamt als geeignet bewertete Dachfläche in Frage kommen.

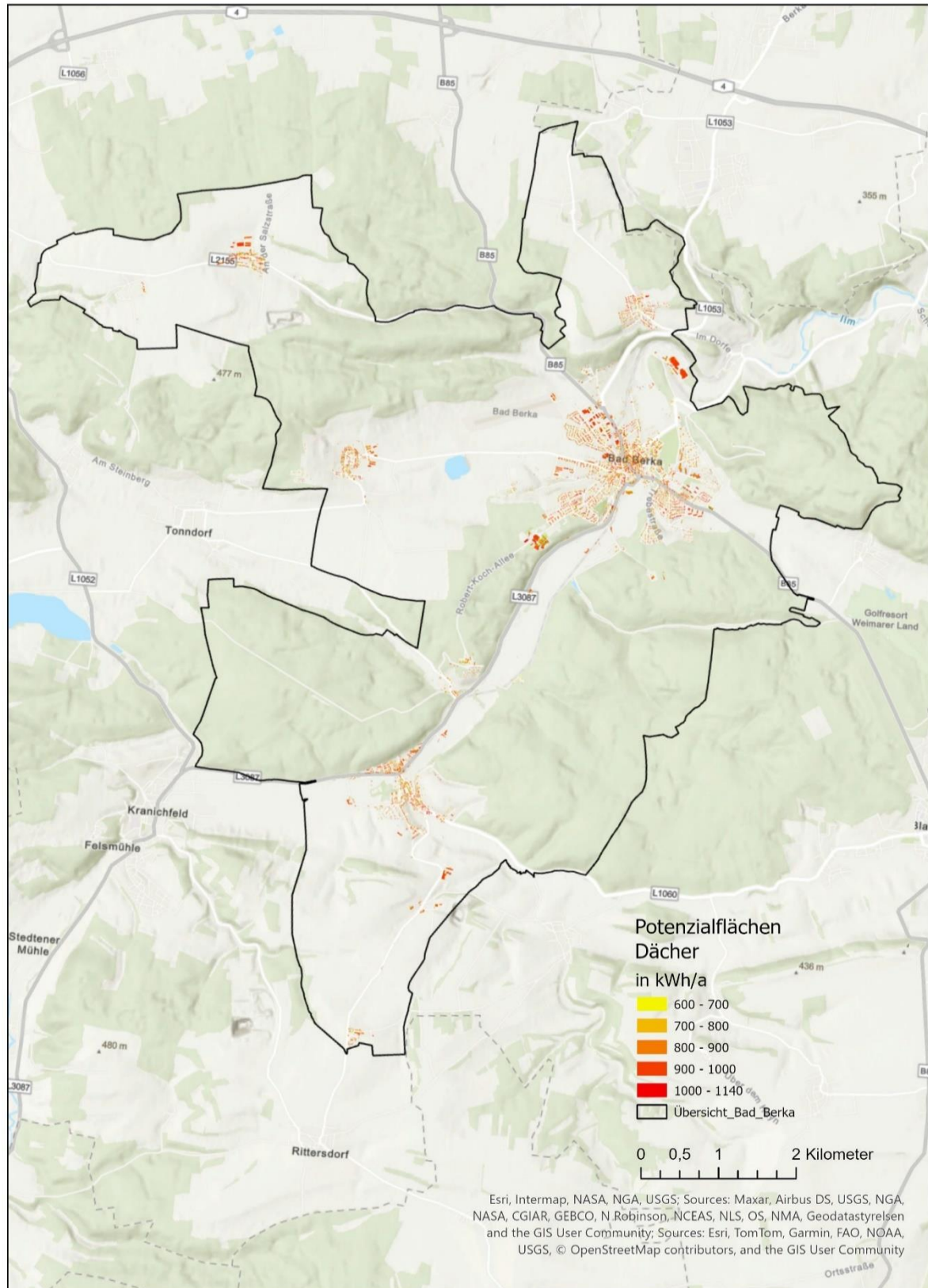


Abbildung 42: PV-Dachanalyse – Gemeinde Bad Berka

Ein besonders hohes PV-Produktionspotenzial für Dächer hat mit großem Abstand die Stadt Bad Berka, gefolgt von Tannroda, wie die folgende Abbildung zeigt.

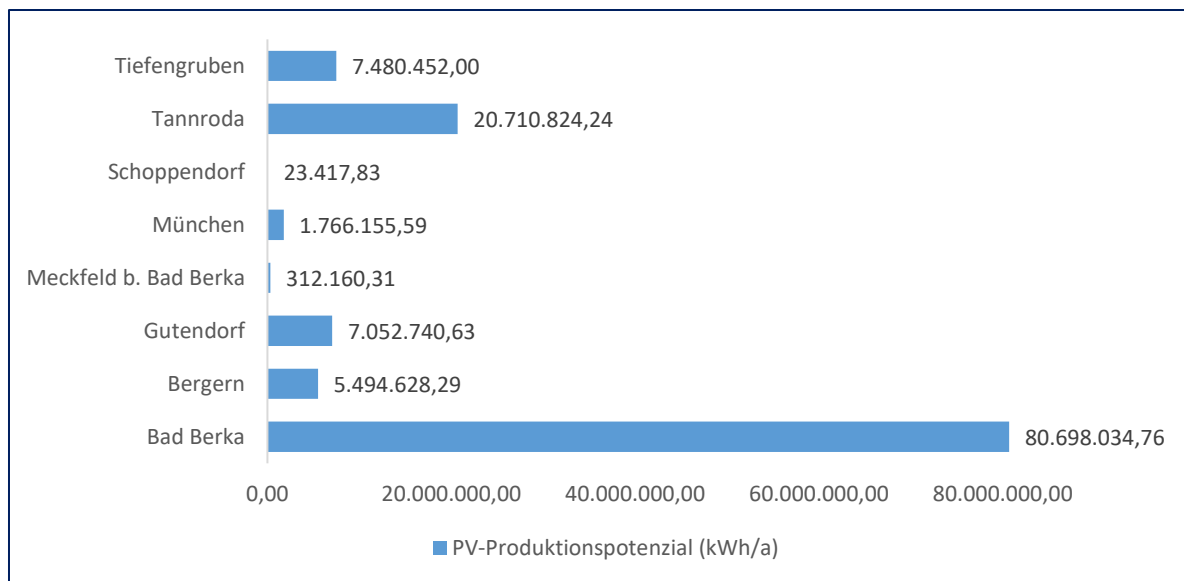


Abbildung 43: Produktionspotenzial von Dach-PV – Bad Berka, gemarkungsscharf

Zudem weisen sowohl Meckfeld bei Bad Berka als auch Schoppendorf besonders hohe mittlere Einstrahlungswerte auf, die über dem durchschnittlichen Einstrahlungswert des gesamten Gebietes liegen.

Tabelle 13: Produktionspotenzial von Dach-PV – Bad Berka, gemarkungsscharf

Gemeinde/ Stadt	Anzahl Dachflä- chen	Durchschnittli- che Dachflä- chenfläche (qm)	Nutzbare Fläche (qm)	Gesamte Ein- strahlungswerte (kWh)	Mittlere Einstrah- lungswerte (kWh)	PV-Produktions- potenzial (kWh)
Bad Berka	9.043	44	398.290	6.748.077	853,1	80.698.035
Bergern	886	30	26.510	694.691	872,7	5.494.628
Gutendorf	739	46	33.938	592.391	875	7.052.741
Meckfeld b. Bad Berka	26	56	1.463	22.461	898,4	312.160
München	284	30	8.641	204.816	860,6	1.766.156
Schoppen- dorf	3	36	109	2.714	904,6	23.418
Tannroda	3155	32	100.965	2.085.774	863,7	20.710.824
Tiefengru- ben	995	37	36.624	732.781	860	7.480.452
Gesamt	15.131	39	606.540	11.083.705	874	123.538.414

2.8. Freiflächen PV-Analyse

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabelle 14: Übersicht der Kriterien zur Flächenkulisse für PV-Anlagen auf Freiflächen⁷

Kriterium	Eignung / Ausschluss	Punkte
Vogelschutzgebiet	HK	-
Naturschutzgebiet	HK	-
FFH-Schutzgebiet	HK	-
Biotop	HK	-
EKIS-Ausgleichsflächen	HK	-
Vorranggebiet Bodenschätze (Flächennutzungsplan)	HK	-
Vorranggebiet Freiraumsicherung (Regionalplan)	HK	-
Vorranggebiet Landwirtschaftliche Bodennutzung (Regionalplan)	HK	-
Vorranggebiet Rohstoffgewinnung (Regionalplan)	HK	-
Hochwassergefahrenfläche häufig/200 bzw. Vorranggebiet Hochwasserschutz (Regionalplan)	HK	-
Schutzgebiete Denkmal	HK	-
Vorhandene Bebauungspläne	HK	-
Wasserschutzgebiete I und II	HK	-
Waldflächen	HK	-
Saaleradweg (200m Abstand)	WK	-2
Burgen und historische Sehenswürdigkeiten (1km Abstand)	WK	-2
Hangausrichtung N, NO, NW und Neigung > 5°	WK	-1
Vorbehaltsgebiet Freiraumsicherung	WK	-1
Vorbehaltsgebiet Landwirtschaftliche Bodennutzung	WK	-1
Landschaftsschutzgebiet	WK	-1
Naturpark	WK	n.v.
Trinkwasser-/Heilquellenschutzgebiet III	WK	-1
Acker-/Grünlandzahl >= 50 - 75	WK	-1
Entfernung zum nächsten Umspannwerk < 2,5km	Geeignet	+1
Acker-/Grünlandzahl 0 - 25	Geeignet	+1
Hangausrichtung SW, WSW, W, SO, OSO, O oder ebene Fläche (Neigung < 2°)	Geeignet	+1
Nach EEG §23 landwirtschaftlich benachteiligte Gebiete	Geeignet	+1
Nach EEG §48 besonders privilegiert	Geeignet	+2
Hangausrichtung S, SSW, SSO und Neigung > 2°	Geeignet	+2
Verkehrsinself Bundesstraße	Geeignet	+2

⁷ (Quelle: Eigene Darstellung nach EVF 2024; Datenquellen: GEOPORTAL THÜRINGEN, LRASHK, REGIONALPLAN OSTTHÜRINGEN, SAALERADWEG.DE, STADT KAHLA, TMIL, TLUBN)

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

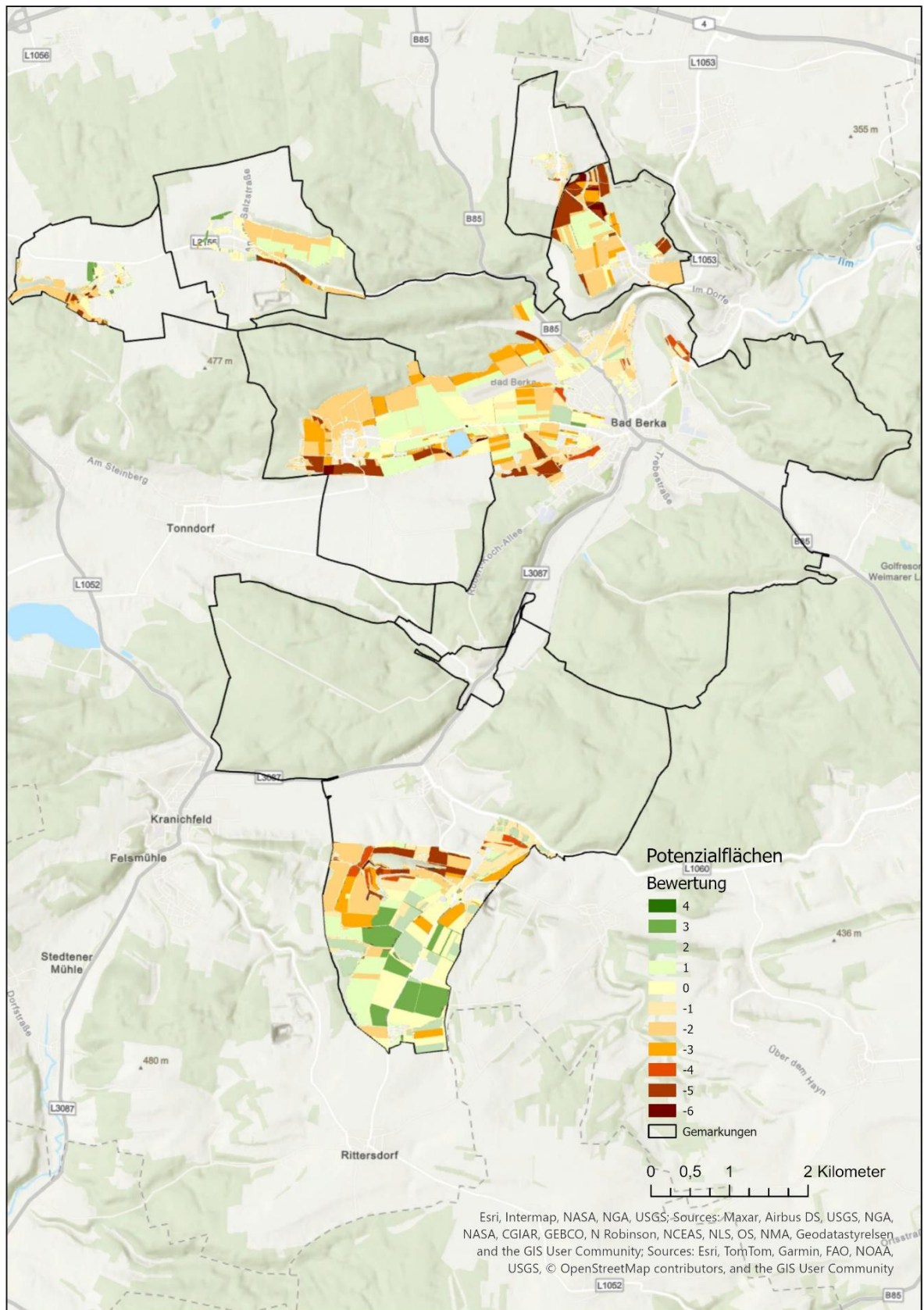


Abbildung 44: PV-Freiflächenpotenziale im Untersuchungsgebiet

Tabelle 15 stellt die Flächenpotenziale abhängig erzielter Punktwertigkeiten zur Eignung jeder Gemeinde dar. Eine explizite Betrachtung der gemeindespezifischen Ergebnisse ist den Potenzialsteckbriefen im Anhang zu entnehmen. Eine detaillierte Darstellung einzelner Flächen kann zudem aus dem digitalen Zwilling entnommen werden. Dort sind zusätzliche Informationen zu einzelnen Flächen (Flurstücknr., Flächengröße, Punktwertigkeit) flurstückscharf abgebildet. Ein Großteil der untersuchten Fläche liegt in Gebieten, welche die Ausweisung der Flächen als PV-Flächen grundsätzlich untersagen. Zudem sorgen die starken Hangneigungen im Gebiet dafür, dass ein Großteil der Fläche nicht für eine PV-Flächennutzung in Frage kommt.

Tabelle 15: PV-Flächenpotenziale nach Gemeinde in qm

Gemarkung	sehr gut (3- 4 Pkt)	gut (2 - 1 Pkt)	mittel (0 Pkt)	schlecht (-1 - -3 Pkt)	sehr schlecht (-4 - -6 Pkt)
Bad Berka	7.972	434.818	473.088	1.972.305	230.949
Bergern	0	175.120	38.278	162.106	125.206
Gutendorf	73.403	222.277	125.583	493.317	63.098
Meckfeld b. Bad Berka	65.460	220.741	100.686	324.368	25.215
Schoppendorf	0	37.037	67.142	243.230	150.570
Tannroda	526.606	980.672	727.858	1.740.993	330.062
Tiefengruben	0	540.230	255.953	1.137.015	169.080
Tonndorf	0	0	0	2.184	14.909
Gesamt	673.441	2.610.895	1.788.588	6.075.518	1.109.089

Insbesondere im Süden der Gemeinde Bad Berka liegen Potenzialflächen, die als sehr gut bis gut bewertet wurden und sich daher für PV-Anlagen eignen würden. Insgesamt sind ca. 670.000 m² Fläche für eine PV-Flächennutzung geeignet. Ein Großteil dieser Fläche liegt in der Gemarkung Tannroda mit ca. 500.000 m², wie in der folgenden Grafik veranschaulicht wurde.

Darüber hinaus zeigt sich ein Flächenpotenzial von ca. 2,6 Mio. m², welches mit gut bewertet wurde. Flächen mit einer guten Bewertung finden sich mit knapp 1 Mio. m² in Tannroda, gefolgt von Tiefengruben mit ca. 500.000 m².

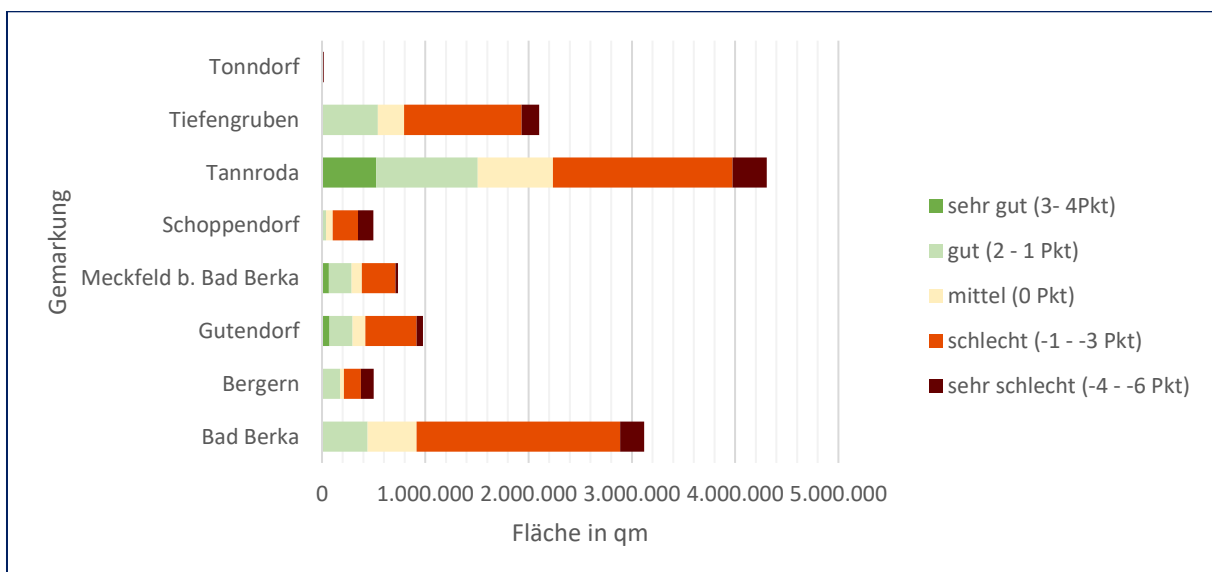


Abbildung 45: PV-Freiflächenpotenzial in qm - nach Gemarkungen

Grundsätzlich lassen sich für das Untersuchungsgebiet nur auf einigen wenigen Flächen Potenziale identifizieren, die für die energetische Nutzung bspw. mit PV-Anlagen geeignet sind. Das mögliche Erzeugungspotenzial lässt sich jedoch nicht einfach mit dem Wärmeversorgungsbedarf zusammenzuführen. Denn die Erzeugungskurve bei PV-Anlagen korreliert nicht mit der Bedarfskurve im Bereich der Wärmeversorgung. Der Stromertrag steht primär in den Sommermonaten zur Verfügung, wogegen die Wärmeabnahme hauptsächlich in den Wintermonaten stattfindet. Die saisonale Speicherung von Strom über längere Zeiträume ist nicht wirtschaftlich sinnvoll. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass PV-Strom in seiner direkten Form lediglich eine Teilrolle bei der Wärmeversorgung übernehmen kann (Warmwasserbereitung im Sommer, partiell in den Übergangszeiten). Grundsätzliche lassen sich mehrere Ansätze festhalten, mit denen die Nutzung von PV-Strom für Wärmezwecke erfolgen kann:

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

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

2.9. Biomasse

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

Landwirtschaftliche Biomasse (Energiepflanzen)

Landwirtschaftliche Biomasse umfasst gezielt für die Energieerzeugung angebaute Pflanzen auf Acker- und Grünlandflächen. Dazu zählen vor allem Mais, Raps, Getreide, Zuckerrüben, Sonnenblumen und schnellwachsende Gehölze aus Kurzumtriebsplantagen. Auch Grünlandaufwuchs (z. B. Gras) kann energetisch genutzt werden. Die regionalen Potenziale hängen stark von Anbaubedingungen wie Bodenqualität, Klima, Ernteerträgen und Nut-

zungskonkurrenzen ab. Aufgrund begrenzter Flächen und konkurrierender Anforderungen (z. B. Nahrungsmittelproduktion) sollte der Anbau von Energiepflanzen mit Bedacht erfolgen. Schutzgebiete, Wasserschutz- und Überschwemmungsflächen sind dabei in der Regel ausgeschlossen oder unterliegen Einschränkungen.

Energieholz

Diese Kategorie umfasst energetisch nutzbares Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft sowie Reststoffe der Holzverarbeitung. Es wird unterschieden in:

- **Forstwirtschaftliche Biomasse:** Dazu zählen sowohl Teile der jährlichen Holzeinschlagsmenge, die energetisch genutzt werden, als auch Waldrestholz aus Ast- und Kronenmaterial, das nicht für höherwertige stoffliche Nutzung geeignet ist. Zusätzlich kann ungenutzter Holzzuwachs in bestimmten Grenzen als Potenzial berücksichtigt werden – unter Ausschluss von Schutzflächen und unter Berücksichtigung der Anforderungen an nachhaltige Waldbewirtschaftung (z. B. Totholzanteile).
- **Altholz:** Bereits stofflich genutztes Holz, das nach seiner Verwendung z. B. im Bauwesen, als Verpackung oder Möbelstück anfällt. Ein großer Teil dieses Holzes wird bereits energetisch verwertet. Die Erhebung des verfügbaren Potenzials ist mit Unsicherheiten behaftet, da regionale Stoffströme schwer zu erfassen sind.
- **Industrierestholz:** Säge- und Hobelspäne, Hackschnitzel, Rinde oder andere Reststoffe, die in der Holz-, Zellstoff- oder Möbelindustrie anfallen. Ein Teil wird bereits stofflich weiterverwendet (z. B. Spanplattenherstellung); der verbleibende Anteil steht für die energetische Nutzung zur Verfügung. Auch hier ist zu beachten, dass Materialflüsse über Landesgrenzen hinweg erfolgen und regionale Potenziale entsprechend angepasst werden müssen.

Biogene Reststoffe und Abfälle

Diese Gruppe umfasst organische Nebenprodukte, die ursprünglich nicht zur Energiegewinnung erzeugt wurden:

- **Stroh:** Fällt als Nebenprodukt beim Anbau von Getreide und Raps an und kann in Heizwerken oder Biogasanlagen eingesetzt werden. Aufgrund konkurrierender Nutzungen (z. B. als Einstreu oder zur Bodenerhaltung) ist meist nur ein Teil – etwa 20 % – energetisch verfügbar.
- **Tierische Exkrememente:** Gülle und Mist von Rindern, Schweinen und Geflügel sind bedeutende Einsatzstoffe für Biogasanlagen. Die Potenzialabschätzung hängt von der Viehdichte und den Betriebsgrößen ab. Kleinbetriebe oder Exkrememente bestimmter Tierarten (z. B. Pferde, Schafe) bleiben häufig unberücksichtigt.
- **Bio- und Grünabfälle:** Darunter fallen organische Haushalts- und Gewerbeabfälle (Küchenreste, Lebensmittelabfälle) sowie Grünschnitt aus der Pflege öffentlicher Flächen. Die Erfassung basiert auf dem durchschnittlichen Abfallaufkommen pro Kopf. Regionale Sammelquoten und Trennsysteme beeinflussen die tatsächlich nutzbare Menge. Seit Inkrafttreten der Pflicht zur getrennten Bioabfallsammlung (ab 2015) steigen die Potenziale tendenziell an.

Bilanzierungsgrenzen

Im Rahmen kommunaler Analysen werden grundsätzlich nur die innerhalb des Planungsgebiets nachhaltig erschließbaren Potenziale berücksichtigt. Dabei sind konkurrierende Nutzungsansprüche (z. B. Futtermittel, stoffliche Nutzung) sowie rechtliche und technische Einschränkungen (z. B. Erschließbarkeit, Flächennutzungspla-

nung, Naturschutz) zu beachten. Die Biomassepotenzialanalyse sollte daher möglichst realistische, regionale Datenquellen heranziehen und Biomasse vorrangig aus Rest- und Abfallstoffen bilanzieren, die keiner höherwertigen Verwendung zugeführt werden können.

2.9.1. Potenzialermittlung

Die Potenzialermittlung erfolgt in gleicher Reihenfolge, wie die Beschreibung der Potenziale.

Landwirtschaftliche Biomasse (Energiepflanzen)

Zur Ermittlung der nutzbaren Flächen für Energiepflanzen wird zunächst die Gesamtfläche der landwirtschaftlich genutzten Flächen auf Grundlage des Liegenschaftskatasters des Landes Thüringen ermittelt. Hierbei wurden die Flurstücke mit der Nutzung „Landwirtschaft“ gefiltert, um die tatsächlich landwirtschaftlich genutzten Flächen zu ermitteln. Dabei konnte festgestellt werden, dass im gesamten Betrachtungsgebiet rund 2.002,14 Hektar als landwirtschaftliche Flächen gekennzeichnet sind. Dies entspricht etwa 36 % der Gesamtfläche.

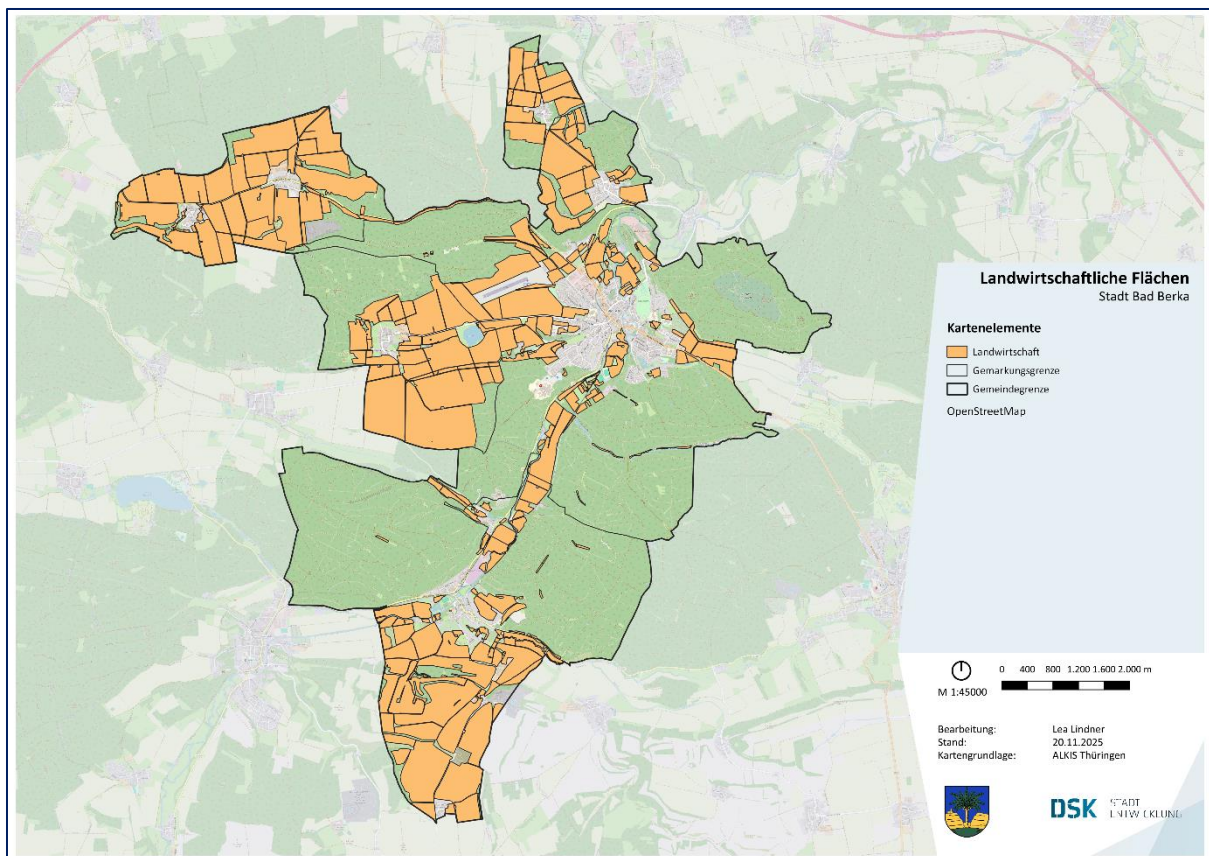


Abbildung 46: Landwirtschaftliche Flächen in Bad Berka

Anschließend wird von der gesamten landwirtschaftlichen Fläche der anteilig nutzbare Bereich für Energiepflanzen abgeleitet. Es kann davon ausgegangen werden, dass etwa 15 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen (Stand 2023) für den Anbau nachwachsender Rohstoffe, wie Energiepflanzen, verwendet werden⁸. Damit ergibt sich eine Fläche von 300,3 Hektar, die für die Nutzung von Energiepflanzen zur Verfügung steht. Daraufhin wurde

⁸ (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2024)

die Zusammensetzung der Anbauflächen bestimmt. Nach Angaben der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, kann davon ausgegangen werden, dass die durchschnittliche Zusammensetzung bei Energiepflanzen zu 50 % auf Mais, 15 % auf Getreide, 15 % auf Ganzpflanzensilage und 20 % auf neue Kulturen wie durchwachsene Silphie entfallen⁹. Damit ergeben sich folgende Flächenverhältnisse in der Tabelle 16:

Tabelle 16: Flächenverteilung nach Energiepflanzen

Energiepflanze	Fläche in Hektar
Mais	150,16
Getreide	45,05
Ganzpflanzensilage	45,05
Durchwachsene Silphie	60,06

Aus den Flächen lässt sich unter Berücksichtigung des thermischen Energieertrags der Pflanzen das theoretische Potenzial für die Erzeugung von Wärme aus landwirtschaftlicher Biomasse ziehen. Der Wärmeertrag ist in der folgenden Tabelle 17 zu erkennen:

Tabelle 17: Wärmeertrag Energiepflanzen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, kein Datum)

Energiepflanze	Thermische Energie [kWh/(ha*a)]	Gesamt Thermische Energie [MWh/a]
Mais	49.292	7.402
Getreide	17.788	801
Ganzpflanzensilage	38.337	1.727
Durchwachsene Silphie	33.385	2.005
Gesamt	-	11.935

Somit ergibt sich für das Untersuchungsgebiet in Bad Berka ein thermisches Potenzial von circa 11.935 MWh pro Jahr. Dabei gilt aber zu beachten, dass die zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Flächen unterschiedlich auf die einzelnen Gemarkungen innerhalb der Stadt Bad Berka verteilt sind. So befinden sich beispielsweise in Tiefengruben und Meckfeld mehr Flächen, die für Energiepflanzen genutzt werden können, als in Bad Berka selbst.

Außerdem grenzt ein Großteil der landwirtschaftlichen Flächen nicht unmittelbar an größere Zentren, sodass die Pflanzen zunächst zu einer dazugehörigen Anlage in der nächst größeren Stadt/Gemeinde transportiert werden müssten. Dies hat zusätzliche Kosten zur Folge. Zudem muss ein möglicher Anlagenstandort gefunden werden, der möglichst zentral an ein Zentrum grenzt. Weiterhin ist nicht bekannt, wie viel Prozent der Fläche bereits für Energiepflanzen verwendet wird, sodass sich das wirtschaftlich erschließbare Potenzial vom technischen Potenzial unterscheiden kann.

Forstwirtschaftliche Biomasse (Energieholz)

Die Berechnung der forstwirtschaftlichen Biomasse beruht ebenfalls auf dem Liegenschaftskataster des Landes Thüringen. Hier wurden die Flurstücke mit der Nutzung „Wald“ und „Gehölz“ gefiltert, um die tatsächlich forst-

⁹ (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010)

wirtschaftlich genutzten Flächen zu ermitteln. Dabei konnte festgestellt werden, dass im gesamten Betrachtungsgebiet rund 2.663,48 Hektar als forstwirtschaftliche Flächen gekennzeichnet sind. Dies entspricht etwa 48 % der Gesamtfläche.

Davon müssen Waldflächen, die in Schutzgebieten liegen, abgezogen werden. In Bad Berka liegen 4 Schutzgebiete bzw. Gebiete, die unter Naturschutz stehen:

- 1 Landschaftsschutzgebiet: Ilmtal von Oettern bis Kranichfeld
- 2 Flora-Fauna-Habitat-Gebiete: Ilmtal zwischen Bad Berka und Weimar mit Buchfarter Wald sowie Klosterholz
- 1 Vogelschutzgebiet: Ilmtal zwischen Bad Berka und Weimar mit Buchfarter Wald

Das Landschaftsschutzgebiet „Ilmtal von Oettern bis Kranichfeld“ nimmt 83 % der Gesamtfläche von Bad Berka ein. Nur der Stadtkern von Bad Berka selbst und der südliche Teil von Tannroda sind nicht von dem Landschaftsschutzgebiet bedeckt.

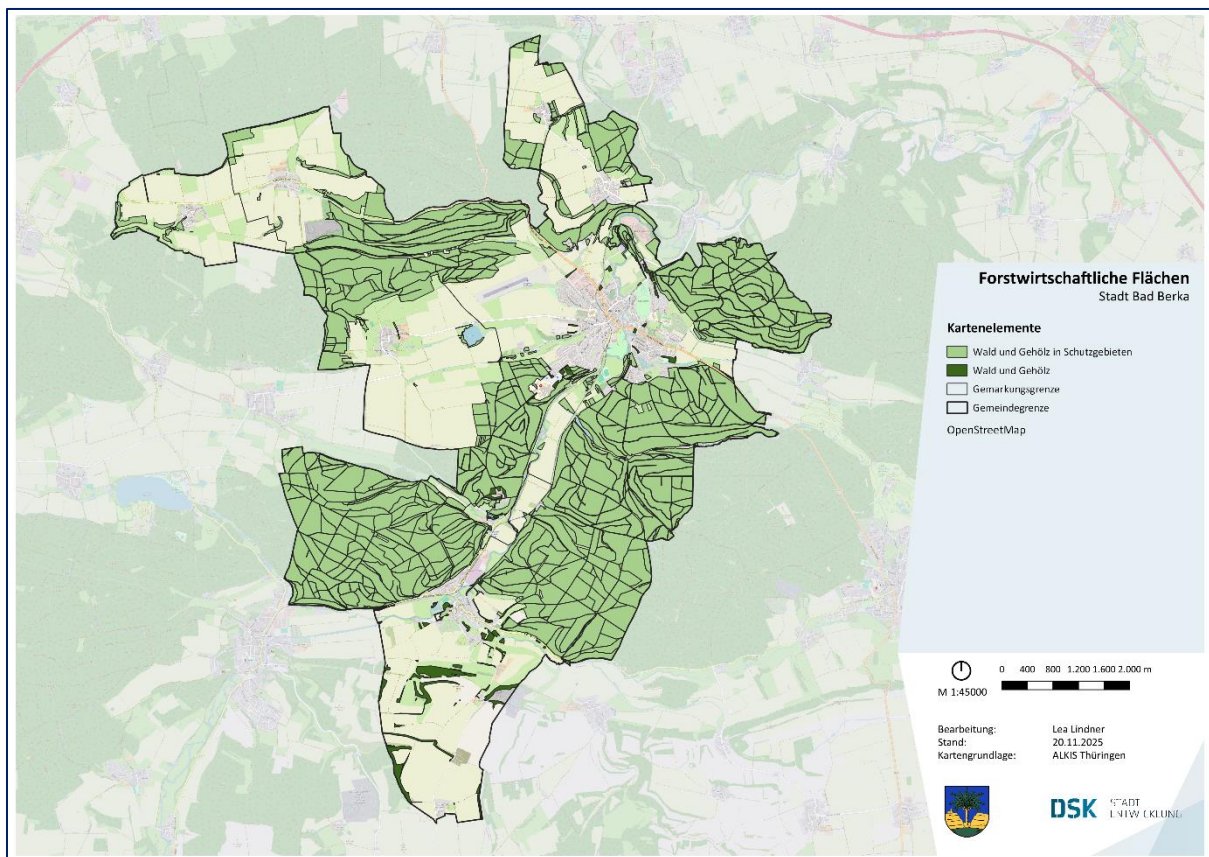


Abbildung 47: Forstwirtschaftliche Flächen in Bad Berka

Insgesamt besitzen die Waldflächen, die in Schutzgebieten liegen, eine Fläche von ca. 2.603,84 Hektar, sodass nur noch eine Fläche von 59,64 Hektar für die Nutzung der forstwirtschaftlichen Biomasse zur Verfügung steht.

Mithilfe der vierten Bundeswaldinventur (Stand 2022) und der Tabelle 6.03 „Vorrat (Erntefestmaß o. R.) des genutzten Bestandes nach Land und Baumartengruppe“ kann der genutzte Holzbestand in m³/a ermittelt werden¹⁰.

¹⁰ (Thünen-Institut, 2022)

Hierfür werden die Einzelangaben für den genutzten Bestand pro Baumart in $\text{m}^3/(\text{ha} \cdot \text{a})$ für das Land Thüringen mit der energetisch zur Verfügung stehenden forstwirtschaftlich genutzten Fläche von 59,64 Hektar multipliziert. Von diesem genutzten Holzbestand kann angenommen werden, dass die Hälfte energetisch genutzt wird und davon wiederum 41,9 % auf die energetische Nutzung von Waldholz entfallen. Dies bedeutet, dass insgesamt 21 % des nutzbaren Bestandes energetisch genutzt werden können¹¹. Die Aufteilung des Bestandes auf die einzelnen Baumarten kann der Tabelle 18 entnommen werden.

Tabelle 18: Bestand nach Baumarten

Baumart	Vorrat des genutzten Bestandes [$\text{m}^3/(\text{ha} \cdot \text{a})$]	Genutzter Bestand [m^3/a]	Energetisch genutzter Bestand [m^3/a]
Eiche	0,1	5,96	1,25
Buche	1,1	65,60	13,78
Esche	0,2	11,93	2,50
Ahorn	0,1	5,96	1,25
Birke	0,1	5,96	1,25
Fichte	5,2	310,13	65,13
Kiefer	0,6	35,78	7,51
Lärche	0,2	11,93	2,50
Gesamt	7,6	453,26	95,19

Um die nutzbare thermische Energie aus dem Holzbestand zu berechnen, wird der ermittelte energetisch nutzbare Holzbestand von 95,19 m^3/a in der Tabelle 19 mit dem Brennwert der jeweiligen Baumart multipliziert.

Tabelle 19: Wärmeertrag Waldholz (Heino Föh Kaminöfen und Metallbau, kein Datum)

Baumart	Energetisch genutzter Bestand [m^3/a]	Brennwert [kWh/m^3]	Thermische Energie [MWh/a]
Eiche	1,25	2.940	4
Buche	13,78	2.940	41
Esche	2,50	2.940	7
Ahorn	1,25	2.660	3
Birke	1,25	2.660	3
Fichte	65,13	2.100	137
Kiefer	7,51	2.380	18
Lärche	2,50	2.380	6
Gesamt	95,19	-	219

Daraus ergibt sich eine thermische Energiemenge von 219 MWh/a für Bad Berka.

Allerdings ist zu beachten, dass das Land Thüringen selbst angibt, dass die Nutzung des festen Bioenergieträgers Holz in Thüringen bereits einen hohen Stand erreicht hat. Nach Einschätzung der Forstverwaltung ist das ausgewiesene Potenzial an Waldholz für die energetische Verwendung sowohl aus dem Privatwald als auch aus dem

¹¹ (Umweltbundesamt, 2022)

Staatsforst und Kommunalwald weitgehend ausgeschöpft. Zusätzlich ist zu beachten, dass Thüringen ein Holzimportland ist und die bei der Holzverarbeitung anfallenden Nebenprodukte bereits stofflich und energetisch genutzt werden¹².

Altholz und Industrierestholz

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

Zur Ermittlung der Menge an anfallendem Altholz kann die Abfallbilanz des Freistaates Thüringen aus dem Jahr 2023 herangezogen werden. Es ergibt sich, dass für den Landkreis Weimarer Land, in dem Bad Berka liegt, kein Altholz anfällt. Somit ergibt sich dieses Potenzial bisher zu Null¹³.

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

Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb

Das Land Thüringen gibt an, dass bisher nur einige Pilot- und Demonstrationsflächen im Kurzumtrieb angepflanzt wurden, sodass hier noch ein größeres Potenzial zu erschöpfen ist¹⁴.

Der Anbau von KUP bietet aufgrund der steigenden Nachfrage nach Energieholz und des potenziell wachsenden Marktpreises für solche Rohstoffe langfristige wirtschaftliche Vorteile. Allerdings hat der Freistaat Thüringen bis jetzt noch keine Flächen ausgewiesen, die speziell für den Anbau von KUP auf einer größeren Fläche vorgesehen sind. Das thermische Potenzial beträgt zum jetzigen Stand somit Null, kann aber in enger Abstimmung mit den zuständigen Forst- und Landwirtschaftsbetrieben in den kommenden Jahren gesteigert werden, indem Flächen für KUPs ausgewiesen werden.

Für die Ausweisung von Flächen für KUPs sind mehrere Faktoren von Bedeutung. Zunächst ist der Standort entscheidend, wobei eine ausreichende Wasserverfügbarkeit, eine gute Bodenstruktur und eine hohe Durchlüftung des Bodens notwendig sind, um einen erfolgreichen Anbau zu gewährleisten. Besonders geeignet sind Flächen, die von Natur aus wenig produktiv sind, wie Grenzertragsstandorte, ehemalige Deponien oder Splitterflächen, auf denen andere landwirtschaftliche Nutzungen wenig erfolgversprechend wären. Der Energieertrag von KUP ist im Vergleich zu anderen Energiepflanzen wie Raps oder Mais relativ hoch, was KUP besonders attraktiv für die energetische Nutzung macht. Die Nutzung solcher Flächen trägt nicht nur zur Energieversorgung bei, sondern

¹² (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010)

¹³ (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, kein Datum)

¹⁴ (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010)

hat auch ökologische Vorteile, wie die Förderung der Biodiversität im Vergleich zu intensiver bewirtschafteten Ackerflächen (Bionenergie-Region).

Wenn in Zukunft im Land Thüringen ein intensiverer Anbau mit KUP betrieben wird, kann angenommen werden, dass 100% der Ernte für die Energieerzeugung genutzt werden. Die jährliche Massenleistung einer Kurzumtriebsplantage liegt im Durchschnitt bei etwa 10 Tonnen atro pro Hektar und Jahr, was umgerechnet zwischen 15 m³ und 20 m³ pro Hektar und Jahr (Festmeter/Hektar * Jahr) entspricht¹⁵. Es kann also von einem durchschnittlichen Ertrag von 17,5 m³/(ha*a) ausgegangen werden. Mit der anfallenden Menge von KUP, der jeweiligen prozentualen Zusammensetzung nach Baumarten auf den Flächen und den jeweiligen Brennwerten der verwendeten Baumarten (Tabelle 20) lässt sich das energetische Potenzial von Kurzumtriebsplantagen berechnen.

Tabelle 20: Brennwert nach Baumart für Kurzumtriebsplantagen¹⁶

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

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

Biogene Reststoffe und Abfälle

Stroh:

Stroh stellt ein weitgehend ungenutztes Potenzial als biogener Reststoff aus der Landwirtschaft dar. Dies bestätigt ebenfalls die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, denn das energetische Potenzial von Stroh werde im Vergleich zu Holz bisher kaum genutzt. Es entsteht bei der Getreideernte, wenn das Getreide gemäht, die Körner gedroschen und vom Stroh getrennt werden. Nach der Reinigung landen die Körner im Korntank des Mähdreschers und werden bei Bedarf in Transportfahrzeuge umgeladen, während das Stroh entweder lose auf dem Feld verteilt oder zu Ballen gepresst wird¹⁷.

In Deutschland wird auf etwa 34,8% der landwirtschaftlich genutzten Fläche Getreide angebaut¹⁸. Im Prozess des Getreideanbaus fällt Stroh als Produkt an. Im Durchschnitt liegt das Korn-Stroh-Verhältnis bei etwa 1 zu 0,8, was bedeutet, dass bei einem Kornertrag von 8 Tonnen pro Hektar rund 6,4 Tonnen Stroh pro Hektar anfallen¹⁹.

Somit entfallen in Bad Berka rund 697 Hektar auf den Anbau von Getreide. Folglich kann angenommen werden, dass vor Ort circa 5.574 Tonnen Getreide und damit 4.459 Tonnen Stroh gewonnen werden können. Das Potenzial von Stroh für die energetische Nutzung ist jedoch begrenzt. Aufgrund der konkurrierenden Nutzung (z. B. als Einstreu in der Tierhaltung oder der Notwendigkeit, einen Teil auf dem Feld zu belassen, um die Humus- und Nährstoffqualität zu erhalten) kann lediglich 20% des Strohaufkommens energetisch genutzt werden²⁰. Dies entspricht 892 Tonnen. Der durchschnittliche Heizwert von Stroh ergibt sich zu 4 kWh/kg, sodass 3.567 MWh pro Jahr an thermischer Energie erzeugt werden könnten²¹.

¹⁵ (Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Passau, kein Datum) (Bayrischer Waldbesitzverband e.V.)

¹⁶ (Heino Föh Kaminöfen und Metallbau, kein Datum)

¹⁷ (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2023)

¹⁸ (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2025)

¹⁹ (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2023)

²⁰ (Agentur für Erneuerbare Energien e.V., 2013)

²¹ (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 2015)

Tierische Exkremente:

Die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft berichtet, dass der gesamte Wirtschaftsdünger – bestehend aus Rindergülle, Schweinegülle, Stallmist und Hühnertrockenkot – zum Stichtag 01.01.2009 zu rund 23% genutzt wurde. Während die Gülle bereits zu etwa 33% energetisch verwertet wird, beträgt der Anteil bei Stallmist lediglich etwa 5%. Dieses Potenzial soll in Zukunft verbessert und ausgebaut werden²².

Zuerst muss die Anzahl der Tiere in Bad Berka ermittelt werden, um eine Aussage über die anfallende Menge der tierischen Exkremente treffen zu können. Dafür wird sich der Statistische Bericht der landwirtschaftlichen Betriebe für die Viehhaltung vom Stichtag 01.03.2023 herangezogen²³. Dieser enthält bundeslandspezifische Angaben zu den gehaltenen Tieren (Tabelle 41121-0201.1 R) und kann mit den Einwohnerzahlen des Freistaates Thüringen und Bad Berka ins Verhältnis gesetzt werden, um den kommunalen Viehbestand abzuschätzen²⁴. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 21 zu finden.

Tabelle 21: Viehbestand Thüringen und Bad Berka

Tierarten	Viehbestand Thüringen	Viehbestand Bad Berka
Rinder	178.900	623
Milchkühe	82.900	289
Schweine	605.400	2.107
Hühner	3.237.100	11.264
Schafe	132.300	461
Pferde	7.100	25
Gesamt	4.243.700	14.769

In Zukunft kann davon ausgegangen werden, dass bei der Ermittlung des Wirtschaftsdüngeranfalls aus technologischen und ökonomischen Gründen etwa 90% der Gülle sowie 90% des Schweine- und Rindermistes, 50% des Schafsmistes, 25% des Pferdemistes und rund 70% des Hühnertrockenkots für die Nutzung in Biogasanlagen erschlossen werden können²⁵. In Thüringen werden somit neben den klassischen Viehbeständen von Rindern, Schweinen und Hühnern auch Schafe und Pferde mit bei der Erzeugung von thermischer Energie aus tierischen Exkrementen betrachtet.

Werden diese Einschränkungen bei der energetischen Verwertung betrachtet und mit den Faustzahlen für den Biogasertrag der einzelnen Tierarten multipliziert ergeben sich die jeweiligen thermischen Energien in der Tabelle 22.

²² (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010)

²³ (Statistisches Bundesamt, 2024)

²⁴ Einwohner Thüringen (2023): 2.116.413; Einwohner Bad Berka (2024): 7.450 (Quelle: TLS, 2025)

²⁵ (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010)

Tabelle 22: Wärmeertrag Tierische Exkremente²⁶

Tierarten	Gülle- und Mistproduktion	Thermische Energie [kWh/Tierplatz*a]	Gesamte Thermische Energie [MWh/a]
Rinder	2,8 t Festmist/Tierplatz und Jahr	1.479	829
Milchkühe	17 m ³ Gülle /Tierplatz und Jahr	2.882	750
Schweine	1,6 m ³ Gülle/Tierplatz und Jahr	192	364
Hühner	2 m ³ Rottemist/100 Tierplätze und Jahr	1.634 [100 Tierplätze]	129
Schafe	1 t Festmist/Tierplatz und Jahr	400	92
Pferde	11,1 t Festmist/Tierplatz und Jahr	3.874	24
Gesamt	-	-	2.188

Somit steht in Bad Berka eine thermische Energie von 2.188 MWh/a aus der Gülle- und Mistproduktion von Tieren zur Verfügung.

Biogene Abfälle:

Zur Ermittlung der Menge an anfallenden biogenen Abfällen wird wieder die Abfallbilanz des Freistaates Thüringen aus dem Jahr 2023²⁷ sowie die „Klärschlamm Entsorgung aus der biologischen Abwasserbehandlung in Thüringen“²⁸ herangezogen. Da in beiden Fällen die Angaben zu den biogenen Abfällen nur auf Ebene des Landkreises Weimarer Land vorliegen, werden die Werte mithilfe der Einwohnerzahlen des Landkreises Weimarer Land und Bad Berka im Jahr 2023 umgerechnet²⁹. Somit ergeben sich folgende Werte zum Anfall biogener Abfälle in Tabelle 23.

Tabelle 23: Abfallmenge Landkreis Weimarer Land und Bad Berka

Abfallart/Wertstoff	Abfallmenge LK Weimarer Land [t/a]	Abfallmenge Bad Berka [t/a]
Hausmüll	15.453	1.370
Bioabfall	0	0
Grünabfall	8.948	793
Klärschlamm (Thermische Entsorgung)	1.224	109
Gesamt	25.625	2.271

Der Wert des Klärschlammes bezieht sich bereits auf die reine thermische Entsorgung. Für Bio- und Grünabfälle kann eine thermische Verwertung von 2% und für Hausabfälle von 80% angenommen werden³⁰. Somit ergeben sich folgende Mengen und Energien für die thermische Verwertung in der Tabelle 24.

²⁶ (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, kein Datum)

²⁷ (Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz, 2024)

²⁸ (Thüringer Landesamt für Statistik, 2023)

²⁹ Einwohner Landkreis Weimarer Land (2023): 83.056 ; Einwohner Bad Berka (2024): 7.450 (Quelle: TLS, 2025)

³⁰ (Statistisches Bundesamt, 2025)

Tabelle 24: Wärmeertrag Biogene Abfälle

Abfallart/Wertstoff	Menge für thermische Entsorgung [t/a]	Heizwert [kWh/kg]	Thermische Energie [MWh/a]
Hausmüll	1.096	2,8 ³¹	3.068
Bioabfall	0	1,3 ³²	0
Grünabfall	16	1,3 ^{wie Bioabfall}	21
Klärschlamm	109	2,9 ³³	315
Gesamt	1.220	-	3.403

Insgesamt stehen in Bad Berka somit 3.403 MWh/a thermische Energie aus biogenen Abfällen zu Verfügung.

Zusammenfassung

Werden alle bisher bilanzierten Biomasseträger nochmals zusammen betrachtet, ergeben sich folgende Wärmeerträge für Bad Berka in der Tabelle 25.

Tabelle 25: Wärmeertrag aller Biomasseträger

Biomasseträger	Thermische Energie [MWh/a]
Landwirtschaftliche Biomasse	11.935
Energieholz	219
Forstwirtschaftliche Biomasse	219
Altholz und Industrierestholz	0
Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb	0
Biogene Reststoffe und Abfälle	9.159
Stroh	3.567
Tierische Exkremente	2.188
Biogene Abfälle	3.403
Gesamt	21.313

Somit stehen insgesamt 21.313 MWh/a aus Biomasse in Bad Berka thermisch zur Verfügung.

2.10. Grüner Wasserstoff und grünes Methan

Klimaneutrale Gase gewinnen im Transformationsprozess hin zu einem treibhausgasarmen Energiesystem zunehmend an Bedeutung. Sie umfassen gasförmige Energieträger, deren Herstellung, Verteilung und Nutzung keine zusätzlichen Treibhausgasemissionen verursachen oder deren verbleibende Emissionen vollständig ausgeglichen werden. Dazu zählen grüner Wasserstoff, synthetisches Methan aus Power-to-Gas-Verfahren sowie bestimmte biogene Gase, sofern ihre gesamte Wertschöpfungskette emissionsfrei oder bilanziell klimaneutral ist. Grüner Wasserstoff wird durch Elektrolyse unter Einsatz erneuerbarer Energien hergestellt und ist vollständig treibhausgasfrei.

³¹ (Bundesverband Geothermie e.V., 2021)

³² (Umweltbundesamt, 2022)

³³ (Umweltbundesamt, 2018)

Die Stadt Bad Berka sowie die Ortsteile Bergern, Tiefengruben, München und Tannroda liegen im Gasversorgungsgebiet der TEN Thüringer Energienetze. Die Versorgung erfolgt überwiegend über den Netzkoppelungspunkt Troistedt, der durch die Ferngas Netzgesellschaft vorgelagert angebunden ist. Gemeinsam mit den Fernleitungsnetzbetreibern Ferngas Netzgesellschaft und GASCADE bereitet TEN die schrittweise Umstellung des Thüringer Erdgasnetzes auf Wasserstoff vor. Der Fokus liegt zunächst auf Industrieclustern und KWK-Anlagen (Abbildung 48), die prioritäre Abnehmer im entstehenden Wasserstoffsystem darstellen.

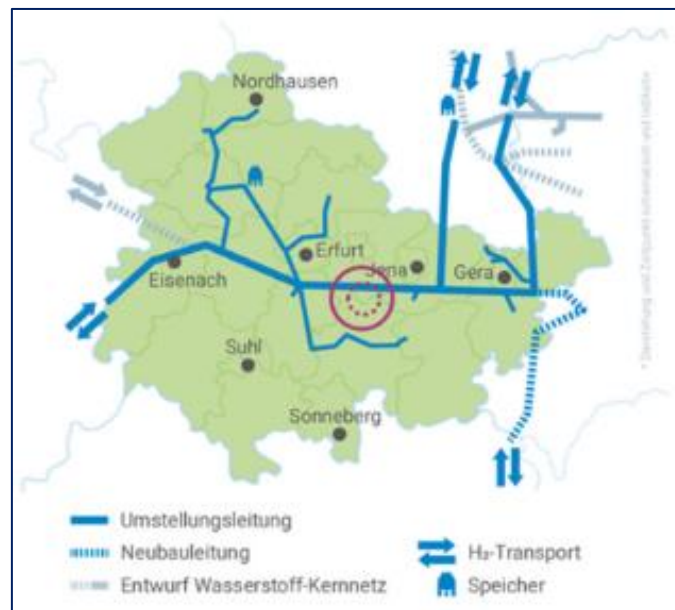


Abbildung 48: Wasserstoff-Kernnetz und Leitungsstruktur in Thüringen

Für Bad Berka ist langfristig eine Versorgung aus nördlicher Richtung denkbar, ausgehend von der überregionalen Wasserstoffinfrastruktur entlang der A4-Achse (Wasserstoff-Kernnetz, Betreiber: GASCADE). Konkrete Planungen liegen hierfür jedoch derzeit nicht vor. Damit zukünftige Anforderungen berücksichtigt werden können, bittet TEN um frühzeitige Abstimmung der benötigten Kapazitäten für Erdgas und Wasserstoff. Lokale, dezentrale Wasserstoffprojekte zur Eigenversorgung sind dem Netzbetreiber aktuell nicht bekannt.

(Weitere Informationen finden Sie unter:

https://www.thueringer-energienetze.com/Ueber_uns/Wasserstoffinfrastruktur)

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Möglichkeit besteht Wasserstoff zukünftig zu beziehen, allerdings voraussichtlich für Industriecluster und KWK-Anlagen. Auch über die Verfügbarkeit bzw. Menge der Gase kann an dieser Stelle keine Aussage getroffen werden. Das Potenzial von Biomethan liegt derzeit nicht im Untersuchungsgebiet vor.

2.11. Gewässer

Im Planungsgebiet liegt kein Gewässer vor, dass die Bedingungen erfüllt, um eine Wärmepotenzial darzustellen.

3. Eignungsgebiete

Für den Zwischenbericht der Kommunalen Wärmeplanung ist es wichtig, dass ein vorläufiges Zielszenario beschrieben wird. Dieses Szenario stellt in der finalen Version des Konzeptes den zielgerichteten Endzustand der zukünftigen Wärmeversorgung dar und basiert auf den Ergebnissen der Bestands- und Potenzialanalyse sowie der bewerteten Versorgungsoptionen. Es dient als strategische Planungsgrundlage für Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Wärmesektors und zur langfristigen Sicherstellung einer nachhaltigen, resilienten und wirtschaftlichen Wärmeversorgung. Die Zielszenarien sind dabei nicht als Prognose, sondern als planerisches Leitbild zu verstehen, das unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und rechtlicher Rahmenbedingungen transformationspfade für eine klimaneutrale Wärmeversorgung aufzeigt. Aus dem Grund wird das Szenario bereits im Zwischenbericht gezeigt, um eventuelle Fragen oder Anmerkungen zu begegnen.

3.1. Eignungsgebiete

In der Abbildung 49 werden die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete dargestellt. Dezentrale Wärmeversorgungsgebiete bilden einen wesentlichen Bestandteil. Dies bedeutet, dass Eigentümer: innen selbständig für die klimaneutrale Wärmeversorgung gemäß Gebäudeenergiegesetz verantwortlich sind und die geltenden Vorgaben erfüllen. Grundsätzlich wird dies durch die vorliegende Situation in Bezug auf Versorgungssicherheit, Realisierungsrisiko und Kosteneffizienz, sowie durch die Abstimmung mit lokalen Akteuren der Energieversorgung begründet. Teilgebiete werden als Prüfgebiet ausgewiesen, wenn die erforderlichen Umstände noch nicht ausreichend bekannt sind. Durch neue Erkenntnisse im Rahmen der Fortschreibung des Konzeptes, ist es möglich die Versorgungsgebiete weiter zu untersuchen.

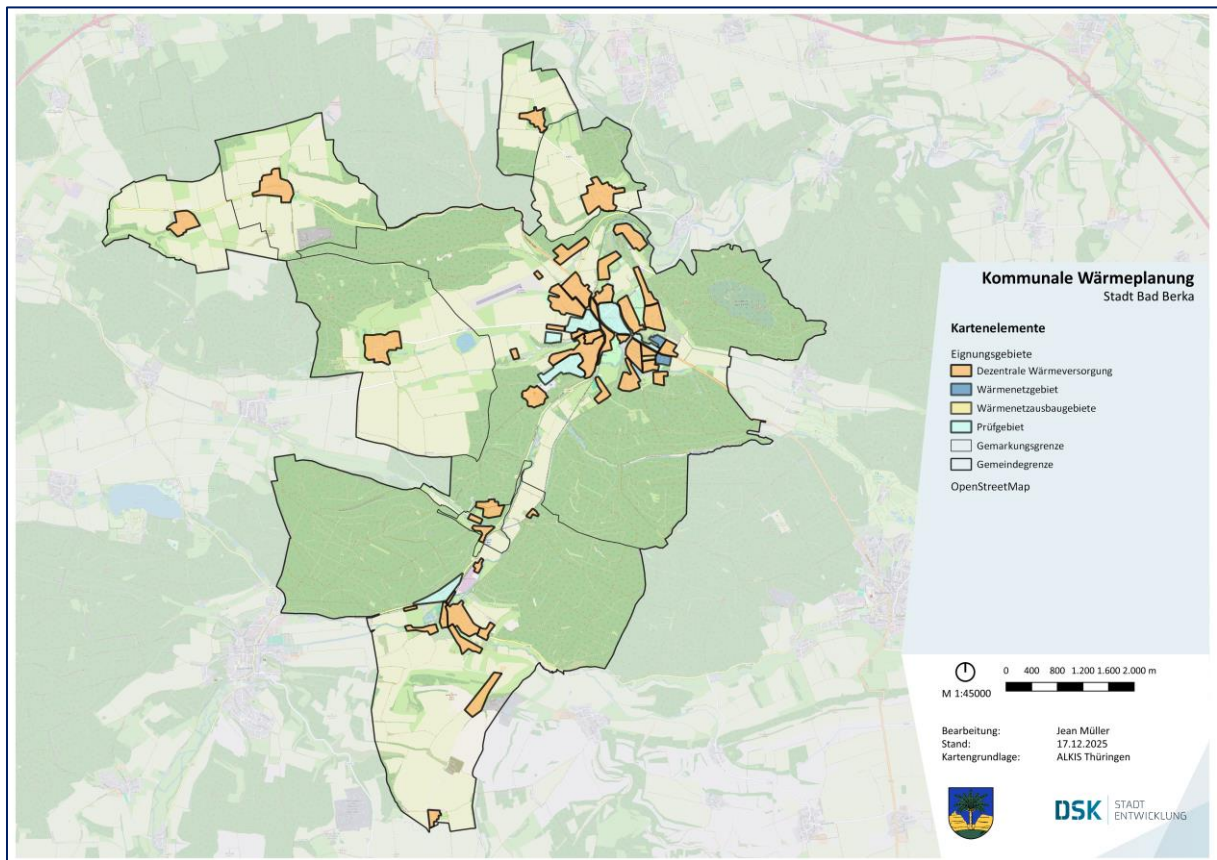


Abbildung 49: Eignungsgebiete Gemeinde Bad Berka

Die Eignungsgebiete für die Kernstadt in Bad Berka werden in der Abbildung 50 vertieft. Hierbei wird deutlich, dass die beiden bisherigen Wärmenetze erhalten bzw. der Netzbetreiber TWS ein Ausbaubereich plant. Zusätzlich soll in der Fortschreibung geprüft werden, ob es mögliche Erweiterungen gibt. Diese sind als Prüfgebiet deklariert.

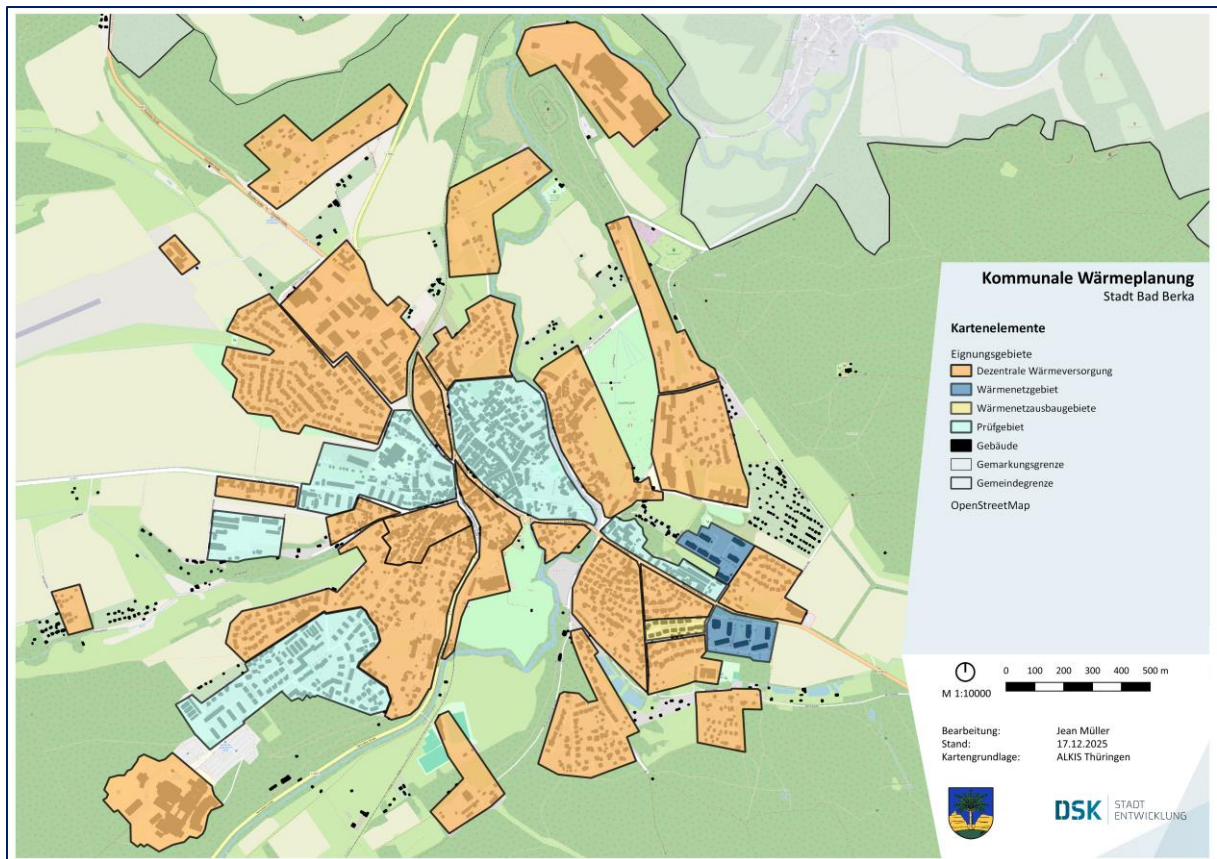


Abbildung 50: Eignungsgebiete in der Kernstadt Bad Berka

Anhang

Literaturverzeichnis

- ADAC. (09. Januar 2025). Von Verbrenner-Verbot: Ab 2035 keine neuen Diesel und Benzin mehr:
<https://www.adac.de/news/aus-fuer-verbrenner-ab-2035/> abgerufen
- Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (Januar 2013). *unendlich-viel-energie: Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern: Teilkapitel - Einleitung*. Abgerufen am 1. Juli 2025 von https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/240.AEE_Potenzialatlas_Bioenergie_Einleitung_jan13.pdf
- Agora Verkehrswende. (2019). *Klimabilanz von Elektroautos. Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial*.
- Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Passau. (kein Datum). *aelf: Kurzumtriebsplantage - Energie vom Acker*. Abgerufen am 15. Juli 2025 von <https://www.aelf-pa.bayern.de/forstwirtschaft/holz/069846/index.php?layer=bookmark&>
- Baunetz Wissen. (November 2024). *Power-to-Gas-Verfahren*. Von <https://www.baunetzwissen.de/glossar/p/power-to-gas-4648301> abgerufen
- Bayrischer Waldbesitzverband e.V. (kein Datum). *waldbesitzverband: Abrechnungsmaße und Umrechnungsfaktoren*. Abgerufen am 15. Juli 2025 von https://www.waldbesitzerverband.de/pdf/mitteilungen/4-2-09_abrechnungsmasse-umrechnungsfaktoren.pdf
- BfEE. (2025). *Plattform für Abwärme*. Von https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html abgerufen
- Bionenergie-Region. (kein Datum). *Bionenergie-Region: Anlage von Kurzumtriebsplantagen in der Bioenergieregion Jena-Saale-Holzland*. Abgerufen am 15. Juli 2025 von <http://www.bioenergie-region.de/images/pdf/Bericht.pdf>
- Blickensdörfer, L. S. (2021). *National-scale crop type maps for Germany from combined time series of Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat 8 data (2017, 2018 and 2019)*. Abgerufen am 2. Juli 2025 von <https://zenodo.org/records/5153047>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (7. November 2024). *Landwirtschaft: Energie aus nachwachsenden Rohstoffen*. Abgerufen am 2. Juli 2025 von <https://www.landwirtschaft.de/umwelt/klimawandel/erneuerbare-energien/energie-aus-nachwachsenden-rohstoffen>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2. Juli 2024). *Praxis-Agrar: Energiepflanzen für die Biogaserzeugung*. Abgerufen am 2. Juli 2025 von <https://www.praxis-agrar.de/betrieb/erneuerbare-energien/energiepflanzen-fuer-die-biogaserzeugung>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (23. Mai 2025). *praxis-agrar: Was wächst auf Deutschlands Feldern?* Abgerufen am 16. Juli 2025 von <https://www.praxis-agrar.de/service/infografiken/landwirtschaftlich-genutzte-flaeche>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (November 2024). *Klimaschutzplan 2050*. Von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-klimaschutzplan-2050.html> abgerufen
- Bundesregierung. (2025). *CO2-Preis beträgt jetzt 55 Euro*.
- Bundesverband Geothermie e.V. (Januar 2021). *geothermie: Brennwert*. Abgerufen am 22. Juli 2025 von <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/b/brennwert>
- CeBus. (2024). *Fahrtenplaner*. Von <https://cebus-celle.de/> abgerufen
- co2online. (Oktober 2024). *Energiesparen im Haushalt*. Von <https://www.co2online.de/energie-sparen/> abgerufen
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). (2023). *Branchenbarometer Biomethan 2023*. Berlin.
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). (2024). *Branchenbarometer Biomethan 2024*. Berlin.
- ecospeed. (2022). Von Homepage: <https://ecospeed.eu/> abgerufen
- Energieagentur Rheinland-Pfalz. (November 2024). *Praxisleitfaden Nahwärme*. Von https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/Praxisleitfaeden/Praxisleitfaden_Nahwaerme.pdf abgerufen
- Europäisches Parlament. (kein Datum). *"20-20-20 bis 2020": EP debattiert Klimaschutzpaket*. Brüssel.

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

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

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

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

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

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

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. (kein Datum). *LUBW: Was ist Altholz?* Abgerufen am 15. Juli 2025 von <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/abfall-und-kreislaufwirtschaft/altholz>

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. (13. Juli 2023). *landwirtschaftskammer: Gelbe Riesen auf dem Acker*. Abgerufen am 16. Juli 2025 von <https://www.landwirtschaftskammer.de/presse/archiv/2023/aa-2023-22-02.htm>

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK). (2020). Von <https://lfu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Fachbeitrag-162.pdf> abgerufen

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. (25. November 2024). Von Grundwasserspiegel: <https://www.grundwasserstandonline.nlwkn.niedersachsen.de/Karte> abgerufen

Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV). (2021). Von Verkehrsmengenkarte Niedersachsen: https://www.strassenbau.niedersachsen.de/download/192839/Verkehrsmengenkarte_2021.pdf abgerufen

Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege. (2024). *Denkmalatlas Niedersachsen*. Von https://denkmalatlas.niedersachsen.de/viewer/searchadvanced/-/%2528%2528MD_NLD_MUNICIPALITY%253A%2522Br%25C3%25B6ckel%2522%2529%2529/1/-/MD_NLD_DISTRICT%253ACelle%253B%253B/ abgerufen

Niedersächsisches Landesamt für Denkmalschutz. (2024). *Denkmalatlas Niedersachsen*. Von https://denkmalatlas.niedersachsen.de/viewer/searchadvanced/-/%2528%2528MD_NLD_MUNICIPALITY%253A%2522WIENHAUSEN%2522%2529%2529/1/-/-/ abgerufen

Peisker, H. V. (2007). *Energetische Verwertung von Stroh – Möglichkeiten und Grenzen*. Von https://www.tllr.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/feste_bio/stre0207.pdf abgerufen

Pendleratlas. (14. November 2024). *Pendleratlas Statistikportal*. Von <https://pendleratlas.statistikportal.de/> abgerufen

Samtgemeinde Flotwedel. (31. Dezember 2024). Von Bevölkerungsfortschreibung: <https://www.flotwedel.de/portal/seiten/bevoelkerungsfortschreibung-900000014-29611.html?vs=1> abgerufen

Samtgemeinde Flotwedel. (18. November 2024). *Bürgerbus in der Samtgemeinde Flotwedel*. Von <https://www.flotwedel.de/portal/seiten/buergerbus-in-der-samtgemeinde-flotwedel-900000066-29611.html?vs=1> abgerufen

Samtgemeinde Flotwedel. (2024). *Gemeinde Bröckel - Chronik*. Von <https://www.flotwedel.de/portal/seiten/gemeinde-broeckel-chronik-900000043-29611.html?vs=1> abgerufen

Solar Direktinvest. (2024). Von Sonderabschreibungen PV Anlage: <https://solar-direktinvest.de/photovoltaik/photovoltaik-steuer/sonderabschreibung-pv-anlage/> abgerufen

Statista. (2025). Von Durchschnittliche jährliche globale Temperaturanomalien von 1850 bis 2023: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1073559/umfrage/durchschnittliche-temperaturschwankungen-land-meer/> abgerufen

Statistisches Bundesamt. (5. April 2024). *destatis: Statistischer Bericht - Landwirtschaftliche Betriebe - Viehhaltung*. Abgerufen am 22. Juli 2025 von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft->

Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/statistischer-bericht-viehhaltung-2030213239005.xlsx?__blob=publicationFile&v=4

Statistisches Bundesamt. (25. Juni 2025). *destatis: Statistischer Bericht - Abfallbilanz 2023*. Abgerufen am 22. Juli 2025 von https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/statistischer-bericht-abfallbilanz-5321001237005.xlsx?__blob=publicationFile&v=2

Thünen-Institut. (2022). *bwi: Vorrat (Erntefestmaß o.R.) des genutzten Bestandes [m³/ha*a] nach Land und Baumartengruppe*. Abgerufen am 3. Juli 2025 von <https://bwi.info/inhalt1.3.aspx?Text=6.03%20Baumartengruppe&prRolle=public&prInv=BWI2022&prKapitel=6.03>

Thüringer Landesamt für Statistik. (31. Dezember 2023). *TLS: Klärschlamm Entsorgung aus der biologischen Abwasserbehandlung*. Abgerufen am 28. Juli 2025 von <https://statistik.thueringen.de/datenbank/TabAnzeige.asp?tabelle=kr002219%7C%7C>

Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz. (Dezember 2024). *TLUBN: Abfallbilanz 2023*. Von https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/000_TLUBN/Umweltschutz/Abfall/Landesabfallwirtschaftsplanung/Abfallbilanz_2023.pdf abgerufen

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. (Mai 2010). *Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum: Regionale Biomassepotenziale zur energetischen Nutzung im Freistaat Thüringen*. Abgerufen am 1. Juli 2025 von https://www.tllr.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/feste_bio/bioe0510.pdf

Umweltbundesamt. (April 2018). *umweltbundesamt: Energieerzeugung aus Abfällen*. Abgerufen am 22. Juli 2025 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26_texte_51-2018_energieerzeugung-abfaelle.pdf

Umweltbundesamt. (Oktober 2018). *umweltbundesamt: Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland*. Abgerufen am 22. Juli 2025 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2018_10_08_uba_fb_klaerschlamm_bf_low.pdf

Umweltbundesamt. (2021). Von Spezifische CO₂-Emissionen im Strommix deutlich gesunken: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/spezifische-co2-emissionen-im-strommix-deutlich> abgerufen

Umweltbundesamt. (12.2022). *umweltbundesamt: Aktuelle Nutzung und Förderung der Holzenergie*. Abgerufen am 3. Juli 2025 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/2024-06-27_cc_12-2022_aktuelle_nutzung_und_foerderung_der_holzenergie.pdf.pdf

Umweltbundesamt. (2024). Von Primärenergieverbrauch: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergieverbrauch#definition-und-einflussfaktoren> abgerufen

Verkehrsgemeinschaft Nordost-Niedersachsen. (2024). Von Fahrplaner: https://www.vnn.de/fahrplaner?language=de_DE&P=TP&start=yes&widget=1.0.0& abgerufen

Weltenergierat Deutschland. (Juni 2025). Von <https://www.weltenergierat.de/publikationen/energie-fuer-deutschland/klimafreundliche-gase-eine-wichtige-saeule-der-zukuenftigen-energieversorgung/?cn-reloaded=1> abgerufen

Wolters Kluwer Deutschland GmbH. (November 2024). *Niedersächsisches Vorschrifteninformationssystem*. Von <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/d959b1ac-0d30-3ad4-bfcf-9814feb2fa45> abgerufen

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der erhobenen Daten durch Anlage 1 zu §15 WPG	7
Tabelle 2: Übersicht Baualtersklassen	13
Tabelle 3: Übersicht Anzahl Baublöcke und Hausanschlüsse je Energieträger	30
Tabelle 4: Sektorale Aufteilung der Endenergie	33
Tabelle 5: Emissionsfaktoren Anlage 9 (zu § 85 Absatz 6 WPG)	34
Tabelle 6: Sektorale Aufteilung der THG-Emissionen	35
Tabelle 7: Aufkommen des Endenergieverbrauches	36
Tabelle 8: Einschränkungen für Wärmeversorgungstechnologien	45
Tabelle 9: Spezifische Wärmeentzugsleistungen für unterschiedliche Untergründe (VDI 4640)	51
Tabelle 10: Vergleich verschiedener Szenarien für geothermische Erdwärmesonden	54
Tabelle 11: Abstandsregelungen Wärmepumpennutzung nach Gebieten	56
Tabelle 12: Produktionspotenzial von Dach-PV – Gemeinde Bad Berka	59
Tabelle 13: Produktionspotenzial von Dach-PV – Bad Berka, gemarkungsscharf	61
Tabelle 14: Übersicht der Kriterien zur Flächenkulisse für PV-Anlagen auf Freiflächen	63
Tabelle 15: PV-Flächenpotenziale nach Gemeinde in qm	66
Tabelle 16: Flächenverteilung nach Energiepflanzen	70
Tabelle 17: Wärmeertrag Energiepflanzen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, kein Datum)	70
Tabelle 18: Bestand nach Baumarten	72
Tabelle 19: Wärmeertrag Waldholz (Heino Föh Kaminöfen und Metallbau, kein Datum)	72
Tabelle 20: Brennwert nach Baumart für Kurzumtriebsplantagen	74
Tabelle 21: Viehbestand Thüringen und Bad Berka	75
Tabelle 22: Wärmeertrag Tierische Exkremente	76
Tabelle 23: Abfallmenge Landkreis Weimarer Land und Bad Berka	76
Tabelle 24: Wärmeertrag Biogene Abfälle	77
Tabelle 25: Wärmeertrag aller Biomasseträger	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Großräumige Gliederung der Stadt Bad Berka	11
Abbildung 2: Vorwiegender Gebäudetyp in einer baublockbezogenen Darstellung.....	11
Abbildung 3: Baublöcke nach Sektoren.....	12
Abbildung 4: Darstellung der vorwiegenden Baualtersklassen	12
Abbildung 5: Aufteilung Baualtersklassen	13
Abbildung 6: Baublockbezogene Darstellung des Erdgasnetzes	14
Abbildung 7: Bestehende, geplante und genehmigte Wärmenetze	15
Abbildung 8: Ankerkunden nach Ortsteilen	17
Abbildung 9: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Erdgas.....	18
Abbildung 10: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Heizöl	19
Abbildung 11: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Kohle	20
Abbildung 12: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Flüssiggas	21
Abbildung 13: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Holzbrennstoffe	22
Abbildung 14: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Wärmestrom	23
Abbildung 15: Baublockbezogene Darstellung Energieträger Fernwärme	24
Abbildung 16: Darstellung Standort Kläranlage und Haltung > DN800	25
Abbildung 17: Stromnetz in Bad Berka.....	26
Abbildung 18: Baublockbezogene Wärmeflächendichte.....	27
Abbildung 19: Darstellung der Wärmeflächenklassen	28
Abbildung 20: Straßenabschnittsbezogene Wärmelinieendichte 100% Anschluss	28
Abbildung 21: Straßenabschnittsbezogene Wärmelinieendichte 75% Anschluss	29
Abbildung 22: Baublockbezogene Darstellung des prägenden Energieträgers.....	30
Abbildung 23: Darstellung Baublöcke je Energieträger	31
Abbildung 24: Darstellung Hausanschlüsse je Energieträger	31
Abbildung 25: Sektorale Darstellung der Energieträger	32
Abbildung 26: Energieträgeranteil am Endenergieverbrauch	33
Abbildung 27: Energieträgeranteil an den CO ₂ -Emissionen.....	35
Abbildung 28: Verteilung CO ₂ -Emissionen.....	36
Abbildung 29: Anteile Endenergieverbrauch nach Aufkommen	37
Abbildung 30: Darstellung Reduktionspfad nach O45-Szenario (KWW-Technikkatalog Wärmeplanung, 2025).....	39
Abbildung 31: Darstellung Reduktionspfad nach UBA-Projektion (KWW-Technikkatalog Wärmeplanung, 2025)	40
Abbildung 32: Darstellung Reduktionspfad nach Fortschreibung der jährlichen Reduktion seit 2016 (KWW-Technikkatalog Wärmeplanung, 2025).....	40
Abbildung 33: Energieverbrauch im Haushalt nach Kategorien (EKZ-Ratgeber, 2024)	41
Abbildung 34: Ausschlussflächen Bad Berka	44
Abbildung 35: Potenzialflächen Bad Berka.....	44
Abbildung 36: Übersicht geothermischer Nutzungsmöglichkeiten (Verein Geothermie Thurgau (nach Geothermie.ch), 2025)	46
Abbildung 37: Untersuchungsbohrungen Gemeinde	49
Abbildung 38 Entzugsleistung in 60 m Tiefe bei 2400 Betriebsstunden.....	50
Abbildung 39 Entzugsleistung in 120 m Tiefe bei 2400 Betriebsstunden.....	50
Abbildung 40 Funktionsweise einer Wärmepumpe	55

Abbildung 41: Abstandsanalyse für Wärmepumpen	56
Abbildung 42: PV-Dachanalyse – Gemeinde Bad Berka	60
Abbildung 43: Produktionspotenzial von Dach-PV – Bad Berka, gemarkungsscharf	61
Abbildung 44: PV-Freiflächenpotenziale im Untersuchungsgebiet	65
Abbildung 45: PV-Freiflächenpotenzial in qm - nach Gemarkungen	66
Abbildung 46: Landwirtschaftliche Flächen in Bad Berka	69
Abbildung 47: Forstwirtschaftliche Flächen in Bad Berka	71
Abbildung 48: Wasserstoff-Kernnetz und Leitungsstruktur in Thüringen	78
Abbildung 49: Eignungsgebiete Gemeinde Bad Berka	80
Abbildung 50: Eignungsgebiete in der Kernstadt Bad Berka	81