

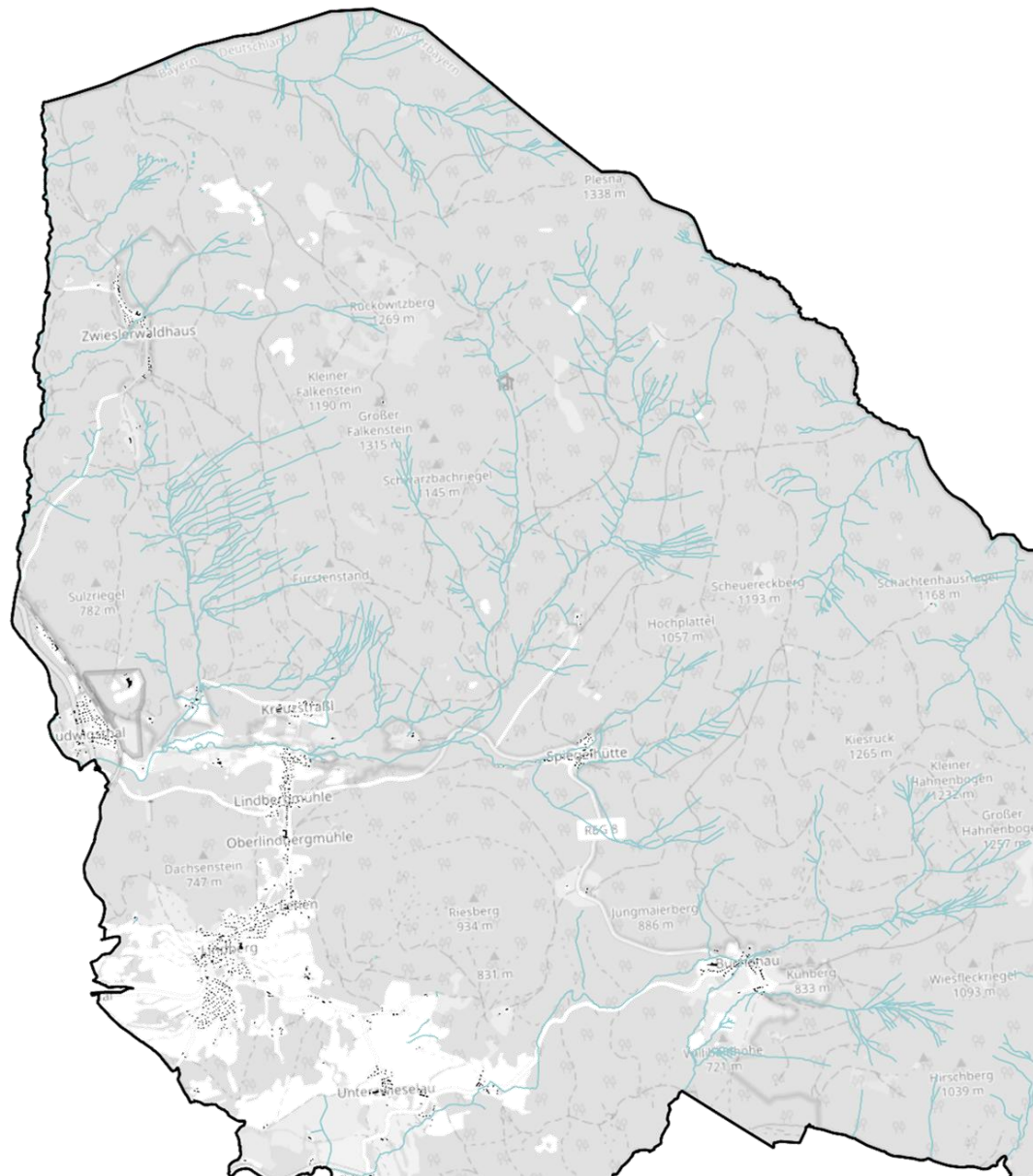
# Kommunale Wärmeplanung

## Detailbericht

---



# Lindberg



# IMPRESSUM

Herausgeber: **ILE Nationalparkgemeinden e.V.**  
Konrad-Wilsdorf-Straße 5  
94518 Spiegelau  
[info@ile-nationalparkgemeinden.de](mailto:info@ile-nationalparkgemeinden.de)  
Ansprechpartner: Sebastian Biereder



Ersteller: **Bayernwerk Netz GmbH**  
Lilienthalstraße 7  
93049 Regensburg  
[www.bayernwerk.de](http://www.bayernwerk.de)  
+49 9412 01 00  
[info@bayernwerk.de](mailto:info@bayernwerk.de)



**Institut für nachhaltige  
Energieversorgung GmbH**  
Anton-Kathrein-Straße 1  
83022 Rosenheim  
[www.inev.de](http://www.inev.de)  
+49 8031 271 680  
[info@inev.de](mailto:info@inev.de)



Projektleitung: Christina Albrecht (Bayernwerk Netz GmbH)  
Nils Schild (Institut für nachhaltige Energieversorgung GmbH)  
Stellvertretung: Sebastian Stöhr  
Projektteam: Adrian Hausner, Béla van Rinsum, Odai Alasmar, Christina Spiegel, Sebastian Stöhr, Erik Jacobs, Patricia Pöllmann, Lea Schmidtke, Antonia Paulus, Benedikt Schumann, Alexander Möller, Andreas van Eyken, Annina Oberrenner

Version: V 1.0

Stand: Oktober 2025

Gefördert nach: Kommunalrichtlinie, Förderkennzeichen 67K27969  
Kommunale Wärmeplanung für die ILE Nationalparkgemeinden e.V.  
Projektträger Z-U-G gGmbH  
Laufzeit: 11.12.2024 - 31.12.2025  
[www.klimaschutz.de/kommunalrichtlinie](http://www.klimaschutz.de/kommunalrichtlinie)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Nationale  
Klimaschutz-  
initiative:

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert die Bundesregierung seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen oder Bildungseinrichtungen.

Hinweis zur Sprache: Zum Zweck der besseren Lesbarkeit wird im Bericht die Sprachform des generischen Maskulinums verwendet. Diese Sprachform ist geschlechtsneutral zu verstehen und schließt alle Geschlechter gleichermaßen ein.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>Vorwort</b>	<b>7</b>
<b>1 Bestandsanalyse</b>	<b>8</b>
1.1 Datenerhebung und Energieinfrastruktur	8
1.1.4 Leitungsgebundene Energieversorgung	9
1.1.5 Dezentrale Wärmeversorgung	10
1.1.6 Großverbraucher	11
1.2 Eignungsprüfung und bauliche Struktur	12
1.2.1 Bauliche Struktur in Lindberg	13
1.2.2 Ergebnis der Eignungsprüfung	14
1.3 Energie- und Treibhausgasbilanz	15
1.4 Wärmebedarf	23
<b>2 Potenzialanalyse</b>	<b>28</b>
2.1 Wärmenetze	29
2.1.1 Gebäudenetze	31
2.1.2 Betreibermodelle	32
2.2 Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien	34
2.2.1 Wärme	34
2.2.2 Strom	45
2.3 Effizienzpotenziale	49
2.3.1 Sanierung	49
2.3.2 KWK	52
2.4 Potenziale zur Nutzung von Abwärme	53
2.4.1 Industrie	53
2.4.2 Abwasser	53
2.4.3 Rechenzentren	54
2.5 Fazit Potenziale	55
<b>3 Zielsetzung und Szenarienentwicklung</b>	<b>56</b>
3.1 Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045	56
3.2 Zielszenario	58
3.2.1 Wärmebedarf	60
3.2.2 Treibhausgasemissionen	62
3.2.3 Leitungsgebundene Wärmeversorgung	63
<b>4 Überführung Gesamtbericht</b>	<b>64</b>
<b>5 Fazit</b>	<b>65</b>
<b>Verweise</b>	<b>66</b>
<b>Glossar</b>	<b>67</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Energieversorgung in Lindberg: Standorte von Wasserkraftwerken und Biomasseanlage sowie der Verlauf des Gebäudenetzes, eigene Darstellung	9
Abbildung 2: Standortbezogene Darstellung der Großverbraucher, eigene Darstellung	11
Abbildung 3: Überwiegender IWU-Gebäudetyp auf Baublockebene, eigene Darstellung	13
Abbildung 4: Ergebnisdarstellung der Eignungsprüfung, eigene Darstellung	14
Abbildung 5: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereich, eigene Darstellung	16
Abbildung 6: Endenergieverbrauch nach Sektoren, eigene Darstellung	16
Abbildung 7: Treibhausgasausstoß nach Anwendungsbereich Wärme und Energieträger, eigene Darstellung	17
Abbildung 8: Treibhausgasemissionen nach Sektoren, eigene Darstellung	17
Abbildung 9: Wärmeverbrauch nach Energieträgern, eigene Darstellung	18
Abbildung 10: Treibhausgasemissionen des Wärmesektors nach Energieträgern, eigene Darstellung	19
Abbildung 11: Anteil des erneuerbaren Wärmeverbrauchs, eigene Darstellung	20
Abbildung 12: Wärmeverbrauch nach Sektoren, eigene Darstellung	21
Abbildung 13: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und Anteil am Gesamtstromverbrauch im Bilanzjahr 2022, eigene Darstellungen	22
Abbildung 14: Energiequellenverteilung des erneuerbaren Stroms , eigene Darstellung	22
Abbildung 15: Überwiegende Baualtersklasse auf Baublockebene, eigene Darstellung	23
Abbildung 16: Wärmebedarf nach Hektarraster in Lindberg, eigene Darstellung	24
Abbildung 17: Aggregierter Wärmebedarf auf Baublockebene in Lindberg, eigene Darstellung	25
Abbildung 18: Wärmelinien dichten in Lindberg, eigene Darstellung	26
Abbildung 19: Potenzialpyramide, eigene Darstellung	28
Abbildung 20: Untersuchtes Wärmenetz, eigene Darstellung	30
Abbildung 21: Funktionsprinzipien und Technologien der oberflächennahen Geothermie, eigene Darstellung	36
Abbildung 22: Oberflächennaher Geothermie: Entzugsleistungen von Erdwärmekollektoren in Lindberg [7]	36
Abbildung 23: Oberflächennaher Geothermie: Entzugsleistungen von Erdwärmesonden in Lindberg [7]	37
Abbildung 24: Oberflächennaher Geothermie: Entzugsleistungen von Grundwasserwärmepumpen in Lindberg [7]	37
Abbildung 25: Potenzieller Jahresertrag für Solarthermieanlagen auf Dachflächen, eigene Darstellung	41
Abbildung 26: Biomassepotenzial aus Grünland und Ackerflächen in Lindberg, eigene Darstellung	43
Abbildung 27: Biomassepotenzial aus Waldflächen in Lindberg, eigene Darstellung	43
Abbildung 28: Photovoltaikpotenzial auf Freiflächen, eigene Darstellung	46
Abbildung 29: Photovoltaikpotenzial auf Dachflächen, eigene Darstellung	47
Abbildung 30: Verteilung der Sanierungswahrscheinlichkeitsverteilung nach Baualtersklasse, eigene Darstellung	50
Abbildung 31: Szenario 1: jährlich 5 % energetische Sanierungen des Wohngebäudebestandes bis 2045, eigene Darstellung	51
Abbildung 32: Szenario 2: jährlich 1,5 % energetische Sanierungen des Wohngebäudebestandes bis 2045, eigene Darstellung	51

Abbildung 33: Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete in Lindberg im Zieljahr 2045, eigene Darstellung	57
Abbildung 34: Verlauf des Emissionsfaktors des Bundesstrommixes nach KWW Halle [10], eigene Darstellung	59
Abbildung 35: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Sektoren für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung	60
Abbildung 36: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung	61
Abbildung 37: Entwicklung der THG-Emissionen aus dem prognostizierten Strom- und Wärmebedarf für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung	62
Abbildung 38: Entwicklung des Endenergieverbrauchs Wärme der leitungsgebundenen und dezentralen Energieträger für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung	63

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kesseltypen und Anzahl der dezentralen Wärmeerzeuger in Lindberg, eigene Darstellung.....	10
Tabelle 2: Datengrundlagen der Eignungsprüfung [1], eigene Darstellung .....	12
Tabelle 3: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte [1], eigene Darstellung .....	25
Tabelle 4: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmeliendichte [1], eigene Darstellung .....	27
Tabelle 5: Aspekte verschiedener Betriebsmodelle bei Wärme- und Gebäudenetzen, eigene Darstellung.....	32
Tabelle 6: Ausführung der Gebäudehülle des Referenzgebäudes nach GEG 2024, eigene Darstellung.....	50
Tabelle 7: Zusammenfassung und Bewertung der Relevanz der Potenziale, eigene Darstellung .....	55

## Vorwort

Die Gemeinde Lindberg liegt im Regierungsbezirk Niederbayern im Landkreis Regen. Das Gemeindegebiet zählt rund 2.250 Einwohner und erstreckt sich über eine Fläche von etwa 109 km<sup>2</sup>. Lindberg liegt im Herzen des Bayerischen Waldes direkt an der Grenze zu Tschechien und ist Teil des Naturparks Bayerischer Wald sowie des Nationalparks Bayerischer Wald. Die Gemeinde ist stark wald- und naturräumlich geprägt. Im Osten des Gemeindegebiets verläuft die Grenze zur Tschechischen Republik.

Aufgrund der zukünftigen Herausforderungen in der Wärmeversorgung hat sich die Gemeinde Lindberg bereits 2024 als Teil der ILE Nationalparkgemeinden entschieden, eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen. Die kommunale Wärmeplanung ist ein zentrales Instrument zur Umsetzung der Wärmewende und leistet einen entscheidenden Beitrag zum Klimaschutz. Ziel der Wärmeplanung ist es, die Wärmeversorgung in Lindberg langfristig treibhausgasneutral zu gestalten. Durch die systematische Analyse des aktuellen Wärmebedarfs, die Identifikation von Potenzialen zur Nutzung erneuerbarer Wärmequellen sowie die Ausarbeitung einer Umsetzungsstrategie wird eine umfassende Planung geschaffen, um die Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen.

Die Motivation hinter der kommunalen Wärmeplanung basiert auf dem dringenden Handlungsbedarf im Klimaschutz. Der Wärmesektor ist einer der größten Verursacher von Treibhausgasemissionen in Deutschland und die Umstellung auf erneuerbare Energien spielt eine wesentliche Rolle bei der Erreichung der nationalen Klimaziele. Lindberg sieht die Wärmewende als eine zentrale Aufgabe an, um den ökologischen Fußabdruck zu reduzieren, gleichzeitig die lokale Wirtschaft zu stärken und eine nachhaltige Energieversorgung für künftige Generationen sicherzustellen.

Der nun folgende Bericht stellt keine vollständige kommunale Wärmeplanung dar. Es handelt sich lediglich um einen Kurzbericht, welche die Belange und relevanten Teile von Lindberg gesondert betrachtet. Inhalte wie die Fokusgebiete, eine Umsetzungsstrategie, das Controlling sowie die Verstetigung sind dem vollständigen Bericht für alle ILE Nationalparkgemeinden zu entnehmen. Des Weiteren verzichtet dieser Bericht auf die Darstellung der rechtlichen Rahmenbedingungen und aktuellen Förderprogramme. Diese sind ebenfalls dem Hauptbericht zu entnehmen. Der Bericht startet inhaltlich mit der Bestandsanalyse.

# 1 Bestandsanalyse

## 1.1 Datenerhebung und Energieinfrastruktur

Im Rahmen der Bestandsanalyse werden verschiedene Daten erhoben, um ein umfassendes Bild der aktuellen Wärmeversorgung und -nutzung in Lindberg darzustellen. Dafür werden folgende Geodaten verarbeitet:

- Gebäudemodelle (*LoD2*-Daten 2025 - Level-of-Detail Stufe 2)
- Tatsächliche Nutzung (*ALKIS* 2025)
- Baualtersklassen (Zensus 2011)

Die Geodaten werden über das Bayerische Vermessungsamt bereitgestellt. Alle Abbildungen werden auf Grundlagen Der *Open Steet Map* erstellt [1]. Weitere Informationen über den aktuellen Energieverbrauch, die Art der Heizsysteme, die Energiequellen sowie Infrastrukturdaten und Versorgungsleitungen werden direkt erhoben. Das Institut für nachhaltige Energieversorgung hat passgenaue Datenerhebungsbögen entwickelt. Durch die Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren können die erforderlichen Daten erfasst werden. Die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen in Lindberg wurde für das Kalenderjahr 2022 vorgenommen. Der zeitliche Versatz zwischen Bilanzjahr und Erstellungsjahr ist durch die Verfügbarkeit von Daten begründet.

Für die Bilanzerstellung wurden insbesondere folgende Datenquellen angesprochen:

- **Stromnetzbetreiber:**  
*Bayernwerk Netz GmbH*
- **Gasnetzbetreiber:**  
Nicht vorhanden

- **Wärmenetzbetreiber:**  
*Biohof Weiderer*
- **Kehrdaten:**  
*Landesamt für Statistik Bayern*
- **Daten zu kommunalen Liegenschaften und Abwasser:**  
Gemeinde Lindberg
- **Verbrauchs- und Abwärmedaten von Großverbrauchern und Industrie:**  
eigene Erhebung
- **Eignungsprüfung für die kommunale Wärmeplanung:**  
Kurzgutachten des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

In den folgenden Kapiteln werden zentrale Aspekte der infrastrukturellen Gegebenheiten in der Gemeinde Lindberg behandelt. Zunächst wird der Wärmedarf sowie die Energieinfrastruktur analysiert und Großverbraucher räumlich verortet. Die Eignungsprüfung dient als grobe Ersteinschätzung, ob eine leitungsgebundene Versorgung zukünftig Sinn machen kann und ist das erste Ergebnis im Prozess der Wärmeplanung. Anschließend wird der Ist-Zustand mithilfe einer Energie- und Treibhausgasbilanz dargestellt. Die Energie- und Treibhausgasbilanz ist ein zentraler Schritt in der kommunalen Wärmeplanung, da sie eine detaillierte Bestandsanalyse ermöglicht. Die Ergebnisse der Bestandsanalyse dienen als Grundlage für die Entwicklung effektiver Maßnahmen zur Reduktion von Emissionen.

### 1.1.4 Leitungsgebundene Energieversorgung

Abbildung 1 stellt eine Karte mit der Energieversorgung in der Gemeinde Lindberg dar. Sie beinhaltet die Standorte der erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung durch Wasserkraft und Biomasse. Ebenso ist das bestehende Gebäudenetz im Ortskern dargestellt. Es ist kein Erdgasnetz vorhanden.

Das bestehende Gebäudenetz wird durch den ansässigen Biohof Weiderer betrieben. Es versorgt die unter anderem kommunalen Einrichtungen Lindbergs. Konkret die Grundschule und das Rathaus sowie drei weitere private Gebäude im Umkreis. Als Energieträger kommt Biomasse zum Einsatz.

Die Stromversorgung bildet eine wichtige Grundlage für die Energieinfrastruktur und

den Ausbau der Erneuerbaren Energien in Lindberg und spielt eine entscheidende Rolle in der Wärmewende, insbesondere bei der Umstellung auf strombasierte Heiztechnologien wie Wärmepumpen. Die Bestandsanalyse der Strominfrastruktur umfasst eine detaillierte Erhebung der bestehenden Stromnetze in den Ortsteilen. Dabei wird besonders auf die Belastbarkeit der Netze geachtet, um potenzielle Engpässe zu identifizieren, die durch einen erhöhten Einsatz von Wärmepumpen oder anderen elektrischen Heizsystemen entstehen könnten. Üblicherweise erfolgt bei zusätzlichem Strombedarf, etwa durch Wärmepumpen, ein Netzausbau zur Erweiterung der Kapazitäten, um Überlastungen zu verhindern. Diese wird von dem jeweiligen Netzbetreiber durchgeführt.

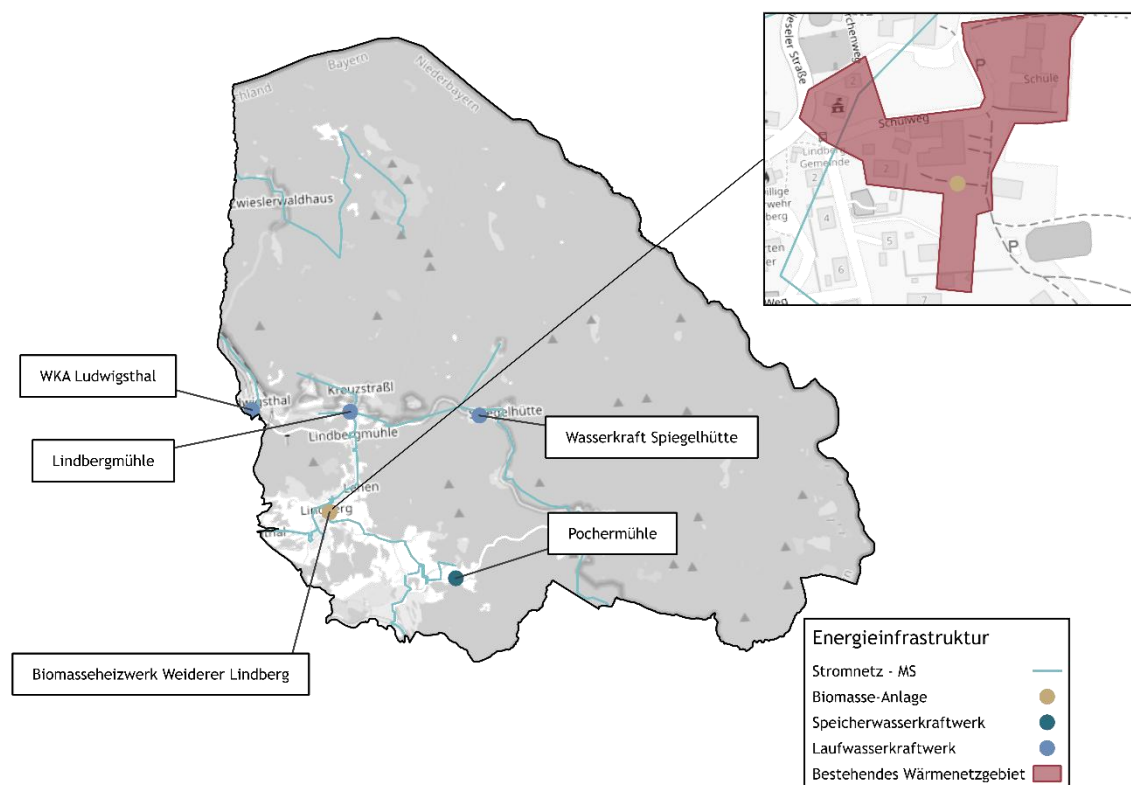


Abbildung 1: Energieversorgung in Lindberg: Standorte von Wasserkraftwerken und Biomasseanlage sowie der Verlauf des Gebäudenetzes, eigene Darstellung

### 1.1.5 Dezentrale Wärmeversorgung

Die dezentralen Wärmeerzeuger wurden über das Landesamt für Statistik Bayern erhoben. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Anzahl der im Bilanzjahr 2022 betriebenen dezentralen Heizkessel. Es überwiegen die Öl-Heizungen. Hiervon gibt es

insgesamt 518. Am zweithäufigsten werden 100 Zentralfeuerungsstätten mit Scheitholz eingesetzt. Des Weiteren gibt es 83 Pellet-Heizungen gefolgt von 36 Flüssiggaskesseln. Den Rest bilden Biomasse-Anlagen.

Tabelle 1: Kesseltypen und Anzahl der dezentralen Wärmeerzeuger in Lindberg, eigene Darstellung

Kesseltyp	Anzahl	Kesseltyp	Anzahl
Öl	518	Sonstige Biomasse	16
Scheitholz	100	Hackschnitzel	0
Pellets	83	Hackschnitzel	0
Flüssiggas	36	Erdgas	0

### 1.1.6 Großverbraucher

Abbildung 2 zeigt eine standortbezogene Darstellung der Großverbraucher in Lindberg. Die Übernachtungsunterkunft *Hotel Ahornhof* sowie der Fleischbetrieb *Metzgerei Schreder* wurden dabei als relevante

Großverbraucher identifiziert. Im Zuge der Bestandsanalyse wurden die Verbräuche der Großverbraucher angefragt und auf potenzielle Abwärmenutzung analysiert.

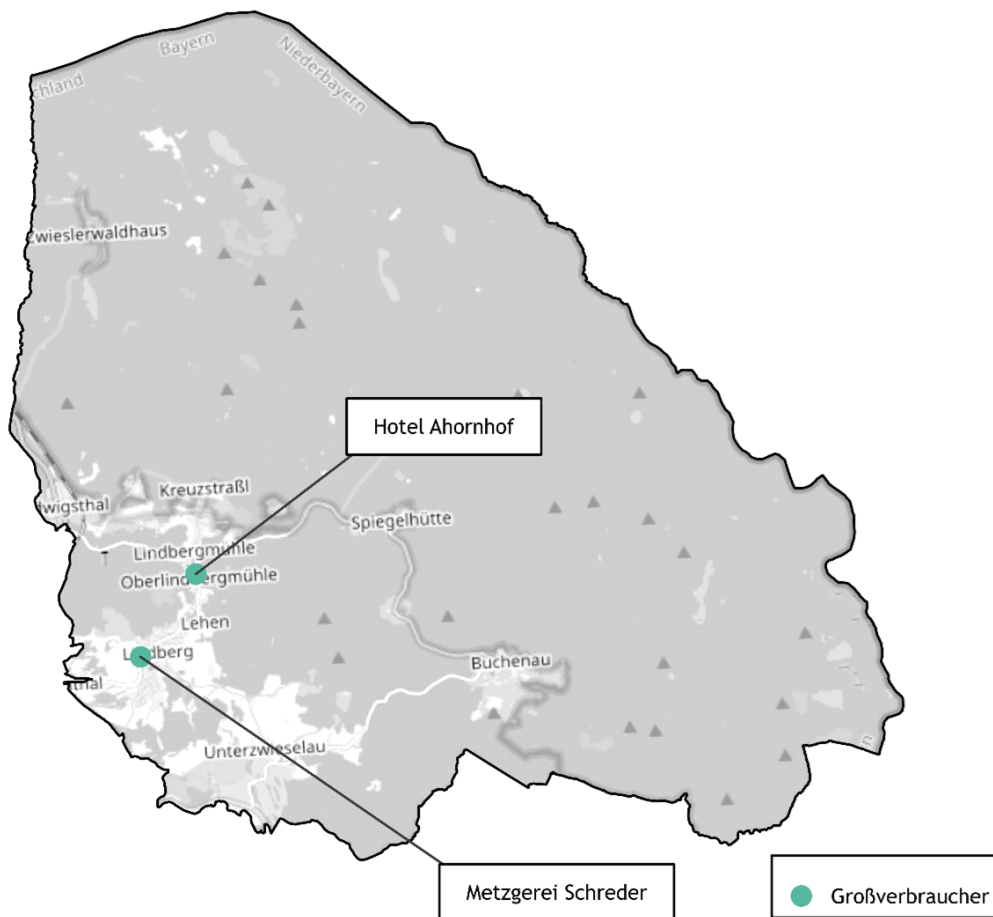


Abbildung 2: Standortbezogene Darstellung der Großverbraucher, eigene Darstellung

## 1.2 Eignungsprüfung und bauliche Struktur

Ein erster Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung ist die Eignungsprüfung, die Teilgebiete identifiziert, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für die Versorgung durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz eignen (§14 WPG). Kriterien für die Einteilung sind dabei in erster Linie das Vorhandensein eines Wärmenetzes oder Gasnetzes, die lokale Siedlungs- und Abnehmerstruktur sowie die Verfügbarkeit erneuerbarer Energiequellen oder Abwärme.

Tabelle 2 zeigt die wichtigsten Informationsgrundlagen gemäß dem Leitfaden der kommunalen Wärmeplanung des ifeu [1], die in die Eignungsprüfung einfließen. Ziel

dieser Prüfung ist es, bereits zu Beginn des Planungsprozesses Gebiete zu identifizieren, die potenziell nicht für die Versorgung durch ein Wärmenetz oder Wasserstoffnetz geeignet sind. In diesen Gebieten liegt der Fokus auf dezentralen Versorgungsstrategien. Der Wärmebedarf speist sich aus der Wärmebelegungsdichte. Diese wird anhand von Zensus-Daten zur Geschossanzahl, der Gebäudefläche und der Nutzungsart berechnet. Es ergibt sich ein Hektarraster bzw. eine aggregierte Darstellung des Wärmebedarfs, welche als Indikator für die Eignung einer leitungsgebundenen Versorgung herangezogen wird.

Tabelle 2: Datengrundlagen der Eignungsprüfung [1], eigene Darstellung

Thema	Datengrundlage	Zur Analyse von
<b>Siedlungsstruktur</b>	3D-Gebäudemodelle LoD2	Unterteilung des kommunalen Gebiets in Teilgebiete, Identifikation von Wohn- und Gewerbegebieten
<b>Industriebetriebe und Ankerkunden</b>	OpenStreetMap, Kommune	Prüfung von möglichen größeren gewerblichen Abnehmern oder Abwärmepotenzialen
<b>Bestehende Wärmeversorgungsinfrastruktur</b>	Pläne von Erdgasnetzen, Wärmenetzen, bestehenden Erzeugungsanlagen	Identifikation von Gebieten ohne bestehende Gas- und Wärmeinfrastruktur
<b>Wärmebedarf</b>	Wärmebedarf (aggregiert und im Hektarraster)	Prüfung des Wärmebedarfs zum Ausschluss von Wärmenetzen mit fehlender Wirtschaftlichkeit

### 1.2.1 Bauliche Struktur in Lindberg

Zunächst werden die verschiedenen Siedlungsstrukturen und Gebäudetypen analysiert. Nutzungsarten und Gebäudetypen werden auf Basis von Geodaten identifiziert. Für die georeferenzierte Darstellung kommen sowohl die tatsächliche Nutzung (ALKIS 2025) als auch Gebäudegeometrie-Modelle (LoD2-Daten) zum Einsatz. Diesen ist eine Gebäudefunktion zugeordnet, sodass zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden unterschieden werden kann. Als weiterer Aspekt werden im Bereich der Wohngebäude die IWU-Gebäudetypen (Klassifikation typischer Wohngebäude in Deutschland, die vom *Institut Wohnen und Umwelt* [2] entwickelt wurde) ermittelt. Dafür wird in folgende Typen unterschieden:

- **Einfamilienhäuser**  
Freistehendes Wohngebäude mit 1 bis 2 Wohnungen, meist 2-geschossig
- **Reihenhäuser**  
Wohngebäude mit 1 bis 2 Wohnungen als Doppelhaus, gereihtes Haus, meist 2-geschossig

- **Kleine Mehrfamilienhäuser**  
Wohngebäude mit 3 bis 6 Wohnungen
- **Große Mehrfamilienhäuser**  
Wohngebäude mit 7 oder mehr Wohnungen

Abbildung 3 zeigt die vorwiegenden Gebäudetypen auf Baublockebene im Gemeindegebiet von Lindberg. Die Aggregation erfolgt nach natürlichen und künstlichen Unterbrechungen und vorhandener Infrastruktur, wie Schiene-, Straßen- oder Wasserwegen. Nichtwohngebäude sind vereinzelt in den Ortsgebieten zu erkennen. Es handelt sich hierbei überwiegend um Unternehmen aus verschiedenen Branchen. Die Siedlungsstruktur von Lindberg wird zu mehr als 71 % von Einfamilien- und kleinen Mehrfamilienhäusern sowie zu 27 % von Nicht-Wohngebäuden geprägt. Den Rest bilden Reihenhäuser sowie Mehrfamilien- und Reihenhäuser. Die Wohngebäude sind überwiegend von Gärten und Grünflächen umgeben.

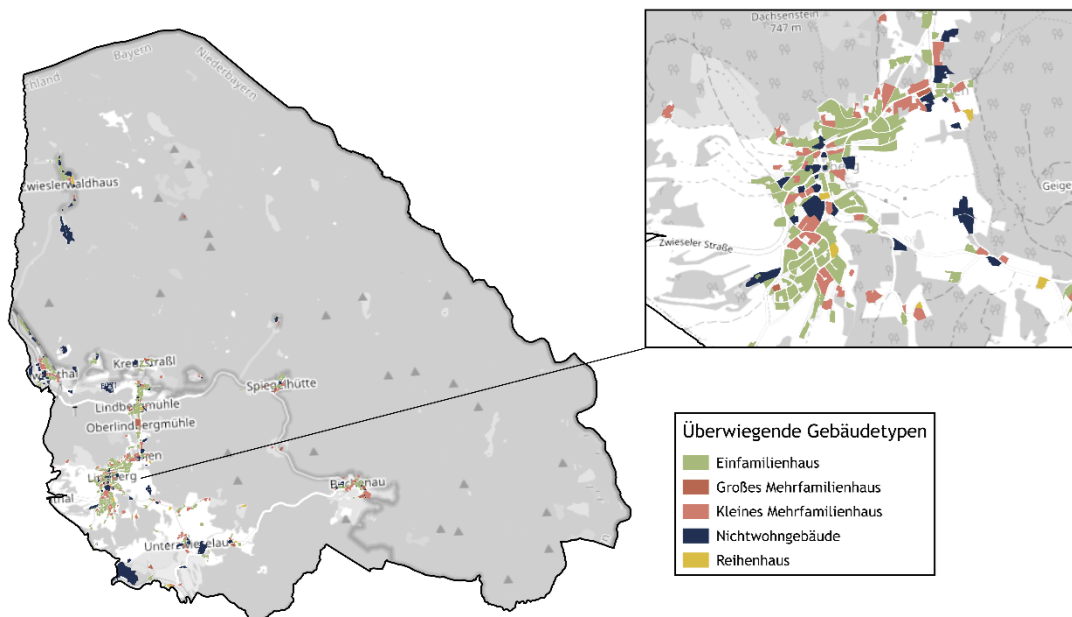


Abbildung 3: Überwiegender IWU-Gebäudetyp auf Baublockebene, eigene Darstellung

### 1.2.2 Ergebnis der Eignungsprüfung

Die Eignungsprüfung zeigt, dass in weiten Teilen von Lindberg aufgrund der Siedlungsstruktur sowie der vorhandenen Wärmebelegungsichte eine leitungsgebundene Wärmeversorgung potenziell nicht geeignet erscheint. Durch die Entfernung zum geplanten Wasserstoffkernnetz und dadurch, dass kein bestehendes Gasnetz vorhanden ist, hat Wasserstoff als Ersatzenergieträger im Gasnetz kein Potenzial in der Gemeinde Lindberg.

Das Wasserstoffkernnetz bezeichnet ein zentrales Pipeline- und Speichernetzwerk, das den Transport und die Verteilung von

Wasserstoff als nachhaltigem Energieträger zwischen Erzeugern, Speichern und Verbrauchern sicherstellt.

Die Ergebnisse der Eignungsprüfung sind in Abbildung 4 dargestellt. Das Gebiet mit einer bestehenden leitungsgebundenen Versorgung ist rot hervorgehoben. Potenziell geeignete Gebiete sind grün hervorgehoben und erfordern eine vertiefende Betrachtung im weiteren Verlauf der Wärmeplanung. Gebäude mit größerer Entfernung zu den potenziell geeigneten Gebieten sind für eine dezentrale Versorgung vorgesehen (blau markiert).

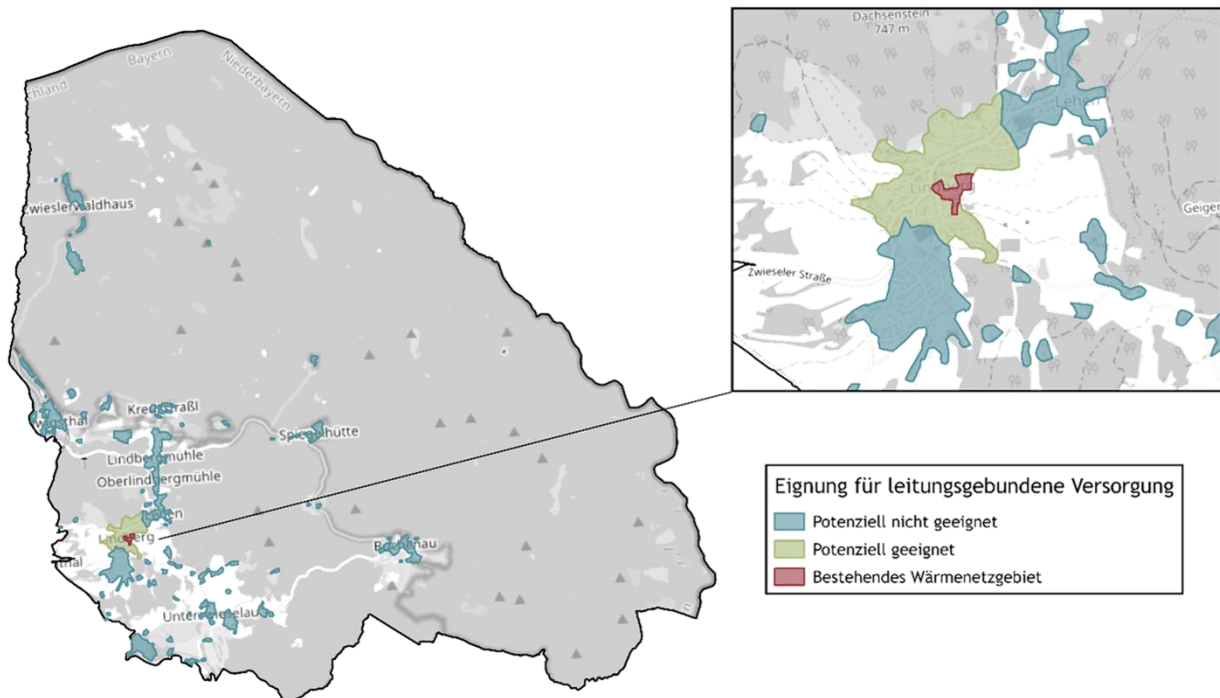


Abbildung 4: Ergebnisdarstellung der Eignungsprüfung, eigene Darstellung

### 1.3 Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Energie- und Treibhausgasbilanzierung zeigt den aktuellen Energie- und Wärmeverbrauch und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen in der Gemeinde auf. Mit der Bilanz lassen sich die größten Emissionsquellen und Potenziale für Einsparungen identifizieren und Fortschritte durch umgesetzte Maßnahmen in folgenden Jahren nachvollziehen. Die Energie- und Treibhausgasbilanz für die Gemeinde Lindberg wurde für das Jahr 2022 nach der *Bilanzierungs-Systematik Kommunal* (BISKO) erstellt. Der *Klimaschutz-Planer* des Klima-Bündnisses fasst die BISKO-Methodik in einer webbasierten Software zusammen. Ziel dieser Methodik ist es, alle Endenergieverbräuche, die auf dem Gemeindegebiet anfallen, nach den folgenden Sektoren zu bilanzieren:

- Kommunale Einrichtungen
- Private Haushalte
- Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
- Industrie
- Verkehr

Die sektorenscharfe Aufteilung der Verbrauchsdaten erhöht den Detaillierungsgrad und ermöglicht die Erstellung der Energie- und Treibhausgasbilanz. „Industrie“ umfasst produzierendes Gewerbe und Großverbraucher. In Lindberg sind diese nicht zentriert im Ortskern vertreten. „Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ beinhaltet alle Verbräuche der kleineren Gewerbebetriebe wie Büros oder Einzelhandel.

Nicht energiebedingte Emissionen der Land-, Forst- sowie Abfallwirtschaft

werden nach BISKO nicht bilanziert. Durch die Verrechnung der Endenergieverbräuche mit den entsprechenden Emissionsfaktoren der Energieträger werden die Treibhausgasemissionen (THG) pro Jahr in Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (tCO<sub>2</sub>eq) ausgewiesen. Dabei werden auch die Vorketten der Energieträger berücksichtigt [3].

Abhängig von der Datenquelle wird im *Klimaschutz-Planer* eine Datengüte zugewiesen. Primärdaten aus Direkterhebungen weisen eine hohe Datenqualität auf. Sekundärdaten, die auf Vergleichs- oder Hochrechnungen basieren, haben eine geringere Datengüte, darunter fallen beispielsweise Daten aus Modellen, wie dem Verkehrsmodell TREMOD (Transport-Emission Modell). Die Datengüte der jeweiligen Eingabewerte sind im *Klimaschutz-Planer* gewichtet. Durch eine direkte Erhebung der Daten wird die Aussagekraft der Energie- und Treibhausgasbilanz verstärkt.

Im *Klimaschutz-Planer* sind Endenergieverbräuche und Emissionen des Straßen- und des Schienenverkehrs hinterlegt. Diese Daten basieren auf dem Emissionsberechnungsmodell TREMOD des *Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg* (ifeu) [3], mit dem die Verbräuche des Verkehrs kommunenspezifisch abgebildet werden.

Die Daten der kommunalen Liegenschaften wurden von der Gemeindeverwaltung übermittelt. Der Stromverbrauch der Sektoren konnte über den Netzbetreiber erhoben werden. Da für die Energie- und Treibhausgasbilanz der Gemeinde Lindberg eine hohe Anzahl an Daten direkt erhoben werden konnten, weist die Bilanz eine hohe Datengüte auf.

### Gesamter Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen und Sektoren

Der Endenergieverbrauch der Gemeinde Lindberg im Jahr 2022 beträgt insgesamt 52.011 MWh/a. Dies umfasst gemäß BSKO-Systematik alle Endenergieverbräuche im kommunalen Gebiet, also Wärme, Strom und Kraftstoffe aus dem Verkehrssektor. Abbildung 5 veranschaulicht die Verteilung des Endenergieverbrauchs auf die verschiedenen Anwendungsbereiche.

Innerhalb der betrachteten Sektoren, dargestellt in Abbildung 6, entfällt mit 61,2 % der größte Anteil auf Private Haushalte. Es folgen Verkehr mit 29,8 %, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen mit 5,6 % sowie Industrie mit 1,9 %. Den kleinsten sektoralen Einfluss haben die kommunalen Einrichtungen mit 1,5 %.

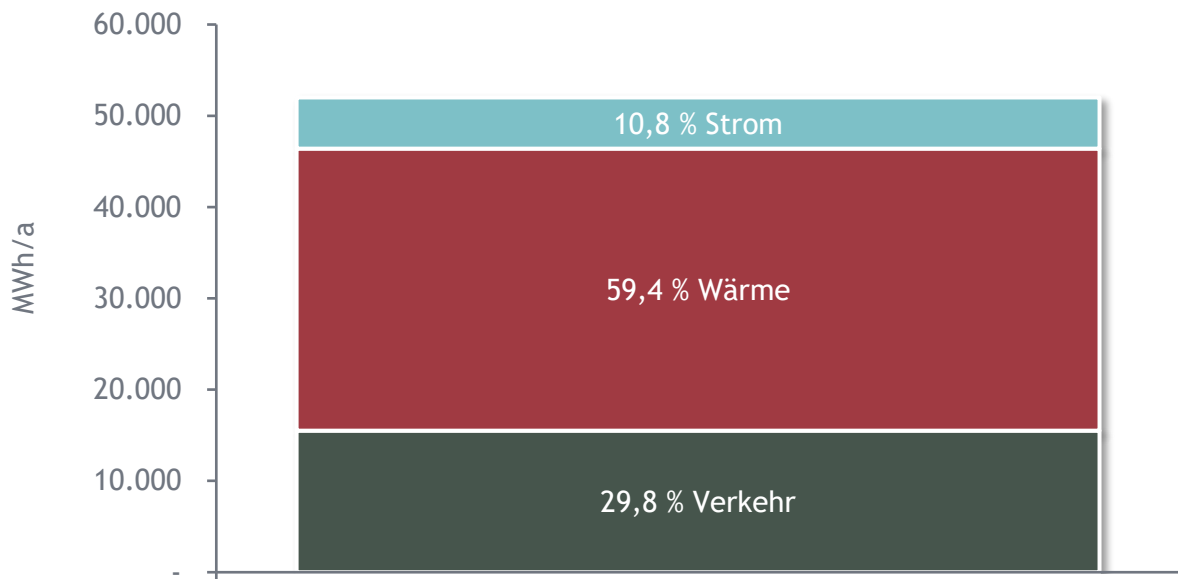


Abbildung 5: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereich, eigene Darstellung

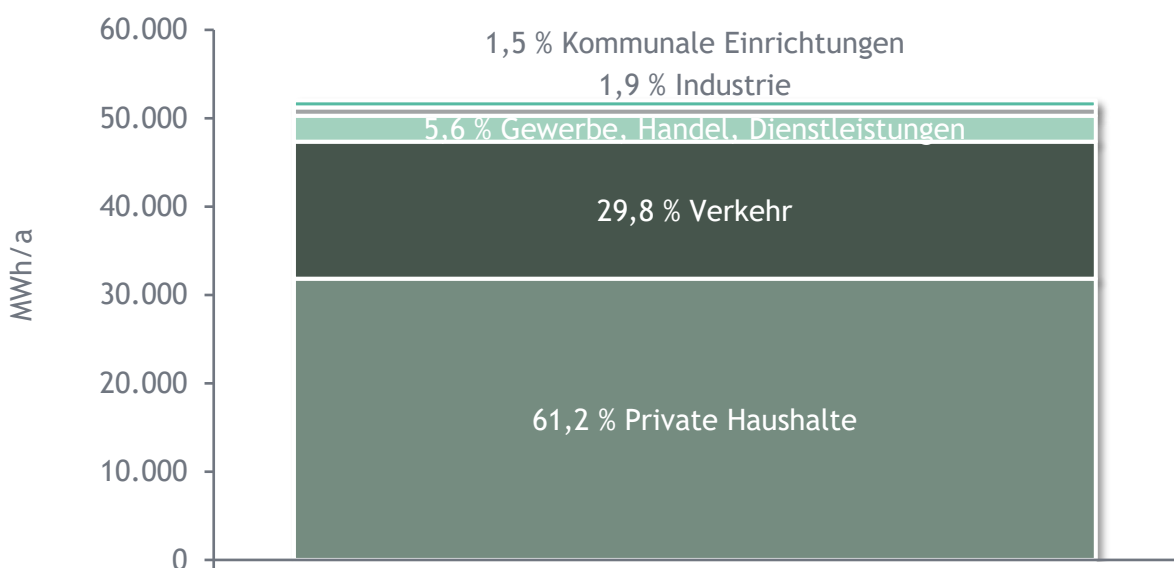


Abbildung 6: Endenergieverbrauch nach Sektoren, eigene Darstellung

### Gesamte Treibhausgasemissionen nach Anwendungsbereichen und Sektoren

Abbildung 7 zeigt den Anteil der Anwendungsbereiche am gesamten Treibhausgasausstoß. Dabei macht der Bereich Verkehr mit 35,3 % einen wesentlichen Teil aus. 45,7 % der Treibhausgase werden durch die Bereitstellung von Wärme verursacht. Auch Strom erzeugt mit 19,0 % einen großen Anteil an Treibhausgasemissionen im Gemeindegebiet. Hierbei bleibt die Art

der Stromverträge unbeachtet. Es wird mit dem Bundes-Strommix bilanziert.

In Abbildung 8 werden die Treibhausgasemissionen nach den jeweiligen Sektoren dargestellt. Hieraus wird ersichtlich, dass insgesamt 60,3 % der Emissionen durch die Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistung und Privathaushalten verursacht werden.

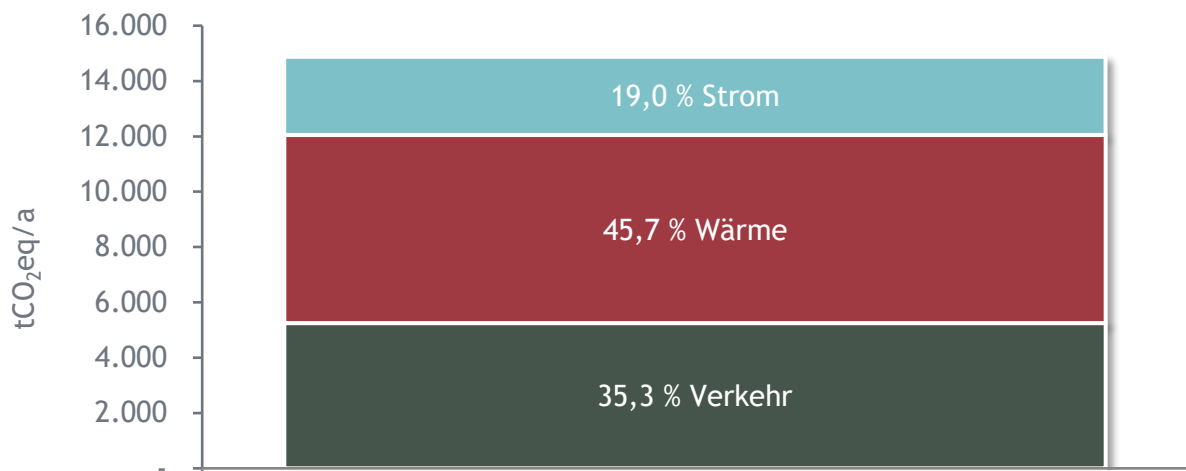


Abbildung 7: Treibhausgasausstoß nach Anwendungsbereich Wärme und Energieträger, eigene Darstellung

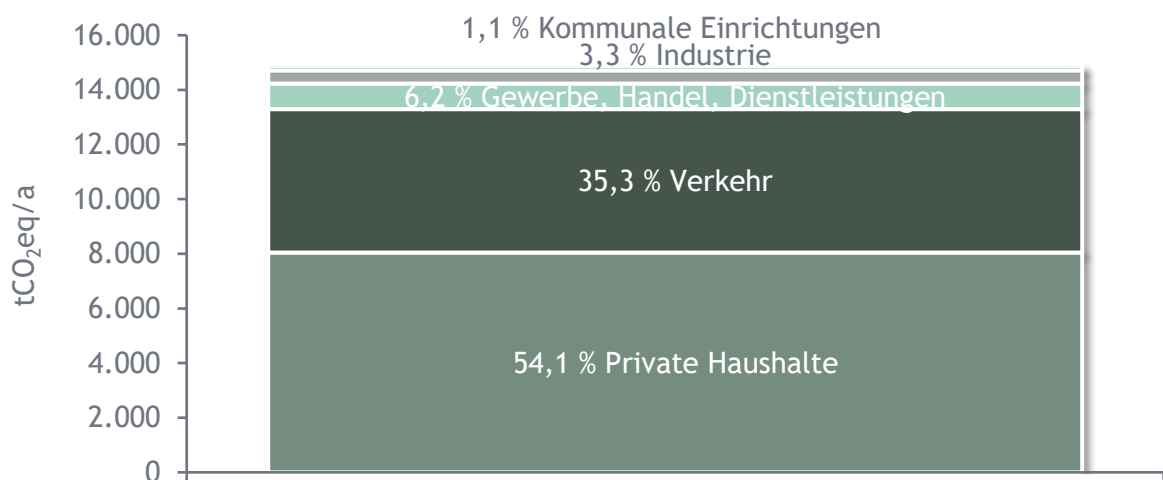


Abbildung 8: Treibhausgasemissionen nach Sektoren, eigene Darstellung

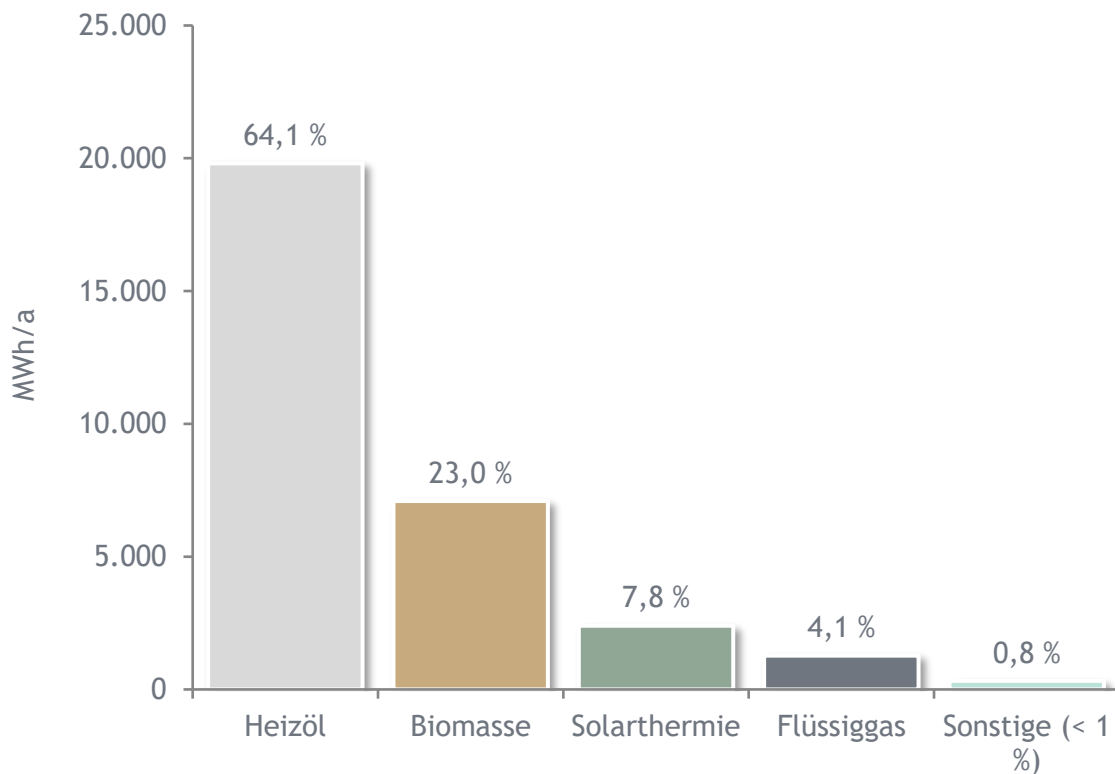
## Wärmeverbrauch nach Energieträgern

In Abbildung 9

Abbildung 9 werden die einzelnen Energieträger der Gemeinde Lindberg mit ihrem jeweiligen Anteil als Säulen dargestellt. Dabei beläuft sich der gesamte Endenergiebedarf an Wärme auf 30.898 MWh/a. Heizöl überwiegt mit einem Anteil von 64,1 %, gefolgt von Biomasse mit 23,0 %. Solarthermie mit einem Anteil von 7,8 %, Flüssiggas mit 4,1 %, Nahwärme mit 0,8 %, Umweltwärme mit 0,3 %. Insgesamt ist das eine klassische Verteilung für Gebiete mit Gasnetz und

einer Biomassestruktur wie im Bayerischen Wald.

In Abbildung 10 werden die Emissionen des Wärmesektors auf ihre einzelnen Energieträger aufgeschlüsselt. Hierbei verursacht Heizöl den größten Teil mit 91,2 %. Der zweitgrößte Teil bildet Flüssiggas mit 5,2 %. Gefolgt von Biomasse mit 2,3 %. Die restlichen Wärmeträger bilden Solarthermie 0,8 %, Nahwärme mit 0,3 %, Umweltwärme mit 0,2 %.



\* Sonstige (in absteigender Reihenfolge, jeweils < 1 %): Nahwärme, Umweltwärme

Abbildung 9: Wärmeverbrauch nach Energieträgern, eigene Darstellung

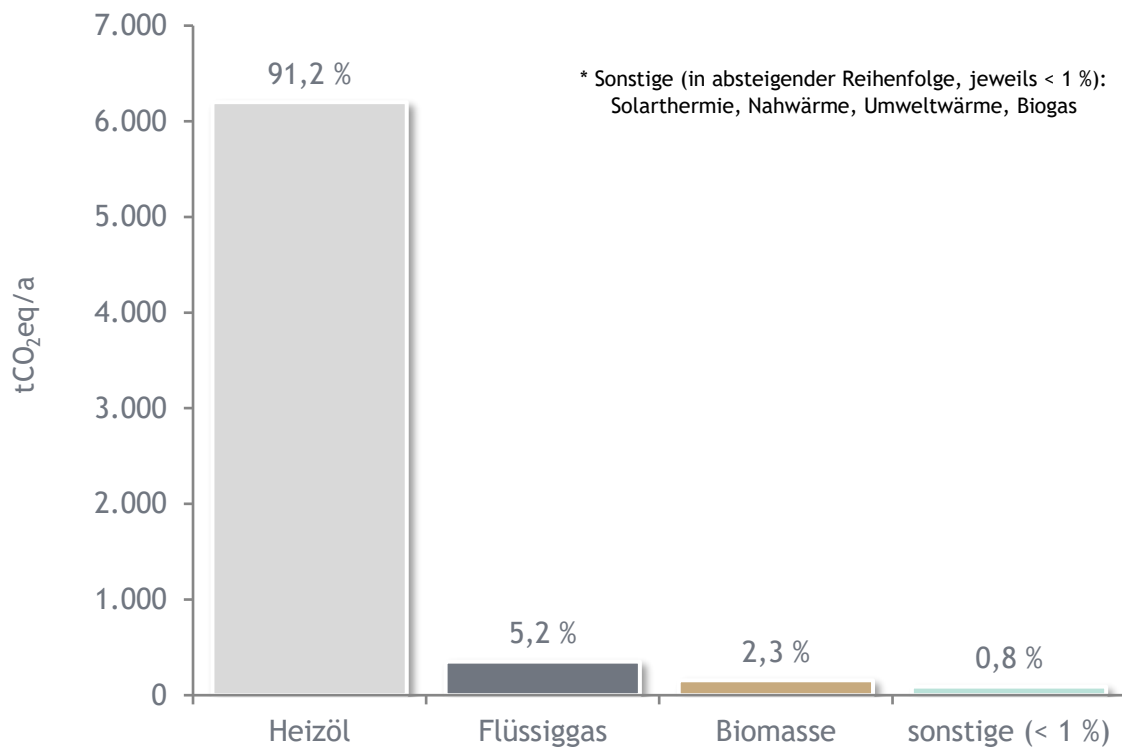


Abbildung 10: Treibhausgasemissionen des Wärmesektors nach Energieträgern, eigene Darstellung

### Wärmeverbrauch aus erneuerbaren Energieträgern

Aus der Zusammensetzung der Energieträger ergibt sich, dass der Anteil erneuerbarer Wärmeversorgung am gesamten Wärmeverbrauch bei 31,6 % liegt (vgl. Abbildung 11). Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung stellt damit ein hohes Treibhausgasreduktionspotenzial dar. Zu den erneuerbaren Energieträgern zählen unter anderem Biomasse, Solarthermie und Umweltwärme. Bundesweit lag der Anteil erneuerbarer Energien an der

Wärmeerzeugung im Jahr 2022 bei 17,9 %. Auch wenn der erneuerbare Anteil der Energieträger der Gemeinde Lindberg den Bundesdurchschnitt übertrifft, werden dennoch 68,4 % der Wärmemenge über fossile Energieträger gedeckt. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer konsequenten Dekarbonisierung des Wärmesektors, um eine Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen.

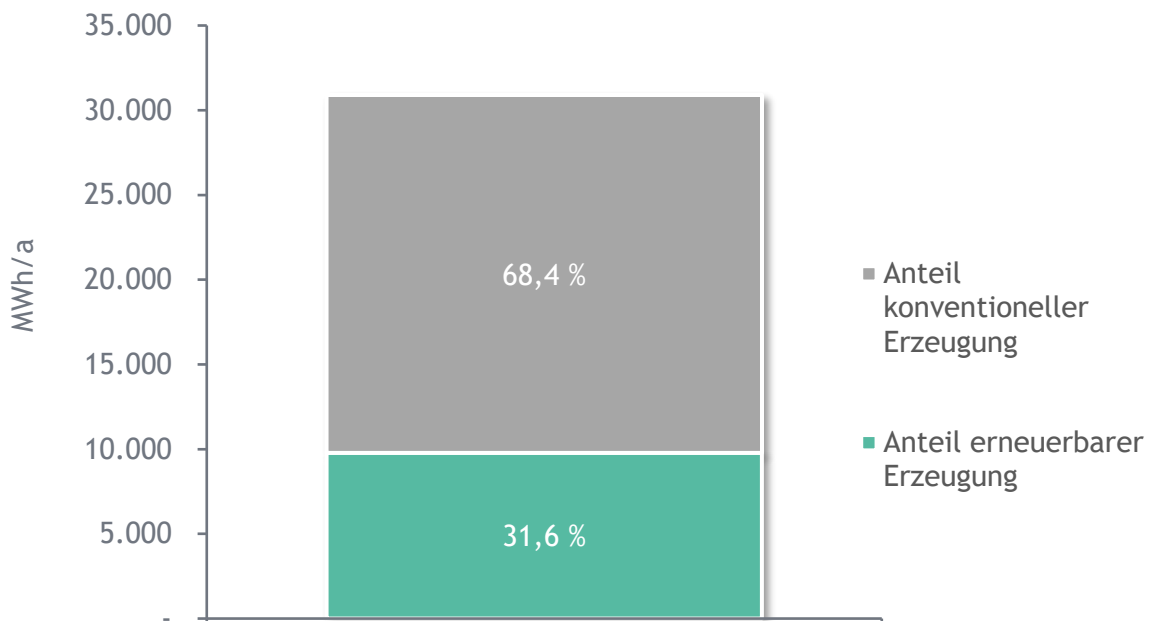


Abbildung 11: Anteil des erneuerbaren Wärmeverbrauchs, eigene Darstellung

### Wärmeverbrauch nach Sektoren

Abbildung 12 zeigt die sektorale Verteilung des Wärmeverbrauchs in der Gemeinde Lindberg. Der größte Wärmeverbrauch ist dem Sektor Private Haushalte mit einem Anteil von 93,2 % am gesamten Wärmeverbrauch zuzuordnen. Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen folgt mit einem Anteil von 5,1 % als zweitgrößter Wärmeverbraucher, gefolgt von dem Sektor Kommunale Einrichtungen mit 1,7 %. Der

Sektor Industrie hat einen Anteil am Wärmeverbrauch von 0,1 %.

Diese Verteilung spiegelt die siedlungsstrukturellen Gegebenheiten der Gemeinde wider, die überwiegend durch Wohnbebauung geprägt ist. Abgesehen von einigen Hotels, Pensionen und Kulturstätten ist das insgesamt Vorkommen von Gewerbe im Gemeindegebiet vergleichsweise gering.

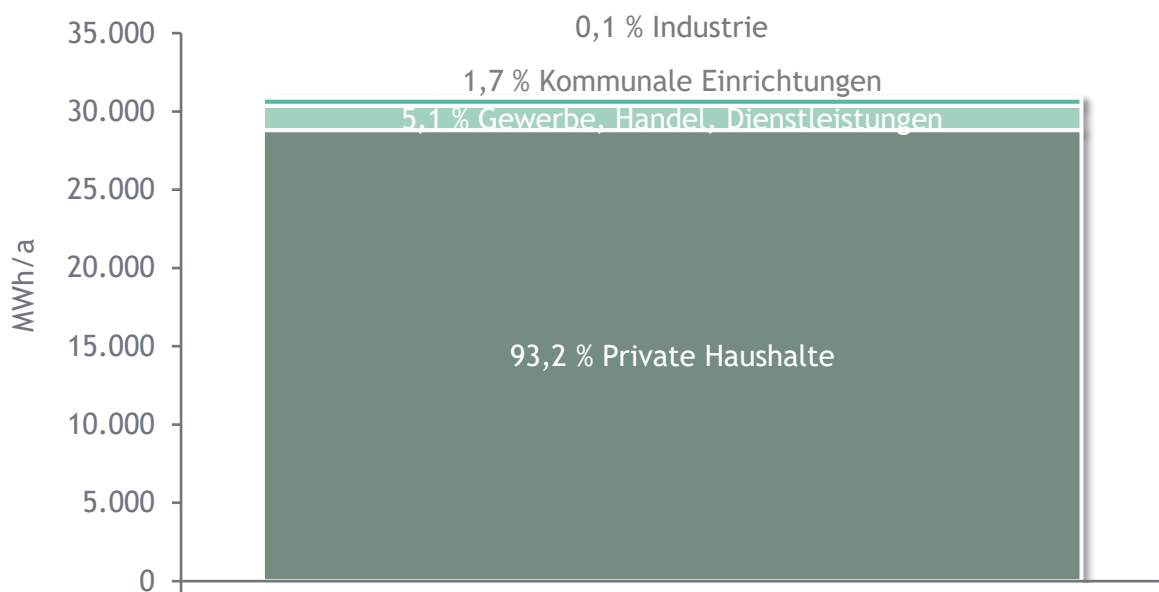


Abbildung 12: Wärmeverbrauch nach Sektoren, eigene Darstellung

### Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

In Abbildung 13 wird die Verteilung der erneuerbaren Stromerzeugung zur konventionellen Stromerzeugung visualisiert. In der Gemeinde Lindberg werden bilanziell 49,7 % (Stand 2022) des Gesamtstrombedarfs durch erneuerbare Energieerzeugung gedeckt. Die verbleibenden 50,3 % werden durch konventionelle Quellen gedeckt. Der gesamte Stromverbrauch beläuft sich auf 5.604 MWh/a.

Als erneuerbare Energien finden vornehmlich Wasserkraft sowie vereinzelt Aufdach-PV-Anlagen Anwendung. Abbildung 14 verbildlicht dieses Verhältnis. In Zahlenwerten ausgedrückt stammen aus der Photovoltaik 2.081 MWh/a und aus der Wasserkraft 704 MWh/a. Aus Abfällen oder Biogasanlagen wird beispielsweise keine Energie gewonnen. Die Angaben beziehen sich auf das Bilanzjahr 2022.

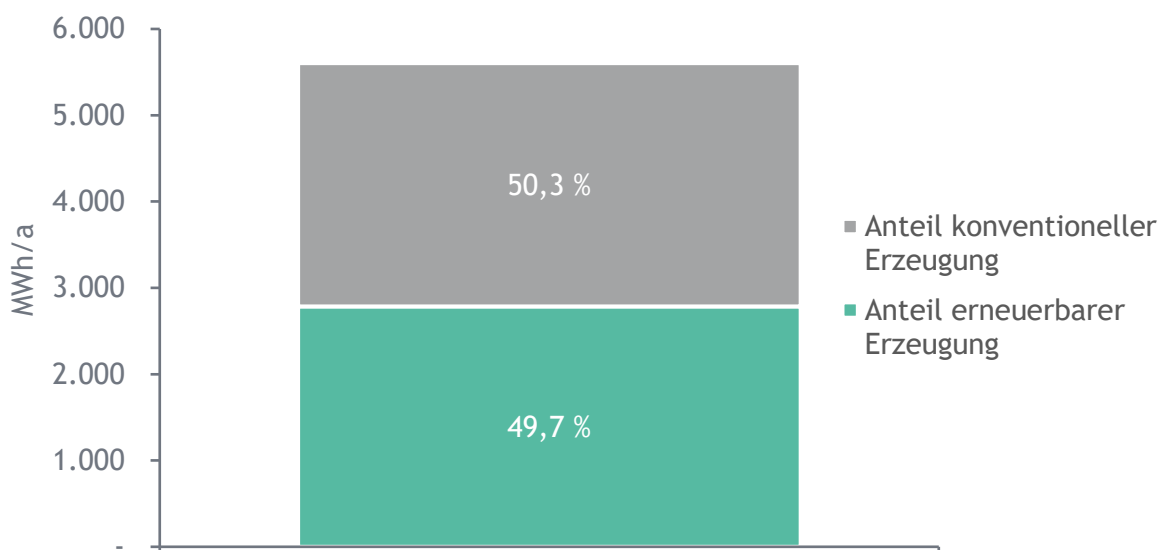


Abbildung 13: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und Anteil am Gesamtstromverbrauch im Bilanzjahr 2022, eigene Darstellungen

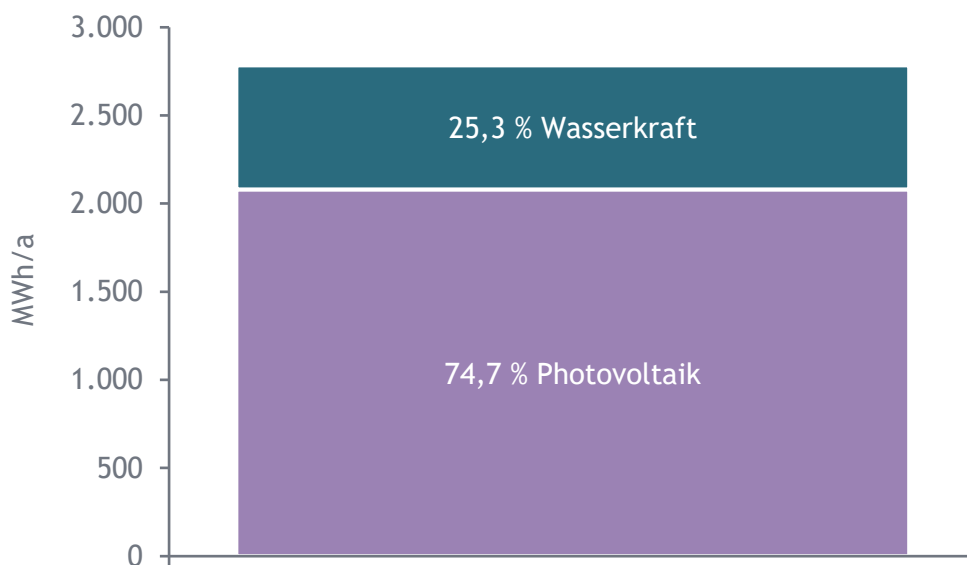


Abbildung 14: Energiequellenverteilung des erneuerbaren Stroms , eigene Darstellung

## 1.4 Wärmebedarf

Der Wärmebedarf ist ein zentraler Aspekt der Wärmeplanung und der Bestandsanalyse. Der Wert wird berechnet durch die Verschneidung von Baualtersklassen und *LoD2*-Daten (Level-of-Detail Stufe 2 Daten). Die *LoD2*-Daten sind 3D-Gebäudemodelldaten, die durch die Bayerische Vermessungsverwaltung zur Verfügung gestellt werden. Die Baualtersklassen sind Bestandteil der Zensus 2011-Daten. Die Daten liegen deutschlandweit in einem 100x100 m-Raster vor. Die Einteilung in Baualtersklassen beruht auf baugeschichtlichen Entwicklungen, wie das Inkrafttreten von Verordnungen (z.B. Wärmeschutzverordnung und Energieeinsparverordnung). Über die Verschneidung von Energiebedarfskennwerte und Gebäudevolumen werden den Gebäuden spezifische Wärmebedarfe zugeordnet. Die Kennwerte sind dem *Leitfaden Energieausweis* entnommen und berücksichtigen den Heizwärme- und Warmwasserbedarf von Wohn- und Nichtwohngebäude in Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr ( $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ ) [5].

Neben diesem berechneten Wärmebedarf fließen auch die Ergebnisse der Energie- und Treibhausgasbilanz in das Wärmekataster ein. Dabei wird der im Wärmekataster ermittelte Wärmebedarf mithilfe des Verhältnisses zwischen dem Wärmeverbrauch aus der Energie- und Treibhausgasbilanz und dem aus dem Wärmekataster berechneten Wärmeverbrauch angepasst. In Abbildung 15 ist die überwiegende Baualtersklasse auf Baublockebene dargestellt. Deutlich erkennbar ist der hohe Anteil älterer Gebäude. 67 % des Gebäudebestands wurden vor 1979 errichtet und entsprechen oft nicht den heutigen energetischen Standards. Die mangelnde Wärmedämmung von Fassaden, Dächern und Fenstern sowie veraltete Heizsysteme führen zu einem erhöhten Energieverbrauch und beeinträchtigen die Energieeffizienz. Vor diesem Hintergrund spielt die energetische Sanierung des Altbestands eine wichtige Rolle in der kommunalen Wärmeplanung von Lindberg.

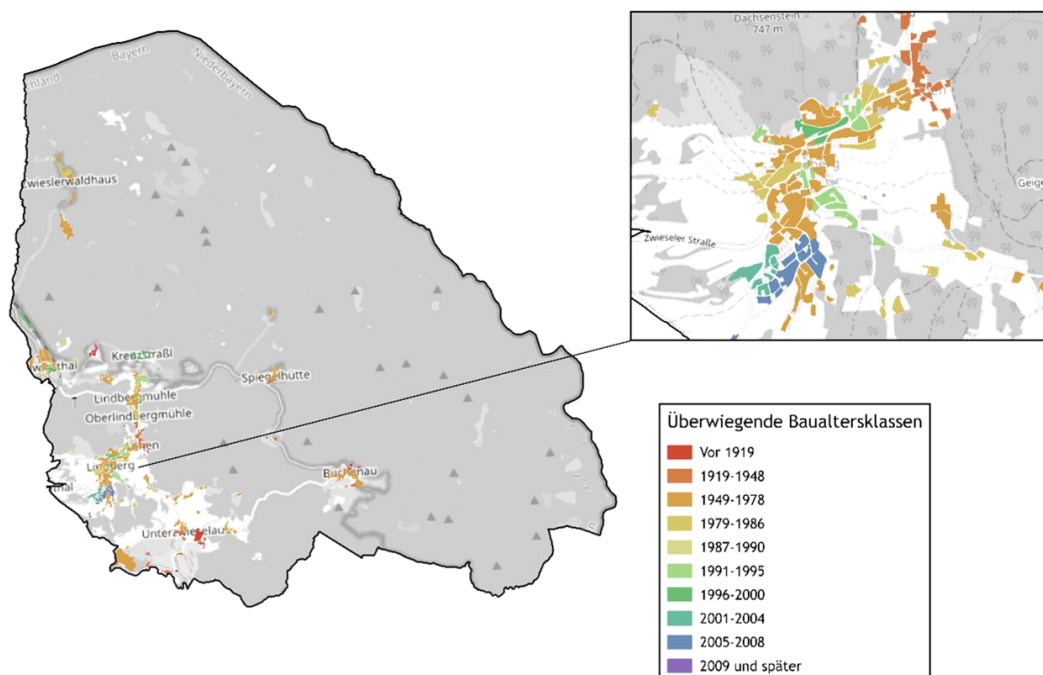


Abbildung 15: Überwiegende Baualtersklasse auf Baublockebene, eigene Darstellung

In der Gemeinde wird der Wärmebedarf durch die Vielzahl an Wohngebäuden, insbesondere Einfamilienhäuser und kleine Mehrfamilienhäuser, und die ansässigen Unternehmen bestimmt. Typischerweise liegen die Wärmebedarfsschwerpunkte im Ortskern, da hier eine verdichtete Bebauung vorliegt, während in den Außengebieten und Weiler oft mit größerem Abstand gebaut wird, so auch in Lindberg. Der Wärmebedarf im Hektarraster wird für die folgenden Berechnungen auf gebäudescharfe Ebene skaliert. Zur datenschutzkonformen Darstellung wird der Wärmebedarf auf Baublockebene abgebildet.

Die Analyse umfasst sowohl den Energieverbrauch für Raumwärme als auch für

Warmwasser. Dadurch gelingt die Identifizierung von Hotspots mit besonders hohem Bedarf, die für zukünftige Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung oder dem Ausbau von Wärmenetzen relevant sind.

Eine genaue Erfassung der vorhandenen Wärmestrukturen hilft nicht nur bei der Entwicklung von Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebedarfs, sondern zeigt auch Potenziale für den Einsatz erneuerbarer Wärmequellen auf. In Abbildung 16 wird der Wärmebedarf der Gemeinde Lindberg als Hektarraster und in Abbildung 17 aggregiert dargestellt. Der Wärmebedarf spiegelt die bauliche Struktur der Gemeinde wider.

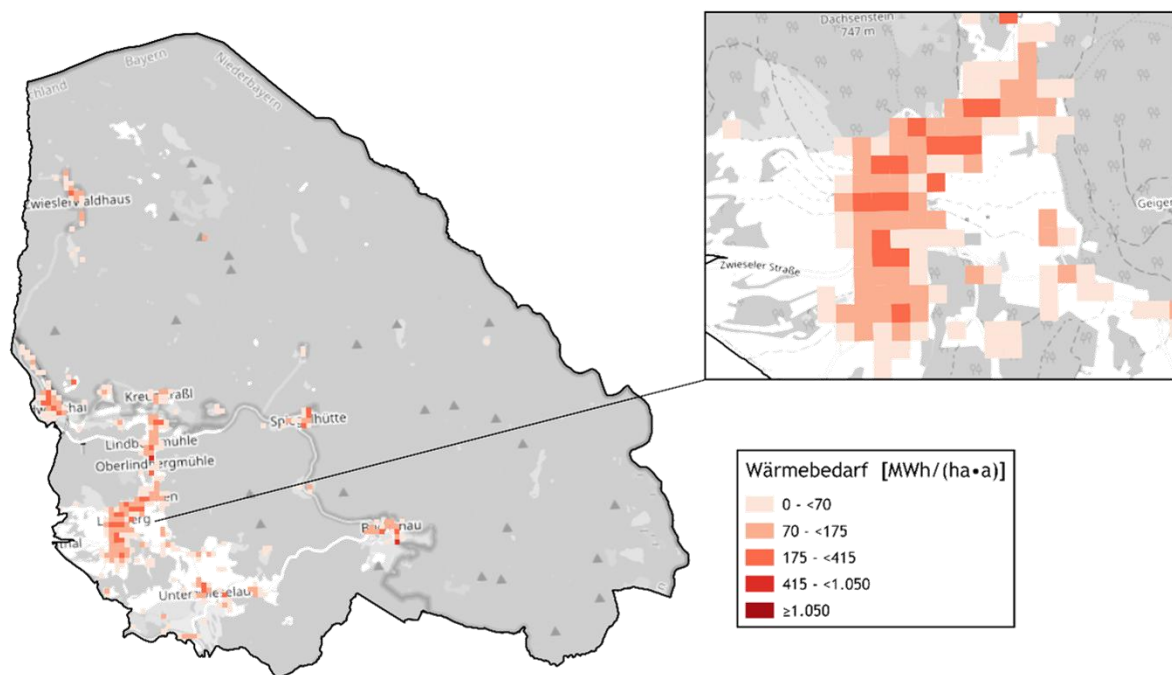


Abbildung 16: Wärmebedarf nach Hektarraster in Lindberg, eigene Darstellung

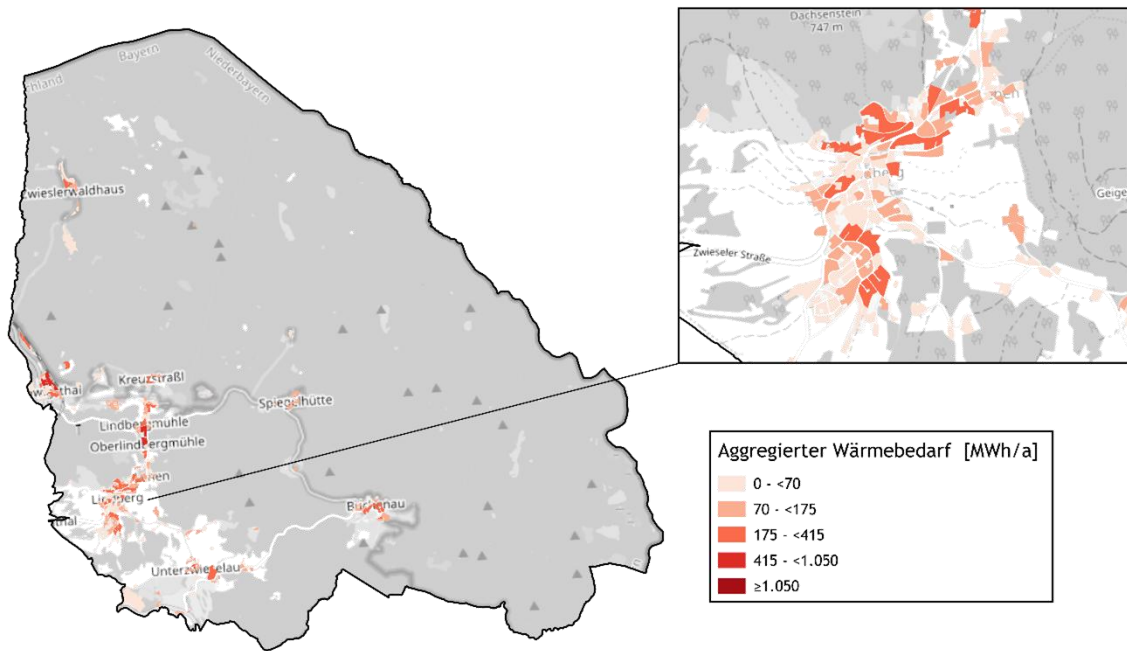


Abbildung 17: Aggregierter Wärmebedarf auf Baublockebene in Lindberg, eigene Darstellung

Tabelle 3: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte [1], eigene Darstellung

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

Nachdem der Wärmebedarf der Gemeinde analysiert wurde, dient die Wärmelinien-dichte als Beschreibung der Wärmebe-darfsmenge pro Trassenmeter eines potenziellen Wärmenetzes. Der Kennwert veranschaulicht die linearen Bedarfsver-teilung, indem die Linien die Intensität des Wärmebedarfs in den verschiedenen Be-reichen der Gemeinde sichtbar machen und aufzeigen, wo die Nachfrage beson-ders hoch ist und wo sie geringer ausfällt. Im Unterschied zur reinen Bedarfsanalyse bietet die Darstellung mit Wärmelinien eine wertvolle räumliche Perspektive, die es ermöglicht, die Wärmeverteilung in Re-lation zur Infrastruktur und den bestehen-den Bebauungsstrukturen zu setzen. Abbil-dung 18 zeigt die dargestellten Wärmelinien-dichten: Rot markiert Bereiche mit dem höchsten Bedarf, Gelb weist auf mittlere

und Grün auf niedrige Wärmebedarfe hin. Diese farbliche Einteilung erleichtert eine schnelle Orientierung und gibt auf einen Blick Aufschluss über die Verteilung des Bedarfs. So lassen sich Zonen mit dichter Besiedelung oder höherer gewerblicher Nutzung, die typischerweise eine stärkere Wärmenachfrage aufweisen, leicht von weniger dicht besiedelten Gebieten unterscheiden.

Dabei wird deutlich, dass der Ortskern von Lindberg, sowie die Ortsgebiete Lehen und Oberlindbergmühle, durch höhere Wärmelinien-dichten herausstechen. Es ergeben sich jedoch keine Gebiete mit Versor-gungsschwerpunkt.

Diese Darstellung umfasst noch keine Un-tersuchung der baulichen oder wirtschaft-lichen Machbarkeit.

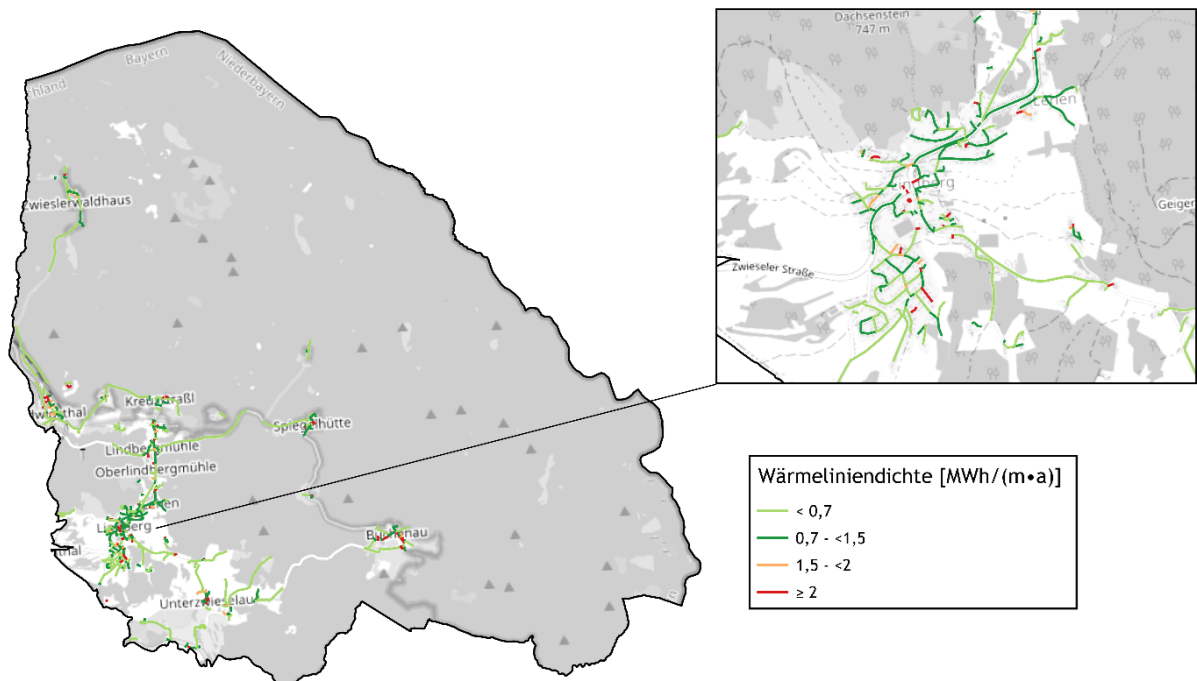


Abbildung 18: Wärmelinien-dichten in Lindberg, eigene Darstellung

Tabelle 4: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmeliniendichte [1], eigene Darstellung

Wärmeliniendichte [MWh/(m·a)]	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
< 0,7	Kein technisches Potenzial
0,7 - < 1,5	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
1,5 - < 2	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
≥ 2	Wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z.B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)

## 2 Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse stellt einen zentralen Baustein der kommunalen Wärmeplanung dar und liefert wesentliche Erkenntnisse zur Realisierung einer treibhausgasneutralen und ressourceneffizienten Wärmeversorgung. Zu Beginn der Analyse wird das Potenzial für die Errichtung und den Ausbau von Wärmenetzen bewertet, um deren Rolle in der zukünftigen Wärmeversorgung einzuschätzen. In diesem Kapitel wird zudem untersucht, welche natürlichen und infrastrukturellen Ressourcen in der Gemeinde Lindberg verfügbar sind und wie sie zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs genutzt werden können. Im Fokus der Analyse stehen lokale Potenziale für erneuerbare Energien wie Solar- und Geothermie sowie für die Nutzung von Abwärme aus Industrie und Gewerbe. Darüber hinaus werden Optionen zur Reduktion des Wärmebedarfs und zur Effizienzsteigerung in Gebäuden und Anlagen geprüft.

Durch die umfassende Ermittlung und Bewertung dieser Potenziale schafft die Analyse die Grundlage für die Entwicklung eines Zielszenarios, das auf eine nachhaltige

und emissionsarme Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045 ausgerichtet ist.

Die von INEV durchgeführten Potenzialanalysen basieren unter anderem auf 3D-Gebäudemodelldaten, den *LoD2*-Daten. Die georeferenzierten Darstellungen wurden von INEV aus den *LoD2*-Daten und weiteren Datenquellen, wie beispielsweise Geofachdaten oder Open Source Projekten (OpenStreetMap) erstellt. Geofachdaten beschreiben georeferenziert fachspezifische Informationen.

Die Potenzialhierarchie dient der systematischen Einordnung von Energiepotenzialen nach ihrer Zugänglichkeit und Umsetzbarkeit und ist in Abbildung 19 dargestellt. Im nachfolgenden werden technische Potenziale ausgewiesen. Das technische Potenzial gibt den Teil des maximal physikalischen (theoretischen) Potenzials an, der durch den Einsatz der aktuell verfügbaren und wirtschaftlich vertretbaren Technik erschlossen werden könnte. Dabei werden Verluste, technische Einschränkungen und infrastrukturelle Gegebenheiten berücksichtigt.

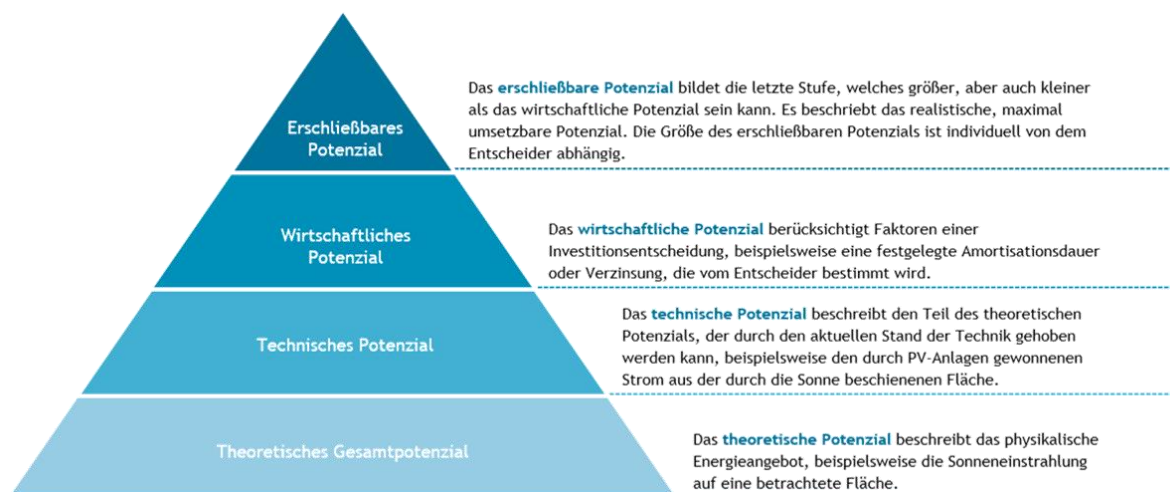


Abbildung 19: Potenzialpyramide, eigene Darstellung

## 2.1 Wärmenetze

Wärmenetze sind Infrastrukturen zur zentralen Versorgung von Gebäuden mit Wärmeenergie. In einem Wärmenetz wird die erzeugte Wärme über ein Rohrleitungssystem von zentralen Erzeugungsanlagen, wie Blockheizkraftwerken, Geothermieanlagen oder Großwärmepumpen, zu den angeschlossenen Gebäuden transportiert. Diese Technologie erlaubt eine effiziente Wärmeerzeugung, da zentrale Anlagen oft höhere Wirkungsgrade erzielen, insbesondere durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und die Nutzung nachhaltiger Energiequellen wie Geothermie oder Abwärme. Beim Transport entstehen zwar unvermeidbare Wärmeverluste, doch durch die zentrale Erzeugung lassen sich Ressourcen effizienter nutzen. Wärmenetze werden bevorzugt in dichtbesiedelten Gebieten mit hohem Wärmebedarf eingesetzt, wo sie wirtschaftlich und technisch besonders vorteilhaft sind.

Für die Planungen zur möglichen Einführung von Wärmenetzen in Lindberg wurden detaillierte Untersuchungen durchgeführt. Diese ergaben, dass sich ein Wärmenetz

nicht wirtschaftlich betreiben lässt, da sowohl die Wärmelinien-dichte als auch der pro Fläche verbrauchte Wärmebedarf nicht den nötigen Parametern entspricht. Es ergab sich ein Wärmenetz mit einer Gesamtlänge von 5.350 m und 165 angeschlossenen Abnehmern. Bei einer Anschlussnehmerquote von 100 % mündet dies in einer Wärmebelegungs-dichte von 818 kWh/(m·a). Da eine Anschlussnehmerquote von 100 % unrealistisch ist, reduziert sich der Wert der Wärmebelegungs-dichte für ein tatsächliches Netz weiter. Bei einer angenommenen Anschlussquote von 60 % ergibt dies eine Wärmelinien-dichte von 491 kWh/(m·a). Damit ergibt sich für den Zielzustand eine ungünstige Voraussetzung für ein Wärmenetz. Diese Einschätzung deckt sich mit den Pauschalwerten des Leitfadens gemäß ifeu [1]. Darin wird eine Wärmelinien-dichte von 1.200 kWh pro Meter und Jahr als geeignete Wärmelinien-dichte genannt. Der ermittelte Wert weicht davon erheblich ab. Das untersuchte Wärmenetz wird in Abbildung 20 dargestellt.

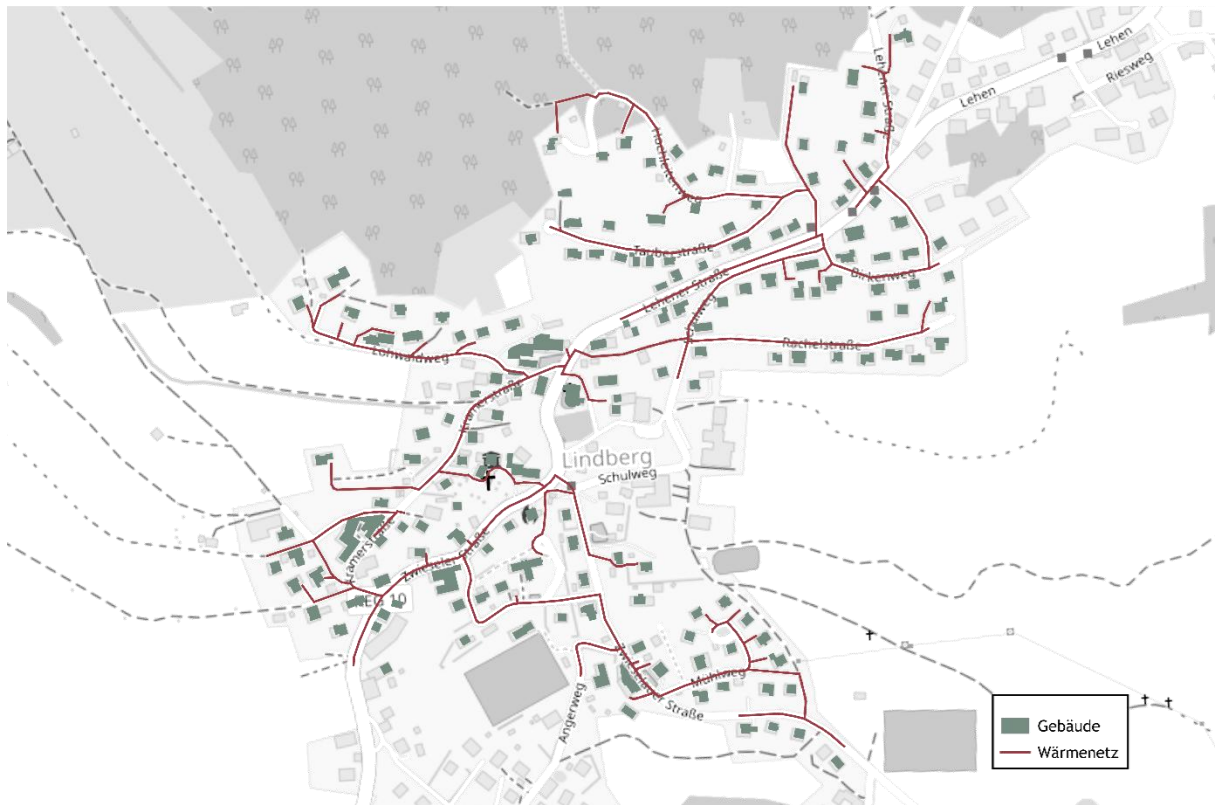


Abbildung 20: Untersuchtes Wärmenetz, eigene Darstellung

### 2.1.1 Gebäudenetze

Eine mögliche Alternative zu Wärmenetzen stellen Gebäudenetze dar. Sie sind kleiner im Maßstab und bilden eine effiziente Lösung für die Wärmeversorgung, bei der zwei bis sechzehn Gebäude oder bis zu 100 Wohneinheiten über eine zentrale Wärmeerzeugungsanlage versorgt werden. Der Grenzwert ergibt sich aus den Förderrichtlinien der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze und der Bundesförderung für effiziente Gebäude.

Wärmenetze transportieren erzeugte Wärme über ein weit verzweigtes Leitungsnetz und eignen sich besonders für großflächige, dicht besiedelte Gebiete mit hohem Wärmebedarf. Gebäudenetze hingegen sind kompakter ausgelegt und dienen der gemeinsamen Versorgung mehrerer zusammenhängender Gebäude innerhalb eines begrenzten räumlichen Bereichs, etwa in Quartieren, kleinen Siedlungen oder Gewerbegebieten.

Der wesentliche Unterschied liegt in der räumlichen und organisatorischen Struktur: Während Wärmenetze ganze Stadtteile zentral versorgen, konzentrieren sich Gebäudenetze auf kleinere Einheiten, bei denen ein großflächiges Wärmenetz technisch oder wirtschaftlich nicht umsetzbar wäre.

Gebäudenetze bieten gegenüber der individuellen Wärmeherzeugung zahlreiche Vorteile: Durch die Bündelung des Wärmebedarfs kann eine zentral betriebene Anlage effizient dimensioniert werden, was zu geringeren Investitions- und Wartungskosten pro Nutzer führt. Zudem reduzieren sich Wärmeverluste durch die Nähe der Verbraucher. Auch hinsichtlich der Energiequellen besteht eine hohe Flexibilität - etwa beim Einsatz von Solarthermie, Biomasse oder Wärmepumpen.

Gebäudenetze bieten eine nachhaltige und zukunftssichere Wärmeversorgung mit hoher Effizienz und Skaleneffekten durch die Kostenvorteile zentraler Wärmeherzeugung. Zudem entsteht durch den Wegfall individueller Heizsysteme mehr Platz in den Gebäuden. Herausforderungen sind hohe Anfangsinvestitionen sowie die Abhängigkeit von einer zentralen Erzeugung.

Gebiete für potenzielle neue Gebäudenetze zu identifizieren und analysieren ist kein Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung und Bedarf einer gesonderten, individuellen Planung. Die Möglichkeit zur Errichtung für ein Gebäudenetz soll bei zukünftigen Fortschreibungen betrachtet werden.

## 2.1.2 Betreibermodelle

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, ein Wärme- und Gebäudenetz zu betreiben, die sich in Investitionsaufwand, Verantwortlichkeiten und Flexibilität unterscheiden. Die Wahl des passenden Modells hängt von den individuellen

Anforderungen, den finanziellen Möglichkeiten und den technischen Kompetenzen der Nutzer und Betreiber ab. Die nachfolgende Tabelle zeigt die verschiedenen Varianten im Detail.

Tabelle 5: Aspekte verschiedener Betriebsmodelle bei Wärme- und Gebäudenetzen, eigene Darstellung

	Eigenbetrieb	Contracting-Modell	Energieversorger	Genossenschaft/ WEG
Übersicht	Einzelner Betreiber (z.B. Landwirt) betreut die Anlage	Externes Unternehmen plant, baut und betreibt das Netz	Betrieb durch professionellen Energieversorger	Genossenschaft oder Wohnungseigentümergeinschaft betreibt das Netz
Besonderheit	Übernahme sämtlicher Aufgaben durch Einzelperson	Bindung an vertragliche Rahmenbedingungen des Dienstleisters	Vergleichbar mit Contracting aber Umsetzung durch größere EVU	Demokratisch organisiert
Verantwortlicher	Betreiber in Eigenregie	Externer Dienstleister	Energieversorgungsunternehmen	Mitglieder
Mitsprache Preisgestaltung	Mittel bis Hoch	Gering	Gering	Mittel bis Hoch
Laufende Wärmekosten	Gering bis Mittel	Mittel bis Hoch	Mittel bis Hoch	Gering bis Mittel
Investitionskosten für Nutzer	Gering	Gering	Gering	Mittel bis Hoch
Vorteile	Direkter Draht zum Betreiber, schnelle Entscheidungsfindung	Entlastung bei Organisation, Technik und Finanzierung	Professioneller Betrieb, langfristige Preisgestaltung	Bürgernah, geteilte Kosten, wirtschaftlicher Gewinn durch geringe Wärmebezugskosten
Nachteile	Hohe Abhängigkeit von einer Person, begrenzte Professionalität	Geringe Einflussnahme, langfristige Bindung mit möglichen Mehrkosten	Wenig Gestaltungsspielraum, begrenzte Anbieterswahl, Gewinnmarge für EVU	Erhöhter Abstimmungsaufwand, Engagement erforderlich, Wissensaufbau nötig

Gebäudenetze bieten eine nachhaltige und zukunftssichere Wärmeversorgung mit hoher Effizienz und Skaleneffekten durch die Kostenvorteile zentraler Wärmeerzeugung. Zudem entsteht durch den Wegfall individueller Heizsysteme mehr Platz in den Gebäuden. Herausforderungen sind hohe Anfangsinvestitionen sowie die Abhängigkeit von einer zentralen Erzeugung. Besonders Genossenschaften als Betreibermodell ermöglichen Bürgerbeteiligung, fördern lokale Lösungen und sorgen für eine transparente Verwaltung.

Die Gründung einer Genossenschaft erfolgt grundsätzlich in fünf Schritten:

1. Konzeption
2. Satzung
3. Gründungsversammlung
4. Gründungsprüfung durchführen
5. Eintragung durch Registergericht

Langfristig bieten Genossenschaften klimafreundliche, bezahlbare Wärmeversorgung, erfordern aber technisches Know-how und ehrenamtliches Engagement. Sie ermöglichen auch Wärmenetzen, die auf den ersten Blick nicht wirtschaftlich scheinen, eine Lösung über eine zentrale Versorgung.

## 2.2 Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien

### 2.2.1 Wärme

Das Kapitel „Wärme“ der Potenzialanalyse widmet sich der Identifikation und Bewertung aller relevanten Wärmequellen, die zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung innerhalb der Gemeinde beitragen können. Da der Wärmesektor maßgeblich zur Erreichung der lokalen und nationalen Klimaziele beiträgt, ist die Erschließung

nachhaltiger Wärmequellen eine Kernaufgabe der kommunalen Wärmeplanung. Die nachfolgend untersuchten Wärmequellen umfassen eine Bandbreite von erneuerbaren Ressourcen bis hin zu innovativen Technologien, die einen zentralen Beitrag zur Reduktion fossiler Brennstoffe leisten können.

#### Luft-Wärmepumpen

Die Luft-Wärmepumpe ist eine bewährte Technologie, die Wärme aus der Umgebungsluft in nutzbare Heizenergie umwandelt. Sie funktioniert nach dem Prinzip, dass die in der Luft enthaltene Wärmeenergie durch einen Kältemittelkreislauf genutzt wird, um Gebäude zu beheizen oder Warmwasser zu bereiten. Die Luft-Wärmepumpe saugt die Außenluft an, leitet sie durch einen Verdampfer, in dem das Kältemittel die Wärme aufnimmt und verdampft. Im nächsten Schritt wird das dampfförmige Kältemittel in einem Kompressor verdichtet, was zu einem Temperaturanstieg führt. Dieser Dampf wird dann in einem Kondensator wieder verflüssigt, wobei Wärme an das Heizsystem abgegeben wird.

Ein wesentlicher Vorteil von Luft-Wärmepumpen ist ihre Flexibilität und einfache Installation, da sie keine tiefen Erdarbeiten benötigen und in der Regel auf bestehenden Gebäuden oder in neuen Bauvorhaben eingesetzt werden können. Sie sind besonders effizient in milden Klimazonen und können grundsätzlich sowohl für die Heizung als auch für die Kühlung von Räumen verwendet werden, indem sie die Betriebsweise umkehren.

Aufgrund der geringen Restriktionen bietet die Luft-Wärmepumpe ein gutes Potenzial

zur Nutzung von Umweltwärme in Lindberg. Die Installation von Luft-Wärmepumpen ist im Vergleich zur Nutzung von Geothermie kostengünstig, da keine Erdarbeiten notwendig sind, was sie zu einer attraktiven Option für Hausbesitzer und gewerbliche Anwender macht.

Die Stromnetzkapazität in Lindberg ermöglicht eine umfassende Integration von Luft-Wärmepumpen, dafür ist gegebenenfalls ein Ausbau der Netzkapazitäten notwendig. Zudem können intelligente Steuerungssysteme eingesetzt werden, um die Betriebszeiten der Wärmepumpen optimal auf Zeiten mit hoher Stromverfügbarkeit, etwa durch Photovoltaikanlagen, abzustimmen.

Das Ergebnis lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **Das Stromnetz in Lindberg kann den zusätzlichen Bedarf durch Luft-Wärmepumpen abdecken bzw. bei Bedarf ausgebaut werden.**
- **Die Installation benötigt keine aufwendigen Erdarbeiten und lässt sich sowohl in bestehenden Gebäuden als auch in Neubauten integrieren.**

## Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Geothermie nutzt die im Erdreich gespeicherte Wärme zur Beheizung von Gebäuden und zur Warmwasserbereitung. In der dezentralen Anwendung kommen verschiedene Systeme zum Einsatz, die sich hinsichtlich ihrer Funktionsweise und Effizienz unterscheiden und in Abbildung 21 dargestellt werden. Ähnlich wie im zuvor beschriebenen Kapitel werden auch bei der oberflächennahen Geothermie Wärmepumpen eingesetzt, die das zur Verfügung stehende Temperaturniveau anheben. Nachfolgend werden verschiedene Varianten zur Nutzung oberflächennaher Geothermie beschrieben.

**Erdwärmekollektoren und -körbe** nutzen die oberflächennahe Erdwärme, indem sie die Wärme des Erdreichs aufnehmen und über ein Wärmeträgermedium, meist eine spezielle Flüssigkeit, zur Wärmepumpe leiten. Während Kollektoren horizontal in wenigen Metern Tiefe verlegt werden, sind Körbe vertikal angeordnet und eignen sich besonders für Grundstücke mit begrenztem Platz. Die Wärmepumpe erhöht die Temperatur der gewonnenen Wärme, um sie für die Heizung oder Warmwasserbereitung nutzbar zu machen. Das Potenzial wird in Abbildung 22 dargestellt.

Die **Grundwasser-Wärmepumpe** nutzt die im Grundwasser gespeicherte Wärme, indem Wasser aus einer Quelle entnommen, durch die Wärmepumpe geleitet und anschließend wieder in den Untergrund zurückgeführt wird. Dieses System kann besonders effizient sein, wenn die Grundwasserquelle über eine konstante Temperatur verfügt. Das Potenzial wird in Abbildung 24 dargestellt.

**Erdwärmesonden** erschließen die Erdwärme in größerer Tiefe (typischerweise bis zu 250 Meter), indem sie vertikale

Bohrungen nutzen, durch die ein Wärmeträgermedium zirkuliert. Diese Systeme sind effizienter, da die Temperatur in tieferen Bodenschichten konstanter bleibt, und eignen sich besonders für größere Gebäude oder bei höherem Wärmebedarf. Das Potenzial wird in Abbildung 23 dargestellt.

Die Ergebnisse zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie in Lindberg lassen sich folgendermaßen beschreiben [6]:

- **Es bestehen kaum Flächenrestriktionen für Erdwärmekollektoren. Potenzielle Grundwasser-Wärmepumpen Standorte sind in Lindberg großteils innerhalb von Gebieten, die kein Potenzial aufweisen. Die Errichtung von Erdsonden ist wie in Abbildung 23 erkennbar nur teilweise möglich.**
- **Der Boden in der Lindberg weist in bebauten Gebieten überwiegend eine Entzugsleistung von ca. 5 - 25 MWh/a auf. Dieser Wert führt zu einer passablen Eignung für Erdwärmekollektoren [6].**

Das vorhandene geothermische Potenzial ermöglicht grundsätzlich die Versorgung einzelner Gebäude mit Wärme aus oberflächennaher Geothermie. Allerdings erfordert die Installation der notwendigen Entnahmetechnik erhebliche Erd- und Umbaumaßnahmen, wodurch der Einsatz im Gebäudebestand häufig nur eingeschränkt sinnvoll ist. Die verfügbare Energiemenge unterstreicht dennoch die Bedeutung dieser Technologie als nachhaltige Option zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und zur Förderung einer treibhausgasneutralen Energieversorgung in der Gemeinde Lindberg.

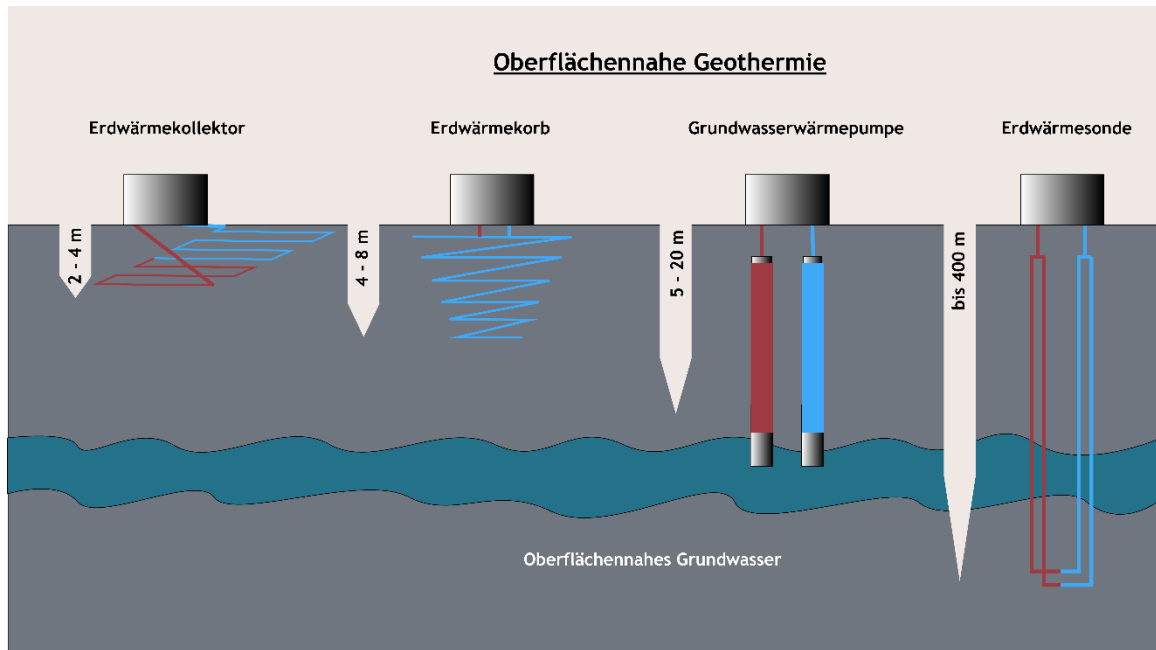


Abbildung 21: Funktionsprinzipien und Technologien der oberflächennahen Geothermie, eigene Darstellung

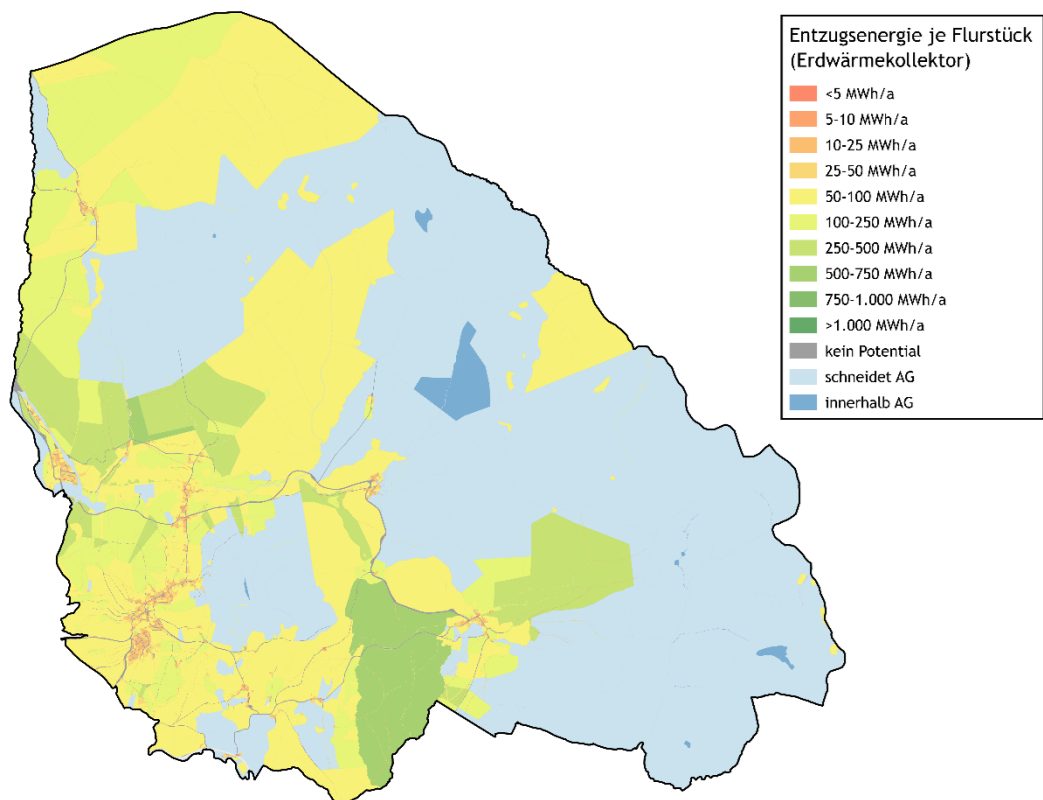


Abbildung 22: Oberflächennahe Geothermie: Entzugsleistungen von Erdwärmekollektoren in Lindberg [7]

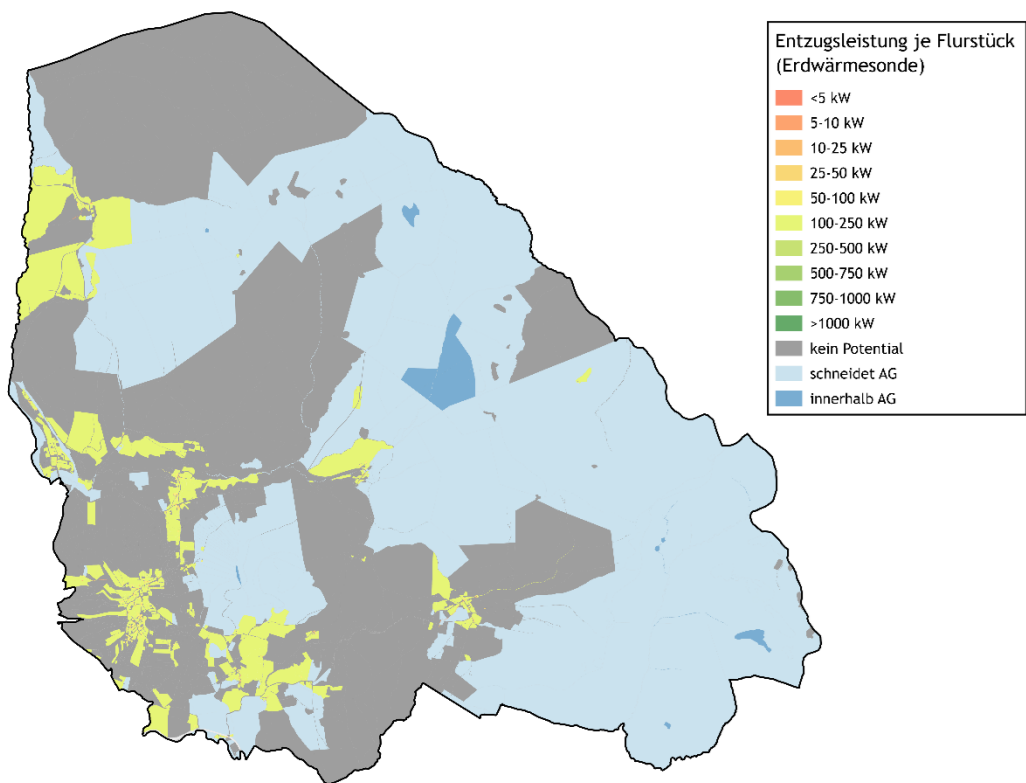


Abbildung 23: Oberflächennaher Geothermie: Entzugsleistungen von Erdwärmesonden in Lindberg [7]

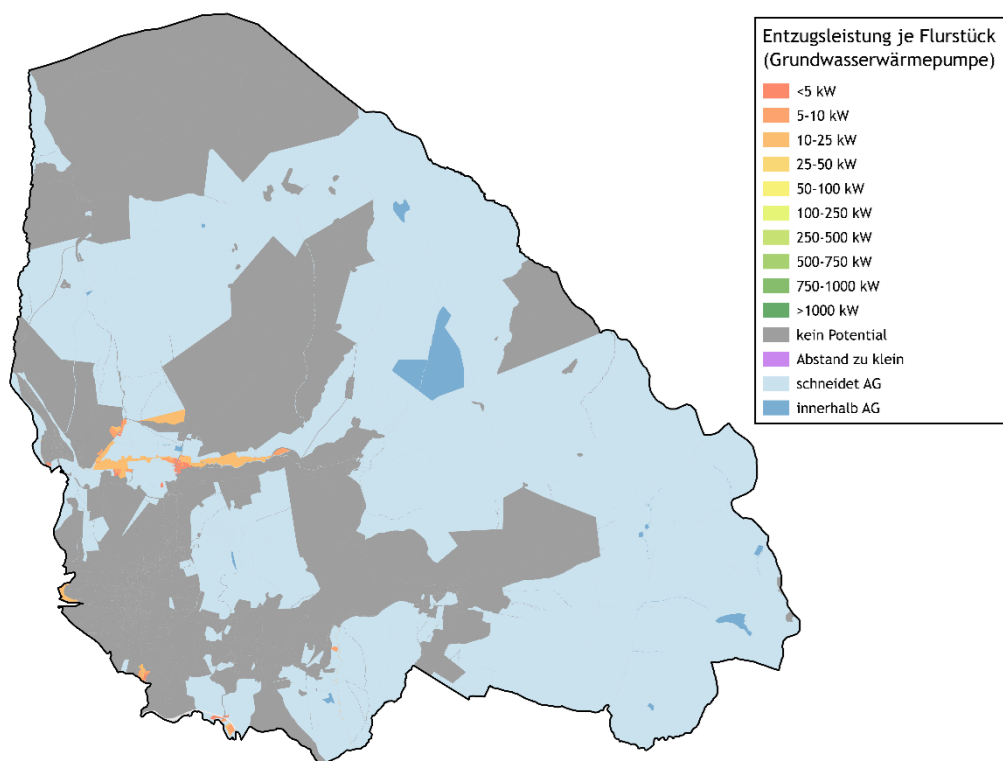


Abbildung 24: Oberflächennaher Geothermie: Entzugsleistungen von Grundwasserwärmepumpen in Lindberg [7]

### **Tiefe Geothermie**

Tiefe Geothermie bezeichnet die Nutzung von Erdwärme aus großen Tiefen von mehr als 400 Metern bis zu mehreren Kilometern unter der Erdoberfläche. In diesen Erdschichten herrschen aufgrund des geothermischen Gradienten - das heißt der natürlichen Temperaturzunahme mit zunehmender Tiefe - Temperaturen von 60 °C bis über 150 °C. Diese Wärme kann durch den Einsatz spezieller Bohrtechnologien erschlossen und über Wärmetauscher an die Oberfläche gebracht werden.

Das Verfahren der tiefen Geothermie nutzt entweder Thermalwasser, welches in den tiefen Erdschichten zirkuliert, oder heißes Gestein als Wärmequelle. Mithilfe eines geschlossenen Kreislaufs wird die Wärme aus diesen Schichten an die Oberfläche gefördert und für die Beheizung von Gebäuden und Industrieanlagen nutzbar gemacht. Die Wärme wird entweder direkt genutzt oder durch Wärmetauscher auf ein

sekundäres Wärmenetz übertragen, in dem sie verteilt wird.

Aufgrund der konstanten und ganzjährig verfügbaren Wärmeleistung bietet die tiefe Geothermie eine besonders zuverlässige und nachhaltige Energiequelle. Ein effizienter und wirtschaftlicher Einsatz dieser Energieform setzt große Wärmeabnahmemengen voraus, wie sie typischerweise in Wärmenetzen vorkommen.

Die Analyse der geologischen Voraussetzungen zeigt, dass in Lindberg kein nennenswertes Potenzial für die Nutzung von Tiefengeothermie besteht [6].

- **In der Gemeinde Lindberg wird keine Anlage zur Nutzung tiefer Geothermie betrieben.**
- **Die Gemeinde Lindberg liegt in einem geologisch ungeeigneten Gebiet für die Tiefengeothermienutzung [6].**

## Fließgewässer

Flusswärme beschreibt die Nutzung von Wärmeenergie, die in Fließgewässern gespeichert ist. Diese Technologie nutzt den Temperaturunterschied zwischen Wasser und Luft, insbesondere während der kälteren Monate, um Wärme aus dem Flusswasser zu entziehen. Mithilfe von Wärmetauschern und Wärmepumpen wird diese Energie auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben und zur Wärmeversorgung eingesetzt.

Der Prozess ist besonders umweltfreundlich, da die Wärmegewinnung emissionsarm ist und keine nennenswerten Eingriffe in das Flusssystem erfordert. Die Technologie eignet sich besonders für städtische oder dicht bebaute Gebiete in der Nähe von Fließgewässern.

Für die Nutzung von Flusswärme zur Versorgung von Wärmenetzen sind Fließgewässer mit ausreichendem Durchflussvolumen sowie einer möglichst konstanten

Wasserführung über das gesamte Jahr hinweg erforderlich. Nur unter diesen Bedingungen kann eine stabile und nachhaltige Wärmeentnahme gewährleistet werden. Außerhalb von Wärmenetzen erweist sich die Nutzung von Flusswärme im Privathaushaltssektor als wirtschaftlich nicht darstellbar. Die notwendige Anlagentechnik ist bei der niedrigen, dezentralen Wärmeabnahme, nicht kostendeckend zu betreiben.

Für das Gemeindegebiet kann folgende Aussage getroffen werden:

- **Durch die Gemeinde verläuft der Große Deffernik, der Schleicherbach sowie der Mühlbach und einige weitere kleine Fließgewässer. Da keine geeigneten Wärmenetzgebiete identifiziert wurden und keine großen Wärmebedarfe vorliegen, ist eine Nutzung der Flusswärme nicht wirtschaftlich.**

## Solarthermie

Solarthermie wandelt solare Strahlungsenergie in nutzbare Wärme um, die zur Beheizung von Gebäuden, zur Trinkwassererwärmung oder zur Einspeisung in ein Wärmenetz genutzt werden kann.

Dabei wird in Aufdach-Anlagen und Freiflächenanlagen unterschieden. Beide Optionen haben spezifische Vorteile und Einsatzbedingungen:

1. **Freiflächen-Solarthermie:** Diese Anlagen benötigen große, unbeschattete Flächen und sind besonders geeignet, wenn sie in Verbindung mit Wärmespeichern und Wärmenetzen betrieben werden. Die Speicherung der erzeugten Wärme ermöglicht eine flexible und bedarfsorientierte Nutzung, auch zu Zeiten geringer Sonneneinstrahlung. Ein solcher Aufbau bietet sich für kommunale oder großflächige Wohnprojekte an, setzt jedoch in der Regel ein Wärmenetz voraus.
2. **Dachflächen-Solarthermie:** Auf Dachflächen kann Solarthermie auf Wohn- und Gewerbegebäuden installiert werden. Dachflächen bieten oft eine hohe Verfügbarkeit für die Installation von Solarkollektoren, konkurrieren jedoch häufig mit Photovoltaikanlagen, die Sonnenenergie in Strom umwandeln. Diese Konkurrenz führt oft zu Abwägungen zwischen Wärme- und Stromnutzung auf demselben Dach, je nach lokalen Energiebedarfen und vorhandenen Förderprogrammen.

Das Solarthermiepotenzial basiert auf den Untersuchungen der Gebäudegeometriedaten des Bayerischen Vermessungsamtes

(LoD2-Daten) [8]. Auf dessen Datengrundlage wird eine Methodik angewendet, die anhand technischer Rahmenbedingungen die spezifischen Erträge für die Dachflächen in Lindberg ausweist. In die Betrachtung gehen folgende Annahmen ein:

- Berücksichtigung von Flächen mit einer Strahlungsenergie über  $800 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$
- Mindestgröße von geneigten Dächern:  $5 \text{ m}^2$
- Mindestgröße von Flachdächern:  $12,5 \text{ m}^2$

Für Lindberg ergibt sich ein technisches Potenzial in Höhe von  $51.460 \text{ MWh/a}$ . Daraus ergibt sich bei  $15 \%$  Umsetzungsquote ein erwartbarer Jahresertrag von  $7.719 \text{ MWh}$ , der durch die Solarthermie auf den Dachflächen erzeugt werden könnte. Die betrachteten Dachflächen werden in Abbildung 25 dargestellt.

Diese Methodik liefert eine Abschätzung des Solarthermie-Potenzials auf den Dachflächen von Lindberg und bietet eine Grundlage für die Integration dieser Energiequelle in das kommunale Wärmekonzept. Die Ergebnisse zeigen, dass Solarthermie auf Dachflächen in Lindberg einen signifikanten Beitrag zur dezentralen Wärmeversorgung leisten kann. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Erwartbarer Jahresertrag bei einer Belegung von  $15 \%$  der geeigneten Dachflächen:  $7.719 \text{ MWh}$**
- **Die Wärmeerzeugung durch Solarthermie könnte damit bilanziell  $22 \%$  des Wärmebedarfs in Lindberg decken.**

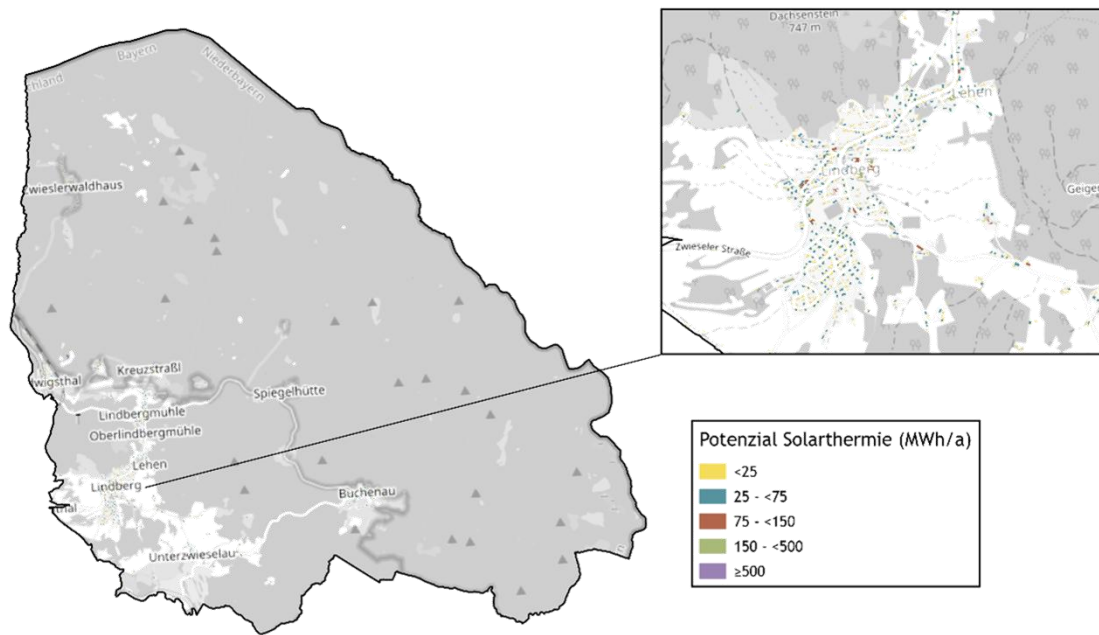


Abbildung 25: Potenzieller Jahresertrag für Solarthermieranlagen auf Dachflächen, eigene Darstellung

## Biomasse

Biomasse umfasst eine breite Palette organischer Materialien wie Holz, pflanzliche Abfälle und landwirtschaftliche Produkte und dient als vielseitige Quelle erneuerbarer Energie. Die energetische Nutzung von Biomasse erfolgt durch Verbrennung, Vergasung oder Fermentation, um Wärme und Strom zu erzeugen oder Bioenergieträger wie Biogas oder Biodiesel zu produzieren. Im Rahmen der Potenzialanalyse wurde das theoretische Potenzial der Biomassenutzung untersucht. Für die Untersuchung wird zwischen Biomasse aus Grünland und Ackerflächen sowie Biomasse aus Holz unterschieden.

Die Analyse des **Biomassepotenzials aus Grünland und Ackerfläche** ergab folgende technische Erträge für Biomasse aus landwirtschaftlichen Flächen:

- Biomassepotenzial Grünland:  
5.584 MWh/a
- Biomassepotenzial Ackerland:  
158 MWh/a

Die untersuchten Flächen sind in Abbildung 26 dargestellt.

Das **Biomassepotenzial aus Holz** ist stark von regionalen Gegebenheiten abhängig. Grundsätzlich ist sicherzustellen, dass die Holzentnahme die Regenerationsfähigkeit der Wälder nicht übersteigt, um die nachhaltige Nutzung zu gewährleisten.

Im Nationalpark Bayerischer Wald ist eine Holzentnahme zu wirtschaftlichen Zwecken - und damit auch zur energetischen Nutzung - nicht zulässig, um die ungestörte Entwicklung der Natur zu gewährleisten. Im Naturpark Bayerischer Wald hingegen ist eine nachhaltige Holznutzung

erlaubt, sofern die Regenerationsfähigkeit der Wälder gewahrt bleibt.

Auf Grundlage des Holzzuwachses der letzten zehn Jahre in bayerischen Wäldern kann ein langfristig nutzbares Potenzial ausgewiesen werden. In der betrachteten Kommune sind 17,3 % der Fläche bewaldet, sowie Teil des Naturparks (vgl. Abbildung 27).

Folgendes theoretisches Potenzial ergibt sich aus der Analyse:

- Biomassepotenzial Wald:  
24.540 MWh/a

Unter Anwendung einer Kaskadennutzung - also der vorrangigen stofflichen Verwendung (z. B. Bau- oder Möbelindustrie) und anschließenden energetischen Verwertung - sowie unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte wird der nutzbare Anteil auf maximal 30 % begrenzt. Das technische Potenzial beträgt damit 7.362 MWh/a.

Diese Ergebnisse zeigen, dass Biomasse aus Grünland und Ackerfläche im Gegensatz zur Nutzung der Waldfläche ein eher untergeordnetes Potenzial für die energetische Versorgung in Lindberg bietet. Es wird empfohlen, für die energetische Nutzung vorrangig Reststoffe wie Schnittgut, Restholz und andere landwirtschaftliche Abfälle heranzuziehen.

Die Ergebnisse des Biomassepotenzials lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Die Potenzialanalyse verdeutlicht, dass Ackerflächen nur geringe Erträge liefern, während Grünland und Wald ein nutzbares Biomassepotenzial darstellen.**

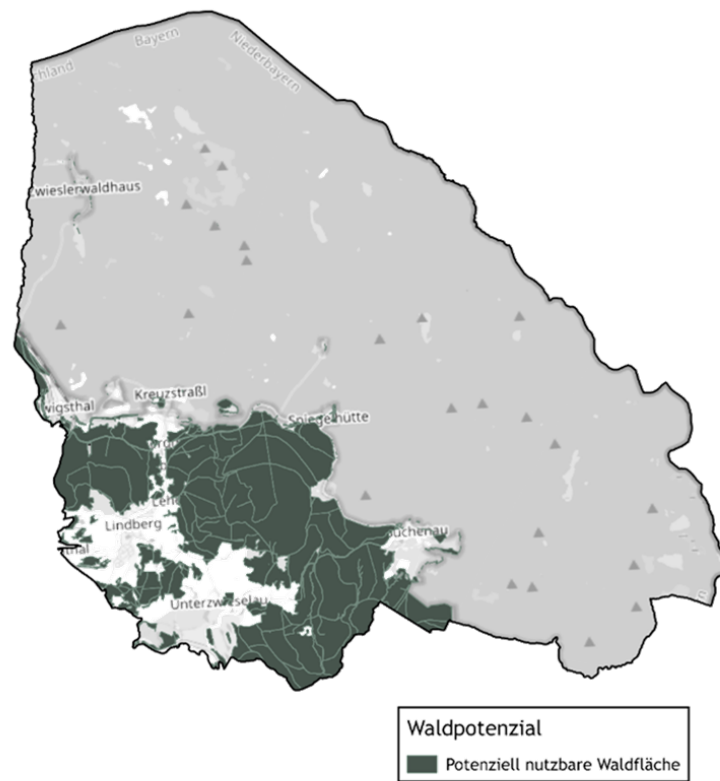


Abbildung 27: Biomassepotenzial aus Waldflächen in Lindberg, eigene Darstellung

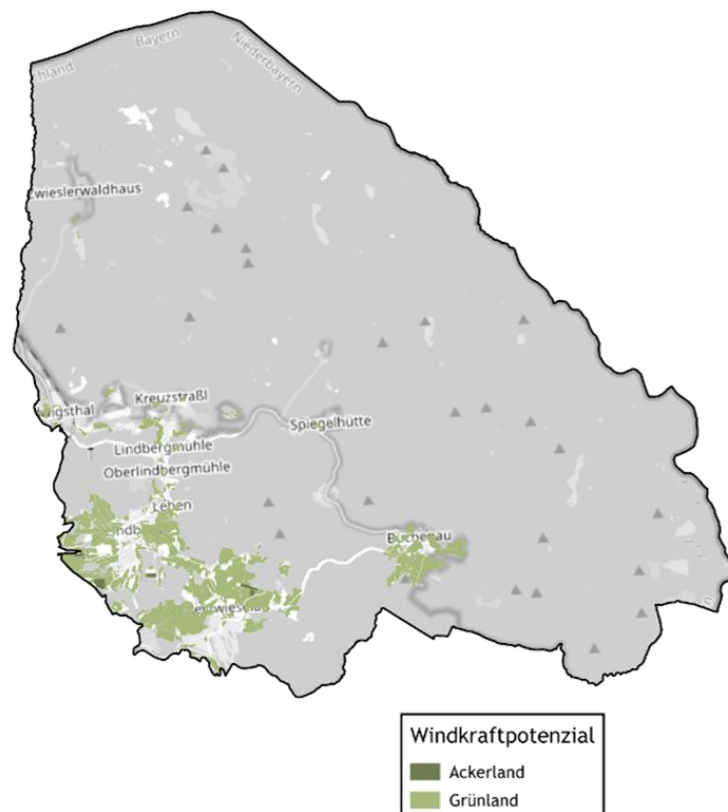


Abbildung 26: Biomassepotenzial aus Grünland und Ackerflächen in Lindberg, eigene Darstellung

## Wasserstoff

Die Gemeinde Lindberg liegt nicht in unmittelbarer Nähe zum geplanten Wasserstoff-Kernnetz. Die Fortschreibung der nationalen Wasserstoffstrategie stuft den Einsatz von Wasserstoff in der dezentralen Wärmeversorgung als nachrangig ein, da der begrenzt verfügbare grüne Wasserstoff vor allem in Industrie und Transport benötigt wird, wo er nur schwer durch andere Energieträger zu ersetzen ist. Die starke Nutzungskonkurrenz in diesen Bereichen sowie die aktuell hohen Wasserstoffpreise verhindern eine rentable Nutzung im Wärmesektor.

Eine lokale Wasserstoffproduktion in Lindberg ist derzeit nicht vorgesehen. Daher ist für die Wärmeversorgung Lindbergs in absehbarer Zeit keine wirtschaftlich lokale Wasserstofferzeugung und -nutzung zu erwarten.

Um die Möglichkeit einer Wasserstoffnutzung zukünftig neu bewerten zu können,

ist es notwendig, die Entwicklungen der Wasserstoffverfügbarkeit und -preise bei der Fortschreibung des Wärmeplans erneut zu betrachten. Alternativen wie andere erneuerbare Energiequellen bleiben vorerst im Fokus der kommunalen Wärmeversorgung.

Das Wasserstoffpotenzial in Lindberg lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **Wasserstoff ist für den Wärmesektor in Lindberg aktuell weder wirtschaftlich noch realistisch nutzbar.**
- **Eine lokale Wasserstoffproduktion ist nicht geplant; erneuerbare Alternativen bleiben im Fokus.**

Bei der Fortschreibung des Wärmeplans ist eine neue Beurteilung des Wasserstoffpotenzials erforderlich.

## 2.2.2 Strom

Die Sektorenkopplung von Strom- und Wärmemarkt ist ein wesentlicher Ansatz zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Durch die Elektrifizierung der Wärmeversorgung kann Strom aus erneuerbaren Quellen wie Wind- und Solarenergie für die Erzeugung erneuerbarer Wärme genutzt werden, z. B. durch den Einsatz von Wärmepumpen. Langfristig unterstützt eine umfassende Sektorenkopplung nicht nur den Ausbau der erneuerbaren Energien,

### Photovoltaik (PV)

Photovoltaik (PV) ist eine Technologie, die solare Strahlungsenergie in elektrischen Strom umwandelt. Diese Elektrizität kann

### PV-Freifläche

Die Installation von Photovoltaikanlagen auf Freiflächen innerhalb des Gemeindegebietes bietet eine Möglichkeit zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien. Durch die Installation von PV-Freiflächenanlagen können bislang brachliegende oder anderweitig genutzte Flächen für die Energieerzeugung gewonnen werden.

Es bedarf einer sorgfältigen Standortwahl, um Landschafts- und Umweltbelange zu berücksichtigen, sowie Energieerzeugung mit Umweltschutz in Einklang zu bringen. Um das Potenzial für die Installation von PV-Freiflächenanlagen zu bestimmen, wurden zunächst die geeigneten Standorte nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz 2023 definiert, darunter fallen Konversionsflächen, Seitenstreifen entlang von Autobahnen und Schienen, sowie bestimmte Acker- und Grünflächen in benachteiligten Gebieten. Jedoch gibt es Einschränkungen für die Nutzung dieser potenziell geeigneten Flächen, die entweder die Errichtung von Anlagen unwahrscheinlich machen (harte Restriktionen) oder mit bestimmten Auflagen verbunden sind (weiche Restriktionen).

sondern trägt auch zur Flexibilisierung des Stromnetzes bei. Besonders bei einer hohen Verfügbarkeit von Wind- oder Solarstrom kann überschüssige Energie in Wärme umgewandelt und in Speichern bevorratet werden. Dies entlastet das Stromnetz und fördert die Integration der erneuerbaren Energien in die Energieversorgung. Im Folgenden werden die Potenziale von Photovoltaik und Windkraft näher betrachtet.

für den Eigenverbrauch in Gebäuden und zur Einspeisung ins Stromnetz genutzt werden.

Um zu ermitteln, welche dieser Flächen tatsächlich genutzt werden können, wurden sowohl die potenziell geeigneten Standorte als auch die eingeschränkten Flächen räumlich abgegrenzt. Dazu wurden den Kriterien Geodaten zugeordnet, die Angaben zu Herkunft, Aktualität und zu möglichen Einschränkungen enthalten. Zur Umwandlung von linearen Daten in Flächendaten wurden Flächenpuffer verwendet und Mindestabstände zu Gebäuden oder Gewässern berücksichtigt. Ausschlussflächen (Flächen mit harten Restriktionen) werden kein Potenzial zugewiesen. Als Ausschlussflächen gelten:

- Landschafts- und Naturschutzgebiete
- Vogelschutzgebiete, Fauna-Flora-Habitat Gebiete
- Biosphärenreservate
- Siedlungsgebiete
- Freizeiteinrichtungen (Parks)
- Bewaldete Gebiete und Gewässer
- Verkehrs- und Schienenwege

Es gibt jedoch einige Kriterien, die nicht in die Analyse einbezogen werden konnten, entweder weil keine entsprechenden Daten verfügbar waren oder aufgrund von Datenschutz- bzw. Sicherheitsbedenken. Dazu gehören Aspekte wie Artenschutz, Altlasten, geplante Bauprojekte und regionale Planungen.

Alle Flächen, die weder als Ausschlussflächen noch als geeignet gelten, sind als "potenziell geeignet" gekennzeichnet. Aktuelle Eigentumsverhältnisse werden bei der Kategorisierung der Flächen nicht berücksichtigt.

Nach der Ermittlung und Kategorisierung der Flächen wird das Potenzial für die geeigneten Flächen ermittelt. Dafür wurden folgende Annahmen getroffen:

- Ausschluss von Flächen kleiner 1 ha

- Installierbare PV-Freiflächenleistung je Hektar: 1.400 kWp
- Ausrichtung: Südausrichtung mit 25° Aufständigung

Abbildung 28 zeigt das PV-Freiflächenpotenzial in Lindberg. Dabei gelten die türkisen Flächen als geeignet und die dunkelgrünen Flächen als potenziell geeignet. Der daraus erwartbare jährliche Ertrag beläuft sich auf etwa 16.853 MWh.

Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

**Zubau auf geeigneten Freiflächen:**

- **PV-Leistung: 18 MWp**
- **Erwartbarer Jahresertrag: 16.853 MWh/a**

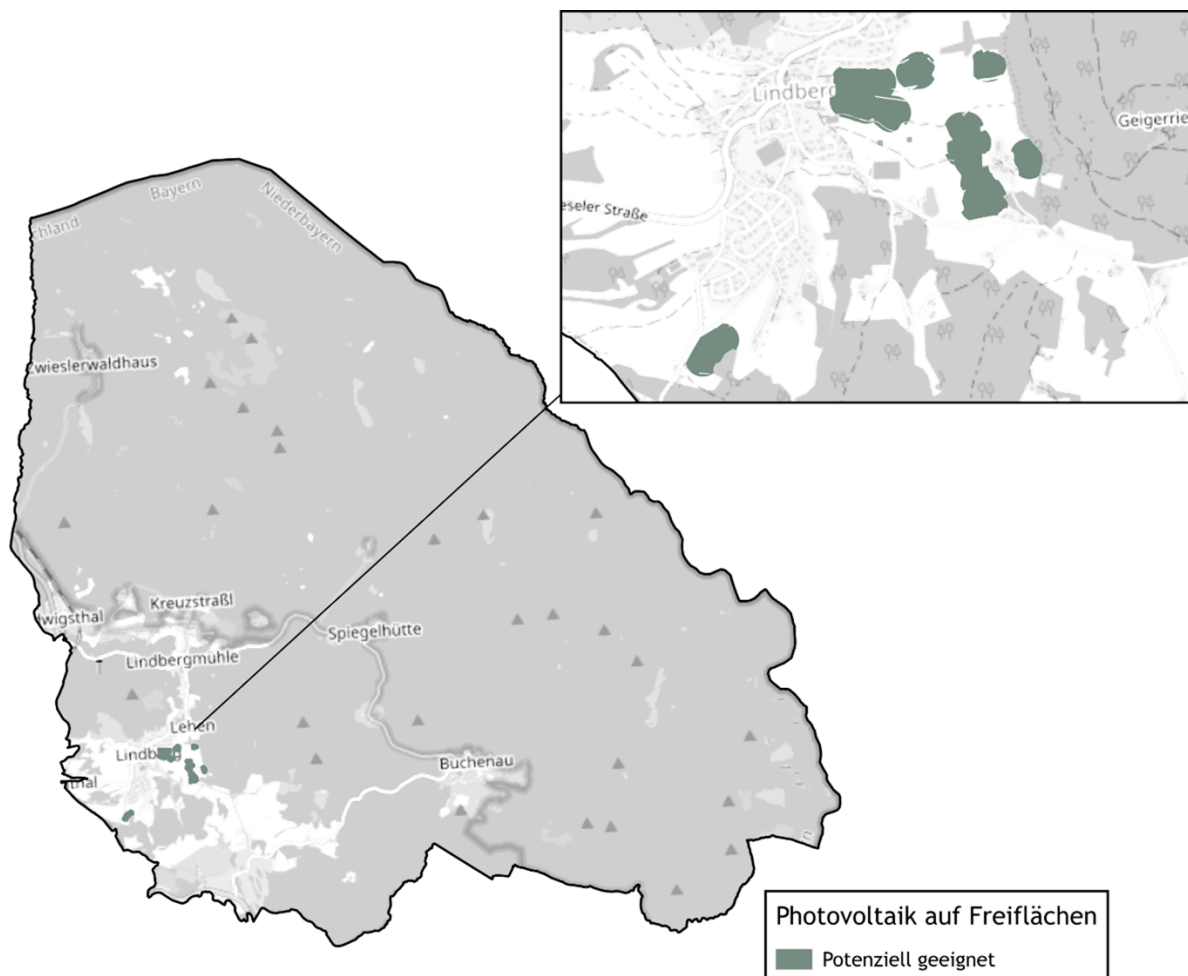


Abbildung 28: Photovoltaikpotenzial auf Freiflächen, eigene Darstellung

### PV-Dachfläche

Die PV-Potenzialuntersuchung auf Dachflächen basiert genauso wie die Potenzialuntersuchung für Solarthermie auf den Untersuchungen des *Bayerisches Vermessungsamtes* [8]. Auch hier wird für die Bewertung der Eignung die Strahlungsenergie herangezogen. Es wurden folgende Annahmen getroffen:

- Berücksichtigung von Flächen mit einer Strahlungsenergie über  $814 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$
- Verschattung kleiner 20 %
- Mindestgröße von geneigten Dächern  $7 \text{ m}^2$
- Mindestgröße von Flachdächern:  $17,5 \text{ m}^2$

Die berechneten Werte ergeben einen erwartbaren Jahresertrag von 20.540 MWh durch die Photovoltaikanlagen auf Dachflächen. Verglichen mit dem Stromverbrauch in Lindberg in Höhe von 5.604 MWh im Bilanzjahr 2022 würde dies bilanziell eine signifikante Überdeckung bedeuten.

Die berücksichtigten Dachflächen werden in Abbildung 29 dargestellt.

Bei 40 % Umsetzungsquote ergibt sich ein erwartbarer Jahresertrag von **8.216 MWh**, der durch PV auf den Dachflächen erzeugt werden könnte.

Diese Methodik liefert eine fundierte Schätzung des PV-Potenzials auf den Dachflächen in Lindberg. Die Ergebnisse zeigen, dass Photovoltaik auf Dachflächen wesentlich zur lokalen, emissionsfreien Stromversorgung beitragen kann und die Basis für eine stärkere Sektorenkopplung mit dem Wärmemarkt schafft. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **PV-Leistung: 24 MWp**
- **Erwartbarer Jahresertrag bei 40% Umsetzungsquote: 8.216 MWh/a**
- **Das entspricht bilanziell einer Deckung von 146 % des Strombedarfs in Lindberg.**

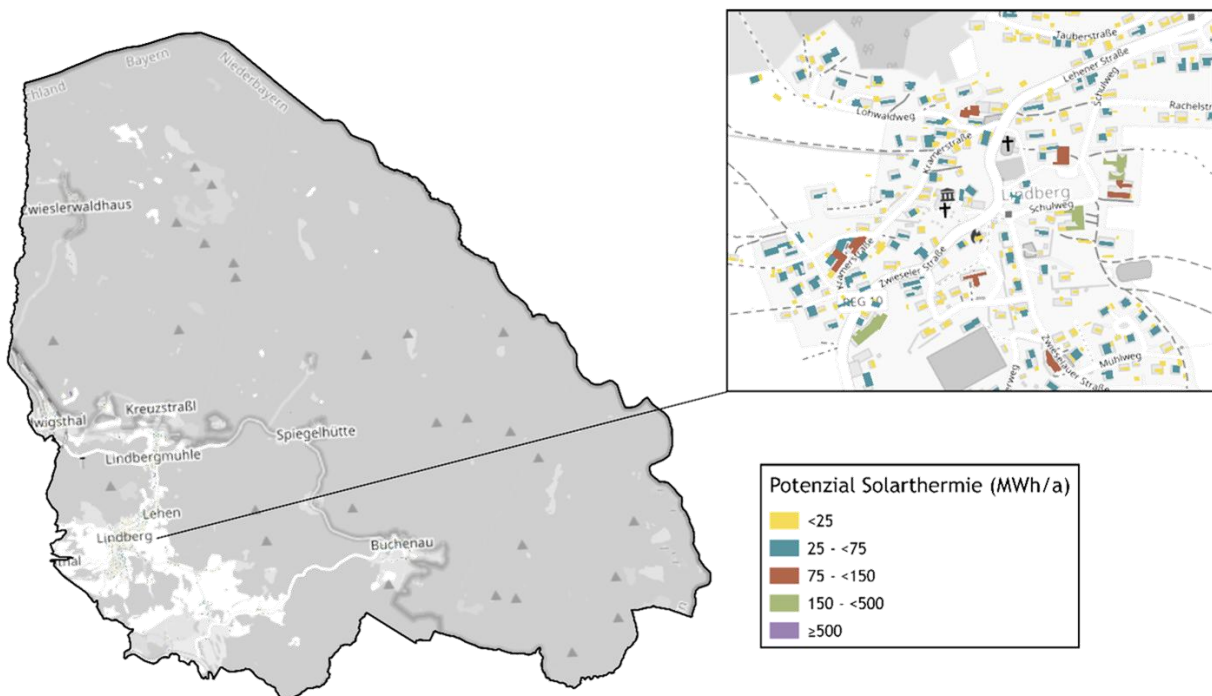


Abbildung 29: Photovoltaikpotenzial auf Dachflächen, eigene Darstellung

## Wind

Die Windkraft stellt eine der zentralen Säulen der erneuerbaren Energieerzeugung dar und spielt eine bedeutende Rolle in der Energiewende. Windkraftanlagen wandeln die kinetische Energie des Windes in elektrische Energie um, indem sie große Rotorblätter in Bewegung versetzen. Diese Rotoren sind mit einem Generator verbunden, der die mechanische Energie in Strom umwandelt. Die Effizienz und Energieausbeute einer Windkraftanlage hängen von verschiedenen Faktoren ab, darunter die Windgeschwindigkeit, die Höhe der Nabe und die Größe der Anlage. Eine optimale Standortwahl ist entscheidend, um die besten Windverhältnisse zu nutzen und eine hohe Stromausbeute zu gewährleisten.

In Lindberg wurde das Potenzial für den weiteren Ausbau der Windenergie untersucht, um die Möglichkeiten zur Nutzung

dieser Ressource im Rahmen des kommunalen Wärmeplans zu bewerten.

Im Gemeindegebiet Lindberg sind derzeit keine Windkraftanlagen vorhanden. Konkrete Planungen für einen zukünftigen Ausbau bestehen aktuell nicht, da das Gebiet durch den Regionalplan als Ausschlussgebiet ausgewiesen wird. Die Regionalplanung ist ein überregionales Instrument der Raumordnung, das die räumliche Entwicklung einer Region steuert und dabei Flächen für bestimmte Nutzungen wie Wohnen, Gewerbe, Landwirtschaft oder erneuerbare Energien festlegt.

- **Lindberg verfügt über keine Windkraftanlagen.**
- **Aufgrund der Deklaration als Ausschlussgebiet innerhalb des Regionalplans ist kein Zubau von Windenergieanlagen zu erwarten.**

## 2.3 Effizienzpotenziale

Im Rahmen der Effizienzpotenziale wird untersucht, wie durch gezielte Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Wärmeversorgung signifikante Einsparungen bei Verbrauch und Emissionen

### 2.3.1 Sanierung

Die energetische Sanierung von Gebäuden stellt einen Ansatz dar, um den Heizbedarf zu reduzieren und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern. Durch gezielte Maßnahmen, wie die Verbesserung der Wärmedämmung oder dem Fenstertausch, kann der Energieverbrauch gesenkt werden.

Das detaillierte Wärmekataster ermöglicht die Bewertung der Energieeffizienz des Gebäudebestands. Aus den Baualterklassen kann auf den energetischen Stand der Gebäude geschlossen werden, da beispielsweise vor 1970 Gebäude wenig gedämmt wurden und Fenster beispielsweise nur einfach verglast waren. Im Laufe der Jahre haben die rechtlichen Rahmenbedingungen (Wärmeschutzverordnung, Energieeinsparverordnung etc.) und die Weiterentwicklung von Baustoffen dazu beigetragen die Gebäude hinsichtlich Energieeffizienz zu steigern.

Für die Ausweisung des Energieeinsparpotenzials wird davon ausgegangen, dass die Wohngebäude auf den Effizienzhausstandard 70 (EH70) gemäß der Förderrichtlinie „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ (BEG) saniert werden.

Dafür werden die Wohngebäude anhand des Wärmekatasters energetisch bewertet und mithilfe einer Szenarioanalyse zwei Szenarien bis zum Zieljahr 2045 betrachtet. Für die energetische Bewertung wird

erzielt werden können. In den folgenden Unterkapiteln werden zwei zentrale Ansatzpunkte betrachtet: die Sanierung von Gebäuden und der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).

das Gebäudeenergiegesetz (GEG) herangezogen.

Im Wärmekataster werden den 3D-Gebäudemodellen Wärmebedarfe zugeordnet. Davon ausgehend wird die Kubatur des Bestandsgebäudes vereinfacht über die Gebäudemodelle dargestellt und den hinterlegten Flächen, wie Wänden, Fenster und Dachflächen Standard U-Werte nach dem GEG zugeordnet. So wird der Wärmebedarf das sogenannten Referenzgebäude nach GEG modelliert. Die U-Werte können der Tabelle 6 entnommen werden.

Auf das Referenzgebäude wird eine Einsparung von 30 % angewandt, damit liegt der Wärmebedarf des sanierten Gebäudes bei 70 % des Referenzgebäudes und entspricht dem Effizienzhaus 70.

Die Auswahl der zu sanierende Gebäude erfolgt zufällig anhand einer von der Baualterklasse abhängigen Exponentialverteilung. Dies bedeutet, dass alte Gebäude mit einem hohen Energiebedarf bevorzugt saniert werden. Dieser Ansatz wird gewählt, um eine realistische Entwicklung darzustellen. Abbildung 30 stellt die Wahrscheinlichkeitsverteilung dieser Gebäude innerhalb der Baualterklassen dar.

Tabelle 6: Ausführung der Gebäudehülle des Referenzgebäudes nach GEG 2024, eigene Darstellung

Bauteil	U-Wert des Referenzgebäudes nach GEG
Dach	0,20 W/m <sup>2</sup> K
Außenwand	0,28 W/m <sup>2</sup> K
Außentüren	1,8 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	1,3 W/m <sup>2</sup> K
Bodenplatte (gegen Erdreich)	0,35 W/m <sup>2</sup> K

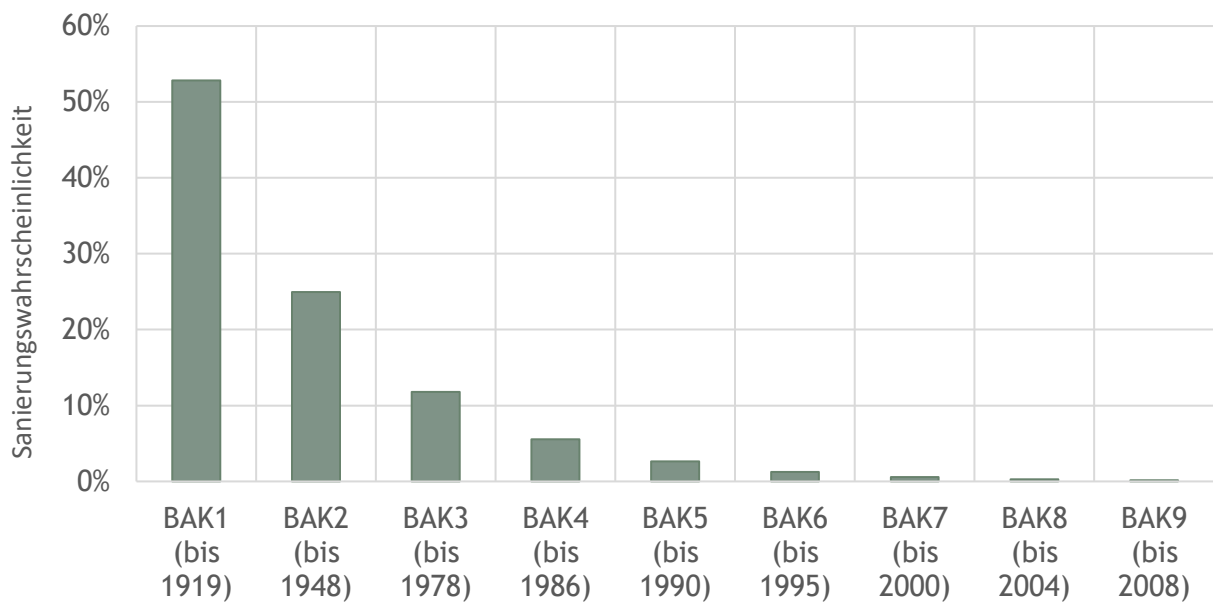


Abbildung 30: Verteilung der Sanierungswahrscheinlichkeitsverteilung nach Baualtersklasse, eigene Darstellung

Der Wärmebedarf der privaten Haushalte beträgt in Lindberg im Betrachtungsjahr 2022 31.797 MWh/a. Für die Berechnung dieses Potenzials wurden zwei Szenarien entwickelt, die sich in der Sanierungsrate unterscheiden. Die prozentuale, jährliche Sanierungsrate gibt an, welcher Prozentsatz der Anzahl an Wohngebäuden innerhalb eines Jahres energetisch saniert wird. Das **Szenario 1**, abgebildet in Abbildung 31, verdeutlicht die Entwicklung des Wärmebedarfs der privaten Haushalte bei einer Sanierungsrate von 5 %. Die Abbildung zeigt eine kontinuierliche Verringerung des Wärmebedarfs bis ca. 2041. Bis dahin sind die energetisch schlechtesten Gebäude saniert, sodass die Einsparungen ab diesem Jahr vernachlässigbar gering sind. Bei einer Sanierungsrate von 5 % können bis zum Jahr 2045 22.328 MWh/a eingespart werden, sodass im Zieljahr von einem Wärmebedarf von 9.429 MWh

ausgegangen wird. Diese hohen Einsparungen sind auf die äußerst ambitioniert einzuschätzende Sanierungsrate zurückzuführen.

Das **Szenario 2** basiert auf einer jährlichen Sanierungsrate von 1,5 % pro Jahr. Diese Sanierungsrate ist zwar auch ambitioniert, aber durchaus realistisch umzusetzen. Dieses Szenario ermöglicht eine Wärmeeinsparung von 31,1 % bis 2045. Dadurch lassen sich bis ins Zieljahr 10.357 MWh/a einsparen (vgl. Abbildung 32).

Innerhalb des zweiten Szenarios ist ein sprunghafter Anstieg der Einsparung im Jahr 2036 zu erkennen. Das ist auf die in diesem Jahr betrachtete Sanierung zurückzuführen. Konkret wird im Jahr des Sprungs ein Gebäude mit sehr hohem Wärmebedarf saniert, wodurch sich hier eine sprunghafte Verbesserung der Gesamtbilanz ergibt.

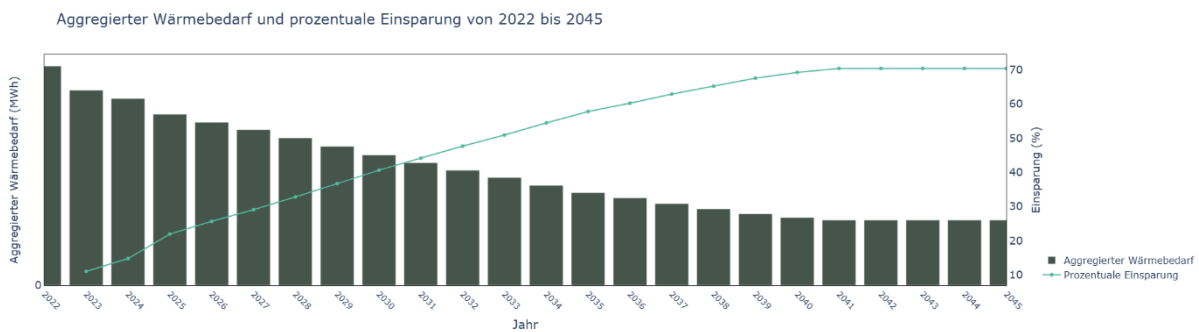


Abbildung 31: Szenario 1: jährlich 5 % energetische Sanierungen des Wohngebäudebestandes bis 2045, eigene Darstellung

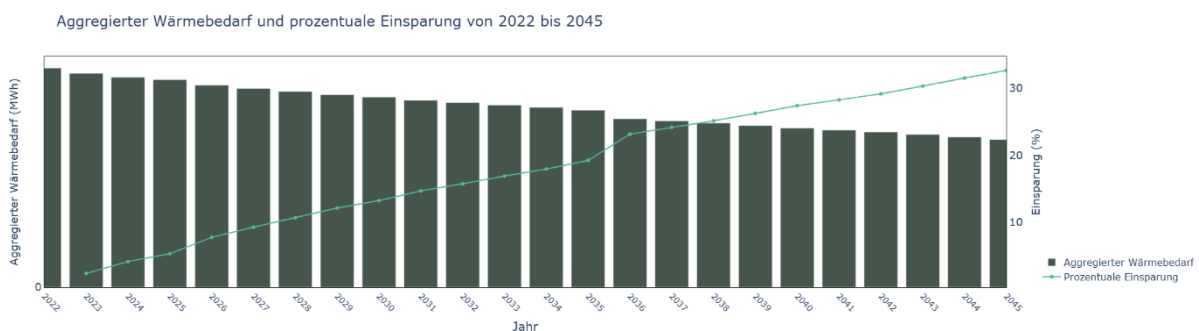


Abbildung 32: Szenario 2: jährlich 1,5 % energetische Sanierungen des Wohngebäudebestandes bis 2045, eigene Darstellung

### 2.3.2 KWK

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist eine besonders effiziente Technologie zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme aus einer einzigen Energiequelle. Dabei wird ein Motor oder eine Turbine angetrieben, um elektrische Energie zu erzeugen. Die dabei entstehende Abwärme, die in konventionellen Prozessen oft ungenutzt verloren geht, wird in KWK-Anlagen gezielt weiterverwendet - zum Beispiel zur Raumheizung oder zur Warmwasserbereitung. So wird die eingesetzte Energie doppelt genutzt, wodurch der Gesamtwirkungsgrad der Anlage deutlich steigt. Eine Weiterentwicklung stellt die intelligente Kraft-Wärme-Kopplung (iKWK) dar. Solche Systeme kombinieren KWK-Anlagen

mit moderner Regelungstechnik, Wärmespeichern und gegebenenfalls weiteren erneuerbaren Energiequellen. Der große Vorteil liegt in der Flexibilität: iKWK-Systeme können die Erzeugung von Strom und Wärme an den aktuellen Bedarf anpassen, Lastspitzen ausgleichen und Energie gezielt speichern oder einspeisen. Dadurch wird das Energiesystem stabiler, effizienter und besser auf die schwankende Einspeisung aus Wind- und Solaranlagen abgestimmt.

- **In Lindberg befindet sich derzeit keine KWK-Anlage zur Wärmeversorgung von einem Nahwärme- oder Gebäudenetzes.**

## 2.4 Potenziale zur Nutzung von Abwärme

### 2.4.1 Industrie

Die Nutzung von Abwärme aus industriellen Prozessen stellt eine Möglichkeit dar, zusätzliche Wärmequellen für die kommunale Wärmeversorgung zu erschließen. In vielen Branchen, z. B. chemische Industrie oder Metallverarbeitung, entsteht bei Produktionsprozessen Wärme, die häufig nicht vollständig genutzt wird und somit ungenutzt in die Umwelt abgegeben wird. Durch geeignete Technologien kann diese Abwärme gesammelt und für die

Beheizung von Gebäuden oder die Einspeisung in Wärmenetze verwendet werden. In Lindberg existiert keine örtliche Industrie, welche Abwärme in einem nutzbaren Umfang zur Verfügung stellen kann. Daher ergibt sich für die Abwärme aus Industrieprozessen kein Potenzial für Lindberg.

- **Lindberg verfügt über keine industrielle Abwärme.**

### 2.4.2 Abwasser

Abwasser enthält eine beträchtliche Menge an thermischer Energie, die bei der Behandlung und Entsorgung oft ungenutzt bleibt.

Im Rahmen der Wärmeplanung wird die Nutzung von Wärme aus Abwasserkanälen als innovativer Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Förderung nachhaltiger Wärmeversorgungssysteme betrachtet. Die grundlegende Technologie basiert auf der Installation von Wärmetauschern in den Abwasserleitungen. Diese Tauscher nehmen die Wärme aus dem Abwasser auf und übertragen sie an ein Heizsystem. Um diese Technik effizient einsetzen zu können, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Die

Rohrleitungen, aus denen die Wärme gewonnen werden soll, müssen einen Mindestdurchmesser von 800 mm aufweisen, um ausreichend Volumenstrom und damit eine effektive Wärmeübertragung zu gewährleisten. Zudem sollte der Trockenwetterabfluss in diesen Leitungen größer als 15 l/s sein, damit eine ausreichende Menge an Wärme zur Verfügung steht. Da im gesamten Gemeindegebiet von Lindberg kein Kanal einen Nenndurchmesser von mehr als 800 mm aufweist, kann kein relevantes Potenzial identifiziert werden.

- **Nutzung der Abwärme aus Abwasser in Lindberg ist nicht möglich.**

### 2.4.3 Rechenzentren

Rechenzentren sind spezialisierte Einrichtungen, die eine große Menge an Daten speichern, verarbeiten und verwalten. Die Klimatisierung dieser Zentren ist entscheidend, um die Server in einem optimalen Betriebszustand zu halten, da hohe Temperaturen die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer der Hardware beeinträchtigen können. Um die entstehende Abwärme effizient zu nutzen, können Rechenzentren

in der Nähe von Wärmeverbrauchern integriert werden, sodass die erzeugte Wärme zur Beheizung von Gebäuden oder zur Einspeisung in Wärmenetze verwendet werden kann.

- **In Lindberg gibt es derzeit keine Rechenzentren, weshalb hier kein Potenzial für die Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren besteht.**

## 2.5 Fazit Potenziale

Tabelle 7 fasst die Ergebnisse der Potenzialanalyse zur Nutzung erneuerbarer Energien und zur Effizienzsteigerung

zusammen und bewertet sie hinsichtlich ihrer Relevanz für Lindberg.

Tabelle 7: Zusammenfassung und Bewertung der Relevanz der Potenziale, eigene Darstellung

	Potenzial	Relevanz	Erläuterung
<b>Wärme- netze</b>	Ortskern	Gering	Wärmeliniendichte nicht ausreichend für Wirtschaftlichkeit
	Tiefe Geothermie	Gering	Nicht zielführend, da geologisch bedingt begrenztes Potenzial vorhanden
	Oberflächennahe Geothermie	Gering	aus geologischen Gründen nur in einzelnen Bereichen möglich
	Luft-Wärmepumpen	Hoch	Als dezentrale Lösung zielführend
<b>Wärme</b>	Flusswärme	Gering	Nur für dezentrale Lösung zielführend
	Solarthermie	Hoch	Als dezentrale Lösung insbesondere für Warmwassererzeugung zielführend
	Biomasse	Gering	Biogas bereits vorhanden, weiterer Ausbau steht in Flächenkonkurrenz zu Landwirtschaft oder Freiflächenphotovoltaik
	Wald	Mittel	Eingeschränkte Verfügbarkeit wegen des Nationalparks. Verbleibendes Potenzial dennoch gut nutzbar
	Wasserstoff	Gering	Keine Nähe zu Wasserstoffkernnetz gegeben
<b>Strom</b>	Photovoltaik	Hoch	Als dezentrale Lösung zielführend
	Wind	Gering	Lediglich Ausschlussgebiete innerhalb der Verwaltungsgrenzen
	Wasserenergie	Gering	Vier existierende Anlagen (Speicherwasserkraftwerk und Laufwasserkraftwerke). Potenzial weitgehend ausgeschöpft
<b>Effizienz</b>	Sanierung	Hoch	Realistisches Energieeinsparpotenzial bis 2045 von 31,1 %
<b>Abwärme</b>	KWK	Gering	Keine vorhandenen KWK-Anlagen
	Industrie	Nicht vorhanden	Kein Relevantes Abwärmepotenzial vorhanden
	Abwasser	Gering	Nenndurchmesser der vorhandenen Abwasserleitungen nicht ausreichend für Nutzung der Abwärme
	Rechenzentren	Nicht vorhanden	Keine Rechenzentren vorhanden

### 3 Zielsetzung und Szenarientwicklung

Im Nachfolgenden wird aufgezeigt, wie sich die Wärmeversorgung anhand der identifizierten Möglichkeiten bis zum Zieljahr 2045 entwickeln kann. Deutschland hat im Bundes-Klimaschutzgesetz die Treibhausgasneutralität bis 2045 festgeschrieben (§3 Abs. 2). Daraus folgt auch die treibhausgasneutrale Wärmeversorgung bis 2045. Die Gemeinde hat über die

gesetzlichen Anforderungen hinaus keine eigenen Ziele definiert.

Das Kapitel teilt sich in die Zielsetzung, hier wird das Gemeindegebiet in Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt, sowie die Szenarientwicklung, die die Potenzialanalyse inklusive der untersuchten Wärmenetze aufgreift und die Entwicklung der Indikatoren bis zum Zieljahr beschreibt.

#### 3.1 Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045

Die Einteilung der Gebiete erfolgt auf Grundlage einer Bewertung verschiedener Kriterien, orientiert am Leitfaden zur Wärmeplanung des Bundes [2]. Ziel ist eine fundierte und nachvollziehbare Kategorisierung hinsichtlich der Eignung unterschiedlicher Wärmeversorgungsoptionen. Für jedes Gebiet wird die Eignung differenziert nach Wärmenetzgebiet, Wasserstoffnetzgebiet und dezentrale Versorgung ausgewiesen. Die Abstufung erfolgt nach der Angabe der Wahrscheinlichkeit nach „gering“, „mittel“ und „hoch“. Innerhalb des Kurzberichts finden Sie lediglich die Einteilung im Zieljahr. Die Darstellung der Stützjahre wird im Gesamtbericht ersichtlich. Grundlage der Bewertung bildet eine systematische Analyse folgender Kriterien:

- **Wärmeliniendichte:** Gebiete mit einer Wärmeliniendichte zwischen 1,1 und 2,0 MWh/m·a, die also eine verdichtete Bebauung aufweisen, werden als besonders geeignet für die Versorgung über Wärmenetze bewertet.
- **Vorhandensein von Ankerkunden:** In die Bewertung fließt ein, ob sich im jeweiligen Gebiet kommunale Liegenschaften oder andere Großverbraucher mit einem hohen Wärmebedarf befinden, da diese als potenzielle Ankerkunden für ein Wärmenetz fungieren können.
- **Anschlussquote an vorhandene Infrastrukturen:** Hier wird die zu erwartende Anschlussquote an Wärme- oder Gasnetze im Zieljahr betrachtet. Eine hohe prognostizierte Anschlussquote spricht für eine hohe Eignung des Gebiets für netzgebundene Wärmeversorgung.
- **Langfristiger Prozesswärme- oder Wasserstoffbedarf:** Bewertet wird, ob in dem Gebiet ein dauerhafter Prozesswärmebedarf mit Temperaturen über 200 °C besteht oder ob Unternehmen bereits konkrete Pläne zur Nutzung von Wasserstoff in Prozesswärmeanwendungen verfolgen bzw. einen signifikanten Wasserstoffbedarf aufweisen.
- **Spezifischer Investitionsaufwand für Netz(um)bau:** Die Netzkosten werden in Abhängigkeit von der Untergrundbeschaffenheit (z. B. Versiegelungsgrad, Bodenart) analysiert. Je nach geologischen und infrastrukturellen Gegebenheiten variieren die Kosten erheblich, was die wirtschaftliche Eignung des Gebiets beeinflusst.
- **Vorhandensein von Bestandsnetzen:** Es wird untersucht, ob innerhalb des Untersuchungsgebiets oder in unmittelbar angrenzenden Bereichen bereits Wärme- oder Gasnetze existieren, die potenziell erweitert werden können.

- **Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit von Abwärmequellen:** In die Bewertung fließt ein, ob nutzbare industrielle oder gewerbliche Abwärmequellen vorhanden sind und welche Investitions- bzw. Betriebskosten mit deren Nutzung verbunden sind.
- **Entwicklung der Wasserstoffpreise:** Die wirtschaftliche Bewertung von Wasserstoffnetzen berücksichtigt die erwartete Preisentwicklung für Wasserstoff im Vergleich zu anderen Energieträgern.

Darüber hinaus kann ein Gebiet als Prüfgebiet klassifiziert werden, wenn zum aktuellen Zeitpunkt noch keine eindeutige Bewertung möglich ist. In diesen Fällen ist

eine weiterführende Analyse und Validierung erforderlich.

Nach Analyse der Kriterien wird ein Großteil von Lindberg als dezentrales Versorgungsgebiet angesehen. Das bestehende Gebäudenetz bleibt unverändert. Die Analyse kann wie folgt zusammengefasst werden. Die Ergebnisse werden in Abbildung 33 dargestellt.

- 1 Bestandsnetz
- kein Prüfgebiet oder Wasserstoffnetzgebiet
- restliche Gebiete mit dezentraler Versorgung
- Keine weitere Wärmenetzeignung aufgrund der ermittelten Werte zu Wärmeliniedichte

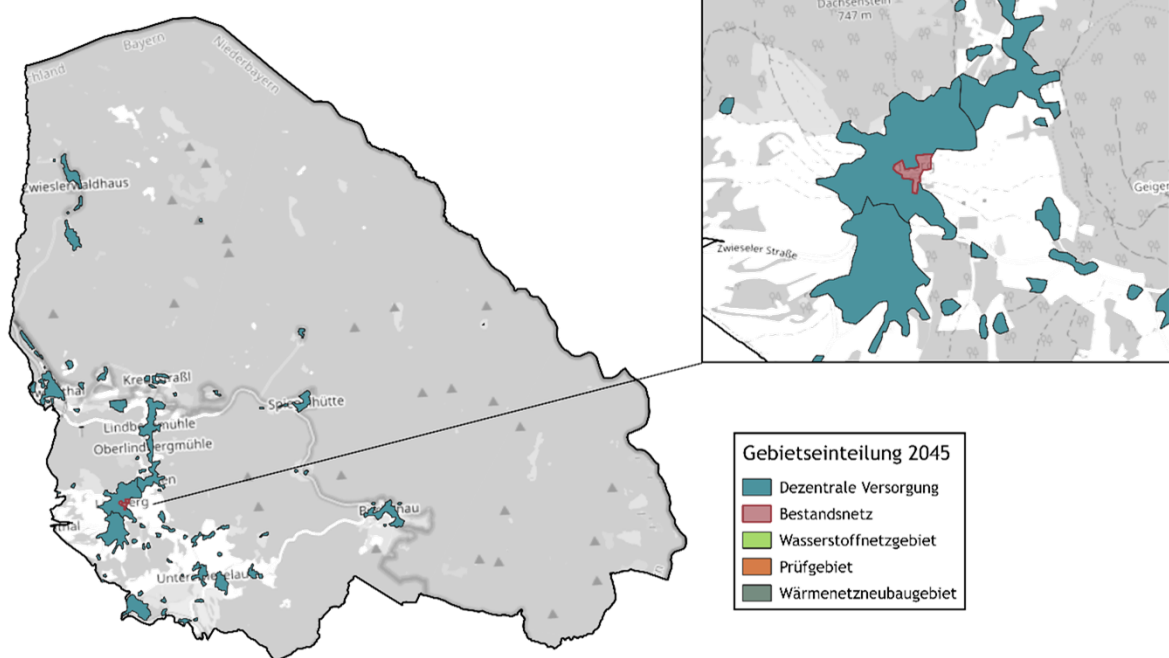


Abbildung 33: Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete in Lindberg im Zieljahr 2045, eigene Darstellung

### 3.2 Zielszenario

Das Zielszenario beschreibt die Entwicklung vom Bilanzjahr über die einzelnen Stützjahre bis hin zum Zieljahr 2045. Bei der Betrachtung des zukünftigen Wärmebedarfs werden alle gemeinsam mit der Kommune erarbeiteten Maßnahmen berücksichtigt. Die Maßnahmen sind dem Gesamtbericht zu entnehmen.

Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen erfolgt dabei im Wesentlichen durch zwei grundlegende Mechanismen:

**Minderung des Energiebedarfs:** Dies bedeutet, dass der bestehende Wärmebedarf insgesamt sinkt, z. B. durch Effizienzsteigerungen oder Verlustreduzierungen. Ein typisches Beispiel hierfür sind energetische Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden, die den Energiebedarf dauerhaft senken.

**Substitution von Energieträgern:** Hierbei wird der bisher eingesetzte Energieträger durch einen erneuerbaren Energieträger ersetzt, z. B. durch Biomasse oder Umweltwärme. Fossile Energieträger wie Heizöl behalten über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg einen konstanten Emissionsfaktor. Dies liegt daran, dass die Treibhausgasemissionen bei einer idealen Verbrennung ausschließlich von der chemischen Zusammensetzung des Brennstoffs abhängen - nicht vom Wirkungsgrad der Anlage.

#### **Besonderheit bei Umweltwärme und Strom**

Umweltwärme wird über den Einsatz von Strom - beispielsweise mit Wärmepumpen - bereitgestellt und in der Bilanz nach dem Bundesstrommix bewertet, dessen Emissionsfaktor gemäß Technikkatalog KWW-Halle bis 2045 auf 15 g CO<sub>2</sub>eq/kWh sinkt [9]. Da Strom sowohl für Direktheizungen als auch für Wärmepumpen genutzt wird, folgt die CO<sub>2</sub>-Entwicklung dieser Technologien der gleichen Reduktionskurve wie der Strommix. Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen für den Strommix wird in Abbildung 34 dargestellt. Für Umweltwärme wird eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,2 angesetzt. Damit entstehen aus 1 kWh Strom 3,2 kWh Wärme, sodass der Emissionsfaktor etwa einem Drittel des Bundesstrommixes entspricht. Mit der fortschreitenden Dekarbonisierung des Strommixes sinkt auch der CO<sub>2</sub>-Faktor der Umweltwärme, wodurch sich in Kombination mit einer Minderung des Wärmebedarfs und der Substitution fossiler Energieträger bis 2045 eine nahezu treibhausgasneutrale Wärmeversorgung erreichen lässt.

#### **Gesamtwirkung**

Durch die Kombination aus Bedarfsminderung und Substitution der Energieträger entwickelt sich die Wärmeversorgung Schritt für Schritt hin zu einer nahezu treibhausgasneutralen Versorgung im Zieljahr 2045.

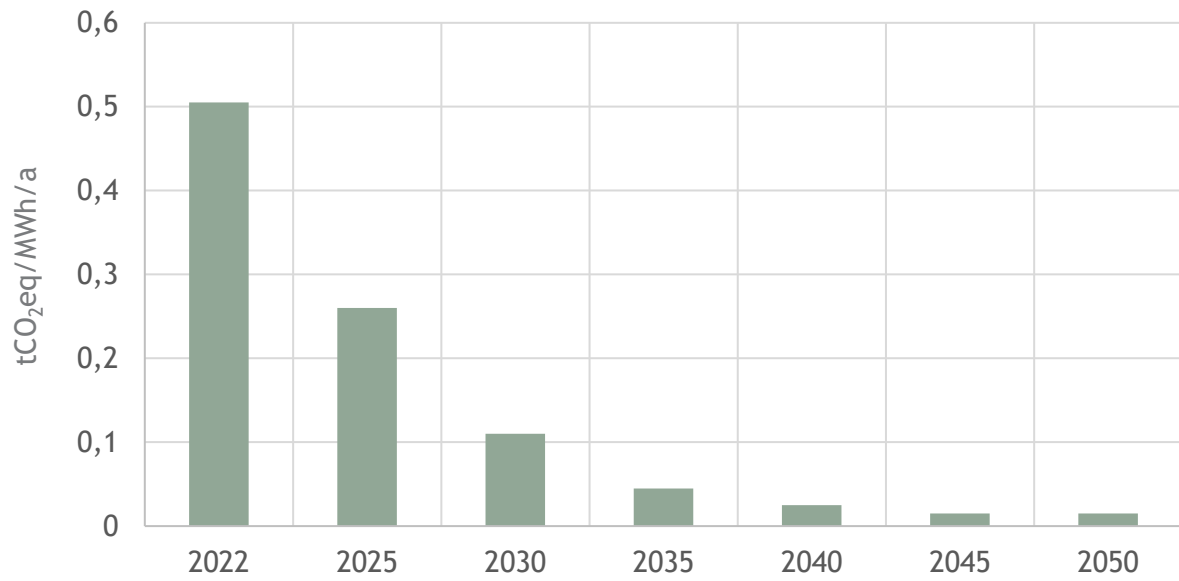


Abbildung 34: Verlauf des Emissionsfaktors des Bundesstrommixes nach KWW Halle [10], eigene Darstellung

### 3.2.1 Wärmebedarf

Basierend auf der Energie- und Treibhausgasbilanz wird die zukünftige Wärme- und Stromversorgung modelliert. Dabei werden Effizienzmaßnahmen umgesetzt, fossile durch erneuerbare Energieträger ersetzt und der Ausbau von Wärmepumpen berücksichtigt, was den Strombedarf in Lindberg erhöht.

Die Analyse zeigt, dass der Wärmebedarf über alle Sektoren von 35.165 MWh/a im Jahr 2022 auf 29.397 MWh/a im Jahr 2045 sinken wird. Diese Prognose berücksichtigt das Sanierungspotenzial gemäß „Szenario 2“ (siehe Kapitel 2.3.1).

Neben der Reduktion des Wärmebedarfs werden fossile Energieträger durch erneuerbare ersetzt. Wichtige Faktoren sind dabei der Ausbau der Wärmepumpen im Sektor private Haushalte. Der dadurch zusätzliche entstehende Strombedarf für Wärmepumpen wird ebenfalls in den

Treibhausgasemissionen bilanziert. Zusätzlich werden die Maßnahmen gemäß Maßnahmenkatalog berücksichtigt. Der Maßnahmenkatalog ist dem Hauptbericht der ILE-Gemeinden zu entnehmen.

Abbildung 35 zeigt die Entwicklung des Wärmebedarfs in den Sektoren Private Haushalte (PHH), Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD), Industrie (IND) sowie kommunale Einrichtungen (KOMM).

Abbildung 36 zeigt die Entwicklung des Wärmebedarfs sowie die Zusammensetzung der eingesetzten Energieträger für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045. Dabei ist ein signifikanter Rückgang der fossilen Energieträger Heizöl, Erdgas und Flüssiggas zu erwarten. Gleichzeitig wird der Einsatz erneuerbarer Energieträger wie Umweltwärme, Nahwärme, Solarthermie und Biomasse zunehmen.

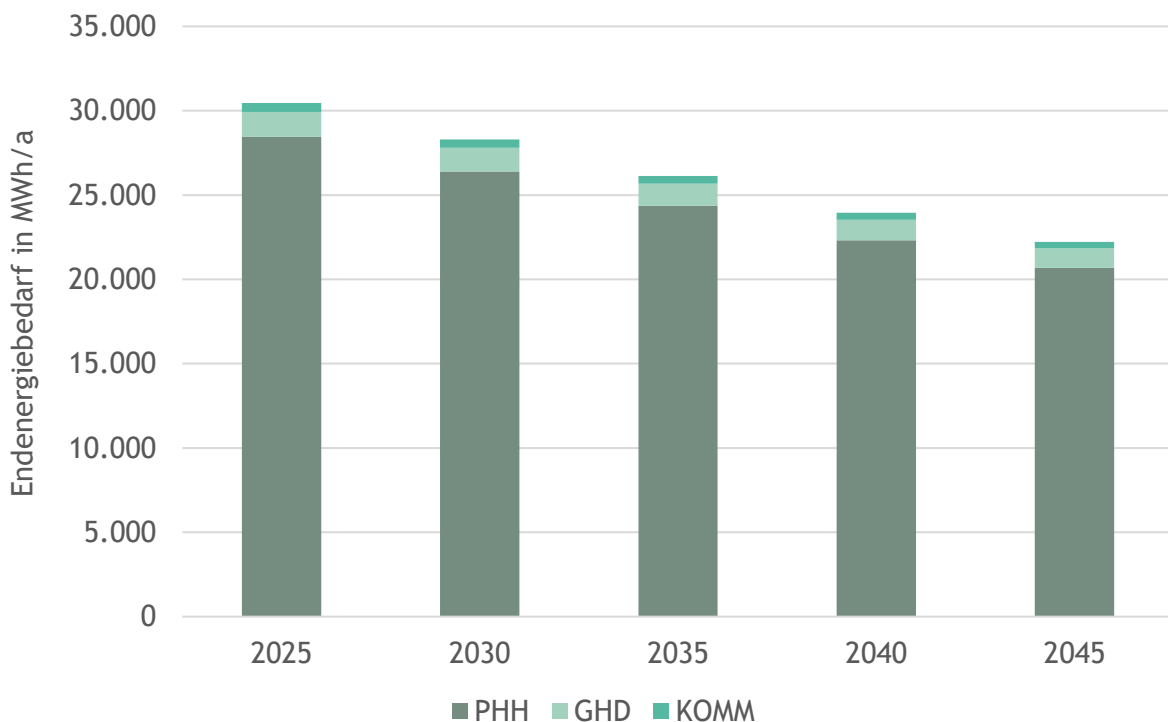


Abbildung 35: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Sektoren für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

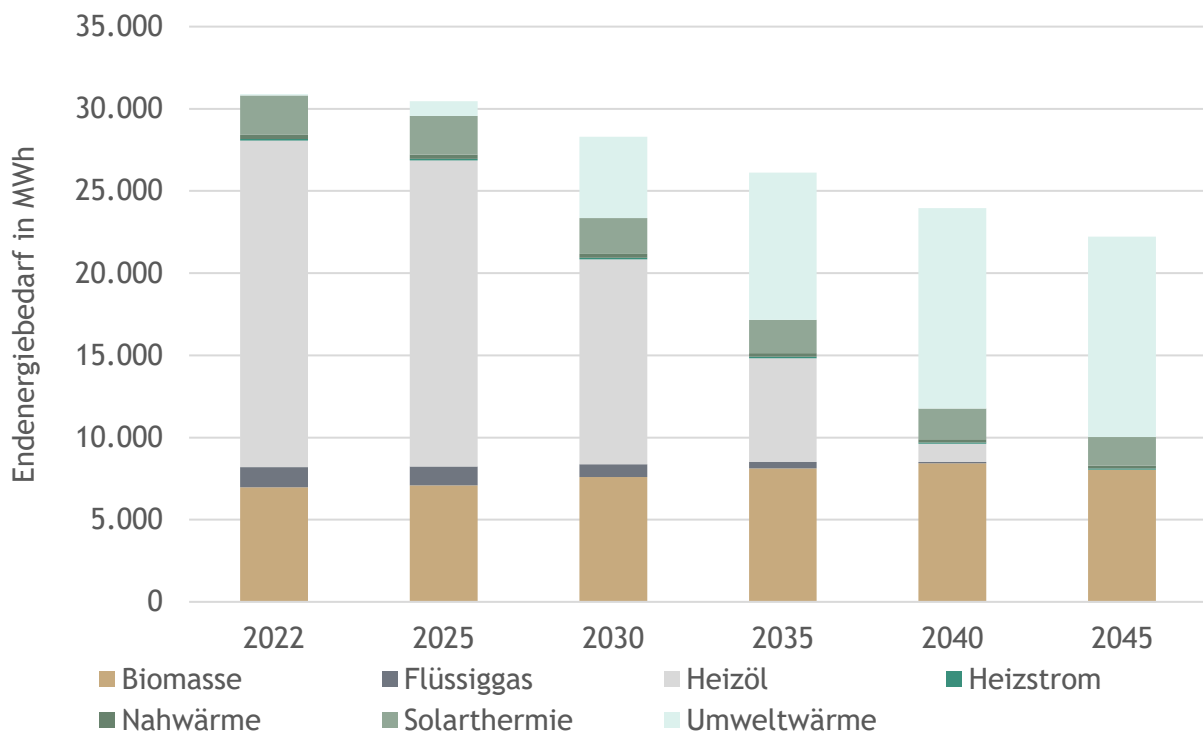


Abbildung 36: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

### 3.2.2 Treibhausgasemissionen

Ausgehend von der Entwicklung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern zeigt Abbildung 37 die Veränderungen der Treibhausgasemissionen. Die Analyse berücksichtigt die jeweiligen Emissionsfaktoren der Energieträger sowie deren prognostizierte Entwicklung gemäß dem Technikatalog des ifeus [9].

Der Fokus liegt auf den Emissionen des Wärmesektors. Emissionen aus anderen Bereichen, wie dem Verkehr und Strom,

bleiben in der Darstellung unberücksichtigt. Insgesamt ist ein deutlicher Rückgang der Treibhausgasemissionen zu erwarten. Im Wärmesektor resultiert die Reduzierung der Emissionen aus der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien, wie etwa den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen sowie aus der Verringerung des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungsmaßnahmen an den Bestandsgebäuden.

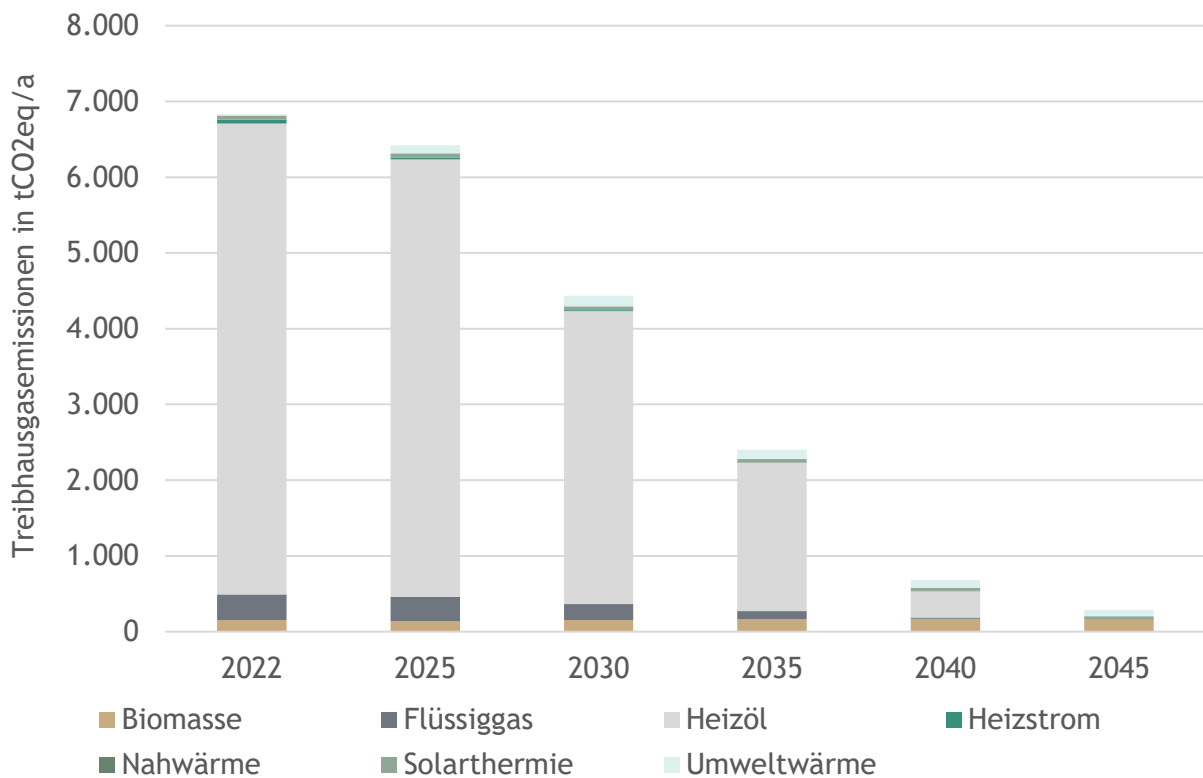


Abbildung 37: Entwicklung der THG-Emissionen aus dem prognostizierten Strom- und Wärmebedarf für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

### 3.2.3 Leitungsgebundene Wärmeversorgung

Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, ist die Errichtung eines Wärmenetzes nicht sinnvoll, weshalb über alle Stützjahre eine vollständige

dezentrale Versorgung in Lindberg erfolgt. Der Anteil von 0,8 % für leitungsgebundene Wärmeversorgung ist auf das Gebäudenetz im Ortskern zurückzuführen.

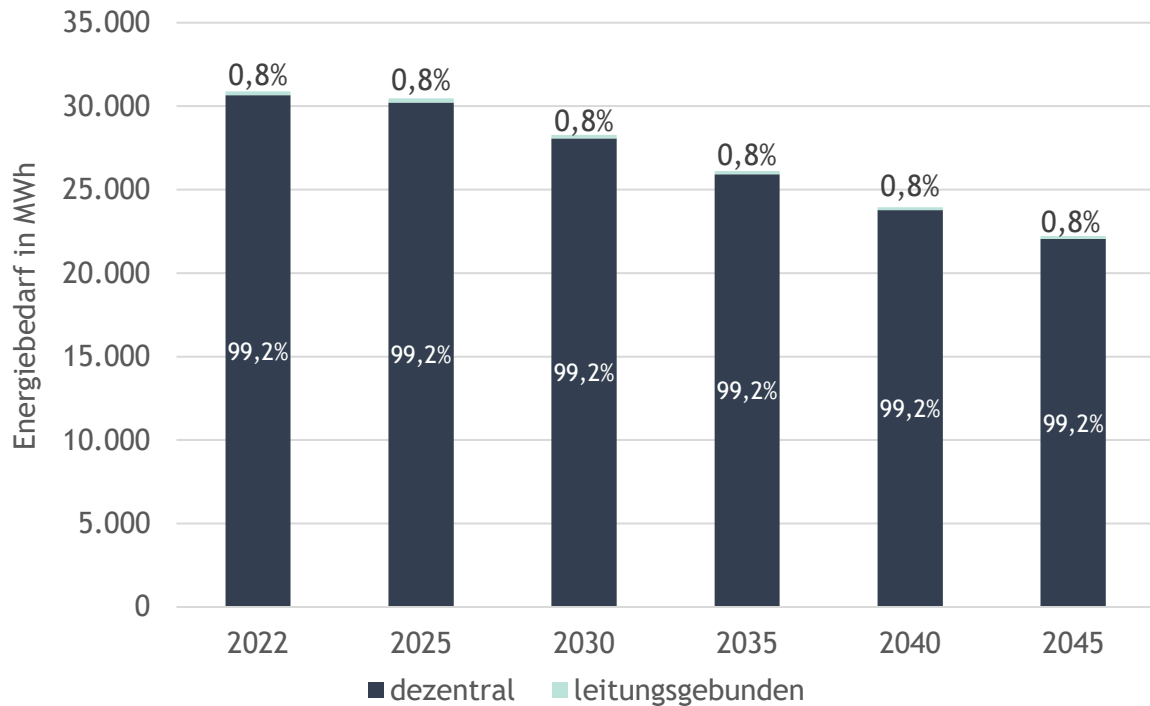


Abbildung 38: Entwicklung des Endenergieverbrauchs Wärme der leitungsgebundenen und dezentralen Energieträger für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

## 4 Überführung Gesamtbericht

Da es sich bei diesem Dokument um einen Auszug aus dem Hauptbericht der Kommunalen Wärmeplanung für die ILE-Nationalgemeinden handelt, sind weiterführende Inhalte wie die detaillierte Umsetzungsstrategie, die identifizierten Fokusgebiete, Maßnahmen, das Controlling-Konzept, die Kommunikationsstrategie sowie die Verstetigung der Wärmeplanung nicht enthalten. Der Hauptbericht beschreibt hierzu umfassend die strategische Herangehensweise zur Umsetzung einer

nachhaltigen Wärmeversorgung in Lindberg, einschließlich geplanter Maßnahmen in priorisierten Gebieten, begleitender Steuerungsinstrumente (z. B. PDCA-Zyklus), zielgruppenspezifischer Kommunikationsansätze zur Akteurs-Aktivierung sowie langfristiger Strukturen zur dauerhaften Verankerung der Wärmeplanung. Eine vertiefende Darstellung dieser Aspekte ist dem vollständigen Hauptbericht zu entnehmen.

## 5 Fazit

Die Wärmeversorgung in Lindberg erfolgt derzeit überwiegend über dezentrale Heizsysteme. Lediglich in der Ortsmitte besteht ein kleines Gebäudenetz. Da rund 67 % der Gebäude vor 1979 errichtet wurden, liegt neben der Substitution fossiler Energieträger auch ein erhebliches Potenzial in der energetischen Sanierung des Gebäudebestands.

Die Analyse der Wärmeliniendichten und der Siedlungsstruktur zeigt, dass der Aufbau eines zentralen Wärmenetzes unter den aktuellen Rahmenbedingungen nicht wirtschaftlich umsetzbar ist. Lediglich

kleinere Netze, etwa in Form von Quartierlösungen, können eine sinnvolle Option darstellen. Vorrangig sollte daher auf eine dezentrale, erneuerbare Wärmeversorgung in Kombination mit Effizienzmaßnahmen gesetzt werden.

Auf diese Weise kann Lindberg schrittweise und wirtschaftlich tragfähig den Weg zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung bis spätestens 2045 beschreiten. Die hierfür relevanten Maßnahmen sowie die detaillierten technischen Potenziale sind im Hauptbericht der ILE-Gemeinden beschrieben.

## Verweise

- [1] OpenStreetMap contributors, „OpenStreetMap,“ OpenStreetMap Foundation, 2025. [Online]. Available: <https://www.openstreetmap.org>. [Zugriff am 2025].
- [2] S. Ortner, A. Paar, L. Johannsen, P. Wachter, D. Hering und M. e. a. Pehnt, „KWW Halle - Bundesrecht: Wärmeplanungsgesetz mit Leitfaden,“ KWW-Halle, 2024. [Online]. Available: <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung>. [Zugriff am 14 August 2025].
- [3] I. W. u. Umwelt, „IWU,“ [Online]. Available: <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/>. [Zugriff am 2025].
- [4] H. Hertle, F. Dünnebeil, B. Gugel, E. Rechtsteiner und C. Reinhard, „BISKO-Bilanzierungs-Systematik Kommunal,“ Heidelberg, 2019.
- [5] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.), „Leitfaden Energieausweis,“ dena, Berlin, 2015.
- [6] U. Bayern, „www.umweltatlas.bayern.de,“ Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2025. [Online]. Available: <https://www.umweltatlas.bayern.de/mapapps/resources/apps/umweltatlas/index.html?lang=de>. [Zugriff am 20 Januar 2025].
- [7] Technische Universität München Lehrstuhl Hydrogeol, 2025.
- [8] B. Vermessungsverwaltung, „Geodaten Bayern 3D-Gebäudemodelle,“ 2025. [Online]. Available: <https://geodaten.bayern.de/opengeodata/OpenDataDetail.html?pn=lod2>.
- [9] N. Langreder, F. Lettow, M. Sahnoun, S. Kreidelmeyer, A. Wünsch, S. Lengning und e. al., „KWW Halle - Bundesrecht: Wärmeplanungsgesetz Technikkatalog,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung>. [Zugriff am 14 August 2025].
- [10] J. Ranganathan und P. Bhatia, The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition), World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, 2004.

## Glossar

**Abwärme** - Wärme, die als Nebenprodukt in Industrie, Gewerbe oder Kraftwerken entsteht. Statt sie ungenutzt entweichen zu lassen, kann sie für Heizung oder Warmwasser genutzt werden.

**Amortisationszeit** - Zeitraum, bis die Investitionskosten einer Maßnahme (z. B. Dämmung der Außenwände, Erneuerung der Heizung) durch Energieeinsparungen wieder ausgeglichen sind.

**CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>eq)** - CO<sub>2</sub>-Äquivalente geben an, wie viel ein Treibhausgas zur Erderwärmung beiträgt - im Vergleich zur gleichen Menge Kohlenstoffdioxid. Sie sind eine vereinheitlichte Messgröße, mit der alle Treibhausgasemissionen zusammengefasst und verglichen werden können.

**Dekarbonisierung** - Verringerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Nutzung erneuerbarer Energien statt fossiler Brennstoffe wie Öl oder Gas.

**Effizienzhaus-Standard** - Einstufung, wie energiesparend ein Gebäude ist. Je niedriger die Zahl (z. B. Effizienzhaus 40), desto weniger Energie wird benötigt.

**Fernwärme** - Wärme wird zentral (z. B. in einem Heizkraftwerk) erzeugt und über ein Leitungsnetz zu vielen Gebäuden transportiert.

**Geothermie** - Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder Grundwasser. Die Temperaturebene wird oft über Wärmepumpen angehoben und nutzbar gemacht.

**Kommunale Wärmeplanung** - Gesetzlich geregelter Prozess, bei dem eine Kommune untersucht, wie sie ihre Wärmeversorgung klimafreundlich umbauen kann.

**Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)** - Technik, die gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt. Dadurch wird Energie besonders effizient genutzt.

**Nahwärme** - Wie Fernwärme, aber für kleinere Gebiete (z. B. ein Dorf oder ein Stadtviertel). Die Abgrenzung zur Fernwärme erfolgt üblicherweise über die räumliche Ausdehnung und die Größe des Versorgungsnetzes.

**Treibhausgasemissionen** - Gase wie CO<sub>2</sub> oder Methan, die zum Klimawandel beitragen.

**Treibhausgasneutral** - der Ausstoß und der Abbau von Treibhausgasen stehen im Gleichgewicht. Es werden nicht mehr Treibhausgase ausgestoßen, als durch natürliche oder technische Prozesse wieder gebunden oder kompensiert werden können.

**Wärmebedarf** - berechnete Energiemenge, die nötig ist, um ein Gebäude zu heizen und Warmwasser bereitzustellen.

**Wärmeliniendichte** - bezeichnet die spezifische Wärmebedarfsmenge pro Trassenmeter eines potenziellen Wärmenetzes und dient als Indikator für die Wirtschaftlichkeit einer Netzauslegung.

**Wärmeverbrauch** - tatsächlich gemessene Energiemenge, die ein Gebäude zum Heizen und für die Warmwasserbereitung benötigt.