

Fachgutachten Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Lohfelden

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Projektpartner | 5 |
| 2 | Grußwort | 6 |
| 3 | Einleitung | 7 |
| 4 | Kommunale Wärmeplanung | 9 |
| 4.1 | Das Planungsinstrument | 9 |
| 4.2 | Methodik und Projektmanagement | 10 |
| 4.3 | Öffentlichkeitsbeteiligung und Kommunikation | 13 |
| 4.4 | Akteursbeteiligung | 17 |
| 5 | Bestandsanalyse | 18 |
| 5.1 | Eignungsprüfung | 19 |
| 5.1.1 | Wärmenetzeignung | 19 |
| 5.1.2 | Wasserstoffnetzeignung | 20 |
| 5.1.3 | Biomethanetzeignung | 20 |
| 5.2 | Datenerhebung | 21 |
| 5.2.1 | Daten der Netzbetreiber | 23 |
| 5.2.2 | Daten der Schornsteinfeger | 23 |
| 5.2.3 | Daten der Kommune | 24 |
| 5.2.4 | Großverbraucher | 24 |
| 5.2.5 | Marktstammdatenregister | 24 |
| 5.3 | Datenverarbeitung | 25 |
| 5.4 | Ergebnisse der Bestandsanalyse | 27 |
| 5.4.1 | Struktur der Kommune | 27 |
| 5.4.2 | Energieinfrastruktur | 33 |
| 5.4.3 | Energiebedarf | 35 |
| 5.4.4 | Energieverbrauch | 41 |
| 5.4.5 | Heutige Endenergie- und Treibhausgasbilanz | 45 |

| | | |
|---------|---|----|
| 6 | Potenzialanalyse | 48 |
| 6.1 | Bevölkerungsentwicklung | 48 |
| 6.2 | Sanierungspotenzial | 50 |
| 6.3 | Erneuerbare Energien | 54 |
| 6.3.1 | Potenzialflächen | 56 |
| 6.3.2 | Solarstrahlung | 60 |
| 6.3.2.1 | Nutzung von Freiflächen | 62 |
| 6.3.2.2 | Nutzung von Agrarflächen | 64 |
| 6.3.2.3 | Nutzung von Dachflächen | 65 |
| 6.3.2.4 | Zusammenfassung Solarpotenzial | 67 |
| 6.3.3 | Umgebungswärme | 68 |
| 6.3.3.1 | Aerothermische Umgebungswärme | 69 |
| 6.3.3.2 | Hydrothermische Umgebungswärme | 70 |
| 6.3.4 | Biomasse und Reststoffe | 71 |
| 6.3.4.1 | Reststoffe | 71 |
| 6.3.4.2 | Biomasse von Agrar- und Grünlandflächen | 71 |
| 6.3.4.3 | Biomasse aus Waldflächen | 72 |
| 6.3.5 | Windkraft | 73 |
| 6.3.6 | Wasserkraft | 74 |
| 6.3.7 | Geothermie | 75 |
| 6.3.7.1 | Oberflächennahe Geothermie | 76 |
| 6.3.7.2 | Tiefe Geothermie | 78 |
| 6.3.8 | Unvermeidbare Abwärme | 79 |
| 6.3.8.1 | Abwärme aus Wirtschaftsprozessen | 79 |
| 6.3.8.2 | Abwasserwärme | 80 |
| 6.3.9 | Wärmespeicher | 81 |
| 6.4 | Zusammenfassung der Potenziale | 82 |
| 7 | Quartiere | 85 |
| 7.1 | Kriterien der Gebietseinteilung | 85 |
| 7.2 | Quartiersübersicht | 88 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 8 | Szenarien | 90 |
| 8.1 | Szenario 1: Klimaoptimal mit Individuallösungen | 91 |
| 8.2 | Zielszenario: Klimaoptimal mit Wärmenetzen | 92 |
| 9 | Wärmewende | 93 |
| 9.1 | Energieplan Lohfelden..... | 94 |
| 9.1.1 | Endenergiebilanz..... | 94 |
| 9.1.2 | Treibhausgasbilanz | 97 |
| 9.1.3 | Netze..... | 98 |
| 9.2 | Maßnahmen | 104 |
| 9.2.1 | Maßnahmencluster Versorgungsstruktur | 105 |
| 9.2.2 | Maßnahmencluster Informieren und Weiterbilden | 106 |
| 9.2.3 | Maßnahmencluster Energiebedarf reduzieren | 106 |
| 9.2.4 | Maßnahmencluster Prozesse und Weiteres | 107 |
| 10 | Kostenvergleich aus Verbrauchersicht..... | 108 |
| 11 | Controlling-Konzept..... | 113 |
| 11.1 | Verpflichtung nach dem Wärmeplanungsgesetz | 113 |
| 11.2 | Monitoring | 114 |
| 12 | Verstetigungs-Strategie | 117 |
| 12.1 | Umfrageergebnisse | 117 |
| 12.2 | Rollierende Fortschreibung..... | 118 |
| 12.3 | Implementierung in die kommunalen Verwaltungsstrukturen | 118 |
| 12.4 | Politische Implementierung..... | 120 |
| 12.5 | Interkommunale Zusammenarbeit | 120 |
| 13 | Kommunikations-Konzept..... | 121 |
| 14 | Zusammenfassung | 126 |
| 15 | Ausblick..... | 129 |
| 16 | Literaturverzeichnis | 130 |
| 17 | Abbildungsverzeichnis | 142 |
| 18 | Tabellenverzeichnis..... | 146 |
| 19 | Abkürzungsverzeichnis..... | 148 |

1 Projektpartner

Dieses Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Lohfelden und der Back2B Solution GmbH durchgeführt.

Auftraggeber

Gemeindevorstand Lohfelden
Dr.-Walter-Lübcke-Platz 1
34253 Lohfelden



Auftragnehmer

Back2B Solution GmbH
Leipziger Straße 9
06766 Bitterfeld-Wolfen OT Wolfen



(+49 3494) 699 93 41

<mailto:kontakt@back2b-solution.com>

<https://www.back2b-solution.com/>

Geschäftsführung: Patrick Bulka & Sebastian Bujak | Amtsgericht Stendal | HRB 34470

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die vorliegende kommunale Wärmeplanung darf ausschließlich unter Nennung der Gemeinde Lohfelden sowie der Back2B Solution GmbH inkl. Web-Link veröffentlicht werden. Insofern Änderungen am Fachgutachten, deren Ergebnisse, Berechnungen und Darstellungen vorgenommen werden, ist dies eindeutig kenntlich zu machen und darauf hinzuweisen, dass die jeweiligen Änderungen nicht von der Gemeinde Lohfelden und nicht von der Back2B Solution GmbH zu verantworten sind. Eine über die Veröffentlichung hinausgehende kommerzielle und nicht kommerzielle Nutzung durch Dritte, z.B. durch teilweise Veröffentlichung in Berichten, Präsentationen o.ä. sowie die Duplizierung in Gänze oder in Auszügen ist ohne die schriftliche Genehmigung der Gemeinde Lohfelden und der Back2B Solution GmbH nicht gestattet.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

2 Grußwort

Liebe Bürgerinnen und Bürger der Gemeinde Lohfelden,



in einer Zeit, in der nachhaltige und effiziente Energienutzung immer mehr an Bedeutung gewinnt, ist es besonders wichtig, dass wir gemeinsam an zukunftsfähigen Lösungen für unsere Gemeinde arbeiten. Als Ihr Bürgermeister liegt mir das Wohl Lohfeldens sehr am Herzen. Die Wärmeplanung stellt einen zentralen Schritt auf dem Weg zu einer klimafreundlichen Gemeinde dar. Mit diesem Gutachten möchten wir nicht nur technische und wirtschaftliche Aspekte betrachten, sondern auch soziale und ökologische Auswirkungen mit einbeziehen.

Denn nur gemeinsam können wir eine gerechte und nachhaltige Energiezukunft gestalten.

Die Kommunale Wärmeplanung eröffnet uns die Chance, innovative und passgenaue Lösungen zu entwickeln, die auf die besonderen Gegebenheiten und Bedürfnisse unserer

Gemeinde abgestimmt sind. Dabei setzen wir auf eine enge Zusammenarbeit mit Fachleuten, Bürgerinnen und Bürgern sowie lokalen Unternehmen, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen. Ich lade Sie herzlich ein, sich aktiv in diesen Prozess einzubringen und Ihre Ideen und Anregungen mit uns zu teilen. Auch nach Abschluss der Wärmeplanung werden wir weiter an einer klimafreundlichen Zukunft für Lohfelden arbeiten. Ihre Meinung und Ihr Engagement sind dabei von unschätzbarem Wert, um unsere Gemeinde zu einem Vorbild in Sachen Klimaschutz und Energieeffizienz zu machen. Lassen Sie uns gemeinsam daran arbeiten, Lohfelden noch lebenswerter zu gestalten.

Nur gemeinsam können wir die Herausforderungen der Energiewende bewältigen und eine nachhaltige Zukunft für kommende Generationen sichern. Ich bin überzeugt, dass wir mit vereinten Kräften viel erreichen können. Mein besonderer Dank gilt unserem Bauamt, der Klimaschutzmanagerin und unseren Planern der Back2B Solution GmbH für ihr großes Engagement in diesem wichtigen Projekt.

Herzliche Grüße,
Bürgermeister Uwe Jäger

3 Einleitung

In Anbetracht der Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls und der Zielsetzung des Pariser Abkommens, die globale Erwärmung auf maximal 2° Celsius über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, hat Deutschland eine aktive Rolle im Klimaschutz übernommen. Die UN-Klimakonferenz in Paris im Winter 2015, bei der ein Nachfolgeabkommen zum Kyoto-Protokoll (mit dem Ziel, weltweit verbindliche Klimaziele festzulegen) beschlossen wurde, hat die weltweite Verpflichtung zu mehr Klimaschutz auf nationaler Ebene bestätigt. Zugleich ist es evident, dass die Klimaschutzziele nur dann erreichbar sind, wenn vor Ort konkrete Initiativen und Projekte zum Klimaschutz ins Leben gerufen und umgesetzt werden.

Temperaturanstiege, schmelzende Gletscher und Pole, der ansteigende Meeresspiegel, Wüstenbildung und Bevölkerungswanderungen sind weltweit als Folgen des Klimawandels zu beobachten. Das Ausmaß der von der Erwärmung abhängigen Szenarien ist derzeit zwar kaum absehbar, doch die Auswirkungen des Klimawandels sind auch in Deutschland deutlich zu beobachten. Dies zeigen die zunehmende Zahl extremer Wetterereignisse, die Ausbreitung wärmeliebender Tierarten sowie die kontinuierlich steigende jährliche Durchschnittstemperatur.

Die Bundesregierung hat vor diesem Hintergrund gesetzlich im Bundes-Klimaschutzgesetz bereits im Dezember 2019 festgelegt, dass der bundesweite Ausstoß von Kohlenstoffdioxid bis 2030 um 65 Prozent und bis 2040 um 88 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 reduziert werden soll. Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2045 treibhausgasneutral zu werden.

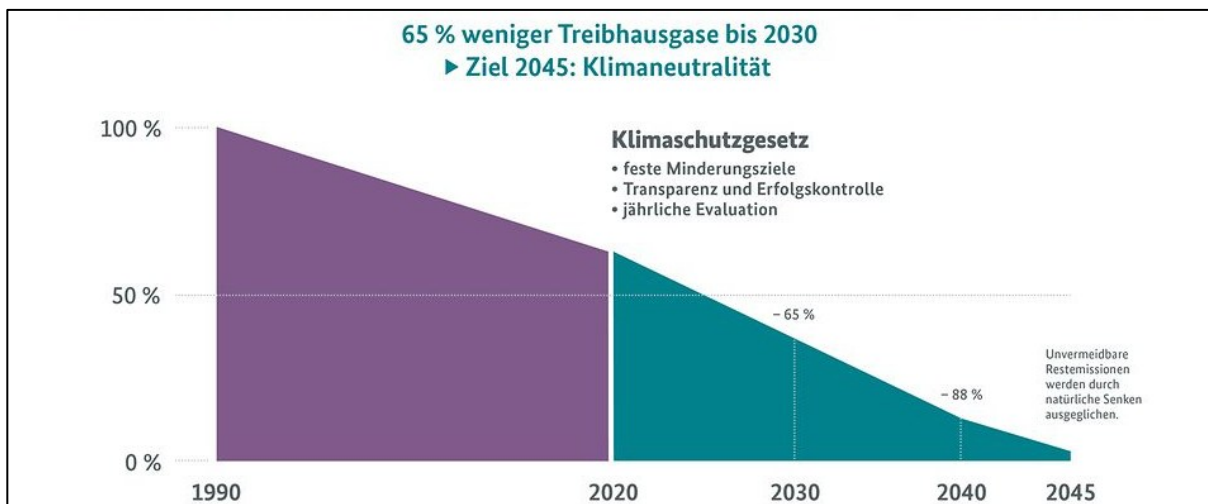


Abbildung 3-1: Ziel von Deutschland zur Klimaneutralität (DIE BUNDESREGIERUNG 2025)

Außerdem hat Deutschland auf dem UN-Klimaschutzgipfel in New York seine Absicht bekundet, bis 2045 Treibhausgasneutralität als langfristiges Ziel anzustreben (BMU 2019). Vor allem soll dies durch einen Ausbau der erneuerbaren Energien sowie durch eine Erhöhung der Energieeffizienz realisiert werden.

Darauf aufbauend trat das „Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“, kurz Wärmeplanungsgesetz (WPG) am 1. Januar 2024 in Kraft. Es verfolgt das Ziel, die Wärmeversorgung in Deutschland klimaneutral zu gestalten und den Einsatz erneuerbarer Energien sowie unvermeidlicher Abwärme zu unterstützen - getreu dem Leitspruch: Energiewende durch Wärmewende.

Für die Umsetzung der Wärmeversorgung ist es von entscheidender Bedeutung technologieoffen vorzugehen. Dies bedeutet, unterschiedliche Quellen zu prüfen und zu verwenden, bestehende Strukturen weiter zu nutzen und an geeigneten Stellen auszubauen bzw. zu erweitern.



Abbildung 3-2: Kommunale Wärmeplanung (BMWK & BMWSB 2024)

Eine zentrale Aufgabe der Wärmeplanung besteht darin, mehr Klarheit darüber zu schaffen, welche Art der Wärmeversorgung in einem bestimmten Gebiet am besten geeignet ist, um bis 2045 eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.

Die Bundesländer sind durch das Wärmeplanungsgesetz dazu verpflichtet, die Erstellung von Wärmeplänen in ihrem Gebiet zu gewährleisten. Nach der hessischen Verordnung zur kommunalen Wärmeplanung vom 12. November 2025 §1 sind die Planungsverantwortliche Stelle für die Erfüllung der Aufgaben nach dem Wärmeplanungsgesetz vom 20. Dezember 2023 die Gemeinden. Sie nehmen die Aufgaben als Selbstverwaltungsangelegenheiten wahr.

4 Kommunale Wärmeplanung

Die Kommunale Wärmeplanung dient als strategisches Planungsinstrument, um die Klimaschutzziele der Bundesregierung im Rahmen einer nachhaltigen Stadtentwicklung zu erreichen. Die Kommunen entwickeln eine Strategie für den langfristigen Umbau der Wärmeversorgung zur Klimaneutralität, die optimal auf die jeweilige lokale Situation abgestimmt ist. Dies beinhaltet eine Untersuchung des lokalen Wärmebedarfs sowie Strategien in Form von Maßnahmen, wie die Wärmeversorgung langfristig durch erneuerbare Energieträger und CO₂-freie Emissionen gedeckt werden kann.

4.1 Das Planungsinstrument

Die Kommunen haben durch die Wärmeplanung einen starken Einfluss darauf, die Wärmewende schneller und effizienter voranzutreiben. Der ganzheitliche und konsequente Ansatz zur Klimaneutralität bietet der Verwaltung und den kommunalen Entscheidungsträgern einen strategischen Fahrplan, der ihnen in den kommenden Jahren Orientierung bieten kann. Ein Wärmeplan kann niemals die ortsspezifische Planung eines Wärmenetzes oder detailliertere Analysen in einem Quartier ersetzen.

Das Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze wurde am 17. November 2023 vom Deutschen Bundestag beschlossen und trat zum 1. Januar 2024 in Kraft. Mit diesem Gesetz sind die Bundesländer verpflichtet sicherzustellen, flächendeckend Wärmepläne zu erstellen. In der Regel wird diese Aufgabe an Städte und Gemeinden übertragen. Bis zum 30. Juni 2026 müssen die Wärmepläne für Großstädte (Gemeindegebiete mit über 100.000 Einwohnern) vorliegen, und bis zum 30. Juni 2028 für Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohnern. (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023)

|  < 10.000 EW |  10.000 bis 45.000 EW |  45.000 bis 100.000 EW |  > 100.000 EW |
|--|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Vereinfachtes Verfahren (§§ 4 und 22 WPG) je nach Landesrecht • Gemeinsame Planung (Konvoi) zu empfehlen • Wärmeplan bis spätestens 30.06.2028 erstellen | <ul style="list-style-type: none"> • Prüfen, ob Konvoi mit umliegenden Kommunen sinnvoll • Wärmeplan bis spätestens 30.06.2028 erstellen | <ul style="list-style-type: none"> • Prüfen, ob Konvoi mit umliegenden Kommunen sinnvoll • EED-Anforderung erfüllen (§ 21 WPG) • Wärmeplan bis spätestens 30.06.2028 erstellen | <ul style="list-style-type: none"> • EED-Anforderung erfüllen (§ 21 WPG) • Wärmeplan bis spätestens 30.06.2026 erstellen |

Abbildung 4-1: Kommunale Wärmeplanung (BMWK & BMWWSB 2024)

Nach § 5 des Bundes Wärmeplanungsgesetzes (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023) haben Wärmepläne, die bereits bestehen oder derzeit erstellt werden, nach Landesrecht Bestandsschutz. Das Gesetz sieht vor, dass eine Anpassung an die Bundesvorgaben im Rahmen der ersten Fortschreibung nach Landesrecht erfolgen muss, spätestens jedoch bis zum 1. Juli 2030.

Der Ablauf der Wärmeplanung ist in § 13 WPG definiert. Dieser beinhaltet die Erstellung und Veröffentlichung des Wärmeplans, der auch die Umsetzungsmaßnahmen umfasst. Der Prozess und die Methodik werden im Folgenden dargestellt. (BMWK & BMWSB 2024)

4.2 Methodik und Projektmanagement

Die Kommunale Wärmeplanung umfasst grundsätzlich vier zentrale Arbeitspakete:

- die Bestandsanalyse (A),
- die Potenzialanalyse (B),
- die Szenario-Entwicklung (C) und
- die Wärmewendestrategie mit Maßnahmen (D).

Flankiert werden diese Arbeitstakte durch folgende fortlaufende Tätigkeiten:

- eine Projektorganisation und ein Prozessmanagement
- die Ergebnisdokumentation und
- einer bedarfsgerechte Öffentlichkeitsbeteiligung.

Die genannten Arbeitspakete sind in der folgenden Abbildung zusammengefasst und visualisiert:

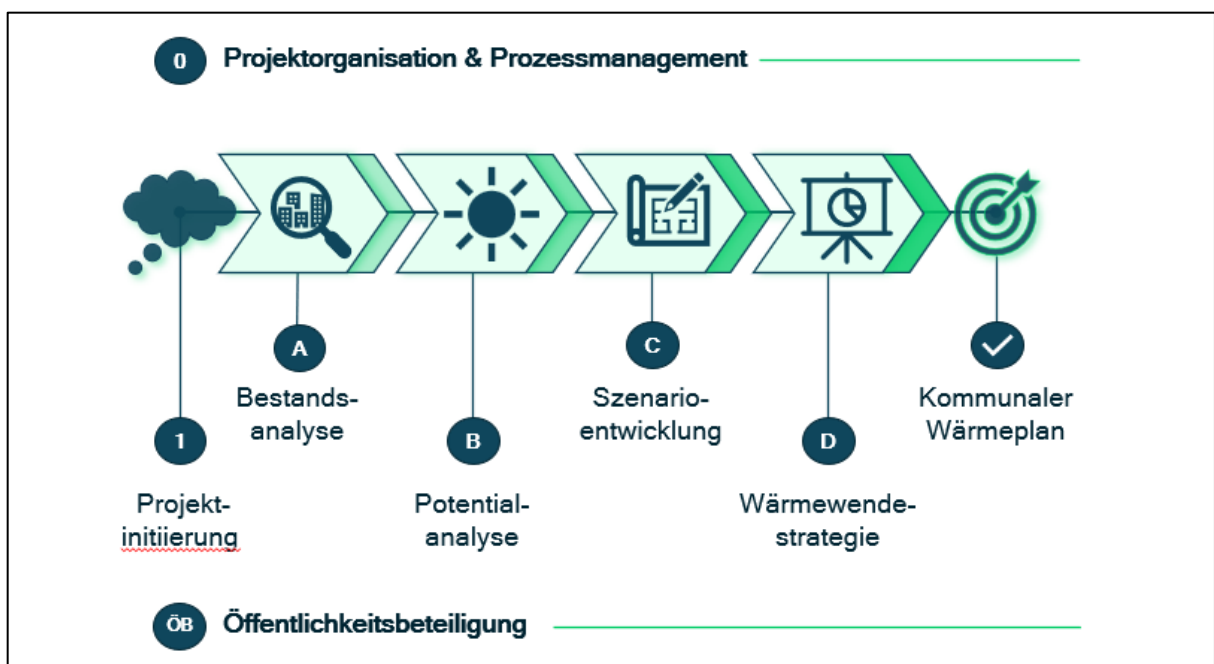


Abbildung 4-2: Ablauf und Phasen einer kommunalen Wärmeplanung (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

Projektmanagement

In vielen Fällen wird die planungsverantwortliche Stelle gemäß WPG die Kommune selbst sein, oder die Kommune wird in Zusammenarbeit mit benachbarten Kommunen eine gemeinsame Wärmeplanung durchführen.

Dies ist auf die Ausrichtung der Kommunen am Gemeinwohl und die zunehmenden Bemühungen, um Nachhaltigkeit zurückzuführen, der Kommunen als Trägerinnen der kommunalen Selbstverwaltung verpflichtet sind. Zu Beginn der Wärmeplanung untersucht eine Kommune die in der Verwaltung vorhandenen Kapazitäten und Kompetenzen. (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023)

- Bei der Initialisierung der Wärmeplanung sind grundlegende Fragen zu klären: Wer übernimmt die Projektleitung innerhalb der Stelle, die für die Planung zuständig ist?
- Soll eine gemeinsame Wärmeplanung geprüft werden?
- Wie soll ein Dienstleistungsunternehmen unterstützen?

Zu Beginn der Wärmeplanung wird die Person oder Stelle festgelegt, die innerhalb der planungsverantwortlichen Organisation die Projektleitung übernimmt. Diese ist für die Wärmeplanung verantwortlich und koordiniert den notwendigen Austausch zwischen den Beteiligten (§ 7 Absatz 5 WPG). Die Person, die mit der Leitung des Projekts betraut wird, sollte das Recht zugesprochen werden, Entscheidungen zur Wärmeplanung zu treffen (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023).

Besonders hilfreich sind Erfahrungen in der Umsetzung und Leitung ähnlicher stadtplanerischer Projekte (wie Bauleitplanung, Stadt- oder Quartiersentwicklung) sowie im Multi-Stakeholder-Management. Eine gute Vernetzung mit anderen relevanten Verwaltungseinheiten trägt dazu bei, Abstimmungswege kurz und effektiv zu halten. Diese Aufgabe kann von verschiedenen Ämtern wie dem Stadtplanungsamt, dem Umweltamt, dem Bauplanungsamt oder einer neu eingerichteten Stabsstelle übernommen werden.

Normalerweise erstellt das Dienstleistungsunternehmen die Bestandsanalyse, die Potenzialanalyse, die Entwicklung des Zielszenarios, die Gebietseinteilung und die Umsetzungsstrategie in enger Zusammenarbeit mit der Kommune. Das Dienstleistungsunternehmen unterbreitet insbesondere fachliche Vorschläge zur Entwicklung des Zielszenarios, der Gebietseinteilung und der Umsetzungsstrategie, jedoch liegt die endgültige Entscheidung bei der planungsverantwortlichen Stelle. Weitere Aufgaben umfassen die Akteursbeteiligung und die Öffentlichkeitsarbeit. (BMWK & BMWSB 2024)

Bestandsanalyse

Ziel der Bestandsanalyse gemäß § 15 WPG ist die systematische Erfassung der für die Wärmeversorgung relevanten Informationen (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023). Die Analyse bildet die Grundlage für die Entwicklung des Zielszenarios und die Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete. Das digitale Liegenschaftskataster stellt Informationen über die Nutzungsart und Kubatur der Gebäude, Flurstücke und Straßen bereit. Daraufhin werden der gegenwärtige Wärmebedarf und der Wärmeverbrauch erfasst und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen berechnet.

Darüber hinaus erfolgt eine Analyse von Informationen zur Energieinfrastruktur, wie etwa Gas- und Wärmenetzen, zur dezentralen Wärmeherzeugung in Gebäuden sowie zum Gebäudebestand im Allgemeinen. (BMWK & BMWSB 2024) Die Bestandsanalyse basiert auf Schornsteinfegerdaten, Verbrauchsdaten für leitungsgebundene Energieträger (Gas, Strom, Wärme) sowie dem digitalen Liegenschaftskataster. Darüber hinaus werden lokale Informationen zu Bebauungsplänen, kommunalen Gebäuden und denkmalgeschützten Objekten berücksichtigt.

Potenzialanalyse

Im Rahmen der Potenzialanalyse gemäß § 16 WPG werden die Potenziale für erneuerbare Wärme und unvermeidbare Abwärme im Gemeindegebiet erfasst (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023). Dies umfasst sowohl solche, die für die Integration in Wärmenetze geeignet sind, als auch solche für eine dezentrale Nutzung in Gebäuden. (BMWK & BMWSB 2024)

Mit der Potenzialanalyse werden die Einsparmöglichkeiten für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den Bereichen Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD), Industrie und öffentlichen Liegenschaften sowie die lokal verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energien und Abwärme ermittelt. Darüber hinaus werden realistische Umsetzungsraten aufgezeigt.

Szenario-Entwicklung

Das zentrale Element der Wärmeplanung ist die Erstellung des Zielszenarios gemäß § 17 WPG sowie die Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete nach den §§ 18 und 19 WPG (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023). Es gilt, unter Einbeziehung unterschiedlicher Akteure und anhand von Abwägungen und Entscheidungen sowie auf Grundlage von Indikatoren, die Arten der Wärmeversorgung für die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 zu bestimmen. Hierzu zählt eine räumlich differenzierte Darstellung der zukünftigen Versorgungsstruktur. Dies geschieht durch die Festlegung von Gebieten, die für Wärmenetze und eine dezentrale Wärmeversorgung geeignet sind. (BMWK & BMWSB 2024)

Wärmewende-Strategie mit Maßnahmen

Durch die Kommunale Wärmeplanung werden die Potenziale und der Bedarf systematisch zusammengeführt. So können die Nutzungsmöglichkeiten der Energiequellen in einem klimaneutralen Wärmesystem bestimmt und lokal realisiert werden. Basierend auf dem Zielszenario werden grundlegende sowie spezifische Maßnahmen und Strategien entwickelt, die zur erfolgreichen Umsetzung dieses Transformationsprozesses empfohlen werden.

Die Maßnahmen konzentrieren sich spezifisch auf verschiedene Eignungsgebiete und Quartiere sowie auf strukturelle und prozessuale Aspekte der Kommunalverwaltung. Fünf prioritäre Maßnahmen, die innerhalb der nächsten fünf Jahre umgesetzt werden sollen, sind gemäß dem Klimaschutzgesetz möglichst detailliert zu beschreiben.

Die Summe der genannten Maßnahmen soll dabei helfen, die notwendigen Reduktionen von Treibhausgasen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen. In der darauffolgenden Phase der Umsetzung soll der kommunale Wärmeplan als Orientierung dienen. Die Verwaltung und der Gemeindevorstand nutzen die Resultate und Handlungsempfehlungen als Basis für die weiterführende Stadt- und Energieplanung. Es ist wichtig, während des gesamten Prozesses die Inhalte anderer kommunaler Vorhaben, wie der Bauleit- oder Regionalplanung, zu berücksichtigen.

Der Wärmeplan muss mindestens alle fünf Jahre aktualisiert werden. Es soll damit kontrolliert werden, ob es Fortschritte gab, welche Strategien umgesetzt wurden und wie die Umsetzung beurteilt wird. Bei Bedarf ist der Wärmeplan im Zuge der Fortschreibung zu überarbeiten. (BMWK & BMWSB 2024)

4.3 Öffentlichkeitsbeteiligung und Kommunikation

Der Erfolg im kommunalen Klimaschutz ist zu einem wesentlichen Teil davon abhängig, wie gut die Kommunikation zwischen der Kommune und der angesprochenen Zielgruppe sowie den beteiligten Akteuren gelingt. Zwar wächst das allgemeine Bewusstsein für Umweltfragen und die Zustimmung dazu, doch der daraus resultierende Handlungsbedarf wird nicht oder nur teilweise umgesetzt.

Das Hauptziel einer funktionierenden Kommunikation besteht darin, die privaten und wirtschaftlichen Akteure für umweltbewusstes und eigenverantwortliches Handeln zu sensibilisieren. Dabei sind die Wissensvermittlung (informieren), die Motivation zum Handeln (überzeugen) und die Stärkung der Beteiligung (kooperieren) zentrale Aspekte. Damit stellt die Kommunikation das wichtigste Hilfsmittel für die erfolgreiche Umsetzung von kommunalen Wärmeplanungen dar, die auf Bundes-, Landes- und kommunalpolitischer Ebene beschlossen wurden. Bei einer erfolgreichen Umsetzung der Kommunikationsstrategie werden die Transparenz gesteigert und eine offene politische Kultur unterstützt.

Zu berücksichtigen ist, dass alle kommunikativen Maßnahmen um die Aufmerksamkeit einer Gesellschaft kämpfen, die bereits täglich von unzähligen Informationen beeinflusst wird. Umso nötiger ist es, die wesentlichen Inhalte konsequent hervorzuheben und für die Zielgruppe aufzubereiten. Die kommunikativen Instrumente müssen auf der Grundlage eines Kommunikationskonzeptes abgestimmt werden. Im ersten analytischen Schritt wird neben der eigentlichen Problemstellung auch eine Analyse der Stärken und Schwächen der bisherigen Vorgehensweise durchgeführt. Es werden zwei Ebenen differenziert:

- Die strategische Ebene, auf der die Zielgruppen festgelegt und zentrale Botschaften ausgearbeitet werden.
- Die operative Ebene, auf der Einzelmaßnahmen diskutiert und realisiert werden.

Für das Ermöglichen von Lernprozessen und Verbesserungen sowie dem Abbau von Hemmnissen sind vor allem die Kontrolle und Dokumentation der Resultate wichtig.

Die Gemeinde Lohfelden sollte, basierend auf diesen Vorüberlegungen, ein umfassendes Konzept für Kommunikation und Zusammenarbeit entwickeln. Dies soll dazu dienen, die Akteursgruppen und Kooperationspartner frühzeitig einzubeziehen und die Projekte sowie Aktivitäten innerhalb der Gemeinde effizient abzustimmen. Es steht vor allem im Fokus, ein Bewusstsein für die Wärmewende zu schaffen und sich mit der Kommunalen Wärmeplanung zu identifizieren.

Der Kommunikations- und Kooperationsplan, der eine kontinuierlich aktualisierte und möglichst vollständige Übersicht über lokale Klimaschutzaktivitäten, Zielgruppen, Zuständigkeiten, Termine und Vernetzungen bietet, ist das zentrale Element des Konzepts. Er soll die Teilnahme für alle interessierten Akteure so einfach wie möglich gestalten. Außerdem enthält der Plan Informationen über kommunale Kommunikationsmaßnahmen, die darauf abzielen, die Öffentlichkeitsarbeit zu stärken. Dies schafft die Möglichkeit, die Ergebnisse zu dokumentieren und zu kontrollieren.

Um die zielgerichtete Zusammenarbeit verschiedener Akteure in themenübergreifenden Wärmewende-Maßnahmen zu fördern, ist ein Kommunikations- und Kooperationsplan von Bedeutung. Zuerst müssen die beteiligten Personen sowie die Beziehungen zwischen ihnen benannt werden. Die Beziehungen sind generisch und weisen in allen Kommunen prinzipiell eine ähnliche Struktur auf. Im Allgemeinen sind Akteure des öffentlichen und des privaten Sektors zu unterscheiden.

| Öffentliche Bereiche | Private Bereiche |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Überregionale, regionale und lokale Politik • Verwaltung • Gemeindevorstand • Fachausschüsse | <ul style="list-style-type: none"> • Bürgerinnen und Bürger • Firmen und Unternehmen • Verbände und Vereine |

Tabelle 4-1: Öffentliche und private Bereiche

Sind die Zielgruppen identifiziert, können sie gezielt informiert, einbezogen und potenzielle Kooperationspartner aktiviert werden. Informationskanäle umfassen schriftliche Medien sowie Vortrags- und Diskussionsveranstaltungen. Bei allen Kooperationen ist es jedoch wichtig, die Ziele klar zu definieren und die verfügbaren Ressourcen von Beginn an deutlich zu organisieren, da eine erfolgreiche Zusammenarbeit in der Regel durch den Nutzen und die Motivation der Beteiligten gekennzeichnet ist.

Grundsätzlich ist bei allen Maßnahmen zwischen interner und externer Kommunikation zu unterscheiden. Interne Kommunikation hat meist das Ziel, Einzelmaßnahmen genauer abzustimmen und weist einen höheren Detaillierungsgrad auf. Die Zielgruppen sind hierbei vor allem kommunale Abteilungen und politische Akteure. Das Ziel sollte es sein, das Thema Wärmewende bei den „internen Akteuren“ wie die Gemeindevertretung oder den Fachausschüssen als eines der Hauptthemen in sämtlichen Verwaltungsbereichen zu verankern, um die Vorbildfunktion und damit auch die Glaubwürdigkeit der Kommune zu stärken.

Wesentliche gemeinsame Handlungsfelder sind der Ausbau der dezentralen regenerativen Energieerzeugung, die Förderung von Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Stärkung von Dienstleistungen und Kommunikationsangeboten im Bereich der Energieversorgung und -nutzung. Externe Kommunikation wird oft gleichbedeutend mit Öffentlichkeitsarbeit verwendet. Die Verbindung zur Öffentlichkeitsarbeit besteht in der Schulung von Verwaltungsmitarbeitern und ihrem vorbildlichen Auftreten als Multiplikatoren gegenüber der Bevölkerung. Öffentlichkeitsarbeit selbst zeichnet sich hauptsächlich durch die Organisation von Informations- und Beratungsveranstaltungen und in zweiter Linie durch Beteiligungsangebote aus. Mögliche Beteiligungsformen sind dabei:

- unterstützenden Beiräte
- Arbeitskreise
- Runde Tische und Foren
- Vereine
- eigenständige Bürgerbeteiligungsgesellschaften

Die Öffentlichkeitsbeteiligung ist ein „weiches“ Instrument, das in der Regel nur in Kombination mit Anreizen, Restriktionen oder neuen Technologien einen nennenswerten Effekt erzielt. Die Kommunen und ihre Kooperationspartner agieren als unabhängige Dienstleister, die zielgruppenspezifische Informationen und themenspezifische Basisberatungen kostenlos anbieten. Darüber hinaus vermitteln sie weiterführende Informations- und zertifizierte Beratungsangebote.

Zielgruppen

Die Kommunikation der Kommunalen Wärmeplanung muss so ausgerichtet werden, dass die unterschiedlichen Zielgruppen informiert, aufgeklärt und aktiv in den Prozess einbezogen werden. Im Kontext der Wärmeplanung sind die folgenden Zielgruppen besonders bedeutsam und sollten aufgrund ihrer unterschiedlichen Beweggründe separat angesprochen werden:

| Zielgruppe | Chancen und Herausforderungen |
|--|---|
| Energieversorger <ul style="list-style-type: none"> • Netzbetreiber für Strom • Netzbetreiber für Wärme • Netzbetreiber für Gas (Wasserstoff, Erdgas, Biogas) • Lieferanten für Biomasse und Biogas • Lieferanten für Wasserstoff | <ul style="list-style-type: none"> • Sektorenkopplung • zusätzliche Kapazitäten der Netze für Wärmepumpen, E-Fahrzeuge, etc. einplanen und Stromnetze ausbauen • neue Absatzmöglichkeiten • Anschluss von neuen Abnehmern • Ausbau von Wärmenetzen • Rückbau von Gasnetzen • Umnutzung von „klassischen“ Gasnetzen • Dekarbonisierung der Energiebereitstellung • Umstellung von Wasserstoff • Finanzierbarkeit sicherstellen |
| Wohnungswirtschaft <ul style="list-style-type: none"> • Wohnungsgesellschaften • Wohnungseigentümergeinschaften • private Vermieter • institutionelle Vermieter • Immobilienentwickler • Eigenheimbesitzer • Mieter • Hausverwaltungen • Handwerker • Energieberater | <ul style="list-style-type: none"> • Vorschriften seitens GEG kennen und einhalten • Möglichkeiten zur klimaneutralen Wärmeversorgung • Sanierungspotenziale umsetzen • Aufklärung richtig heizen / lüften • Kundenberatung zu den Möglichkeiten die GEG-Vorgaben zum EE-Anteil einzuhalten • individueller Sanierungsfahrplan • Finanzierbarkeit sicherstellen • Förderungen beantragen |
| Verwaltungsebenen <ul style="list-style-type: none"> • Kommunen • Landkreis • Evtl. Regierungsbezirke • Bundesland | <ul style="list-style-type: none"> • Flächen zum Aufbau der benötigten Infrastruktur identifizieren und nutzen • Neue Einnahmemöglichkeiten • Bürger/innen einbinden und informieren • Akzeptanz bei Mitarbeitern • Vorbildfunktion der einzelnen Instanzen |

Tabelle 4-2: Zielgruppenanalyse

4.4 Akteursbeteiligung

Wie zuvor beschrieben, ist es für den Erfolg und die Akzeptanz einer Kommunalen Wärmeplanung wichtig, die lokalen Akteure aktiv zu beteiligen. Im Rahmen einer Akteursanalyse wurden zu Beginn die relevanten Akteure identifiziert und ihre Erwartungen an die KWP erfasst.

Das Konzept wurde unter Mitwirkung und Unterstützung vieler Akteure ausgearbeitet. Hier sind neben den politischen Akteuren und Angestellten der Gemeinde vor allem die lokalen Unternehmen sowie die Netzbetreiber zu nennen, die in den Prozess der Konzepterstellung einbezogen wurden. Des Weiteren wurde im Rahmen der Bestandsaufnahme eine Analyse der produzierenden Betriebe nach ihrem Abwärmepotenzial der unterschiedlichen Unternehmen durchgeführt. Wurden dabei Verbräuche größer 2,5 GWh/a detektiert, werden die entsprechenden Unternehmen kontaktiert und die genauen Daten aufgenommen.

In der Gemeinde Lohfelden wurde eine Öffentlichkeitsveranstaltung als Bürgerversammlung am 10.09.2025 durchgeführt. Dabei wurden erste Analyse-Ergebnisse der Kommunalen Wärmeplanung vorgestellt. Vor Ort konnte als Bürgerbeteiligung ein Fragebogen zur Kommunalen Wärmeplanung ausgefüllt werden, der im Anschluss auch noch digital auf der Homepage der Gemeinde Lohfelden ausfüllbar war. Im örtlichen Anzeigenblatt wurde darauf hingewiesen. Am 16.12.2025 wurden die Ergebnisse der Kommunalen Wärmeplanung in einer Bürgerversammlung vorgestellt.

5 Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse basiert auf der Erhebung von Daten zu den bestehenden Gebäudetypen, den Versorgungsstrukturen von Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und Speichern sowie der Analyse der Wärmeversorgungsstruktur in Wohn- und Nicht-Wohngebäuden. Auf dieser Grundlage erfolgt die Ermittlung des Wärmebedarfs und des Wärmeverbrauchs sowie die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen im Bereich Wärme.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die grundlegenden Daten sowie deren Herkunft detailliert beschrieben. Anhand von Beispielen wird verdeutlicht, wie die Analysen zur weiteren Nutzung der Daten in der Kommunalen Wärmeplanung eingesetzt werden.

Hierfür werden die aggregierten Energieversorgungsdaten der Energielieferanten als Basis für die Ermittlung des Endenergieverbrauchs der leitungsgebundenen Energieträger ausgewertet. Dies umfasst den Verbrauch von Strom und Gas. Weiterhin werden die Daten der Bezirksschornsteinfeger sowie die Endenergieverbräuche der kommunalen Gebäude berücksichtigt. Durch die ergänzenden Daten können auch die nicht-leitungsgebundenen Energieträger ermittelt werden.

Nicht-leitungsgebundene Energieträger werden in der Regel zur Wärmeerzeugung genutzt. Dazu gehören beispielsweise Biomasse, Heizöl, Steinkohle, Flüssiggas, Solarthermie und Umweltwärme. Die Verbrauchsmengen dieser Energieträger sowie aller nicht von den Netzbetreibern bereitgestellten Daten werden anhand der Bedarfsberechnung nach DIN-Vorschriften auf Basis jedes einzelnen Gebäudes berechnet.

Ein zentrales Ziel der Bestandsanalyse besteht darin, den Energiebedarf und die Treibhausgasemissionen zu ermitteln, die dem Wärmesektor zuzuschreiben sind. Mit diesen Daten wird eine erste, verursacherorientierte und räumliche Zuordnung der Bedarfe und Umweltwirkungen in der Gemeinde vorgenommen. Die Ergebnisse bilden die grundlegende Basis für die anschließende Definition der Quartiere, für die Potenzialanalyse zur Abschätzung des zukünftigen Wärmebedarfs und der potenziellen Wärmedeckungsanteile sowie zur Ableitung der Szenarien.

5.1 Eignungsprüfung

Das Wärmeplanungsgesetz sieht vor, dass als erster Schritt der Kommunalen Wärmeplanung Teilgebiete auf deren Eignung geprüft werden. Dabei wird untersucht, ob eine Versorgung durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz in dem jeweiligen Gebiet mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Im Rahmen der Eignungsprüfung muss richtigerweise die Versorgung mit Biomethan ergänzt werden. Teilgebiete sind Gebietseinheiten innerhalb der Gemeinde, die aus mehreren Grundstücken oder Baublöcken bestehen und zur Untersuchung der möglichen Wärmeversorgung eingeteilt werden. Die Eignungsprüfung ermöglicht eine effiziente Bearbeitung der Wärmeplanung, indem nur die geeigneten Teilgebiete umfassend untersucht werden müssen.

In den Teilgebieten, die nicht geeignet sind, ist es möglich eine verkürzte Wärmeplanung umzusetzen. Die Eignungsprüfung kann ohne zuvor erhobene Daten durchgeführt werden. Zur Klassifizierung von Teilgebieten in „geeignet“ oder „ungeeignet“ werden unter anderem die Siedlungsstruktur, der erwartete Energiebedarf und das Abwärmepotenzial berücksichtigt. Im Wärmeplan sind Teilgebiete, die als ungeeignet gelten, als voraussichtliche Gebiete für die dezentrale Wärmeversorgung ausgewiesen.

5.1.1 Wärmenetzeignung

Zur Bestimmung der Eignung eines Teilgebiets für ein Wärmenetz werden folgende drei Kriterien betrachtet:

1. Vorhandene Wärmenetze
2. Vorhandene Wärmepotenziale
3. Wirtschaftlichkeit des potenziellen Wärmenetzes

Ein Teilgebiet wird nur dann als ungeeignet für ein Wärmenetz angesehen, wenn alle drei Kriterien negativ bewertet werden. Die Prüfung des ersten Kriteriums ergab für die Gemeinde Lohfelden kein vorhandenes Wärmenetz, wobei in der Nachbarkommune, Stadt Kassel ein umfangreiche Wärmenetz vorhanden ist. Für die Beurteilung des zweiten Kriteriums existiert keine einheitliche Definition in der Fachliteratur. Deshalb wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen definiert, dass Wärmepotenziale vorhanden sind, wenn in einem Teilgebiet, oder in unmittelbarer Nähe davon, Abwärmequellen vorhanden sind oder günstige Umweltwärme verfügbar ist. In der Gemeinde Lohfelden liegen ggf. Abwärmepotenziale vor und müssen tiefergehend untersucht werden. Zur Bewertung des dritten und letzten Kriteriums der Wirtschaftlichkeit wird die Wärmedichte bzw. die Wärmeliniendichte herangezogen. Ein jährlicher Wärmeverbrauch von weniger als 300 MWh pro Hektar gilt als sicherer Indikator dafür, dass ein Wärmenetz nicht wirtschaftlich ist. Insbesondere in zersiedelten Gebieten und bei einzelnen Gebäudegruppierungen ist das Kriterium der Wirtschaftlichkeit nicht erfüllt. Im Projektgebiet kann in Folge der Beschreibung nicht pauschal davon ausgegangen werden, dass ein Wärmenetz ausgeschlossen werden kann.

5.1.2 Wasserstoffnetzeignung

Analog zur Wärmenetzeignung werden auch bei der Wasserstoffnetzeignung drei Kriterien untersucht:

1. Vorhandenes Wasserstoffnetz
2. Vorhandene dezentrale Wasserstofferzeugung
3. Wirtschaftlichkeit des potenziellen Wasserstoffnetzes

Nach derzeitiger Wasserstoff-Kernnetzplanung (BUNDESNETZAGENTUR 2024) und nach der regionalen „H2-Backbone Nord- und Mittelhessen“ existiert kein Wasserstoffnetz in der Gemeinde Lohfelden. Die Leitung Werne-Eisenach, welche Ende 2032 und die Leitung Köln-Gernsheim, die in 2032 bis 2037 in Betrieb genommen werden sollen betreffen die Gemeinde jedoch, da die Leitungen durch den Landkreis Kassel verlaufen. Planungen für die Erzeugung von Wasserstoff sind zum Zeitpunkt der Wärmeplanung nicht bekannt. Eine Nutzung von Wasserstoff für den Wärmesektor ist aktuell nicht vorgesehen.

5.1.3 Biomethanetzeignung

Analog werden auch bei der Biomethan drei Kriterien untersucht:

1. Vorhandenes Biomethanetz
2. Vorhandene dezentrale Biomethanerzeugung
3. Wirtschaftlichkeit des potenziellen Biomethanetzes

Bestehende Gasnetze können für die Nutzung von Biomethan weiterverwendet werden und sind grundsätzlich geeignet. Um Biomethan in das Netz einspeisen zu können, ist dieses zu erzeugen und aufzubereiten. Grundsätzlich kann entweder in neue Anlagen investiert oder bestehende Biogasanlagen, die derzeit beispielsweise zur Stromerzeugung genutzt werden, um Aufbereitungsanlagen ergänzt werden, damit diese Biomethan in das Gasnetz einspeisen können. Übergreifenden Biomethan-Aktivitäten, die in der Region sicherstellen werden, dass die Biomethanmenge im Netz signifikant steigt, sind regional nicht bekannt.

In der Gemeinde Lohfelden leisten Biogasanlagen bereits heute einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung. Aus landwirtschaftlichen Reststoffen, Energiepflanzen und organischen Abfällen wird in den Anlagen umweltfreundliches Biogas erzeugt. Dieses wird zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt und hat dazu beigetragen, fossile Energieträger zu ersetzen und CO₂-Emissionen zu reduzieren. Das Biogas wird im Entsorgungszentrum, der Regenbogenschule und im Bürgerhaus zur nachhaltigen Wärmeversorgung und Stromproduktion genutzt.

Im Ergebnis der Eignungsprüfung können sowohl Wärmenetze als auch biogene Gase nicht für das gesamte Projektgebiet ausgeschlossen werden. Eine detaillierte Untersuchung ist demnach durchzuführen.

5.2 Datenerhebung

Im Folgenden wird die praktische Umsetzung der zuvor dargelegten theoretischen Vorgehensweise beschrieben. Das Fundament für die Kommunale Wärmeplanung sind Daten aus unterschiedlichsten Quellen.

Es wurden Energieversorgungsdaten von den Netzbetreibern aggregiert. Sie bildeten die Basis für die Ermittlung des Endenergieverbrauchs der leitungsgebundenen Energieträger. Aus diesen Datensätzen ergab sich der Verbrauch von Strom, Gas und Wärme. Die Daten wurden sowohl durch die nicht-leitungsgebundenen Informationen der Bezirksschornsteinfeger als auch durch die Endenergieverbräuche der kommunalen Gebäude ergänzt. Die Kontaktaufnahme zu den Netzbetreibern und Schornsteinfegern erfolgte direkt, um eine reibungslose und zeitnahe Datenlieferung zu gewährleisten. Eine weitere Datenquelle sind verwaltungsinterne Informationen, Karten und Fachplanungen, die von den jeweiligen Fachbereichen und Ämtern bereitgestellt wurden. Die folgende Abbildung visualisiert die unterschiedlichen Datenquellen und abgefragten Daten.

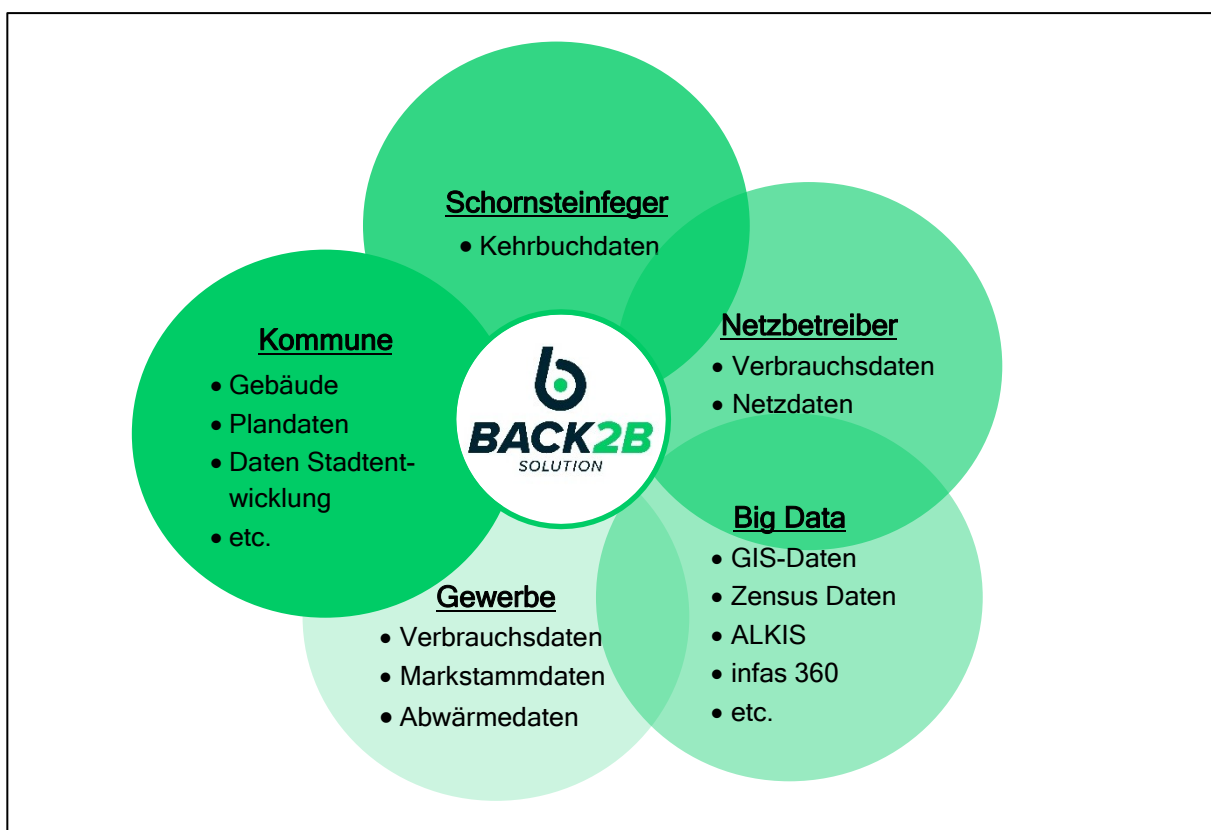


Abbildung 5-1: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

Die zuvor genannten Quellen wurden durch Big-Data Datenlieferanten wie GIS-Daten, Zensus-Daten, ALKIS und infas 360 sowie Daten von Immobilienportalen ergänzt. Damit konnten Datenlücken geschlossen und die zugearbeiteten Daten plausibilisiert werden.

Die nachfolgende Tabelle bietet einen detaillierten Überblick über die erhobenen Energie- und Geodaten und zeigt insbesondere auf, welche Datenbestandteile abgefragt wurden. Die Datentiefe ist je nach Datentyp bzw. Datenlieferanten sehr unterschiedlich.

| Datencluster | Lieferant | Detailgrad | Parameter |
|---|---|-----------------------------------|--|
| Brennstoffverbrauch | Daten der Netzbetreiber | Gebäudecluster | <ul style="list-style-type: none"> • Versorgungsanlagen • Menge • Standorte |
| Wärmeerzeugungsanlagen | Daten der Schornsteinfeger | Gebäude-scharf | <ul style="list-style-type: none"> • Versorgungsanlagen • Brennstoff • Nennwärmeleistung • Alter |
| Gewerbe und öffentliche Gebäude | Öffentliche Hand, Gewerbe- und Industriebetriebe | Gebäude-scharf und Gebäudecluster | <ul style="list-style-type: none"> • Endenergieverbrauch • Art der Wärmeenergiebedarfsdeckung • Anteile erneuerbarer Energien (EE) und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) • Menge und Art der anfallenden Abwärme |
| Anlagenstruktur | Marktstammdatenregister | Einheiten-scharf | <ul style="list-style-type: none"> • Stromerzeugungseinheiten • Stromverbrauchseinheiten • Gaserzeugungseinheiten • Gasverbrauchseinheiten |
| Geodaten zur Siedlungsstruktur und zum Gebäudebestand | ALKIS Infas 360 digitales Oberflächen- und Geländemodell Gemeindeverzeichnis Flächennutzungsplan Kommune | Gebäude-scharf | <ul style="list-style-type: none"> • Gebäudebaujahre • Gebäudegrundfläche • Gebäudenutzung • Gebäudehöhen • Wärmeversorgungsarten • Bevölkerungszahl • Standardwärmeversorgungsart • Gebäudeadressen • Projektgrenze • Gebäude mit Denkmalschutz |

Tabelle 5-1: Übersicht der erhobenen Daten und Quellen

5.2.1 Daten der Netzbetreiber

Der kommunale Wärmeenergiebedarf wird unter Verwendung von Bedarfsberechnungen ermittelt. In Bezug auf leitungsgebundene Energieträger können diese Berechnungen mit realen Verbrauchsdaten ergänzt werden. Über diese gebäudescharfen Verbrauchsdaten verfügen die Netzbetreiber für Strom, Wärme und Gas.

Zusätzlich zu den Verbrauchsdaten können die Netzbetreiber weitere relevante Informationen über die vorhandene Infrastruktur in der Gemeinde bereitstellen. Gerade bei umfangreichen Wärmenetzen ist es essenziell, die in den Heizzentralen verwendete Technik zu kennen, um konkrete Transformationspotenziale zu bewerten.

Die folgenden Daten sind Bestandteil der Abfrage:

- Gebäudescharfe Daten für den Gasverbrauch
- Gebäudescharfe Daten für den Stromverbrauch aufgeteilt nach Direktstrom und Heizstrom
- Gebäudescharfe Daten für den Wärmeverbrauch bei Wärmenetzen
- Energieinfrastruktur bzgl. Gasnetze, Wärmenetze und Abwassernetze
- Wärmezentralen mit Art der Wärmeerzeugung, Wärmemenge, Temperaturniveau, Leistung der Erzeuger und Netzabnahme bei Wärmenetzen

5.2.2 Daten der Schornsteinfeger

Wichtige Daten zu Heizungsanlagen in Gebäuden werden in der Regel von den Bezirksschornsteinfegern erfasst, verarbeitet und dokumentiert. Das Klimaschutzgesetz ermächtigt Kommunen daher, diese Daten von den Schornsteinfegern aus den einzelnen Kehrbezirken abzufragen. Der Landesinnungsverband der Schornsteinfeger hat in Zusammenarbeit mit Softwareanbietern eine Ausgabefunktion für den automatisierten Export der benötigten Daten implementiert und unterstützt damit wesentlich die Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung. Dies ermöglicht den einfachen Datenexport zur Weiterverwendung in den Analysetools der Dienstleister.

Folgende Daten wurden von den Schornsteinfegern abgefragt:

- Adresse (Kommune, PLZ, Straße und Hausnummer)
- Feuerstätten-Art
- Feuerstätten-Nummer
- Brennstoff
- Nennwärmeleistung
- Baujahr

5.2.3 Daten der Kommune

Zu Beginn der Bearbeitung werden allgemeine Daten der Kommunalverwaltung von den entsprechenden Fachbereichen und Ämtern angefordert. Ein zentraler Bestandteil ist das digitale Liegenschaftskataster, das zusammen mit weiteren Fachplanungen verwendet wird. Das digitale Liegenschaftskataster enthält beispielsweise Informationen zu Gebäuden wie die Grundfläche, Funktion und Lagebezeichnung mit Adresse sowie zusätzliche Angaben zu Flurstücken und Flächennutzungen im Gebiet der Kommune.

Darüber hinaus wurden bei der Kommune folgende Daten angefragt:

- Energiebericht kommunale Liegenschaften
- Erarbeitete Quartierskonzepte
- Geplante Neubaugebiete
- Kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte

5.2.4 Großverbraucher

Im Rahmen der ersten Berechnung der Wärmebedarfszahlen können Großverbraucher ermittelt werden, die einen hohen Wärme- und Energieverbrauch aufweisen. Um Abwärme- und Energieeffizienzpotenziale zu erkennen, besteht für Gewerbe- und Industriebetriebe sowie für die öffentliche Hand die Verpflichtung, unter anderem Angaben über Höhe und Art ihres Endenergieverbrauchs zu tätigen. Daher wird im Zuge der Bestandsanalyse untersucht, ob Großverbraucher vorhanden sind, die mindestens 2,5 GWh/a verbrauchen. Wenn Großverbraucher im Rahmen der Definition vorhanden sind, würden potenzielle Firmen hinsichtlich der Nutzung der potenzielle Abwärmemenge abgefragt werden.

5.2.5 Marktstammdatenregister

Das Marktstammdatenregister (MaStR) ist ein zentrales, behördliches Register, das von der Bundesnetzagentur (BNetzA) geführt wird. Es dient als umfassendes Verzeichnis für energiewirtschaftliche Daten in Deutschland. Ziel ist es, die Datenqualität zu verbessern, Meldepflichten zu vereinheitlichen und die Transparenz zu erhöhen. Im Marktstammdatenregister sind vorwiegend Stammdaten des Strom- und Gasmarktes enthalten. Dazu gehören folgende Daten, welche abgefragt worden:

- Stromerzeugungseinheiten mit Energieträger, Anlagenleistung und evtl. Standort
- Gaserzeugungseinheiten mit Technologie, Anlagenleistung und evtl. Standort
- Verbrauchseinheiten
- Strom- und Gasspeicher

5.3 Datenverarbeitung

Sämtliche bereitgestellten und berechneten Daten wurden hinsichtlich Plausibilität und Vollständigkeit überprüft. Daten, die fehlten oder fehlerhaft waren, wurden mit geeigneten Verfahren und Methoden zunächst validiert und anschließend korrigiert. Mit infas 360 als Datenlieferanten konnten Datenlücken in bestehenden amtlichen Datenquellen kompensiert und somit die Prozesse der Datenbeschaffung beschleunigt werden. Damit ist eine qualitativ hochwertige Datenbasis für das Projektgebiet garantiert.

Die folgende Abbildung zeigt die Datenqualität der jeweiligen Datenquellen zusammenfassend auf. Bei den Stromdaten wurden ausschließlich Stromverbrauchsdaten zur Wärmeerzeugung übermittelt. Die Gesamtstromverbräuche in der Kommune wurden der Energiemengenbilanzierung des Netzbetreiber entnommen und mit den übermittelten Stromverbrauchsdaten zur Wärmeerzeugung verrechnet. Datenlücken wurden mit Basisdaten von infas 360 geschlossen.

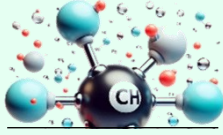
| Schornsteinfegerdaten | Daten Erdgas | Daten Strom | Daten Biogas |
|---|--|--|---|
|  |  |  |  |
| <u>Parameter:</u> Brennstoffart Nennwärmeleistung | <u>Parameter:</u> Verbrauch Brennstoff | <u>Parameter:</u> Verbrauch Strom für Wärme | <u>Parameter:</u> Verbrauch Brennstoff |
| <u>Datenqualität:</u> Gebäudescharf | <u>Datenqualität:</u> Cluster von 5 bis max. 10 Datensätzen aus dem Jahr 2024 (DSGVO) | <u>Datenqualität:</u> Median aus den Jahren 2020, 2021 und 2022 mit Clustern ab 5 Datensätzen (DSGVO) | <u>Datenqualität:</u> Gebäudescharf aus dem Jahr 2024 |

Abbildung 5-2: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG BACK2B SOLUTION GMBH)

In Folge ist eine eindeutige Zuordnung der Daten zu den jeweiligen Gebäuden nicht möglich. Demnach wurden die Durchschnittsdaten des Clusters den jeweiligen Gebäuden zugeordnet. Zusätzlich zu beachten ist, dass die Daten der Schornsteinfeger aus den zurückliegenden Jahren stammen, anlagenabhängig von der Notwendigkeit von Messungen (z.B. bei Neuinstallationen oder durch Gesetzesvorgaben) oder der regelmäßigen Feuerstättenschau.

Die Anlage 2 des WPG legt fest, welche Mindestinformationen aus der Bestandsanalyse textuell, grafisch und kartografisch dargestellt werden müssen (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023). Die Darstellung auf Karten muss grundsätzlich mit verschiedenen Ebenen durchgeführt werden. Diese hat die Informationen so umfassend, transparent und nachvollziehbar wie möglich zu präsentieren und so detailliert wie nötig. Dazu wurden alle Daten in eine Software eingelesen und auf dieser Basis ein digitaler Zwilling der Gemeinde Lohfelden erstellt. Die unterschiedlichen Abstraktionsstufen sind dabei im Folgenden dargestellt.

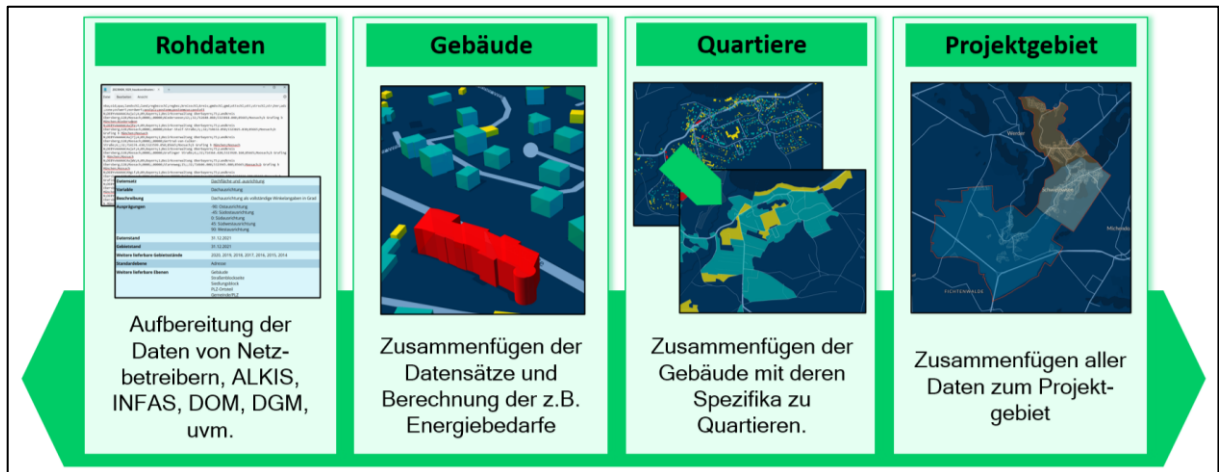


Abbildung 5-3: Aufbereitungs- und Abstraktionsstufen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

Vertrauliche Daten, insbesondere solche mit Sicherheitsbezug, Informationen zu kritischen Infrastrukturen und alle Daten, die mit der Landes- und Bündnisverteidigung in Verbindung stehen, werden nicht angezeigt. An diesen Vorgaben orientiert sich das vorliegende Fachgutachten. Infolgedessen muss im Gutachten auf eine gebäudescharfe Darstellung aufgrund der oben beschriebenen Restriktionen verzichtet werden.

Im digitalen Zwilling werden auf Basis von regionaltypisch verwendeten Bauteilen, den Baualtersklassen, der Gebäudefunktion, der Bauweise sowie dem Sanierungsstand der einzelnen Gebäude, die Bauteil-U-Werte für Fassaden, Dachflächen, Fenster und Geschosdecken nach der Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude zugeordnet. Außerdem wird für jedes Gebäude die Geschossanzahl mit Hilfe der Gebäudehöhe aus dem digitalen Geländemodell sowie auf Basis der Geschosshöhe nach Baualtersklassen und BSKO-Sektor berechnet. Im Ergebnis zeigen sich sowohl die gebäudespezifisch verwendeten Bauteile als auch die Anzahl der Geschosse. Ergänzt werden diese Daten um die Gebäudegrundfläche aus dem ALKIS-Datensatz. Damit wird die Gebäudenutzfläche nach DIN V 18599-1:2018-9 errechnet. Zusammen mit der Gebäudetypologie nach Vorgabe vom Institut Wohnen und Umwelt (IWU 2010) und den Luftwechselraten nach DIN 4108-2, DIN EN 12831 2008 und DIN V 18599-10:2018-09 wurde so die Wärmebedarfsbilanzierung unter Beachtung der Vorgaben für Wohn- und Nichtwohngebäude der DIN V 18599 2019 und DIN 4108-2 2013 ermittelt.

Alle Informationen wie Potenziale, Bedarfe, Versorgungsarten und Ergebnisse wurden zu den jeweiligen Gebäuden verortet, was eine grafische Darstellung in 2D bzw. 2,5D mit einer entsprechenden Farbskala ermöglicht. Auf diese Weise wurde die komplexe Datenlage für die Gemeinde beherrschbar und komplizierte Zusammenhänge verständlich dargestellt. Dies ermöglicht außerdem eine stufenlose Skalierung über alle Maßstabsebenen hinweg, was sowohl die Ansicht als Gesamtkarte als auch Detailbetrachtungen bestimmter Gebiete ermöglicht.

5.4 Ergebnisse der Bestandsanalyse

Nachdem die erhobenen Daten vollständig im digitalen Zwilling integriert wurden, ist eine Auswertung der Daten möglich. Die wesentlichen Resultate der Bestandsaufnahme werden im folgenden Kapitel sowohl textlich als auch grafisch dargestellt. Zunächst wird im Rahmen der Ergebnisvorstellung auf die grundlegende Struktur der Gemeinde und auf die vorhandene Energieinfrastruktur eingegangen. Anschließend wird in der Eignungsprüfung untersucht, ob Versorgungsgebiete für eine Versorgung mit einem Wärme- oder Wasserstoffnetz bereits zu diesem Zeitpunkt ausgeschlossen werden können. Auf Basis der Modellierung der Wärme- und Strombedarfe sowie des geclusterten Wärmeverbrauchs ergibt sich der gesamte Wärme- und Stromverbrauch für die Gemeinde Lohfelden. Abgeschlossen werden die Ergebnisse mit der Energie- und Treibhausgasbilanz die als Grundlage für die weitere Bearbeitung im Rahmen der Potenzialanalyse und des Zielszenarios dienen.

5.4.1 Struktur der Kommune

Die Gemeinde Lohfelden liegt im Landkreis Kassel, südöstlich der Stadt Kassel, und gehört zur Metropolregion Nordhessen. Durch die unmittelbare Nähe zur A 7, A 44 und A 49 ist Lohfelden hervorragend an das überregionale Straßennetz angebunden. Mehrere Buslinien verbinden die Ortsteile mit Kassel und den umliegenden Gemeinden. Über den nur wenige Kilometer entfernten Bahnhof Kassel-Wilhelmshöhe bestehen ICE-Verbindungen in alle Richtungen. Auch Radwege und regionale Verkehrsachsen sorgen für eine gute Erreichbarkeit innerhalb der Gemeinde und in das Kasseler Stadtgebiet.



Abbildung 5-4: Lage und Verortung des Projektgebietes in Deutschland (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Zur Gemeinde Lohfelden gehören die Ortsteile Vollmarshausen, Ochshausen und Crumbach. Mit Stand 2024 lebten in der Gemeinde Lohfelden 13.871 Menschen. Weitläufige Grünflächen und das Naturschutzgebiet Vollmarshäuser Teiche prägen das landschaftliche Bild in Lohfelden und laden zu Spaziergängen, Radtouren und Freizeitaktivitäten ein. Durch die unmittelbare Nähe zur Großstadt Kassel, die gute Verkehrsanbindung und ein reges Vereins- und Kulturleben bietet Lohfelden eine hohe Lebensqualität. Zudem trägt eine starke lokale Wirtschaft wesentlich zur positiven Entwicklung der Gemeinde bei.

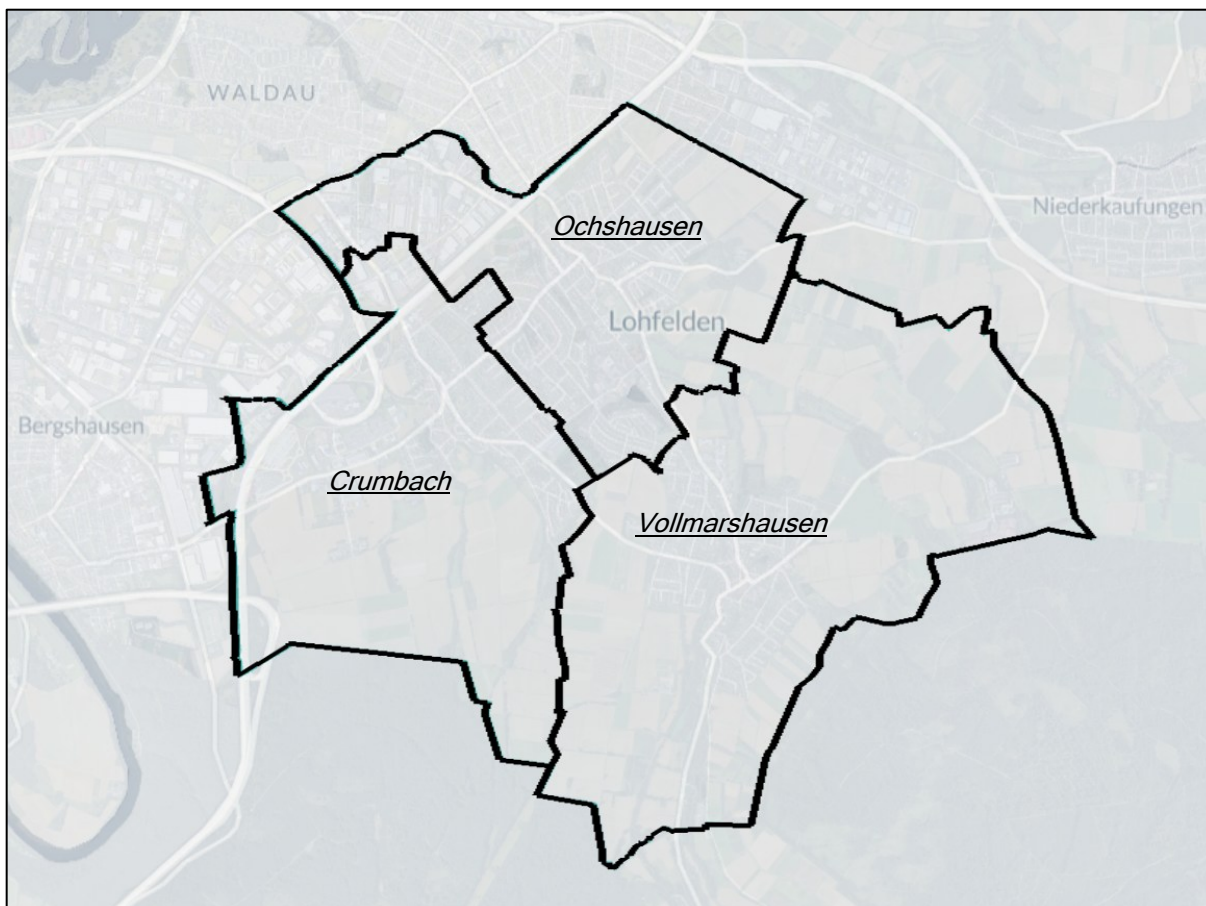


Abbildung 5-5: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Wie bereits zuvor beschrieben, bietet die Gemeinde zahlreiche Agrar- und Naturflächen. Das gesamte Gemarkungsgebiet der Gemeinde umfasst eine Fläche von 1.640 ha. Das Gebiet beinhaltet 53 ha Wald sowie 701 ha Ackerland und 79 ha Gras- und Grünland.

Die Bestandsanalyse umfasst die Erfassung und Untersuchung von insgesamt 6764 Gebäuden in der Gemeinde Lohfelden. Diese Gebäude stellen 1,5 km² Gebäudenutzfläche und 1,1 km² Gebäudegrundfläche dar. Der überwiegende Wohngebäudetyp ist das Einfamilienhaus, die überwiegende Nutzung ist die private Nutzung und das durchschnittliche Baujahr ist 1976. Die folgende Abbildung stellt die Gebäudestruktur nach BSKO-Sektoren auf Baublockebene für das gesamte Projektgebiet der Gemeinde dar.

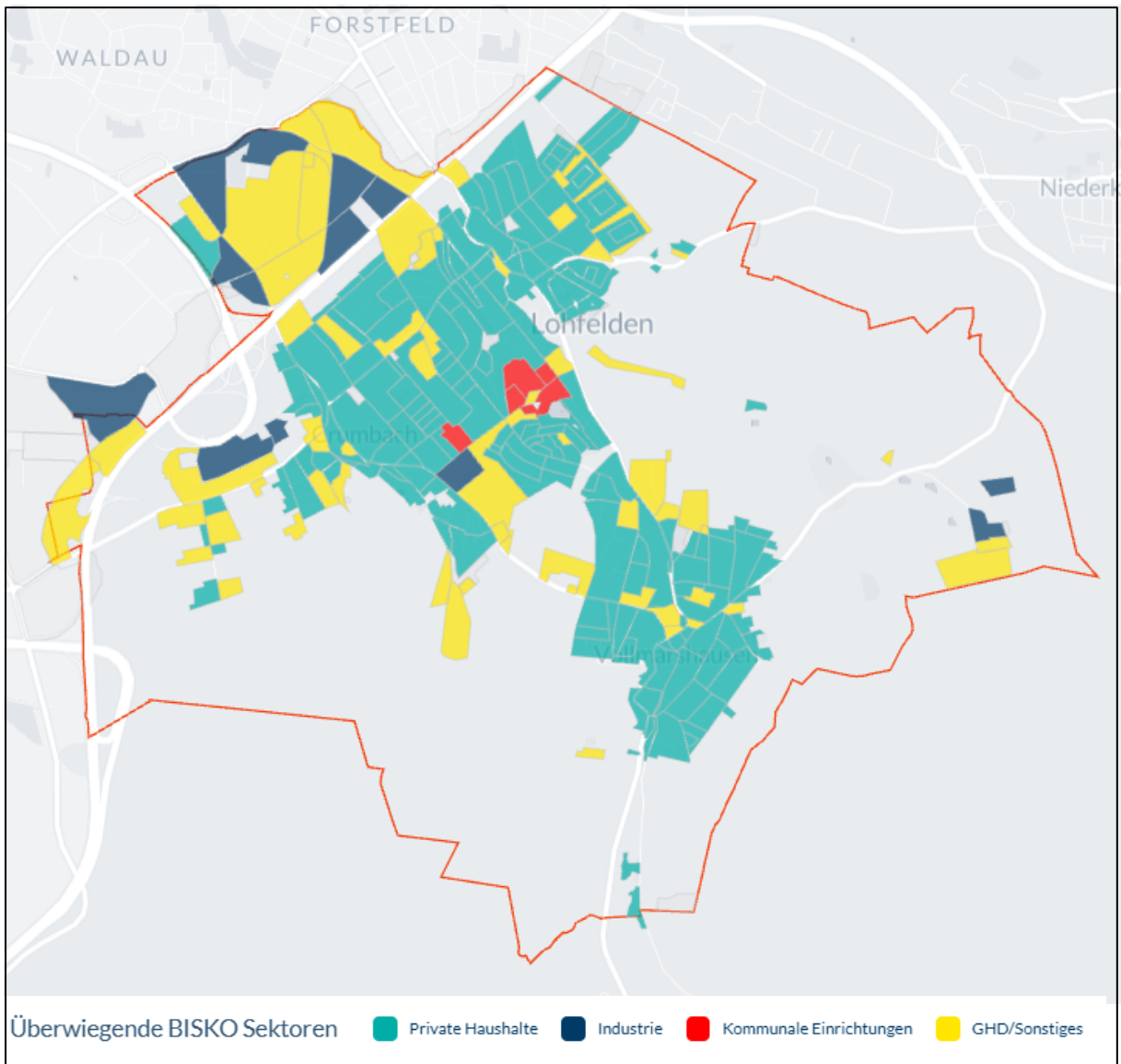


Abbildung 5-6: Baublöcke nach BSKO-Sektoren (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Etwa 48 % der Gebäude in Lohfelden sind Gebäude ohne Wärmeversorgung. Dies können Nebengebäude, Schuppen oder ähnliches sein. 52 % der Gebäude sind wärmeversorgt, wobei 86 % dieser wärmeversorgten Gebäude Wohngebäude darstellen, während die restlichen 14 % Nicht-Wohngebäude sind. Bei den Nicht-Wohngebäuden entfällt der Großteil der Gebäude auf den Sektor Gewerbe, Handel & Dienstleistungen (GHD).

In absoluten Zahlen der wärmeversorgten Gebäude werden 2.992 als private Haushalte (türkis), 27 Gebäude als Industriegebäude, 454 als Gewerbe, Handel & Dienstleistung sowie sonstige Gebäude (gelb) und 15 Gebäude als kommunale Einrichtungen (rot) genutzt. Die folgende Abbildung stellt die Nutzung der Gebäude nach BSKO-Sektoren zusammenfassend dar.

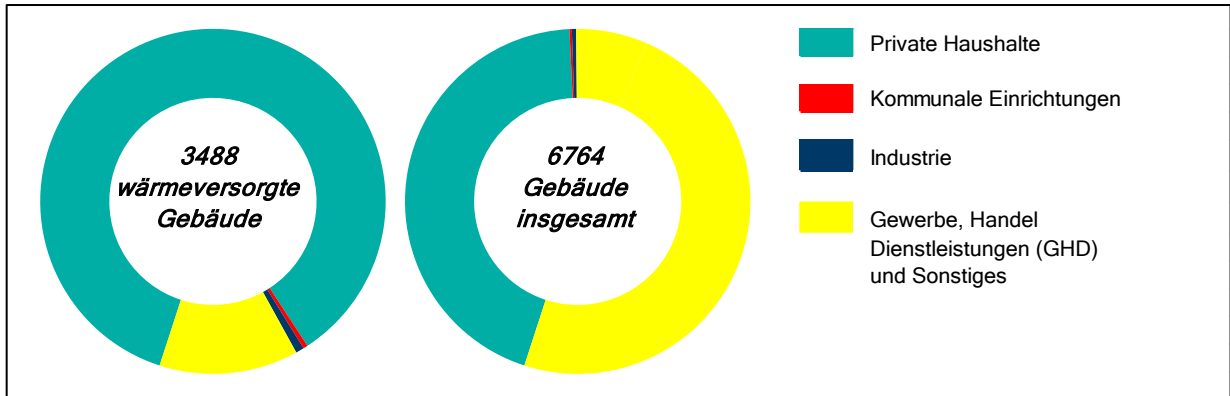


Abbildung 5-7: Gebäudebestand nach BSKO-Sektoren

Die Abbildung unten zeigt die Verteilung der absoluten Anzahl der Gebäude nach Baualtersklassen und BSKO-Sektoren. Die Baualtersklasse 1978 - 1982 weist mit 763 Gebäuden den höchsten Wert auf. Folglich sind 2160 Gebäude mindestens 41 Jahre alt. Dies deutet bei noch nicht durchgeführten Sanierungen zunächst auf ein relevantes Energieeinsparpotenzial durch die Erneuerung von Fassaden, Dächern, Fenstern und Heizungen hin, welches in der folgenden Betrachtung sowie in der Potenzialanalyse berücksichtigt wird.

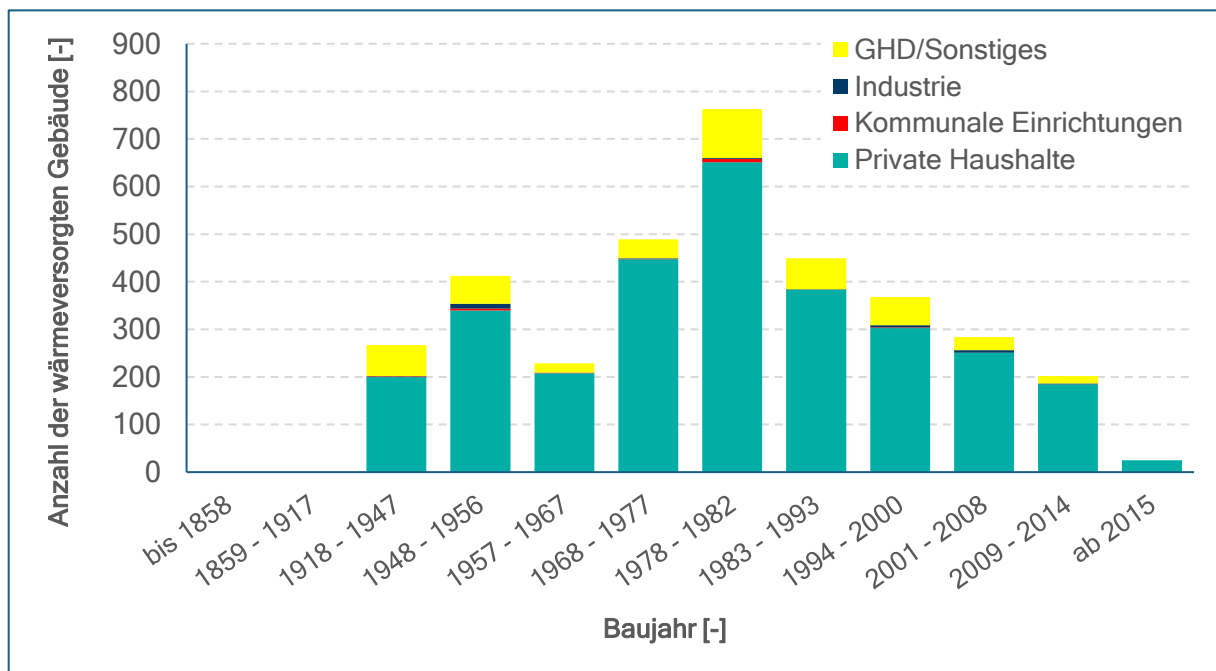


Abbildung 5-8: Anzahl der wärmeversorgten Gebäude (absolute Werte) nach Baualtersklassen & BSKO-Sektoren

Die folgende Abbildung visualisiert den Gebäudebestand nach Baualtersklassen für das betrachtete Projektgebiet. Hierzu wurden die Baualtersklasse von Gebäuden den Baublöcken in den jeweiligen Gebieten zugeordnet. Dargestellt sind Durchschnittswerte. Die Baublöcke mit Gebäude 30 Jahre und älter sind in Rot bis Orange dargestellt und Gebiete mit jüngeren Gebäuden sind in Hellblau bis Blau abgebildet.

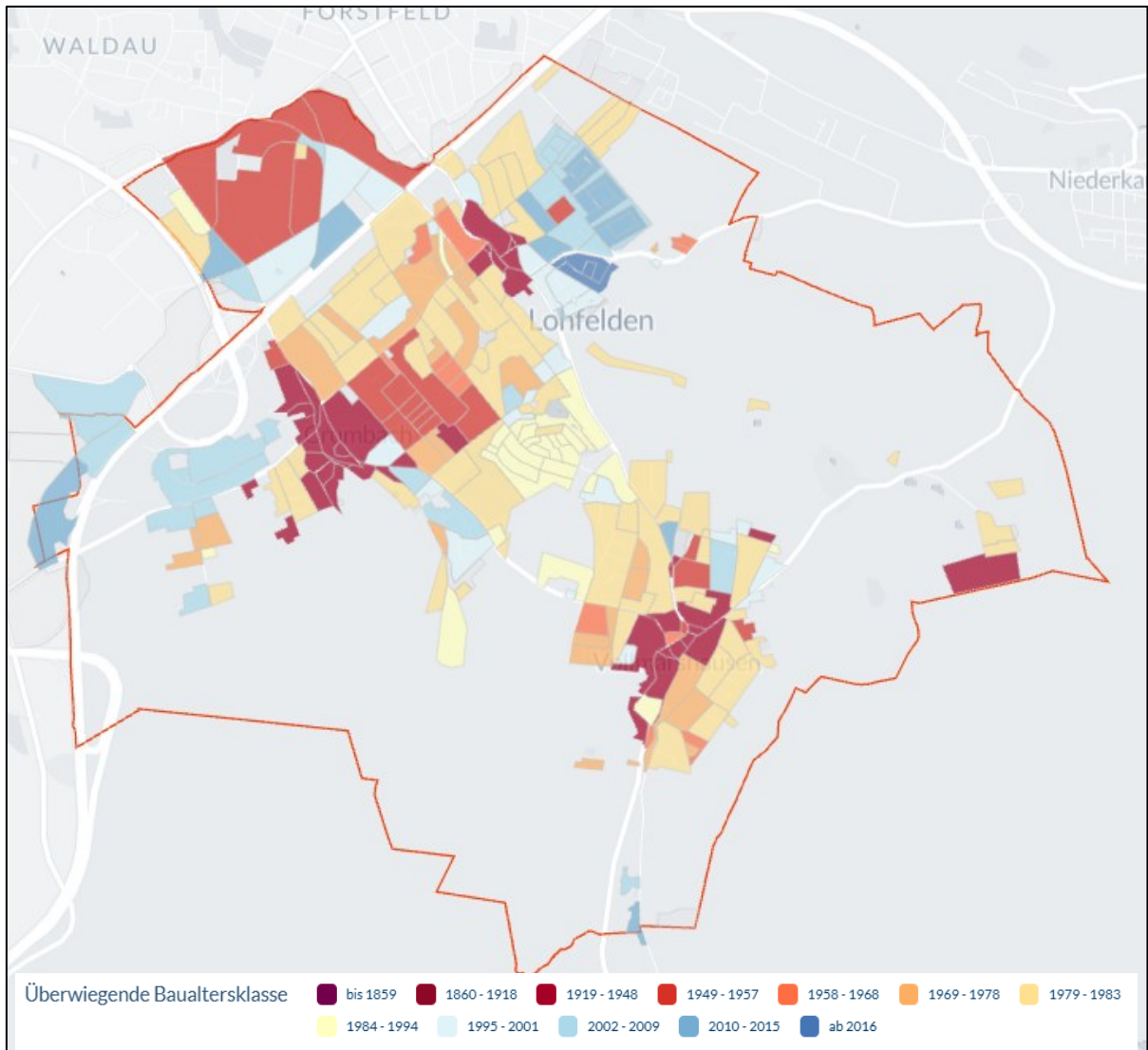


Abbildung 5-9: Baublöcke nach Baualtersklassen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Der Sanierungsstand gibt eine Aussage darüber, ob an einem Gebäude, mit Bezug auf sein Baujahr, Überarbeitungen an den Gebäudebauteilen vorgenommen wurden. Gebäudeteile sind Fassade, Dach, Fenster, untere Geschossdecke, obere Geschossdecke und Lüftung. Gebäude haben eine ursprüngliche Bauteilkonstellation, die sich aus dem Baujahr und dem Gebäudetyp ergibt. Das Gebäude ist in diesem Zustand unsaniert. Im Folgenden wird der Sanierungszustand der Gebäude dargestellt.

In folgender Übersicht ist der berechnete Sanierungszustand in Baublöcken dargestellt, wobei immer der überwiegende Sanierungszustand für den jeweiligen Baublock angezeigt wird.

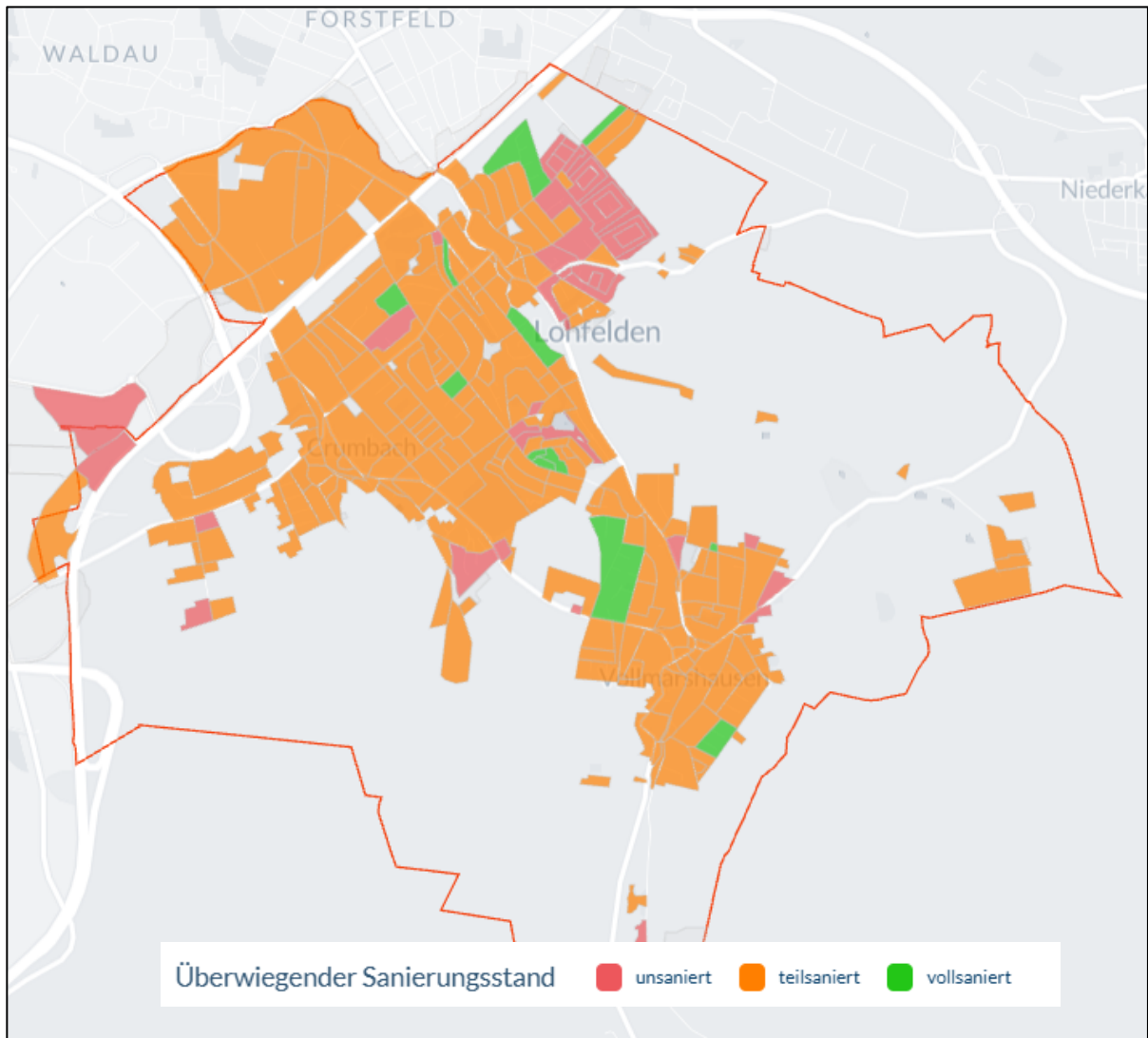


Abbildung 5-10: Sanierungsstand im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

5.4.2 Energieinfrastruktur

Die bestehende Energieinfrastruktur bildet die technische Grundlage für die zukünftige Ausgestaltung der kommunalen Wärmeversorgung und stellt damit einen zentralen Baustein der Wärmeplanung dar. Eine detaillierte Analyse der vorhandenen Netze, Erzeugungsanlagen und Energieeinspeiser ermöglicht die Bewertung der aktuellen Leistungsfähigkeit sowie der strukturellen und räumlichen Entwicklungsoptionen. Dabei werden sowohl leitungsgebundene Infrastrukturen wie Gas-, Strom- und Fernwärmenetze als auch dezentrale Erzeugungsstrukturen berücksichtigt. In der folgenden Abbildung sind alle Versorgungsanlagen abgebildet, die öffentlich zugängliche Koordinaten bereitstellen.

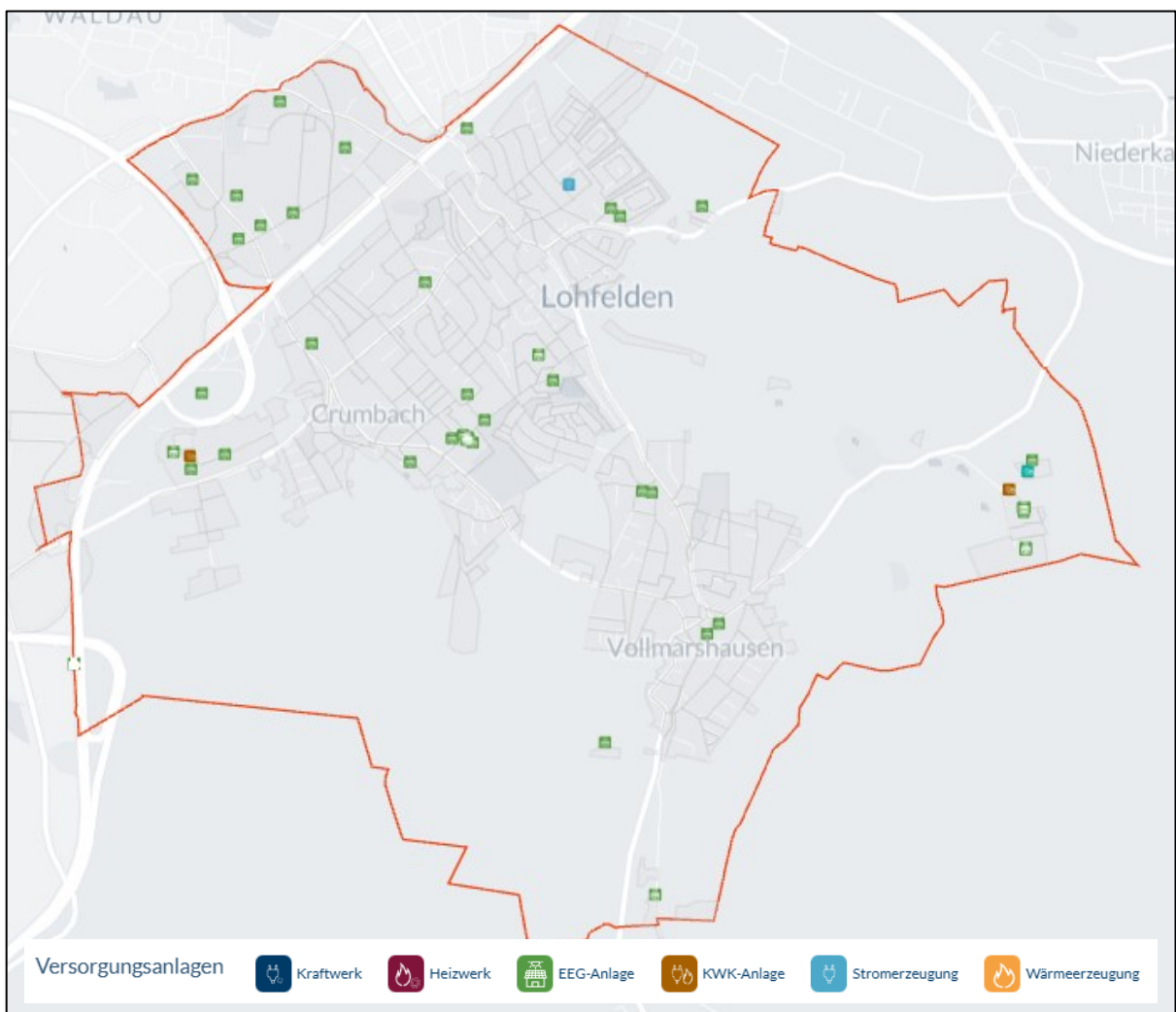


Abbildung 5-11: Energieinfrastruktur im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Da das Marktstammdatenregister nur für bestimmte Anlagentypen wie zum Beispiel Windenergieanlagen, Freiflächen-PV-Anlagen und große KWK- beziehungsweise Stromerzeugungsanlagen mit öffentlichem Interesse die exakte Standortangabe per Koordinaten verlangt, sind viele Kleinanlagen nicht in der obigen Darstellung enthalten.

Die folgende Aufzählung der bestehenden Anlagenstruktur in Lohfelden enthält alle Daten aus dem Marktstammdatenregister, wie bereits im Kapitel „Datenerhebung“ beschrieben. Zum Zeitpunkt des Datenauszugs zu Beginn der Kommunalen Wärmeplanung im Sommer 2025 lagen folgende Anlagen in Lohfelden vor.

- 278 Speicher, davon 277 Batterien und 1 Wasserstoffspeicher mit einer Gesamtspeicherkapazität von 2.223,9 kWh
- 1 elektrische Speicher mit einer Gesamtspeicherkapazität von 10 kWh in Planung
- 11 KWK- / Stromerzeugungseinheiten mit einer Nettonennleistung von 686 kW
- 726 Solareinheiten mit einer Nettonennleistung von 6.949,7 kW
- 4 Solareinheiten mit einer Nettonennleistung von 17,6 kW in Planung

Die Gasnetzinfrastruktur in Lohfelden ist umfassend ausgebaut. Fast alle Ortsteile sind an das Gasnetz angeschlossen. Infolgedessen beziehen 48,7 % der wärmeversorgten Gebäude leitungsgebunden Erdgas. Des Weiteren werden 0,5% der Gebäude mit Strom für Stromdirektheizungen versorgt und 14% der Gebäude mit Strom für Wärmepumpen. In Folge ergibt sich folgende Einteilung:

- Insgesamt 3.488 wärmeversorgte Gebäude
- davon 1.698 mit Erdgas (48,7 %, entspricht 48,8 % des Gesamtverbrauchs)
- davon 4 mit Biogas (0,1 %, entspricht 0,5 % des Gesamtverbrauchs)
- davon 507 Gebäude mit Strom für Heizzwecke (14,5 %, entspricht 4,4 % des Gesamtverbrauchs)
- In Summe 2.209 Gebäude mit leitungsgebundener Wärmeversorgung
- In Summe 1.279 mit leitungsungebundener Wärmeversorgung

5.4.3 Energiebedarf

Ziel der Energiebereitstellung ist es, die umgewandelte Primärenergie aus unterschiedlichen Quellen optimal zu nutzen. Dabei spielt es keine Rolle, ob Wärme, Strom oder Brennstoff als Haupt- oder Nebenprodukt entsteht. Primärenergie umfasst die Energiegehalte der natürlichen Energieträger, die zur menschlichen Energieumwandlung genutzt werden. Durch die Umwandlung dieser Primärenergie in eine standardisierte Form entsteht Sekundärenergie. Am Verbrauchsort steht dann Endenergie zur Verfügung. Wenn diese Endenergie für eine bestimmte Nutzung, wie beispielsweise die Umwandlung in Raumwärme durch eine Heizungsanlage, verwendet wird, spricht man von Nutzenergie.

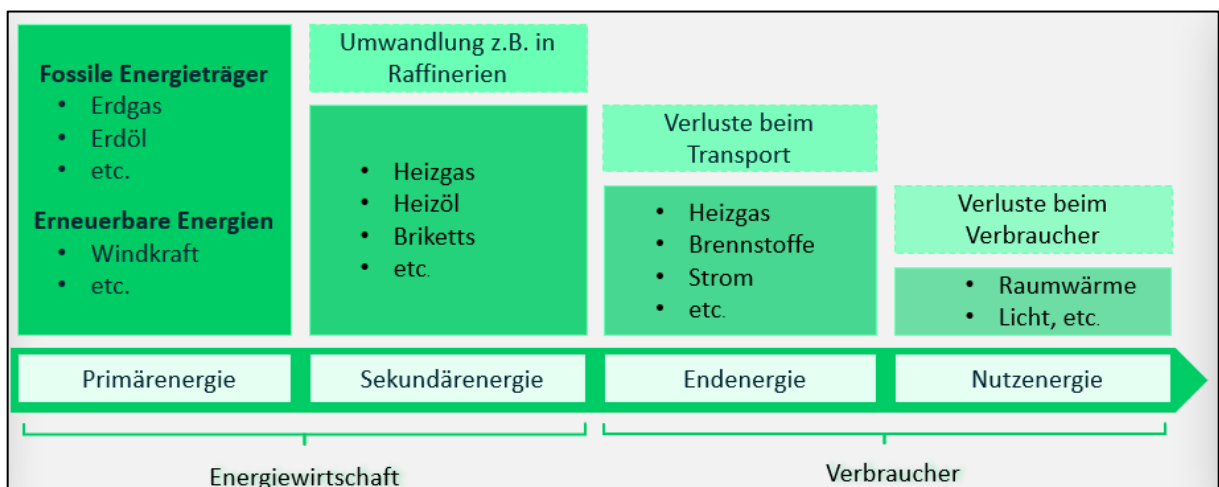


Abbildung 5-12: Energieformen von der Entstehung bis zur Nutzung (Darstellung der Back2B Solution GmbH)

Auf der Erde treten solche Energiequellen in unterschiedlichen Formen als Primärenergie auf. Es kann zum Beispiel nach der Energieart, der Art des Vorkommens, nach der Verfügbarkeit, nach der Konzentration, nach der Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung und nach der Verwertungsmöglichkeit unterschieden werden. Zu benennen sind insbesondere: Fossile Brennstoffe, wie Braunkohle, Steinkohle, Torf, in flüssiger Form als Erdöl und gasförmig als Erdgas und seit einiger Zeit auch regenerative Energien. Diese Energieformen gilt es, unter Einsatz eines möglichst großen Wirkungsgrades, umzuwandeln und verlustarm weiterzuverwenden.

Diese Weiterverwendung kann beispielsweise in Feuerungsanlagen erfolgen, wie es zum Großteil heute in Lohfelden stattfindet. Feuerungen sind Einrichtungen, in denen die chemisch gebundene Energie der zuvor erwähnten Brennstoffe durch Verbrennung freigesetzt wird. In der Regel sind sie in Kesseln zur Wassererwärmung oder Dampferzeugung integriert. Je nach Verwendungszweck der freigesetzten Energie besteht das Ziel darin, einen möglichst hohen Heizwert auf einem bestimmten Temperaturniveau zu erreichen. Energieverluste können minimiert werden, indem nicht verbrannter Brennstoff, unvollständige Verbrennung, Wärmeverluste durch Strahlung, Leitung und Konvektion sowie Abgasverluste möglichst geringgehalten werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Brennstoffe, ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften sowie der Art, Größe und Betriebsweise der Anlagen mit Feuerungen wurden verschiedene Varianten entwickelt (DITTMANN & ZSCHERNIG 1998).

Neben der Unterscheidung von Primär-, Sekundär-, End- und Nutzenergie sind die Begriffe Energiebedarf und Energieverbrauch für die folgenden Darstellungen relevant.

Der Energiebedarf beschreibt die Menge an Energie, die rechnerisch für die Realisierung bestimmter Prozesse ermittelt wird. Energie kann dabei in verschiedenen Einheiten gemessen werden. In der vorliegenden Arbeit werden die Einheiten Kilowattstunden (kWh), Megawattstunden (MWh) oder Gigawattstunden (GWh) genutzt. Der Energieverbrauch hingegen bezieht sich auf die tatsächlich verbrauchte oder besser ausgedrückt, der tatsächlich genutzten Energiemenge während eines bestimmten Zeitraums. Er wird durch Messungen erfasst und kann von dem vorher berechneten Energiebedarf abweichen, je nachdem, wie stark das Nutzungsverhalten von der Norm abweicht und nicht einkalkulierte Effizienzverluste oder unvorhergesehene Ereignisse in den realen Verbrauchsmessungen enthalten sind.

In der folgenden Darstellung ist der Energiebedarf für Wärme und Warmwasser des gesamten Projektgebietes, aufgeteilt nach Nutzenergie und Endenergie, dargestellt.

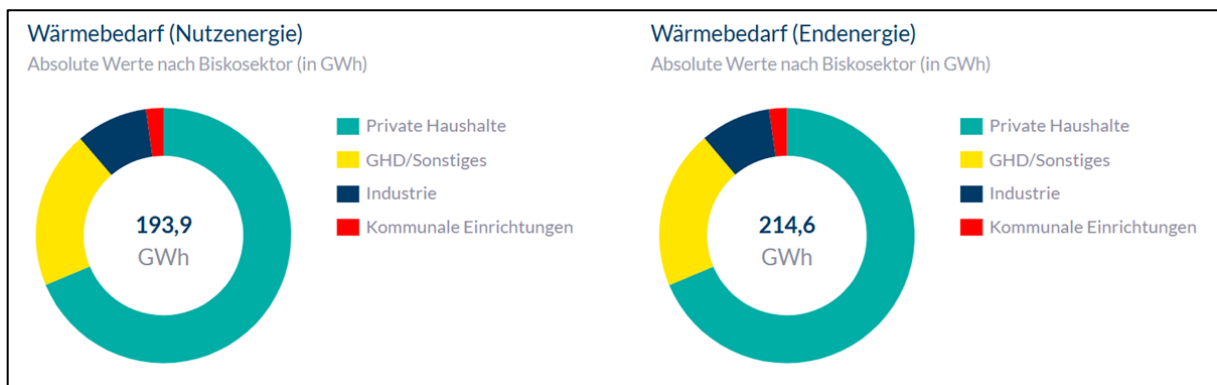


Abbildung 5-13: Wärmebedarf (Nutzenergie & Endenergie) nach BSKO-Sektoren (interne Berechnungen)

Werden die Gebäude nach Versorgungsart aufgeteilt, ergibt sich folgende Übersicht.

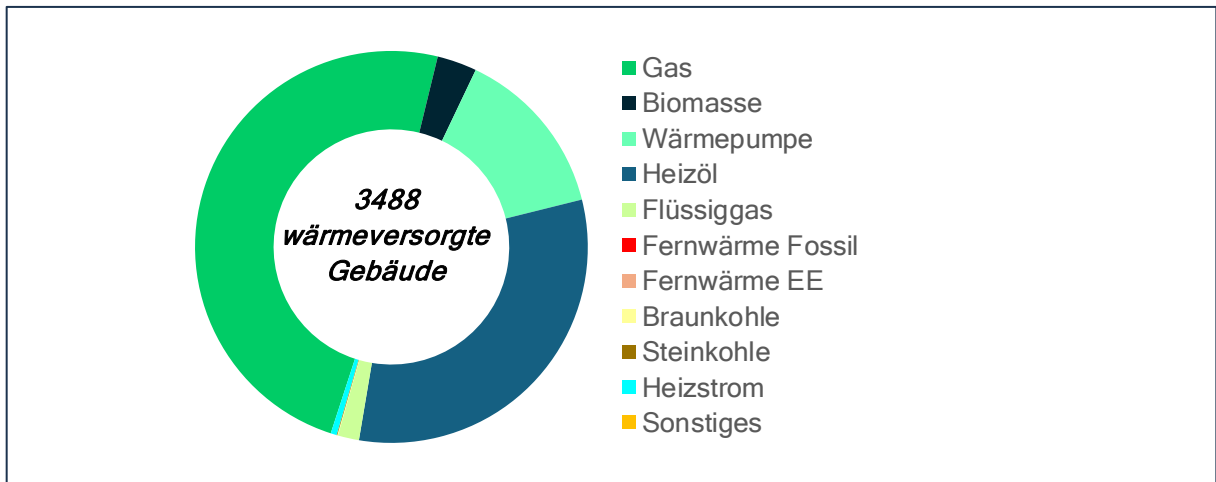


Abbildung 5-14: Einteilung der Gebäude nach Versorgungsart (interne Berechnungen)

Wenn der Endenergiebedarf für Lohfelden in Form einer Heatmap aufgetragen wird, ergibt sich das folgende Bild:

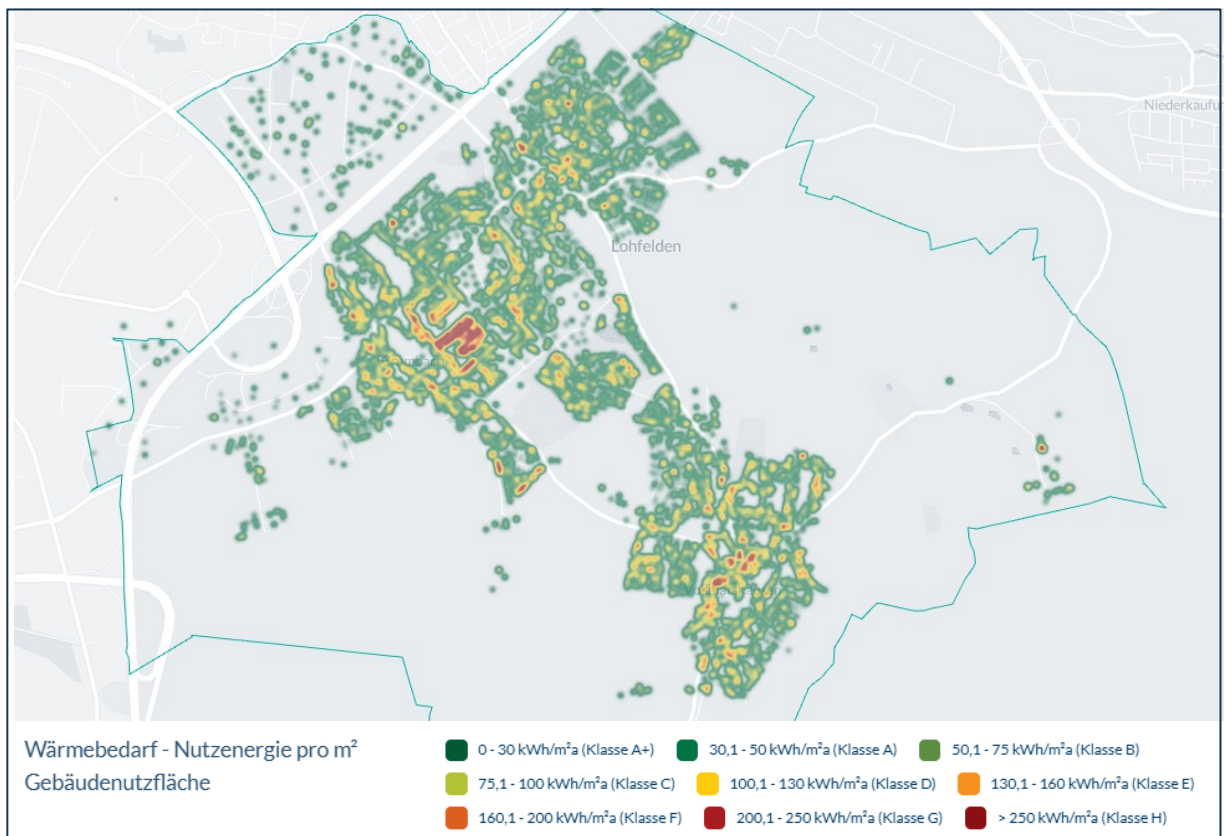


Abbildung 5-15: Heatmap (Wärmebedarf, Nutzenergie, interne Berechnungen)

Entsprechend der Heatmap ergeben sich, in Kombination mit den Verbrauchswerten, Hinweise zur Wärmenetzeignung, die in dem Kapitel der Quartierseinteilung verarbeitet wurden. Die Darstellung des Wärmebedarfs pro Meter Straßenabschnitt wurde ebenso verarbeitet und zur Quartierseinteilung genutzt.

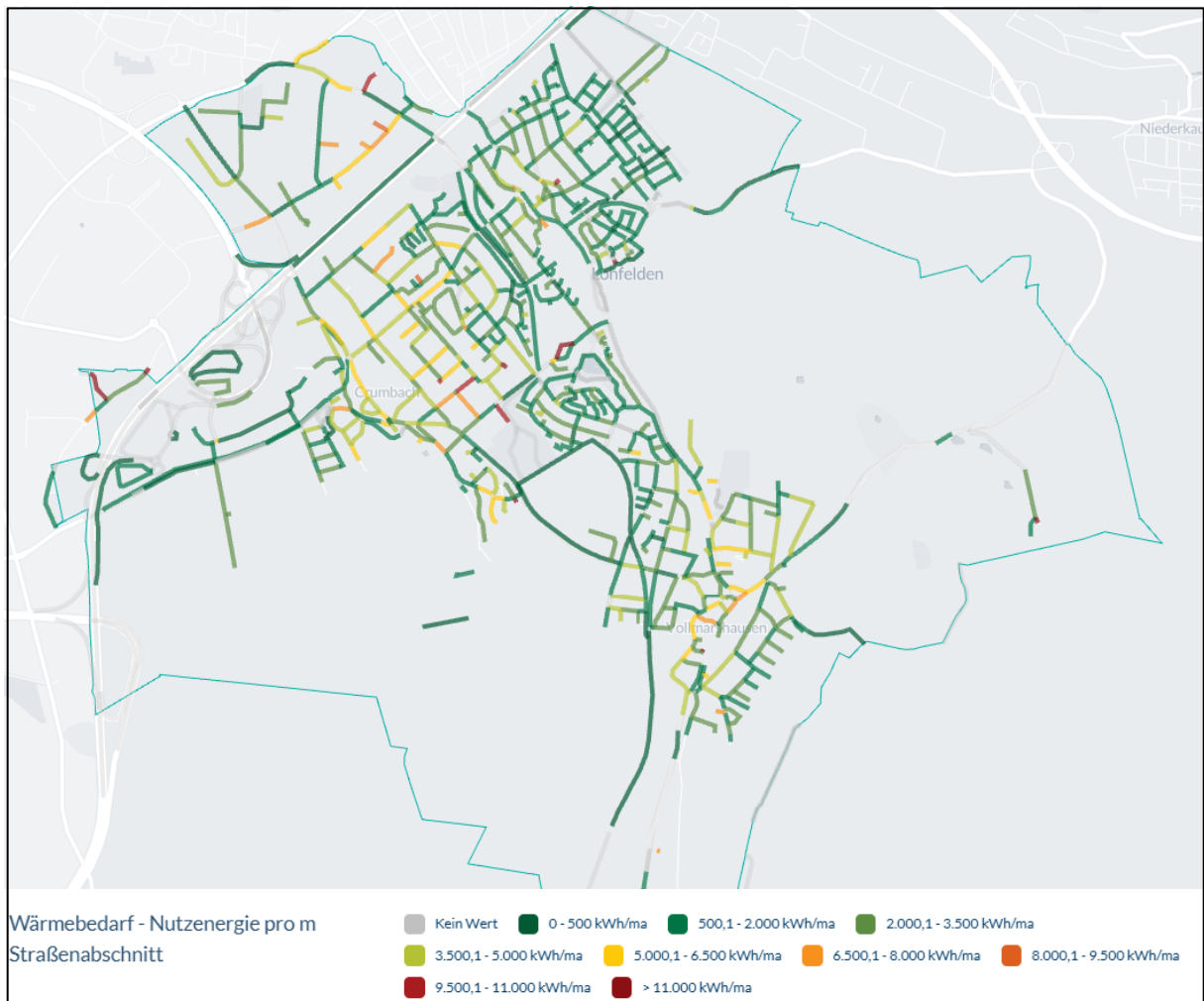


Abbildung 5-16: Wärmebedarf (Nutzenergie) pro Meter Straßenabschnitt (interne Berechnungen)

Für das gesamte Projektgebiet ergibt sich folgende Einteilung des Wärmebedarfs nach Baublöcken für die Nutzenergie.

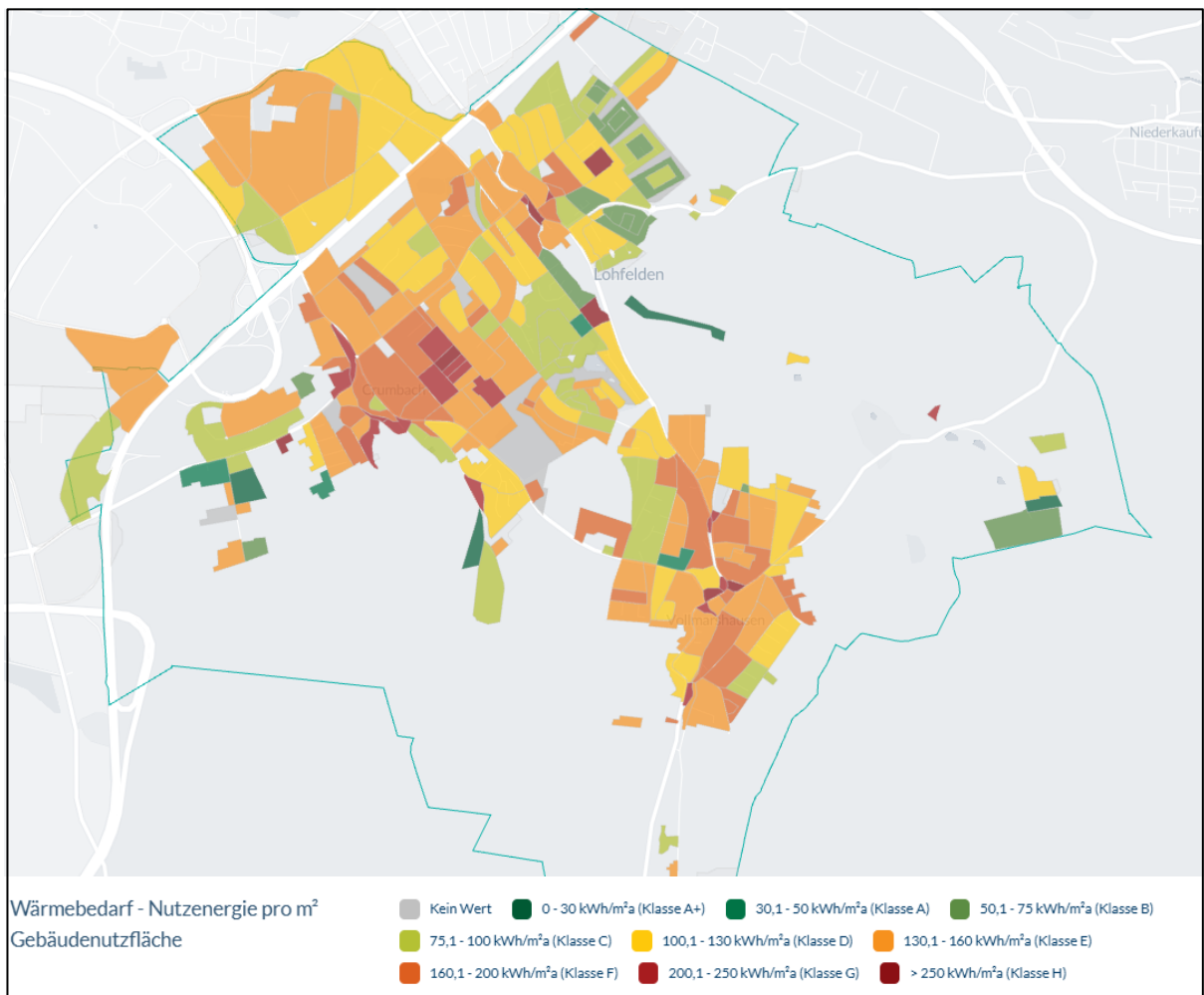


Abbildung 5-17: Baublockbezogene Darstellung des Wärmebedarfs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Wird der Wärmebedarf in eine Wärmedichte transformiert, ergibt sich folgende, baublockbezogene Darstellung. Diese wird im weiteren Verlauf um weitere Faktoren ergänzt, um eine für Wärmenetze relevante Wärmedichte abzubilden.

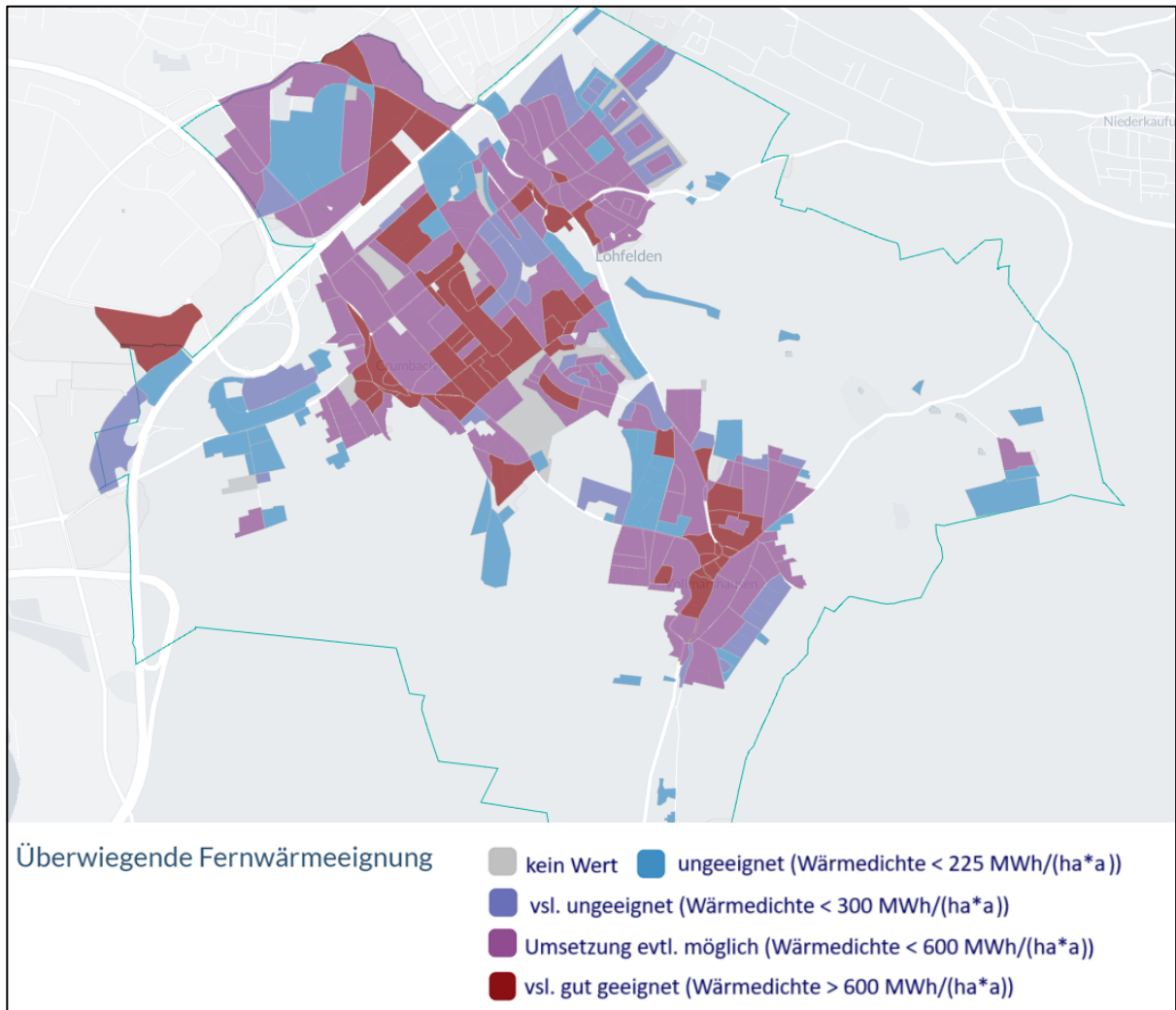


Abbildung 5-18: Baublockbezogene Darstellung der Wärmedichte (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

5.4.4 Energieverbrauch

Die für die Beurteilung der Ausgangslage auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung maßgeblichen Faktoren sind die im Bereich Wärme genutzten Endenergieträger und der Endenergieverbrauch. Das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung besteht darin, fossile Energieträger, die erhebliche Emissionen verursachen, durch perspektivisch emissionsfreie Alternativen zu ersetzen. Für diese Aufgabe ist es essenziell herauszuarbeiten, wie sich die aktuellen Energieträger zusammensetzen.

An dieser Stelle sei explizit darauf hingewiesen, dass der Begriff „Energieverbrauch“, obwohl dieser weitverbreitet ist und sogar in Gesetzestexten Verwendung findet, sowohl technisch als auch wissenschaftlich nicht korrekt ist. Energie kann lediglich umgewandelt, aber nicht verbraucht werden. Trotzdem werden im vorliegenden Bericht die Begriffe verwendet, da zum einen die Begriffe in Gesetzestexten vorgegeben sind und somit die Zuordnung der Inhalte leichter fällt und zum anderen die Begriffe in den allgemeinen Sprachgebrauch Einzug erhalten haben und somit das Verständnis leichter fällt. Nach der Aufnahme und Verarbeitung aller Verbrauchs- und Schornsteinfegerdaten ergeben sich die folgenden Endenergieverbräuche für Wärme.

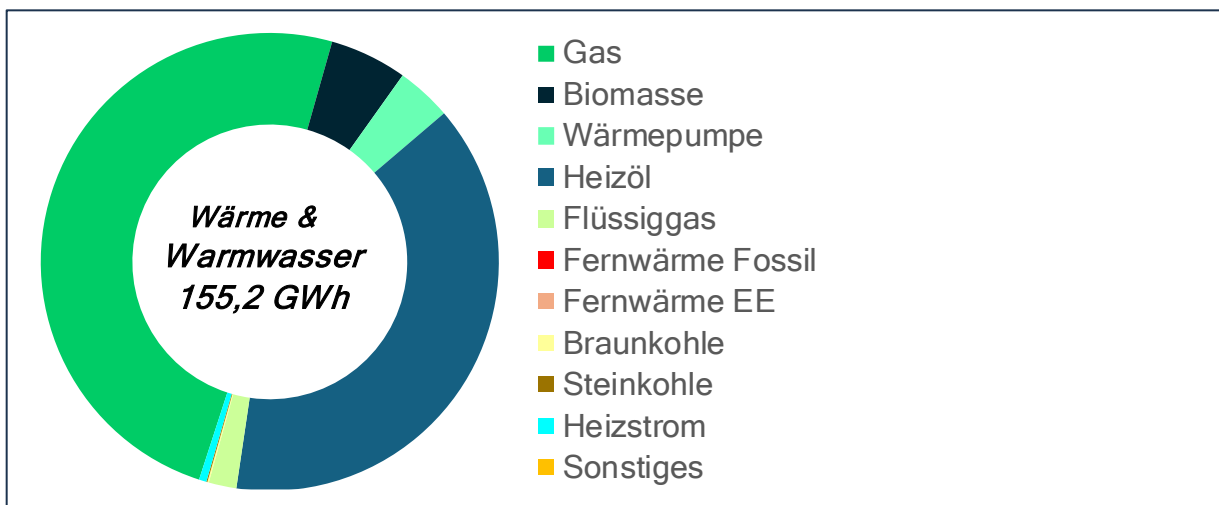


Abbildung 5-19: Wärmeverbrauch (Endenergie) nach Energieträgern (interne Berechnungen)

Die dargestellten 155,2 GWh/a entsprechen 11,19 MWh/a pro Einwohner/inn und 103,5 kWh/a pro m² Gebäudenutzfläche. Zusätzlich wird der Verbrauchswert klimabereinigt. Der klimabereinigte Verbrauch im Projektgebiet beträgt 181,9 GWh/a.

Die Klimabereinigung von Verbrauchswerten ist ein Verfahren, das darauf abzielt, den Einfluss von klimatischen Bedingungen auf den Heizenergieverbrauch zu berücksichtigen und zu neutralisieren. Dies ist wichtig, um den tatsächlichen Energieverbrauch unabhängig von den jährlichen Wetterbedingungen zu bewerten und zu vergleichen. Unterschiedliche Jahre und unterschiedliche Standorte in Deutschland haben unterschiedliche klimatische Bedingungen, die eine Vergleichbarkeit und Objektivierung der Werte erschweren. Der Einfluss eines milden oder strengen Winters auf die Verbrauchsdaten ist beispielsweise signifikant.

Um infolgedessen die Verbrauchswerte mit den normierten Anforderungen aus der Bedarfsberechnung vergleichen zu können, wurde eine Klimabereinigung durchgeführt.

Die Berechnung erfolgt auf Basis der Regel-Heizgradtage (RHDD), welche die Differenz zwischen der Raumtemperatur und der Außentemperatur an den Tagen mit Heizbedarf erfassen. Für jeden Tag unterhalb der Heizgrenztemperatur wird die Temperaturdifferenz zur Raumtemperatur bestimmt und über alle Heiztage aufsummiert. Aus den unterschiedlichen RHDD-Werten lässt sich ein Klimakorrekturfaktor ableiten, der anschließend auf die gemessenen Verbrauchswerte angewendet wird, um diese witterungsbereinigt vergleichbar zu machen.

Infolgedessen ergibt sich ein Gesamtenergiebedarf von 214,6 GWh/a, dem ein ermittelter und klimabereinigter Gesamtenergieverbrauch von 181,9 GWh/a gegenübersteht. In jeder Gemeinde ist ein energetisch relevanter Leerstand bei wärmeversorgten Gebäuden vorhanden. Selbst in Großstädten und angespannten Mietmärkten, wie beispielsweise München, beträgt die Leerstandsquote mindestens 2%. Die dadurch bedingten Minderverbräuche sind in den realen Verbrauchsdaten enthalten, jedoch nicht im Wärmebedarf berücksichtigt. Für die Gemeinde Lohfelden wird der Einfluss des Leerstands auf den Energieverbrauch auf etwa 5,9 bis 9,6 GWh/a im Wohnbereich und auf 4,3 bis 8,7 GWh/a im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen geschätzt. Weitere Einflussfaktoren, die Abweichungen zwischen berechnetem Wärmebedarf und realem Verbrauch verursachen können, umfassen:

- Ferienvermietungen von Wohngebäuden, wodurch der Nutzungsgrad reduziert wird
- Mess- und Erfassungsabweichungen der Verbrauchsdaten, beispielsweise durch Ablesefehler
- Differenzen bei den nach DIN V 18599 berechneten internen und solaren Wärmegewinnen
- Abweichungen bei den nach DIN/TS 18599-12:2021-04 ermittelten Anlagenaufwandszahlen der Wärmeversorgungssysteme
- Abweichungen bei der Wärmebedarfsbilanzierung nach DIN V 18599 in Bezug auf die Innenraumtemperaturen
- Unterschiede bei den Transmissionswärmeverlusten aufgrund abweichender U-Werte der verbauten Bauteile
- Abweichungen beim nach DIN V 18599 modellierten Lüftungsverhalten

Auf diese Weise lassen sich die Abweichungen sowohl technisch als auch inhaltlich nachvollziehbar darstellen. Die gewonnenen Ergebnisse können somit fundiert weiterverarbeitet werden.

Der gesamte Wärmeverbrauch in der Gemeinde wird in der folgenden Darstellung baublockbezogen aufgezeigt.

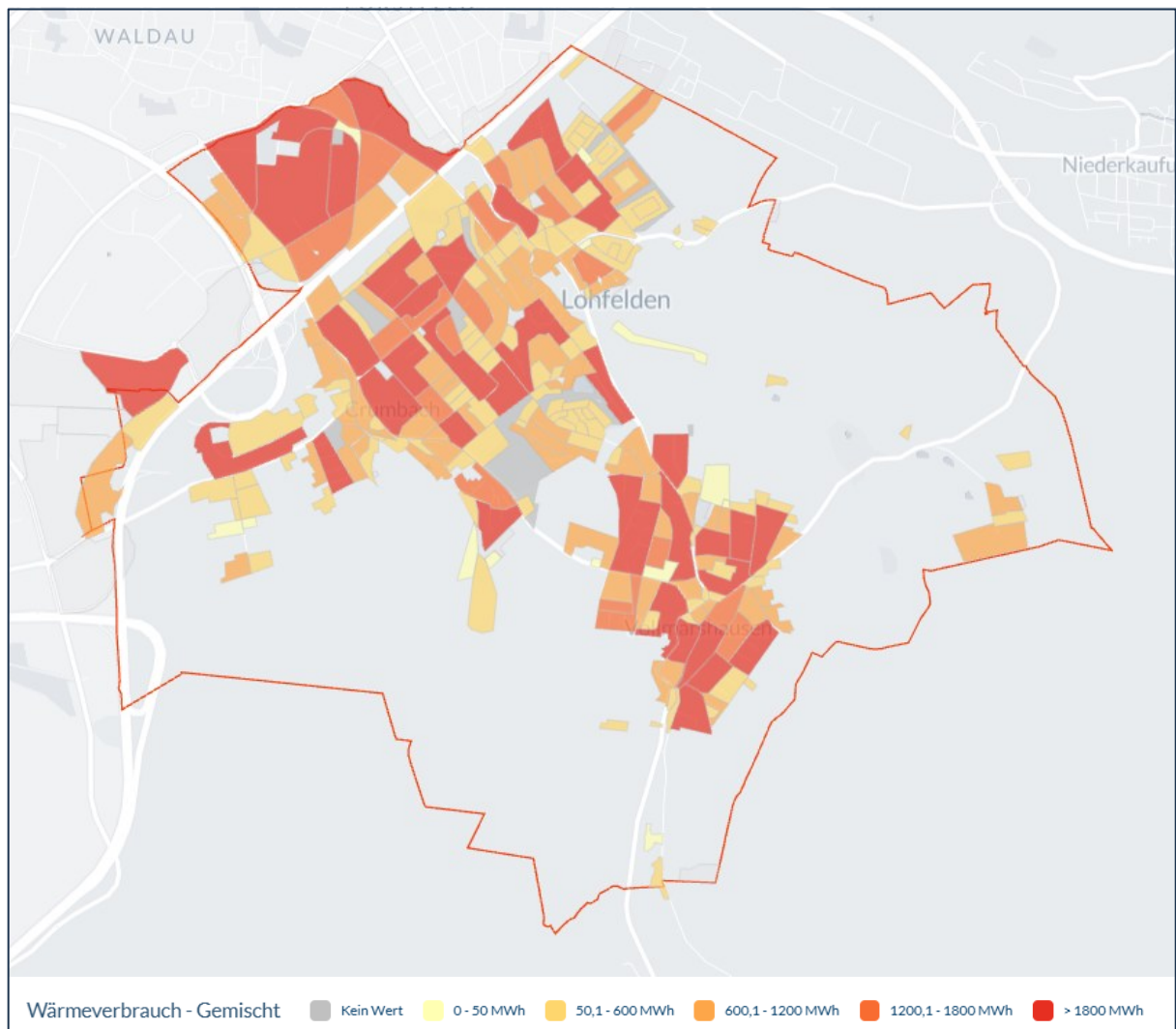


Abbildung 5-20: Baublockbezogene Darstellung des Wärmeverbrauchs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Dabei wird der Wärmeverbrauch in der Gemeinde mit folgenden Energieträgern gedeckt.

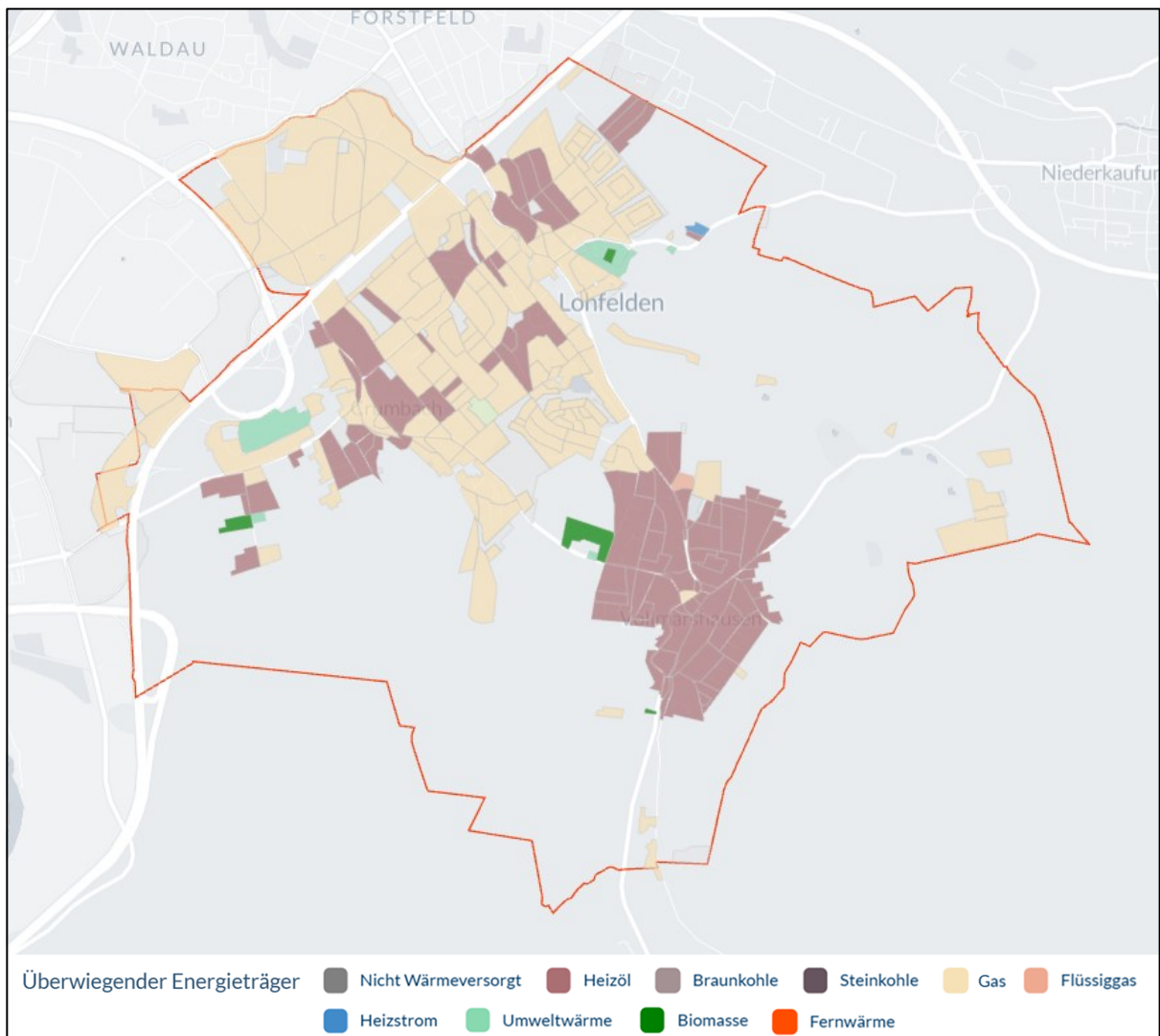


Abbildung 5-21: Baublockbezogene Darstellung der Energieträger (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

5.4.5 Heutige Endenergie- und Treibhausgasbilanz

Abschließend soll in der Bestandsanalyse die heutige Endenergie- und Treibhausgasbilanz für den Wärmesektor dargestellt werden.

Die Endenergiebilanz zeigt die Menge an Sekundärenergie, die den Endverbrauchern zur Verfügung steht, nachdem alle Umwandlungs- und Übertragungsverluste berücksichtigt wurden. Für den Sektor Wärme wird in folgender Auflistung der Endenergieverbrauch nach Energieträgern in absoluten Zahlen sowie anteilig dargelegt:

- Erdgas: 75,8 GWh/a (Anteil 48,8 %)
- Biogas: 0,8 GWh/a (Anteil 0,5 %)
- Heizöl: 59,9 GWh/a (Anteil 38,6 %)
- Biomasse: 8,5 GWh/a (Anteil 5,5 %)
- Wärmepumpe: 6,1 GWh/a (Anteil 3,9 %)
- Flüssiggas: 3,0 GWh/a (Anteil 2,0 %)
- Heizstrom: 0,8 GWh/a (Anteil 0,5 %)
- Braunkohle: 0,2 GWh/a (Anteil 0,1 %)
- Steinkohle: 0,1 GWh/a (Anteil 0,1 %)

Grafisch aufbereitet ergibt sich folgende Endenergiebilanz.

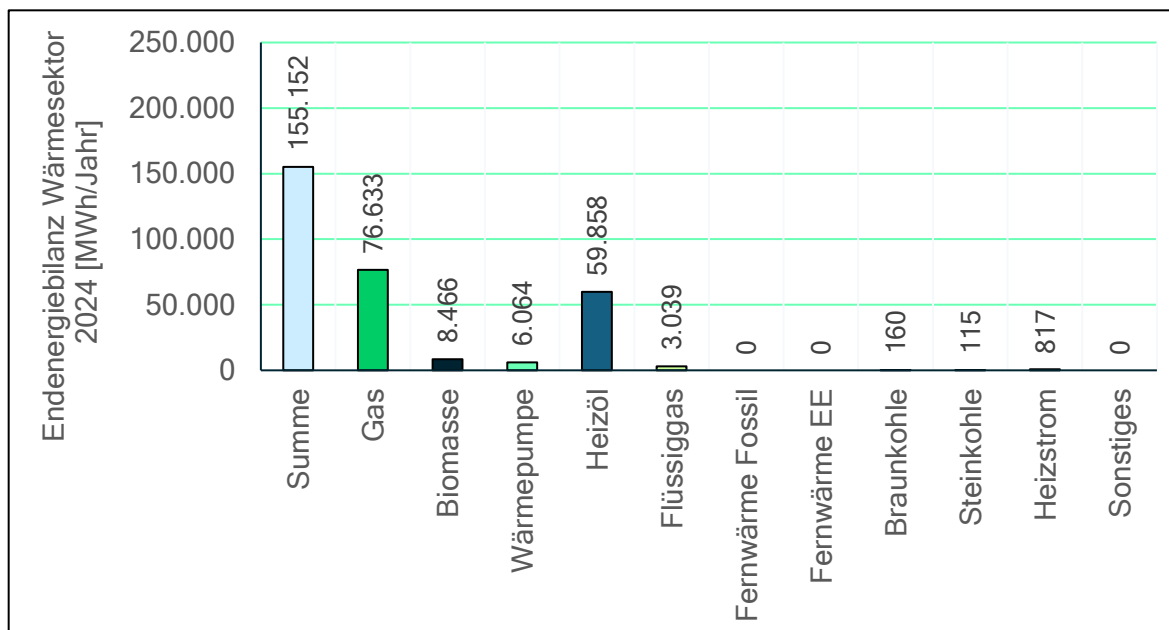


Abbildung 5-22: Energiebilanz Wärme (interne Berechnungen)

In Folge der Energiebilanz kann der Endenergieverbrauch für Wärme in leitungsgebundener und -ungebundener Wärmeversorgung eingeteilt werden:

- Leitungsgebunden: 83,5 GWh/a (Anteil: 53,8 %)
- Leitungsungebunden: 71,7 GWh/a (Anteil: 46,2 %)

Die Aufteilung des Endenergieverbrauchs für die Wärmeversorgung der Gemeinde Lohfelden nach BSKO-Sektoren ergibt sich wie folgt:

- Private Haushalte: 108 GWh/a (Anteil 69,6 %)
- Gewerbe, Handel & Dienstleistungen und Sonstiges: 36,6 GWh/a (Anteil 23,6 %)
- Kommunale Einrichtungen: 1,8 GWh/a (Anteil 1,2 %)
- Industrie: 8,8 GWh/a (Anteil 5,7 %)

Auf Basis der Energiebilanz wird im Folgenden die Treibhausgasbilanz erstellt.

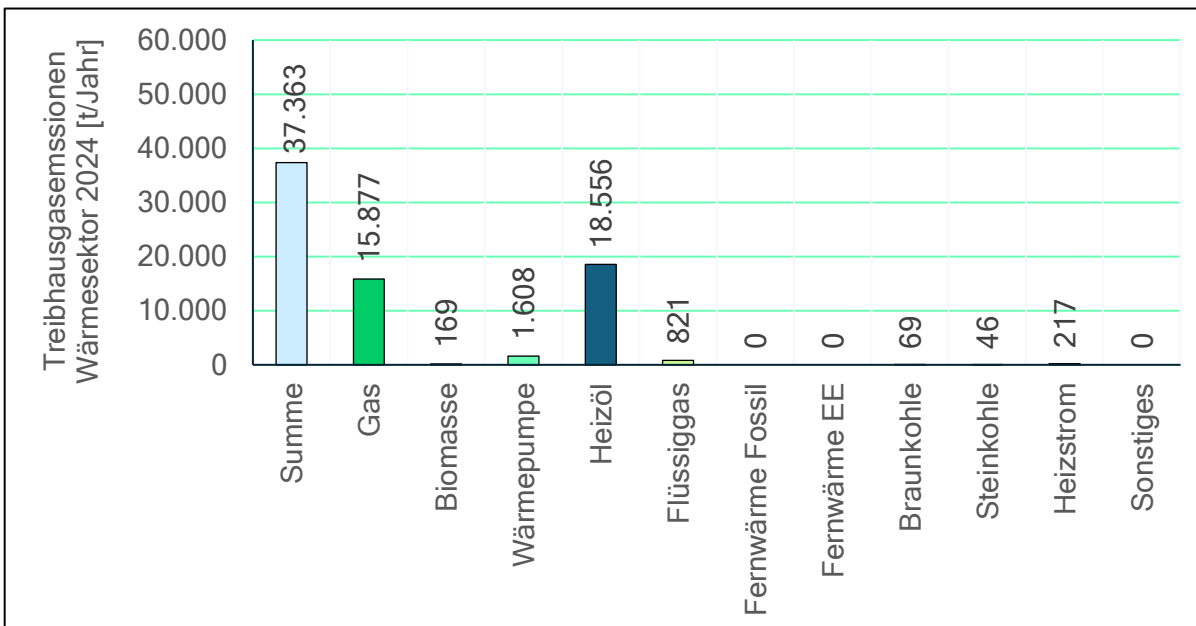


Abbildung 5-23: Treibhausgasbilanz Wärme (interne Berechnungen; BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020; STATISTA 2024; UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024; AGFW 2021; PROGNOSE, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021; AGORO, PROGNOSE & CONSENTEC 2022)

Weiterführend soll beschrieben werden, was das Treibhausgasäquivalent bedeutet. Dies ist eine Maßeinheit, die verwendet wird, um die Wirkung verschiedener Treibhausgase auf die Erderwärmung zu vergleichen. Es basiert auf dem Global Warming Potential, das die Wärmespeicherfähigkeit eines Gases über einen bestimmten Zeitraum, meist 100 Jahre, im Vergleich zu Kohlenstoffdioxid (CO₂) misst. Das Kohlenstoffdioxid-Äquivalent ist die gebräuchlichste Form des Treibhausgasäquivalents und wird auch in der vorliegenden Arbeit verwendet. Es gibt an, wie viel CO₂ erforderlich wäre, um die gleiche Erwärmungswirkung zu erzielen wie eine bestimmte Menge eines anderen Treibhausgases. Zum Beispiel hat Methan (CH₄) über 100 Jahre ein Global Warming Potential von etwa 25, was bedeutet, dass 1 Tonne Methan die gleiche Erwärmungswirkung hat wie 25 Tonnen CO₂. Durch die Verwendung eines Treibhausgasäquivalents können Wissenschaftler und Politiker die Gesamtauswirkungen unterschiedlicher Treibhausgase auf das Klima besser vergleichen, da die Klimaauswirkung in einer Zahl zusammengefasst wird.

Diese Zahl wird in der Treibhausgasbilanz in Tonnen CO₂ pro Jahr dargestellt und mit Emissionsfaktoren ermittelt, die für alle Energieträger verfügbar sind. Diese Emissionsfaktoren geben für alle Energieträger an, wie viel Gramm Kohlenstoffdioxid pro kWh Endenergie emittiert werden. Mit der Berechnung des Treibhausgasausstoßes in Summe für das gesamte Projektgebiet, wird im Folgenden noch abschließend dargestellt, wie sich diese Emissionen über die bereits bekannten Baublöcke verteilen.

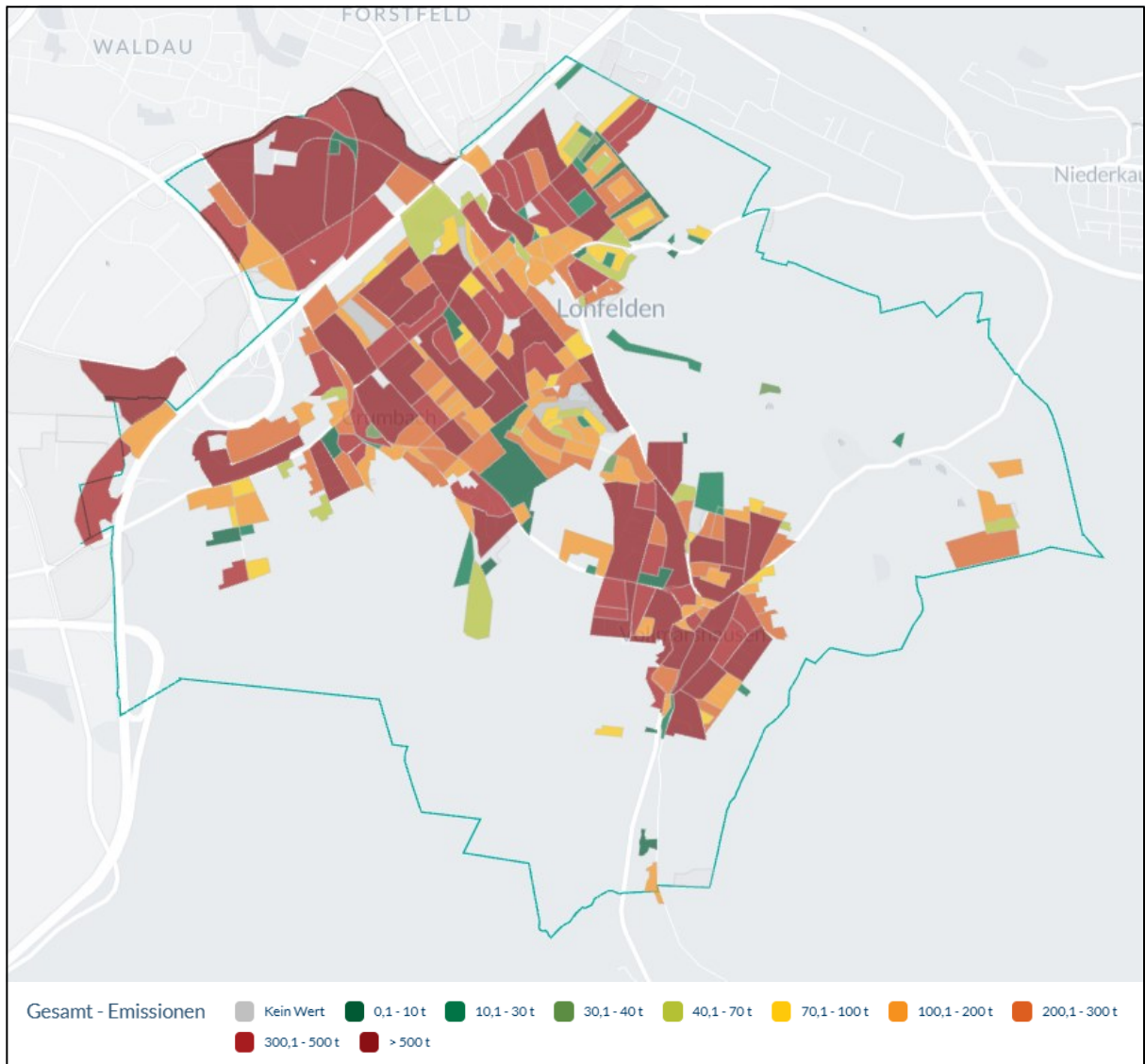


Abbildung 5-24: Baublockbezogene Darstellung der THG-Emissionen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Mit Abschluss der Bestandsanalyse sollen im folgenden Kapitel die Potenziale im Projektgebiet untersucht und dokumentiert werden.

6 Potenzialanalyse

Erneuerbare Energien sind unverzichtbar für die nachhaltige Entwicklung und die Umstellung auf eine kohlenstoffarme Wärmeversorgung. Die fortlaufende Nutzung fossiler Brennstoffe hat signifikante negative Auswirkungen auf die Umwelt und trägt maßgeblich zum Klimawandel bei. Erneuerbare Energien bieten eine Alternative, die es ermöglicht, die Treibhausgasemissionen erheblich zu reduzieren und gleichzeitig eine zuverlässige Energieversorgung sicherzustellen. In der Gegenwart sind erneuerbare Energien ein zentraler Bestandteil der globalen Energiepolitik und eine wesentliche Komponente in den Bemühungen zur Bekämpfung des Klimawandels. Der technologische Fortschritt und die sinkenden Kosten haben es ermöglicht, dass erneuerbare Energien wie Windkraft, Solarenergie, Biomasse und Geothermie zunehmend wirtschaftlich wettbewerbsfähig sind. In einigen Teilen der Welt sind diese Energiequellen bereits kostengünstiger als fossile Brennstoffe. Für die Zukunft bieten erneuerbare Energien die Möglichkeit, die Energieversorgung weiter zu dekarbonisieren, eine nachhaltige Entwicklung zu fördern und sich zunehmend unabhängig von Energieimporten zu machen. Die internationale Gemeinschaft hat sich ambitionierte Ziele gesetzt, wie zum Beispiel die im Pariser Abkommen festgelegte Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau. Erneuerbare Energien spielen dabei eine Schlüsselrolle, da sie unerschöpflich sind und geringere Umweltauswirkungen haben. Neben der Deckung des Bedarfs an Energie aus erneuerbaren Quellen ist es ebenso wichtig, den Energiebedarf an sich zu senken. Jede eingesparte Kilowattstunde an Energie braucht nicht transformiert zu werden. Um die ambitionierten und notwendigen Ziele zur Dekarbonisierung zu erreichen, sind Maßnahmen beim Verbrauch und bei der Bereitstellung umzusetzen. Im Folgenden wird zunächst die Reduktion der benötigten Energie betrachtet. Diese Analyse baut auf der Bevölkerungsentwicklung im Projektgebiet auf.

6.1 Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerungsentwicklung einer Kommune kann signifikanten Einfluss auf den prognostizierten Endenergieverbrauch haben. Wenn die Bevölkerung wächst, steigt tendenziell auch der Energiebedarf. Dies ist auf den erhöhten Bedarf an Wohnraum, Verkehrsinfrastruktur, Gewerbe sowie öffentlichen Einrichtungen zurückzuführen. Mehr Menschen bedeuten mehr Haushalte, die geheizt und mit Strom versorgt werden müssen, sowie einen erhöhten Bedarf an Mobilität und Dienstleistungen. Umgekehrt kann eine schrumpfende Bevölkerung den Energieverbrauch reduzieren. Dies kann jedoch auch Herausforderungen mit sich bringen, wie die ineffiziente Nutzung vorhandener Infrastruktur, neben den möglichen wirtschaftlichen Konsequenzen für die Kommune.

In Lohfelden ergibt sich bei der Bevölkerungsentwicklung eine negative Tendenz.

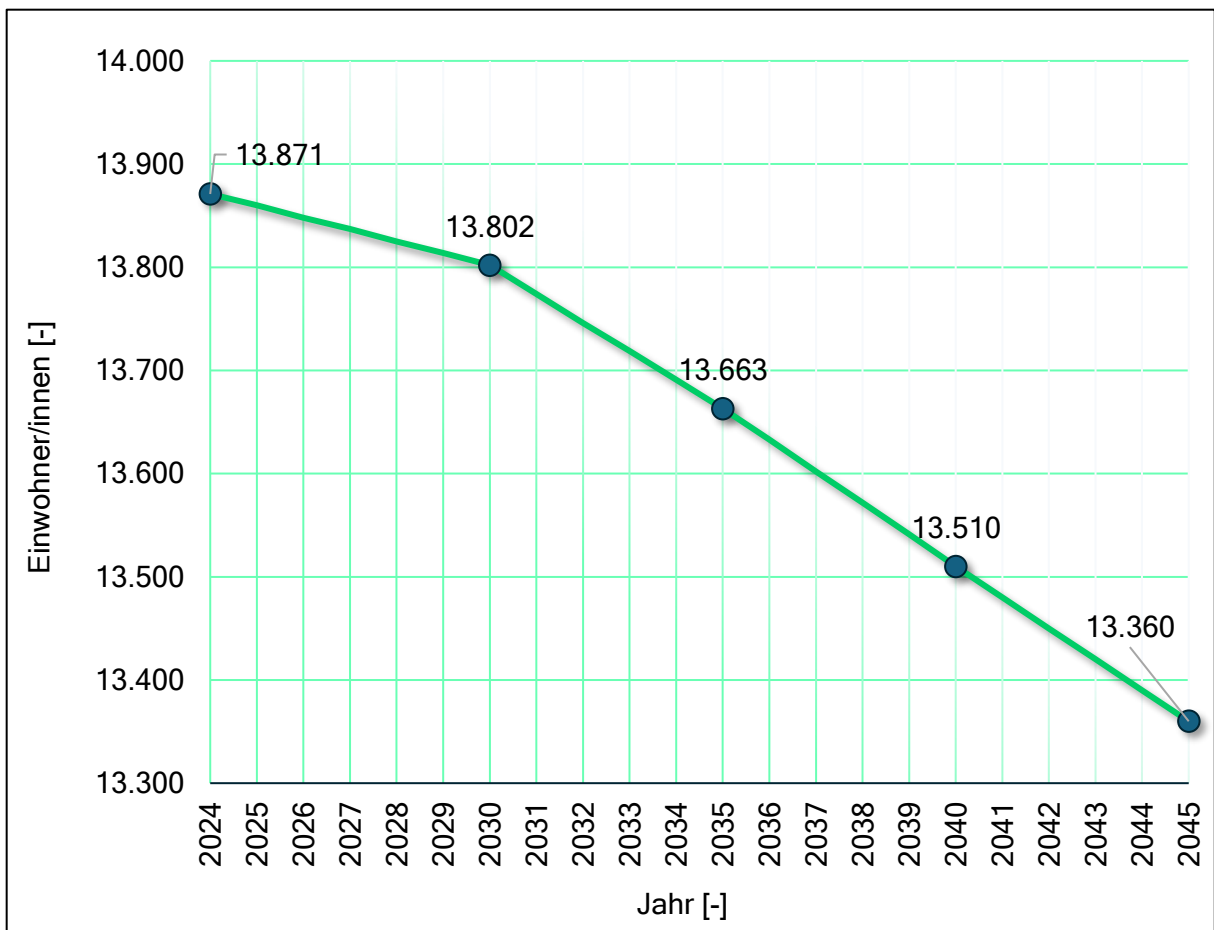


Abbildung 6-1: Bevölkerungsentwicklung Lohfelden

Eine Verringerung der Bevölkerungszahl führt in der Folge zu einem Rückgang des Endenergieverbrauchs in den Wärme- und Stromsektoren. Da jedoch nicht prognostiziert werden kann, in welchen Gebieten und in welchen Gebäuden der Bevölkerungsrückgang auftreten wird, wurde zur Kalkulation des Einflusses auf das Projektgebiet der spezifische Endenergieverbrauch pro Einwohner im Sektor private Haushalte ermittelt und entsprechend angewendet.

| Einfluss auf Endenergieverbrauch durch Bevölkerungsentwicklung | | |
|--|-----------|---|
| Jahr | Einwohner | Veränderung des Endenergieverbrauch für Wärme, Warmwasser und Strom im Vergleich zum Absprungjahr |
| [-] | [-] | [GWh/Jahr] |
| 2030 | 13.802 | -0,61 |
| 2035 | 13.663 | -1,82 |
| 2040 | 13.510 | -3,17 |
| 2045 | 13.360 | -4,48 |

Tabelle 6-1: Einfluss auf den Endenergieverbrauch durch die Bevölkerungsentwicklung (interne Berechnung)

Zu Beginn der Wärmeplanung im April 2025 wohnten 13.871 Einwohner/innen in Lohfelden. Die erwartete Reduzierung bis 2045 beträgt demnach 511 Bürger/innen, mit einem eingesparten Endenergieverbrauch von 4,48 GWh pro Jahr.

6.2 Sanierungspotenzial

Der Sanierungsstand eines Gebäudes ist ein bedeutender Indikator für den energetischen Zustand und den Modernisierungsgrad der baulichen Strukturen. Er gibt Auskunft darüber, ob und in welchem Umfang an einem Gebäude bauliche Überarbeitungen vorgenommen wurden, insbesondere im Hinblick auf das Baujahr und den ursprünglichen Zustand der Gebäudeteile. Der Sanierungsstand wird durch verschiedene Bauteile bestimmt, darunter die Fassade, das Dach, die Fenster, die untere Geschosdecke, die obere Geschosdecke und das Lüftungssystem. Diese Gebäudeteile sind entscheidend für die energetische Effizienz und den Wohnkomfort. Ursprünglich weist ein Gebäude eine Bauteilkonstellation auf, die durch das Baujahr und den Gebäudetyp geprägt ist. In diesem ursprünglichen Zustand wird das Gebäude als unsaniert bezeichnet. Ein zentraler Aspekt bei der Bewertung des energetischen Zustands von Gebäuden ist der Sanierungszyklus. Jedes Gebäude weist in der Regel in einem zeitlichen Abstand von 40 Jahren eine Erneuerung seiner Bauteilkonstellation auf. Dies bedeutet, dass ein Gebäude nach Ablauf von 40 Jahren eine Reihe von baulichen Überarbeitungen erfährt, die den energetischen Standard anhebt. Typischerweise beginnt dieser Prozess mit dem Austausch der Fenster, gefolgt von der Sanierung des Dachs und schließlich der Fassade. Nach diesen Maßnahmen wird das Gebäude als teilsaniert eingestuft. Nach weiteren 40 Jahren werden diese Bauteilkomponenten erneut überprüft und gegebenenfalls wieder verbessert oder ergänzt. In diesem Zustand wird das Gebäude als vollsaniert betrachtet.

Es ist wichtig zu beachten, dass ein Gebäude, das nach 2010 gebaut wurde, aufgrund der bereits hohen energetischen Standards als unsaniert gilt, da keine zusätzlichen baulichen Maßnahmen notwendig sind. Ergänzt wird diese Lebenszyklusbetrachtung durch adressscharfe Wohnlagenberechnungen der infas 360 GmbH. Dabei wird unterstellt, dass Sanierungsmaßnahmen in sehr guten Wohnlagen früher durchgeführt werden.

In Folge wird auf Basis des Baujahrs, des Gebäudetyps und des Sanierungsstands, dem Gebäude eine entsprechende Bauteilkonstellation zugeordnet. Ebenfalls ergibt sich daraus eine mögliche Bauteilkonstellation im Fall einer Vollsaniierung. Das entsprechende Delta ergibt das gebäudespezifische Sanierungspotenzial.

Die maximale Einsparung bei Vollsaniierung des kompletten Projektgebietes würde 114,66 GWh pro Jahr an Endenergie betragen, wobei ergänzt werden muss, dass dies ausschließlich für die Annahme Gültigkeit besitzt, dass die Versorgungsstruktur identisch bleibt.

Als Veranschaulichung kann eine fiktive Sanierung eines Einfamilienhauses dienen, welche vor Sanierung 20 MWh/a und nach Sanierung 10 MWh/a an Nutzenergie für Wärme benötigt. Insofern eine Wärmepumpe mit einem COP (Coefficient of performance) von drei verbaut ist, ergibt sich eine Reduzierung der Endenergie von ca. 6,7 MWh/a auf ca. 3,3 MWh/a.

Das gleiche Haus mit sonst gleichen Rahmenbedingungen und einer durchschnittlichen Erdgastherme verringert den Endenergiebedarf von 23,5 MWh/a auf 11,8 MWh/a. Das macht deutlich, dass zum einen das Sanierungspotenzial der Gebäude betrachtet werden muss und des Weiteren die Transformation der Versorgungsstruktur, welche in späteren Kapiteln thematisiert werden. Für die Vollsanierung mit der damit einhergehenden Reduzierung der 114,66 GWh/a ist eine überschlägige Investition von ca. 960 Mio.€ notwendig.

Das entspricht durchschnittlich ca. 275.000 € pro wärmeversorgtes Gebäude in Lohfelden. Daran wird erkennbar, dass die Sanierungsleistung aus Sicht der finanziellen Tragfähigkeit der Bürger/innen und Kapazitätssicht der lokalen Handwerksbetriebe, ein Prozess über mehrere Dekaden ist. Zudem ergeben die Zahlen 8,37 € Investition für eine Einsparung von 1 KWh/a. Daraus ist ableitbar, dass die gesamte Vollsanierung des Projektgebietes unwirtschaftlich ist, wobei ergänzt werden muss, dass die Berechnung eventuelle Kapital- und Zinskosten ebenso wenig berücksichtigt wie Fördermaßnahmen.

Auf Basis der Studie vom POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG 2024 liegt die Sanierungsrate im selbstgenutzten Eigentum bei knapp über 1,0 %. Die Rate sagt aus, dass 1,0 % der Gebäudefläche energetisch saniert wurden, unabhängig der Sanierungstiefe. Des Weiteren wird ausgeführt, dass neben regionalen Unterschieden die Sanierungsrate mit steigendem Haushaltneottoeinkommen ansteigt und bei älteren Gebäuden, Baujahr vor 1968, am größten ist. Ferner wird auf Ebene der Europäischen Union in Form der EU-Gebäuderichtlinien auf das Ziel des emissionsfreien Gebäudebestands im Jahr 2050 strukturiert hingearbeitet. Die Novellen im Jahr 2024 in der Form der „Energy Performance of Buildings Directive“ und „Energy Efficiency Directive“ unterstreichen das Vorhaben, insbesondere zur Erreichung der Zwischenziele für das Jahr 2030. Das POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG 2021 nennt eine Sanierungsrate von 2,0 %, die weitgehend mit den Vorgaben der Europäischen Union übereinstimmt. Diese Sanierungsrate wird daher als Basis der Berechnung herangezogen.

Auf Grundlage der Definition und der Zahlen kann die Sanierungsrate nur annäherungsweise auf die Extrapolation der maximal möglichen Sanierungsleistung im Projektgebiet überführt werden. Die Annahme, dass jährlich 2,0 % des verfügbaren Sanierungspotenzials umgesetzt wird, erscheint folglich als beste zu findende mathematische Übertragung und wird dementsprechend umgesetzt. In folgender Tabelle ist die Sanierungsleistung und deren Auswirkung dargestellt.

| Sanierungspotenzial ohne Bevölkerungsveränderung | | | | |
|--|--|--------------------------------------|-------------------------------|--|
| Jahr | Endenergieverbrauch für Wärme und Warmwasser | Maximale Einsparung bei Vollsanieung | Kumulierte Sanierungsleistung | Erwartete jährliche Sanierungsleistung |
| [-] | [GWh/Jahr] | [GWh/Jahr] | [GWh/Jahr] | [GWh/Jahr] |
| Summe: | | | 39,64 | |
| 2024 | 155,15 | 114,66 | 0,00 | 0,00 |
| 2030 | 142,06 | 101,57 | 13,09 | 2,07 |
| 2035 | 132,30 | 91,81 | 22,85 | 1,87 |
| 2040 | 123,48 | 82,99 | 31,67 | 1,69 |
| 2045 | 115,51 | 75,01 | 39,64 | 1,53 |

Tabelle 6-2: Zusammenfassung des Sanierungspotenzial (interne Berechnung)

Unter Beachtung der dargestellten Bevölkerungsentwicklung und der Verbräuche für Strom exkl. Wärme und Warmwasser ergeben sich die im Folgenden dargestellten Werte.

| Sanierungspotenzial inkl. Bevölkerungsveränderung | | | |
|---|--|-------------------------------|---------------------------|
| Jahr | Endenergieverbrauch für Wärme und Warmwasser | Endenergieverbrauch für Strom | Endenergieverbrauch Summe |
| [-] | [GWh/Jahr] | [GWh/Jahr] | [GWh/Jahr] |
| 2024 | 155,15 | 47,73 | 202,88 |
| 2030 | 141,53 | 47,66 | 189,19 |
| 2035 | 130,69 | 47,52 | 178,21 |
| 2040 | 120,68 | 47,37 | 168,05 |
| 2045 | 111,54 | 47,22 | 158,76 |

Tabelle 6-3: Sanierungspotenzial inkl. Bevölkerungsveränderung (interne Berechnung)

Dabei ist zu betonen, dass der prognostizierte Endenergieverbrauch an dieser Stelle noch die heute installierte Wärmeversorgungsinfrastruktur unterstellt ist. Die prognostizierte Senkung des Endenergieverbrauchs inkl. Bevölkerungsentwicklung ist im untenstehenden Diagramm zudem grafisch aufbereitet.

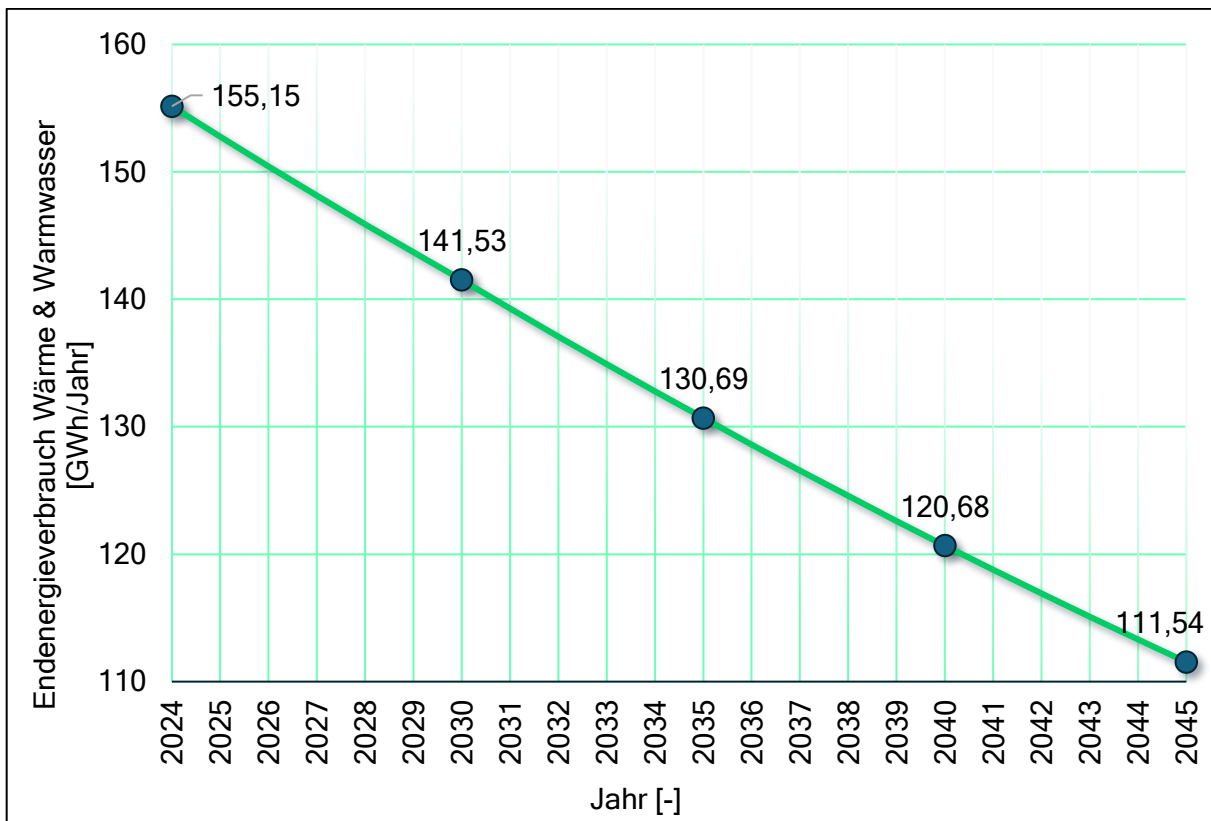


Abbildung 6-2: Endenergieverbrauch nach Sanierung inkl. Bevölkerungsentwicklung

Zusätzlich ist darauf hinzuweisen, dass die Einbeziehung der Bevölkerung und die Sensibilisierung für die Vorteile energetischer Sanierungen von entscheidender Bedeutung ist. Öffentlichkeitsarbeit und Aufklärungskampagnen können dazu beitragen, das Bewusstsein für die Notwendigkeit und für die Vorteile der Sanierung zu schärfen. Insgesamt ist demnach eine Kombination aus rechtlichen Vorgaben, finanziellen Anreizen, technischer Unterstützung und Öffentlichkeitsarbeit notwendig, um die Sanierungsrate nachhaltig zu erhöhen.

6.3 Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien, auch als regenerative Energien bezeichnet, sind Energiequellen, die aus natürlichen, sich ständig erneuernden Prozessen gewonnen werden. Im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen, die sich über Jahrtausende aus abgestorbenen Pflanzen und Tieren gebildet haben und nur begrenzt verfügbar sind, basieren erneuerbare Energien auf Ressourcen, die in menschlichen Zeitmaßstäben unerschöpflich sind. Es gibt verschiedene Arten erneuerbarer Energien, die jeweils durch unterschiedliche natürliche Prozesse und Quellen angetrieben werden, wie im Folgenden dargestellt ist.



Abbildung 6-3: Erneuerbare Energien von der Quelle zum Energieträger in Anlehnung an WAGNER, ROUVEL & SCHÄFER 1999

Von den aufgeführten Umwandlungsanlagen werden Potenziale für Photovoltaik, Solarthermie, Umgebungswärme für Wärmepumpen, Müll-Heizkraftwerke, Brennstoffkessel, Biogasanlagen, Windenergiekonverter, Wasserkraft und Geothermie näher untersucht. Darüber hinaus werden im Projektgebiet bestehende Abwärmepotenziale beleuchtet.

Zu den nicht näher untersuchten Umwandlungsanlagen zählen solarthermische Kraftwerke. Diese nutzen die Sonnenenergie zur Erzeugung von Strom, indem sie die Sonnenstrahlung absorbieren und in Wärmeenergie umwandeln. Diese Wärme wird genutzt, um Wasser zu verdampfen, das eine Turbine antreibt, die wiederum einen Generator zur Stromerzeugung antreibt. Es gibt verschiedene Technologien, wie Parabolrinnenkollektoren, Solarturm- und Fresnel-Kraftwerke, die in solarthermischen Kraftwerken zum Einsatz kommen. Diese Anlagen sind besonders in sonnenreichen Regionen effizient und sind an dieser Stelle nur vollständigheitshalber genannt.

Eine weitere Nutzungsart von Sonnenstrahlung ist die passive Nutzung. Dabei sind insbesondere Techniken gemeint, die Sonnenenergie ohne mechanische Systeme direkt nutzen, um Gebäude zu heizen und zu beleuchten. Diese Techniken beinhalten die strategische Ausrichtung von Gebäuden, die Verwendung von thermischen Massen zur Speicherung von Wärme und die Optimierung von Fenstern und Verglasungen zur Maximierung des Lichteinfalls und der Wärmeaufnahme. Durch die passive Nutzung der Solarstrahlung kann der Energieverbrauch für Heizung und Beleuchtung erheblich reduziert werden, was sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile bietet. Diese Ansätze sind integraler Bestandteil nachhaltiger Bau- und Architekturstrategien und werden daher in der folgenden Potenzialberechnung nicht berücksichtigt.

Ein weiteres Potenzial, was in der Kommunalen Wärmeplanung nicht näher untersucht wird, sind Photoelektrochemische Zellen. Dies sind Vorrichtungen, die Lichtenergie direkt in chemische Energie umwandeln. Diese Technologie nutzt Halbleitermaterialien, die bei Beleuchtung mit Sonnenlicht Elektronen-Loch-Paare erzeugen. Die resultierenden Träger werden dann verwendet, um elektrochemische Reaktionen wie die Wasseraufspaltung zur Erzeugung von Wasserstoff durchzuführen. Photoelektrochemische Zellen bieten eine vielversprechende Möglichkeit, erneuerbare Energiequellen zu nutzen und gleichzeitig nachhaltige Brennstoffe wie Wasserstoff zu produzieren, ohne fossile Ressourcen zu verbrauchen. Trotz dieser Fortschritte stehen Photoelektrochemische Zellen noch vor Herausforderungen wie der Skalierbarkeit und der langfristigen Stabilität, weswegen eine detaillierte Potenzialberechnung noch nicht sinnvoll ist. Dennoch bleibt die Forschung in diesem Bereich aktiv und es wird erwartet, dass Photoelektrochemische Zellen in Zukunft eine bedeutende Rolle bei der nachhaltigen Energieerzeugung spielen werden.

Ebenfalls nicht bei der Kommunalen Wärmeplanung weiter betrachtet werden Gezeitenkraftwerke. Diese nutzen die Energie aus den Gezeiten, die durch die Gravitationskräfte des Mondes und der Sonne sowie der Erdrotation erzeugt werden. Es ist naheliegend, dass entsprechende Potenziale im Projektgebiet ausgeschlossen werden können. Diese Kraftwerke wandeln die kinetische und potenzielle Energie des auf- und ablaufenden Wassers in elektrische Energie um. Gezeitenkraftwerke arbeiten typischerweise mit Gezeitensperwerken oder Gezeitenturbinen. Gezeitensperwerke bestehen aus Dämmen oder Schleusen, die das Wasser bei Flut zurückhalten und bei Ebbe freisetzen, wobei die Bewegung des Wassers Turbinen antreibt. Gezeitenturbinen ähneln Unterwasser-Windkraftanlagen und nutzen die Strömung des Wassers, um Rotorblätter, die mit Generatoren gekoppelt sind, anzutreiben.

6.3.1 Potenzialflächen

Für die Transformation hin zu erneuerbaren Energien, entstehen zusätzliche Flächenbedarfe, z.B. für Freifeld-Photovoltaikanlagen, Windkraftanlagen oder für den Anbau von Pflanzen für die Biogaserzeugung, die auch als Kraftpflanzen oder Energiepflanzen bezeichnet werden. Alle Energieumwandlungsanlagen unterliegen dabei spezifischen Flächeneinschränkungen, basierend auf gesetzlichen Vorschriften, Umweltauflagen und lokalen Bauvorschriften. Darüber hinaus ergeben sich in Abhängigkeit der Umwandlungsanlage unterschiedliche Vorranggebiete. Um beispielsweise Standorte für Windkraftanlagen auszuwählen und festzulegen, sind neben den Auflagen zum Abstandsflächenrecht auch Sicherheitsabstände zu Straßen, Schienen oder anderen Infrastruktureinheiten einzuhalten. Darüber hinaus sind u.a. Lärmschutzverordnungen, lokale Bauvorschriften wie die Landesbauordnung, bestehende Naturschutzgebiete und Restriktionen aus dem Flächennutzungs- und Regionalplan ebenso zu berücksichtigen, wie die Sichtachsen zu Baudenkmalern, das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und die Bodenqualität. Zusätzlich müssen wirtschaftliche Aspekte betrachtet werden. So kann leicht nachvollzogen werden, warum die Standortanalyse, Planung und Genehmigung mehrere Jahre in Anspruch nehmen kann. Folgerichtig kann eine Kommunale Wärmeplanung keine Machbarkeitsstudie zu einzelnen Flächennutzungen leisten oder Standorte für Anlagen festlegen. Vielmehr sollen auf Basis der Wärmeplanung möglichst zielgerecht Detailanalysen stattfinden, um der strategischen Richtung der Wärmeplanung zu folgen.

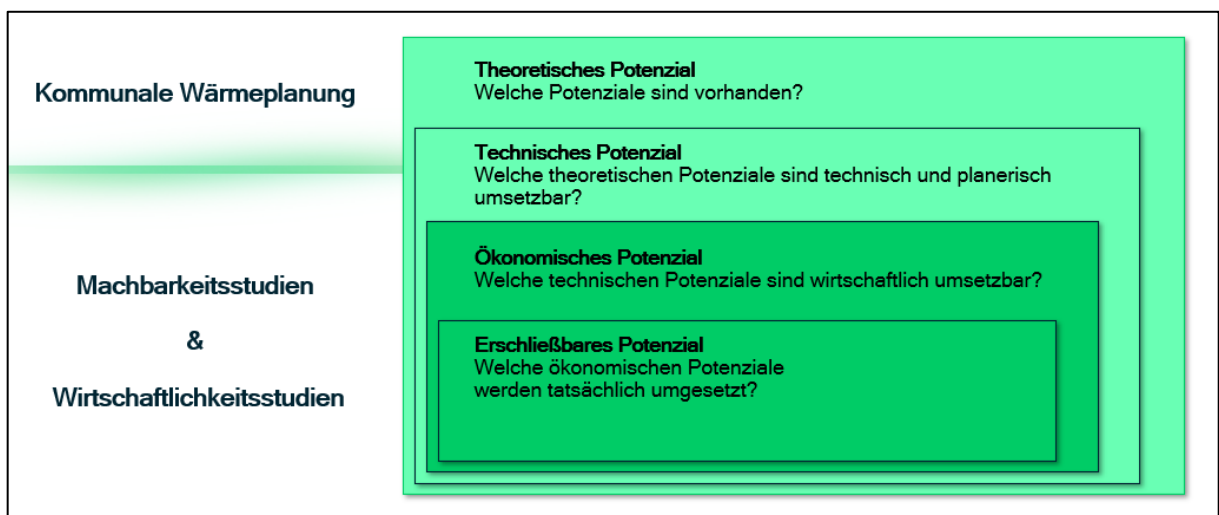


Abbildung 6-4: Potenziale in der Wärmeplanung (Darstellung der Back2B Solution GmbH)

Wie in der vorhergehenden Abbildung dargestellt, bildet die Wärmeplanung die theoretischen Potenziale ab, die im ersten Schritt technisch eingeschränkt werden. Dabei werden die Schutzgebiete und raumordnerische Vorrangflächen, wie Wasserschutzgebiete Zone I bis III, Landschaftsschutzgebiete, Überschwemmungsgebiete, Biosphärenreservate, FFH-Gebiete, Naturschutzgebiete, Nationalparks, Vogelschutzgebiete und Vorranggebiete für Landwirtschaft betrachtet und systematisch ausgewertet.

Die Potenzialflächen wurden im Folgenden in 4 Kategorien unterteilt:

- Gras- und Grünlandflächen
- Agrarlandflächen
- Waldflächen
- Dachflächen

Lohfelden wird für die Darstellung der Potenzialflächen in die drei Gemarkungen Ochshausen, Vollmarshausen und Crumbach unterteilt. In folgendem Bild sollen nochmals die Gemarkungen in Erinnerung gerufen werden.

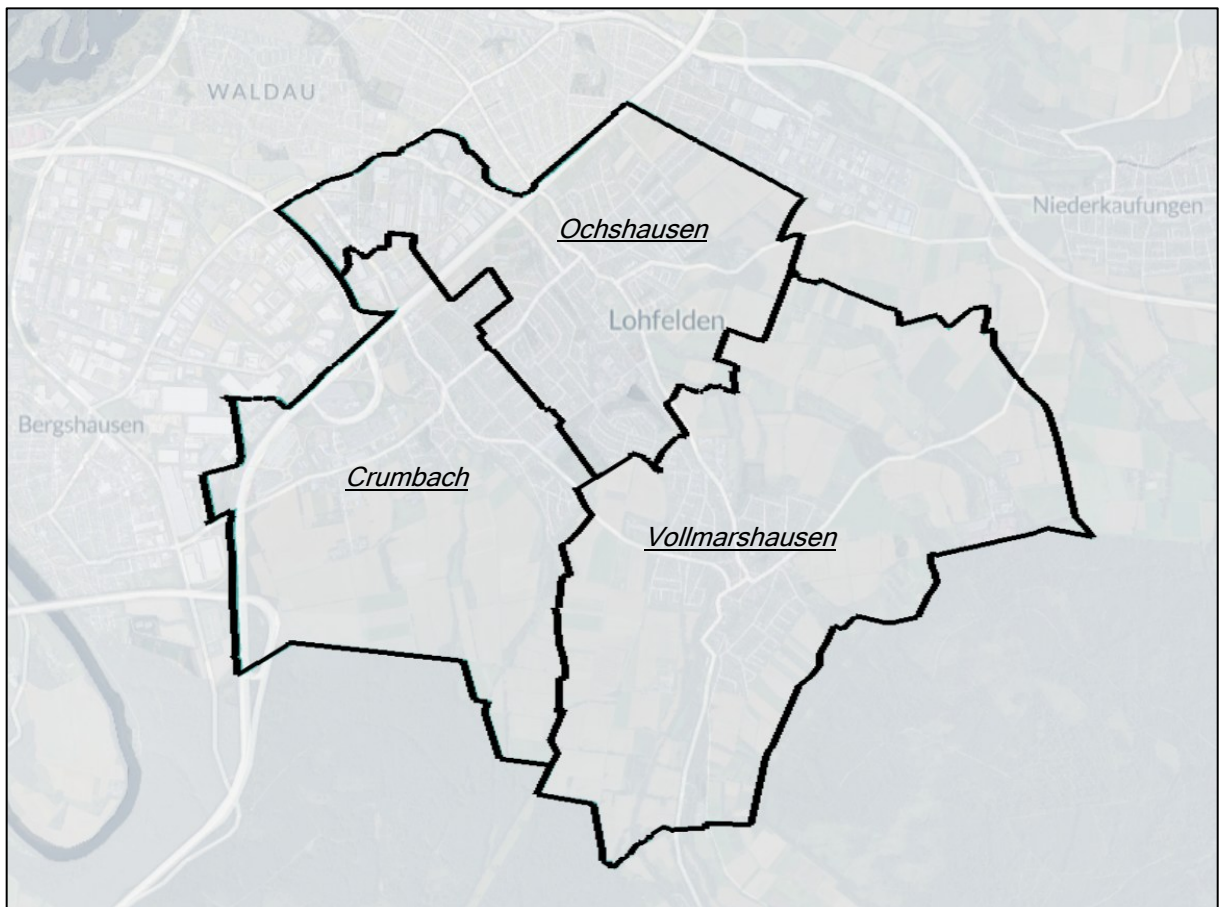


Abbildung 6-5: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Grünflächen und Grasland spielen eine wichtige Rolle. Neben der positiven Wirkung auf die Biodiversität, bieten diese Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten und dienen darüber hinaus als Erholungs- oder landwirtschaftlich genutzte Fläche. Bzgl. der Energiewende besitzen diese Flächen Potenziale zur Biogaserzeugung und als Standorte für Freiflächen-solaranlagen oder sonstigen Wärmeerzeugungseinheiten, z.B. zur Speisung von Wärmenetzen. Folgende Flächen ergeben sich:

| Potenzialflächen - Gras- und Grünland | | |
|---------------------------------------|--|--------------|
| Ortsteil | Schutzgebiete & Einschränkungen | Größe |
| [-] | [-] | [ha] |
| Summe: | | 78,71 |
| Ochshausen | Wasserschutzgebiet Zone III, WasserSG III und VL | 15,27 |
| Vollmarshausen | WasserSG III und VL, Vorranggebiet Landwirtschaft, Wasserschutzgebiet Zone III | 34,85 |
| Crumbach | WasserSG III und VL, Wasserschutzgebiet Zone III, Wasserschutzgebiet Zone I + II | 28,59 |

Tabelle 6-4: Potenzialflächen - Gras- und Grünland (GIS-basiert)

Agrarflächen sind ein wertvoller Bestandteil der Energiewende. Sie bieten vielfältige Möglichkeiten für erneuerbare Energien. Die Nutzung von Agrarflächen für die Energieproduktion erfordert jedoch eine sorgfältige Planung und Abwägung, um Nutzungskonflikte zu minimieren und sowohl ökologisch als auch ökonomisch nachhaltige Lösungen zu schaffen. Die weitere Erforschung und Förderung von innovativen Konzepten wie der Agri-Photovoltaik kann dazu beitragen, die Flächeneffizienz zu steigern und die Energiewende erfolgreich voranzutreiben.

| Potenzialflächen - Agrarland | | |
|------------------------------|--|---------------|
| Ortsteil | Schutzgebiete & Einschränkungen | Größe |
| [-] | [-] | [ha] |
| Summe: | | 701,43 |
| Ochshausen | Wasserschutzgebiet Zone III, WasserSG III und VL, Wasserschutzgebiet Zone I + II | 78,76 |
| Vollmarshausen | Wasserschutzgebiet Zone I + II, WasserSG III und VL, Vorranggebiet Landwirtschaft, Wasserschutzgebiet Zone III | 427,88 |
| Crumbach | Wasserschutzgebiet Zone III, Vorranggebiet Landwirtschaft, WasserSG III und VL, WasserSG I+II und VL | 194,79 |

Tabelle 6-5: Potenzialflächen - Agrarland (GIS-basiert)

In der folgenden Abbildung sind die Potenzialflächen abgebildet. In Hellgrün, Gras- und Grünlandflächen. In Grün Agrarflächen und in Dunkelgrün die Waldflächen im Projektgebiet.

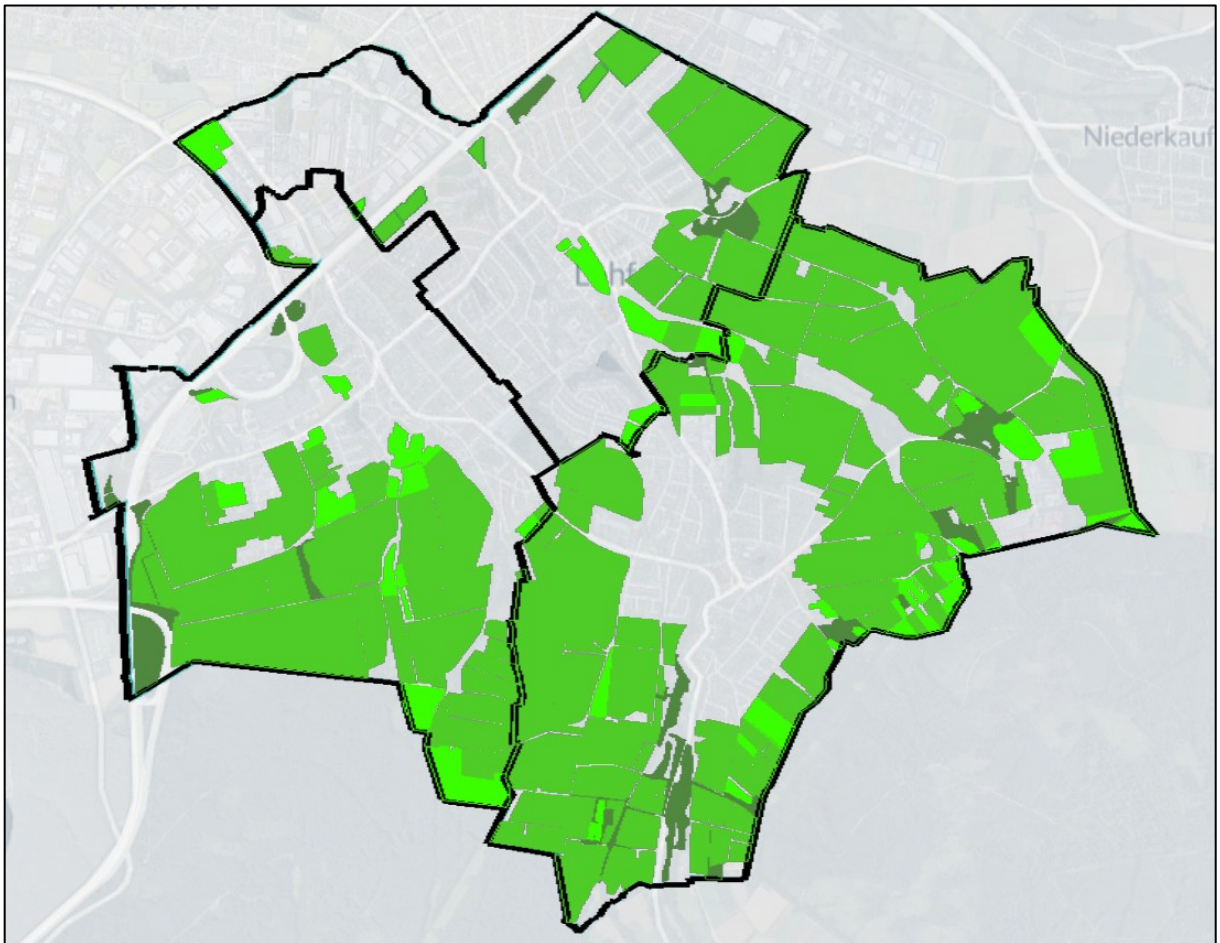


Abbildung 6-6: Potenzialflächen im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Großteile der Potenzialflächen sind, wie in der Abbildung zu erkennen, Agrarflächen. Grünlandflächen und Waldflächen spielen eine untergeordnete Rolle. Insbesondere Wälder sind jedoch von enormer Bedeutung für die Umwelt und das Klima. Als CO₂-Speicher, zur Klimaregulierung, als Erosionsschutz, als Teil des Wasserkreislaufs und der Biodiversität sowie als Lebensraum übernehmen Wälder wichtige Funktionen. Darüber hinaus fungieren diese auch als potenzielle Standorte für die Erzeugung erneuerbarer Energien und als Produzent fortlaufend verwertbarer Biomasse.

| Potenzialflächen - Wald | | |
|-------------------------|---------------------------------|--------------|
| Ortsteil | Schutzgebiete & Einschränkungen | Größe |
| [-] | [-] | [ha] |
| Summe: | | 52,84 |
| Ochshausen | Wasserschutzgebiet Zone III | 7,96 |
| Vollmarshausen | Wasserschutzgebiet Zone III | 29,77 |
| Crumbach | Wasserschutzgebiet Zone III | 15,11 |

Tabelle 6-6: Potenzialflächen - Wald (GIS-basiert)

Abschließend werden die Potenzialflächen für Dächer zusammengefasst. Dabei wird zunächst die verfügbare Dachfläche in Summe dargelegt.

| Potenzialflächen - Dach | |
|-------------------------|----------------------|
| Name | Dachfläche insgesamt |
| [-] | [ha] |
| Summe: | 119,40 |
| Ochshausen | 57,93 |
| Vollmarshausen | 28,01 |
| Crumbach | 33,46 |

Tabelle 6-7: Potenzialflächen - Dach (GIS-basiert & interne Berechnung)

Nach der Analyse der Flächenpotenziale wird im Folgenden der Energieträger Solarstrahlung tiefergehend untersucht und mit den aufgezeigten Potenzialflächen in Verbindung gebracht.

6.3.2 Solarstrahlung

Solarstrahlung ist die grundlegende Energiequelle für Photovoltaik- und Solarthermieanlagen. Beide Technologien nutzen die Sonnenenergie, jedoch auf unterschiedliche Weise und zu unterschiedlichen Zwecken. Photovoltaik (PV) wandelt Sonnenlicht direkt in elektrische Energie um. Dies geschieht durch den photovoltaischen Effekt, bei dem Photonen, also Lichtteilchen, die Elektronen in einem Halbleitermaterial wie Silizium freisetzen. Diese freigesetzten Elektronen erzeugen einen elektrischen Strom, der zur Stromversorgung von Haushalten, Unternehmen und industriellen Anwendungen genutzt werden kann. Die Effizienz von PV-Anlagen hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschließlich der Intensität der Solarstrahlung, der Art des Halbleitermaterials, der Temperatur und der Ausrichtung der Solarmodule. Das FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025 gibt an, dass im Jahr 2024 72,2 TWh an Strom mit Photovoltaik erzeugt wurde, was einen Anteil von 14 % des Bruttostromverbrauchs in Deutschland entspricht.

In der folgenden Abbildung sieht man den Verlauf der festen EEG-Einspeisevergütung für PV-Strom nach dem Datum der Inbetriebnahme der Anlage in den Klassen „Gebäudeanlagen mit Überschusseinspeisung bis 10 kWp“ und „Sonstige Anlagen bis 100 kW“ sowie die mittlere Vergütung in den Ausschreibungen der Bundesnetzagentur, die Strompreise und den Marktwert von Solarstrom.

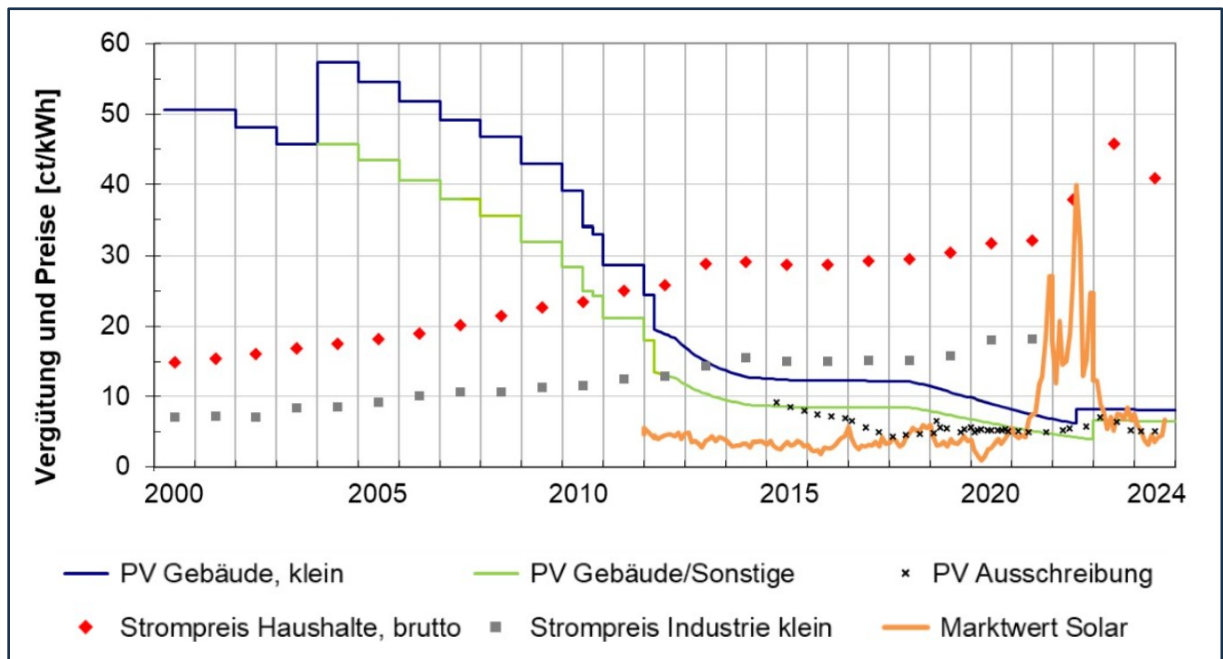


Abbildung 6-7: Preisgrößen für PV-Strom (Quelle: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025)

Die Grafik zeigt, dass die anfängliche hohe EEG-Vergütung stark zurückgegangen ist und weiterhin wirtschaftlich Solarfelder gebaut und betrieben werden können. Entsprechend hat sich die Förderung und der damit folgende Strukturaufbau bezahlt gemacht. In Abhängigkeit der Anlagengröße werden für kleinere Anlagen mit Eigenverbrauch und Inbetriebnahme bis zum 31.1.2025 ca. 8 ct/kWh für 20 Jahre garantiert.

Zum Vergleich führt das FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025 aus, dass für das geplante Atomkraftwerk "Hinkley C", welches voraussichtlich im Jahr 2029 in Großbritannien in Betrieb genommen werden soll, eine Einspeisevergütung von umgerechnet 12 ct/kWh zuzüglich Inflationsausgleich über einen Zeitraum von 35 Jahren garantiert wurde.

Die Solarthermie hingegen nutzt die Wärmeenergie der Sonnenstrahlen, um thermische Energie zu erzeugen. In Solarthermieanlagen werden Sonnenstrahlen durch Spiegel oder Linsen auf einen Absorber konzentriert, der die Strahlungsenergie in Wärme umwandelt. Diese Wärme kann direkt zur Beheizung von Wasser oder Gebäuden genutzt werden oder zur Erzeugung von Dampf, der wiederum zur Stromerzeugung verwendet wird. Sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermie ist Solarstrahlung notwendig. Solarstrahlung ist die gesamte Energie, die von der Sonne in Form von elektromagnetischer Strahlung ausgesendet wird und umfasst das gesamte Spektrum, von ultravioletter Strahlung über sichtbares Licht bis hin zu infraroter Strahlung.

Diese kann in direkte und diffuse Solarstrahlung unterteilt werden. Für die Planung und Bewertung von Solaranlagen ist wichtig zu definieren, wie viel Solarstrahlung auf die Erdoberfläche trifft. Hierbei wird der Begriff Globalstrahlung verwendet und umfasst sowohl direkte als auch diffuse Solarstrahlung. Die Globalstrahlung wird durch Messungen an Bodenstationen ermittelt und in Wattstunden pro Quadratmeter ausgedrückt. Für die Gemeinde Lohfelden ergibt sich seit 1991 bis heute folgende jährliche Globalstrahlung.

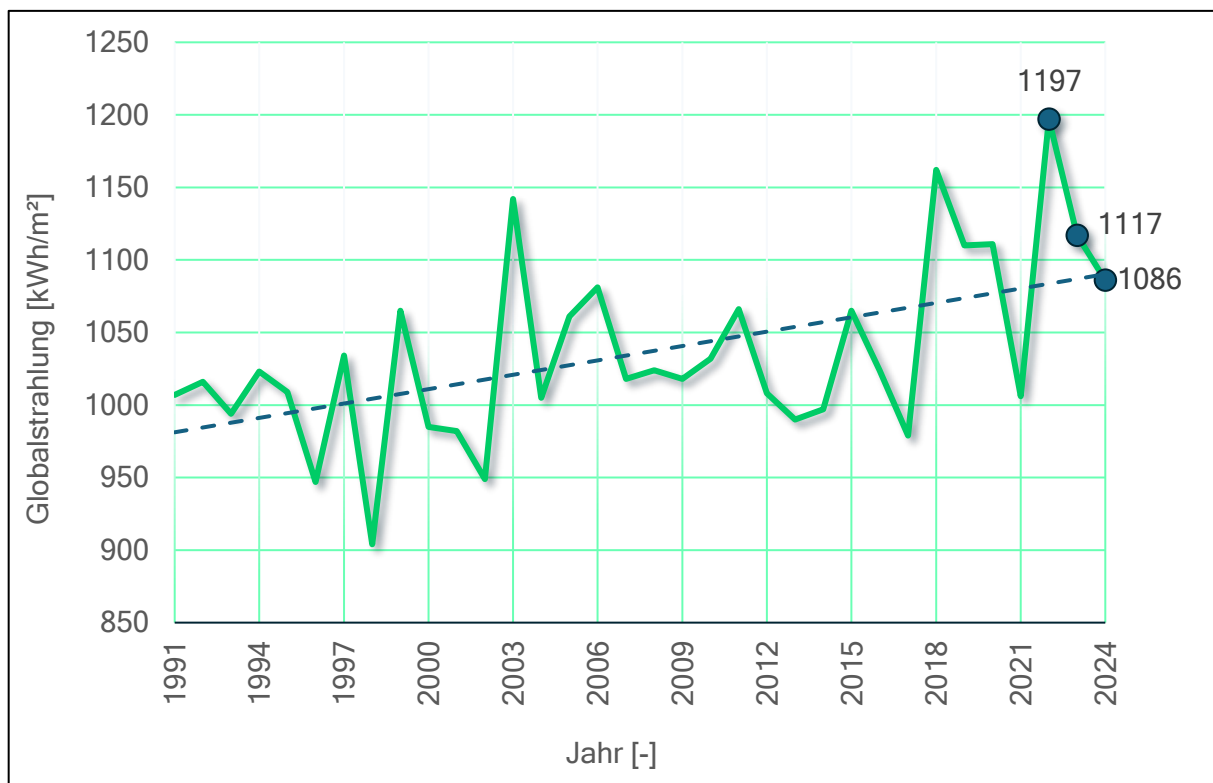


Abbildung 6-8: Jahresbezogene Globalstrahlung in Lohfelden (DEUTSCHER WETTERDIENST 2024)

Der Durchschnitt der letzten 3 Jahre beträgt 1133 kWh/m² pro Jahr. Dieser Wert bildet die Grundlage für die Berechnung der Solarthermie- und Photovoltaikpotenziale der folgenden Unterkapiteln. Auf Basis der entsprechenden Flächenausnutzung, der spezifischen Globalstrahlung, des Modulwirkungsgrades und des Systemwirkungsgrades ohne Module bzw. bei Solarthermie anstelle der Modul- und Systemwirkungsgrade und des Effizienzfaktors der Kollektoren, werden die entsprechenden Potenziale berechnet.

6.3.2.1 Nutzung von Freiflächen

Sowohl FECHNER 2020 als auch BÖHM & TIETZ 2022 kommen zu übereinstimmenden Ergebnissen, dass für Freiflächen-Solaranlagen mehr als 1,35 bis 2,2 bzw. 1,6 Hektar für eine Peakleistung von einem Megawatt benötigt werden. Die spezifische Flächeninanspruchnahme verändert sich dabei nach BÖHM & TIETZ 2022 in Abhängigkeit von der Anlagengröße. Ein Grund ist beispielsweise der Abstand zur Umzäunung, die bei größer werdenden Anlagen zunehmend weniger Einfluss hat.

Parallel dazu ist in der allgemeinen Tendenz zu beobachten, dass die benötigte Fläche für dieselbe Peakleistung kleiner wird, was nach Böhm & Tietz 2022 stark mit der technologischen Weiterentwicklung der Zellen und Module, steigenden Anlagengrößen und effizienteren Aufstelltechniken zusammenhängt. Die daraus abzuleitende spezifische Flächenausnutzung wurde bei der Potenzialausweisung berücksichtigt. Neben der technologischen Komplexität ergibt sich die planungsseitige Komplexität der Flächennutzung. Im Zuge dessen wurden bereits im Kapitel der Potenzialflächen Ausschlusskriterien festgelegt und umgesetzt. Hinzugefügt werden muss die Tatsache, dass Landschaftsschutzgebiete nicht zum Flächenausschluss geführt haben, jedoch trotzdem negativ auf die Flächennutzung für Solaranlagen wirkt. Im Detail muss bei diesen Flächen im Einzelfall geprüft und entschieden werden. Neben diesem negativen Einfluss auf die Realisierungswahrscheinlichkeit wirken jedoch auch positive Effekte, die in folgender Tabelle zusammengefasst sind.

| Befürwortende Rahmenbedingungen für Freiflächen-Solaranlagen | |
|--|--|
| Kategorie | Benennung |
| Naturräumliche Gegebenheiten | Erosionsgefährdete Standorte |
| | Landwirtschaftliche Flächen unter 30 Bodenpunkten |
| | Trinkwasserschutzzone III |
| Infrastruktur | 500m-Korridor Autobahn für Acker- und Grünflächen (Privileg) |
| | 500m-Korridor Schiene für Acker- und Grünflächen (Privileg) |
| | Freilandleitung für Acker- und Grünflächen |
| | Naheliegende Flächen von Tankstellen |
| | Naheliegende Flächen von Parkplätzen inkl. P+R |
| | Verkehrsnebenflächen von z.B. Flugplätzen |
| Energiewirtschaft | Naheliegende Flächen einer Biogasanlage |
| | Naheliegende Flächen eines Umspannwerks |
| | Naheliegende Flächen von Energiespeichern |
| | Naheliegende Flächen von Ladeinfrastrukturen für E-Fahrzeuge |
| | Naheliegende Flächen von Elektrolyse-Anlagen |
| Sonstiges | Naheliegende Flächen von größeren Gewerbeansiedlungen |
| | Konversionsflächen ohne ökologische Funktion |
| | Vorbelastete Flächen mit Altlasten, Windkraft, Deponien oder ähnlichem |
| | Brachliegende, ehemals genutzte Flächen im Außenbereich |
| | Nachnutzungskonzept von Abbauflächen |

Tabelle 6-8: Bevorzugte Freiflächenstandorte für Solar (Quellen PLANUNGSGEMEINSCHAFT ODERLAND-SPREE 2020, NIEDERSÄCHSISCHER LANDKREISTAG & STÄDTE- UND GEMEINDEBUND 2022 UND BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2024)

Bevorzugte Standorte verändern sich auf Basis der vorangegangenen Tabelle im Projektgebiet fortlaufend. Daher sind zum Zeitpunkt der detaillierten Standortanalyse entsprechende Flächen bevorzugt zu behandeln. In Summe ergeben sich für Solarthermie und Photovoltaik folgende Potenziale auf Gras- und Grünlandflächen. Für die Berechnung der Solarthermiepotenziale wird ein Mittelwert aus den üblichen Faktoren für Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren angenommen. Die ausgewiesenen Potenziale sind als antivalent zu betrachten. Mobilisierbare Potenziale sind geringer und in der Zusammenfassung dargestellt.

| Solarpotenzial auf Gras- und Grünlandflächen | | | | |
|--|--------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Ortsteil | Größe | Globalstrahlung | Solarthermiepotenzial | Photovoltaikpotenzial |
| [-] | [ha] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] |
| Summe: | 37,25 | 126.649 | 88.656 | 24.521 |
| Ochshausen | 13,50 | 45.900 | 32.130 | 8.887 |
| Vollmarshausen | 9,56 | 32.504 | 22.753 | 6.292 |
| Crumbach | 14,19 | 48.245 | 33.773 | 9.342 |

Tabella 6-9: Solarpotenzial auf Gras- und Grünlandflächen (interne Berechnung)

6.3.2.2 Nutzung von Agrarflächen

Agri-Photovoltaik integriert Solarenergie und Landwirtschaft durch die Installation von Solarmodulen über landwirtschaftlich genutzten Flächen. Dadurch wird die parallele Erzeugung von Nahrungsmitteln und Strom ermöglicht, was die Effizienz der Flächennutzung steigert und die nachhaltige Landwirtschaft unterstützt. Eine beispielhafte Umsetzung von Agri-Photovoltaik ist im Folgenden aufgezeigt.



Tabella 6-10: Beispiele für Agri-Photovoltaik (FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2024)

Die Untersuchungen vom FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2024 zeigen bei der aufgebauten Forschungsanlage eine 25 % geringere installierte Leistung pro Hektar als eine herkömmliche Freiflächenanlage, was in den Berechnungen entsprechend berücksichtigt wurde.

| Solarpotenzial auf Agrarflächen | | | | |
|---------------------------------|---------------|-----------------|------------------------|------------------------|
| Ortsteil | Größe | Globalstrahlung | Solarthermie-potenzial | Photovoltaik-potenzial |
| [-] | [ha] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] |
| Summe: | 164,18 | 418.647 | 293.053 | 81.050 |
| Ochshausen | 59,24 | 151.058 | 105.740 | 29.245 |
| Vollmarshausen | 80,43 | 205.090 | 143.563 | 39.706 |
| Crumbach | 24,51 | 62.499 | 43.749 | 12.100 |

Tabelle 6-11: Solarpotenzial auf Agrarflächen (interne Berechnung)

6.3.2.3 Nutzung von Dachflächen

Für die Berechnung des theoretischen Potenzials der solaren Strahlung auf Dachflächen, ist die Modellierung dieser Dachflächen notwendig, was auf Basis eines digitalen Geländemodells erfolgt ist. Somit sind Dachaufbauten, Objekte und Vegetation aus der Umgebung erfasst. Ferner werden Verschattungen in der 3D rasterbasierten Modellierung und direkte sowie diffuse Strahlung betrachtet. Im Ergebnis ist jeder Quadratmeter des Daches mit einem Solarstrahlungswert hinterlegt.



Abbildung 6-9: Satellit (GOOGLE 2024) ggü. Globalstrahlung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Herauszustellen ist der rot hervorgehobene Bereich rechts im Bild. Hier ist die Auswirkung der Modellierung der Objekte mit deren Verschattung erkennbar. In Folge wird die Genauigkeit der Potenzialberechnung signifikant erhöht. Alle auf einem Dach befindlichen Quadratmeter ab einer Einstrahlung von größer 825 kWh/m² Globalstrahlung im Jahr werden aufsummiert und

zu einem theoretischen Solarpotenzial zusammengefasst.

| Solarpotenzial auf Dachflächen | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Ortsteil | Größe | Globalstrahlung | Solarthermiepotenzial | Photovoltaikpotenzial |
| [-] | [ha] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] |
| Summe: | 119,40 | 474.226 | 331.958 | 91.810 |
| Bereits installierte Anlagen: | | 52.416 | - | - |
| Ochshausen | 57,93 | 266.708 | 186.696 | 51.635 |
| Vollmarshausen | 28,01 | 112.841 | 78.989 | 21.846 |
| Crumbach | 33,46 | 147.093 | 102.965 | 28.477 |

Tabelle 6-12: Solarpotenzial auf Dachflächen (interne Berechnung)

Im dargestellten Solarpotenzial ist zusätzlich berücksichtigt, dass dieses nicht vollständig, technisch umsetzbar ist, da vorgeschriebene Mindestabstände zur Dachkante und Bauelemente wie Fenster oder Schornsteine die nutzbare Fläche reduzieren.

Aufgrund der Erfahrungswerte und Praktiken von Installationsunternehmen, kann abgeleitet werden, dass im Mittel 65 % der mit ausreichend Globalstrahlung beaufschlagten Dachflächen als technisch realisierbar einkalkuliert werden können. Diese nutzbare Globalstrahlung ist in der obigen Tabelle für die Ortsteile zusammengefasst. Abgezogen wurde die bereits genutzte Globalstrahlung in Form bereits installierter Anlagen.

Um das Solarthermiepotenzial auf den Dachflächen nutzen zu können, ist eine ausreichende Abnahme der Wärme durch den Bedarf an Warmwasser ausschlaggebend. Nach SCHABBACH & LEIBBRANDT 2021 ist Solarthermie technologisch anspruchsvoller, da für den wirtschaftlichen Betrieb gegenüber Photovoltaik eine geringere Südabweichung zu berücksichtigen ist und um den Wärmeertrag zwischen Sommer und Winter ausgleichend zu beeinflussen, eine Dachneigung von mindestens 30 Grad eingehalten werden sollte (SCHABBACH & LEIBBRANDT 2021).

6.3.2.4 Zusammenfassung Solarpotenzial

In der folgenden Tabelle wird das Solarpotenzial aggregiert aufgezeigt.

| Zusammenfassung Solarpotenzial | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Kategorie | Gesamtes Solarthermiepotenzial | Mobilisierbares Solarthermiepotenzial | Gesamtes Photovoltaikpotenzial | Mobilisierbares Photovoltaikpotenzial |
| [-] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] |
| Summe: | 713.667 | 35.683 | 197.381 | 67.718 |
| Grünlandflächen | 88.656 | 4.433 | 24.521 | 2.452 |
| Agrarflächen | 293.053 | 14.653 | 81.050 | 8.105 |
| Privilegflächen | - | - | 0 | 0 |
| Dachflächen | 331.958 | 16.598 | 91.810 | 57.160 |

Tabelle 6-13: Zusammenfassung der Solarpotenziale

Wie schnell Solaranlagen installiert werden, ist eine multifaktorielle Fragestellung. Im Rahmen der späteren Wärmewendestrategie kann die Zielgröße zur Umsetzung von Freiflächen-Solaranlagen festgelegt werden, da diese Zielgröße unmittelbar beeinflussbar ist. Bei der Nutzung der Potenzialflächen auf Dächern ist das anders, da Eigenheimbesitzer diese Entscheidung aufgrund unterschiedlicher Beweggründe treffen. Eine positive Beeinflussung durch die Verwaltung der Gemeinde ist nur sehr bedingt oder gar nicht möglich. Ausgenommen von dieser Aussage sind die eigenen Liegenschaften der Gemeinde. Infolgedessen muss ein Transformationspfad berechnet werden. Um diesen herzuleiten, wurde auf Basis der Daten des Marktstammregisters die Wachstumsrate von Dachflächensolaranlagen im Projektgebiet bestimmt. Im Anschluss wurde nach BDEW 2023 und auf Basis der Daten von SMART ENERGY 2023 die prognostizierten Wachstumsraten über die Jahre für Deutschland abgeleitet. Diese Daten wurden mit der Studie von REUTHER & KOST 2024 abgeglichen und um die Aufteilung zwischen den Dach- und Freiflächenanteilen ergänzt.

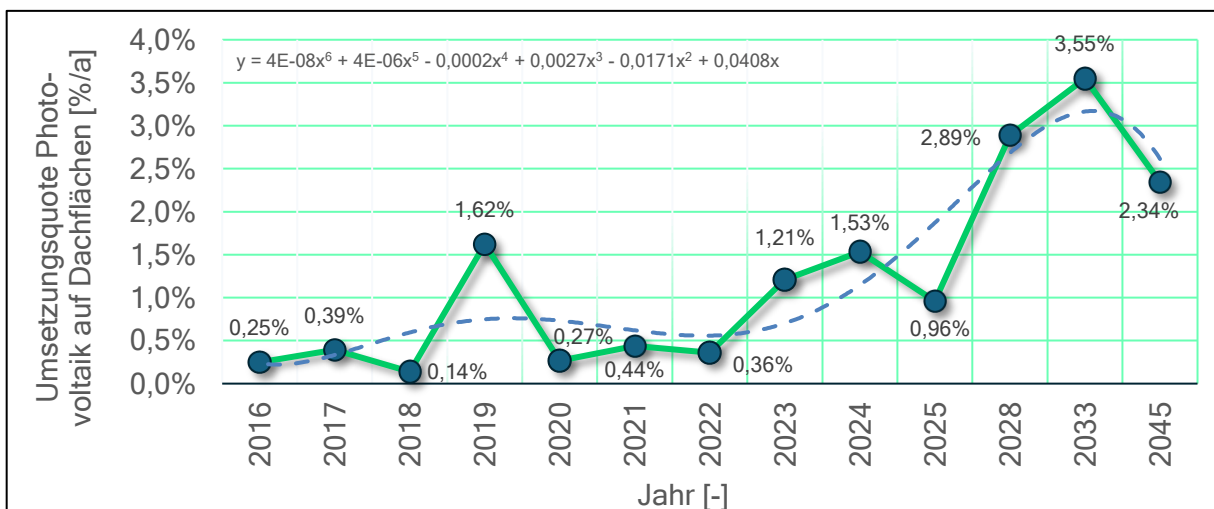


Abbildung 6-10: Umsetzungsquote Photovoltaik auf Dachflächen

6.3.3 Umgebungswärme

Prinzipiell kann Umgebungswärme in zentralen und dezentralen Systemen zur Wärmeversorgung von Gebäuden eingesetzt werden. Dafür kann aerothermische und hydrothermische Umgebungswärme genutzt werden. Bei der aerothermischen Umgebungswärme wird die Wärme aus bodennahen Luftschichten entnommen, bei hydrothermischer aus Gewässern wie Flüssen oder Seen. Da das Temperaturniveau in der benannten Umgebung meist nicht der gewünschten Vorlauftemperatur entspricht, um Gebäude heizen zu können, muss zusätzliche Energie eingesetzt werden, um die Temperatur auf das benötigte Niveau zu steigern. Dafür werden Wärmepumpen genutzt. Die Effizienz des Gesamtsystems, auch Coefficient of performance, kurz COP genannt, wird dabei auf Basis des Carnot-Kreisprozess maßgeblich von der Differenz zwischen Temperaturquelle und Vorlauftemperatur der Heizungsanlage bestimmt. Diese enthält zunächst keine Verluste und Ineffizienzen, weswegen zusätzlich der Gütegrad η der Wärmepumpen einberechnet wurde und in folgender Übersicht dargestellt ist.

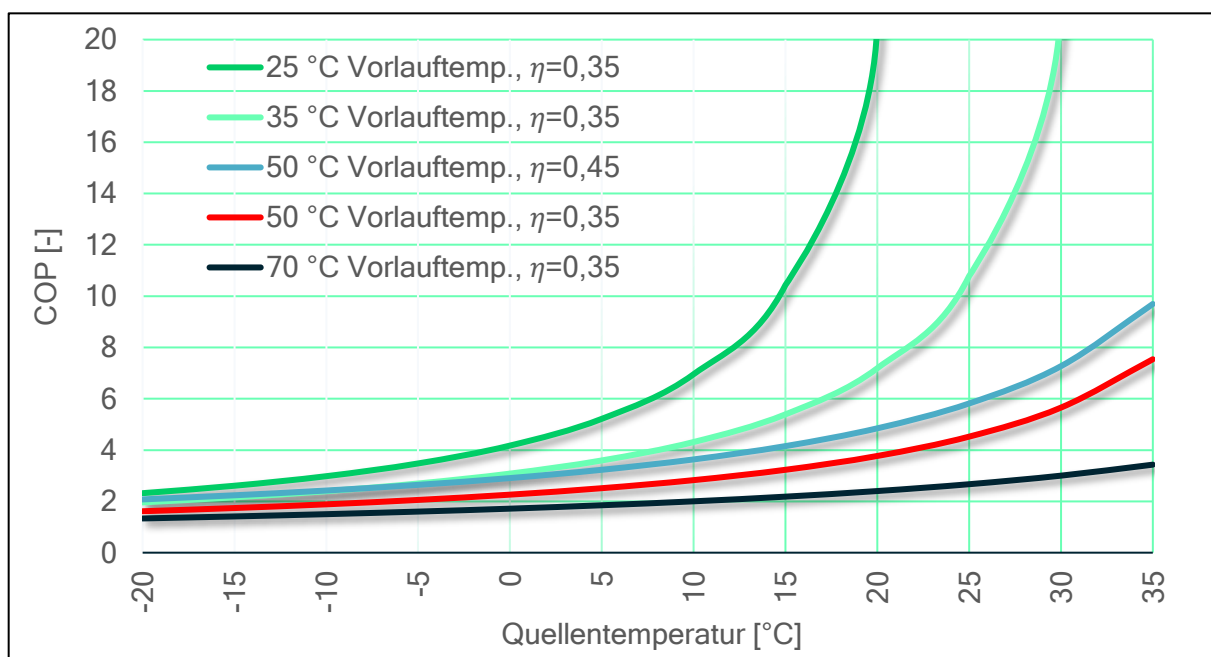


Abbildung 6-11: COP-Werte von Wärmepumpen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

Der Gütegrad hängt dabei von mehreren Faktoren ab. Beispiele sind die drehzahlabhängige Verdichtereffizienz, die Effizienz der Wärmeübertrager, die Regelung und Steuerung der Verdichterdrehzahl, der Ventile und anderer Komponenten, die Wahl und der Zustand des Kältemittels, die Wärmeverluste, der Betriebszustand und die Fähigkeit eines modulierenden Betriebs. Das zeigt ebenfalls, dass der Gütegrad nicht nur abhängig von der Wärmepumpe ist, sondern sich in den unterschiedlichen Betriebszuständen ändert. Zur Übersichtlichkeit wurde ein konstanter Gütegrad $\eta = 0,35$ für Luft/Wasser-Wärmepumpen in Einfamilienhäusern und 0,45 für Großwärmepumpen unterstellt. Diese Grundlagen werden in den Ergebnissen der folgenden Kapitel wiederholt aufgegriffen.

6.3.3.1 Aerothermische Umgebungswärme

Zunächst ist Außenluft eine überall verfügbare Wärmequelle. Wärmepumpen können daher an vielen Standorten eingesetzt werden. Sowohl bei den Luft/Luft- als auch bei den Luft/Wasser-Systemen wird der Außenluft Wärme entzogen. Dies geschieht bei steigender Wärmequellentemperatur mit steigender Effizienz. Auf dieser Basis ist darauf hinzuweisen, dass Wärmepumpen mit Außenluft als Wärmequelle für Wärmenetze technisch nachrangig zu z.B. Fluss- oder Geothermie zu nutzen sind, was mit der Anlageneffizienz zu begründen ist. Für dezentrale Lösungen zur Einzelversorgung ergeben sich abweichende Rahmenbedingungen. Die Nutzung von dezentralen Lösungen können mit Ausnahme von Bereichen mit hoher baulicher Dichte oder bei hohen Prozesstemperaturen technisch umgesetzt werden. Wirtschaftlich eingrenzend wirkt die Höhe der Vorlauftemperatur, da die Effizienz mit steigender Vorlauftemperatur sinkt.

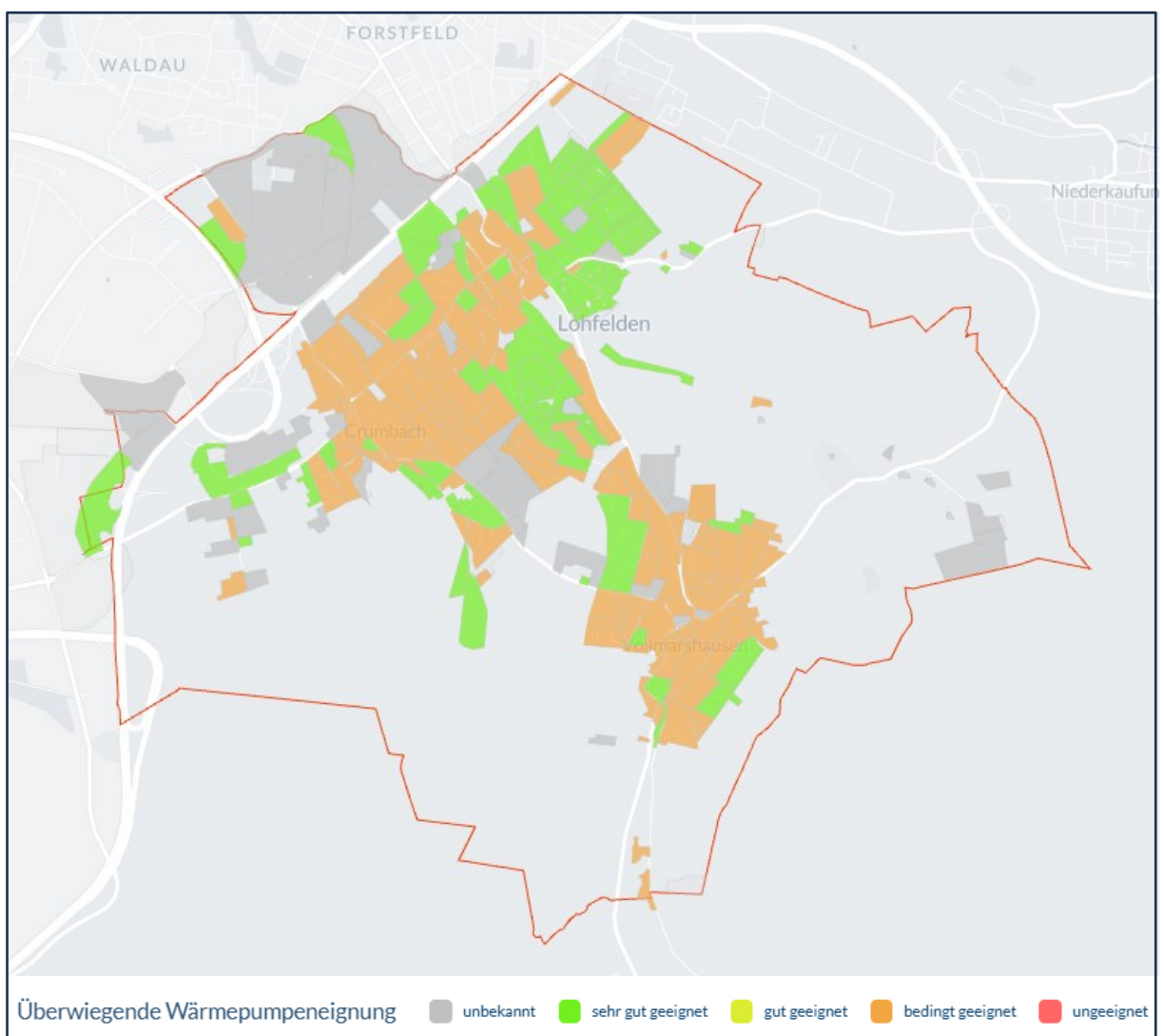


Abbildung 6-12: Wärmepumpeneignung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Die Darstellung zeigt Baublöcke mit einer überwiegenden Gebäudeanzahl, die zu den folgenden Kategorien zuordbar sind. Gebäude sind „sehr gut geeignet“, wenn deren Wärmebedarf so gering ist, dass eine Luft/Wasser-Wärmepumpe wirtschaftlich ist. „Gut geeignet“ sind Gebäude, die mit Sonden oder Kollektoren versorgbar sind, da u.a. genug Platz auf den Grundstücken verfügbar ist. „Bedingt geeignet“ sind Gebäude, die ohne Sanierung nicht wirtschaftlich erschließbar sind bzw. nicht genug Platz auf dem Grundstück für Erdwärmesonden vorhanden ist. „Ungeeignet“ sind Gebäude, die auch bei Vollsanierung nicht wirtschaftlich erschließbar sind.

6.3.3.2 Hydrothermische Umgebungswärme

In der folgenden Prinzipskizze nach STRÖBELE 2024 ist die grundsätzliche Funktionsweise für die Nutzung der hydrothermischen Umgebungswärme dargestellt. Dabei wird See- oder Flusswasser entnommen und über einen Wärmetauscher an das kalte Wärmenetz angeschlossen. Somit können die im Bild dargestellten Gebäude über die dezentral verbauten Wärmepumpen im dargestellten Sekundärkreislauf geheizt werden. Die schematisch dargestellte Fertigungsanlage kann im Netz zur Nutzung der verfügbaren Prozessabwärme angeschlossen werden. Infolgedessen kann die Quellentemperatur im Vergleich zur isolierten Nutzung der aerothermischen Umgebungswärme erhöht und somit die Anlageneffizienz erhöht werden.

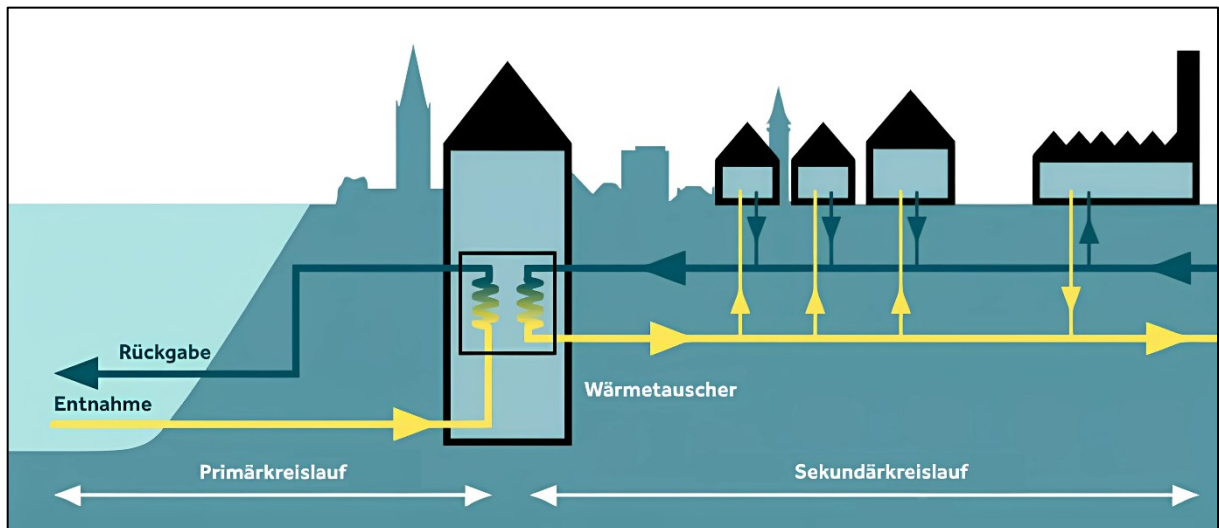


Abbildung 6-13: Prinzipsdarstellung zur Nutzung hydrothermischer Umgebungswärme (STRÖBELE 2024)

Alternativ kann die Wärmepumpe auch zentral angeordnet werden, um ein warmes bzw. heißes Wärmenetz zu speisen. Dann würden die dezentral verbauten Wärmepumpen durch Wärmetauscher ersetzt werden und es würde sich die Netztopologie entsprechend ändern.

Entsprechende Potenziale können nicht ausgewiesen werden, da Volumenströme und Gewässertiefen die Mindestanforderungen nicht erfüllen.

6.3.4 Biomasse und Reststoffe

Grundsätzlich kann die Nutzung von Biomassepotenzialen unabhängig vom Erzeuger-Standort erfolgen, sodass eine überörtliche Nutzung möglich ist. Nutzungseinschränkungen können beispielsweise durch Emissionsanforderungen, Zufahrtsmöglichkeiten oder kommunale Vorgaben begründet sein, welche an dieser Stelle jedoch nicht weiter berücksichtigt werden. Für die Erhebung der Potenziale nachwachsender Rohstoffe und Reststoffe ist demnach die Bestimmung der möglichen Wärmemengen auf Basis der vorhandenen Rohstoffe ausreichend. Bei den nachwachsenden Rohstoffen wurden dafür die Acker-, Wald- und Grünlandflächen in der Kommune untersucht. Dabei werden die Rohstoffe aus Acker- und Grünlandflächen potenziellseitig der Biogaserzeugung zugerechnet. Im Prinzip kann auch Biomasse aus Waldflächen der Verarbeitung in Biogasanlagen zugeführt werden, was jedoch selten vorkommt. Dies liegt vor allem am Ligningehalt, der schwer abzubauen ist. Die Zuführung von Holz in Biomassekraftwerken (KWK) ist daher eher geeignet und wurde dementsprechend unterstellt. In folgenden Unterkapiteln wird daher auf die Biomasse von Acker- und Grünlandflächen gesondert zur Biomasse aus Waldflächen und Reststoffen eingegangen.

6.3.4.1 Reststoffe

In der Gemeinde Lohfelden fallen, wie in allen Kommunen in Deutschland, Abfälle an. Der Großteil der Gemeinden führt thermisch verwertbare Abfälle einer Abfallverbrennungsanlage zu, um auf diesem Weg Prozesswärme, Fernwärme, Strom oder eine Mischung aus den genannten Energien bereitzustellen. Darüber hinaus besteht das Ziel, den Abfall volumetrisch zu reduzieren. Der Hausmüll aus Lohfelden wird in verschiedenen Anlagen thermisch verwertet. Ein zusätzliches Potenzial ist demnach nicht gegeben.

6.3.4.2 Biomasse von Agrar- und Grünlandflächen

Die energetische Verwertung der jeweils vorhandenen Biomasse erfolgt in einer fiktiven Biogasanlage. Dafür werden die Energiepflanzen bzw. die organischen Abfälle in einem Fermenter unter anaeroben Bedingungen zersetzt, wobei Gärreste und Biogase entstehen. Im Anschluss werden diese in einer KWK-Anlage weiterverarbeitet oder aufbereitet, damit der gewünschte Methangehalt erreicht wird. Konkurrenzsituationen, wie beispielsweise durch den Nahrungsmittel- und Futtermittelanbau wird vermieden, indem lediglich 12 % des Grünlandaufwuchses und 30 % der Ackerflächen für eine energetische einberechnet wurden.

| Biomassepotenzial aus Agrar- und Grünlandflächen | | | | |
|--|----------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| Ortsteil | Biogasertrag | thermisches Energiepotenzial (KWK) | elektrische Energiepotenzial (KWK) | Summe Potenziale |
| [-] | [m³/Jahr] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] |
| Summe: | 870.052 | 3.132 | 1.827 | 4.959 |
| Ochshausen | 100.009 | 360 | 210 | 570 |
| Vollmarshausen | 526.002 | 1.894 | 1.105 | 2.998 |
| Crumbach | 244.040 | 879 | 512 | 1.391 |

Tabelle 6-14: Biomassepotenzial aus Agrar- und Grünlandflächen (interne Berechnung)

Bei der Möglichkeit, die erzeugte Biogasmenge im KWK-Prozess in Strom und Wärme zu wandeln, ist jedoch auf der thermischen Seite eine gewisse Nähe zum Wärmeabnehmer umzusetzen. Mit steigender Leitungslänge werden auch bei guter Isolation thermische Verluste realisiert. Entsprechend ist eine Untersuchung der potenziellen Versorgungsflächen erst sinnvoll, wenn Wärmenetze im späteren Prozess der Kommunalen Wärmeplanung definiert wurden. Dies gilt ebenfalls für das Biomasse-Potenzial aus Waldflächen.

6.3.4.3 Biomasse aus Waldflächen

Die Nutzung von Holz als erneuerbare Energie setzt voraus, dass den Wäldern nicht mehr Holz entnommen wird, als nachwächst. Somit ist das nutzbare Holz für eine Wärme-Kopplungs-Anlage auf den Zuwachs limitiert. Auf Basis der Waldinventur vom BUNDESFORSCHUNGSINSTITUT FÜR LÄNDLICHE RÄUME, WALD UND FISCHEREI 2024 ergibt sich ein durchschnittlicher Holzzuwachs über alle Baumartengruppen und Brusthöhendurchmesser von 6,66 verwertbaren Erntefestmeter pro Jahr und pro Hektar Waldfläche in Hessen. Dabei stehen Waldflächen analog zu Acker- und Grünlandflächen ebenso in Konkurrenz mit anderen Nutzungs- und Verwertungsmöglichkeiten. Gerade die Nachfrage von Holz als Bau- und Industriestoff ist steigend, da somit die Nachhaltigkeit in den Verarbeitungs- bzw. Wirtschaftsprozessen erhöht werden kann. Infolgedessen wird auf Basis der Ergebnisse vom FEDERAL INSTITUTE FOR FOREST, SNOW AND LANDSCAPE RESEARCH 2020 der für Energiezwecke maximal nutzbare Anteil stark begrenzt. Der für Energiezwecke reduzierte Holzertrag und die darauffolgenden Potenziale sind in nachkommender Tabelle zusammengefasst.

| Biomassepotenzial aus Waldflächen | | | | |
|-----------------------------------|------------------|--|--|---------------------|
| Ortsteil | Holzertrag (Efm) | thermisches Energiepotenzial (KWK) | elektrische Energiepotenzial (KWK) | Summe Potenziale |
| [-] | [m³/Jahr] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] |
| Summe: | 106 | 95 | 55 | 150 |
| Ochshausen | 16 | 14 | 8 | 23 |
| Vollmarshausen | 59 | 53 | 31 | 85 |
| Crumbach | 30 | 27 | 16 | 43 |

Tabella 6-15: Biomassepotenzial aus Waldflächen (interne Berechnung)

6.3.5 Windkraft

Windkraftanlagen nutzen die kinetische Energie des Windes, um über Rotorblätter eine Welle anzutreiben, die wiederum einen Generator in Bewegung setzt und elektrische Energie bereitstellt. Diese Form der Energiegewinnung zählt zu den bedeutendsten und umweltfreundlichsten Methoden der erneuerbaren Stromerzeugung. Es gibt verschiedene Typen von Windenergieanlagen, darunter Onshore- und Offshore-Anlagen. Onshore-Windkraftanlagen werden an Land errichtet und nutzen die dort verfügbaren Windressourcen. Sie zeichnen sich durch vergleichsweise kurze Transportwege, geringere Installationskosten und eine hohe Flächenverfügbarkeit aus. Offshore-Anlagen befinden sich hingegen auf dem Meer und profitieren von konstanten und starken Windgeschwindigkeiten. Dadurch erzielen sie oft höhere Volllaststunden und eine stabilere Energieausbeute. Allerdings sind Bau, Wartung und Netzanschluss deutlich aufwendiger als an Land.

Die Nutzung von Windenergie bietet zahlreiche Vorteile, darunter die Reduzierung von Treibhausgasemissionen, die hohe Verfügbarkeit der Ressource Wind und die Möglichkeit, große Mengen elektrischer Energie ohne Brennstoffverbrauch zu erzeugen. Dennoch bestehen auch technische und ökologische Herausforderungen, weshalb strenge Anforderungen an die Planung, Errichtung und den Betrieb von Windkraftanlagen gestellt werden. Windenergieanlagen müssen so positioniert und ausgelegt werden, dass sie sowohl die Windverhältnisse als auch ökologische Belange berücksichtigen. Dazu zählen z.B. ausreichende Mindestabstände zu Siedlungen, um Lärm- und Schattenwurf zu minimieren. Zudem beeinflussen Windparks den Landschaftsraum, sodass raumordnerische Vorgaben einzuhalten sind. Die Planung erfolgt in der Regel auf Grundlage detaillierter Gutachten. Die Leistung einer Windenergieanlage hängt maßgeblich von der Windgeschwindigkeit, der Rotorfläche, der Nabenhöhe und dem Wirkungsgrad der gesamten Anlagenkomponenten einschließlich Rotor, Getriebe, insofern vorhanden, Generator und Umrichter ab.

Die aktuelle Flächenordnung in Lohfelden schließt eine Nutzung von Windkraft im Projektgebiet aus. Potenziale, die Änderungen der Flächenordnung erfordern würden, wurden in den Maßnahmen berücksichtigt.

6.3.6 Wasserkraft

Wasserkraftwerke nutzen die potenzielle Energie des Wassers, um Turbinen anzutreiben, die wiederum Generatoren antreiben, welche elektrische Energie bereitstellen. Diese Form der Energiegewinnung zählt zu den ältesten und umweltfreundlichsten Methoden der Stromerzeugung. Es gibt verschiedene Typen von Wasserkraftwerken, darunter Laufwasserkraftwerke, Speicherkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke. Laufwasserkraftwerke nutzen die natürliche Strömung eines Flusses, um kontinuierlich Strom zu erzeugen. Der Zufluss und Abfluss sind meist identisch. In Speicherkraftwerken wird hingegen Wasser in einem Stausee gespeichert und bei Bedarf durch Turbinen geleitet, um elektrische Energie zu erzeugen. Sie bieten die Möglichkeit, Energie zu speichern und bei Spitzenlastzeiten abzurufen. Pumpspeicherkraftwerke speichern überschüssige Energie, indem sie Wasser in höhere Lagen pumpen. Bei Bedarf wird das Wasser abgelassen, um durch Turbinen Strom zu erzeugen. Sie dienen als Energiespeicher und zur Netzstabilisierung. Die Nutzung von Wasserkraft bietet zahlreiche Vorteile, darunter die Reduzierung von Treibhausgasemissionen und die Bereitstellung einer zuverlässigen Energiequelle. Allerdings gibt es auch ökologische Herausforderungen, weswegen hohe Anforderungen an den Bau und Betrieb entsprechender Anlagen gestellt werden.

Wasserkraftanlagen müssen nach ANDERER, DUMONT, MASSMANN & KEUNEKE 2011 einen Mindestabfluss gewährleisten, um das ursprüngliche Gewässerbett als Lebensraum zu erhalten. Dieser Mindestabfluss richtet sich nach den ökologischen Erfordernissen und wird für jede Anlage individuell festgelegt. Zudem muss die Wanderung von Fischen und anderen Organismen sichergestellt werden. Neben Fischen beeinflusst die Anlage den natürlichen Feststofftransport für Sedimente, was ebenfalls zu beachten ist. Allgemein besagt die EG-Wasserrahmenrichtlinie, dass oberirdische Gewässer so bewirtschaftet werden müssen, dass eine Verschlechterung ihres Zustands vermieden wird.

Um Laufwasserkraftwerke wirtschaftlich betreiben zu können, müssen topographische und hydrologische Bedingungen erfüllt sein. Flussabschnitte mit starkem Gefälle sind ideal, da sie größere Energiepotenziale bieten. Zudem ist eine ausreichende und konstante Wassermenge notwendig, um eine kontinuierliche Energieerzeugung sicherzustellen. Insbesondere ist die Leistung abhängig vom Wasserdurchfluss, der Fallhöhe des Wassers und dem Wirkungsgrad der Turbineneinheit inkl. Generator, Transformator und Getriebe. Entsprechende Voraussetzungen für energetisch relevante Anlagen nach AUFLEGER & BRINKMEIER 2015 sind in Lohfelden nicht gegeben.

6.3.7 Geothermie

Geothermie meint die Nutzung der Erdwärme mittels verschiedener Technologien. Zur Verwertung der Erdwärme kann, abhängig von der verwendeten Technologie, eine Wärmepumpe erforderlich sein, um ein angestrebtes Temperaturniveau zu erreichen. Ähnlich wie bei Gewässerthermie ist dabei das Ziel, Wärmequellen zu nutzen, die abgeschwächt der Außenlufttemperatur folgen oder besser davon unabhängig sind. Dafür ist zu verstehen, dass bei Wärmepumpen jenes Verhältnis von bereitgestellter Wärmeleistung zur benötigten Antriebsenergie stark von der Temperatur der Wärmequelle und von der Wärmepumpen-Austrittstemperatur abhängig ist. Folglich soll vermieden werden, dass die Wärmequelle temperaturseitig absinkt, während die Austrittstemperatur steigt, was z.B. bei Luft/Luft-Wärmepumpen der Fall ist. Daher kann allgemein beschrieben werden, dass nicht nur die Wärmemenge entscheidend ist, sondern auch dessen Temperaturniveau. Ferner ist eine Wärmequelle umso wertvoller, je höher die Quellentemperatur insbesondere in der Zeit des höchsten Wärmebedarfs ist. Entsprechend der nachfolgenden Darstellung wird somit das Potenzial von Geothermie deutlich.

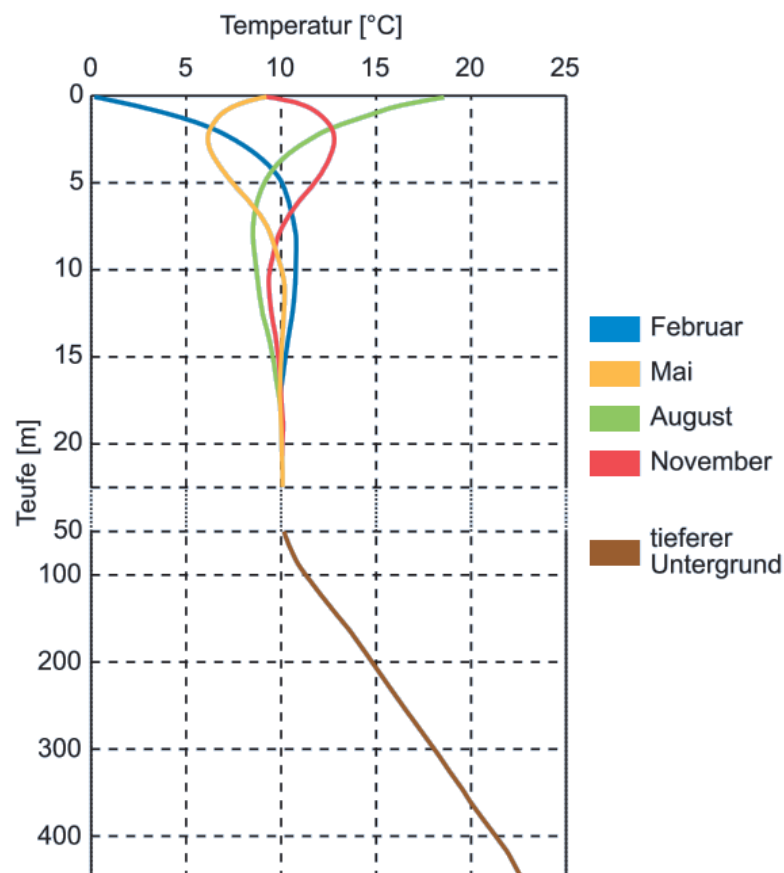


Abbildung 6-14: Die Veränderung der Temperatur in Abhängigkeit von der Tiefe¹ und den Jahreszeiten (BRANDENBURGISCHE ENERGIE TECHNOLOGIE INITIATIVE 2009)

¹ Tiefe ist der bergmännische Begriff für die Tiefe unterhalb der Erdoberfläche.

Wie der Abbildung entnommen werden kann, schwankt die Temperatur umso stärker, je näher an der Oberfläche gemessen wird. Unterhalb der Tiefe der saisonalen Schwankung nimmt die Temperatur in unseren Breitengraden etwa 3°C je 100m zu (BRANDENBURGISCHE ENERGIE TECHNOLOGIE INITIATIVE 2009). Die dargestellte oberflächennahe Geothermie bis 400m Tiefe wird in den folgenden Unterkapiteln analog der tiefen Geothermie ab 400m weiter detailliert.

6.3.7.1 Oberflächennahe Geothermie

Mit der zunehmenden Bedeutung erneuerbarer Energien wird die oberflächennahe Geothermie eine immer wichtigere Rolle spielen. Innovative Technologien und verbesserte Bohrtechniken werden dazu beitragen, die Effizienz und Akzeptanz dieser nachhaltigen Energiequelle weiter zu steigern. Technologisch gibt es vier Kategorien, wie oberflächennahe Geothermie genutzt werden. Diese sind im Folgenden aufgeführt.





| Technologieüberblick oberflächennahe Geothermie | | | |
|---|---|---|---|
| Erdwärmekollektoren | Erdwärmesonden | Grundwasserbrunnen | Wärme- und Kältespeicherung |
|  |  |  |  |
| horizontales, geschlossenes System, ca. 1 - 1,5 m Tiefe | vertikales, geschlossenes System, meist 40 - 150 m Tiefe | offenes System mit zwei Brunnen | Speicherung von Wärme und Kälte über Sonden oder Grundwasserbrunnen |
| Heizung und Warmwasserversorgung, hoher Flächenbedarf, meist genehmigungsfrei | Heizung und Warmwasserversorgung, geringer Platzbedarf, fast überall realisierbar | Heizung und Warmwasserversorgung, hohe energetische Ergiebigkeit, je nach Grundwasserchemismus wartungsintensiv | zur Gebäudeklimatisierung, hohe Speichertemperaturen möglich |

Abbildung 6-15: Technologieüberblick oberflächennahe Geothermie (GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011)

Laut dem BUNDESVERBAND GEOTHERMIE 2025 sind in Deutschland über 470.000 Anlagen zur oberflächennahen Geothermie in Betrieb und jährlich kommen, Stand 2022, etwa 31.000 neue Anlagen hinzu. Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren werden dabei am meisten eingesetzt, deren Potenziale im Folgenden detaillierter beleuchtet werden.

Analog der Versorgung von Einfamilienhäusern mit Erdwärmesonden, können mehrere Erdwärmesonden, sogenannte Sondenfelder, für zentrale Versorgungsstrukturen genutzt werden. Auf Basis der Daten vom HESSISCHES LANDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, UMWELT UND GEOLOGIE 2025 beträgt die Wärmeleitfähigkeit im Projektgebiet größtenteils 1,28 W/m*K. Für die Dimensionierung von Erdwärmesondenanlagen mit Leistungen größer als 30 kW ist eine detaillierte Analyse der geologischen Bedingungen und eine genaue Berechnung der spezifischen Entzugsleistung erforderlich. Faktoren wie die ungestörte Erdreichtemperatur, die Wärmeleitfähigkeit des Bodens und der Grundwassereinfluss müssen berücksichtigt werden und beeinflussen die Sondenlängen sowie deren Anzahl. Dahingehend ist ein Thermal Response Test unverzichtbar. Dieser Test ermittelt die tatsächliche Wärmeleitfähigkeit des Bodens sowie die thermischen Eigenschaften der Erdwärmesonde. Die Resultate sind maßgeblich für die präzise Dimensionierung der Anlage. U.a. kann die Entzugsleistung pro Sonde bei einer höheren Anzahl von eingesetzten Sonden im Sondenfeld abnehmen. Hintergrund sind die thermischen Wechselwirkungen und die unzureichende Bodenregeneration. Daher ist die Geometrie des Sondenfeldes und der Abstand zwischen den Sonden für eine über Jahre konstante Entzugsleistung relevant. Um im Rahmen der Wärmeplanung ein theoretisches Potenzial ableiten zu können, wurden der Mindestabstand der Sonden an praktische Ausführungen angepasst und die zur Wärmeleitfähigkeit des Bodens passende spezifische Entzugsleistung nach VDI 4640 2019 übernommen. Zusätzlich wurden Einschränkungen bei der Flächenausnutzung für Bedarfe der notwendigen Infrastruktur ebenso berücksichtigt wie eine verringerte Entzugsleistung aufgrund der thermischen Beeinflussung der Sonden untereinander. Daraus abgeleitet, besteht folgendes theoretisches Potenzial:

| Potenzial von Erdwärmesonden | | | | |
|------------------------------|---------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Ortsteil | Größe | mögliche Sondenanzahl | Kummulierte Sondenleistung | Mobilisierbares Geothermiepotenzial |
| [-] | [ha] | [-] | [MWh/Jahr] | [MWh/Jahr] |
| Summe: | 298,88 | 29.888 | 143.462 | 14.346 |
| Ochshausen | 2,87 | 287 | 1.378 | 138 |
| Vollmarshausen | 213,18 | 21.318 | 102.326 | 10.233 |
| Crumbach | 82,83 | 8.283 | 39.758 | 3.976 |

Tabelle 6-16: Potenzial von Erdwärmesonden bei 2.400h Betriebsstunden pro Jahr (interne Berechnung)

6.3.7.2 Tiefe Geothermie

Tiefe Geothermie bietet das Potenzial, große Mengen an erneuerbarer Energie bereitzustellen und somit einen bedeutenden Beitrag zur Erreichung der Klimaziele zu leisten. Die Nutzung erfordert jedoch umfangreiche geologische Untersuchungen und technische Planungen. Bohrungen in große Tiefen sind technisch anspruchsvoll und kostenintensiv, und die geologischen Bedingungen müssen sorgfältig analysiert werden. Trotz dieser Herausforderungen hat die tiefe Geothermie in den letzten Jahren weltweit an Bedeutung gewonnen. Zur Nutzung des Potenzials können folgende Technologien eingesetzt werden.

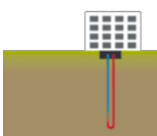
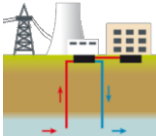
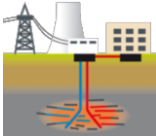
| Technologieüberblick tiefe Geothermie | | |
|---|--|---|
| Tiefe Erdwärmesonden | Hydrothermale Nutzung | Petrothermale Nutzung |
|  |  |  |
| Speicherung von Wärme und Kälte über Sonden oder Grundwasserbrunnen, zur Gebäudeklimatisierung, hohe Speichertemperaturen möglich | Nutzung temperierter Tiefenwässer zur Wärme- und Stromgewinnung, an ergiebige Grundwasserleiter gebunden | offenes System zur Wärme- und Stromgewinnung in Tiefenbereichen ab 3 000 m, hohe energetische Ergiebigkeit, hohe Investitionskosten |

Abbildung 6-16: Technologieüberblick tiefe Geothermie (GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011)

Das Potenzial der hydrothermalen Nutzung ist laut LEIBNIZ-INSTITUT & BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN 2013 nicht nachgewiesen, jenes Potenzial der petrothermalen Nutzung ebenfalls nicht. Die Möglichkeit zur Nutzung und die Ergiebigkeit der Wärmequellen hängt von verschiedenen Faktoren ab und kann in dieser Wärmeplanung nicht kalkuliert werden. Dafür sind tiefergehende Untersuchungen notwendig. Mögliche Standorte sind zwischen geologischen Rahmenbedingungen, der geplanten Flächennutzung und der Nähe zum möglichen Wärmenetz im Detail zu bestimmen.

6.3.8 Unvermeidbare Abwärme

Unvermeidbare Abwärme kann in Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen von Industrie- und Gewerbebetrieben als Nebenprodukt entstehen, welche außerhalb der Unternehmensgrenzen für Wärmeversorgungsstrukturen genutzt werden kann. Zusätzliche Abwärme wird durch Abwässer transportiert. Diese Wärme kann sowohl aus gereinigtem Abwasser im Ablauf von Kläranlagen als auch aus Rohabwasser in der Kanalisation vor der Kläranlage gewonnen werden. Ziel ist es, die derzeit ungenutzt an die Umgebung abgegebene Wärme als klimaneutrale Wärmeversorgungsoption zu untersuchen. Dabei soll die Abwärme, abhängig vom Temperaturniveau, der Wärmemenge und dem Wärmeträgermedium, in der Nähe der Abnahmestelle genutzt oder über ein Wärmenetz für externe Anwendungen zugeführt werden.

6.3.8.1 Abwärme aus Wirtschaftsprozessen

In vielen Wirtschaftsprozessen entsteht unvermeidbare Abwärme, die bislang häufig ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Die energetische Nutzung dieser Wärme stellt jedoch ein bedeutendes Potenzial dar, um Effizienzgewinne zu erzielen, fossile Energieträger zu ersetzen und die lokale Wärmeversorgung nachhaltiger zu gestalten. Entscheidend ist dabei vor allem die Menge und Verfügbarkeit der Abwärme, die Nähe zwischen Abwärmequelle und Wärmeabnehmer, die Art des Trägermediums, die innerbetriebliche Nutzungsmöglichkeit, die Wirtschaftlichkeit der Nutzung und das Temperaturniveau der anfallenden Abwärme, da es maßgeblich bestimmt, welche technischen Optionen zur Rückgewinnung und Nutzung infrage kommen. Je nach Temperaturniveau der Abwärme ergeben sich unterschiedliche Erschließungsmöglichkeiten. Zum einen sind dies nieder- und mittelkalorische Abwärmequellen, die mit Hilfe von Großwärmepumpen oder bei der Einspeisung in kalte Nahwärmenetze mit dezentralen Wärmepumpen nutzbar gemacht werden können. Zum anderen sind es hochkalorische Quellen, die als Direkteinspeisung in Wärmenetze genutzt werden sollten.

Für die Identifikation von unvermeidbarer Abwärme aus Wirtschaftsprozessen kann zunächst nicht auf die Ergebnisse der Schornsteinfeger zurückgegriffen werden, da Kkehrbuchdaten keine Feuerstätten größer 1 MW enthalten. Die Pflicht zum Emissionshandel greift jedoch erst deutlich später, so dass dies ebenfalls keine zuverlässige Datengrundlage birgt. So wurde zum einen auf Daten des BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE 2025 zurückgegriffen. Eine entsprechende Sichtung der Datensätze ergibt ein theoretisches Abwärmepotenzial. Nach der Abstimmung und Bewertung der Potenziale mit dem Fachpersonal des potenziellen Abwärmelieferanten wurde aufgrund des Trägermediums sowie des verfügbaren Leistungsprofils in Kombination mit der innerbetrieblichen Nutzung des Abwärmepotenzials entschieden, keine weitergehende Nutzung vorzuschlagen.

6.3.8.2 Abwasserwärme

Die potenziellen Energiemengen, die dem Abwasser entzogen werden können, sind im Hinblick der klimaschonenden Energieversorgung notwendig zu untersuchen. Nach BURI & KOBEL 2004 können bei der Abkühlung eines Kubikmeters Abwasser um lediglich ein Kelvin ca. 1,5 Kilowattstunden Wärme entzogen werden. Aus dem gleichen Kubikmeter können des Weiteren Klärgase in der Abwasserreinigungsanlage gewonnen werden, die wiederum einen Energieinhalt von 0,3 Kilowattstunden (BURI & KOBEL 2004) entsprechen. In Lohfelden ist die Infrastruktur zur leitungsgebundenen Schmutzwasserbeseitigung vorhanden. Somit ergibt sich ein theoretisches Potenzial zur Nutzung von Abwärme aus Abwasser für Wärmepumpen, die dem Schmutzwasser über einen Wärmetauscher Energie entziehen und auf ein für Heizzwecke nutzbares Temperaturniveau wandeln. Durch das im Vergleich zur Umgebungsluft, insbesondere in den Wintermonaten, höhere Ausgangsniveau erhöht sich die Energieeffizienz der Anlage.

Dem entgegen stehen insbesondere höhere Investitionskosten. Eine entsprechende Anlage lohnt sich daher im Detail zu untersuchen, wenn eine entsprechende Wärmemenge zur Verfügung gestellt werden kann. Nach BURI & KOBEL 2004 ist dafür eine mittlere Abflussmenge von 15l/s bei drucklosen Kanälen notwendig. Zusätzlich muss der Einbau eines Wärmetauschers technisch und ökonomisch sinnvoll sein. Dafür ist nach BURI & KOBEL 2004 ein Kanalinnendurchmesser von mindestens 800mm notwendig. Zusammenfassend kann das Energiepotenzial aus Abwasserwärme folgender Tabelle entnommen werden

| Abwasserwärme | | |
|---------------------------------------|------------|--------|
| Benennung | Einheit | Wert |
| Nutzbarer Anteil (berechnet) | [-] | 0,70 |
| Wärmetauscherwirkungsgrad (berechnet) | [-] | 0,68 |
| Nutzbarer Volumenstrom | [l/s] | 163,31 |
| Energiepotenzial | [MWh/Jahr] | 13.399 |

Tabelle 6-17: Potenzial von Abwasserwärme bei 4.000h Betriebsstunden pro Jahr (interne Berechnung)

6.3.9 Wärmespeicher

Während fossile Wärmeerzeugungsanlagen Wärme genau dann produzieren, wenn sie benötigt wird, arbeiten erneuerbare Wärmequellen oft unabhängig vom aktuellen Wärmebedarf. Dies liegt daran, dass erneuerbare Energien wie Solar- und Windenergie nicht kontinuierlich verfügbar sind, sondern von Wetterbedingungen und Tageszeiten abhängen. Um diese Schwankungen auszugleichen und eine zuverlässige Wärmeversorgung zu gewährleisten, kommen Wärmespeicher zum Einsatz. Wärmespeicher können je nach Technologie und Größe die erzeugte Wärme über verschiedene Zeiträume speichern:

- Kurzfristige Speicherung: Stunden bis Tage, ideal um Spitzenlasten zu puffern
- Langfristige Speicherung: Wochen bis Monate, um saisonale Schwankungen auszugleichen

Es gibt verschiedene Arten von Wärmespeichern, die je nach Anwendung und Bedarf eingesetzt werden. Behälter-Wärmespeicher, auch als Tankspeicher bekannt, speichern Wärme in isolierten Behältern, die mit Wasser oder anderen Wärmeträgermedien gefüllt sind. Diese Speicher sind flexibel einsetzbar und können sowohl in kleinen als auch in großen Systemen verwendet werden. Sie sind besonders geeignet für die kurzfristige Speicherung von Wärme, beispielsweise aus Solarthermieanlagen oder Blockheizkraftwerken.

Erdbecken-Wärmespeicher sind große, in den Boden eingelassene Becken, die mit Wasser gefüllt sind. Diese Speicher nutzen die thermische Masse des Erdreichs zur Isolation und können große Mengen an Wärme über längere Zeiträume speichern. Sie sind ideal für die saisonale Speicherung von Wärme, beispielsweise, um im Sommer erzeugte Solarwärme für den Winter zu speichern.

Erdsonden-Wärmespeicher bestehen aus vertikalen oder horizontalen Rohrsystemen, die in den Boden eingebracht werden. Diese Speicher nutzen die konstante Temperatur des Erdreichs zur Speicherung und Abgabe von Wärme. Sie sind besonders effizient und eignen sich gut für die Kombination mit Wärmepumpen, um sowohl Heiz- als auch Kühlbedarf zu decken.

Aquifer-Wärmespeicher nutzen natürliche unterirdische Wasserschichten zur Speicherung von Wärme. Diese Speicher sind besonders effektiv für die saisonale Speicherung, da sie große Mengen an Wärme aufnehmen und über lange Zeiträume speichern können. Aquifer-Wärmespeicher sind ideal für den Einsatz in größeren Wärmenetzen und können zur Stabilisierung der Wärmeversorgung beitragen.

Durch die Nutzung von Wärmespeichern können die Vorteile erneuerbarer Wärmequellen maximiert und ihre Nachteile, wie die zeitliche Unabhängigkeit vom Wärmebedarf, ausgeglichen werden.

6.4 Zusammenfassung der Potenziale

In der Zusammenfassung der Potenziale muss zum verständlichen Lesen der folgenden Tabelle darauf hingewiesen werden, dass sich die dargestellten maximalen Potenziale nicht ausschließlich aus den Summen ergeben. Dies ist damit begründet, dass Potenzialflächen teilweise nur für eine Umwandlungsanlage Verwendung finden können. Wenn eine Fläche beispielhaft für Photovoltaik genutzt wird, kann die gleiche Fläche nicht mehr für Solarthermie einberechnet werden. Dieser Effekt wurde berücksichtigt. Dem entgegen steht, dass auch Doppelverwendungen möglich sind, wie z.B. die Nutzung einer Agrarfläche für Agri-Photovoltaik und parallel als Standort zum Anbau von Kraftpflanzen für Biogasanlagen. Dies wurde ebenfalls berücksichtigt. Darüber hinaus entstehen bei einigen Technologien in der Doppelnutzung von Flächen sogar Vorteile. Ein Beispiel sind PVT-Kollektoren. Diese kombinieren Photovoltaik und die thermische Nutzung von Solarstrahlung, um damit z.B. im Sommer Sondenfelder zu regenerieren, wodurch im Winter die Gesamteffizienz der Anlagen ansteigt. Diese spezifischen Mischarten und deren Beeinflussung in den Potenzialen wurde jedoch nicht berücksichtigt.

| Zusammenfassung der Potenziale | | | | |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| Träger | Zusatz- information | Potenzial Wärme | Potenzial Strom | Maximal- Potenzial |
| [-] | [-] | [GWh/Jahr] | [GWh/Jahr] | [GWh/Jahr] |
| Maximal-Potenzial | | 106,30 | 69,60 | 148,74 |
| Sanierungspotenzial | | 39,64 | - | 39,64 |
| Solar- strahlung | Freiflächen | 4,43 | 2,45 | 4,43 |
| | Agrarflächen | 14,65 | 8,10 | 14,65 |
| | Privilegflächen | - | - | - |
| | Dachflächen | 16,60 | 57,16 | 57,16 |
| Umgebungs- wärme | Aerothermisch | unbegrenzt | - | - |
| | Flussthermie | - | - | - |
| | Seethermie | - | - | - |
| Biomasse und Reststoffe | Reststoffe | - | - | - |
| | Agrarflächen | 3,13 | 1,83 | 4,96 |
| | Waldflächen | 0,09 | 0,06 | 0,15 |
| Windkraft | | - | - | - |
| Wasserkraft | | - | - | - |
| Geothermie | oberflächennahe | 14,35 | - | 14,35 |
| | tiefe | TBD | TBD | TBD |
| Abwärme | Wirtschaftsproz. | - | - | - |
| | Abwasserwärme | 13,40 | - | 13,40 |

Tabelle 6-18: Zusammenfassung der Potenziale

In Lohfelden ergeben sich folglich diverse Möglichkeiten zur Erzeugung klimafreundlicher Energie in Form von Strom und Wärme. Im Vergleich zu der benötigten Energie, besteht in Lohfelden die Möglichkeit annähernd den gesamten Energiebedarf selbstständig zu decken, wie in der folgenden Abbildung ersichtlich ist. Insbesondere bei Solar- und Geothermie ist darauf hinzuweisen, dass diese Potenziale zur Wärmebereitstellung nur umgesetzt werden können, wenn Verbraucher die bereitgestellten Energien auch abnehmen.

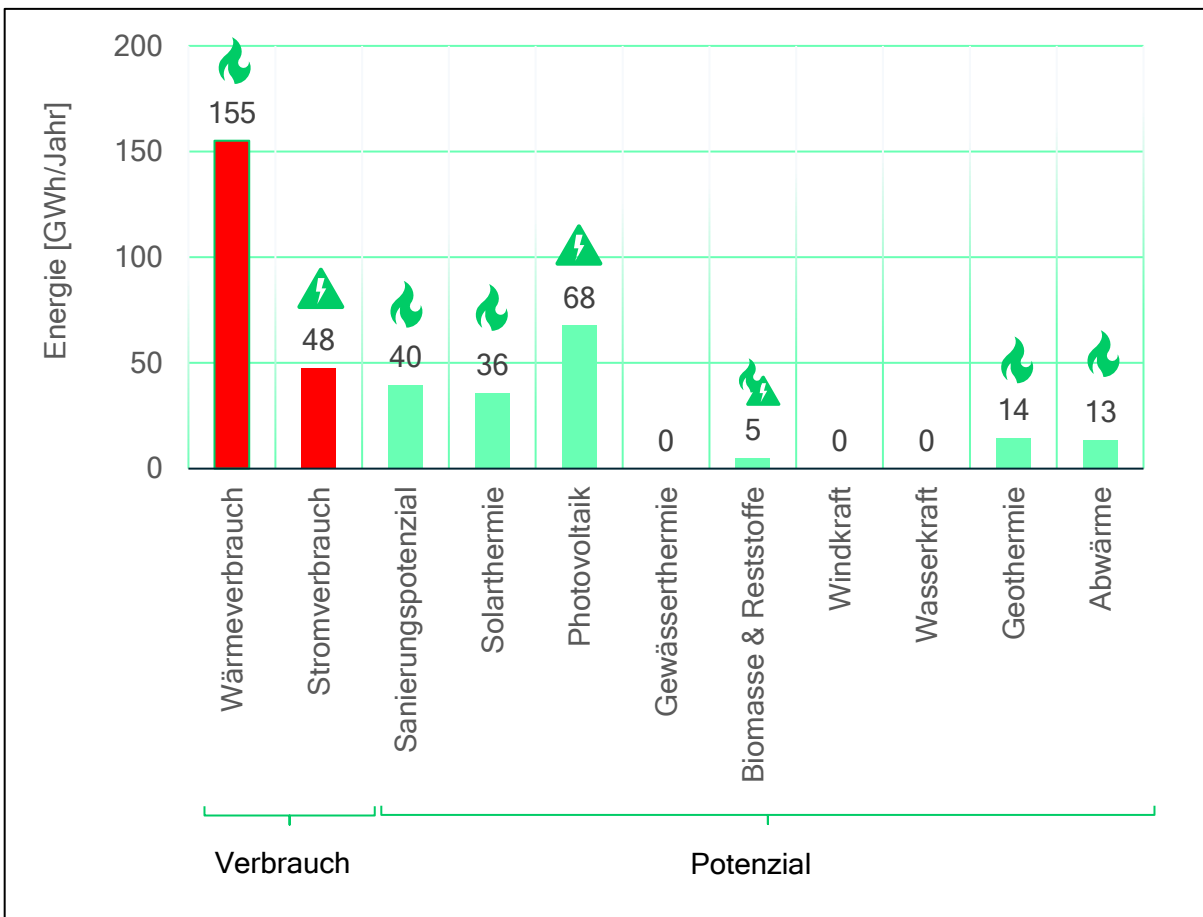


Abbildung 6-17: Gegenüberstellung der Gesamtverbräuche zu den mobilisierbaren Gesamtpotenzialen

Zusätzlich ist darauf hingewiesen, dass die entsprechende Nutzung der Potenziale, Auswirkungen auf die Struktur und auf den Ausbau- und Rückbaubedarf der Netze haben. Insbesondere ist auf den Ausbaubedarf der Stromnetze hingewiesen. Neben der Energiemenge sind bei der Energiebereitstellung für eine zentrale Wärmeversorgung weitere Kriterien entscheidend. Daher ist in der folgenden Tabelle ein qualitativer Technologievergleich vorgenommen worden, der bei der späteren Gestaltung der Wärmewendestrategie als Orientierung dienen soll.

| Technologievergleich der Wärmequellen | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| Technologie | Einschätzung | Bewertungskriterien | | | | | Technologie | Einschätzung | Bewertungskriterien | | | | |
| | | Lokale Verfügbarkeit | Temperaturniveau | Saisonale Unabhängigkeit | Ortsunabhängigkeit | Investitionskosten | | | Lokale Verfügbarkeit | Temperaturniveau | Saisonale Unabhängigkeit | Ortsunabhängigkeit | Investitionskosten |
| Solarthermie | ++ | | | | | | Geothermie, tief | ++ | | | | | |
| | + | o | o | | o | o | | + | o | ↕ | o | | |
| | 0 | | | | | | | 0 | | | | o | |
| | - | | | | | | | - | | | | | |
| | -- | | | o | | | | -- | | | | | o |
| Aerothermie | ++ | o | | | o | o | Geothermie, oberflächennahe | ++ | o | | | | |
| | + | | | | | | | + | | | o | o | |
| | 0 | | | | | | | 0 | | o | | | o |
| | - | | | | | | | - | | | | | |
| | -- | | o | o | | | | -- | | | | | |
| Hydrothermie | ++ | | | | | | Abwärme aus Wirtschaftsprozessen | ++ | | | | | o |
| | + | | | | | | | + | | ↕ | ↕ | | |
| | 0 | o | o | | | o | | 0 | | | | | |
| | - | | | o | | | | - | | | | o | |
| | -- | | | | o | | | -- | o | | | | |
| Reststoffe | ++ | | o | o | | | Abwasserwärme | ++ | | | | | o |
| | + | | | | | | | + | | | | | |
| | 0 | | | | o | o | | 0 | | o | o | o | |
| | - | | | | | | | - | | | | | |
| | -- | o | | | | | | -- | o | | | | |
| Biomasse | ++ | | o | | | o | | | | | | | |
| | + | | | o | o | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | | | | |
| | - | o | | | | | | | | | | | |
| | -- | | | | | | | | | | | | |

Tabelle 6-19: Technologievergleich der Potenziale zur zentralen Wärmeversorgung

Damit ist die Potenzialanalyse abgeschlossen. Auf Basis der dargestellten Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse können nun Gebiete und Quartiere für unterschiedliche Wärmeversorgungsstrukturen definiert werden.

7 Quartiere

Bisher wurden die Ergebnisse der Kommunalen Wärmeplanung auf Projektgebietebene und auf den Gebieten der Gemarkungen Ochshausen, Vollmarshausen und Crumbach abgebildet. Um jedoch ein Zielszenario festzulegen und davon die Wärmewendestrategie abzuleiten, ist es notwendig, die Ebene der Gesamtbetrachtung des Projektgebietes zu verlassen. In diesem Kapitel soll demnach definiert werden, welche Gebiete in Lohfelden als zusammenhängende Wärmeversorgungscluster betrachtet werden können. Diese Gebiete werden als Quartiere definiert und festgelegt, wie die Wärmeversorgung im Jahr 2045 gestaltet werden kann. Die abgeleiteten Wärmeversorgungsoptionen werden dann im nächsten Kapitel zu Szenarien für das gesamte Projektgebiet zusammengefasst.

7.1 Kriterien der Gebietseinteilung

Für die Einteilung der Quartiere ist eine Unterscheidung der Wärmeversorgungssysteme zu definieren. Dies soll im Einklang mit § 3 des Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze erfolgen. Grundlegend wird unterschieden, wo die gespeicherte Energie in Wärme umgewandelt wird. Hierfür gibt es zwei Arten:

- Zentrale Wärmeversorgung
- Dezentrale Wärmeversorgung

Dabei beschreibt die zentrale Wärmeversorgung das Wärmenetzgebiet nach WPG §3 Abs. 18. Während die Wärme bei der zentralen Versorgung an einem zentralen Ort entsteht, wird bei der dezentralen Versorgung die Wärme an verschiedenen Orten, meist in den Häusern, wo diese benötigt wird, erzeugt. Die dezentrale Versorgung unterteilt sich weiter in die unterschiedlichen Energieträger. Dabei wird nach WPG §3 Abs. 23 die Verwendung von Wasserstoff im Wasserstoffnetzgebiet verortet. Als Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung nach WPG §3 Abs. 6 gelten Gebiete, die überwiegend nicht über ein Wärme- oder Gasnetz versorgt werden, wobei ergänzend zum Gesetzestext anzumerken ist, dass eine Versorgung über Wasserstoff ebenfalls nicht in dieser Einteilung vorgesehen ist. Insofern das Quartier noch nicht eingeteilt werden kann, da unterschiedliche Umstände noch nicht bekannt oder noch nicht ausreichend bekannt sind, so ist dieses Quartier nach WPG §3 Abs. 10 als Prüfgebiet zu definieren. Ebenfalls als Prüfgebiete zu benennen, sind Quartiere, die vorrangig mittels Biomethan versorgt werden. So ergibt sich folgende Einteilung:

- Wärmenetzgebiet (zentrale Versorgung)
- Gebiet für dezentrale Wärmeversorgung (dezentral exkl. Wasserstoff und Biomethan)
- Wasserstoffnetzgebiet (dezentral mit Wasserstoff)
- Prüfgebiet (dezentral mit Biomethan)

Neben der Definition der Kategorien für die Versorgungsstruktur muss ebenfalls der Begriff Quartier für das weitere Vorgehen definiert werden:

„Ein Quartier ist ein fachmäßig zusammenhängendes Gebiet, welches die Infrastruktur sowie private- und öffentliche Gebäude beinhaltet und idealerweise übereinstimmende Merkmale besitzt (Back2B Solution GmbH).“

Aus der Definition wird deutlich, dass zur Festlegung der Quartiere die Ergebnisse aus der Bestandsanalyse zu den analysierten Gebäuden genutzt werden müssen. Zusätzlich wird die Infrastruktur erwähnt, wobei neben diversen infrastrukturellen Faktoren in einem Quartier insbesondere die Versorgungsinfrastruktur, wie z.B. Abwasser, Gasnetze und Wärmenetze hervorzuheben sind. Diesbezüglich müssen zwei Themenblöcke beachtet werden. Zum einen die heutige Versorgungsinfrastruktur, welche in der Bestandsanalyse betrachtet wurde und zum anderen eine mögliche, zukünftige Infrastruktur, die sich auf Basis der Potenzialanalyse und der möglichen Nutzung in den Quartieren ergeben kann.

Abgeschlossen wird die Definition durch die Anforderung, Quartiere möglichst so zu gestalten, dass diese übereinstimmende Merkmale besitzen. Um dies zu verdeutlichen, werden im Folgenden drei Beispielquartiere aufgezeigt, bevor die Merkmale definiert werden.



Abbildung 7-1: Ausschnitte aus Beispielquartieren (GOOGLE 2024)

Im ersten Beispielquartier bzw. dessen Ausschnitt in folgender Abbildung, ist ein innerstädtischer Wohn- und Geschäftsbereich einer Großstadt zu erkennen. Ein Gebiet mit sehr hoher Wärmedichte und einem hohem absoluten Wärme-Gesamtverbrauch. Zusätzlich kann eine begrenzte Sanierung durch eventuellen Denkmalschutz erwartet werden. Dadurch ist das Quartier voraussichtlich sehr gut für ein Wärmenetz geeignet. Hieraus können verschiedene relevante Merkmale für die Quartiersbildung in Lohfelden abgeleitet werden:

- Wärmedichte
- Gesamtverbrauch
- Sanierungsleistung

Im zweiten Quartiersausschnitt ist ein Gebiet mit mehreren Mehrfamilienhäusern zu erkennen. Das Beispielquartier besitzt eine mittlere Wärmedichte und ein bestehendes Gasnetz mit hoher Anschlussquote. Dadurch ist das Gebiet voraussichtlich als Eignungsgebiet für eine zukünftige Biomethanversorgung geeignet. Voraussetzung ist jedoch, dass im Projektgebiet oder im Gebiet des Netzbetreibers ausreichend Biomethan eingespeist wird. Auch hieraus lassen sich wieder relevante Merkmale ableiten:

- Bestehende Versorgungsstruktur (insbesondere vorhandenes Gas- oder Wärmenetz)
- Versorgungsmöglichkeiten aus der Potenzialanalyse

Im dritten Gebiet liegt eine dörfliche Struktur mit Einfamilienhäusern und niedriger Wärmedichte vor. Im Beispiel ist kein bestehendes Gasnetz vorhanden. Zudem liegen hohe Individualverbräuche vor und es wird größtenteils mit Öl geheizt, wodurch hohe Emissionen entstehen. Eine Transformation der Wärmeversorgung muss dezentral und leitungsungebunden erfolgen. Wichtiges Merkmal ist hier:

- Treibhausgasemissionen

Zusammenfassend wurden folgende Kriterien aufgeführt: **1. Wärmedichte**, wobei hierbei benannt werden muss, dass nicht der heutige Verbrauch für ein Wärmenetz entscheidend ist, sondern der erwartete Absatz an Wärme bezogen auf die benötigte Trassenlänge. Um abzuschätzen, wo ein Wärmenetz in einer weitergehenden Analyse und Machbarkeitsuntersuchung detailliert werden sollte, wurde definiert, dass mindestens die Wärmedichte von 300 MWh/(ha*a) im Zieljahr 2045 vorliegen muss. Die benötigte Wärmedichte bezieht sich demnach auf den zu erwartenden Absatz nach der **2. Sanierung** im Quartier sowie ohne die bereits heute auf erneuerbare Energien umgestellten Gebäude, da hier ein Anschluss an ein Wärmenetz unwahrscheinlicher ist. Dabei wurde die heutige vorliegende Versorgungsstruktur unterstellt. Zusätzlich wurde bei einer entsprechenden Wärmedichte **3. Ankerkunden** berücksichtigt, die für eine frühzeitige Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes entscheidend sind. Des Weiteren wurden die Standorte und Technologien aus der Potenzialanalyse berücksichtigt und als Kriterium **4. Versorgungsmöglichkeiten** festgelegt. Darüber hinaus ist eine Mindestgröße des Quartiers entscheidend. Da in der Kommunalen Wärmeplanung die Wärmeversorgung der gesamten Kommune im Fokus steht, können der kommunalen Verwaltung keine Mikronetze vorgeschlagen werden, die aus übergreifender Sicht bzgl. Emissionen und Abdeckungsgröße uninteressant sind. Das schließt aber nachdrücklich nicht aus, dass lokale Projektentwickler, Genossenschaften oder Eigentümergemeinschaften genau solche Mikronetze wirtschaftlich umsetzen können und sollten. Jene lokalen Projekte müssen außerhalb der kommunalen Verantwortlichkeiten umgesetzt werden. Die Mindestgröße wurde mit einem **5. Gesamtverbrauch** von 1 GWh/a festgelegt, wobei abgeschlossene Gebiete, die nicht sinnvoll größer geschnitten werden können, abweichen dürfen. Für den intelligenten Zuschnitt ist darüber hinaus die **6. Versorgungsstruktur** entscheidend, welche zusammen mit der Wärmedichte die **7. Treibhausgasemissionen** bestimmt.

7.2 Quartiersübersicht

In Summe ergeben sich mit der definierten Bewertungslogik in Lohfelden insgesamt 13 Quartiere. In den folgenden Abbildungen sind die räumlichen Verortungen der Quartiere abgebildet.

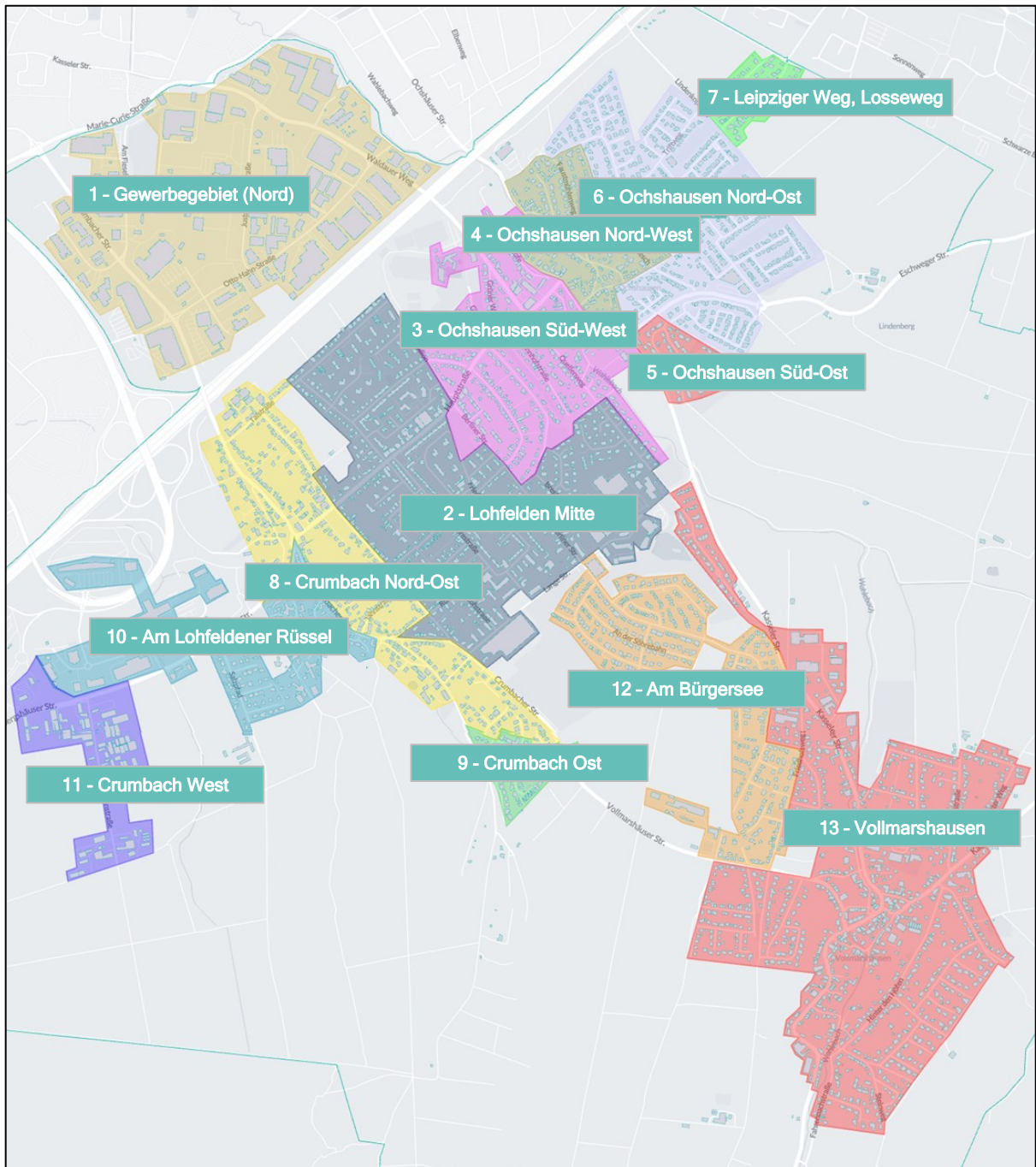


Abbildung 7-2: Quartier 1 bis 13 (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)

Alle Quartiere besitzen spezifische Versorgungsstrukturen, Endenergieverbräuche und Sanierungsmöglichkeiten. Durch diese konnten im Kapitel „Szenarien“ zukünftige Wärmeversorgungsmöglichkeiten abgeleitet wurden. Zusammenfassend soll folgende Tabelle eine Übersicht über die definierten Quartiere und deren spezifische Treibhausgasemissionen geben.

| Quartiersübersicht | | | | | |
|-------------------------------|-----|--------------------------|------------------|--------------------|---------------------------|
| Gemarkung | Nr. | Name | Fokus- gebiet | THG- Emissionen | Anteil THG- Emissionen |
| [-] | [-] | [-] | [-] | [t/a] | [%] |
| Σ THG-Emissionen [t/a] | | | | 37.363 | 100% |
| Rest | - | - | - | 1.849 | 5,0% |
| überw. Ochs. | 1 | Gewerbegebiet (Nord) | - | 2.109 | 5,7% |
| Ochs./Cru. | 2 | Lohfelden Mitte | X | 6.288 | 16,8% |
| Ochs. | 3 | Ochshausen Süd-West | - | 2.111 | 5,7% |
| Ochs. | 4 | Ochshausen Nord-West | X | 1.932 | 5,2% |
| Ochs. | 5 | Ochshausen Süd-Ost | X | 500 | 1,3% |
| Ochs. | 6 | Ochshausen Nord-Ost | - | 1.500 | 4,0% |
| Ochs. | 7 | Leipziger Weg / Losseweg | X | 564 | 1,5% |
| Crumbach | 8 | Crumbach Nord-Ost | - | 2.134 | 5,7% |
| Crumbach | 9 | Crumbach Ost | X | 572 | 1,5% |
| Crumbach | 10 | Am Lohfeldener Rüssel | X | 3.767 | 10,1% |
| Crumbach | 11 | Crumbach West | - | 312 | 0,8% |
| Ochs- & Vollm. | 12 | Am Bürgersee | - | 1.846 | 4,9% |
| Vollm. | 13 | Vollmarshausen | X | 11.879 | 31,8% |

Tabelle 7-1: Quartiersübersicht (interne Berechnungen)

Zudem sollen auf Basis der Quartiersdefinition Fokusgebiete festgelegt werden. Ziel dabei ist, begrenzte Ressourcen in der Verwaltung, aber auch bei eventuellen Projektentwicklern auf relevante Gebiete zu fokussieren, die mit Priorität behandelt werden sollten. Dabei meint relevant zum einen die Möglichkeit einer zentralen Versorgung umzusetzen, bei der Ressourcen der Projektbeteiligten eingesetzt und gesteuert werden müssen. Zum anderen den Einfluss der Quartiere auf den Gesamt-Treibhausgasausstoß der Kommune. Infolgedessen wurden zunächst die sieben Quartiere, in denen Wärmenetze voraussichtlich möglich sind, als Fokusgebiete definiert.

8 Szenarien

Die Szenarien sollen veranschaulichen, wie sich die Wärmeversorgung im Projektgebiet unter Realisierung unterschiedlicher Herangehensweisen voraussichtlich entwickeln wird. Dabei muss die Zielstellung des Wärmeplanungsgesetzes des BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023 wie folgt berücksichtigt werden.

„Ziel dieses Gesetzes ist es, einen wesentlichen Beitrag zur Umstellung der Erzeugung von der Versorgung mit Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme auf erneuerbare Energien, unvermeidbare Abwärme oder einer Kombination hieraus zu leisten, zu einer kosteneffizienten, nachhaltigen, sparsamen, bezahlbaren, resilienten sowie treibhausgasneutralen Wärmeversorgung bis spätestens zum Jahr 2045 (Zieljahr) beizutragen und Endenergieeinsparungen zu erbringen. Die Länder können ein früheres Zieljahr bestimmen, das im Rahmen der Umsetzung dieses Gesetzes zu Grunde zu legen ist.“

Festgehalten werden muss, dass in der Ausprägung der Zielerreichung in den benannten Kategorien aus oben genanntem Zitat Ziel-konkurrierende Situationen entstehen. In Folge können mit den heutigen Technologien, aus der heutigen Versorgungsstruktur im Projektgebiet heraus und mit den vorliegenden Potenzialen die benannten Zielkategorien nicht gänzlich in voller Ausprägung erreicht werden.

Aufgrund dieser Erkenntnis ist nicht nur ein Szenario zu entwickeln, welches entschieden werden muss, sondern es sind vielmehr Szenariovorschlüsse darzulegen, die sich in den Ausprägungen unterscheiden. Im Anschluss an diesen Prozess ist ein Zielszenario festzulegen, für welches die Wärmewendestrategie erarbeitet wird.

Des Weiteren wird im Zitat das Ziel einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung bis spätestens 2045 beschrieben. Die Treibhausgasbilanz wird mit Hilfe von Emissionsfaktoren in g CO₂-Äquivalent pro kWh Endenergie berechnet. Auch für erneuerbare Energien wie Biomasse oder Biomethan fallen Treibhausgase an, wenn auch im geringen Umfang. Entsprechend muss zur Erreichung der Zielstellung weitergehend untersucht werden, wie die anfallenden Treibhausgase der Atmosphäre entzogen und gespeichert werden können. Diese Untersuchung liegt jedoch außerhalb der kommunalen Wärmeplanung.

Im Folgenden werden unterschiedliche Szenarien für den Bereich Wärme vorgestellt. Diese Szenarien zeigen mögliche zukünftige Zielzustände im Jahr 2045 bzgl. Treibhausgasemissionen und Endenergieverbrauch.

8.1 Szenario 1: Klimaaoptimal mit Individuallösungen

Im ersten Szenario wird eine möglichst klimaaoptimale Wärmeversorgung mithilfe von Individuallösungen untersucht. Als Beispiel können die festgelegten Möglichkeiten zur Quartiersversorgung herangezogen werden. Beispielsweise werden im Quartier 9 - Crumbach Ost heute 21 MWh/a Endenergie an Biomasse für Wärmezwecke umgesetzt. Dies entspricht einem Anteil von 0,77 % an Nutzenergie vom gesamten Quartier. Diese bereits zukunftsfähige Wärmeversorgung wird selbstverständlich beibehalten und, realistisch betrachtet, unabhängig von den Festlegungen, weiter ausgebaut werden. Im Folgenden ist die heutige Versorgungsstruktur sowie die Prognose der Versorgungsstruktur 2045 mit Individuallösungen in % Nutzenergie von Gesamtquartier aufgezeigt.

- Versorgung heute: 92,6 % Gas, 4,9 % Heizstrom, 1,6 % Öl, 0,8 % Biomasse, 0,1 % Braunkohle
- Versorgung 2045 mit Individuallösungen: 75 % Wärmepumpe, 25 % Biomasse

Diese Aufteilung wurde für jedes Quartier spezifisch angepasst und ist individuell. Auf Basis dieser Aufteilungen sowie der berechneten Sanierungsleistung für jedes Gebäude in allen 19 Quartieren ergibt sich die Zielversorgungsstruktur mit dem erwarteten Endenergieverbrauch und den daraus abgeleiteten Treibhausgasemissionen für das Projektgebiet. Dies ist in Summe und für die Fokusgebiete im folgendem dargestellt.

| Individuallszenario 2045 | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|-------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------|-----------------|----------------------|----------|
| Summe | | | | Gas | Bio- masse | Wärme- pumpe | Fern- wärme EE | |
| Σ Endenergie [MWh/a] | | | | 72.802 | 754 | 49.208 | 22.841 | 0 |
| Σ THG-Emissionen [t/a] | | | | 998 | 14 | 984 | 0 | 0 |
| Gemarkung | Nr. | Name | THG- Emissionen | Erwarteter Endenergieverbrauch | | | | |
| | | | | Gas | Bio- masse | Wärme- pumpe | Fern- wärme EE | |
| [-] | [-] | [-] | [t/a] | [MWh/a] | [MWh/a] | [MWh/a] | [MWh/a] | |
| Rest | | ohne Fokusgebiete | 287 | 513 | 13.863 | 9.579 | 0 | |
| Ochs./Cru. | 2 | Lohfelden Mitte | 139 | 241 | 6.745 | 4.846 | 0 | |
| Ochs. | 4 | Ochshausen Nord-West | 40 | 0 | 2.001 | 1.262 | 0 | |
| Ochs. | 5 | Ochshausen Süd-Ost | 5 | 0 | 261 | 495 | 0 | |
| Ochs. | 7 | Leipziger Weg/ Losseweg | 18 | 0 | 878 | 230 | 0 | |
| Crumbach | 9 | Crumbach Ost | 11 | 0 | 550 | 468 | 0 | |
| Crumbach | 10 | Am Lohfeldener Rüssel | 96 | 0 | 4.809 | 2.320 | 0 | |
| Vollm. | 13 | Vollmarshausen | 402 | 0 | 20.101 | 3.641 | 0 | |

Tabelle 8-1: Szenario 1: Individuallszenario 2045 (interne Berechnungen)

8.2 Zielszenario: Klimaaoptimal mit Wärmenetzen

Im Zielszenario wird eine möglichst klimaaoptimale Wärmeversorgung mithilfe von Wärmenetzen untersucht. Trotz des klaren Fokus auf Klimaschutz wird realistisch berücksichtigt, dass bestehende, dezentrale Anlagen, die bereits auf erneuerbare Energien umgestellt wurden, an der bereits investierten und zukunftsfähigen Anlagenstruktur festhalten. Auch wenn im Quartier ein Wärmenetz installiert wird und dies aus Sichtweise der maximalen Reduzierung der Treibhausgasemissionen die klimaschonendere Variante ist, so werden sich trotzdem Bürgerinnen und Bürger für Kamine mit Holzscheiteln oder für Heizungsanlagen mit Pellets entscheiden. Dies hat diverse Gründe und muss berücksichtigt werden. Entsprechende Abschätzungen zu möglichen Varianten der zukünftigen Versorgungsstruktur im Quartier wurden auf Basis der gegebenen Möglichkeiten im Quartier und der heutigen Versorgungsstruktur getroffen. Im bereits benannten Quartier 9 ergibt sich für das vorliegende Szenario nachfolgende Einschätzung zur Aufteilung der Nutzenergie für 2045:

- Versorgung heute: 92,6 % Gas, 4,9 % Heizstrom, 1,6 % Öl, 0,8 % Biomasse, 0,1 % Braunkohle
- Versorgung 2045 mit Wärmenetz: 75 % Fernwärme EE, 22 % Wärmepumpe, 3 % Biomasse

Analog dem Szenario 1, ist das Ergebnis in folgender Übersicht zusammenfassend dargestellt.

| Zielszenario 2045 | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|-------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------|-----------------|----------------------|---------------|
| Summe | | | | Gas | Bio- masse | Wärme- pumpe | Fern- wärme EE | |
| Σ Endenergie [MWh/a] | | | | 90.349 | 513 | 22.818 | 14.687 | 52.331 |
| Σ THG-Emissionen [t/a] | | | | 675 | 10 | 456 | 0 | 209 |
| Gemarkung | Nr. | Name | THG- Emissionen | Erwarteter Endenergieverbrauch | | | | |
| | | | | Gas | Bio- masse | Wärme- pumpe | Fern- wärme EE | |
| [-] | [-] | [-] | [t/a] | [MWh/a] | [MWh/a] | [MWh/a] | [MWh/a] | |
| Rest | | ohne Fokusgebiete | 287 | 513 | 13.863 | 9.579 | 0 | |
| Ochs./Cru. | 2 | Lohfelden Mitte | 90 | 0 | 1.445 | 1.843 | 15.243 | |
| Ochs. | 4 | Ochshausen Nord-West | 28 | 0 | 581 | 421 | 4.145 | |
| Ochs. | 5 | Ochshausen Süd-Ost | 6 | 0 | 40 | 142 | 1.386 | |
| Ochs. | 7 | Leipziger Weg/ Losseweg | 11 | 0 | 372 | 77 | 989 | |
| Crumbach | 9 | Crumbach Ost | 8 | 0 | 66 | 137 | 1.559 | |
| Crumbach | 10 | Am Lohfeldener Rüssel | 44 | 0 | 520 | 994 | 8.469 | |
| Vollm. | 13 | Vollmarshausen | 201 | 0 | 5.931 | 1.494 | 20.540 | |

Tabelle 8-2: Zielszenario: Klimaaoptimal mit Wärmenetzen 2045 (interne Berechnungen)

9 Wärmewende

Die Wärmewende stellt eine zentrale Herausforderung und zugleich eine bedeutende Chance für Kommunen dar, um die Klimaziele zu erreichen und eine nachhaltige Energieversorgung sicherzustellen. Im Kontext der kommunalen Wärmeplanung zielt die Wärmewendestrategie darauf ab, den Übergang von fossilen Brennstoffen zu erneuerbaren Energien und effizienten Technologien zu gestalten. Dafür muss der Ausgangszustand bekannt sein. Dieser wurde in der Bestandsanalyse beschrieben. Um von diesem Ausgangszustand die Wärmewendestrategie zu erarbeiten, muss das Ziel definiert sein, was mit der Festlegung des Zielszenarios erfolgt ist. Auf dem Pfad der Wärmewende müssen, um vom Ausgangszustand zum Zielzustand zu gelangen, Maßnahmen umgesetzt werden. Diese Maßnahmen bedienen sich der Potenzialanalyse. Zusätzlich werden die Ergebnisse des Kapitels Quartiere herangezogen, um spezifische Maßnahmen in den Gebieten, vorrangig den Fokusgebieten, zu definieren. Der THG-Anteil der Fokusgebiete ist in folgender Abbildung dargestellt.

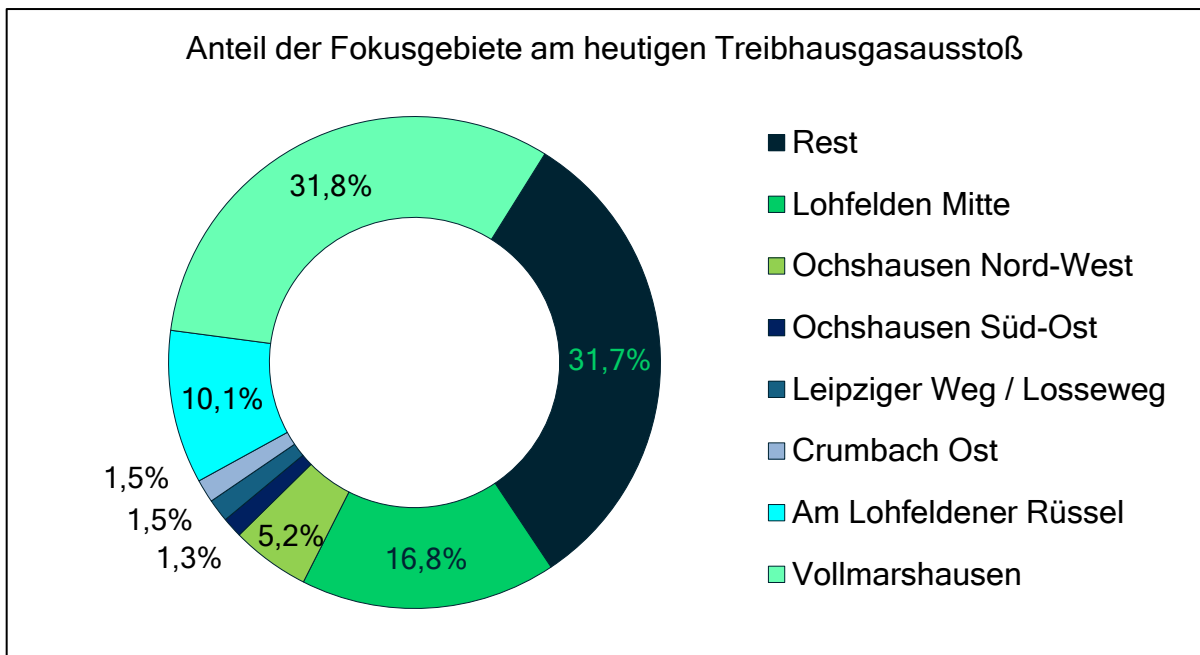


Abbildung 9-1: Anteil der bisherigen Fokusgebiete am heutigen Treibhausgasausstoß.

9.1 Energieplan Lohfelden

Der Energieplan für Lohfelden soll als strategisches Instrument zur Planung und Optimierung der Energieversorgung und -nutzung innerhalb des Gemeindegebietes dienen. Dafür wird die Entwicklung der Endenergie- und Treibhausgasbilanz aufgezeigt und auf die Transformation der leitungsgebundenen Energieversorgung näher eingegangen. In Folge werden die spezifischen Zielgrößen der Quartiere definiert. Die in diesem Kapitel definierten Maßnahmen sind wiederum im Maßnahmenkatalog zur Wärmewendestrategie hinterlegt.

9.1.1 Endenergiebilanz

Zunächst kann festgehalten werden, dass mit Umsetzung des Zielszenarios voraussichtlich folgender Endenergieverbrauch im Jahr 2045 im Vergleich zum heutigen Endenergieverbrauch, dargestellt in den roten Balken, eintreten wird.

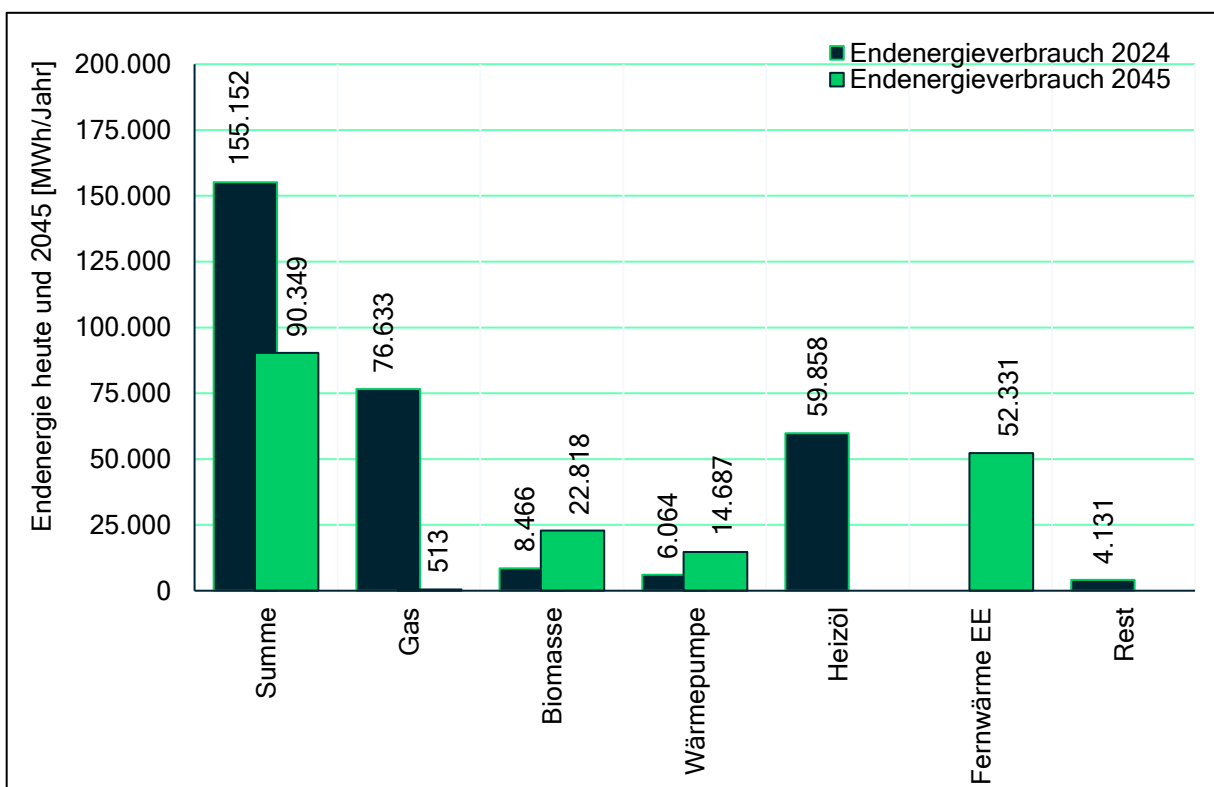


Abbildung 9-2: Endenergieverbrauch heute und im Jahr 2045 (interne Berechnungen)

Die Reduzierung von ca. 65 GWh/a setzt sich aus drei Hauptkomponenten zusammen. Zum einen die Sanierungsleistung sowie der Bevölkerungsentwicklung und zum anderen der Umstieg auf Wärmepumpe. Durch den COP der Wärmepumpe reduziert sich der Endenergieverbrauch bei gleichbleibender Nutzenergie.

Des Weiteren ist der Anteil Gas als Mischung aus lokal verwendetem Biogas (lokales Netz) sowie Erdgas und Biomethan (Gasnetz) zu verstehen. Da es laut Netzbetreiber keine Biomethan-Aktivitäten im lokalen Einzugsgebiet gibt, kann für 2045 lediglich das lokal hergestellte Biogas eingeplant werden. Der Verlauf der prognostizierten Endenergie ist folgend zusammengefasst.

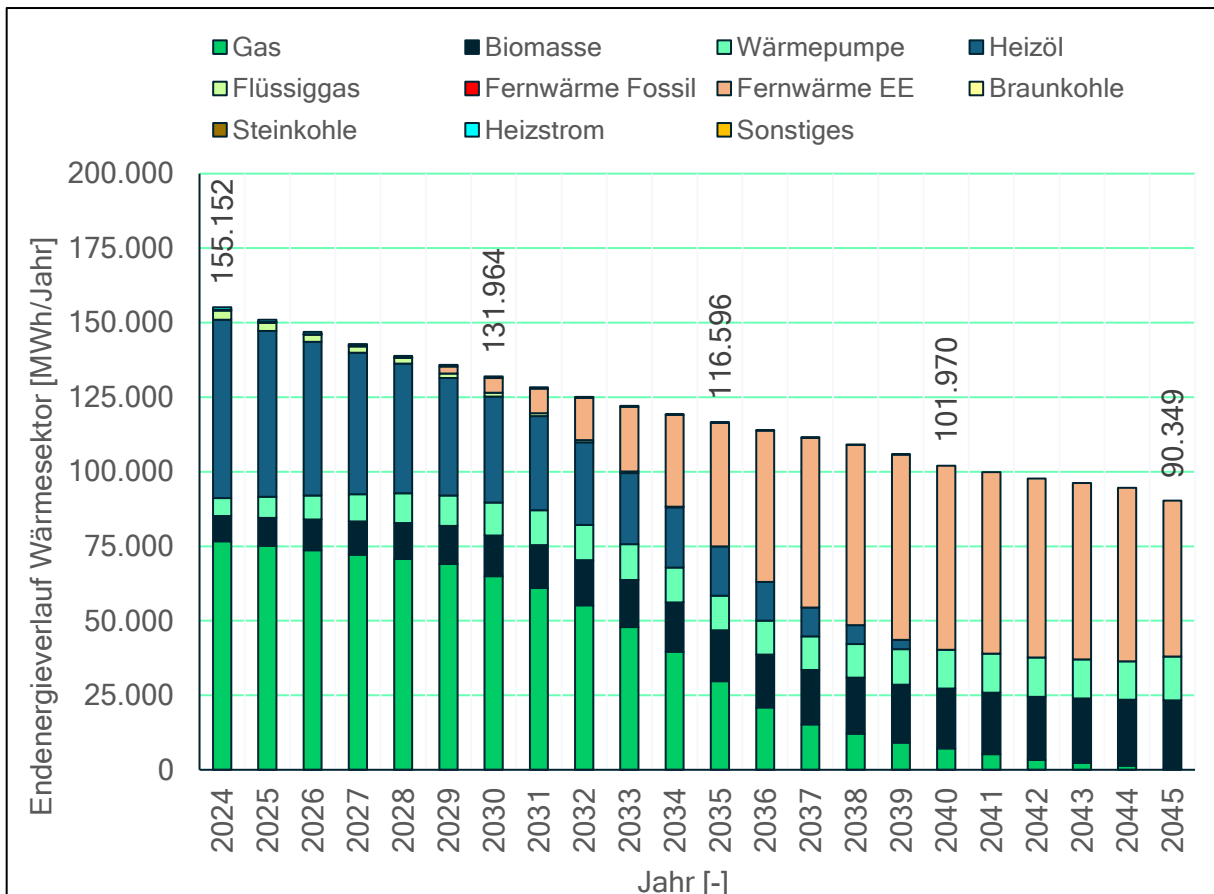


Abbildung 9-3: Entwicklung Endenergieverbrauch absolut bis 2045 (interne Berechnungen)

Zur Realisierung des Verlaufes und der Anteile der Energieträger sind unterschiedliche Maßnahmen notwendig, Darunter zählen:

- Realisierung der Sanierungsleistung von kumuliert 39,6 GWh/a bis 2045
- Kontinuierlicher Ausstieg aus den Energieträgern: Erdgas, Heizöl, Flüssiggas, Braun- und Steinkohle
- Anschluss der ersten Ankerkunden des Wärmenetzes „Lohfeldener Rüssel“ in 2029.
- Kontinuierlicher Ausbau der Wärmenetze bis 2039
- Kontinuierlicher und vollständiger Umstieg auf Wärmepumpe oder Biomasse in allen dezentral Versorgten Quartieren

Bei Darstellung der Anteile der Energieträger im Verhältnis zum gesamten Endenergieverbrauch wird deutlich, dass die zukünftige Energieversorgung in Lohfelden auf vier Säulen beruht: Biogas, Biomasse, Wärmepumpe und erneuerbare Fernwärme. Da alle Energieträger, wie in den folgenden Unterkapiteln noch erläutert wird, aus einer lokalen oder regionalen Quelle stammen, wird eine gewisse Resilienz in der Wärmeversorgungsstruktur sichergestellt.

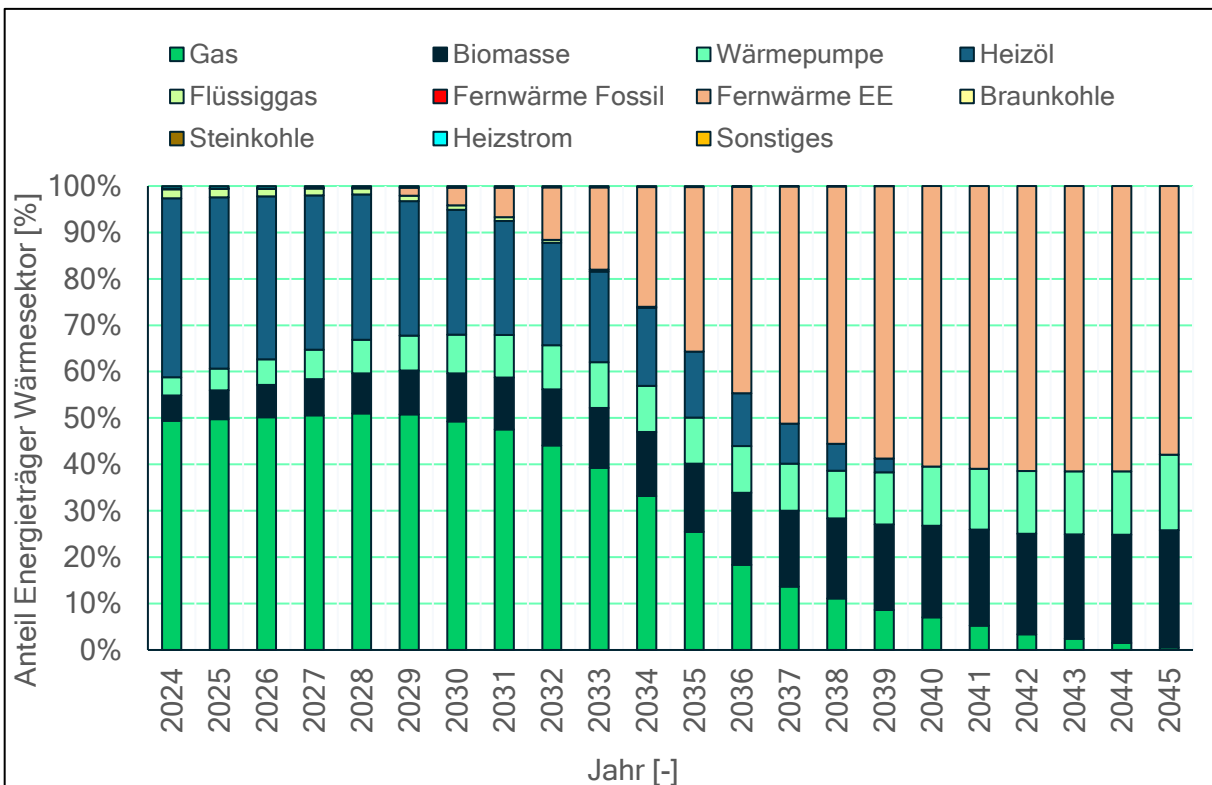


Abbildung 9-4: Entwicklung Endenergieverbrauch prozentual bis 2045 (interne Berechnungen)

Zusammenfassend kann dargelegt werden, dass sich die Anteile der zukünftigen Versorgung im Projektgebiet wie folgt entwickeln:

- 49,4 % in 2024 (Biogas, Erdgas, Biomethan) zu 0,6 % Anteil Biogas in 2045
- 3,9 % in 2024 zu 16,3 % Anteil (entspricht 39,7 % Nutzenergie) Wärmepumpe in 2045
- 5,5 % in 2024 zu 25,2 % Anteil Biomasse in 2045
- 0 % in 2024 zu 57,9 % Anteil Fernwärme EE in 2045

Dabei sind im Zielzustand als nicht lokale Ressourcen Biomasse und Anteile der erneuerbaren Fernwärme, wie im Kapitel „Netze“ beschrieben, eingeplant. Die entsprechenden Auswirkungen des Transports sind in der Treibhausgasbilanz berücksichtigt. Die Auswirkung der benötigten Endenergie mit der Transformation der Versorgungsstruktur, Sanierungsleistung und Bevölkerungsentwicklung wird in der Treibhausgasbilanz im folgenden Unterkapitel aufgezeigt.

9.1.2 Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasbilanz folgt dem Endenergieverbrauch und den Emissionsfaktoren in g CO₂-Äquivalent pro kWh Endenergie. Folgende Emissionsfaktoren wurden zugrunde gelegt:

| Emissionsfaktoren | | | | | |
|-----------------------------------|--|------|------|------|------|
| Energieträger / Umwandlungsanlage | 2024 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
| [-] | [g CO ₂ -Äquivalent pro kWh Endenergie] | | | | |
| Gas | 207 | 188 | 163 | 141 | 19 |
| Biomasse | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Wärmepumpe | 265 | 56 | 8 | 2 | 0 |
| Heizöl | 310 | 310 | 310 | 310 | 310 |
| Flüssiggas | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 |
| Fernwärme Fossil | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Fernwärme EE | 29 | 29 | 8 | 5 | 4 |
| Braunkohle | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 |
| Steinkohle | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Heizstrom | 265 | 56 | 8 | 2 | 0 |

Tabelle 9-1: Emissionsfaktoren (interne Berechnungen; BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020; STATISTA 2024; UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024; AGFW 2021; PROGNOSES, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021; AGORO, PROGNOSES & CONSENTEC 2022)

Infolgedessen ergibt sich der Verlauf der Treibhausgasemissionen nach folgender Abbildung.

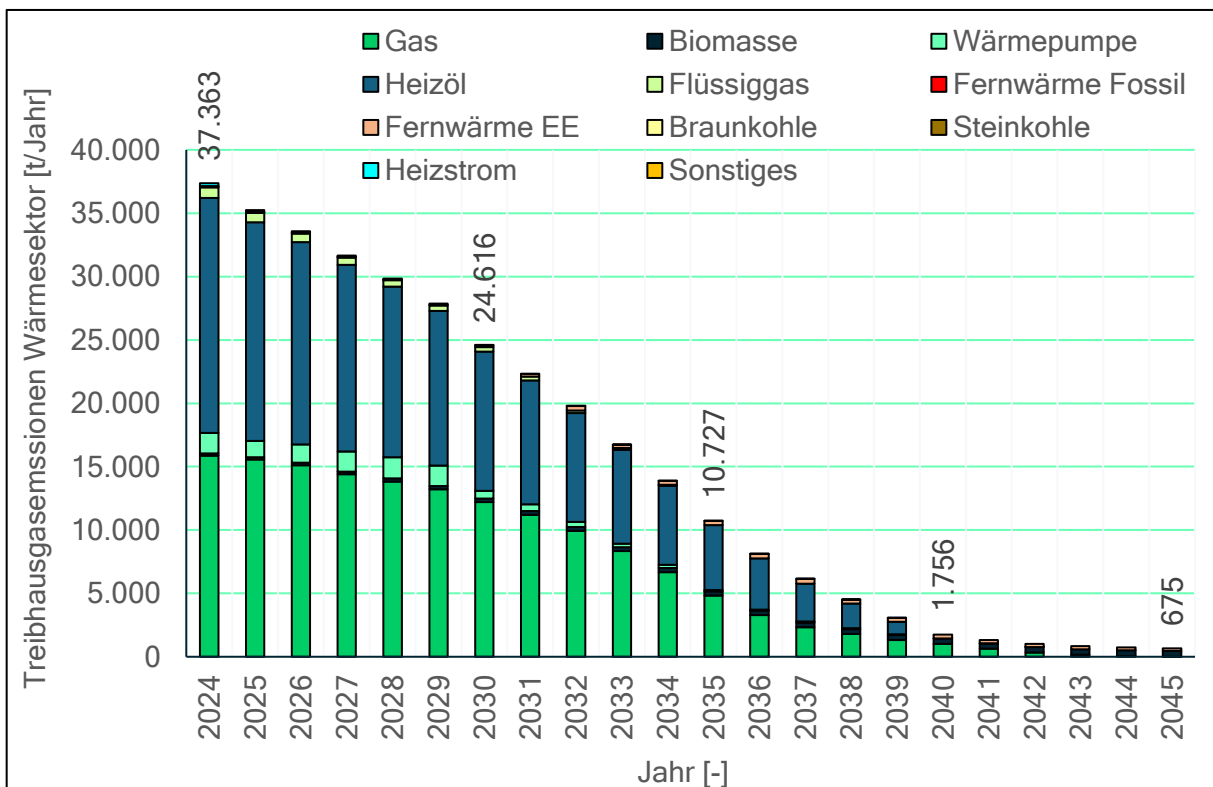


Abbildung 9-5: Entwicklung Treibhausgasemissionen bis 2045 (interne Berechnungen)

9.1.3 Netze

Wie aus den Emissionsfaktoren ersichtlich wurde, verändern sich diese bei erneuerbarer Fernwärme, Gas und für Strom über die Jahre. Für Gas ist dies mit dem sich ändernden Anteil an Biomethan, gepaart mit dem abnehmenden Gasverbrauch zu erklären. Da jedoch im regionalen Umfeld der Gemeinde Lohfelden keine zentralen Biomethanaktivitäten in Kooperation mit dem Netzbetreiber stattfinden, ist in dieser Planung davon auszugehen, dass der Anstieg des Biomethananteils im Gasnetz begrenzt bleibt und für das Zieljahr 2045 keine Versorgung eingeplant werden kann. Im Rahmen des Monitorings müssen Aktivitäten bezüglich der Gasnetze, sowohl für Biomethan als auch für Wasserstoff, regelmäßig überprüft werden. Das lokal erzeugte Biogas und deren Weiterverwendung ist auch zukünftig Teil der Energieversorgung in Lohfelden und wurde differenziert zum zentralen Gasnetz betrachtet.

Zunächst sollen insbesondere die Fokusgebiete mit deren Infrastruktur zur Wärmeversorgung prioritär transformiert werden. Aus der Analyse, der Extrapolation der erwarteten Versorgungsstruktur, der Sanierung und den im Projektgebiet eingeplanten Bevölkerungsveränderungen wurden folgende Zielkonstellationen der Fokusgebiete abgeleitet und in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

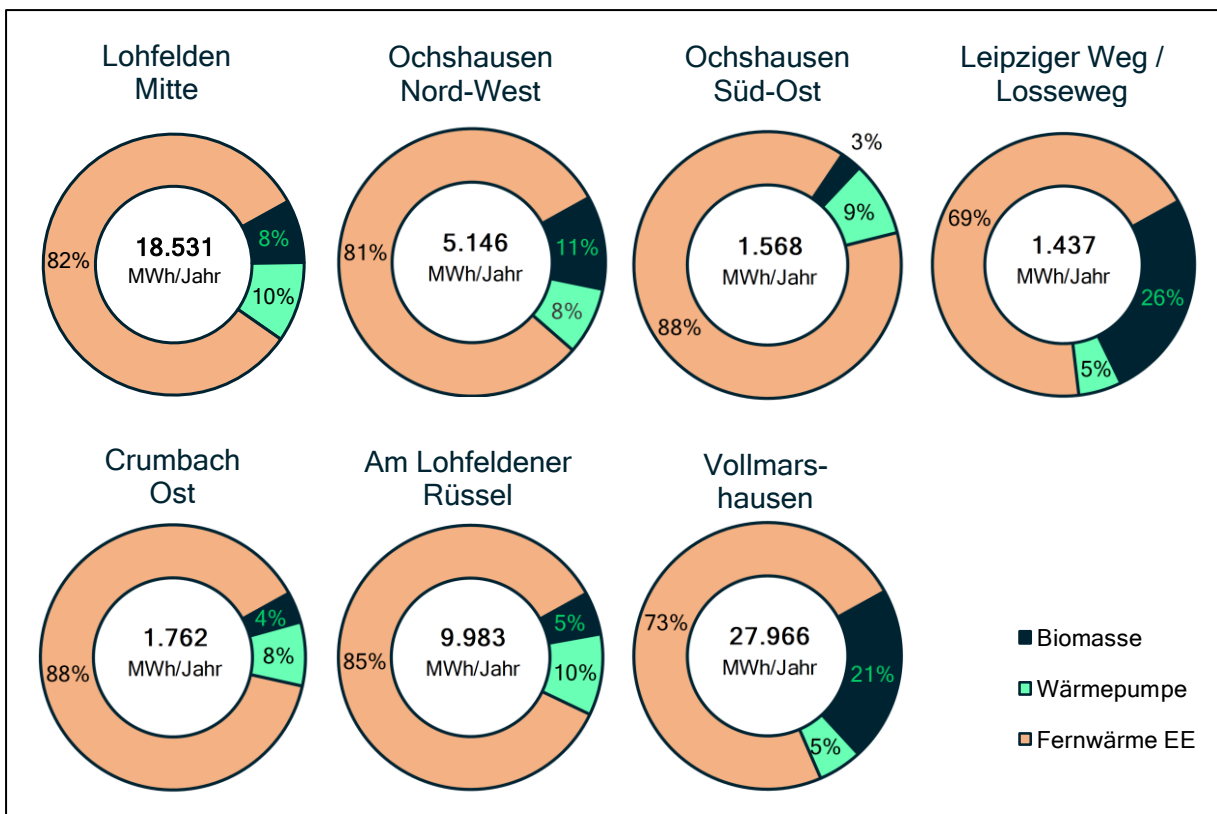


Abbildung 9-6: Prognose Versorgungsträger und Endenergieverbrauch für den Sektor Wärme im Jahr 2045 für die Fokusgebiete (interne Berechnungen)

Weiterführend sollen die eingeplanten Wärmenetze räumlich verortet werden.

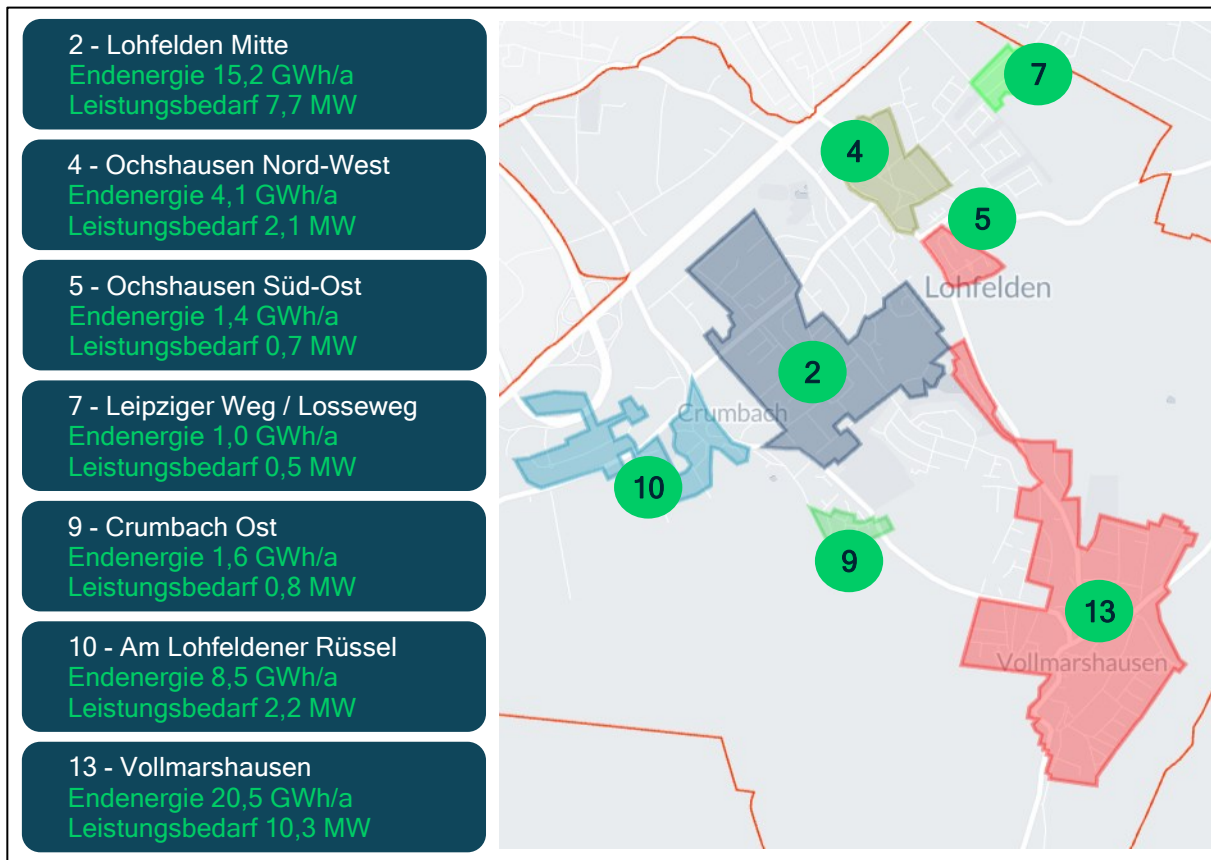


Abbildung 9-7: Prognostizierte Wärmenetzgebiete 2045 (interne Berechnungen)

Die betrachteten Wärmenetze sollten im Anschluss der Wärmeplanung weiterführend mit Partnern besprochen und tiefgehend beleuchtet werden. Nach der Entscheidung, ob für eine Machbarkeitsanalyse seitens des potenziellen Wärmenetzbetreibers investiert wird, sowie nach der Entscheidung für oder gegen ein Wärmenetz im Quartier, sollte der Kontakt mit dem Gasnetzbetreiber sowie mit dem Stromnetzbetreiber gesucht und das Ergebnis mitgeteilt werden. In der folgenden Detailberechnung sind Vorschläge zur Versorgung mit den entsprechenden Technologien dargelegt.

Die Wärmenetze der Quartiere 2, 5 und 13 sollten integrierend bewertet und gemeinsam geplant werden, um Synergieeffekte zu nutzen und eine zentralisierte sowie effizient skalierbare Energieerzeugungsstruktur aufzubauen. Eine verbundene Netzplanung reduziert nicht nur Investitions- und Betriebskosten, sondern verbessert auch die raumenergetische Optimierung, da größere zusammenhängende Erzeugungseinheiten in der Regel höhere Jahresarbeitszahlen und geringere spezifische Verluste aufweisen. Für die Wärmeversorgung der Quartiere wird der Einsatz von Solarthermie und oberflächennaher Geothermie als primäre Quellenenergien empfohlen.

Diese Technologien zählen zu den dauerhaft verfügbaren Wärmequellen mit hohem Dekarbonisierungspotenzial und weisen im Vergleich zu konventionellen Systemen eine hohe Systemstabilität sowie geringe Brennstoffabhängigkeit auf. Geeignete Flächen für Solarthermie und Geothermie wurden bereits identifiziert und der kommunalen Verwaltung zur weiteren Prüfung vorgelegt.

Zur Bereitstellung der erforderlichen thermischen Leistung wird die Installation von Großwärmepumpen mit einer Gesamtleistung von etwa 15 MW empfohlen. Diese ermöglichen eine effiziente Umwandlung von Umweltwärme in Nutzwärme. Ergänzend dazu sollte ein Spitzenlastkessel mit einer thermischen Leistung von 3,9 MW, betrieben mit Biomasse und mit den vorhandenen Biogas-BHKW's, vorgesehen werden. Biogas und Biomasse wird als regenerativ verfügbare, gebietsnahe Spitzenlasttechnologie betrachtet, die insbesondere an sehr kalten Tagen Lastspitzen abfedern kann, ohne den CO₂-Fußabdruck des Gesamtsystems wesentlich zu erhöhen.

Zur Zwischenspeicherung der Wärme werden Pufferspeicher mit einem Speichervolumen von ca. 28,2 MWh empfohlen. Diese dienen der kurzfristigen Lastverschiebung und erhöhen die Effizienz der Wärmepumpen, indem sie deren Betriebsstunden glätten. Für saisonale Speicherbedarfe sollten die sommerlichen Überschüsse der Solarthermie in einen Saisonspeicher mit rund 3.300 MWh Kapazität, ausgeführt als Wasserbeckenspeicher, eingebracht werden. Saisonspeicher ermöglichen eine signifikante Reduktion brennstoffbasierter Spitzenlasttechnologien. Darüber hinaus sollten Überschüsse aus dem Sommerbetrieb gezielt zur Regeneration des oberflächennahen Geothermiefeldes genutzt werden, um eine Absenkung der Quelltemperatur zu verhindern. Eine stabile Quelltemperatur ist entscheidend für die Effizienz und Lebensdauer der Großwärmepumpen, insbesondere während der winterlichen Spitzenlastzeiten.

Für den Betrieb des Wärmenetzes ergibt sich nach der Erstbewertung ein Pumpenbedarf von ca. 378 kW. Unter Berücksichtigung aller elektrischen Verbraucher, einschließlich Wärmepumpen, Spitzenlasttechnik, Pumpen und Nebenaggregate, wird ein elektrischer Leistungsbedarf von rund 7,5 MW prognostiziert. Die vorläufigen Gesamtkosten wurden mit 79 Mio. € kalkuliert. Es ist darauf hinzuweisen, dass diese Kostenschätzung eine erste indikative Bewertung darstellt. Für eine abschließende Kostenanalyse sind weiterführende Untersuchungen erforderlich, darunter detaillierte geologische Erkundungen (z. B. Altlasten, Grundwasserhorizonte), Bodenklassenanalysen, präzise Tiefbau- und Wiederherstellungskosten, sowie die Identifikation möglicher Hindernisse wie Schienenverkehrsanlagen oder Leitungsbündel. Ebenso sind exakte Daten zu Trassenführungen (private Grundstücke, öffentliche Verkehrsflächen, Grünflächen), zur bestehenden Netzstruktur, Rohrmaterialien, Netzlängen, Finanzierungskosten und weiteren technischen sowie rechtlichen Rahmenbedingungen notwendig. Nur auf Basis dieser vertieften Untersuchungen kann eine endgültige technische und wirtschaftliche Bewertung erfolgen.

Für das Wärmenetz im Quartier 9 wird eine Großwärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 0,7 MW und ein Spitzenlastkessel mit 0,2 MW vorgeschlagen. Als Quellenenergie wird oberflächennahe Geothermie vorgeschlagen und ein Pufferspeicher mit 1,2 MWh. Die Pumpenleistung sollte ca. 18 kW betragen. So ergibt sich in Summe ein elektrischer Leistungsbedarf von 0,3 MW und Gesamtkosten von 4 Mio. €

Die Wärmenetze in den Quartieren 10 und 4 werden vertiefend im Hinblick auf eine potenzielle direkte oder indirekte Anbindung an das Fernwärmenetz der Stadt Kassel untersucht. Unter der Annahme einer zukünftigen Kopplung entfällt die Notwendigkeit einer eigenen zentralen Wärmebereitstellungsanlage für diese Quartiere. Jedoch sind für einen möglichen Fernwärmeausbau in Richtung Lohfelden planerische, technische und wirtschaftliche Prüfungen erforderlich. Diese Untersuchungen müssen im Vorfeld durchgeführt werden, um konkrete Projektentscheidungen treffen zu können. Für das Quartier 7 wird eine perspektivische Einbindung in mögliche Wärmenetzausbauvorhaben der Gemeinde Kaufungen empfohlen. Ein entsprechender Austausch hat stattgefunden. Die kommunale Wärmeplanung Kaufungen wird hierzu detaillierte Optionen im an das Quartier 7 angrenzenden Siedlungsbereich aufzeigen. Bis zur Vorlage dieser Untersuchungen wird zunächst davon ausgegangen, dass auch dieses Wärmenetz durch externe Wärmebereitstellung versorgt wird. Die Investitionskosten für den Netzausbau, exklusive der Hausanschlüsse, werden auf rund 15 Mio. € veranschlagt.

Insgesamt wird ein elektrischer Leistungsbedarf von 7,8 MW ermittelt. Unter Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors von 0,85 ergibt sich daraus ein erforderlicher Zubau von 6,6 MW elektrischer Leistung auf der Mittelspannungsebene. Auf der Niederspannungsebene werden die dezentralen Wärmepumpensysteme angeschlossen, deren Leistungsbedarf in erheblichem Maße von der tages- und jahreszeitlichen Nutzung abhängt. Unter Anwendung eines Gleichzeitigkeitsfaktors von 0,9 für Raumwärme und 0,4 für Warmwasser ergibt sich ein maximaler Leistungsbedarf von 15,3 MW auf der Niederspannungsebene. Die zeitliche Auflösung nach Nutzungsanteilen verdeutlicht eine ausgeprägte Leistungsvarianz, die im Rahmen weiterer Netzanalysen detailliert zu berücksichtigen ist.

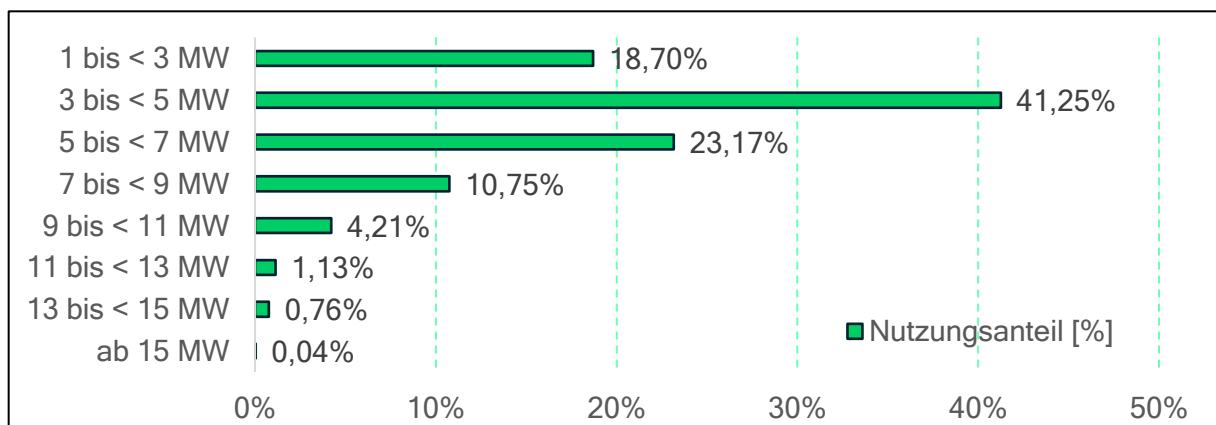


Abbildung 9-8: Nutzungsanteile der zusätzlich benötigten Anschlussleistung im Wärmesektor des gesamten Projektgebietes ohne Wärmenetze (iNiederspannungsebene, interne Berechnungen)

Auf der Stromerzeugungsseite wird von der bestehenden Anlagenstruktur sowie der aktuell installierten Photovoltaikleistung auf Dachflächen ausgegangen. Ergänzend wird, wie im Kapitel Nutzung von Dachflächen prognostiziert, der zukünftige Ausbau der Photovoltaik auf Dachflächen berücksichtigt. Darüber hinaus sieht der Energieplan den Ausbau von Photovoltaikanlagen auf geeigneten Freiflächen vor. Entsprechende Initiativen wurden im Maßnahmenpaket dokumentiert und der Gemeindeverwaltung zur weiteren Bearbeitung übergeben. Hierbei wird hinterlegt, dass ab dem Jahr 2030 zusätzliche 8,6 GWh/a und ab 2032 weitere 11,8 GWh/a an das Stromnetz angeschlossen werden sollen. Maßnahmen zur potenziellen Ertüchtigung von Flächen für die Windenergienutzung wurden ebenfalls im Maßnahmenpaket beschrieben und der Verwaltung übergeben. Aufgrund bestehender Flächenrestriktionen können zum jetzigen Zeitpunkt jedoch keine belastbaren Potenzialannahmen im Energieplan berücksichtigt werden. Zusammenfassend stellt sich die Stromerzeugung im Projektgebiet wie folgt dar.

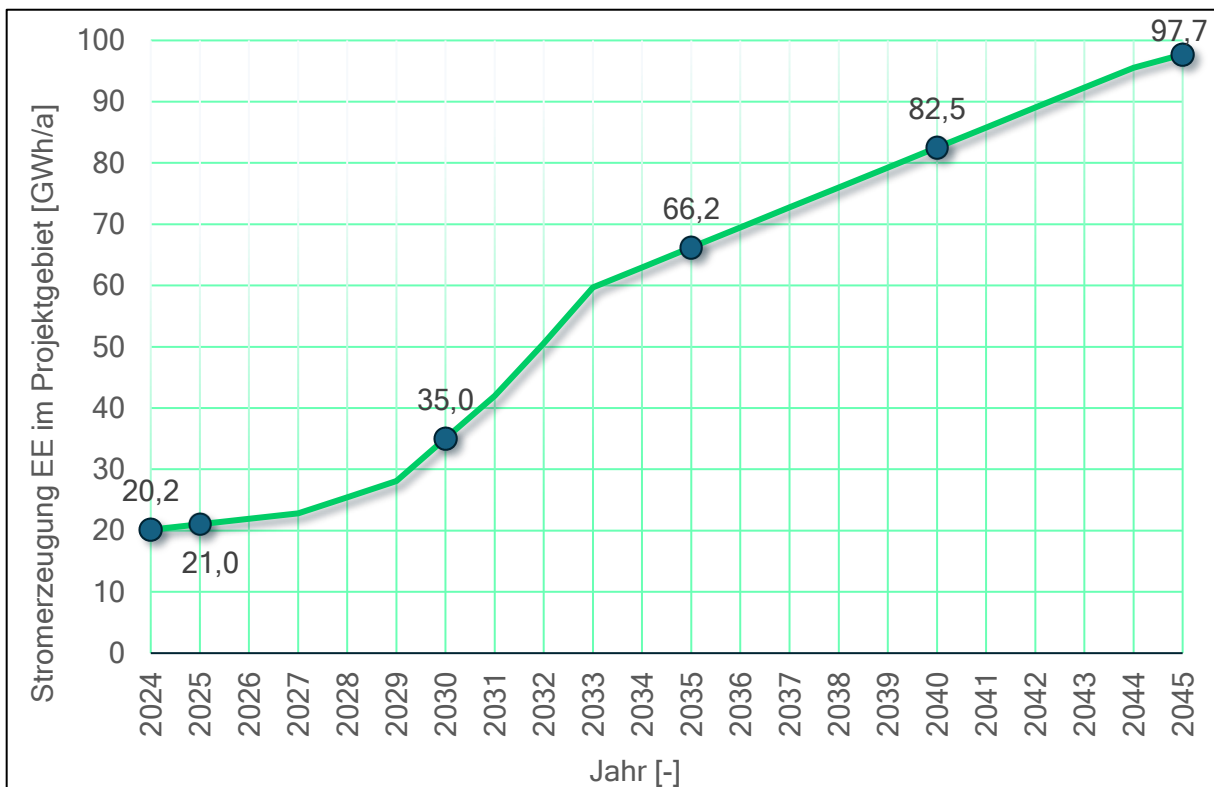


Abbildung 9-9: Stromerzeugung im Projektgebiet (interne Berechnungen)

Infolge der steigenden Einspeisung von Strom sowie der zunehmenden Stromnachfrage durch die umzusetzende zentrale und dezentrale Anlagenstruktur sind die Auswirkungen auf das Stromnetz gemeinsam mit der steigenden Nachfrage im Verkehrssektor zu untersuchen. In der Folge kann sich eine Reihe notwendiger Ausbautvorhaben im Stromnetz ergeben, die jedoch nicht Bestandteil der Untersuchungen im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung sind. Abhängig von diesen Ausbautvorhaben sind zudem die Auswirkungen auf die Netzentgelte zu analysieren.

Unter Berücksichtigung des allgemeinen Stromverbrauchs, des steigenden Bedarfs durch den Ausbau des Wärmepumpenanteils, der mit Großwärmepumpen versorgten Wärmenetze, der Eigenbedarfsanteile aus KWK und PV-Strom sowie der demografischen Entwicklungen ergibt sich, exklusive des Verkehrssektors ein prognostizierter Stromverbrauch in Lohfelden von 92,6 GWh/a im Jahr 2045. Setzt man diesen Verbrauch ins Verhältnis zur im Projektgebiet erzeugten Strommenge, kann der Eigenanteil bestimmt werden. Erreicht dieser einen Wert von 100 %, wird die Kommune bilanziell über das Gesamtjahr hinweg vollständig mit selbst erzeugtem Strom versorgt. Diese Betrachtung erfolgt ebenfalls ohne Berücksichtigung des Verkehrssektors. Hieraus ergeben sich indirekt die Emissionsfaktoren für den eingesetzten Strom sowie für den Stromanteil im erneuerbaren Wärmenetz.

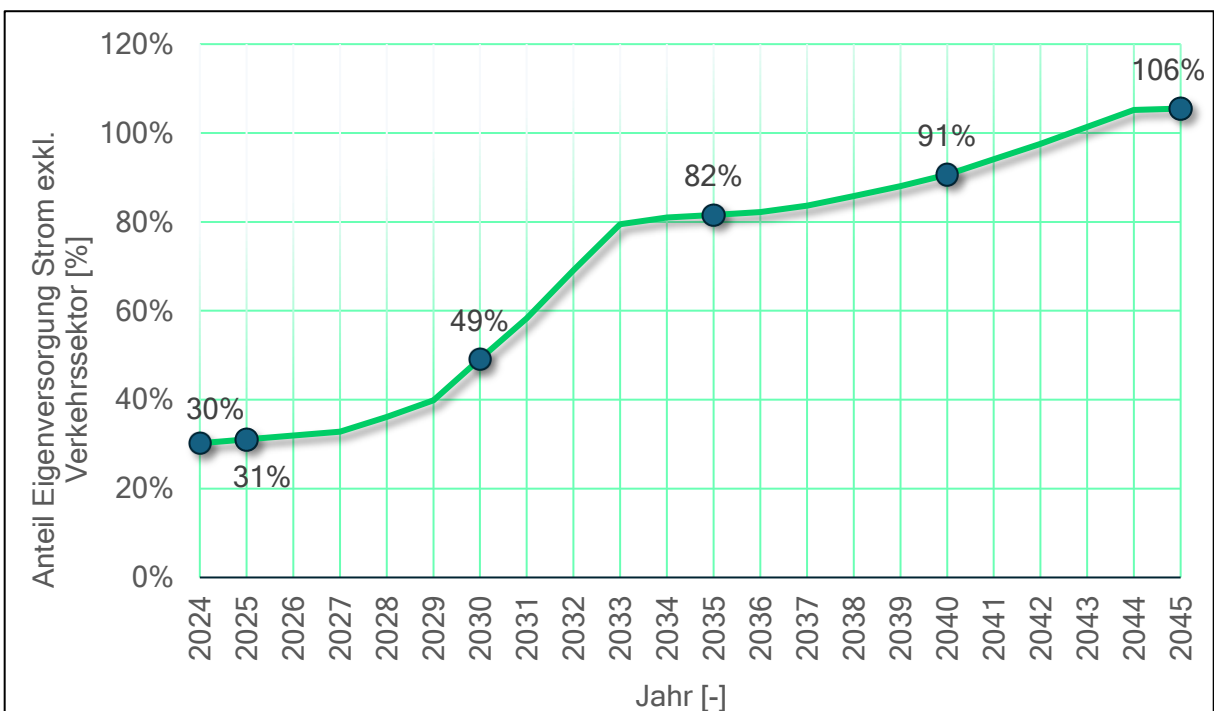


Abbildung 9-10: Eigenanteil der Stromerzeugung im Verhältnis zum Stromverbrauch (interne Berechnungen)

Bei Umsetzung der Maßnahmen und bei Eintreffen der Prognosen wird Lohfelden ab dem Jahr 2043 den anfallenden Stromverbrauch exkl. Verkehrssektor bilanziell vollständig selbst decken können. Zusammenfassend wurde ausgehend von der aktuellen Anlagenstruktur im Energieplan eingerechnet:

- Ausbau Dachflächenphotovoltaik nach Berechnung aus dem Kapitel Potenziale
- Anschluss von 8,6 GWh/a Freiflächen-Photovoltaik im Juni 2030
- Anschluss von 11,8 GWh/a Freiflächen-Photovoltaik im Juni 2032

Dabei ist zu erwähnen, dass die kommunale Verwaltung die Wärmewende monitoren muss, aber nicht eigenverantwortlich sicherstellen kann, dass auch die benötigte Anlagenstruktur gebaut wird. Dies liegt u.a. daran, dass sich die Grundstücke, die für die oben beschriebene Anlagenstruktur benötigt werden, im privaten Besitz befinden. Daher ist der Energieplan zunächst eine strategische Zielstellung.

9.2 Maßnahmen

Die Maßnahmen fokussieren sich zum einen auf die Erhöhung des erneuerbaren Energieanteils, insbesondere für den Wärmesektor. Der Ausbau ist in der folgenden Abbildung zusammenfassend dargestellt.

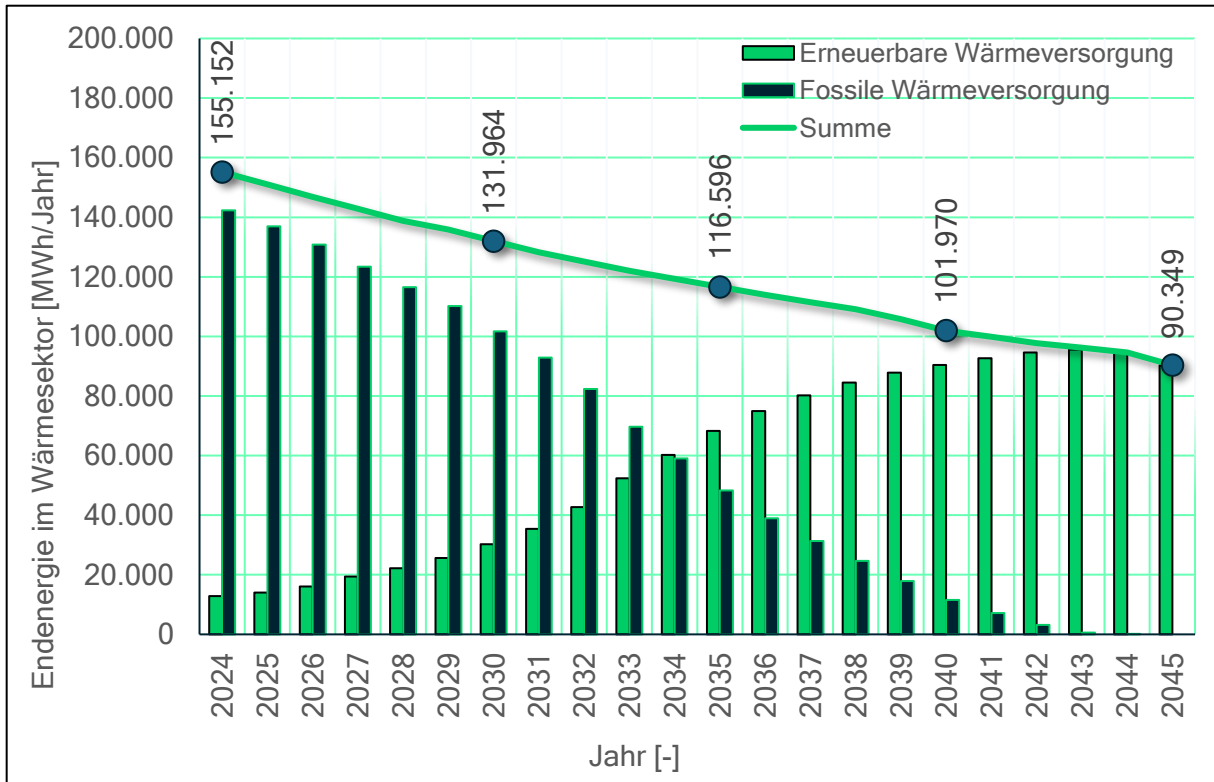


Abbildung 9-11: Fossile und erneuerbare Anteile am Endenergieverbrauch bis 2045 (interne Berechnungen)

Ebenfalls im Anhang ist die Maßnahmenliste dokumentiert, die der Kommune mit detaillierten Handlungsschritten und Möglichkeiten zu Fördermaßnahmen übergeben wurde. Die Maßnahmen gliedern sich in vier Cluster

- Cluster: Versorgungsstruktur
- Cluster: Informieren und Weiterbilden
- Cluster: Energiebedarf reduzieren
- Cluster: Prozesse und Weiteres

Aus den insgesamt 20 Maßnahmen werden im Folgenden die zentralen Inhalte zusammengefasst. Die detaillierten Maßnahmensteckbriefe wurden der kommunalen Verwaltung übergeben. Da sie interne Bewertungen, sensible Projektdaten sowie vorläufige Planungsstände enthalten, sind sie nicht zur Veröffentlichung vorgesehen. Dies dient sowohl dem Schutz laufender Abstimmungsprozesse als auch der Sicherstellung einer sorgfältigen fachlichen Weiterbearbeitung.

9.2.1 Maßnahmencluster Versorgungsstruktur

Dieses Cluster umfasst Maßnahmen zur strategischen Weiterentwicklung und Optimierung der kommunalen Energieversorgungsinfrastruktur. Im Mittelpunkt stehen der Aufbau resilienter, erneuerbarer und effizienter Wärme- und Stromversorgungssysteme sowie die koordinierte Planung von Erzeugungsanlagen, Netzinfrastrukturen und Speichertechnologien. Ziel ist es, eine langfristig sichere, wirtschaftliche und klimaneutrale Energieversorgung zu gewährleisten.

| Maßnahmenübersicht | | | |
|------------------------------|---------------|--|-----------|
| Nr. | Benennung | Maßnahme | Priorität |
| Cluster: Versorgungsstruktur | | | |
| 01 | Versorgung 01 | Projektierung des Wärmenetzes Lohfelden Mitte | Hoch |
| 02 | Versorgung 02 | Projektierung des Wärmenetzes Ochshausen Nord-West | Hoch |
| 03 | Versorgung 03 | Projektierung des Wärmenetzes Ochshausen Süd-Ost | Hoch |
| 04 | Versorgung 04 | Projektierung des Wärmenetzes Leipziger Weg / Losseweg | Hoch |
| 05 | Versorgung 05 | Projektierung des Wärmenetzes Crumbach Ost | Hoch |
| 06 | Versorgung 06 | Projektierung des Wärmenetzes Am Lohfeldener Rüssel | Hoch |
| 07 | Versorgung 07 | Projektierung des Wärmenetzes Vollmarshausen | Hoch |
| 08 | Versorgung 08 | Verbau effizienter Heizungsanlagen in kommunalen Gebäuden nach Gebietsausweisung | Mittel |
| 09 | Versorgung 09 | Eignungsprüfung von Photovoltaikanlagen auf kommunalen Gebäuden | Mittel |
| 10 | Versorgung 10 | Ausbau von Photovoltaik mit verbindlicher Raumplanung | Hoch |
| 11 | Versorgung 11 | Prüfung des Windanlagenstandorts Lohfelden Süd | Mittel |

Tabelle 9-2: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Versorgungsstruktur

9.2.2 Maßnahmencluster Informieren und Weiterbilden

Im Fokus dieses Clusters stehen Maßnahmen zur Stärkung der Informationsbasis und der Kompetenzen relevanter Akteure. Durch zielgerichtete Informationsangebote und Beratungsformate soll das Bewusstsein für energie- und wärmetechnische Zusammenhänge vertieft und die Umsetzung von Klimaschutz- und Transformationsmaßnahmen erleichtert werden.

| Maßnahmenübersicht | | | |
|---------------------------------------|----------------|--|-----------|
| Nr. | Benennung | Maßnahme | Priorität |
| Cluster: Informieren und Weiterbilden | | | |
| 12 | Informieren 01 | Bevölkerungsinformation: Heizungen der Bürger/innen | Mittel |
| 13 | Informieren 02 | Fortlaufende Erstellung eines FAQ auf der Internetseite der Kommune bzgl. der Wärmewende | Niedrig |
| 14 | Informieren 03 | Informationsveranstaltung zur Klimakrise und deren Folgen | Mittel |

Tabelle 9-3: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Informieren und Weiterbilden

9.2.3 Maßnahmencluster Energiebedarf reduzieren

Dieses Cluster beinhaltet Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Reduzierung des Endenergiebedarfs in Gebäuden, Betrieben und kommunalen Einrichtungen. Dazu zählen insbesondere Sanierungsmaßnahmen, Effizienzsteigerungen bei technischen Anlagen und die Förderung eines ressourcenschonenden Energieverbrauchs. Ziel ist es, die energetische Gesamtbelastung zu senken und die Grundlage für eine wirtschaftliche Transformation des Energiesystems zu schaffen.

| Maßnahmenübersicht | | | |
|-----------------------------------|------------------|--|-----------|
| Nr. | Benennung | Maßnahme | Priorität |
| Cluster: Energiebedarf reduzieren | | | |
| 14 | Energiebedarf 01 | Erarbeitung eines Sanierungsfahrplans der kommunalen Liegenschaften | Mittel |
| 15 | Energiebedarf 02 | Durchführung einer proaktiven Sanierungsberatung für Gebäudeeigentümer | Mittel |

Tabelle 9-4: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Energiebedarf reduzieren

9.2.4 Maßnahmencluster Prozesse und Weiteres

Dieses Cluster umfasst Maßnahmen zur Optimierung verwaltungsinterner Abläufe, zur Verbesserung der interkommunalen Zusammenarbeit sowie zur Schaffung geeigneter regulatorischer und organisatorischer Rahmenbedingungen. Darüber hinaus beinhaltet es unterstützende Querschnittsmaßnahmen, die den Transformationsprozess strukturell flankieren und eine effiziente Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung sicherstellen.

| Maßnahmenübersicht | | | |
|--------------------------------|-------------|--|-----------|
| Nr. | Benennung | Maßnahme | Priorität |
| Cluster: Prozesse und Weiteres | | | |
| 16 | Weiteres 01 | Wärmeplan beschließen und Gebietsausweisung planen | Hoch |
| 17 | Weiteres 02 | Organisation und Fortschreibung der Wärmeplanung | Mittel |
| 18 | Weiteres 03 | Maßnahmenidentifizierung zusammen mit Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft | Mittel |
| 19 | Weiteres 04 | Zukunftsfähige Wärmeversorgung von Neubaugebieten im Planverfahren berücksichtigen | Mittel |
| 20 | Weiteres 05 | Systematische übergreifende Abstimmung mit Nachbarkommunen | Niedrig |

Tabelle 9-5: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Prozesse und Weiteres

10 Kostenvergleich aus Verbrauchersicht

Die Wahl des passenden Heizsystems ist für viele Verbraucher nicht nur eine Frage der Technik, sondern vor allem eine Frage der Wirtschaftlichkeit. Ein zentraler Aspekt bei der Wahl einer Heiztechnologie für Wohngebäude ist die ökonomische Belastung für die Nutzerinnen und Nutzer. Neben den reinen Energiekosten müssen hierbei auch Investitionskosten, Betrieb und Wartung sowie mögliche Förderungen berücksichtigt werden. Der vorliegende Abschnitt analysiert die jährlichen Kosten unterschiedlicher Heizsysteme sowohl für ein modernes Effizienzhaus einem geringen Energiebedarf von 4.200 kWh/a Nutzenergie, als auch für einen Altbau mit einem hohen Energiebedarf von 25.200 kWh/a. Ziel ist es, die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Systeme aus Verbrauchersicht transparent darzustellen und Unterschiede zwischen Neubau- und Bestandsgebäuden aufzuzeigen. Die folgenden Tabellen zeigt die berechneten Energiekosten für die untersuchten Heizsysteme. Die Werte beinhalten Netzentgelte, Energiepreise und CO₂-Umlagen und spiegeln die erwarteten Kosten im Jahr 2025 wider. Dabei muss erwähnt werden, dass die CO₂-Umlagen bei strombetriebene Heizsysteme nur indirekt gezahlt werden müssen.

| Energiekosten Effizienzhaus (am Bsp. 4.200 kWh/a Nutzenergie, 2025, Energieeffizienzklasse A) | | | | | | | | |
|--|---------------|-------------|-------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|---------------|
| Energieträger | Energiekosten | Netzentgelt | CO ₂ -Kosten | Summe | Energiekosten | Netzentgelte | CO ₂ -Kosten | Summe |
| [-] | [€/kWh] | [€/kWh] | [€/kWh] | [€/kWh] | [€/a] | [€/a] | [€/a] | [€/a] |
| Heizöl ($\eta = 88\%$) | 0,125 | 0 | 0,0166 | 0,1416 | 525 | 0 | 69,72 | 594,72 |
| Erdgas ($\eta = 92\%$) | 0,087 | 0,0163 | 0,012 | 0,1153 | 365,4 | 68,46 | 50,4 | 484,26 |
| Biomethan ($\eta = 92\%$) | 0,1196 | 0,0163 | 0 | 0,1359 | 502,32 | 68,46 | 0 | 570,78 |
| Pellets ($\eta = 90\%$) | 0,0678 | 0 | 0 | 0,0678 | 284,76 | 0 | 0 | 284,76 |
| Hackschnitzel ($\eta = 85\%$) | 0,0424 | 0 | 0 | 0,0424 | 178,08 | 0 | 0 | 178,08 |
| EE-Fernwärme | 0,11 | 0,02 | 0,0154 | 0,1454 | 462 | 84 | 64,68 | 610,68 |
| LPG ($\eta = 90\%$) | 0,1556 | 0 | 0,0146 | 0,1702 | 653,52 | 0 | 61,32 | 714,84 |
| WP ohne PV (JAZ 4,2) | 0,0714 | 0,0167 | 0,0046 | 0,0927 | 299,88 | 70,14 | 19,32 | 389,34 |
| WP mit PV (40%) | 0,0565 | 0,0112 | 0,0031 | 0,0708 | 237,3 | 47,04 | 13,02 | 297,36 |

Tabelle 10-1: Energiekosten am Beispiel eines Effizienzhauses (interne Berechnungen)

Wenn die Ergebnisse auf ein Haus mit schlechteren Wirkungsgrad übertragen wird, so ändert sich insbesondere die Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpe (WP) aufgrund der signifikant höheren Vorlauftemperaturen.

| Energiekosten Altbau (25.200 kWh/a Nutzenergie, 2025, Energieeffizienzklasse F) | | | | | | | | |
|--|---------------|-------------|-------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|----------------|
| Energieträger | Energiekosten | Netzentgelt | CO ₂ -Kosten | Summe | Energiekosten | Netzentgelte | CO ₂ -Kosten | Summe |
| [-] | [€/kWh] | [€/kWh] | [€/kWh] | [€/kWh] | [€/a] | [€/a] | [€/a] | [€/a] |
| Heizöl ($\eta = 88\%$) | 0,125 | 0 | 0,0166 | 0,1416 | 3150 | 0 | 418,32 | 3568,32 |
| Erdgas ($\eta = 92\%$) | 0,087 | 0,0163 | 0,012 | 0,1153 | 2192,4 | 410,76 | 302,4 | 2905,56 |
| Biomethan ($\eta = 92\%$) | 0,1196 | 0,0163 | 0 | 0,1359 | 3013,92 | 410,76 | 0 | 3424,68 |
| Pellets ($\eta = 90\%$) | 0,0678 | 0 | 0 | 0,0678 | 1708,56 | 0 | 0 | 1708,56 |
| Hackschnitzel ($\eta = 85\%$) | 0,0424 | 0 | 0 | 0,0424 | 1068,48 | 0 | 0 | 1068,48 |
| EE-Fernwärme | 0,11 | 0,02 | 0,0154 | 0,1454 | 2772 | 504 | 388,08 | 3664,08 |
| LPG ($\eta = 90\%$) | 0,1556 | 0 | 0,0146 | 0,1702 | 3921,12 | 0 | 367,92 | 4289,04 |
| WP ohne PV (JAZ 2,5) | 0,12 | 0,028 | 0,0077 | 0,1557 | 3024 | 705,6 | 194,04 | 3923,64 |
| WP mit PV (40%) | 0,0848 | 0,0168 | 0,0046 | 0,1062 | 2136,96 | 423,36 | 115,92 | 2676,24 |

Tabelle 10-2: Energiekosten am Beispiel eines Altbaus (interne Berechnungen)

Neben den reinen Energiekosten sind für einen realistischen Vergleich die Investitionskosten, Betrieb & Wartung sowie Förderungen zu berücksichtigen. Die Investitionskosten umfassen die Anschaffung und Installation der Heizungsanlage, inklusive erforderlicher Zusatzkomponenten wie Lagerraum oder Rohrleitungen. Um die jährliche finanzielle Belastung durch die Investition zu berechnen, wird die Annuität gebildet. Die Annuität stellt die Summe aus Tilgung und Zinsen (3 %) dar, die jährlich über die Lebensdauer der Anlage zu zahlen ist. Die Annuität zeigt somit die jährliche Belastung, die notwendig ist, um die Anschaffungskosten inkl. Zinsen über die gesamte Lebensdauer der Anlage abzudecken.

Die Kosten für Betrieb und Wartung beinhalten regelmäßige Wartung, Reinigung und kleine Reparaturen. Sie sind als Prozentsatz der Investitionskosten angesetzt, abhängig von der jeweiligen Heiztechnik. Die angesetzten Betrieb- und Wartungskosten beinhalten darüber hinaus die regelmäßigen Schornsteinfegergebühren für alle Feuerungsanlagen. Sie sind Teil der laufenden Kosten und sorgen dafür, dass die Systeme gesetzeskonform und effizient betrieben werden können.

Förderungen reduzieren die jährliche finanzielle Belastung. Sie stammen aus BAFA- und KfW-Programmen und werden als jährlicher Betrag über die Laufzeit der Investition angesetzt. Die Vollkostenrechnung liefert damit eine ganzheitliche, jährliche Kostenbetrachtung aus Verbrauchersicht, die neben den reinen Energiekosten auch die finanziellen Belastungen durch Investition, Wartung und mögliche Förderungen berücksichtigt.

| Vollkostenvergleich Effizienzhaus (am Bsp. 4.200 kWh/a Nutzenergie, 2025, Energieeffizienzklasse A) | | | | | |
|--|---------------|----------|-------------------|-----------|-------|
| Energieträger | Energiekosten | Annuität | Betrieb & Wartung | Förderung | Summe |
| [-] | [€/a] | [€/a] | [€/a] | [€/a] | [€/a] |
| Heizöl | 595 | 801 | 235 | 0 | 1631 |
| Erdgas | 484 | 668 | 235 | 0 | 1387 |
| Biomethan | 571 | 668 | 235 | 0 | 1474 |
| Pellets | 285 | 1050 | 350 | -300 | 1385 |
| Hackschnitzel | 178 | 1100 | 350 | -320 | 1308 |
| EE-Fernwärme | 611 | 638 | 50 | -191 | 1108 |
| LPG | 715 | 834 | 235 | 0 | 1784 |
| WP ohne PV | 389 | 1050 | 250 | -350 | 1339 |
| WP mit PV (40%) | 297 | 1350 | 280 | -500 | 1427 |

Tabelle 10-3: Vollkostenrechnung am Beispiel eines Effizienzhauses (interne Berechnungen)

Im Vergleich zeigen sich im Altbau deutlich höhere Wärmekosten, sodass die Umsetzung von Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs empfohlen wird. Eine begleitende Beratung durch eine qualifizierte Energieberaterin oder einen qualifizierten Energieberater wird dringend angeraten, um die Maßnahmen individuell zu planen und die Wirtschaftlichkeit zu optimieren.

| Vollkostenvergleich Altbau (25.200 kWh/a Nutzenergie, 2025, Energieeffizienzklasse F) | | | | | |
|--|---------------|----------|-------------------|-----------|-------|
| Energieträger | Energiekosten | Annuität | Betrieb & Wartung | Förderung | Summe |
| [-] | [€/a] | [€/a] | [€/a] | [€/a] | [€/a] |
| Heizöl | 3568 | 961 | 282 | 0 | 4811 |
| Erdgas | 2906 | 802 | 282 | 0 | 3990 |
| Biomethan | 3425 | 802 | 282 | 0 | 4509 |
| Pellets | 1709 | 1365 | 455 | -390 | 3139 |
| Hackschnitzel | 1068 | 1430 | 455 | -416 | 2537 |
| EE-Fernwärme | 3664 | 734 | 50 | -220 | 4228 |
| LPG | 4289 | 1001 | 282 | 0 | 5572 |
| WP ohne PV | 3924 | 1313 | 313 | -438 | 5112 |
| WP mit PV (40%) | 2676 | 1688 | 348 | -625 | 4087 |

Tabelle 10-4: Vollkostenrechnung am Beispiel eines Altbaus (interne Berechnungen)

Bei der Auswahl eines Heizsystems sind neben den reinen Kosten auch weitere Vor- und Nachteile zu berücksichtigen. Dazu zählen beispielsweise ökologische Aspekte wie CO₂-Emissionen und Ressourcennutzung, technische Eigenschaften wie Effizienz, Regelbarkeit und Lebensdauer, betrieblichen Komfort einschließlich Lautstärke und Raumtemperaturstabilität sowie platzbezogene Anforderungen wie Lagerflächen für Brennstoffe.

Diese Faktoren können die Wirtschaftlichkeit und Attraktivität eines Systems erheblich beeinflussen, sind jedoch in einer rein monetären Vollkostenbetrachtung nur teilweise abbildbar.

Die vorliegende Vollkostenrechnung stellt eine Momentaufnahme der ökonomischen Belastung durch verschiedene Heizsysteme im Jahr 2025 dar. Sie berücksichtigt die aktuellen Energiepreise, Netzentgelte, CO₂-Umlagen sowie Investitions- und Wartungskosten, bildet jedoch zukünftige Entwicklungen nicht ab. Aus wissenschaftlicher Sicht ist eine belastbare Empfehlung für ein bestimmtes Heizsystem auf Basis einer solchen Momentaufnahme nicht möglich, da die zukünftige Kostenstruktur erheblichen Unsicherheiten unterliegt. Mehrere Faktoren beeinflussen die zukünftige Wirtschaftlichkeit von Heizsystemen:

- Inflation und Energiepreisentwicklung: Historische Daten zeigen, dass Inflationsraten und Energiepreise starken Schwankungen unterliegen. Sowohl fossile Brennstoffe als auch Strompreise können durch Veränderungen im Energiemarkt variieren.
- Globale Handels- und Rohstoffmärkte: Der Weltmarkt für Öl, Gas, Pellets oder seltene Materialien für Wärmepumpentechnologien unterliegt geopolitischen Einflüssen, Handelsbarrieren und Lieferengpässen. Politische Krisen oder Sanktionen können plötzliche Preissprünge verursachen.
- Geopolitische Entwicklungen: Kriege, Embargos oder internationale Konflikte können die Versorgungssicherheit und die Preisentwicklung maßgeblich beeinflussen. Die Energiekrise 2022/2023 in Europa verdeutlicht die hohe Volatilität solcher Faktoren.
- Technologische Entwicklungen: Innovationen in Heiztechnik, Wärmespeicherung, PV-Anlagen oder smarten Energiemanagementsystemen können Investitionskosten, Wirkungsgrade und Betriebskosten drastisch verändern. Langfristige Prognosen sind schwer belastbar, da technologische Durchbrüche oder neue Fördermechanismen unvorhersehbar sind.
- Lohn- und Personalkostenentwicklung: Handwerker- und Fachkräftekosten steigen tendenziell über die Zeit und beeinflussen insbesondere Wartungs-, Reparatur- und Installationskosten von Heizsystemen. Regional unterschiedliche Lohnentwicklungen können die Kostenstruktur weiter verzerren.
- Wechselwirkungen von Marktpreisen: Preissteigerungen bei Gas oder Öl wirken sich nicht nur direkt auf Heizkosten aus, sondern beeinflussen auch Strompreise. Somit können die Kosten von elektrisch betriebenen Wärmepumpen indirekt durch fossile Energiepreise beeinflusst werden.
- Weitere Unsicherheitsfaktoren: Gesetzliche Änderungen (z. B. CO₂-Bepreisung, Förderprogramme), extreme Wetterereignisse, Inflation oder lokale Netzgebühren können die Kostenstruktur unerwartet verändern.

Aus diesen Gründen kann wissenschaftlich fundiert kein Heizsystem als eindeutig zu bevorzugen empfohlen werden.

Die vorliegenden Berechnungen dienen der vergleichenden Orientierung unter den gegebenen Rahmenbedingungen, nicht der Festlegung eines optimalen Systems für die Zukunft. Sie zeigen lediglich relative Unterschiede unter aktuellen Annahmen, ohne zukünftige Entwicklungen verlässlich prognostizieren zu können.

Zudem wird deutlich, dass eine individuelle Bewertung und Beratung essenziell ist. Zu Beginn sollte der energetische Zustand des Gebäudes umfassend analysiert werden. Hierbei sind insbesondere die Qualität der Gebäudehülle, Dämmung, Fenster und Türen, die Heizlast, die Heizverteilung sowie mögliche Wärmeverluste durch undichte Stellen zu betrachten. Auf Basis dieser Analyse lassen sich gezielt Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfs identifizieren, wie beispielsweise die Nachrüstung oder Optimierung der Dämmung, der Austausch veralteter Fenster, die Reduzierung von Wärmebrücken oder die Verbesserung der Lüftungssysteme.

Die fachkundige Begleitung durch qualifizierte Energieberater/innen ermöglicht eine fundierte Bewertung der möglichen Optionen. Dabei werden nicht nur die wirtschaftlichen Aspekte wie Investitions- und Betriebskosten, Fördermöglichkeiten und Vollkosten berücksichtigt, sondern auch ökologische Kriterien, beispielsweise die CO₂-Bilanz der Heizsysteme, die Nutzung erneuerbarer Energien oder die langfristige Nachhaltigkeit der Technologie. Zudem fließen technische Faktoren wie Lebensdauer, Wartungsaufwand, Flexibilität und Leistungsanpassung an den Gebäudezustand in die Bewertung ein. Auch komfortbezogene Aspekte, wie eine gleichmäßige Raumtemperatur, Geräuschentwicklung oder Bedienfreundlichkeit, sind in der Entscheidung zu berücksichtigen.

In Altbauten empfiehlt sich häufig eine stufenweise Vorgehensweise: Zunächst sollte der Energiebedarf durch Effizienzmaßnahmen reduziert werden, bevor die Heiztechnik angepasst oder erneuert wird. Diese Priorisierung ermöglicht eine optimierte Investitionsplanung und minimiert die laufenden Energiekosten. In Neubauten sollten Effizienz und Betriebskosten von Beginn an in die Planung einbezogen werden, um die langfristige Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit des Systems sicherzustellen.

Insgesamt zeigt sich, dass die Wahl eines Heizsystems nicht allein auf monetären Kriterien beruhen sollte. Eine ganzheitliche Betrachtung unter Einbezug von ökologischen, technischen und komfortbezogenen Faktoren ist notwendig, um die langfristige Tragfähigkeit, Zukunftssicherheit und Nachhaltigkeit der Heizlösung zu gewährleisten. Nur durch eine derartige umfassende Analyse und Beratung lassen sich Entscheidungen treffen, die sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch fundiert sind und den individuellen Bedürfnissen der Nutzer und Nutzerinnen gerecht werden.

11 Controlling-Konzept

Das Wärmeplanungsgesetz verpflichtet die Kommunen nach §25 zur Erstellung eines Controlling-Konzeptes sowie zur Überwachung der Maßnahmen. Im folgenden Kapitel wird das Controlling-Konzept vorgestellt und in den darauffolgenden Kapiteln werden die Verstetigungs-Strategie sowie das Kommunikations-Konzept erläutert.

11.1 Verpflichtung nach dem Wärmeplanungsgesetz

Das Wärmeplanungsgesetz schreibt die Überprüfung des Wärmeplans alle fünf Jahre vor (§25). Dabei soll die Überwachung der Fortschritte bei der Umsetzung der ermittelten Strategien und Maßnahmen sowie die Festlegung von Indikatoren im Zielszenario nach §17 (Anlage 2, Pk. III) WPG erfolgen (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023).

Die festgelegten Indikatoren sollen beschreiben, wie das Ziel einer auf erneuerbaren Energien oder der Nutzung von unvermeidbarer Abwärme basierenden Wärmeversorgung erreicht wird. Die Indikatoren sind, soweit nichts anderes festgelegt, jeweils für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 für das Gebiet als Ganzes bestimmt. Folgende Indikatoren werden definiert:

- die Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im beplanten Gebiet in Prozent
- die Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im beplanten Gebiet in Prozent
- der jährliche Endenergieverbrauch der gesamten Wärmeversorgung in Kilowattstunden pro Jahr, differenziert nach Endenergiesektoren und Energieträgern
- die jährliche Emission von Treibhausgasen im Sinne von §2 Nummer 1 des Bundes-Klimaschutzgesetzes der gesamten Wärmeversorgung des beplanten Gebiets in Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
- der jährliche Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung nach Energieträgern in Kilowattstunden pro Jahr und der Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Prozent
- der Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergieverbrauch der Wärmeversorgung in Prozent
- jährlicher Endenergieverbrauch aus Gasnetzen nach Energieträgern in Kilowattstunden pro Jahr und der Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in Prozent (Bundesminister der Justiz 2023)

Es wird empfohlen, zukünftig alle 5 Jahre die Energie- und Treibhausgasbilanz zu erstellen. Damit verbunden ist eine Aktualisierung der zuvor genannten Indikatoren, um eine WPG-konforme Datenaufbereitung sicherzustellen. Dazu müssen die Daten bei den Netzbetreibern erneut abgefragt werden und die THG-Äquivalente auf den aktuellen Stand der Technik überprüft und ggf. angepasst werden. Mittels Berechnung sowie der aktuellen THG-Äquivalente wird abschließend die Energie- und Treibhausgasbilanz erstellt

11.2 Monitoring

Für eine erfolgreiche Umsetzung der Wärmeplanung ist eine fortlaufende Erfolgskontrolle essenziell. Anhand der folgenden Punkte soll eine Umsetzung in der Praxis sichergestellt werden.

Ausbau von Wärmenetzen

Zur klimaneutralen Wärmeversorgung der Gemeinde Lohfelden ist eine Erhöhung des Anteils der Wärmenetze anzustreben. Bei der Projektierung des Wärmenetzausbaus muss die Finanzierbarkeit sichergestellt sein. Ein Ansatz zur Finanzierung der Maßnahmen ist die Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger Lohfeldens z.B. mittels Genossenschaften. Dazu müssen die Bürgerinnen und Bürger frühzeitig informiert und in die Ausgestaltung eingebunden werden, um eine maximale Akzeptanz und Beteiligung zu erzielen. In Gebieten, in denen bei späteren Planungen ein Wärmenetz angedacht wird, sollte ein hoher Anschlussgrad an das Wärmenetz Ziel sein und auch umgesetzt werden. Ein weiteres Ziel bei der Planung ist die Einbindung von eventuellen zukünftigen Großabnehmern in das Wärmenetz. Beide Maßnahmen wirken positiv auf die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzbetriebs und folglich auf die Kosten für die daran angeschlossenen Abnehmer.

Einsatz regenerativer Energien in Gebieten mit Individuallösungen

In Gebieten mit Individuallösungen sind die bevorzugten Wärmeversorgungen, die Wärmepumpe und die Wärmeerzeugung mit Biomasse kontinuierlich umzusetzen und fossile Wärmeversorgungen zu ersetzen.

Indikatoren für die Maßnahmen

Wie zuvor beschrieben verpflichtet das WPG die Länder und diese im Anschluss die Kommunen die Umsetzung der Maßnahmen anhand von Indikatoren (Siehe Kapitel 11.1) zu überprüfen. Dies kann anhand der Abarbeitung von Handlungsschritten verfolgt werden. Dabei sollte kontrolliert werden, ob diese analog der zeitlichen Planung verlaufen, oder ob ein zeitlicher Rückstand vorliegt. Darüber hinaus ist zu prüfen, ob Hindernisse bei der Umsetzung oder ähnliche Störfaktoren vorliegen.

Indikatoren für den Prozess

Zur Beurteilung des Gesamtfortschritts ist eine regelmäßige Evaluation des Prozesses notwendig. Dabei sind folgende Inhalte zu erörtern, um daraus eine möglichst qualitative Bewertung des Fortschritts vorzunehmen.

Zielerreichung

Wie ist der Umsetzungsstand der Maßnahmen und Projekte zum Klimaschutz?

Wie viele Projekte sind bereits umgesetzt?

Welche Projekte befinden sich noch in der Umsetzung?

Welche Verzögerungen gab es und wie können diese zukünftig vermieden werden?

Wie ist der Planungsstand der zukünftigen Projekte?

Ist der Umsetzungsprozess effizient und transparent?

Stand der Technik und Wirtschaftlichkeit

Welche neuen Technologien in den Bereichen Wärmeerzeugung, -transport oder -speicherung gibt es?

Welche Innovationen bei bekannten Technologien zur Wärmeerzeugung, -transport oder -speicherung gibt es?

Welche signifikanten Änderungen bei den Preisen der unterschiedlichen Energieträger gibt es, die eine Neubewertung der Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen erfordern?

Gibt es geänderte Rahmenbedingungen, die Anpassungen bedingen?

Updates von Gesetzen und Vorschriften

Welche neuen Gesetze, Vorschriften und Durchführungsverordnungen gibt es, die seitens der Kommune oder der Bürgerinnen und Bürger erfüllt werden müssen in Bezug auf Klimaschutz?

Neuinterpretation und Konkretisierung von Handlungsempfehlungen

Welche neuen Handlungsempfehlungen wurden aus dem Gesetzestext abgeleitet?

Welche Konkretisierungen von Handlungsempfehlungen in Form von Richtwerten insbesondere in Bezug auf Grenzwerte für Wärmedichten und -linien sowie Grenzwerte bei der Eignungsprüfung gibt es?

Implementierung des Klimaschutzes in die kommunalen Strukturen

Wie wurden die Themen Wärmewende und Klimaschutz nachhaltig organisatorisch in die kommunalen Strukturen integriert?

Wurden entsprechende Stellen geschaffen bzw. Stellen innerhalb der Stellenbeschreibung angepasst?

Wie wurden Prozesse zur Sicherstellung der Wärmewende und des Klimaschutzes innerhalb der Gemeinde implementiert?

Wie wurde die Organisation der Gemeinde hinsichtlich Klimaschutz überprüft und angepasst?

Netzwerkausbau und Partizipation

Wie sind die relevanten Akteure in die Planungen eingebunden?

Wurde die Bevölkerung informiert und beteiligt?

Wie erfolgten die Information, Aktivierung und Motivation in der Bevölkerung?

Wie wurden ehrenamtliche Akteure oder Vereine und Initiativen zum Klimaschutz gewonnen und involviert?

Sind neue Partnerschaften zwischen den Akteuren entstanden und welche Synergien konnten dadurch erzielt werden?

12 Verstetigungs-Strategie

Die Verstetigung der Wärmeplanung in Kommunen versteht sich als Fortführung von Aktivitäten über den Förder- bzw. Planungszeitraum hinaus. Das bedeutet, dass die Prinzipien, Zielsetzungen und bereits laufenden Aktivitäten beibehalten werden, um auf lange Sicht eine Dekarbonisierung der Wärmeversorgung zu erreichen. Im Speziellen wäre dies etwa die Ausführung der Maßnahmen, die Aktualisierung der Wärmeplanung oder die Projektierung und Detaillierung von Maßnahmen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit in sogenannten Machbarkeitsstudien.

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, ist die Kommunale Wärmeplanung seit dem 01.01.2024 eine per Bundesgesetz geregelte Aufgabe. Der Bund hat diese Aufgabe an die Länder übertragen, und diese wiederum an die Kommunen. Damit ist die Kommunale Wärmeplanung eine Pflichtaufgabe der Kommunen und muss personell unterstützt werden. Je nach Gestaltung der Landesgesetzgebungen werden dafür Konnexitätsmittel bewilligt und bereitgestellt.

12.1 Umfrageergebnisse

Im Bereich Technologien und Wärmewendestrategie zeigte sich, dass die Teilnehmenden eine ausgewogene Mischung aus Klimaschutz und Kosten anstreben. Dies wurde mit der Zielstellung zum Wärmenetzausbau berücksichtigt, wie aus den Inhalten der Vollkostenrechnung und aus den Emissionsfaktoren ablesbar ist. Damit kann bei Projektierung den Gebäudeeigentümern eine weitere Möglichkeit zur klimafreundlichen Wärmeversorgung angeboten werden.

Die meisten Technologien wurden positiv wahrgenommen, während die Holzverbrennung kritisch bewertet wurde. Dies wurde gewichtet in den zukünftigen Versorgungssystemen berücksichtigt. Gleichzeitig zeigte die Umfrage eine sehr hohe Bereitschaft zur Mitwirkung der Eigentümer/innen. Um dieses Engagement effektiv zu nutzen, sollten spezifische Beteiligungsformate zusammen mit dem Beirat entwickelt werden, wie beispielsweise Workshops, Online-Foren oder Fokusgruppen, ergänzt durch Feedbackschleifen, die Vertrauen und Motivation stärken.

Die Umfrage zur Heiztechnik verdeutlicht Sorgen und Hemmnisse: Über 70 % der Befragten äußerten Bedenken hinsichtlich möglicher Kosten. Dies zeigt, dass finanzielle Aspekte bei der Wärmewende stärker berücksichtigt werden müssen. Viele geplante Sanierungsmaßnahmen weisen eine lange Amortisationsdauer auf, wodurch niedrighschwellige Effizienzmaßnahmen möglicherweise nicht umgesetzt werden. Zudem nutzt nur ein Teil der Eigentümer/innen Energieberater, wodurch das Risiko besteht, dass Fördermittel ungenutzt bleiben.

Es ist wichtig, Fördermöglichkeiten und Kosteneinsparpotenziale klar aufzuzeigen. Informationsmaterialien zu Amortisationszeiten und wirtschaftlicher Planung sollen die Entscheidungsfindung erleichtern. Niedrigschwellige Energieeffizienzmaßnahmen sollten stärker gefördert und Energieberater intensiver in die Kommunikation eingebunden werden. Beispiele erfolgreicher Sanierungen und der Nutzung von Fördermitteln können die Umsetzung motivierend begleiten. Daher wird empfohlen die Maßnahme mit der Nr. 15 umzusetzen.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass neben technischer Umsetzung und Klimaschutz besonders die finanzielle Planung, zielgruppengerechte Kommunikation und aktive Beteiligung zentrale Faktoren für eine erfolgreiche Wärmewende sind, die in der weiteren Verstetigung Berücksichtigung finden sollten.

12.2 Rollierende Fortschreibung

Die Verwaltung soll die Kommunale Wärmeplanung als rollierende Planung umsetzen. Dies impliziert ein Vorgehen, dass auf Zeitperioden ausgerichtet ist. Im Zeitverlauf muss die Wärmeplanung in festgelegten zeitlichen Abständen aktualisiert, konkretisiert und ggf. revidiert werden. Die in der Zwischenzeit gewonnenen aktualisierten Daten und Richtwerte werden dabei berücksichtigt. In der Praxis hat sich bewährt, den nächsten zehn Jahreszeitraum als Planungshorizont in erheblichem Maße genauer auszuplanen, als die Detaillierung der Folgejahre. Mit fortschreitender Zeit rolliert der Zeitraum mit höherer Planungsintensität ebenfalls weiter.

12.3 Implementierung in die kommunalen Verwaltungsstrukturen

Eine konsequente Verfolgung der Strategie zur Wärmewende verlangt nach einer nachhaltigen organisatorischen Einbindung der Wärmeplanungsaktivitäten in die kommunalen Verwaltungsstrukturen. Die Wärmeplanung wird von der Stabsstelle Klimaschutz zusammen mit dem Fachbereich 3 Bauen und Wohnen übernommen. Dies gewährleistet eine ggf. fachübergreifende Zusammenarbeit und das Einbringen der notwendigen Kompetenz in den Bereichen Klimaschutz und Bauen.

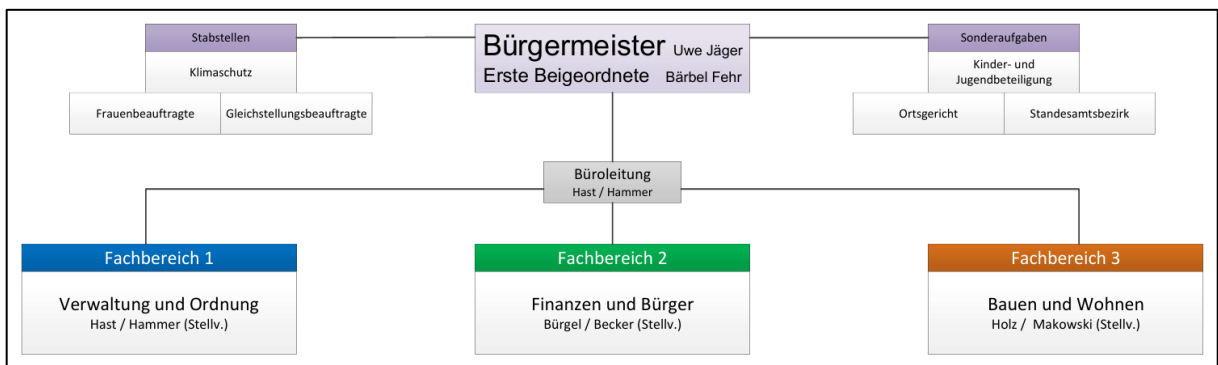


Abbildung 12-1: Organigramm der Gemeinde Lohfelden

Die Wärmeplanung umfasst folgende Aufgaben:

- Planung,
- Steuerung (Controlling)
- systematische Erfassung und Auswertung (Kontrolle)
- Koordination von Wärmeplanungsaktivitäten (Projektmanagement)
- Umsetzung der Maßnahmen
- Fortschreibung des Wärmeplans alle 5 Jahre (Verpflichtung nach §25 Wärmeplanungsgesetz)
- Fortschreibung von Indikatoren, Berichterstellung, Monitoring z.B. jährlicher Bericht zu den Indikatoren des Wärmeplans
- Synchronisation mit anderen kommunalen Planungen
- Berücksichtigung der Wärmeplanung bei Neubaugebiete und B-Plänen
- Koordination von Wärmenetzausbauten mit Straßenbaumaßnahmen
- Beantragung von Fördermitteln und Begleitung von Finanzierungen von Projekten
- Koordination und Vernetzung sowie die
- interne und externe Kommunikation der vielfältigen Akteure

Der kommunale Klimaschutz ist eine Querschnittsaufgabe, die eine fachübergreifende Kooperation verschiedener Verwaltungseinheiten bedarf. Aus diesem Grund stellen die Koordination fachübergreifender Akteure, die Bündelung von Informationen in einer einzelnen Abteilung und die Vermeidung von thematischen Überschneidungen wesentliche Hauptaufgabenbereiche der beauftragten Mitarbeiter dar. Hierbei ist es wichtig, dass benötigte Daten, Projektergebnisse und Planvorhaben zeitnah und gut aufbereitet von Verwaltungseinheiten sowie den Versorgungsunternehmen bereitgestellt werden. Es sollte sichergestellt sein, dass Einzelaufträge, die Teil eines Klimaschutzprogramms sind, auf unkomplizierte Art und Weise an dem zuständigen Bereich zur Abarbeitung übertragen werden. Strukturell ist zu beachten, dass die mit dem Thema Klimaschutz beauftragte Person als Koordinator auftritt und keine eigenständige Verantwortung für die Aufgaben anderer Bereiche übernimmt, da diese nicht mit dem entsprechenden Budget ausgestattet ist.

Dies stellt eine besondere Herausforderung in der Kommunikation dar, weil diese somit auf den „guten Willen“ zur Aufgabenbewältigung durch andere Bereiche angewiesen ist, die meist als Mehraufwand zum ohnehin anfallenden Tagesgeschäft angesehen werden. Dieser Sachverhalt muss entsprechend klar durch die Fachbereichsleitung und dem Bürgermeister in allen Verwaltungseinheiten kommuniziert werden, um Kompetenzkonkurrenzen, Interessenkonflikten und einer Vielzahl weiterer Hemmnisse entgegenzuwirken. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, dass sich gerade politische Entscheidungsträger dem Thema Klimaschutz annehmen und entsprechend auftreten.

12.4 Politische Implementierung

Ein Bestandteil der Verstetigung ist die Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung durch Beschlüsse und politisches Handeln sicherzustellen. Dazu gehört der Beschluss zum Wärmeplan in dem entsprechenden politischen Gremium. Außerdem verpflichtet sich die Klimaschutzmanagerin einmal jährlich über die Wärmeplanungsaktivitäten zu berichten und den Gemeindevorstand über die Ergebnisse durchgeführter und geplanter Maßnahmen zu unterrichten.

12.5 Interkommunale Zusammenarbeit

Ebenso wichtig wie die interne Einbindung des Klimaschutzes in die Verwaltungsstrukturen ist die interkommunale Zusammenarbeit der Gemeindeverwaltung mit den beteiligten Nachbarkommunen sowie den Netzbetreibern. Hier sollte ein regelmäßiger Austausch stattfinden, ggf. ist die Gründung einer eigenen interkommunalen Arbeitsgruppe für die Koordinierung der weiteren Maßnahmen zum Strom- und Wärmenetzausbau eine zu prüfende Option.

Auf nationaler Ebene beschränkt sich die Zusammenarbeit auf den Erfahrungsaustausch und die Aufstellung von Benchmarks mit anderen Kommunen. Gerade zur Ausarbeitung konkreter Klimaschutzmaßnahmen, deren Inhalte oftmals in die gleiche Richtung zielen, lassen sich Synergien aus der Erfahrung überregionaler Akteure erzielen, um Probleme zu vermeiden oder zukünftige Projekte effizienter zu gestalten.

13 Kommunikations-Konzept

Ein wesentlicher Teil der Einsparpotenziale für Energie und CO₂-Emissionen liegen außerhalb des Wirkungskreises der Kommune. Bei der Umsetzung von Maßnahmen von Aktivitäten und Projekten zum Energiesparen sowie zur Verminderung von CO₂-Ausstoß sind private Haushalte, Wirtschaftsunternehmen und weitere lokale Beteiligte die wesentlichen Akteure, die die Umsetzung und den Erfolg der Zielerreichung entscheidend beeinflussen.

Die staatlichen Stellen können dabei Bedingungen schaffen und Anreize bieten, aber die tatsächliche finale Umsetzung liegt in der Hand anderer Akteure. Dabei sind insbesondere die Bereitschaft und das Engagement der Beteiligten wesentliche Erfolgsfaktoren. Bereitschaft und Engagement lassen sich nur über eine transparente und adressatengerechte Kommunikation und maximale Beteiligung im Sinne von Einbeziehung und Information erzielen. Dabei sollte das priorisierte Ziel sein, bei den Betroffenen eine maximale Akzeptanz für die geplanten Maßnahmen zu schaffen. Im Folgenden werden wichtige Punkte aus dem Kommunikations-Konzept vorgestellt.

Zielstellung

Wie zuvor beschrieben zielt die Kommunikation zum einen darauf ab Einwohner, Selbstständige, Unternehmen und Netzbetreiber in die Lage zu versetzen, eigene Maßnahmen zu realisieren und außerdem die grundsätzliche Notwendigkeit aufzuzeigen sowie die Betroffenen in hohem Maße zu motivieren. Denn die Aktivitäten zur Klima- und Wärmewende sind keine Einzelaufgabe, sondern Team sport, der nur gemeinsam gelingen kann. Denn nur wenn die zukünftigen Maßnahmen, wie zum Beispiel der Bau von Heizzentralen oder Straßenbaumaßnahmen zur Verlegung von Wärmenetzen, auf eine breite Akzeptanz stoßen, sind diese Maßnahmen finanzierbar, indem Investoren für die Projekte akquiriert werden können. Die dazu notwendigen Inhalte des Kommunikations-Konzeptes werden im Folgenden kurz beschrieben:

Partizipation

Bereits 1969 schrieb Sherry Arnstein den innovativen Artikel "A Ladder Of Citizen Participation" im Journal of the American Planning Association. Sie beschreibt darin ihre Partizipationsleiter bzw. „Leiter der Bürgerbeteiligung“, bei der jede höhere Stufe eine umfassende Beteiligung an einem Prozess darstellt. (STEINBACH 2022)

Die folgende Abbildung visualisiert die Leiter der Bürgerbeteiligung. Dabei werden die einzelnen Stufen benannt und beschrieben:

Arnsteins "Leiter der Bürgerbeteiligung"

8. Subsidiarität

Bürger können ein Programm oder eine Einrichtung leiten, die volle Verantwortung für politische und verwaltungstechnische Aspekte tragen und sind in der Lage, auszuhandeln, unter welche Bedingungen "Außenstehende" Änderungen vornehmen können.

7. Delegierte Gestaltung

Die Bürger haben signifikante Entscheidungskarten in der Hand. Programme sind denen rechenschaftspflichtig. Um Differenzen zu lösen, müssen die Planer oder Verwalter agieren und ein Verhandlungsprozess einleiten, statt bloß auf aufbauende Druck zu reagieren.

6. Partnerschaft

Gemeinsame Planung und Entscheidungsfindung durch Strukturen wie gemeinsame Gremien, Planungsausschüsse und Mechanismen zur Lösung von Konflikten.

5. Abwiegung

Bürger haben ein begrenztes Maß an Einfluss auf einen Prozess. Sie sind lediglich nur beteiligt, um zu zeigen, dass sie beteiligt waren. Ein paar handverlesene "würdige" Personen in Gremien, die nicht rechenschaftspflichtig sind und überstimmt und ausmanövriert werden können.

4. Konsultation

Bloße Einholung der Bürger Meinungen, wenn es nicht mit einem Konsultationsprozess kombiniert wird, um zu gewährleisten, dass die Anliegen und Ideen der Bürger berücksichtigt werden.

3. Informieren

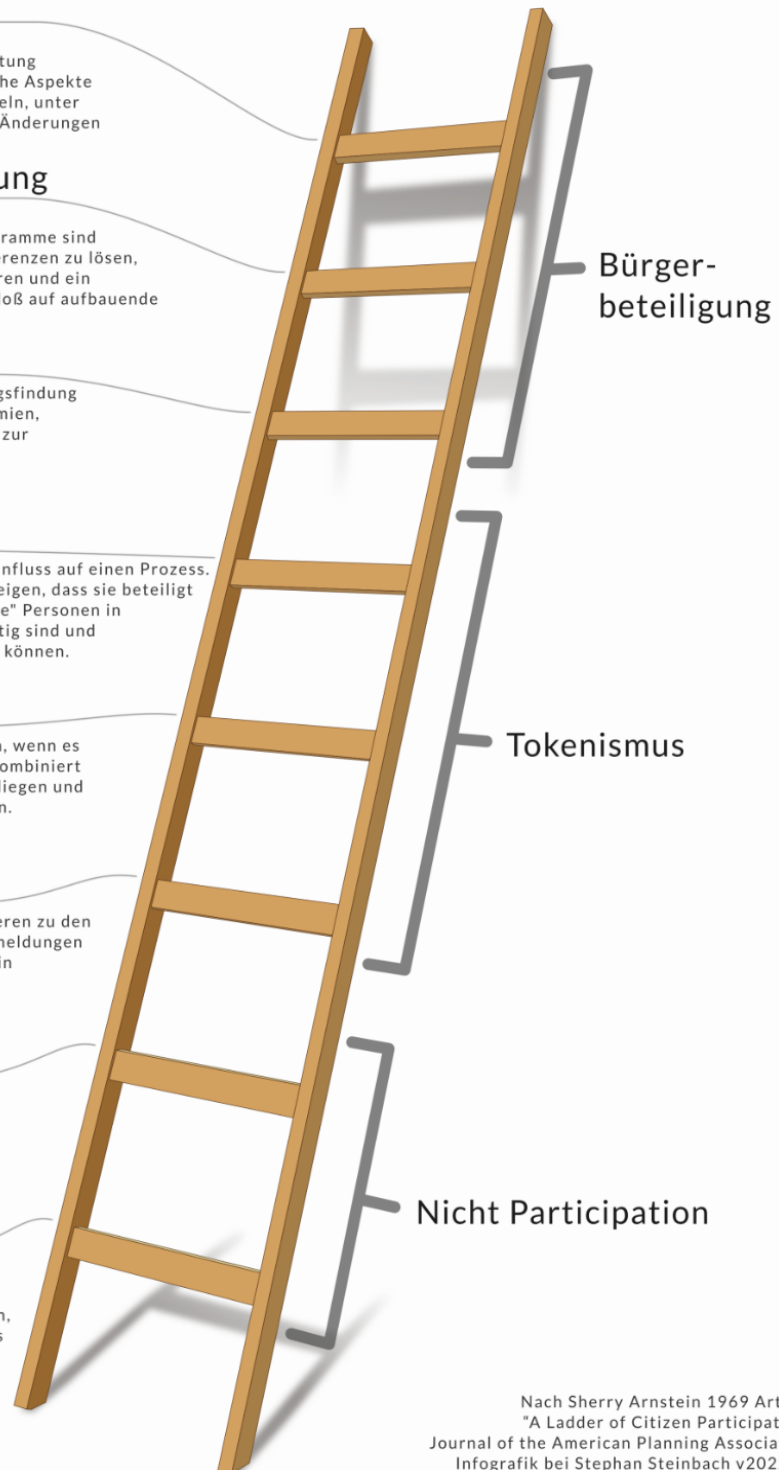
Einseitiger Informationsfluss von Planern zu den Bürgern, ohne dass ein Kanal für Rückmeldungen vorhanden ist und keine Möglichkeit, ein anderes Ergebnis zu finden.

2. Therapie

Pseudo-partizipatorische Programme, die versuchen, die Bürger davon zu überzeugen dass sie das Problem sind.

1. Manipulation

Wenn öffentliche Einrichtungen oder Beamten den Bürgern vorgaukeln, dass sie in einem Prozess teilnehmen können, der absichtlich so gestaltet wurde, dass ihnen die Macht vorenthalten wird.



Nach Sherry Arnstein 1969 Artikel
 "A Ladder of Citizen Participation,"
 Journal of the American Planning Association.
 Infografik bei Stephan Steinbach v2022-07
alternativetransport.wordpress.com CC BY-SA 3.0 AT

Abbildung 13-1: Arnsteins „Leiter der Bürgerbeteiligung“ (STEINBACH 2022)

Wie die vorhergehende Abbildung zeigt, wird mit der alleinigen Information von Bürgern lediglich die Stufe 3 erreicht. Eine echte Bürgerbeteiligung findet erst ab Stufe 6 - Partnerschaft statt. Dort werden Inhalte genannt wie „gemeinsame Planung“ und „Entscheidungsfindung“, die als „Mindestanforderung“ notwendig sind, um eine echte Bürgerbeteiligung zu erzielen. Alle Stufen darunter ermöglichen entweder keine Beteiligung oder sehen die Bürger nur als „Spielsteine“ oder „Marionetten“, was in der Abbildung mit Tokenismus beschrieben ist. (STEINBACH 2022)

Information

Ziel der Information ist, die Teilnehmer zum Thema Kommunale Wärmeplanung sowie über Schnittstellen und Abgrenzungen zum Gebäudeenergiegesetz zu informieren. Dies stellte die Basis für die darauf aufbauende Partizipation dar. Außerdem sollte ein gutes Verständnis für die Notwendigkeit der Wärmewende, des Klimaschutzes, der Versorgungssicherheit sowie Nachhaltigkeit geschaffen werden.

Akzeptanz

Ziel der Schaffung von Akzeptanz ist es, eine möglichst gute Unterstützung seitens Bevölkerung, Selbstständigen und Unternehmen zu erreichen. Dies ist insbesondere essenziell, damit die Aufgaben und Maßnahmen, die sich aus der Wärmeplanung ergeben auf mehrere Schultern verteilt werden und die Gemeinde mit den Aufgaben nicht allein gelassen wird.

Verhaltensveränderung

Ziel der Verhaltensänderung ist es, bei Bürgern, Selbstständigen und Unternehmern nicht nur die Akzeptanz zu schaffen, sondern die Betroffenen zum Handeln zu bewegen. Die Handlungen zielen auf die energetische Sanierung der eigenen Gebäude (Verringerung des Verbrauchs) sowie auf die möglichst CO₂-neutrale Abdeckung des verbleibenden Wärmeverbrauchs (Verringerung der CO₂-Emissionen) ab. Alle Handlungen setzen ein verändertes Verhalten voraus. Die Verhaltensveränderungen werden durch eine hohe Motivation bei den Betroffenen erreicht mit dem Ziel, dass sie Geld und Zeit in die Themen Wärmewende und Klimaschutz investieren.

Wirtschaftlichkeit

Die Bereitschaft energetische Maßnahmen an der eigenen Immobilie umzusetzen, wird unterstützt durch Förderungen, die die Maßnahmen finanzierbar und damit realisierbar machen. Außerdem wird damit der return-on-invest (ROI) auf eine kurze Zeit begrenzt (break-even-Analyse). Daher wurden bei der Wärmeplanung für die Gemeinde Lohfelden neben den Auswirkungen der Maßnahmen auf die CO₂-Bilanz stets die ökonomischen Aspekte betrachtet.

Kommunikationsmittel

Wie bereits in Kapitel 4.3 im Allgemeinen beschrieben, erfordert eine gute Kommunikationsstrategie finanzielle und personelle Mittel, die meist begrenzt zur Verfügung stehen. Daher sollten die zur Verfügung stehenden Ressourcen und Kapazitäten effizient und effektiv eingesetzt werden. Folgende Kommunikationsmittel stehen der Gemeinde Lohfelden zur Verfügung:

- die offizielle Homepage der Gemeinde Lohfelden: <https://www.lohfelden.de/>
- das Amtsblatt der Gemeinde Lohfelden „Blickpunkt“ der wöchentlich analog und digital erscheint
- Informationsveranstaltungen
- Klimabeirat als Multiplikator
- Netzwerk zu Energieberatern, die eine individuelle Beratung übernehmen

Es wird ein Multi-Kanal-Ansatz empfohlen, da es eine Vielzahl von unterschiedlichen Zielgruppen wie Bürger, Selbstständige, Unternehmer und Vereine bzw. Organisationen für die Kommunikation der Wärmeplanung in der Gemeinde Lohfelden mit unterschiedlichen Wissensständen zum Thema gibt. Während die jüngeren Menschen eher über soziale Medien erreicht werden, spielen bei der älteren Generation eher klassische Kommunikationsmedien wie Zeitungen, gedruckte Broschüren und Vor-Ort-Veranstaltungen eine wichtige Rolle.

Zur Vermeidung von Verwirrungen oder Inkonsistenzen, ist es essenziell, dass die unterschiedlichen Kanäle zusammenarbeiten und die Botschaften konsistent vermittelt werden. Um zu verstehen, welche Kanäle häufig genutzt werden und mit welchen Kanälen eine maximale Reichweite erzielt werden kann, empfiehlt es sich, die Kanäle regelmäßig auszuwerten. Beispielsweise könnte die Verweildauer und Relevanz von Informationen auf der Internetseite ausgewertet werden.

Inhalte

Die Kommunikation sollte darauf abzielen, die Bevölkerung und die Wirtschaft zu aktivieren, einzubeziehen und zu informieren. Es wird empfohlen, die Informationen positiv sowie motivierend zu präsentieren und eine Perspektive zu geben, statt mit Ängsten oder Zwängen Druck zu erzeugen. Um sicherzustellen, dass niemand ausgeschlossen wird, muss die Kommunikation auf die Bedürfnisse, Interessen und Kenntnisse der unterschiedlichen Zielgruppen abgestimmt sein. Die folgenden Aspekte können als Basis für die Entwicklung von Inhalten genutzt werden:

- **Energiewende** - die Kommunale Wärmeplanung als strategisches Planungselement für die Nutzung von regenerativen Energieträgern.
- **Klimaschutz** - die Kommunale Wärmeplanung als strategisches Planungselement für die Nutzung von CO₂-neutralen Wärmequellen oder unvermeidbarer Abwärme.
- **persönliche Betroffenheit** - der persönliche Nutzen, die Senkung der individuellen Energiekosten und die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern sollten bei allen Aktivitäten im Mittelpunkt stehen.
- **Partizipation** - jeder soll sich einbringen und mitmachen.
- **Systematik** - Kommunale Wärmeplanung als Investition für eine nachhaltige und bezahlbare Wärmeversorgung.
- **Komplexität** - die Kommunale Wärmeplanung ist technisch und ökonomisch komplex und für die breite Bevölkerung teils schwer verständlich. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, müssen die komplexen Inhalte möglichst adressatengerecht dargestellt und vor allem visualisiert werden - nach dem Motto „ein Bild sagt mehr als 1.000 Worte“.
- **Ängste** - in der Bevölkerung existieren Ängste aufgrund von Berichterstattungen in den Medien, dass die bisherigen Heizungen nicht mehr betrieben werden dürfen und die damit verbundenen Kosten nicht finanziert werden können. Die Kommunikation sollte darauf abzielen, durch wissenschaftliche Fakten und Offenheit das Vertrauen der Betroffenen zu gewinnen.
- **Nachhaltigkeit** - die Wärmewende als Teil der Energiewende ist ein langfristiger Prozess, der fortlaufend weitergeschrieben werden muss. Um das Engagement der Bürger langfristig zu sichern, sollte die Kommune regelmäßige Updates und Erfolgsgeschichten kommunizieren und jährliche Events, Informationen und Dialogformate anbieten, um die Motivation und das Bewusstsein für das Thema Wärmeplanung hochzuhalten.

Damit auf Änderungen im Planungsprozess oder in der öffentlichen Meinung reagiert werden kann, sollte die Kommunikation anpassungsfähig und flexibel sein. Im Zuge der Verstetigung der Kommunalen Wärmeplanung sollten daher auch die Kommunikationsmaßnahmen regelmäßig evaluiert und bei Bedarf modifiziert werden. Dazu gehört die Auswertung der Resonanz auf Events, der Reichweite der Online-Angebote und der Medienberichterstattung. Das Konzept sollte fortlaufend optimiert werden, indem Rückmeldungen aus der Bevölkerung und von unterschiedlichen Akteuren Berücksichtigung finden.

14 Zusammenfassung

Alle Kommunen sind durch das Wärmeplanungsgesetz (WPG) verpflichtet, bis zur Mitte des Jahres 2028 eine Kommunale Wärmeplanung zu erstellen. Die Kommunale Wärmeplanung dient als strategisches Planungsinstrument zur Ermittlung von Ansätzen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis spätestens 2045. (BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023)

Im Jahr 2023 hat die Gemeinde Lohfelden die Erstellung einer Wärmeplanung beschlossen, in der die Optionen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis zum kommunalpolitisch festgelegten Zieljahr 2045 untersucht werden. Der große Mehrwert eines kommunalen Wärmeplans liegt darin, dass er den kommunalen Entscheidungsträgerinnen und -trägern sowie der Verwaltung mit ihren Fachabteilungen einen strategischen Fahrplan und Handlungsmöglichkeiten für eine erfolgreiche Wärmewende in den kommenden Jahrzehnten bietet.

Die Kommunale Wärmeplanung umfasst grundsätzlich vier zentrale Arbeitspakete: die Bestandsanalyse, die Potenzialanalyse, die Szenario-Entwicklung und die Wärmewende-Strategie mit Maßnahmen.

Bestandsanalyse

Ziel der Bestandsanalyse ist es, den aktuellen Wärmebedarf und den Wärmeverbrauch sowie die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen (THG) für die gesamte Kommune zu ermitteln. Dank der Datenerhebungsermächtigung im Klimaschutzgesetz sind reale Daten zum Energieverbrauch sowie Informationen über die vorhandenen Gebäudetypen, die Versorgungsstruktur aus Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und die dezentrale Wärmeversorgung von Wohn- und Nicht-Wohngebäuden verfügbar.

In der Analyse wurden insgesamt 6.764 Gebäude mit einer Gebäudegrundfläche von 1,1 km² ausgewertet. Von diesen weisen 3.488 Gebäude einen Wärmebedarf auf.

Im Jahr 2024 betrug der Endenergieverbrauch für Wärme 155,2 GWh/a. Dabei wird 89,6% des Wärmeverbrauchs durch fossile Energieträger wie Erdgas und Heizöl gedeckt. Bereits 16,2 GWh/a der Wärmeversorgung stammen aus erneuerbaren Energien. 86 % der wärmeversorgten Gebäude sind auf die Nutzungskategorie Wohnen zurückzuführen.

Im Basisjahr ergeben sich insgesamt Treibhausgasemissionen von 37.363 Tonnen CO₂-Äquivalent für Wärme und Warmwasser. Im Hinblick auf die Bevölkerungszahl ergibt sich für den Wärmesektor ein Emissionskennwert von etwa 2,7 t pro Einwohner.

Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse werden die Einsparmöglichkeiten bei Energie durch Gebäude-sanierungen und Effizienzmaßnahmen im Bereich der Prozesswärme sowie die lokal verfügbaren Potenziale für klimaneutrale Energiequellen und Abwärme untersucht. Das Leitszenario zur Ermittlung der Einsparpotenziale verdeutlicht, dass durch eine Verbesserung des Wärmeschutzes von Gebäuden 25,5 % des Gesamtwärmeverbrauchs eingespart werden kann. Hierbei wurde eine Sanierungsrate von 2 % jährlich angenommen.

Eine Untersuchung der emissionsfreien Wärmequellen vor Ort zeigt, dass bedeutende Potenziale zu finden sind. Darunter Solarpotenzial für Photovoltaik von 67,7 GWh/a, Abwasserwärme in Höhe von 13,4 GWh/a, Biomasse mit in Summe 5,1 GWh/a in Kombination für Strom und Wärme und 14,6 GWh/a aus oberflächennaher Geothermie. Des Weiteren ist die Verwendung von zusätzlichen, Energiequellen wie Außenluftwärme notwendig und möglich.

Szenario-Entwicklung

Das Klimaschutzgesetz definiert für die Kommunale Wärmeplanung das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Laut der Begründung des Gesetzes bedeutet dies, dass im Zieljahr durch die Wärmeversorgung keine Treibhausgasemissionen emittiert werden dürfen. Dieses „Zielszenario“ wird auf Grundlage der Ergebnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse entwickelt. Es soll veranschaulichen, welche Energieträger und Versorgungssysteme notwendig sind, um eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu gewährleisten. Dafür wurde auf Basis der Bestands- und Potenzialanalyse das bebaute Gebiet in 13 Quartiere unterteilt.

Im Zieljahr 2045 liegt der Endenergiebedarf für Wärme in Lohfelden bei 90,3 GWh/a, wobei dieser Bedarf durch emissionsfreie Wärmequellen gedeckt werden muss. Dies verdeutlicht das Ausmaß des noch fortzusetzenden Transformationsprozesses, wenn davon ausgegangen wird, dass im Basisjahr etwa 16,2 GWh/a an erneuerbaren Energien verwendet wurden.

Im Zielszenario stellen Biogas mit 0,4 %, Wärmepumpen mit 39,7 %, Biomasse mit 17,5 % und Fernwärme mit erneuerbarer Energie mit 42,4 % Anteil am Nutzenergieverbrauch die zentralen Technologien zur Erzeugung von Wärme dar.

Im Zielszenario wurden für 13 Cluster räumlich verortete Empfehlungen in den Quartiers-Steckbriefen erstellt, die der Kommune übergeben wurde. Darin enthalten sind die Empfehlungen, welche Energieversorgungssysteme, wie z.B. Wärmenetze oder dezentrale Heizungsanlagen und Energieträger zur Erreichung der Ziele umgesetzt werden sollten.

Wärmewende-Strategie mit Maßnahmen

Für das Projektgebiet wurde ein Energieplan erstellt. Dieser Plan beschreibt die Zielgrößen für jedes Quartier an benötigter Endenergie und der benötigten Versorgungsstruktur. Zusätzlich wurde die Transformation der Netze beschrieben. Für den Energieplan wurden folgende Themenschwerpunkte berücksichtigt und eingerechnet.

- Realisierung der Sanierungsleistung von kumuliert 39,6 GWh/a bis 2045
- Kontinuierlicher Ausstieg aus den Energieträgern: Erdgas, Heizöl, Flüssiggas, Braun- und Steinkohle
- Anschluss der ersten Ankerkunden des Wärmenetzes „Lohfeldener Rüssel“ in 2029.
- Kontinuierlicher Ausbau der Wärmenetze bis 2039
- Kontinuierlicher und vollständiger Umstieg auf Wärmepumpe oder Biomasse in allen dezentral Versorgten Quartieren
- Ausbau Dachflächenphotovoltaik nach Berechnung aus dem Kapitel Potenziale
- Anschluss von 8,6 GWh/a Freiflächen-Photovoltaik im Juni 2030
- Anschluss von 11,8 GWh/a Freiflächen-Photovoltaik im Juni 2032

Auf Basis der Ergebnisse des Zielszenario sind Handlungsstrategien sowie ein Katalog mit Maßnahmen erarbeitet worden, deren verpflichtende Umsetzung gemäß Klimaschutzgesetz innerhalb der nächsten fünf Jahre beginnen soll. Diese basieren auf den Ergebnissen des Zielszenarios. Die Maßnahmen wurden in Zusammenarbeit mit der Kommunalverwaltung entwickelt und sind detailliert in Steckbriefen beschrieben, die der Verwaltung bereitgestellt wurden. Folgende Maßnahmen wurden priorisiert:

- Projektierung des Wärmenetzes Lohfelden Mitte
- Projektierung des Wärmenetzes Ochshausen Nord-West
- Projektierung des Wärmenetzes Ochshausen Süd-Ost
- Projektierung des Wärmenetzes Leipziger Weg / Losseweg
- Projektierung des Wärmenetzes Crumbach Ost
- Projektierung des Wärmenetzes Am Lohfeldener Rüssel
- Projektierung des Wärmenetzes Vollmarshausen
- Ausbau von Photovoltaik mit verbindlicher Raumplanung
- Wärmeplan beschließen und Gebietsausweisung planen

15 Ausblick

Die Kommunale Wärmeplanung stellt einen bedeutenden Meilenstein auf dem Weg zu einer nachhaltigen und klimafreundlichen Energieversorgung dar. Doch nach der Erstellung des Wärmeplans ist der Prozess keineswegs abgeschlossen. Nach der Wärmeplanung folgt die konkrete Umsetzung der identifizierten Maßnahmen. Dies umfasst meist rechtliche, technische und planerische Aspekte, erfordert eine sorgfältige Koordination und initiiert oft einen langjährigen und aufwändigen Prozess. Bei der Umsetzung und bei Änderungen von Versorgungsstrukturen sind die Machbarkeitsstudie und die daran anschließende detaillierte Projektplanung die entscheidenden Schritte, um die Durchführbarkeit des Projekts zu bewerten und im Detail auszuplanen, bevor die Projekte tatsächlich gebaut und umgesetzt werden. Dabei spielen unterschiedliche Aspekte eine Rolle. Um nur einige Beispiele zu nennen: die Standortanalyse mit Bodengutachten und Gutachten zur Bewertung der visuellen Auswirkung der Anlagen, insbesondere auf Baudenkmäler und geschützte Landschaften, die Umweltverträglichkeitsprüfung, das Immissionsschutzgutachten, die Wirtschaftlichkeitsanalyse, die Bestimmung, Auslegung und Ausplanung der technischen Spezifikationen, das Beteiligungsverfahren der Öffentlichkeit, die Sicherstellung der Finanzierung, Ausschreibungsverfahren, die Flächenausweisung, die Bauplanung sowie das Genehmigungsverfahren. Daraus ist zu erkennen, dass Maßnahmen, wie die Umsetzung eines Wärmenetzes, schon vor der baulichen Verwirklichung aufwendig sind und mehrere Jahre Vorlauf benötigen, bis mit deren baulicher Umsetzung tatsächlich begonnen werden kann.

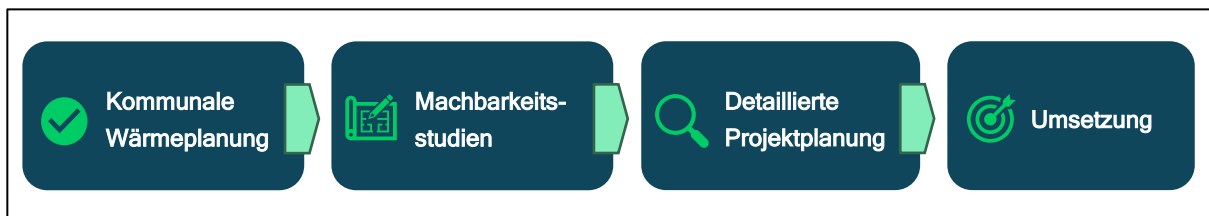


Abbildung 15-1: Die Schritte nach der Wärmeplanung für die Umsetzung von Versorgungsstrukturen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH)

Um den Erfolg der umgesetzten Maßnahmen zu gewährleisten, sind ein kontinuierliches Monitoring und eine regelmäßige Evaluierung notwendig. Dazu gehören die Erfassung und Analyse der tatsächlichen Energieeinsparungen im Vergleich zu den prognostizierten Werten sowie die Messung der erzielten CO₂-Einsparungen und deren Vergleich mit den Zielvorgaben. Bei Bedarf müssen Maßnahmen und Strategien angepasst werden, um die Effizienz und Wirksamkeit zu steigern.

„Mit Abstand am wichtigsten ist jedoch, die Kommunale Wärmeplanung als Startpunkt zu sehen, um eine klimaneutrale und resiliente Wärmeversorgung auch tatsächlich umzusetzen. Dazu braucht es starke Partner und viel Engagement. Das wünschen wir Ihnen und Ihrer Gemeinde Lohfelden.“ - Ihre Back2B Solution GmbH

BDEW 2023

Bdew (Hrsg.): Installierte Leistung Photovoltaik in Deutschland bis 2045 - addierte Prognosen aus den sechs Regionalszenarien der Verteilnetzbetreiber 2023. Berlin: 2023. <https://www.bdew.de/media/documents/230629_Auswertung_VNB_Regionalszenarien_2023_PV_Yji0b9P.pdf> - 03.10.2024

BMWK & BMWSB 2024

Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) (Hrsg.): Leitfaden Wärmeplanung - Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche, Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin: 2024.

BÖHM & TIETZ 2022

Böhm, J.; Tietz, A.: Abschätzung des zukünftigen Flächenbedarfs von Photovoltaik Freiflächenanlagen. Braunschweig: 2022. <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn065640.pdf> - 24.10.2024.

BRANDENBURGISCHE ENERGIE TECHNOLOGIE INITIATIVE 2009

Brandenburgische Energie Technologie Initiative (ETI) (Hrsg.): Nutzung von Erdwärme in Brandenburg - Heizen und Kühlen mit oberflächennaher Geothermie - Ein Leitfaden für Bauherren, Planer und Fachhandwerker, Potsdam: 2009. <https://lbgr.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Nutzung%20von%20Erdw%C3%A4rme%20in%20Brandenburg%20Leitfaden_2009.pdf> - 02.11.2024

BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE 2025

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle - Bundesstelle für Energieeffizienz: Die Plattform für Abwärme. Eschborn: 2025.

BUNDESFORSCHUNGSINSTITUT FÜR LÄNDLICHE RÄUME, WALD UND FISCHEREI 2024

Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (Hrsg.): Vierte Bundeswaldinventur (2022), Braunschweig: 2024. <https://bwi.info/start.aspx> - 31.10.2024

BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020

Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz (Hrsg.): Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden, Berlin: 2020. <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/> - 03.10.2024

BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2023

Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz (Hrsg.): Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz - WPG), Berlin: 2023. <https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/BJNR18A0B0023.html> - 03.10.2024

BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2024

Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz (Hrsg.): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023), Berlin: 2024. https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html - 03.10.2024

BUNDESNETZAGENTUR 2024

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
(Hrsg.): Wasserstoff-Kernnetz, Bonn: 2024.
<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>> - 02.07.2025

BUNDESVERBAND GEOTHERMIE 2025

Bundesverband Geothermie e.V. (Hrsg.): Oberflächennahe Geothermie. Berlin: 2025.
<https://www.geothermie.de/geothermie/geothermische-technologien/oberflaechennahe-geothermie>> - 26.02.2025

BURI & KOBEL 2004

Buri, R.; Kobel, B.: Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von
Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen. Bern/Zürich: 2004. <https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Energieeffizienz/Abwasserwaermenutzung/Leitfaden_Ratgeber/Leitfaden_Waerme_aus_Abwasser.pdf> - 09.09.2024.

DEUTSCHER WETTERDIENST 2025

Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Rasterdaten der Jahressumme für die Globalstrahlung in kWh/m². Offenbach: 2025 <<https://cdc.dwd.de/portal/202209231028/mapview>> - 11.06.2025

DIE BUNDESREGIERUNG 2025

Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Die Bundesregierung (Hrsg.):
Erfolgskontrolle für den Klimaschutz, Berlin: 2025.
<<https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/datenschutzhinweis/transparenter-klimaschutz-1792144>> - 18.02.2025

DIN 18300 2019

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.); Deutschen Vergabe- und Vertragsausschuss für Bauleistungen: DIN 18300 - Erdarbeiten. Berlin: 2019

DIN 4108-2 2013

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz: DIN 4108-2. Berlin: 2013.

DIN 4108 2018

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe - DIN 4108. Berlin: 2021.

DIN EN 12831 2008

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Heizsysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Nationaler Anhang NA - DIN EN 12831 Beiblatt 1. Berlin: 2008.

DIN EN 12831 2012

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Beiblatt 2: Vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung der Gebäude-Heizlast und der Wärmeerzeugerleistung - DIN EN 12831 Beiblatt 2. Berlin: 2012.

DIN EN 12831 2017

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Teil 1: Raumheizlast, Modul M3-3 - DIN EN 12831-1. Berlin: 2017.

DIN V 18599-10 2018

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten - DIN V 18599-10. Berlin: 2018.

DIN V 18599 2019

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger: DIN V 18599-1:2018-9. Berlin: 2019

DITTMANN & ZSCHERNIG 1998

Dittmann, A. (Hrsg.); Zschernig, J. (Hrsg.), Gatzka, S.; Rasim, W.; Rühling, K.; Sander, S.; Stamer, J.; Tilgner, H.: Energiewirtschaft. ISBN-10: 3519063611. Stuttgart: 1998

EAWAG 2022

Eawag (Hrsg.): fact sheet - Wärmenutzung aus Seen und Fließgewässern, Dübendorf, Schweiz: 2022.
<https://thermdis.eawag.ch/static/templates/files/Factsheet_Waermenutzung_2022_DE.pdf> - 27.10.2024.

EGELKAMP, WETT & KALLERT 2021

Egelkamp, R.; Wett, L.; Kallert, A. M.: Potenzialstudie klimaneutrale Wärmeversorgung Berlin 2035, Kassel: 2021. <https://buerger-begehren-klimaschutz.de/wp-content/uploads/2021/10/Potenzialstudie_Berlin.pdf> - 27.10.2024.

FEDERAL INSTITUTE FOR FOREST, SNOW AND LANDSCAPE RESEARCH 2020

Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (Hrsg.); Erni, M.; Burg, V.; Bont, L.; Thees, O.; Ferretti, M.; Stadelmann, G.; Schweier, J.: Current (2020) and Long-Term (2035 and 2050) Sustainable Potentials of Wood Fuel in Switzerland, Birmensdorf, Switzerland: 2020.

FECHNER 2020

Fechner, H.: Ermittlung des Flächenpotentials für den Photovoltaik-Ausbau in Österreich: Welche Flächenkategorien sind für die Erschließung von besonderer Bedeutung, um das Ökostromziel realisieren zu können. Wien: 2020. <https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2020/PV-Studie_2020.pdf> - 25.10.2024.

FFE 2024

FfE (Hrsg.): Wärmepumpen an Fließgewässern - Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern, München: 2024. <<https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2024/04/Waermepumpen-an-Fliessgewaessern.pdf>> - 27.10.2024.

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2024

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Hrsg.): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende. Freiburg: 2024. <<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>> - 24.10.2024.

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Hrsg.): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, Freiburg: 2025. <<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>> - 21.02.2025

GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011

Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Geothermie in Nordrhein-Westfalen, Krefeld: 2011 <https://www.gd.nrw.de/zip/broschuer_geothermie.pdf> - 03.11.2024

GOOGLE 2025

Google Ireland Limited (Hrsg.): Google Maps. Irland: 2024 <<https://www.google.com/maps/>> - 11.06.2025

HESSISCHES LANDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, UMWELT UND GEOLOGIE 2025

Land Hessen (Hrsg.): Geobasisdaten: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation: 2025 <<https://geologie.hessen.de/mapapps/resources/apps/geologie/index.html?lang=de>> - 04.12.2025

IWU 2010

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (Hrsg.): Datenbasis Gebäudebestand - Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Darmstadt: 2010.

LANDESAMT FÜR BERGBAU, GEOLOGIE UND ROHSTOFFE BRANDENBURG 2024

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (Hrsg.): GeoPortal LBGR Brandenburg, Cottbus: 2024. <<https://geo.brandenburg.de/>> - 03.11.2024

LEIBNIZ-INSTITUT & BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN 2013

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (Hrsg.); Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.): Untersuchungswürdige Gebiete für eine CO₂-Einlagerung und Gesamtheit hydro- und petrothermischer Potenziale (Kompilation der Karten A-C) für Geothermie, Braunschweig: 2013.

MAPBOX 2024

Mapbox. Washington: 2024 <<https://www.mapbox.com/>> - 01.07.2024

MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT 2018

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (Hrsg.): Ergebnisse der ersten Landesweiten Waldinventur 2013 im Land Brandenburg, Eberswalde: 2018.
<<https://forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/efs66.pdf>> - 31.10.2024

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND KLIMASCHUTZ 2023

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) (Hrsg.): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, Potsdam: 2023.
<<https://lfu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/C-Bericht-WRRL.pdf>> - 27.10.2024.

MINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2010

Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (Hrsg.): Biomassestrategie des Landes Brandenburg, Potsdam: 2010.
<<https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Biomassestrategie.pdf>> - 31.10.2024

NIEDERSÄCHSISCHER LANDKREISTAG & STÄDTE- UND GEMEINDEBUND 2022

Niedersächsischer Landkreistag (Hrsg.); Niedersächsischer Städte- und Gemeindebund (Hrsg.); Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz: Planung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Niedersachsen, Hinweise und Empfehlungen aus der Perspektive der Raumordnung, Hannover: 2022. <https://www.ml.niedersachsen.de/download/189442/Arbeitshilfe_Solarplanung_nicht_vollstaendig_barrierefrei_.pdf> - 02.10.2024

OPENSTREETMAP 2024

OpenStreetMap Stiftung: OpenStreetMap. Cambridge: 2024 <<https://www.openstreetmap.org/>> - 01.07.2024

PLANUNGSGEMEINSCHAFT ODERLAND-SPREE 2020

Regionale Planungsgemeinschaft Oderland-Spree (Hrsg.): Planungshilfe Freiflächen-Photovoltaikanlagen, Beeskow: 2020. <https://www.rpg-oderland-spree.de/sites/default/files/downloads/202311_OLS_Planungshilfe_FF-PVA_3_1.pdf> - 02.10.2024

POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG 2021

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (Hrsg.): Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045, Potsdam: 2021. <https://ariadneprojekt.de/media/2021/10/Ariadne_Szenarienreport_Oktober2021_Kapitel3_Waermewende.pdf> - 12.10.2024.

POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG 2024

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (Hrsg.): Fokusreport Wärme und Wohnen: Zentrale Ergebnisse aus dem Ariadne Wärme- & Wohnen-Panel 2023, Potsdam: 2024. <https://ariadneprojekt.de/media/2024/09/Ariadne-Report_Waermepanel2023_September2024.pdf> - 12.10.2024.

PROGNOS, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut: Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Berlin: 2021.

REUTHER & KOST 2024

Reuther, T.; Kost, C., Dr.: Photovoltaik- und Batteriespeicherzubau in Deutschland in Zahlen - Auswertung des Marktstammdatenregisters Stand Februar 2024, Freiburg: 2024. <<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/2024-02-photovoltaik-und-batteriespeicherzubau-in-deutschland.pdf>> - 03.10.2024

RUDOLF HÖRMANN GMBH & Co. KG 2025

Rudolf Hörmann GmbH & Co. KG (Hrsg.): Parkplatzüberdachung - Welchen Mehrwert haben überdachte Parkplätze mit Photovoltaik?, Buchloe: 2025. <<https://www.hoermann-info.de/photovoltaik/parkplatzueberdachung>> - 21.02.2025

SCHABBACH & LEIBBRANDT 2021

Schabbach, T.; Leibbrandt, P.: Solarthermie - Wie Sonne zu Wärme wird. 2. Auflage. ISBN 978-3-662-59487-2. Berlin: 2021

SMART ENERGY 2023

Smart Energy for Europe Platform (SEFEP) gGmbH (Hrsg.): Solarstrom vom Dach: das Energiewendepotenzial auf Deutschlands Gebäuden, Berlin: 2023. <https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-16_DE_Dach-PV-Potenzial/2023-16_DE_Dach-PV-Potenzial_Dokumentation.pdf> - 03.10.2024

STATISTA 2024

Statista (Hrsg.): Entwicklung des CO₂-Emissionsfaktors für den Strommix in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2023. Hamburg: 2024. <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strommix-in-deutschland-seit-1990/#professional>> 01.07.2024

STEINBACH 2022

Steinbach (Hrsg.) "Leiter der Bürgerbeteiligung" Wien: 2022 <<https://www.steinbach.wien/2022/arnsteins-leiter-der-buergerbeteiligung/>> 05.03.2025

STRÖBELE 2024

Ströbele AG (Hrsg.): Heizen wir bald mit Seewärme? Romanshorn: 2024.
<<https://seeblick.localpoint.ch/2024051/heizen-wir-bald-mit-seewaerme>> - 23.02.2025

UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024

Department for Energy Security & Net Zero; Department for Environment Food & Rural Affairs: UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting. London: 2024

VESTAS WIND SYSTEMS A/S 2024

Vestas Wind Systems A/S (Hrsg.): EnVentus™ Plattform. Aarhus, Denmark: 2024.
<https://www.vestas.de/content/dam/vestas-com/de/anlagentechnologie/EnVentus-Plattform_Q1-2022_VestasBrochure_DE_WEB.pdf.coredownload.inline.pdf> -
21.09.2024.

VDI 2019

VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.): VDI 4640 - Beiblatt 2, Düsseldorf: 2019

VDI 4640 2019

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU): Thermische Nutzung des Untergrunds Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen - VDI 4640 Blatt 2. Düsseldorf: 2019

WAGNER, ROUVEL & SCHÄFER 1999

Wagner, H.-J.; Rouvel, J.; Schäfer, M.: Nutzung regenerativer Energie. 1999

WASSERSTOFFNETZ FÜR DEUTSCHLAND

Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Die Bundesregierung (Hrsg.): Wasserstoffnetz für Deutschland - Ausbau und Finanzierung
<<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/energiewirtschaftsgesetz-2240764>>
- 28.04.2025

17 Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 3-1: Ziel von Deutschland zur Klimaneutralität (DIE BUNDESREGIERUNG 2025)..... | 7 |
| Abbildung 3-2: Kommunale Wärmeplanung (BMWK & BMWSB 2024)..... | 8 |
| Abbildung 4-1: Kommunale Wärmeplanung (BMWK & BMWSB 2024)..... | 9 |
| Abbildung 4-2: Ablauf und Phasen einer Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH) | 10 |
| Abbildung 5-1: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH) | 21 |
| Abbildung 5-2: Datenquelle für die Kommunale Wärmeplanung (DARSTELLUNG BACK2B SOLUTION GMBH) | 25 |
| Abbildung 5-3: Aufbereitungs- und Abstraktionsstufen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH) | 26 |
| Abbildung 5-4: Lage und Verortung des Projektgebietes in Deutschland (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) | 27 |
| Abbildung 5-5: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) | 28 |
| Abbildung 5-6: Baublöcke nach BSKO-Sektoren (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) | 29 |
| Abbildung 5-7: Gebäudebestand nach BSKO-Sektoren..... | 30 |
| Abbildung 5-8: Anzahl der wärmeversorgten Gebäude (absolute Werte) nach Baualtersklassen & BSKO-Sektoren | 30 |
| Abbildung 5-9: Baublöcke nach Baualtersklassen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) | 31 |
| Abbildung 5-10: Sanierungsstand im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) | 32 |
| Abbildung 5-11: Energieinfrastruktur im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) | 33 |
| Abbildung 5-12: Energieformen von der Entstehung bis zur Nutzung (Darstellung der Back2B Solution GmbH) | 35 |
| Abbildung 5-13: Wärmebedarf (Nutzenergie & Endenergie) nach BSKO-Sektoren (interne Berechnungen) | 36 |
| Abbildung 5-14: Einteilung der Gebäude nach Versorgungsart (interne Berechnungen) | 37 |
| Abbildung 5-15: Heatmap (Wärmebedarf, Nutzenergie, interne Berechnungen) | 37 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 5-16: Wärmebedarf (Nutzenergie) pro Meter Straßenabschnitt (interne Berechnungen)..... | 38 |
| Abbildung 5-17: Baublockbezogene Darstellung des Wärmebedarfs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)..... | 39 |
| Abbildung 5-18: Baublockbezogene Darstellung der Wärmedichte (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)..... | 40 |
| Abbildung 5-19: Wärmeverbrauch (Endenergie) nach Energieträgern (interne Berechnungen)..... | 41 |
| Abbildung 5-20: Baublockbezogene Darstellung des Wärmeverbrauchs (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)..... | 43 |
| Abbildung 5-21: Baublockbezogene Darstellung der Energieträger (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)..... | 44 |
| Abbildung 5-22: Energiebilanz Wärme (interne Berechnungen)..... | 45 |
| Abbildung 5-23: Treibhausgasbilanz Wärme (interne Berechnungen; BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020; STATISTA 2024; UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024; AGFW 2021; PROGNOSE, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021; AGORO, PROGNOSE & CONSENTEC 2022)..... | 46 |
| Abbildung 5-24: Baublockbezogene Darstellung der THG-Emissionen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)..... | 47 |
| Abbildung 6-1: Bevölkerungsentwicklung Lohfelden | 49 |
| Abbildung 6-2: Endenergieverbrauch nach Sanierung inkl. Bevölkerungsentwicklung | 53 |
| Abbildung 6-3: Erneuerbare Energien von der Quelle zum Energieträger in Anlehnung an WAGNER, ROUVEL & SCHÄFER 1999..... | 54 |
| Abbildung 6-4: Potenziale in der Wärmeplanung (Darstellung der Back2B Solution GmbH) | 56 |
| Abbildung 6-5: Einteilung des Projektgebietes in Gemarkungen (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)..... | 57 |
| Abbildung 6-6: Potenzialflächen im Projektgebiet (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) | 59 |
| Abbildung 6-7: Preisgrößen für PV-Strom (Quelle: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2025)..... | 61 |
| Abbildung 6-8: Jahresbezogene Globalstrahlung in Lohfelden (DEUTSCHER WETTERDIENST 2024)..... | 62 |
| Abbildung 6-9: Satellit (GOOGLE 2024) ggü. Globalstrahlung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024)..... | 65 |
| Abbildung 6-10: Umsetzungsquote Photovoltaik auf Dachflächen..... | 67 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 6-11: COP-Werte von Wärmepumpen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH) | 68 |
| Abbildung 6-12: Wärmepumpeneignung (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) | 69 |
| Abbildung 6-13: Prinzipdarstellung zur Nutzung hydrothermischer Umgebungswärme (STRÖBELE 2024) | 70 |
| Abbildung 6-14: Die Veränderung der Temperatur in Abhängigkeit von der Teufe und den Jahreszeiten (BRANDENBURGISCHE ENERGIE TECHNOLOGIE INITIATIVE 2009)..... | 75 |
| Abbildung 6-15: Technologieüberblick oberflächennahe Geothermie (GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN 2011) | 76 |
| Abbildung 6-16: Technologieüberblick tiefe Geothermie (GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN- WESTFALEN 2011) | 78 |
| Abbildung 6-17: Gegenüberstellung der Gesamtverbräuche zu den mobilisierbaren Gesamtpotenzialen..... | 83 |
| Abbildung 7-1: Ausschnitte aus Beispielquartieren (GOOGLE 2024) | 86 |
| Abbildung 7-2: Quartier 1 bis 13 (MAPBOX 2024 & OPENSTREETMAP 2024) | 88 |
| Abbildung 9-1: Anteil der bisherigen Fokusgebiete am heutigen Treibhausgasausstoß. | 93 |
| Abbildung 9-2: Endenergieverbrauch heute und im Jahr 2045 (interne Berechnungen) | 94 |
| Abbildung 9-3: Entwicklung Endenergieverbrauch absolut bis 2045 (interne Berechnungen) | 95 |
| Abbildung 9-4: Entwicklung Endenergieverbrauch prozentual bis 2045 (interne Berechnungen) | 96 |
| Abbildung 9-5: Entwicklung Treibhausgasemissionen bis 2045 (interne Berechnungen) | 97 |
| Abbildung 9-6: Prognose Versorgungsträger und Endenergieverbrauch für den Sektor Wärme im Jahr 2045 für die Fokusgebiete (interne Berechnungen) | 98 |
| Abbildung 9-7: Prognostizierte Wärmenetzgebiete 2045 (interne Berechnungen)..... | 99 |
| Abbildung 9-8: Nutzungsanteile der zusätzlich benötigten Anschlussleistung im Wärmesektor des gesamten Projektgebietes ohne Wärmenetze (iNiederspannungsebene, interne Berechnungen)..... | 101 |
| Abbildung 9-9: Stromerzeugung im Projektgebiet (interne Berechnungen) | 102 |
| Abbildung 9-10: Eigenanteil der Stromerzeugung im Verhältnis zum Stromverbrauch (interne Berechnungen)..... | 103 |
| Abbildung 9-11: Fossile und erneuerbare Anteile am Endenergieverbrauch bis 2045 (interne Berechnungen)..... | 104 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 12-1: Organigramm der Gemeinde Lohfelden | 119 |
| Abbildung 13-1: Arnsteins „Leiter der Bürgerbeteiligung“ (STEINBACH 2022) | 122 |
| Abbildung 15-1: Die Schritte nach der Wärmeplanung für die Umsetzung von Versorgungsstrukturen (DARSTELLUNG DER BACK2B SOLUTION GMBH) | 129 |

18 Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 4-1: Öffentliche und private Bereiche | 14 |
| Tabelle 4-2: Zielgruppenanalyse..... | 16 |
| Tabelle 5-1: Übersicht der erhobenen Daten und Quellen..... | 22 |
| Tabelle 6-1: Einfluss auf den Endenergieverbrauch durch die Bevölkerungsentwicklung (interne Berechnung) | 49 |
| Tabelle 6-2: Zusammenfassung des Sanierungspotenzial (interne Berechnung) | 52 |
| Tabelle 6-3: Sanierungspotenzial inkl. Bevölkerungsveränderung (interne Berechnung) | 52 |
| Tabelle 6-4: Potenzialflächen - Gras- und Grünland (GIS-basiert)..... | 58 |
| Tabelle 6-5: Potenzialflächen - Agrarland (GIS-basiert) | 58 |
| Tabelle 6-6: Potenzialflächen - Wald (GIS-basiert)..... | 60 |
| Tabelle 6-7: Potenzialflächen - Dach (GIS-basiert & interne Berechnung) | 60 |
| Tabelle 6-8: Bevorzugte Freiflächenstandorte für Solar (Quellen PLANUNGSGEMEINSCHAFT ODERLAND-SPREE 2020, NIEDERSÄCHSISCHER LANDKREISTAG & STÄDTE- UND GEMEINDEBUND 2022 UND BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2024) | 63 |
| Tabelle 6-9: Solarpotenzial auf Gras- und Grünlandflächen (interne Berechnung)..... | 64 |
| Tabelle 6-10: Beispiele für Agri-Photovoltaik (FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE 2024)..... | 64 |
| Tabelle 6-11: Solarpotenzial auf Agrarflächen (interne Berechnung) | 65 |
| Tabelle 6-12: Solarpotenzial auf Dachflächen (interne Berechnung)..... | 66 |
| Tabelle 6-13: Zusammenfassung der Solarpotenziale | 67 |
| Tabelle 6-14: Biomassepotenzial aus Agrar- und Grünlandflächen (interne Berechnung) | 72 |
| Tabelle 6-15: Biomassepotenzial aus Waldflächen (interne Berechnung) | 73 |
| Tabelle 6-16: Potenzial von Erdwärmesonden bei 2.400h Betriebsstunden pro Jahr (interne Berechnung)..... | 77 |
| Tabelle 6-17: Potenzial von Abwasserwärme bei 4.000h Betriebsstunden pro Jahr (interne Berechnung)..... | 80 |
| Tabelle 6-18: Zusammenfassung der Potenziale | 82 |
| Tabelle 6-19: Technologievergleich der Potenziale zur zentralen Wärmeversorgung..... | 84 |
| Tabelle 7-1: Quartiersübersicht (interne Berechnungen) | 89 |
| Tabelle 8-1: Szenario 1: Individualszenario 2045 (interne Berechnungen)..... | 91 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 8-2: Zielszenario: Klimaaoptimal mit Wärmenetzen 2045 (interne Berechnungen) | 92 |
| Tabelle 9-1: Emissionsfaktoren (interne Berechnungen; BUNDESMINISTER DER JUSTIZ 2020; STATISTA 2024; UK GOVERNMENT DEPARTMENTS 2024; AGFW 2021; PROGNOSE, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL- INSTITUT 2021; AGORO, PROGNOSE & CONSENTEC 2022)..... | 97 |
| Tabelle 9-2: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Versorgungsstruktur | 105 |
| Tabelle 9-3: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Informieren und Weiterbilden..... | 106 |
| Tabelle 9-4: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Energiebedarf reduzieren | 106 |
| Tabelle 9-5: Maßnahmenübersicht aus dem Cluster Prozesse und Weiteres..... | 107 |
| Tabelle 10-1: Energiekosten am Beispiel eines Effizienzhauses (interne Berechnungen).. | 108 |
| Tabelle 10-2: Energiekosten am Beispiel eines Altbaus (interne Berechnungen)..... | 109 |
| Tabelle 10-3: Vollkostenrechnung am Beispiel eines Effizienzhauses (interne Berechnungen) | 110 |
| Tabelle 10-4: Vollkostenrechnung am Beispiel eines Altbaus (interne Berechnungen) | 110 |

19 Abkürzungsverzeichnis

a - Jahr

ALKIS - Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem

BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz

BISKO - Bilanzierungs-Systematik Kommunal

BNetzA - Bundesnetzagentur

CO₂ - Kohlenstoffdioxid

COP - Coefficient Of Performance

DGM - digitales Geländemodell

DIN - Deutsches Institut für Normung

DOM - digitales Oberflächenmodell

DSGVO - Datenschutz-Grundverordnung

EfM - Erntefestmeter

FFH - Fauna-Flora-Habitat-Gebiete

FNP - Flächennutzungsplan

FS - Freifläche Solar

GEG - Gebäudeenergiegesetz

GHD - Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

GmbH - Gesellschaft mit beschränkter Haftung

GWh - Gigawattstunde

ha - Hektar

HRB - Handelsregister Abteilung B (Kapitalgesellschaften)

infas - Institut für angewandte Sozialwissenschaft

KWK - Kraft-Wärme-Kopplung

KWh - Kilowattstunde

LSG - Landschaftsschutzgebiet

m² - Quadratmeter

MaStR - Marktstammdatenregister

MWh - Megawattstunde

PVT - Photovoltaisch-Thermischer Sonnenkollektor

PV - Photovoltaik

ROI - Return on Investment

THG - Treibhausgas

TWh - Terrawattstunde

VDI - Verein Deutscher Ingenieure

Vfm - Vorratsfestmeter

VSG - Vogelschutzgebiet

WKA - Windkraftanlage

WMS - Web Map Service

WP - Windpark oder Wärmepumpe

WPG - Wärmeplanungsgesetz