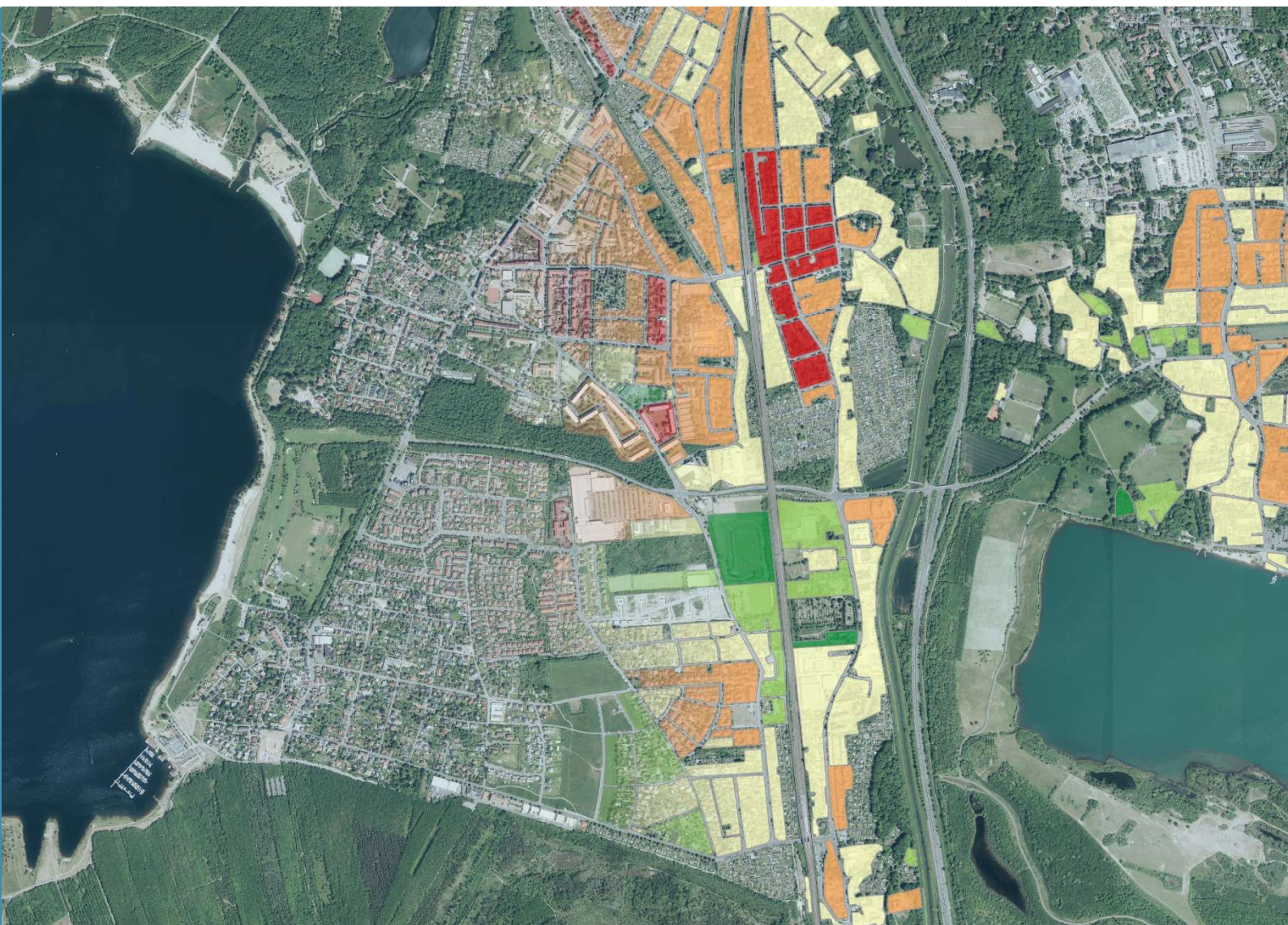


# Kommunaler Wärmeplan der Stadt Markkleeberg

## Endbericht



Bearbeitungsstand: 18.12.2024



# Impressum

## Auftraggeberin

Stadtverwaltung Markkleeberg  
Rathausplatz 1  
04416 Markkleeberg



## Auftragnehmerin

mellon Gesellschaft für nachhaltige Infrastruktur mbH  
Humboldtstraße 15 | 04105 Leipzig  
0341 30823620  
info@mellon-gesellschaft.de  
[www.mellon-gesellschaft.de](http://www.mellon-gesellschaft.de)



## Hinweis zur Förderung

**Titel des Vorhabens:**  
Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung  
für die Stadt Markkleeberg

**Laufzeit:**  
01.09.2023 bis 31.12.2024

**Förderkennzeichen:**  
67K25401

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

### Nationale Klimaschutzinitiative

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

► ► ► Bildnachweis Titelseite: © 2024 mellon Gesellschaft für nachhaltige Infrastruktur mbH

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>5</b>
1.1	Veranlassung und Zielstellung .....	5
1.2	Regulatorischer Hintergrund.....	6
1.3	Hinweise zum Bericht.....	7
<b>2</b>	<b>Bestandsanalyse und Bilanzierung</b> .....	<b>10</b>
2.1	Siedlungsstruktur .....	10
2.1.1	Gebäudebestand .....	10
2.1.2	Bauleitplanung .....	11
2.1.3	Baublöcke .....	13
2.2	Wärmesenkenanalyse.....	14
2.2.1	Wärmebedarfsanalyse .....	14
2.2.1.1	Baublockbezogene Wärmedichte .....	16
2.2.1.2	Wärmeliniedichte.....	19
2.2.2	Wohn- und Nichtwohngebäude im Eigentum der Kommune .....	20
2.2.3	Großverbraucher.....	23
2.3	Wärmeversorgungsstruktur.....	24
2.3.1	Vorhandene Gas- und Wärmenetzinfrastruktur .....	24
2.3.1.1	Erdgasversorgung .....	25
2.3.1.2	Wärmenetz Wachau .....	25
2.3.1.3	Fernwärmetrasse Lippendorf.....	26
2.3.1.4	Biogasanlage Am Wachauer Wäldchen.....	27
2.3.2	Feuerungsstätten.....	28
2.4	Energie- und Treibhausgasbilanz .....	30
2.4.1	Methodik .....	30
2.4.2	Ergebnisse Gesamtkommune.....	31
2.4.3	Teilräumliche Bilanzierung .....	36
2.5	Eignungsprüfung für eine verkürzte Wärmeplanung .....	37
2.6	Zusammenfassung .....	39
<b>3</b>	<b>Potenzialanalyse zur Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen und lokalen Potenzialen erneuerbarer Energien.....</b>	<b>41</b>
3.1	Lokale Potenziale erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme.....	41
3.1.1	Flächenscreening.....	41
3.1.2	Geothermie.....	43
3.1.2.1	Oberflächennahe Geothermie.....	43
3.1.2.2	Tiefe und mitteltiefe Geothermie.....	49
3.1.3	Umweltwärme.....	51
3.1.3.1	Luft .....	51
3.1.3.2	Oberflächengewässer .....	53
3.1.3.3	Abwasser.....	56
3.1.4	Solarthermie auf Freiflächen.....	58
3.1.5	Biomasse.....	60
3.1.5.1	Grundlagen .....	60
3.1.5.2	Biomassepotenziale in Marktleeberg .....	61
3.1.6	Unvermeidbare Abwärme.....	62
3.1.7	Grüner Wasserstoff und Biomethan.....	64
3.1.8	Großwärmespeicher .....	65

3.2	Regionale Potenziale der Wärmewende.....	67
3.2.1	Grüner Wasserstoff.....	67
3.2.2	Fernwärmeverbundnetz Leipzig.....	69
3.2.3	Leipziger Südraum.....	70
3.3	Energieeinsparung.....	72
3.3.1	Wohngebäude.....	72
3.3.2	Kommunale Gebäude.....	74
3.3.3	Prozesse in Industrie und Gewerbe.....	75
3.4	Zusammenfassung.....	75
<b>4</b>	<b>Strategieentwicklung und Maßnahmenkatalog.....</b>	<b>79</b>
4.1	Entwicklung eines Zielszenarios.....	79
4.1.1	Gesetzliche Rahmenbedingungen und Annahmen.....	79
4.1.2	Zielszenario für den Pfad zur Klimaneutralität 2045.....	80
4.2	Fokusgebiete der Wärmewende.....	82
4.2.1	Gebietsauswahl.....	82
4.2.2	Markkleeberg Mitte.....	83
4.2.3	Großstädteln und Gaschwitz.....	89
4.2.4	Gewerbegebiet Wachau.....	94
4.3	Gebietseinteilung und Versorgungsarten.....	98
4.3.1	Hintergrund.....	98
4.3.2	Wärmeversorgungsarten im Zieljahr.....	98
4.3.3	Voraussichtliche Wärmerversorgungsgebiete in den Stützjahren.....	103
4.4	Möglichkeiten der Wärmeversorgung außerhalb von Wärmenetzgebieten.....	105
4.5	Maßnahmenkatalog.....	107
4.6	Zusammenfassung.....	110
<b>5</b>	<b>Prozess der Wärmewende.....</b>	<b>111</b>
5.1	Verstetigungsstrategie.....	111
5.2	Controllingkonzept.....	115
5.3	Akteursbeteiligung und Kommunikation.....	117
5.3.1	Beteiligung in der Konzeptphase.....	117
5.3.1.1	Steuerungsgruppe.....	117
5.3.1.2	Weitere Beteiligungsformate.....	118
5.3.2	Kommunikationsinstrumente.....	119
<b>6</b>	<b>Fazit und Ausblick.....</b>	<b>121</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>124</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>125</b>
	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>128</b>
	<b>Quellenverzeichnis.....</b>	<b>129</b>
	<b>Anhangsverzeichnis.....</b>	<b>133</b>

# 1 Einführung

---

## 1.1 Veranlassung und Zielstellung

Die Beschaffung von fossilen Energieträgern ist zunehmend unsicher, insbesondere im Kontext der globalen geopolitischen Entwicklungen und der Bemühungen um eine nachhaltige Energieversorgung. Die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen, einschließlich Erdgas, trägt erheblich zur Erhöhung der Treibhausgasemissionen bei, was den Klimawandel weiter beschleunigt. Um die Klimaziele zu erreichen und die Erderwärmung zu begrenzen, ist es daher unerlässlich, die Verbrennung fossiler Energieträger schnellstmöglich zu reduzieren.

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) [11] sieht vor, dass ab dem 01. Januar 2045 keine Treibhausgasemissionen mehr durch die Verbrennung fossiler Energieträger in Gebäuden verursacht werden dürfen. Dies erfordert eine umfassende Umstellung auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme. Die Vorgabe, dass neu eingebaute Heizungsanlagen mindestens 65 % der bereitgestellten Wärme aus erneuerbaren Quellen erzeugen müssen, ist ein Schritt in diese Richtung.

Zusätzlich wird die Dekarbonisierung des deutschen Wärmesektors bis 2045 als ein zentraler Baustein zur Erreichung der weltweiten Klimaziele betrachtet. Die kommunale Wärmeplanung spielt dabei eine entscheidende Rolle, um die Umstellung auf nachhaltige Wärmequellen zu koordinieren und zu fördern.

In der Stadtverwaltung Markkleeberg sind die Themen Energieeffizienz, Klimaschutz und Nachhaltigkeit bereits seit vielen Jahren fest verankert. Die Kommune hat einen Klimabeirat eingerichtet, der die Stadtverwaltung zu relevanten Maßnahmen berät, um die Klimaziele zu unterstützen. Zudem wurde Markkleeberg als europäische Klimaschutzkommune im Rahmen der Teilnahme am European Energy Award ausgezeichnet. Diese Auszeichnung reflektiert das Engagement der Stadt für nachhaltige Entwicklung und die Umsetzung effektiver Klimaschutzstrategien, die im Einklang mit den nationalen und europäischen Klimazielen stehen. Daher war die frühzeitige Beantragung von Fördermitteln und die vorfristige Erstellung einer umfangreichen Wärmeplanung folgerichtig.

Das bereits im Koalitionsvertrag der Bundesregierung formulierte Instrument der kommunalen Wärmeplanung hat durch die Situation am Energiemarkt eine besondere Relevanz bekommen. Mit dem Wärmeplanungsgesetz auf Bundesebene wurden die Bundesländer mit Wirkung zum 01. Januar 2024 dazu verpflichtet, diese flächendeckend durch die planungsverantwortlichen Stellen erstellen zu lassen. Daraus ergibt sich in der Regel, dass diese Verantwortung bei den Kommunen liegt.

## 1.2 Regulatorischer Hintergrund

Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) [12] hat das Ziel, die Wärmeversorgung in Deutschland nachhaltig zu gestalten und die Nutzung erneuerbarer Energien im Sektor Wärme auszubauen. Es verpflichtet die Länder, Wärmepläne für ihre Gemeindegebiete zu erstellen, wobei die Fristen für die Erstellung dieser Pläne je nach Einwohnerzahl variieren. Für Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern müssen die Wärmepläne bis spätestens 30. Juni 2026 erstellt werden, während für Gemeinden mit 100.000 oder weniger Einwohnern eine Frist bis zum 30. Juni 2028 gilt. Auch die Anforderungen an die Wärmepläne selbst sind differenziert und hängen ebenfalls von der Einwohnerzahl der Kommunen ab.

Die Erstellung eines Wärmeplans umfasst die Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse der Wärmeplanung, einschließlich der Eignungsprüfung, Bestandsanalyse und Potenzialanalyse. Der Wärmeplan hat jedoch keine rechtliche Außenwirkung und begründet keine einklagbaren Rechte oder Pflichten. Im Gegensatz dazu kann die planungsverantwortliche Stelle auf Grundlage der Ergebnisse des Wärmeplans Entscheidungen über die Ausweisung von Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder als Wasserstoffnetzausbauggebiet treffen. Diese Ausweisungsentscheidung ist eigenständig und nicht Bestandteil des Wärmeplans.

Im Rahmen des Wärmeplanungsgesetzes sind die Anforderungen an die Dekarbonisierung der Wärmenetze klar definiert. Jedes Wärmenetz muss spätestens bis zum 31. Dezember 2044 vollständig mit Wärme aus erneuerbaren Energien, aus unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination dieser Quellen gespeist werden. Zudem sind folgende Zwischenziele für den Anteil erneuerbarer Energien festgelegt:

- Bis zum 31. Dezember 2030 müssen mindestens 50 % der bereitgestellten Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme stammen.
- Bis zum 31. Dezember 2035 muss der Anteil erneuerbarer Energien auf mindestens 65 % erhöht werden.
- Bis zum 31. Dezember 2040 muss der Anteil erneuerbarer Energien mindestens 80 % betragen.
- Ab dem 1. Januar 2045 ist der Anteil der Biomasse (siehe auch Kap. 3.1.5.1) an der jährlich erzeugten Wärmemenge in Wärmenetzen mit einer Länge von mehr als 50 km auf maximal 15 % zu begrenzen (der Biomasseanteil in neuen Wärmenetzen ist bereits ab 1.1.2024 auf 25% begrenzt).

Diese Zwischenziele sollen sicherstellen, dass die Wärmenetze schrittweise auf eine nachhaltige und klimafreundliche Wärmeversorgung umgestellt werden.

In Sachsen wurde bislang kein Landesgesetz oder keine Rechtsverordnung erlassen, die die Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes umsetzen. Daher müssen die Kommunen in Sachsen die Anforderungen des Wärmeplanungsgesetzes sowie die maßgeblichen landesrechtlichen Vorgaben erst beachten, sobald diese in Kraft treten.

Bestehende Wärmepläne, die vor dem Inkrafttreten des Wärmeplanungsgesetzes begonnen wurden, haben Bestandsschutz, sofern sie im Wesentlichen mit den

Anforderungen des Wärmeplanungsgesetzes vergleichbar sind. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Erstellung des Wärmeplans, wie der von Markkleeberg, über die Kommunalrichtlinie (KRL) der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) gefördert wurde. Markkleeberg wird nach Inkrafttreten einer landesrechtlichen Regelung verpflichtet sein, den Wärmeplan spätestens alle fünf Jahre zu überprüfen und bei Bedarf fortzuschreiben. [13]

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) [11] legt spezifische Anforderungen an den Einbau und Austausch von Heizungsanlagen fest, insbesondere hinsichtlich der Nutzung erneuerbarer Energien. Eine Heizungsanlage darf nur eingebaut oder aufgestellt werden, wenn sie mindestens 65% der bereitgestellten Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme erzeugt. In bestehenden Gebäuden, die in einem Gemeindegebiet mit mehr als 100.000 Einwohnern liegen, kann bis zum 30. Juni 2026 eine Heizungsanlage eingebaut werden, die nicht den Anforderungen entspricht. In Gebieten mit 100.000 Einwohnern oder weniger gilt eine Frist bis zum 30. Juni 2028. Bei einem Heizungsaustausch kann Übergangsweise eine alte Heizungsanlage, die nicht den Anforderungen entspricht, für maximal fünf Jahre betrieben werden. Heizungsanlagen, die nach den genannten Fristen eingebaut werden und nicht den Anforderungen entsprechen, müssen schrittweise auf den Betrieb mit mindestens 60% erneuerbaren Energien umgestellt werden, wobei spezifische Fristen bis 2040 gelten. Für dezentrale Heizsysteme in Bestandsgebäuden mit hohen Raumhöhen (über 4 m) gelten besondere Regelungen, die eine Übergangsfrist von zwei Jahren vorsehen, in der die Anforderungen an erneuerbare Energien nicht erfüllt werden müssen. Diese Regelungen sollen sicherstellen, dass der Einsatz erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung gefördert wird und gleichzeitig Übergangsfristen für bestehende Systeme geschaffen werden.

Für die nicht bereits durch Landesgesetze verpflichtete Städte und Gemeinden in Deutschland bestand zwischen Ende 2022 und Ende 2023 die Möglichkeit, sich das Erstellen dieser umfassenden Entscheidungsgrundlage für die Etablierung neuer Wärmelösungen und den Umbau bestehender Infrastruktur innerhalb ihrer Kommune fördern zu lassen. Der Förderschwerpunkt „4.1.11 Kommunale Wärmeplanung“ der damals gültigen Kommunalrichtlinie [14] beinhaltet alle relevanten Schritte zum Erstellen dieser Planung im Kontext lokaler Besonderheiten hinsichtlich Versorgungserfordernisse und vorhandener Akteure.

## 1.3 Hinweise zum Bericht

Der vorliegende Bericht zur Erstellung des Wärmeplans für die Stadt Markkleeberg ist die textliche und grafische Zusammenfassung eines gemeinsamen Erarbeitungsprozesses zwischen der Stadtverwaltung Markkleeberg, dem beauftragten Planungsbüro und den beteiligten Akteuren. Die Zielstellung der Untersuchung besteht in der umfassenden Darlegung des Ausgangszustandes der Wärmeversorgung in Markkleeberg und den nach dem aktuellen Stand der Technik möglichen und gesetzlich erlaubten Chancen, die Versorgung bis zum Jahr 2045 treibhausgasneutral zu gestalten.

Damit werden ein großer Betrachtungszeitraum und ambitionierte Anforderungen durch Gesetze und die Nationale Klimaschutzinitiative vorgegeben. Die

vorliegende Konzeption fasst die Möglichkeiten der Alternativen zu den derzeit wichtigsten Energieträgern in der Wärmeversorgung Erdgas und Heizöl zusammen und ist damit auch von einer Reihe von Unsicherheiten behaftet. Aktuell leben wir in einer Zeit intensiver Diskussionen zu den bundespolitischen Vorgaben an die Art der Beheizung und die damit verbundene Regulation der Energiemärkte und -verteilung. Das hat zur Folge, dass sich die hier dargestellten gesetzlichen Ziele kurz- bis mittelfristig ändern können und der Energiemarkt weiter hoher Volatilität unterworfen ist. Die kommunale Wärmeplanung hat gerade deshalb die Aufgabe, einen möglichen Weg der Wärmewende aufzuzeigen, auch wenn wenige belastbare Randbedingungen vorhanden sind.

Um sich der Aufgabe strukturiert zu widmen, ist die Arbeit an der Wärmeplanung und der vorliegende Bericht im Wesentlichen in fünf Teile gegliedert. Kapitel 1 dient der Beschreibung der Rahmenbedingungen im Jahr 2024 und soll in wesentliche Begriffe und Gesetze einführen. Der Abschnitt zur Bestandsanalyse und Bilanzierung (Kap. 2) beinhaltet eine umfangreiche Beschreibung der vorhandenen Wärmeversorgungsinfrastruktur und der Wärmeabnehmer in Markkleeberg. Ausgehend von diesen Analysen wird in diesem Kapitel auch eine erste Bewertung der Eignung für neue Wärmenetze vorgenommen. Die Potenzialanalyse (Kap. 3) ist in die lokalen Potenziale erneuerbare Energien, den regionalen Ansätzen der Wärmewende und Ausführungen zur Energieeinsparung gegliedert. Neben der Umweltwärme und Abwärme wird in diesen Abschnitten auch das Thema der Wasserstoffnutzung für die Bereitstellung von Raumwärme diskutiert. Das Kapitel 4 zur Strategieentwicklung baut zunächst auf den oben genannten Zielstellungen auf und skizziert ein Szenario, welches den Weg dahin aufzeigt. Einen weiteren Teil des Kapitels bilden die Fokusgebiete, welche aus aktueller Sicht die Chance bieten, kurz- bis mittelfristig klimagerechte Lösungen in Markkleeberg zu realisieren. Abschließend wird in Kap. 5 zum Prozess der Wärmewende auf die Verstetigungsstrategie eingegangen, welche in den nächsten Jahren im Verwaltungshandeln Stück für Stück integriert wird. Als Hilfestellung dienen entsprechende Ausführungen zur Organisation, dem Controlling und der Beteiligung relevanter Akteure. Das Konzept wird von einem Kartenwerk (siehe Anhang 1-3) und einem Maßnahmenkatalog (Kap. 4.5 und Anhang 4) ergänzt.

Für das Verständnis der durchgeführten Analysen ist es wichtig zu wissen, dass die Berechnungen nur ansatzweise anhand der konkreten Eigenschaften eines Gebäudes erfolgen können. Dies resultiert aus dem Schutzgebot personenbezogener Daten und dem Umstand, dass die Genauigkeit verfügbarer Datensätze nicht einheitlich ist. So werden z. B. summierte Daten ganzer Raster (bspw. aus dem Zensus) und straßengenaue Leitungsdaten miteinander verschnitten. Daraus resultiert eine methodisch bedingte Unschärfe, die zu Abweichungen zwischen den im Bericht enthaltenen Darstellungen und der Realität vor Ort führen kann. Dies betrifft auch Auswertungen im Bereich der Potenzialanalyse, welche nur anhand einheitlich bekannter Parameter (bspw. Größe von Flurstücken) durchgeführt wurde und nicht auf Basis einer Datenerhebung vor Ort erfolgte. Auf die Zielstellung der Wärmeplanung, sprich die Strategiefindung für eine erfolgreiche kommunale Wärmewende, hat diese Tatsache jedoch keinerlei negativen Einfluss, da die Verhältnisse und Gegebenheiten in ihrer Struktur ausreichend genau beschrieben werden können.

Die kommunale Wärmeplanung der Stadt Markkleeberg ist ein Strategiedokument, welches die lokalen Bedingungen, Regulatorik, technologische Trends und



Ansätze für Wärmewendeprojekte zusammenführt. Sie ersetzt keine vorhabenkonkrete Machbarkeitsstudie oder vergleichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für Versorgungslösungen. In Anbetracht der unbeständigen Regulatorik und Situation am Energiemarkt sind die mittel- und langfristigen Energiekosten derzeit nicht verlässlich prognostizierbar. Dies ist Aufgabe der projektkonkreten Planungsphasen, die sich der Konzeption anschließen. Ausgehend von der Bestandsanalyse zeigt die kommunale Wärmeplanung die konkreten Ansatzpunkte solcher Projekte in Markkleeberg.

## 2 Bestandsanalyse und Bilanzierung

### 2.1 Siedlungsstruktur

Markkleeberg ist eine Stadt im Freistaat Sachsen und liegt südlich von Leipzig. Geografisch befindet sich Markkleeberg westlich des Cospudener Sees und ist von einer Vielzahl von Wald- und Wasserflächen umgeben. Östlich grenzt das Gemeindegebiet an den Stadtteil Liebertwolkwitz und im Süden erstreckt sich die Bergbaufolgelandschaft *Leipziger Neuseenland* zu dem auch der auf der Gemarkung der Stadt liegende Markkleeberger See zählt. Die Stadt ist gut an das Verkehrsnetz angebunden, was sie zu einem attraktiven Wohnort für Pendler macht, die in der nahegelegenen Stadt Leipzig arbeiten. Markkleeberg gehört zum Landkreis Leipzig und ist Teil der Metropolregion Mitteldeutschland.

Die Siedlungsstruktur ist geprägt von einer vielfältigen Bebauung, die sowohl städtische als auch ländliche Elemente umfasst. Die Stadt weist eine Mischung aus Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern auf, die sich in unterschiedlichen Dichten präsentieren. Insbesondere im Stadtzentrum finden sich höhere Bebauungsdichten, während die Randgebiete von einer geringeren Dichte geprägt sind.

#### 2.1.1 Gebäudebestand

Der Analyse des Gebäudebestands liegt als Datenbasis der ALKIS-Bestandsdatensatz zugrunde, der die Gebäudeumrisse sowie deren Funktion bereitstellt. Da die gesetzliche Grundlage eine Einmessungspflicht nur für alle nach 1991 errichteten Gebäude vorsieht (vgl. Sächsisches Vermessungs- und Katastergesetz § 6 Abs. 3), kommt es zu Abweichungen zwischen den ALKIS-Daten und den durch den Zensus erhobenen Daten. Aufgrund des nötigen Raumbezugs ist der Einsatz der ALKIS-Daten als Datengrundlage allerdings alternativlos. Um Datenlücken zu schließen, wurde jedoch zusätzlich auf Daten aus Open Street Map zurückgegriffen, um alle Gebiete valide abbilden zu können. Da die Kategorisierung der *Gebäudefunktion* aus den Open-Street-Map-Daten nicht oder nur teilweise hervorgeht, kann ein Teil des Gebäudebestands hinsichtlich der Gebäudefunktion nicht analysiert werden.

**Tabelle 1** Einteilung des Gebäudebestands nach Gebäudefunktion

Gebäudefunktion	Anzahl
Wohngebäude	4.921
Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe	3.180
Gebäude für öffentliche Zwecke	85
nicht spezifizierbar/OpenStreetMap	1.932

Die Analyse der *Gebäudetypen* erfolgt auf Grundlage des 3D-Gebäudemodells des Landes Sachsen im Detailgrad LoD2. Dieses Modell ermöglicht eine Analyse der Gebäudekubatur, wodurch eine differenzierte Einteilung der Wohngebäude in verschiedene Typen vorgenommen werden kann. Die Klassifizierung erfolgt in

Einfamilienhäuser, Reihenhäuser, Mehrfamilienhäuser, große Mehrfamilienhäuser und Hochhäuser. Durch die Verwendung der 3D-Daten wird sichergestellt, dass die Analyse nicht nur auf der Grundfläche, sondern auch auf der tatsächlichen Gebäudehöhe und -form basiert, was zu einer realistischeren Einschätzung der Gebäudetypen führt.

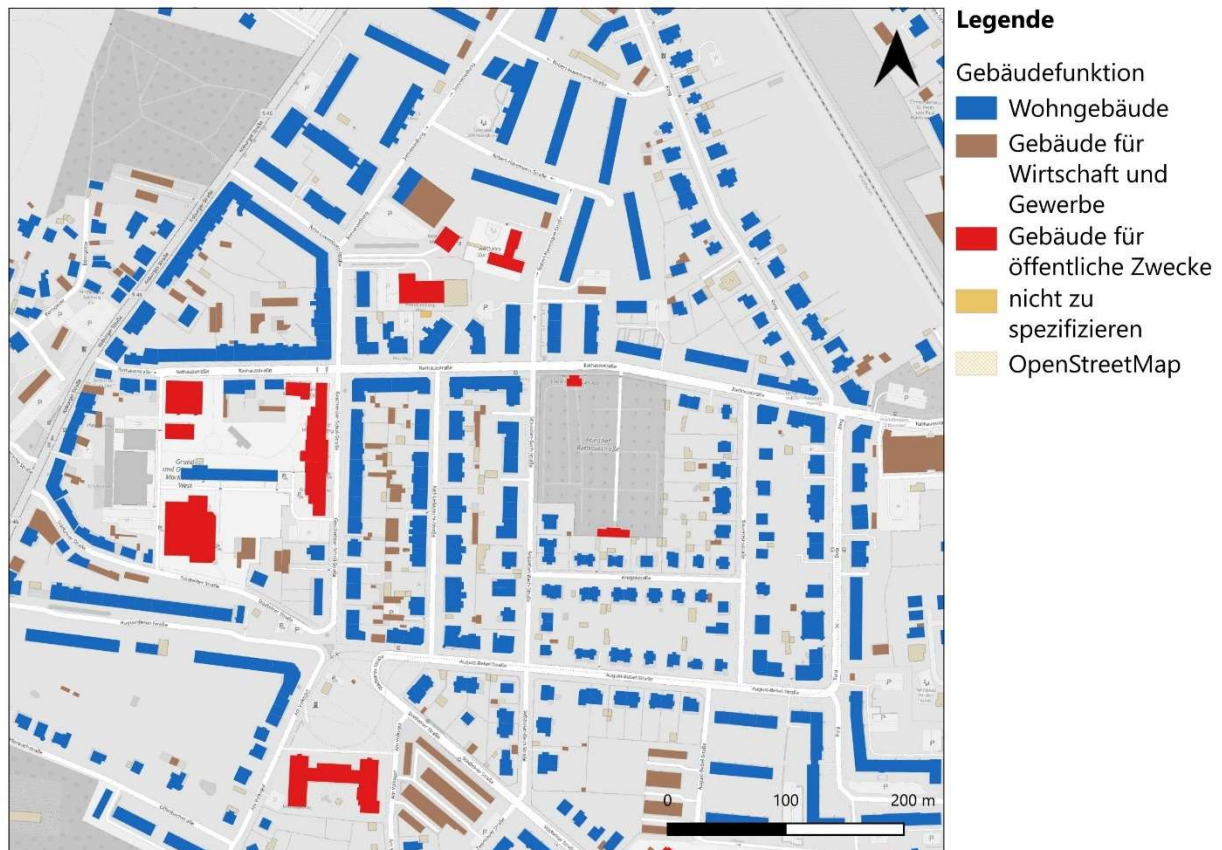


Abbildung 1 Darstellung der Gebäudefunktionen (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

Tabelle 1 bildet die Einteilung des Gebäudebestands nach Gebäudefunktion ab. Abbildung 1 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt des Gebäudebestands in Markleeberg auf Basis der ALKIS und Open Street Map Daten. Dargestellt ist der gesamte Gebäudebestand, bestehend aus Haupt- und Nebengebäuden. In späteren Analyseschritten wird der Bestand noch nach beheizten und unbeheizten Gebäuden differenziert.

### 2.1.2 Bauleitplanung

Die Bauleitplanung, in Form des Flächennutzungsplans sowie der rechtskräftigen und in Aufstellung befindlichen Bebauungspläne, hat maßgeblichen Einfluss auf die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans. So kann über die beabsichtigte Flächenentwicklung abgeschätzt werden, wie sich der Wärmebedarf im Gemeindegebiet zukünftig entwickeln wird.

Darüber hinaus muss die geltende Bauleitplanung herangezogen werden, um bei der Bewertung von Potenzialflächen, im Rahmen des Freiflächenscreenings, jene Flächen ausschließen zu können, für die eine Flächenentwicklung vorgesehen ist,

die die Nutzung für die Wärmeversorgung beeinträchtigen könnte. Diese Überprüfung ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die geplanten Maßnahmen zur Wärmeversorgung mit den städtebaulichen Zielen in Einklang stehen. Dadurch wird gewährleistet, dass der Wärmeplan zukunftsorientiert und fortschreibefähig ist. Abbildung 2 stellt die rechtskräftigen sowie die in Aufstellung befindlichen Bebauungspläne der Stadt Markkleeberg dar mit Stand von Anfang 2024. Dieser Stand bildet die Planungsgrundlage für die kommunale Wärmeplanung.

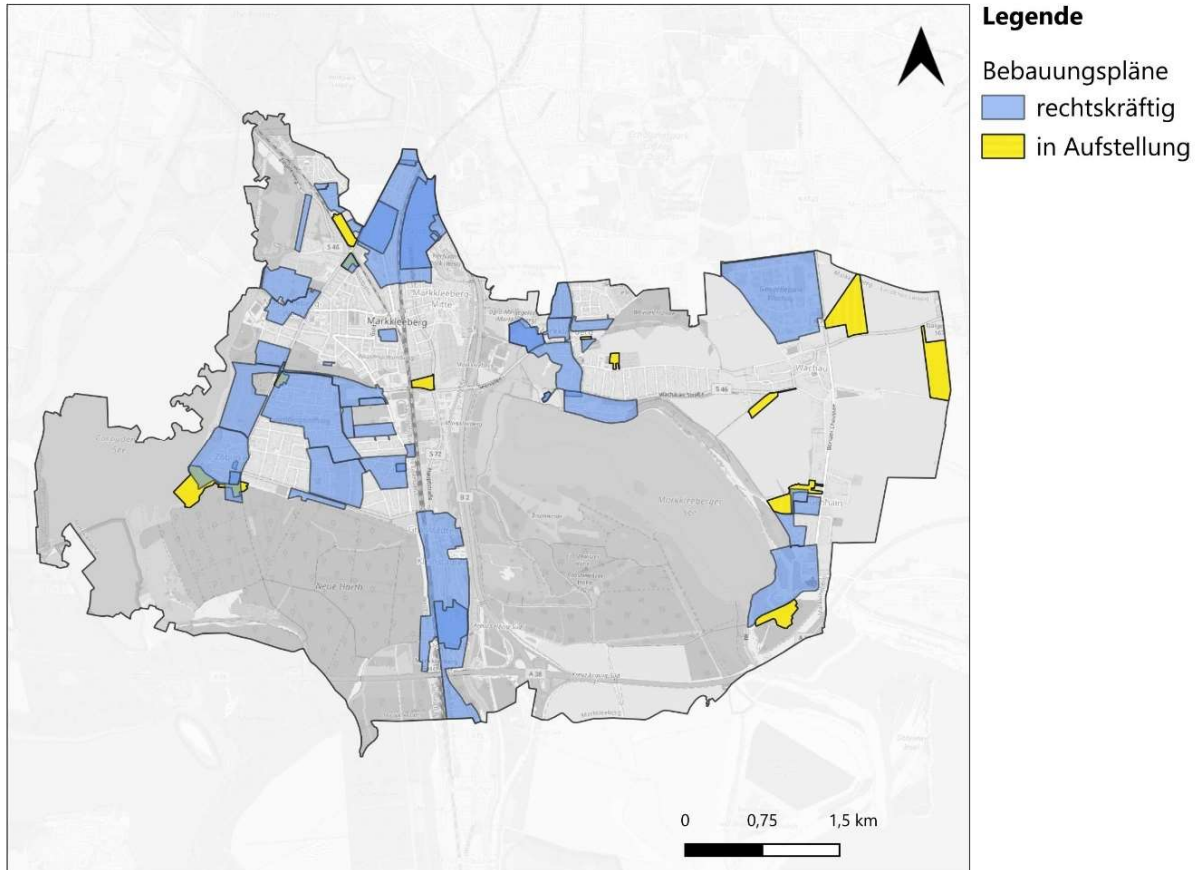


Abbildung 2 Bebauungspläne im Gemeindegebiet – Planstand Anfang 2024 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten [39], [40])

Im Bearbeitungszeitraum dieses Projektes gab es Änderungen an in Aufstellung befindlichen Bauleitplänen, diese sind ergänzend in Abbildung 3 dargestellt.

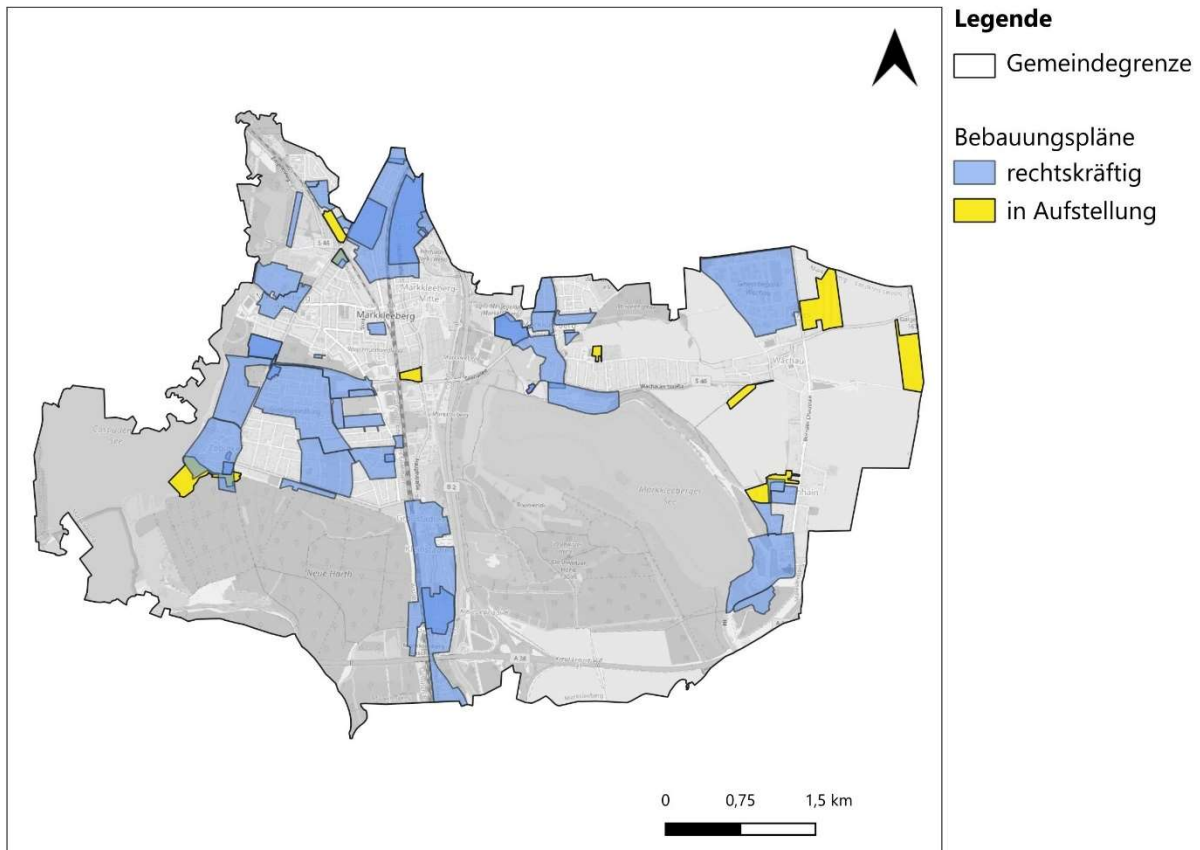


Abbildung 3 Bebauungspläne im Gemeindegebiet – Planstand Ende 2024 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [57])

### 2.1.3 Baublöcke

Baublöcke werden im WPG als ein oder mehrere Gebäude oder Liegenschaften definiert, die von mehreren oder sämtlichen Seiten von Straßen, Schienen oder sonstigen natürlichen oder baulichen Grenzen umschlossen sind. Sie werden für die Zwecke der Wärmeplanung als zusammengehörig betrachtet. Die Definition von Baublöcken dient dazu, eine einheitliche Grundlage für die Planung und Umsetzung von Wärmeversorgungsmaßnahmen zu schaffen. Im Rahmen der Bestandsanalyse werden die Baublöcke als Analyseebene herangezogen, anhand derer die gegebenen Strukturen ausreichend detailliert beschrieben werden können, ohne die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) zu verletzen.

Die Erstellung der Baublöcke basiert auf einer automatisierten Auswertung digitaler Geodaten und einer anschließenden manuellen Bearbeitung nach erfolgter Abstimmung mit der Gemeinde.

Zunächst werden die georeferenzierten ALKIS-Daten der Flurstücke nach ihren Nutzungsarten sowie den auf ihnen befindlichen Gebäuden ausgewertet. Im Zuge der Auswertung werden die Flurstücke, die unbebaut sind, eine bestimmte Nutzung aufweisen oder dünn besiedelt sind, aus dem Geodatensatz entfernt. Die verbleibenden Flurstücke werden auf Basis ihrer Geometrien, der zugehörigen Gebäudegeometrien sowie unter Berücksichtigung von Straßen- und Flussverläufen aggregiert. Unter Beachtung einiger weiterer Parameter, wie beispielsweise einer

minimalen und maximalen Flächengröße, entstehen automatisiert die nach WPG definierten Baublöcke. Als Folge der automatisierten Erstellung können Baublöcke auch Flächen enthalten, die nicht überbaubar sind (z.B. Friedhöfe oder Sportplätze) auf denen aber beheizte Gebäude stehen. Es können auch Flächen in Baublöcken integriert sein die unbeheizten Gebäude aufweisen wie Teile einer Kleingarten-siedlung. Um etwaige Ungenauigkeiten und lokale Besonderheiten in der Erstellung der Baublöcke zu berücksichtigen, werden diese von der Gemeinde geprüft und auf Basis entsprechender Anmerkungen manuell nachgearbeitet.

Abbildung 4 zeigt die für die Stadt Markkleeberg erstellten Baublöcke, die als Grundlage für die weiteren Planungsschritte dienen.

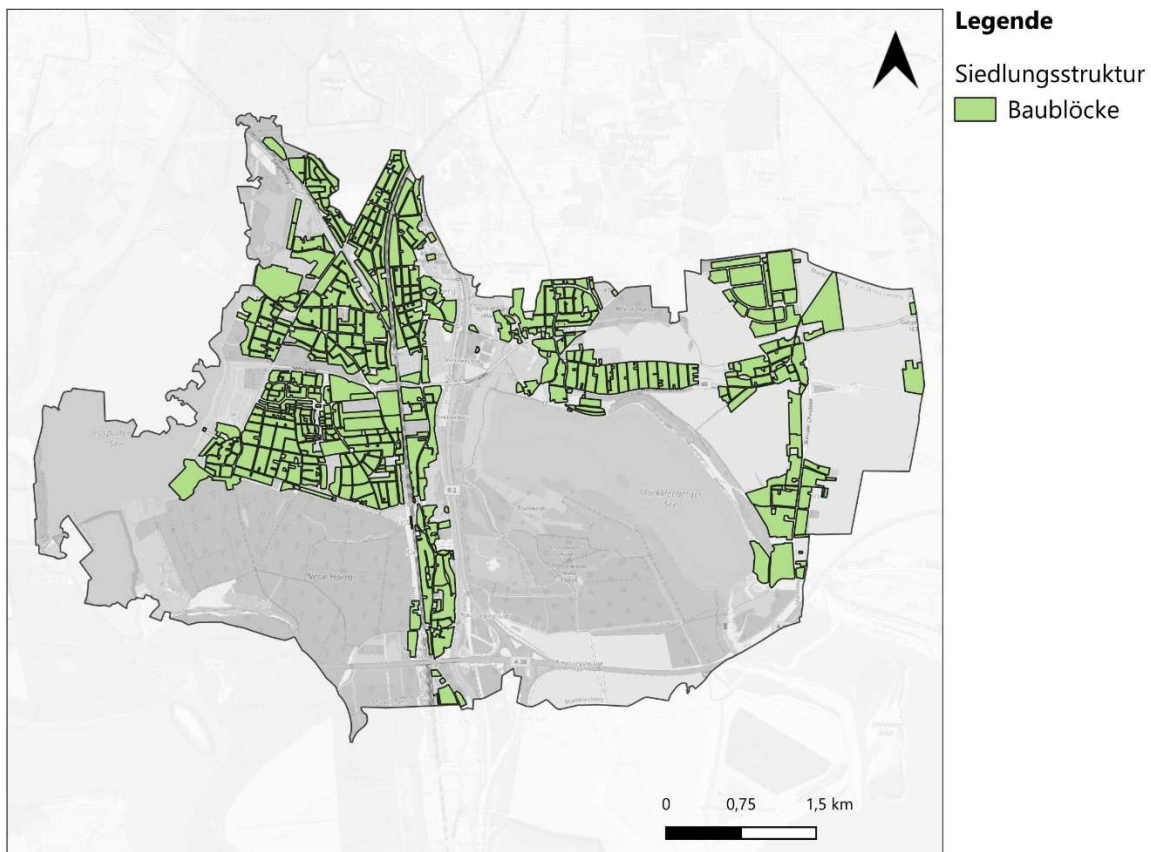


Abbildung 4 Kartografische Darstellung der Baublöcke (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

## 2.2 Wärmesenkenanalyse

### 2.2.1 Wärmebedarfsanalyse

Die Analyse des Wärmebedarfs basiert auf den 3D-Gebäudemodellen des Landesamtes für Geobasisinformation Sachsen im Detaillierungsgrad LOD2. Diese Modelle werden für das Gemeindegebiet hinsichtlich ihrer Gebäudekubatur untersucht, um die Grundfläche, das beheizte Volumen sowie die Nettogrundfläche der einzelnen Gebäudeteile zu ermitteln. Anhand der hinterlegten Gebäudefunktion

erfolgt anschließend die Klassifizierung jedes Gebäudes. Es wird zudem angenommen, dass Gebäude mit einer Nettogrundfläche von weniger als 50 m<sup>2</sup> sowie solche, deren Nutzung unbeheizt ist (z. B. Garagen), keinen Wärmebedarf aufweisen. Die verbleibenden Gebäude werden entsprechend ihrer Nutzung in die Kategorien Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude eingeteilt. Abbildung 5 veranschaulicht dieses Vorgehen.

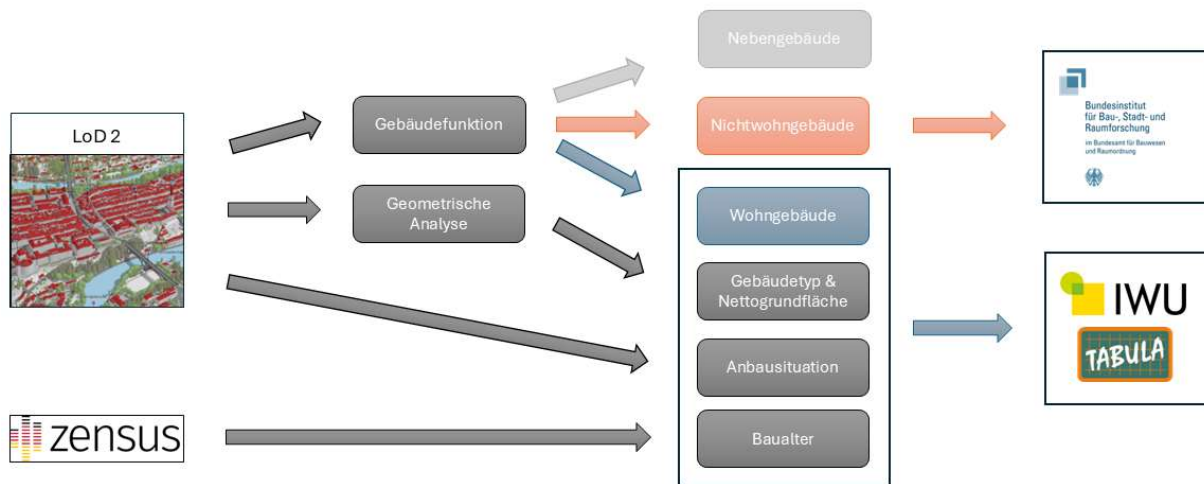


Abbildung 5 Flussdiagramm zur Methodik der Wärmebedarfsanalyse (Quelle: eigene Darstellung)

Die Nicht-Wohngebäude werden gemäß ihrer Gebäudefunktion den Kategorien des Bauwerkszuordnungskataloges zugeordnet. Mithilfe flächenbezogener Energiekennwerte (Energieaufwandsklasse „mittel“), herausgegeben vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) [10], kann der Wärmebedarf jedes dieser Gebäude ermittelt werden. Dies geschieht durch die Multiplikation des spezifischen Bedarfs mit der ermittelten Nettogrundfläche des jeweiligen Gebäudes.

Für die Wohngebäude stehen spezifische Wärmebedarfswerte für verschiedene Gebäudetypen durch die TABULA Gebäudetypologie des Instituts für Umwelt und Wohnen (IWU) zur Verfügung [10]. Diese Werte variieren je nach Gebäudetyp, Baualtersklasse und Sanierungsstand. Darüber hinaus wird die Anbausituation der jeweiligen Gebäude bewertet, wobei zwischen freistehenden, einseitig bebauten und beidseitig bebauten Gebäuden unterschieden wird. Diese Bewertung erfolgt durch eine Untersuchung der geometrischen Lage der einzelnen LOD2-Gebäude zueinander. Der Gebäudetyp, wie beispielsweise Einfamilienhaus oder Zweifamilienhaus, wird, wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben, anhand der Gebäudekubatur ermittelt. Das Gebäudealter wird auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse des Zensus aus dem Jahr 2011 bewertet. Daten zum Gebäudealter aus dem Zensus 2022 wurden erst im November 2024 veröffentlicht und konnten entsprechend in die zu Beginn der Wärmeplanung durchgeführten Bestandsanalyse nicht mehr einbezogen werden. Schließlich kann jedem Wohngebäude ein spezifischer Wärmebedarf für den unsanierten sowie den sanierten Zustand zugeordnet werden. Da keine Datengrundlage für den Sanierungsstand der Gebäude vorliegt, wurde für den gesamten Gebäudebestand eine Teilsanierung, sprich der Mittelwert aus saniertem und unsaniertem Zustand angenommen. Die Multiplikation des spezifischen Wärmebedarfs mit der sich aus der Gebäudekubatur ergebenden beheizten Fläche je Gebäude ergibt den absoluten Wärmebedarf je Wohngebäude.

**Tabelle 2** Beispielhafte Ermittlung des Wärmebedarfs eines typischen Mehrfamilienhauses

<b>Gebäudefunktion:</b>	Wohngebäude
<b>Gebäudetyp:</b>	Mehrfamilienhaus
<b>Anhand LoD2-Daten ermittelte Nettogrundfläche (NGF):</b>	663 m <sup>2</sup>
<b>Anbausituation:</b>	freistehend
<b>Absoluter Wärmebedarf (unsaniert):</b>	93,4 $\frac{\text{MWh}}{\text{a}}$
<b>Absoluter Wärmebedarf (konventionell saniert):</b>	58,8 $\frac{\text{MWh}}{\text{a}}$

### 2.2.1.1 Baublockbezogene Wärmedichte

Durch die Zuordnung der ermittelten Gebäude zu den in Kapitel 2.1.3 definierten Baublöcken kann pro Baublock die Wärmebedarfsdichte, als Quotient aus der Bedarfssumme und der Baublockfläche, berechnet werden. Abbildung 6 zeigt auf, wie sich die Wärmebedarfsdichten je Baublock im Stadtgebiet verteilen. Die Wärmebedarfsdichte gibt an, ob in einem Gebiet besonders viel Wärme benötigt wird. Die Wärmebedarfsdichte ist dabei größer, wenn bspw. große Gebäude in kleinen Baublöcken verortet sind (z. B. in Markkleeberg Mitte) oder kleiner, wenn große Objekte in weniger dicht bebauten Gebieten sind (bspw. Wachau). Die Darstellung erfolgt dabei anhand von den im Bundesleitfaden zur kommunalen Wärmeplanung definierten Grenzwerten zur Einschätzung der Wärmenetzeignung [9].



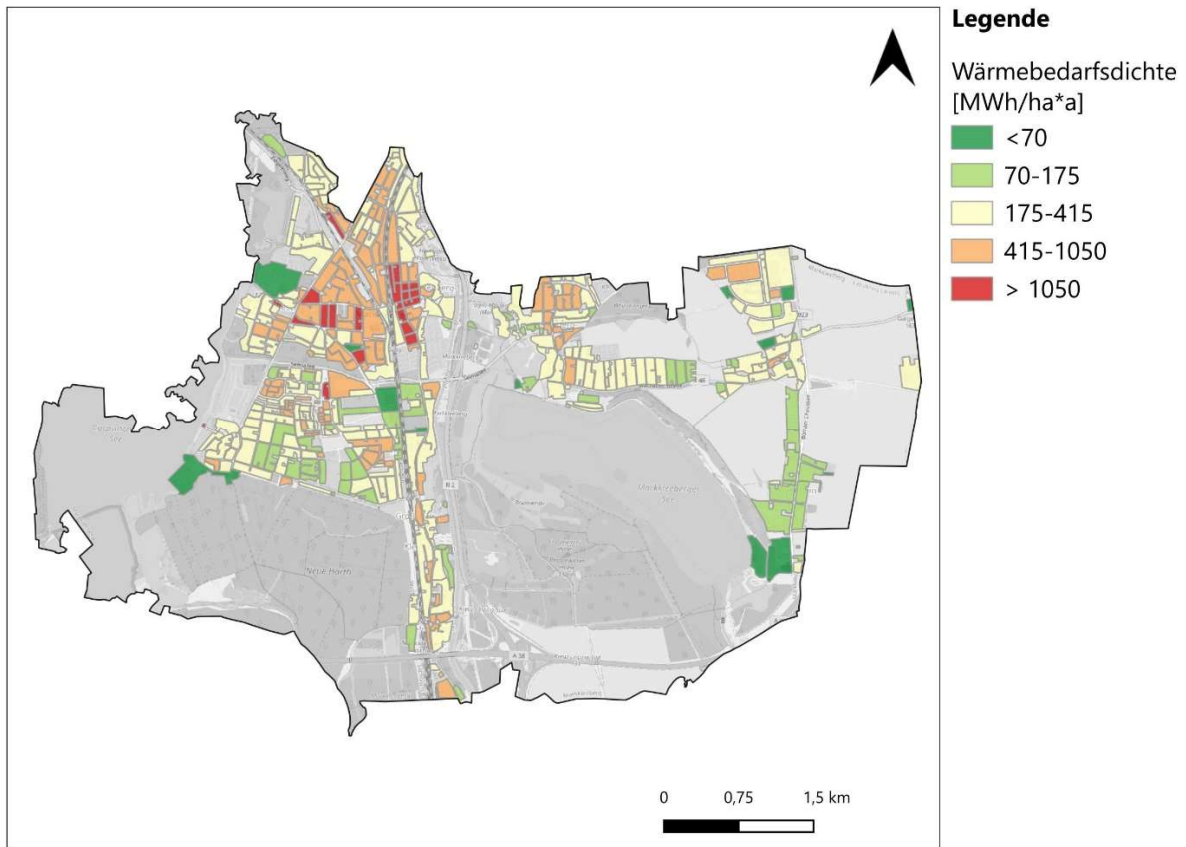


Abbildung 6 Darstellung der Wärmebedarfsdichten je Baublock (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

Da die Ermittlung der Wärmebedarfe nicht auf dem konkreten Nutzerverhalten basiert, sondern die theoretisch auftretenden Wärmeströme anhand von der Gebäudekubatur widerspiegelt, müssen die Ergebnisse einer Validierung unterzogen werden. Dazu werden sowohl die von der *MITNETZ GAS* bereitgestellten räumlich aufgelösten Gas-Absatzdaten als auch der ermittelte Gesamtwärmeverbrauch des Stadtgebiets gemäß BSKO (vgl. Kapitel 2.4) herangezogen. Hierbei handelt es sich um die tatsächlichen Verbrauchswerte, über welche abgeglichen werden kann, wie gut die Wärmebedarfswerte die Realität abbilden.

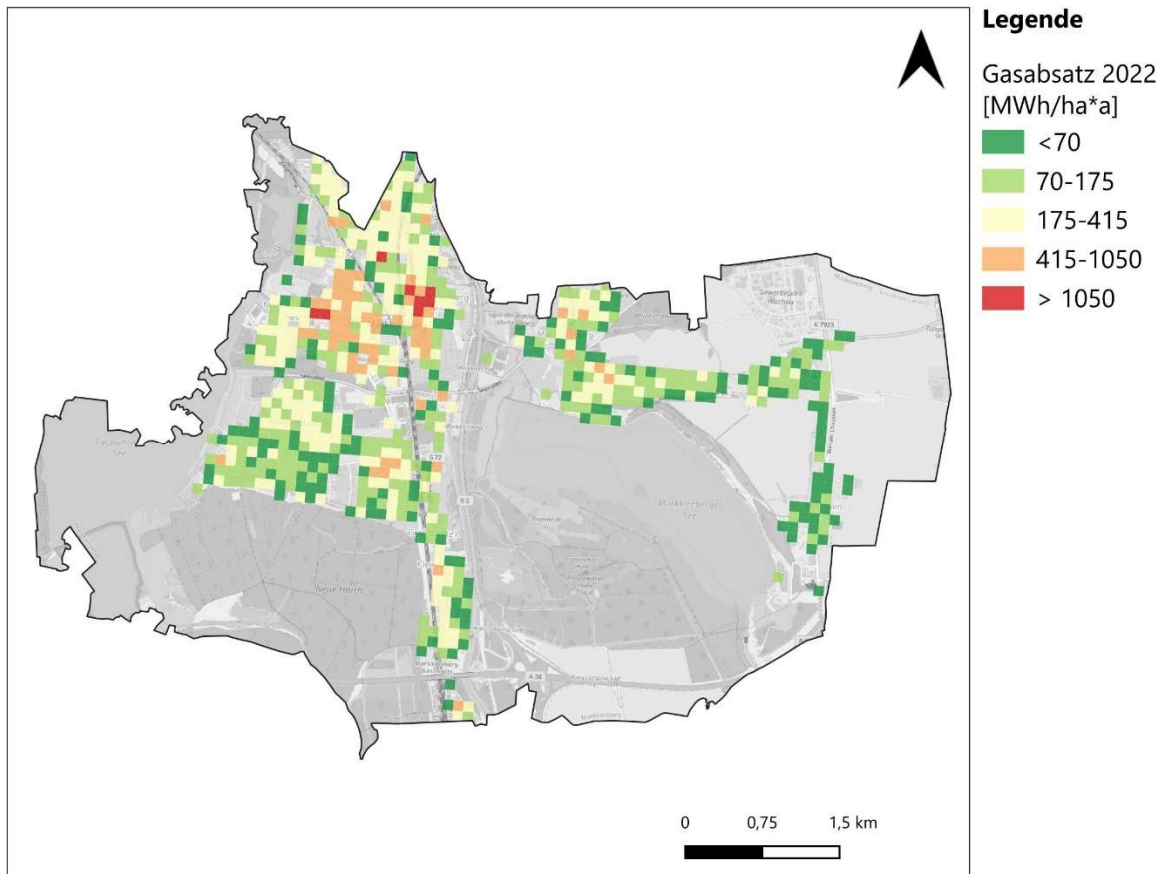


Abbildung 7 Räumlich aufgelöste Gasabsätze aus dem Jahr 2022 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten [40], [46])

Dabei zeigt bereits der visuelle Abgleich von Abbildung 6 und Abbildung 7 die Validität der räumlichen Auflösung. In Abbildung 7 ist zu beachten, dass Kacheln nur dargestellt werden, wenn diese mindestens 5 Abnehmer beinhalten. Im Netzgebiet Wachau sind aus diesem Grund keine Kacheln enthalten (dies bitte ebenfalls im Vergleich zu Abbildung 9 beachten). Die Abweichung des ermittelten Gesamtwärmebedarfs von dem, per BSKO-Bilanz ermittelten, Gesamtwärmeverbrauch von lediglich 11 %, bestätigt zusätzlich die Qualität der vollzogenen Analysen.

## 2.2.1.2 Wärmeliniendichte

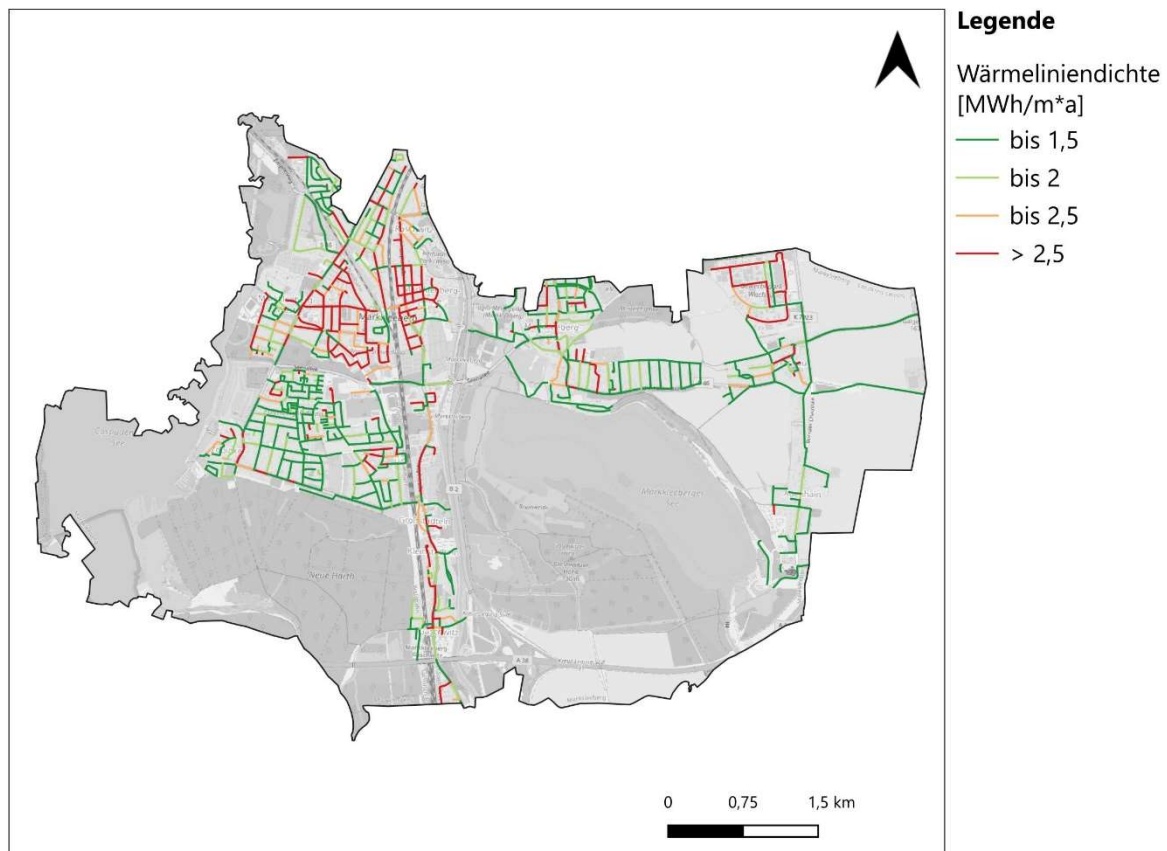


Abbildung 8 Wärmeliniendichte auf Basis der ermittelten Wärmebedarfe (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten [40], [41])

Neben der baublockbezogenen Wärmedichte stellt die Wärmeliniendichte ein zentrales Instrument dar, um Teilgebiete hinsichtlich der Eignung für eine zukünftige Wärmenetzversorgung zu bewerten. Da eine solche Erschließung zu größten Teilen auf die Leitungsverlegung innerhalb des öffentlichen Verkehrsraumes angewiesen ist, werden die Straßenabschnitte aus dem Digitalen Basis Landschaftsmodell (Basis-DLM) [41] herangezogen. Durch die Zuordnung der ermittelten Wärmebedarfe je Gebäude zu eben jenen Straßenabschnitten, kann so jeweils die Wärmeliniendichte pro Straßenabschnitt berechnet und dargestellt werden. Abbildung 8 zeigt das entsprechende Ergebnis. Auch hier ist eine Validierung der Daten mit den räumlich aufgelösten Gas-Absatzdaten sinnvoll. Abbildung 9 zeigt die Straßenabschnitte, mit den ihnen zugewiesenen Gasabsätzen. Auch hier zeigt der direkte Abgleich die gute Übereinstimmung der beiden Analyseebenen.

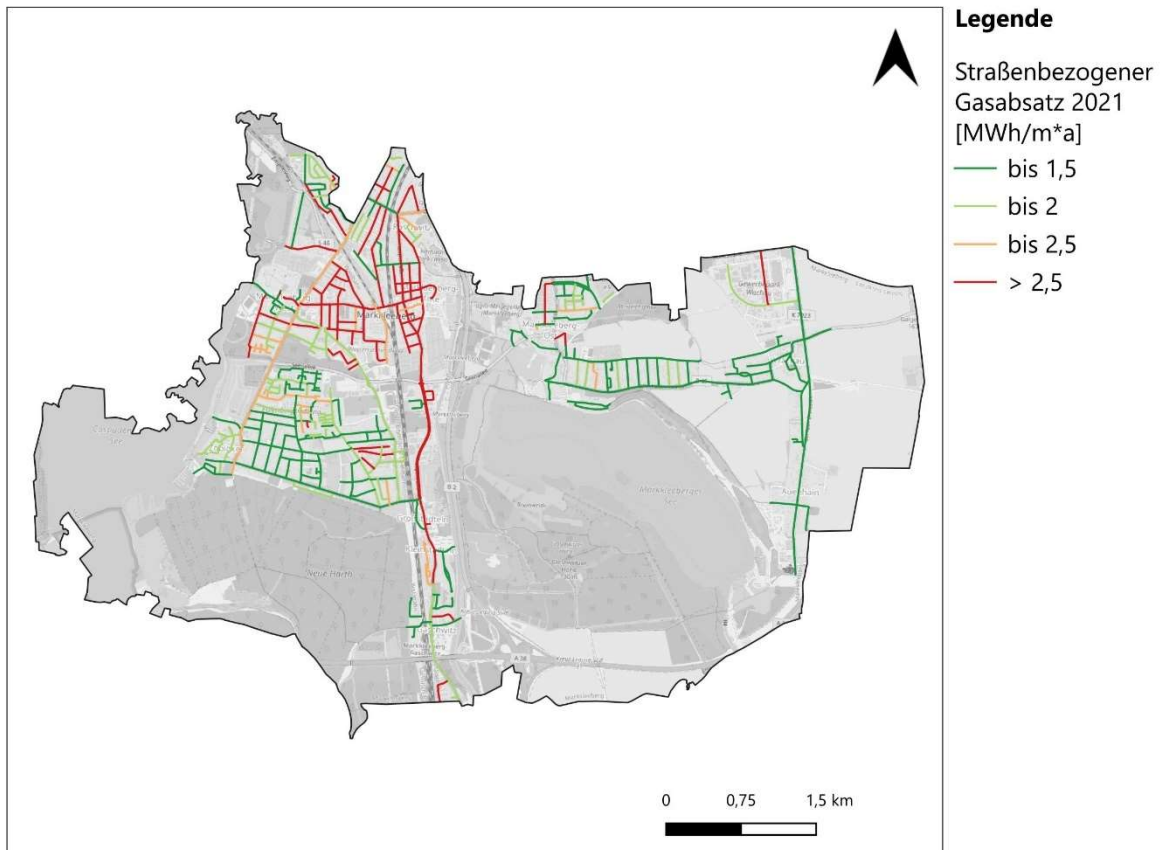


Abbildung 9 Straßenbezogener Gasabsatz (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40],[41], [47])

## 2.2.2 Wohn- und Nichtwohngebäude im Eigentum der Kommune

Gebäude, die direkt oder indirekt im Eigentum der öffentlichen Hand sind, können als sogenannte Ankerkunden für Wärmenetze fungieren. Ankerkunden sind potenzielle Hauptabnehmer von Wärme, die für den Bau von Wärmenetzen von zentraler Bedeutung sind. Sie zeichnen sich durch einen hohen Wärmebedarf aus, wie beispielsweise große kommunale Liegenschaften und Mehrfamilienhäuser. Diese Liegenschaften sind besonders vorteilhaft für Wärmenetze, da die Entscheidung für oder gegen den Anschluss an ein Wärme- oder Gasnetz in kommunaler Hand liegt und eine gewisse Verlässlichkeit der zukünftigen Wärmeabnahme garantiert werden kann. Die Identifikation potenzieller Ankerkunden ist damit Teil der Bestandsanalyse, wobei Liegenschaften mit langfristig hohen Raumwärme- und Warmwasserbedarfen im Fokus stehen.

Für die Wärmeplanung ist der Blick auf die Verteilung der Gebäude im Untersuchungsgebiet und die aktuelle Energieeffizienz relevant. In Abbildung 10 sind die Gebäude mit der Einordnung in Anlehnung an die Farbskala (Bandtacho) aus Energieausweisen und mit den absoluten Energieverbräuchen dargestellt. Es zeigt sich, dass insbesondere im Gebiet von Markkleeberg Mitte der Schwerpunkt des Bestandes im kommunalen Eigentum verortet ist. Die überwiegende Anzahl der Gebäude kann in die Effizienzklassen C und D eingeordnet werden. Damit sind die Objekte weder besonders energieeffizient noch besonders energieintensiv.

Umfangreiche Sanierungen mit dem Ziel der Energieeinsparung sind zwar möglich, die resultierenden Einsparungen könnten aber nicht durch vermiedene Heizkosten gedeckt werden. Dies kann bei Gebäuden mit der Effizienzklasse F sein. Für diese Gebäude ist daher der Wechsel des Energieträgers eine wesentliche Option die Treibhausgasemissionen zu mindern. Die mittleren Energieeffizienzklassen lassen in einer ersten Einschätzung Wärmenetzlösungen gegenüber dezentralen Wärmepumpenlösungen für diese Objekte als potenziell geeignetes erscheinen.

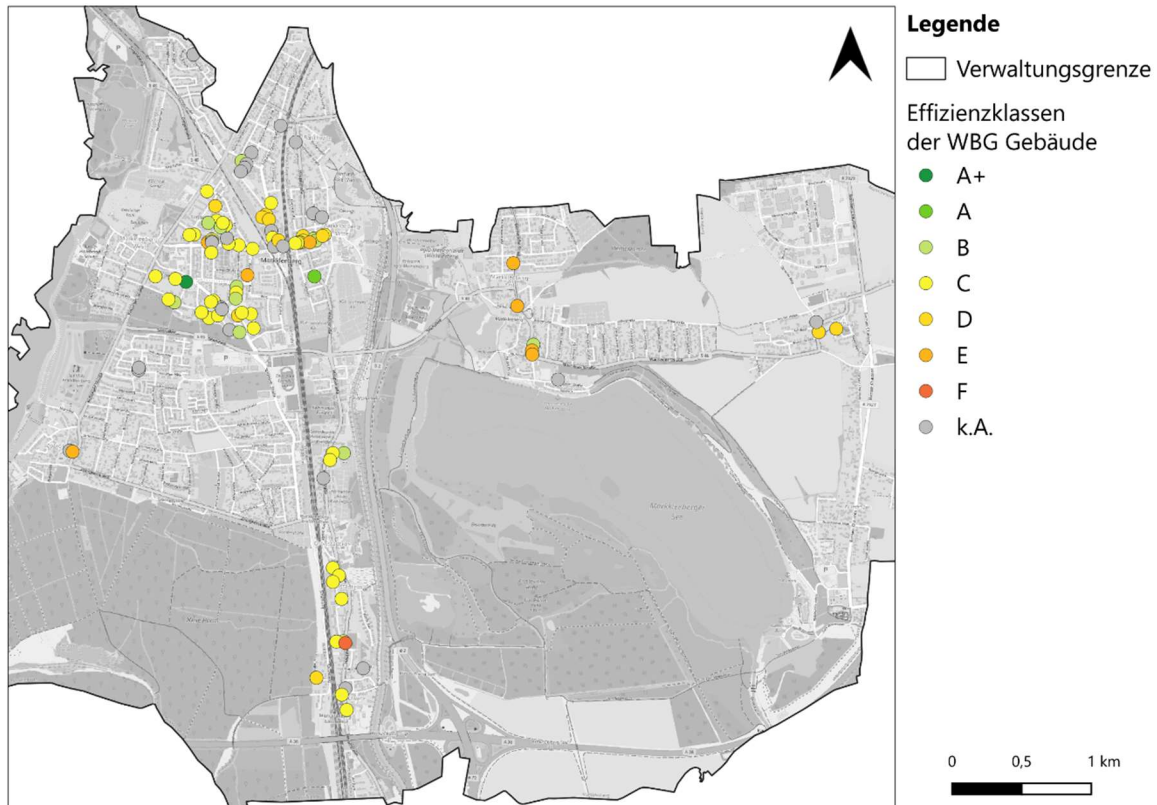


Abbildung 10 Objekte der WBG inkl. Energieeffizienzklassen in Marktleeeberg (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [43])

Der Blick auf das Alter der Heizkesselanlagen nach Abbildung 11 zeigt eine große Anzahl von Gebäuden mit Zentralheizkesseln, die die Normnutzungszeit überschritten haben. In diesen Objekten ist kurz- bis mittelfristig mit dem Ersatz zu rechnen.



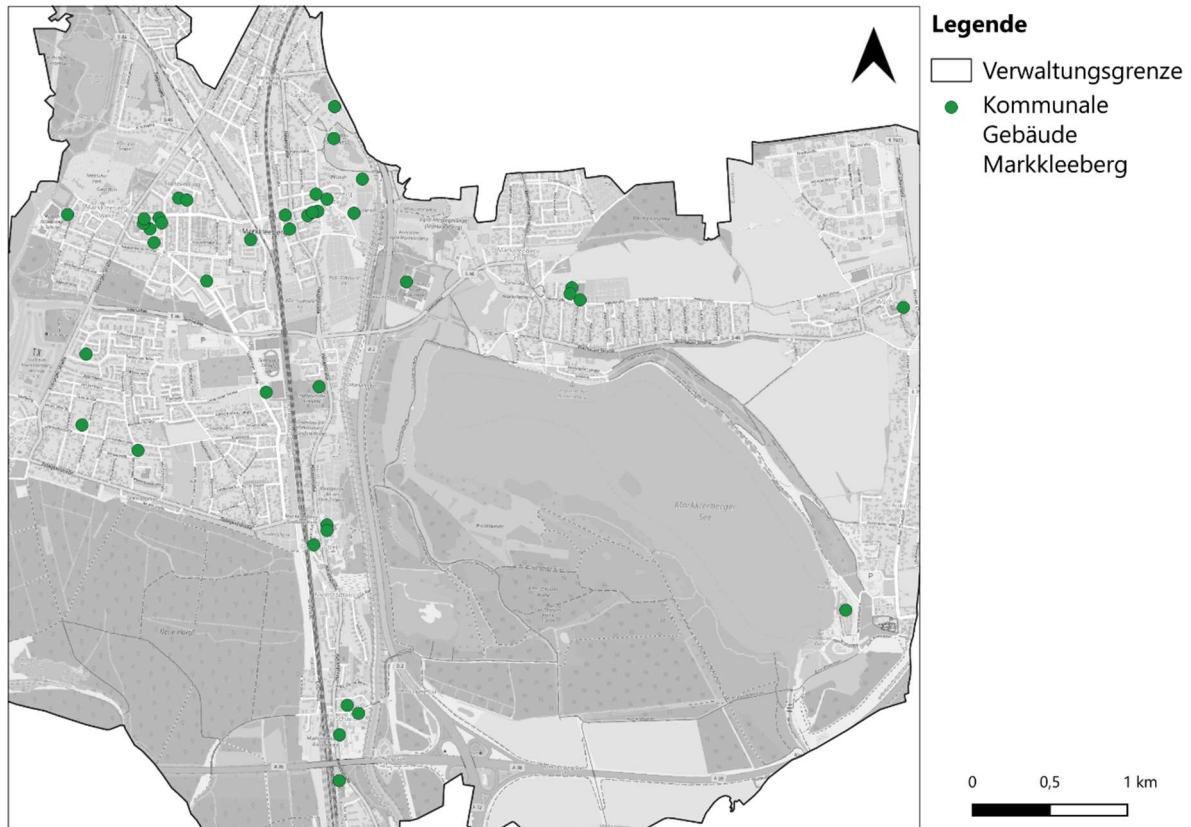


Abbildung 12 Kommunale Nichtwohngebäude in Markkleeberg (Quelle: Hintergrundkarte/Daten [40] )

### 2.2.3 Großverbraucher

Im Bereich der gewerblichen Großverbraucher bzw. dem Verbrauchsektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie der Industrie ist es erforderlich, neben dem Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser auch den Prozesswärmebedarf zu berücksichtigen. Dies unterscheidet sich von der Betrachtung im Wohngebäudebereich. Die Vielfalt der Prozesse und Anwendungen in GHD und Industrie führt jedoch dazu, dass die tatsächlichen Wärmeverbräuche erheblich von den Durchschnittswerten abweichen können. Zudem ist die Ermittlung der Wärmeverbräuche der Liegenschaften mit hohen Unsicherheiten behaftet, insbesondere wenn keine netzbasierte Wärmeversorgung der Unternehmen vorhanden ist. Da die Datengrundlage, die die Verbrauchswerte der netzbasierten Versorgung umfasst, aus datenschutzrechtlichen Gründen keinen Rückschluss auf einzelne Großverbraucher zulässt, wurde eine individuelle Branchenanalyse durchgeführt, um Großverbraucher zu identifizieren. Zur besseren Fokussierung wurden dafür, neben der qualitativen Bewertung der ansässigen Unternehmen, Gebäude herausgefiltert, deren Nettogrundfläche größer als 20.000 m<sup>2</sup> ist. Die identifizierten Unternehmen wurden anschließend zur Datenerhebung kontaktiert. In Kombination konnte so bewertet werden, welche Unternehmen relevant sind.

## 2.3 Wärmeversorgungsstruktur

### 2.3.1 Vorhandene Gas- und Wärmenetzinfrastruktur

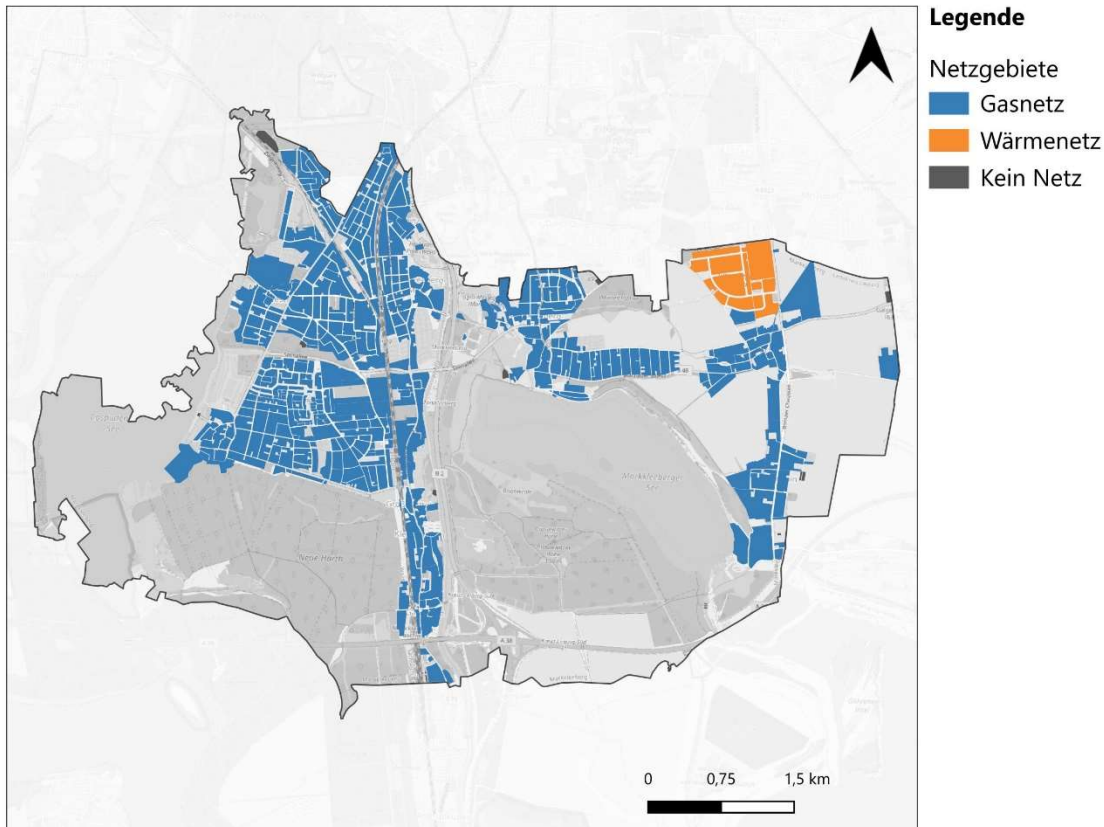


Abbildung 13 Darstellung der Netzgebiete (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [46], [59])

Die Stadt Markkleeberg liegt im Versorgungsgebiet der Gasnetzbetreiberin MIT-NETZ GAS. Außerdem wird im Industriegebiet Wachau ein Wärmenetz durch die envia THERM betrieben. Da die Darstellung der Netzinfrastruktur gem. Anlage 2 WPG für das Gasnetz flächen- und nicht leitungsbezogen zu erfolgen hat, wurde für die Netzgebiete eine baublockbezogene Darstellung gewählt. Dazu wurden die Leitungsverläufe des vorhandenen Gas- bzw. Wärmenetzes mit den Baublöcken verschnitten. Für Baublöcke deren Entfernung zum jeweiligen Netz 50 m oder weniger beträgt, oder die gar von den Leitungen des jeweiligen Netzes gekreuzt werden, wird die Verfügbarkeit des jeweiligen Mediums angenommen. Für das Gasnetz wurde dabei zwischen den verschiedenen Druckstufen nicht unterschieden. Abbildung 13 zeigt die auf diese Weise ermittelten Netzgebiete der Stadt Markkleeberg.



### 2.3.1.1 Erdgasversorgung

Wie Abbildung 13 zeigt, ist die Stadt Markkleeberg nahezu flächendeckend, bis auf sehr wenige Randbereiche, mit einem Netz zur Gasversorgung erschlossen. Infrastrukturell ist somit in allen Ortsteilen die Voraussetzung dafür gegeben eine gasbasierte Infrastruktur auszubauen oder zu erhalten. Die Spitzenauslastung der Gasinfrastruktur ist laut Netzbetreiberin dabei von mehreren technischen Parametern, wie Abnahme, Temperaturverhalten und Gleichzeitigkeitsfaktoren abhängig. Grundsätzlich ist laut MITNETZ GAS festzuhalten, dass die Infrastruktur über leistungsfähige Reserven verfügt. Hydraulische Netzberechnungen und Auslegungen sind im konkreten Fall zu erfragen.

### 2.3.1.2 Wärmenetz Wachau

Der Gewerbepark Wachau liegt im Nordosten des Stadtgebiets und umfasst eine Bruttofläche von 45,3 ha. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Wärmeplanung sind in diesem Gebiet ca. 120 Unternehmen aus verschiedensten Branchen ansässig. Ein zentrales Bauwerk für die Erschließung des Areals ist der zugängliche Infrastrukturkanal, in dem sämtliche Leitungs- und Kabelsysteme untergebracht sind. Dieser Kanal gewährleistet, dass alle Versorgungs- und Entsorgungssysteme langfristig überwacht werden können, wodurch Wartungs- oder Erneuerungsarbeiten im Gewerbepark ohne aufwendige Tiefbauarbeiten möglich sind. Die Fernwärme für die ansässigen Unternehmen wird direkt im Gewerbepark erzeugt und über den Infrastrukturkanal innerhalb des Areals verteilt. Auf diese Weise erhalten die angeschlossenen Gebäude Wärme für die Räumlichkeiten sowie Wasseranschlüsse. Abbildung 14 zeigt den Leitungsverlauf des komplett erschlossenen Gebiets.

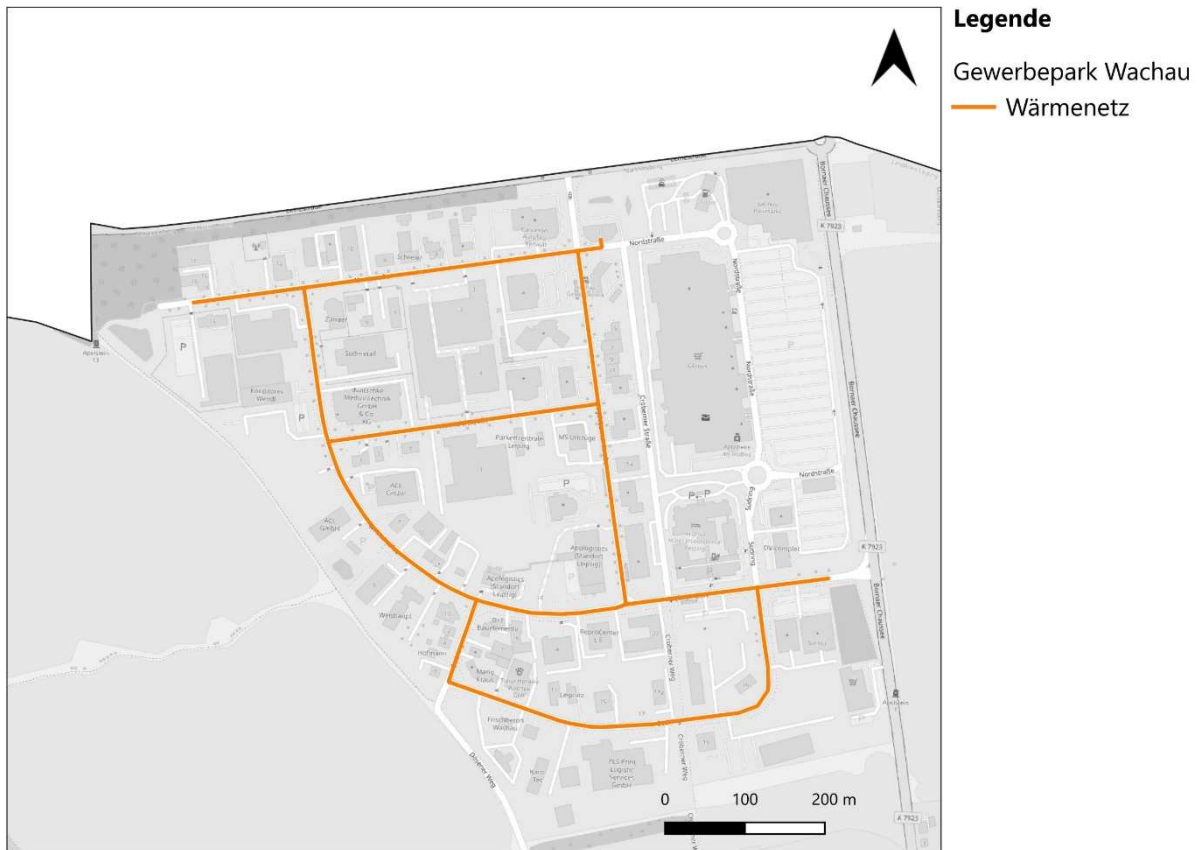


Abbildung 14 Leitungsverlauf des Wärmenetzes im Gewerbepark Wachau (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [59])

Als Erzeugungsanlagen dienen Erdgaskessel, sowie ein Erdgas Blockheizkraftwerk. Über eine Netzlänge von 3,5 km werden 71 Abnahmestellen versorgt. Eine Transformation des Erzeugerparks wird von Seiten des Netzbetreibers bereits betrachtet.

### 2.3.1.3 Fernwärmetrasse Lippendorf

Neben dem Wärmenetz im Industriegebiet Wachau, verläuft außerdem die Fernwärmetrasse, die Abwärme vom Kohlekraftwerk Lippendorf hin zum Fernwärmenetz der Stadt Leipzig transportiert, durch das Gemeindegebiet der Stadt Markkleeberg. Abbildung 15 zeigt den genauen Trassenverlauf. Vor der Inbetriebnahme des Heizkraftwerks Süd in Leipzig hat die Wärmeversorgung aus der Abwärme des Braunkohlekraftwerks Lippendorf einen Großteil im Mix des Fernwärmeverbundnetzes ausgemacht. Da diese Wärmequelle nicht mehr von der Stadt Leipzig genutzt werden soll, ist die Zukunft der Leitung noch ungewiss (vgl. Abschnitt 3.2).



Abbildung 15 Trassenverlauf der Fernwärmeleitung vom Kraftwerk Lippendorf nach Leipzig (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten [40], [44])

### 2.3.1.4 Biogasanlage Am Wachauer Wäldchen

Auf dem Stadtgebiet Markkleebergs befindet sich eine Biogasanlage, welche von der Wachauer Agrar und Transport GmbH (WAT), einer Tochterfirma der Landwirtschafts AG Wachau – Störmthal (LAG), am Standort Am Wachauer Wäldchen betrieben wird. In der seit dem Jahr 2012 in Betrieb befindlichen Anlage wird durch die Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen (Mais- und Grassilage, Zuckerrüben), die von der LAG selbst erzeugt werden, sowie Rindergülle Biogas produziert. Dieses wird in zwei, ebenfalls durch die WAT betriebenen Blockheizkraftwerken (BHKW) verbrannt und somit Strom und Abwärme erzeugt. [36], [37]

In dem größeren der beiden BHKW, welches sich ebenfalls am Standort Wachauer Wäldchen befindet, wird so eine thermische Nutzleistung von 445 kW (bei einer elektrischen KWK-Leistung von 400 kW) [56] erzeugt. Wie uns der BGA-Betreiber in einem Gespräch mitteilte, wird die bei der Stromproduktion entstehende Abwärme einerseits durch die LAG an deren Hauptstandort selbst genutzt, wie auch an einen in der Nachbarschaft liegenden Produktionsbetrieb, abgegeben.

Am sog. Satelliten-BHKW mit seiner Lage in der Markkleeberger Straße, fällt Abwärme in der Größenordnung von 406 kW (bei der Erzeugung von Strom mit einer Leistung von 365 kW) [56], an. Diese wird an eine Pension mit Standort in der Markkleeberger Straße, welche ebenfalls von einem Tochterunternehmen der LAG

geführt wird, sowie in der Nähe ansässige Vereine abgegeben und zur Versorgung mit Wärme genutzt.

Genauere Daten zu den einzelnen abgenommenen Abwärmemengen liegen uns nicht vor. Aufgrund der geringen Anzahl der Abnehmer stellt dieses Netz lediglich ein Gebäudenetz nach GEG und kein Wärmenetz im Sinne des WPG dar.

### 2.3.2 Feuerungsstätten

Der Bereich der Feuerungsstätten umfasst jene Kleinf Feuerungsanlagen, die direkt zur Wärmeversorgung in Gebäuden eingesetzt werden und zu großen Teilen nicht in der Erfassung der leitungsgebundenen Energieträger enthalten sind. Eine Betrachtung dieser Anlagen ist damit vor allem essenziell, um den Bereich der dezentralen Wärmeversorgung valide darstellen zu können. Als Datengrundlage für die Feuerungsstätten dienen Erfassungen des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). Auf Basis einer Abfrage bei allen sächsischen bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegern, wurde dabei für zwei Betrachtungsjahre (2015 und 2021) eine jahresspezifische Datenbank der Kleinf Feuerungsanlagen erstellt. Diese enthält auch weiterführende Informationen wie beispielsweise den eingesetzten Energieträger, die Nennwärmeleistung oder die Art der Anlage. Die Daten beider Erfassungsjahre sind inklusive einer ergänzenden Dokumentation direkt von der Webpräsenz des LfULG beziehbar. [31]

Zur weiteren Analyse wurde dieser sachsenweite Datensatz auf jene Anlage innerhalb der Verwaltungsgrenzen Markkleebergs reduziert. Die einzelnen Anlagen wurden zur weiteren Analyse entsprechend dem eingesetzten Energieträger und in Leistungsklassen kategorisiert. Dabei erfolgte eine Orientierung an den Grenzen der Leistungsklassen entsprechend des Bilanzierungsprozesses nach BSKO (siehe 2.4). Als weitere Information ist je Anlage das Jahr derer Inbetriebnahme bekannt. In der Analyse verdeutlicht die nachfolgende Abbildung, dass einige der älteren Anlagen aus dem Datensatz von 2015, vor allem die der Jahre 1990 bis 2000, im aktuellen Datensatz von 2021 nicht mehr im Betrieb sind. In Kombination mit dem, im Datensatz von 2021 ersichtlichen, kontinuierlichen Zubau neuer Feuerungsstätten zeigt sich, dass ein Austausch alter Kesselanlagen bereits stattfindet.

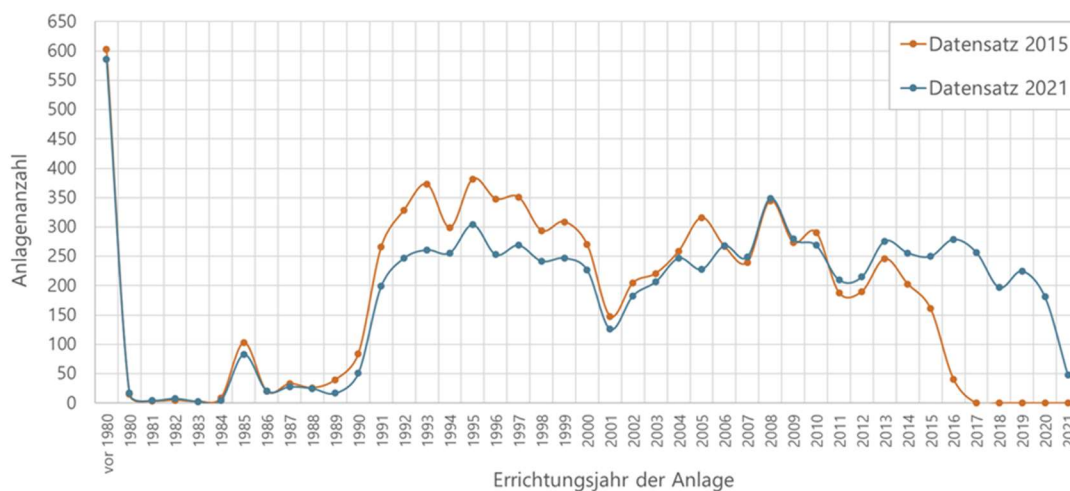


Abbildung 16 Anzahl betriebener Feuerungsstätten nach Errichtungsjahr (2015/2021) (Quelle: eigene Darstellung nach [31])

Im Folgenden werden weitere Darstellungen basierend auf dem Datensatz 2021 angeführt. Dabei sind in Abbildung 17 die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl dargestellt, während in Abbildung 18 der Zustand der mit Biomasse betriebenen Anlagen dargestellt ist. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass darüber hinaus auch Flüssiggas- sowie Kohleanlagen in Markkleeberg vorhanden sind. Diese sind aus Gründen untergeordneter Relevanz und für eine erhöhte Übersichtlichkeit nachstehend nicht im Detail aufgeführt.

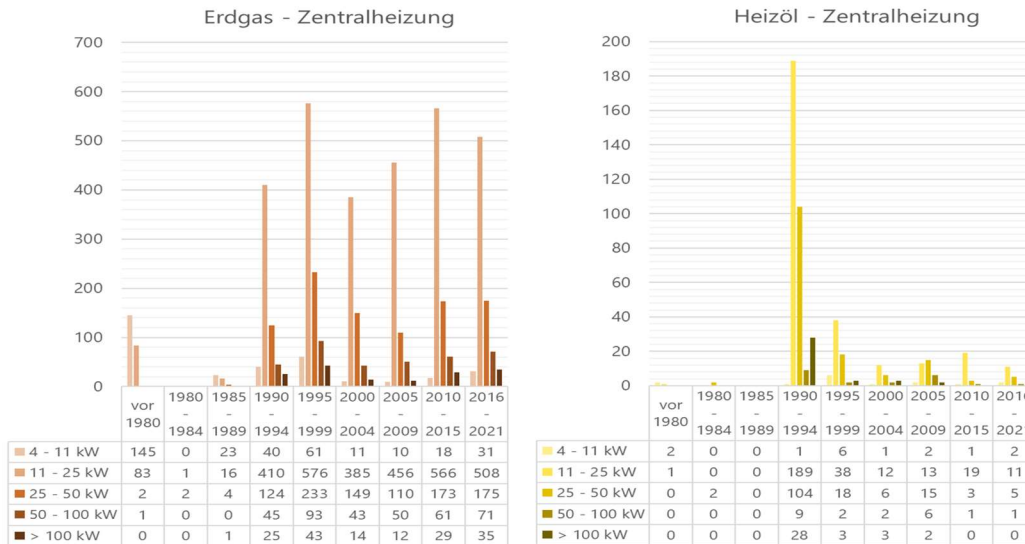
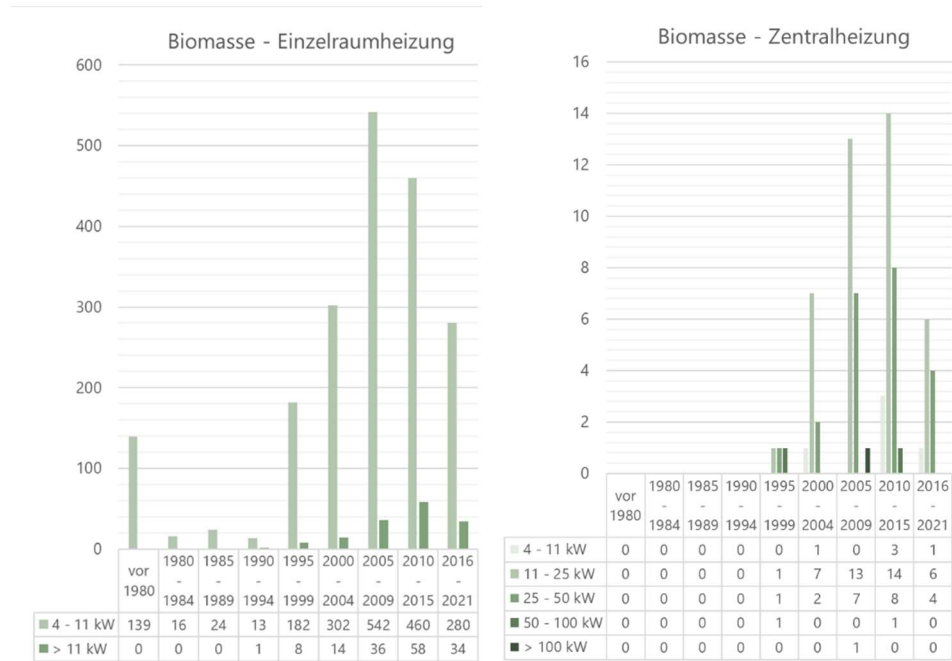


Abbildung 17 Feuerungsstätten nach Jahr der Errichtung und Leistungsklasse (Quelle: eigene Darstellung nach [31])

Wie sich zeigt, dominieren die erdgasbetriebenen Anlagen deutlich den Bestand an Feuerungsstätten in Markkleeberg. Diese Aussage bezieht sich dabei nicht nur auf die absolute Anlagenzahl, sondern ist vor allem auch bei den höheren Leistungsklassen gültig. Mit Heizöl betriebene Anlagen sind entsprechend des aktuellen Datensatzes aus dem Jahr 2021 noch zu einem relevanten Anteil vorhanden. Diese stammen aber überwiegend aus den Jahren 1990-1994. Seitdem ist der Zubau neuer Heizöl-Anlagen stark zurückgegangen, sodass spätestens mit dem Außerbetrieb-Gehen dieser Altanlagen die Bedeutung des Heizöls für die lokale Wärmeversorgung deutlich sinken wird.

Im Gegensatz dazu zeigt sich eine steigende Bedeutung der Biomasse-Anlagen. Die Gesamtzahl derer Anlagen steigt kontinuierlich an. Einordnend ist dabei jedoch festzustellen, dass dabei vor allem Anlagen geringerer Leistungsklassen installiert werden. Viele der Biomasse-Anlagen dienen dabei als Einzelraumheizungen, wie beispielsweise Kamine. Somit leisten sie zwar einen Anteil an der lokalen Wärmeversorgung, stehen zumeist in ihrer absolut erzeugten Wärmemenge den oft deutlich leistungsstärkeren Zentralheizungen hinteran. Da diese jedoch überwiegend mit Erdgas betrieben werden, ist klar festzustellen, dass der Energieträger Erdgas die deutlich höchste Bedeutung bei den Feuerungsstätten aufweist.

Abbildung 18 Feuerungsstätten nach Jahr der Errichtung und Leistungsklasse – 2 (Quelle: eigene Darstellung nach [31])



Hinsichtlich des Detailgrads der zugrundeliegenden Daten ist festzustellen, dass diese nicht in Form einzelner Adresspunkte oder eindeutig zuordenbarer Standorte vorliegen. Eine detailliertere Auswertung als die vorgenommene gemeindeweite Analyse ist demnach nicht möglich. Die Daten des LfULG erhalten zwar auch Informationen wie Kehrbezirke und Orte. Diese können jedoch nur mit begrenzter Sicherheit realen Kommunengebieten zugeordnet werden, sodass eine weitere lokal separierte Untersuchung nicht valide durchgeführt werden konnte.

## 2.4 Energie- und Treibhausgasbilanz

### 2.4.1 Methodik

Die Energie- und Treibhausgasbilanzierung wurde in Fortschreibung der Bilanzierung aus dem Klimaschutzkonzept der Stadt Markkleeberg unter Zuhilfenahme der Software „Klimaschutz-Planer“ erstellt. Die webbasierte Software wird vom Klima-Bündnis e.V. betrieben. Methodische Grundlage der Bilanzierung ist die bundesweit einheitliche Bilanzierungs-Systematik Kommunal (BISKO), welche im Klimaschutzkonzept der Stadt Markkleeberg [32] sowie durch die Agentur für kommunalen Klimaschutz am Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH (Difu) [33] ausführlich beschrieben ist. Der Bilanzzeitraum umfasst die Jahre von 2012 bis 2022.

Hauptgrundlage waren Daten der in Kapitel 2.3.1 beschriebenen Quellen für die leitungsgebundene Energieversorgung (Gas, Wärme, Strom) sowie der Datensatz zu den Feuerungsstätten (Heizöl, Biomasse, Kohle etc.) sowie die vorhandene Bilanzierung aus dem Klimaschutzkonzept der Stadt Markkleeberg.

Die Gesamtbilanzierung nach BISKO erfolgt auf Basis der folgenden zentralen Grundsätze:

1. Der Endenergieverbrauch wird nach dem Territorialprinzip erfasst. Das bedeutet es wird der Endenergieverbrauch erfasst, der innerhalb der Grenzen der Kommunen anfällt. Dies unterscheidet sich grundlegend von einer personen- oder unternehmensbezogenen Bilanzierung (Verursacherbilanz), bei der unabhängig vom Ort des Energieverbrauchs bilanziert wird.
2. Treibhausgasemissionen (THG) werden als CO<sub>2</sub>-Äquivalente bilanziert. Neben Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) werden demnach beispielsweise auch Methan (CH<sub>4</sub>) und Distickstoffmonoxid/Lachgas (N<sub>2</sub>O) berücksichtigt.
3. Die Vorkette wird bei der Berechnung der THG-Emissionen auf Basis des Endenergieverbrauchs berücksichtigt. Zur Vorkette gehören u. a. die Förderung, der Transport und die Bereitstellung der Anlagentechnik zur Gewinnung der Energieträger.
4. Die Treibhausgasemissionen des Stromverbrauchs werden anhand des deutschen Strommix bilanziert. Die Begründung hierfür ist, dass der Stromanbieter frei gewählt werden kann und lokal produzierter Strom nicht automatisch auch lokal verkauft wird.
5. Das Hauptergebnis wird ohne Witterungskorrektur der Verbrauchswerte für Wärme ausgegeben. Eine gesonderte Darstellung mit Berücksichtigung der Witterungskorrektur ist möglich und wird folgend zur Einordnung der Ergebnisse auch vorgenommen.

## 2.4.2 Ergebnisse Gesamtkommune

Die Darstellung der Ergebnisse der Energie- und Treibhausgasbilanz, die mit der vorliegenden Wärmeplanung erstellt wurde, startet mit einer gesamtbilanziellen Einordnung. Der Endenergieverbrauch wurde mit einem Wert von ca. 496 GWh ermittelt und verursacht dabei einen Treibhausgasausstoß von 162.000 t Treibhausgasen in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Die Verteilung auf die Sektoren zeigt, dass in Marktleeburg der Sektor Verkehr den höchsten Endenergieverbrauch (44,9 %) sowie den höchsten Anteil an den THG-Emissionen (43,4 %) verursacht. Den zweiten großen Anteil mit etwas mehr als einem Drittel haben die privaten Haushalte (EEV 35,3 %, THG 34,4 %). Die Wirtschaft (inklusive der kommunalen Liegenschaften) hat mit 19,8 % des Endenergieverbrauchs sowie 22,2 % der THG-Emissionen den geringsten Anteil. Ein erhöhter relativer Anteil an den THG-Emissionen gegenüber dem Endenergieverbrauch liegt im Anteil des Stromverbrauchs für die einzelnen Sektoren begründet, da der Emissionsfaktor für Strom aktuell noch deutlich über den Faktoren anderer Energieträger liegt.

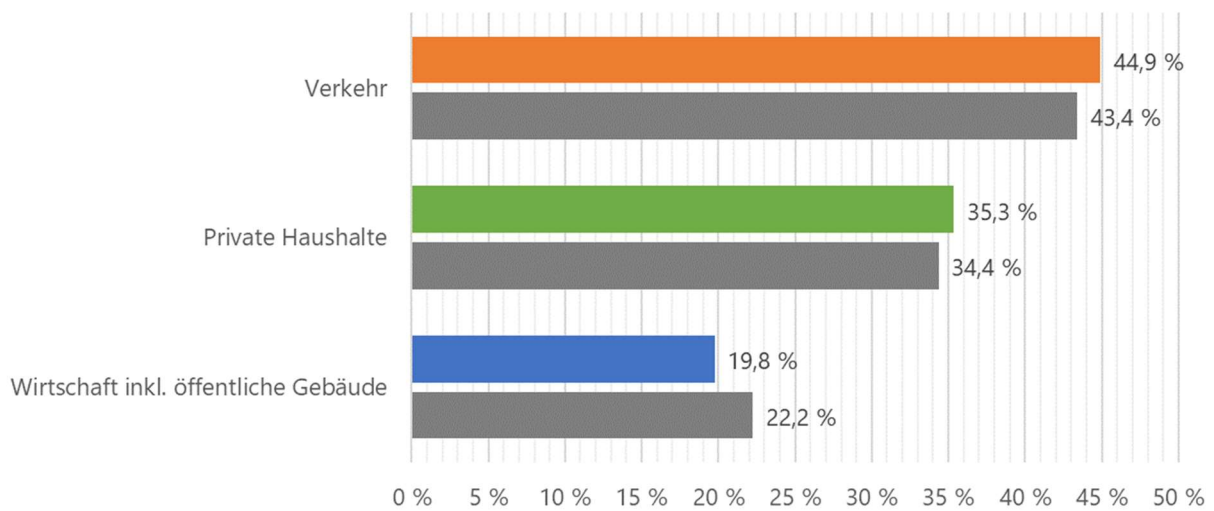


Abbildung 19 Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch (farbig) und den Treibhausgasemissionen (grau) 2022 (Quelle: eigenen Darstellung)

In der folgenden Auswertung wird nur der stationäre Bereich betrachtet. Dies betrifft alle Sektoren außer den Verkehr. Dabei soll ein Hauptaugenmerk auf der Verteilung des Wärmeverbrauchs liegen. Die privaten Haushalte haben dabei den mit Abstand höchsten Wärmeverbrauch. Dieser liegt mit 142 GWh deutlich über dem Wert der Wirtschaft von ca. 61 GWh. Die kommunalen Einrichtungen haben mit unter 5 GWh einen Anteil von ca. 2 % am stationären Endenergieverbrauch. Nur auf den Wärmeverbrauch bezogen ergeben sich folgende Anteile: private Haushalte 68,3 %, Wirtschaft 29,5 %, kommunale Einrichtungen 2,2 %.

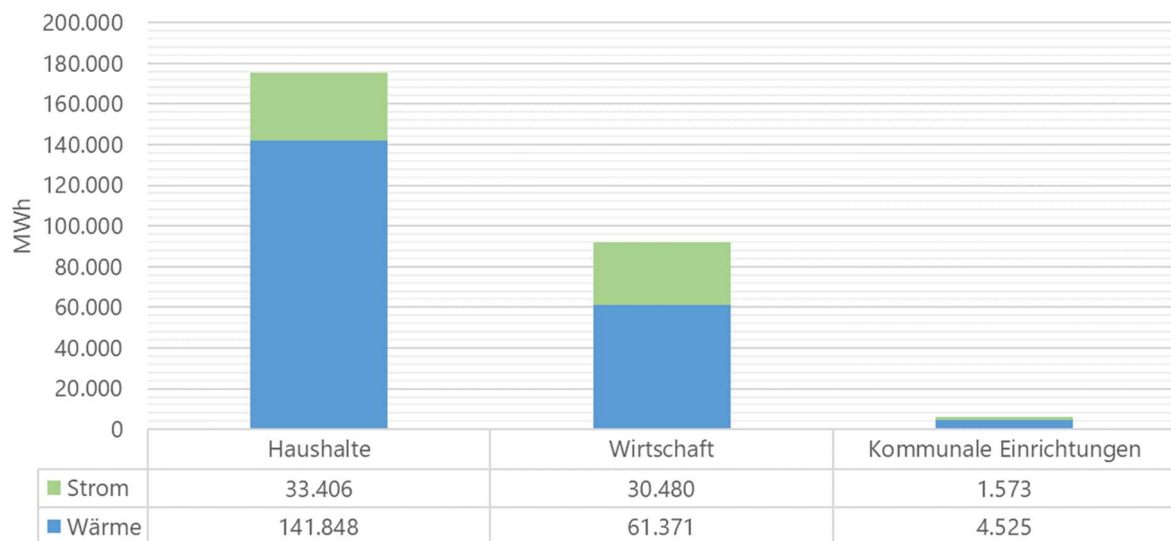


Abbildung 20 Endenergieverbrauch stationär nach Sektoren 2022 (Quelle: eigene Darstellung)

Neben der Aufteilung nach Sektoren im aktuellen Bilanzierungsjahr ist die Auswertung des Endenergieverbrauchs über einen längeren Zeitraum eine relevante Grundlage den langfristigen Trend zu erkennen. Aufgrund der bereits vorhandenen Bilanzierungen für die Stadt Marktleeburg ist es möglich, eine Zeitreihe von 2012 bis 2022 zu betrachten. Abbildung 21 zeigt den Verlauf für Wärme und Strom anhand der realen Daten als Balken sowie den witterungskorrigierten Wert als



gelbe Linie. Die Einbeziehung der Witterungskorrektur ist wichtig, um abschätzen zu können welche Schwankungen auf besonders milde oder kalte Winter zurückzuführen sind im Vergleich zu anderen Einflussfaktoren. Die Bevölkerungsentwicklung hat dabei nur einen geringen Einfluss, da diese im gesamten Zeitraum jährliche Steigerungs- oder Rückgangsraten von jeweils unter einem Prozent aufweist.

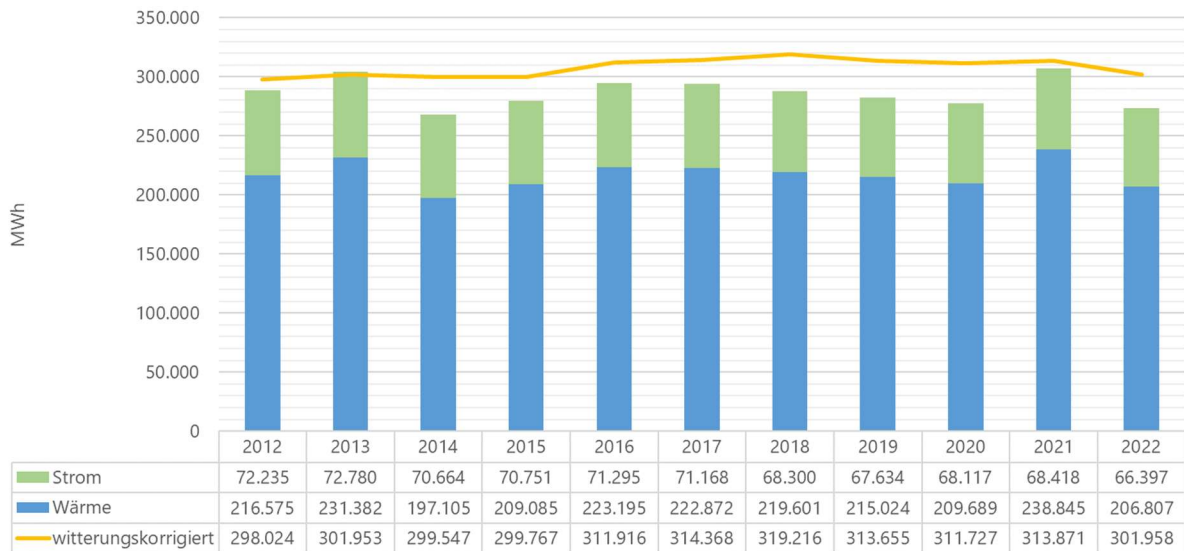


Abbildung 21 Endenergieverbrauch 2012 – 2022 stationär Vergleich realer Verbrauch zu Verbrauch mit Witterungskorrektur (Quelle: eigene Darstellung)

Die Auswertung der Daten 2012 bis 2022 lässt keinen eindeutigen Trend erkennen. Nachdem von 2012 bis 2015 die witterungskorrigierten Werte einen nahezu gleichbleibenden Wert aufweisen, lag der Wert 2016 bis 2021 auf einem etwa bis zu 6 % höherem Niveau. 2022 im Zuge der steigenden Energiepreise sinkt der Verbrauch deutlich auf das Niveau von 2015 zurück.

Abschließend wird in diesem Kapitel ein Blick auf den Wärmemix gerichtet. Dieser wurde jeweils einzeln für die privaten Haushalte (Abbildung 22) und die Wirtschaft (Abbildung 23) ermittelt.

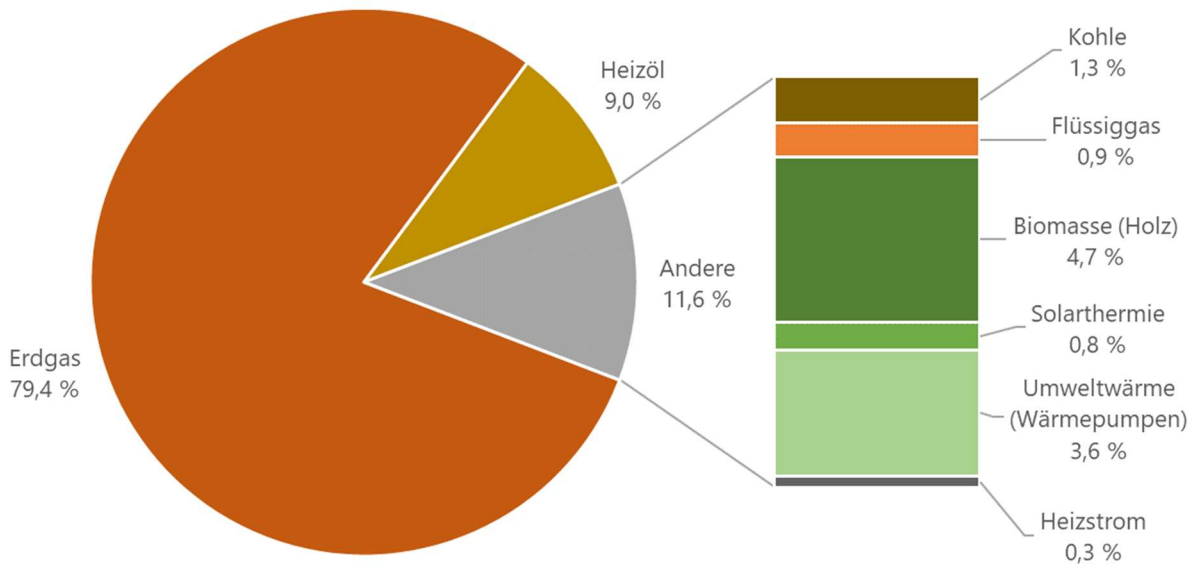


Abbildung 22 Wärmemix private Haushalte 2022 (Quelle: eigene Darstellung)

Der Wärmemix der privaten Haushalte wird aktuell in Marktleeburg zu 79,4 % durch die Versorgung mit Erdgas dominiert. In Addition mit Heizöl (9,0 %), Kohle (1,3 %) sowie Flüssiggas (0,9 %) ergibt sich ein Anteil von 90,6 % fossiler Energieträger. Nachtspeicherheizungen (versorgt über den deutschen Strommix) nehmen einen immer niedrigeren Anteil von aktuell 0,3 % ein. Die erneuerbaren Energieträger Solarthermie, Umweltwärme (über den Betrieb von Wärmepumpen) sowie Biomasse (Holz) haben einen Anteil von 9,1 %.

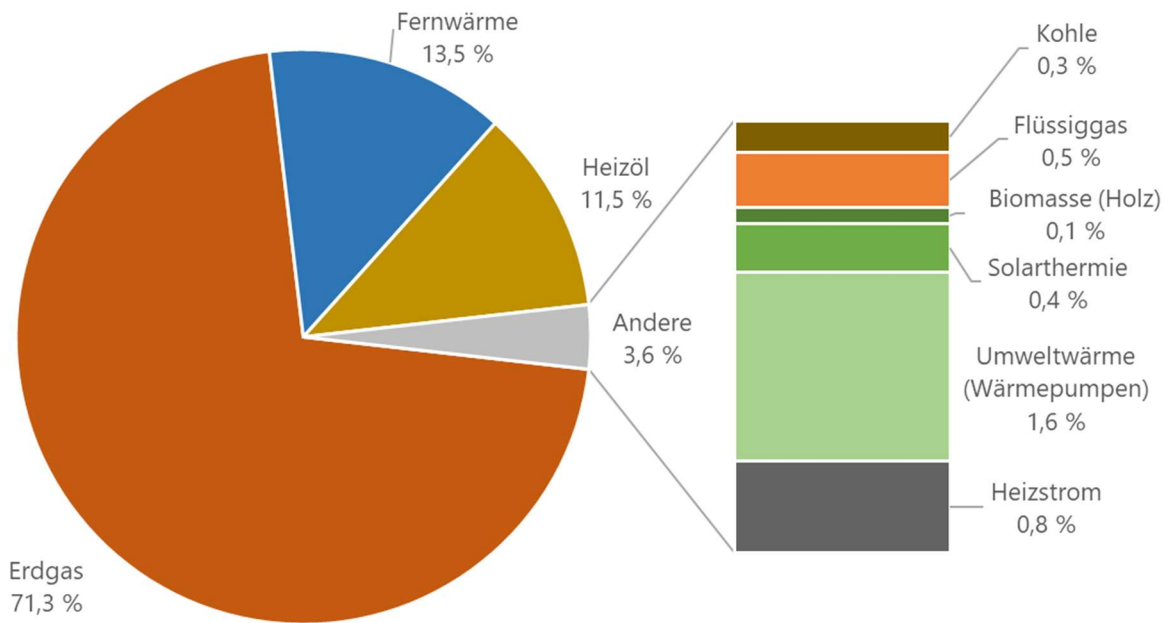


Abbildung 23 Wärmemix Wirtschaft 2022 (Quelle: eigene Darstellung)

Die Wirtschaft weist einen anderen Wärmemix auf, da das Fernwärmenetz im Gewerbegebiet Wachau einen Anteil von 13,5 % darstellt. Der Anteil von Erdgas liegt bei 71,3 %. Kombiniert mit 11,5 % Heizöl, Kohle (0,3 %) und Flüssiggas (0,5 %) ergibt sich ein Anteil von 83,6 % Versorgung auf direkter Basis fossiler Energieträger. Die Wärmeerzeugung für das Wärmenetz in Wachau basiert auf Erdgas. Durch den Einsatz eines Blockheizkraftwerks wird gleichzeitig Wärme und Strom erzeugt, was zu einer höheren Gesamtenergieeffizienz führt im Vergleich zur Wärmeerzeugung im Heizkessel. Heizstrom (0,8 %) sowie erneuerbare Energieträger mit 2,1 % (Solarthermie 0,4 %, Umweltwärme 1,6 %, Biomasse (Holz) 0,1 %) haben aktuell einen sehr geringen Anteil am Wärmemix der Wirtschaft in Marktleeberg.

Abschließend wird in diesem Kapitel dargestellt welchen Anteil die einzelnen Energieträger der Wärmeversorgung an den resultierenden THG-Emissionen haben (im Vergleich zu den Anteilen am Endenergieverbrauch). Strom kommt zwar auch bei Betrieb von Wärmepumpen zum Einsatz, dient dort aber als Hilfsenergie zur Nutzung von erneuerbaren Energien in Form von Umweltwärme. Im Gegensatz dazu wird im Fall von Heizstrom die elektrische Energie direkt zum Heizen verwendet, z. B. in Nachtspeicheröfen.

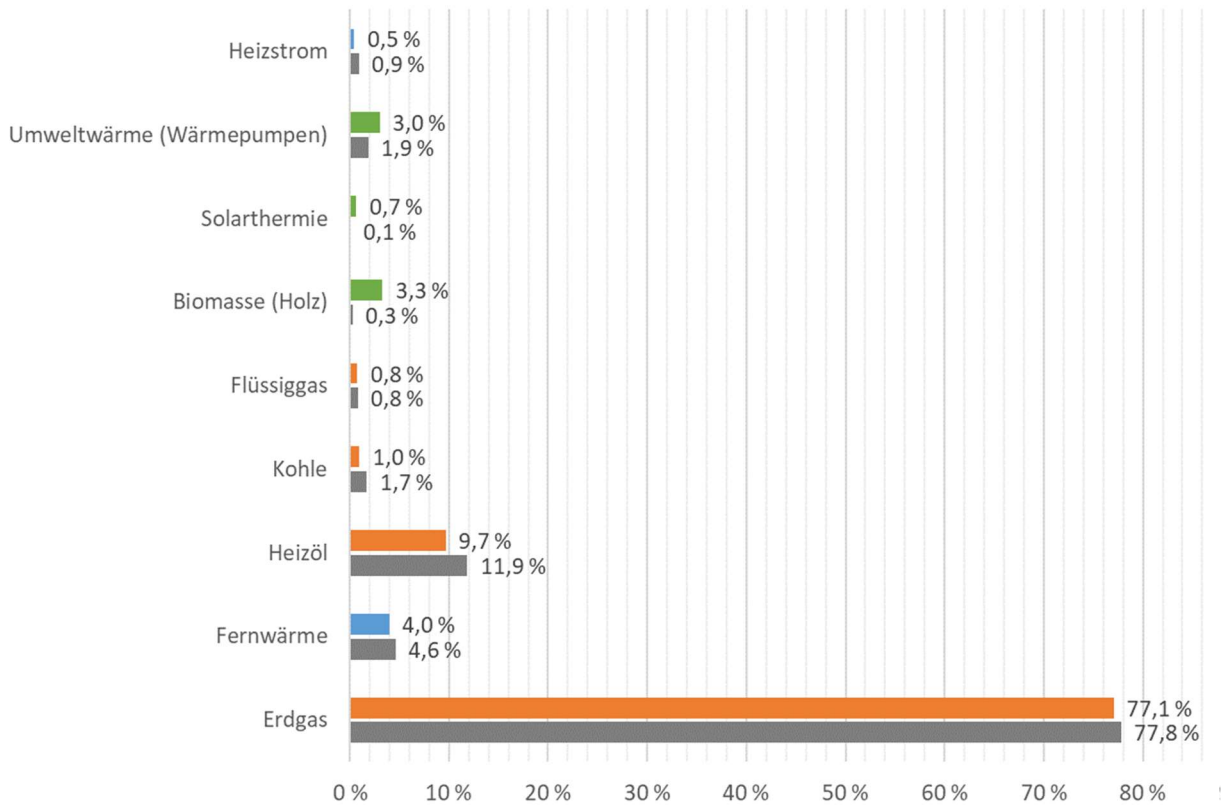


Abbildung 24 Anteile der Energieträger Wärmemix am Endenergieverbrauch (farbig) und THG-Emissionen (grau) 2022 (Quelle: eigene Darstellung)

Der Vergleich der Anteile am Endenergieverbrauch mit dem an den THG-Emissionen zeigt, dass alle in orange dargestellten fossilen Energieträger einen höheren Anteil bei den THG-Emissionen aufweisen im Vergleich zum Endenergieverbrauch. Die Vorteilhaftigkeit erneuerbarer Energieträger (in grün dargestellt) zeigt sich am stärksten bei Biomasse (Holz) und Solarthermie. Für Umweltwärme ist der Vorteil aktuell noch gering, da der Stromanteil auf Basis des deutschen Strommix

enthalten ist. Fernwärme und Heizstrom sind in blau dargestellt, da hier ein Mix verschiedener Energieträger und Erzeugungstechnologien zum Einsatz kommen kann.

### 2.4.3 Teilräumliche Bilanzierung

Die teilräumliche Bilanzierung bedeutet, dass die Verbrauchsdaten aus der Energie- und Treibhausgasbilanz (vgl. Kapitel 2.4.2) auf die Baublöcke (vgl. Kapitel 2.1.3) verteilt werden. Die Verbrauchsdaten, die der Energie- und Treibhausgasbilanz zugrunde liegen sind nicht räumlich aufgelöst und liegen für das gesamte Untersuchungsgebiet nur summiert vor. Im Rahmen der Energie- und THG-Bilanz werden die Daten lediglich in unterschiedliche Verbrauchssektoren und Energieträger eingeordnet, wie es auf Basis des BSKO-Standards festgelegt ist.

Um die Daten der Energie- und THG-Bilanz räumlich aufzulösen, werden sie mit im Projekt erstellten und verwendeten Geodaten verschnitten:

- Die Wärmebedarfsanalyse bietet gebäudescharfe, statistisch hochgerechnete Wärmebedarfe. Auf Basis dieser Wärmebedarfe wird jedem Gebäude ein Wärmeverbrauch zugeordnet. Dabei wird die Wärmesumme aus der Energie- und THG-Bilanz ins Verhältnis zu den jeweiligen Wärmebedarfen der einzelnen Gebäude gesetzt und so ein anteiliger Wärmeverbrauch berechnet.
- Die Verteilung der Verbräuche auf die Energieträger aus der Energie- und THG-Bilanz wird auf Basis der georeferenzierten Netzpläne des Erdgasnetzes und der Fernwärmenetze konkretisiert. Auch die nach Gemarkungen aufgeteilte Energieträgerverteilung der Schornsteinfegerdaten fließt in diese Analyse ein. Die gebäudescharf aufgegliederten Verbrauchsdaten werden schließlich wieder auf die Baublöcke aggregiert.

Das Ergebnis der oben beschriebenen Zuordnung der Energie- und THG-Bilanz auf die Geodaten bietet Wärmeverbrauchssummen und einen Energieträgermix pro Baublock als teilräumliche Bilanzierung. Abbildung 25 zeigt zur beispielhaften Darstellung einen Ausschnitt aus der gesamtkommunalen Analyse.

Die Ergebnisse verdeutlichen über die baublockscharfe Darstellung, dass die Gebäude in Markkleeberg fast flächendeckend über das Erdgasnetz versorgt werden. Baublöcke, deren Gebäude keine unmittelbare Nähe zum Erdgasnetz haben, sind meist dezentral versorgt, wobei insbesondere die Energieträger Heizöl, Biomasse und Umweltwärme zum Einsatz kommen. Baublöcke mit einer geringen oder keiner Erdgasversorgung verteilen sich unregelmäßig über das gesamte Gemeindegebiet. Eine leitungsgebundene Fernwärmeversorgung spielt im Gemeindegebiet Markkleeberg nur im Gewerbegebiet Wachau eine Rolle. Hier wird der Wärmeverbrauch neben Fernwärme noch über Heizöl, Biomasse oder Umweltwärme gedeckt. Andere erneuerbare Energieträger wie Solarthermie spielen im Gemeindegebiet keine relevante Rolle in der Versorgung.

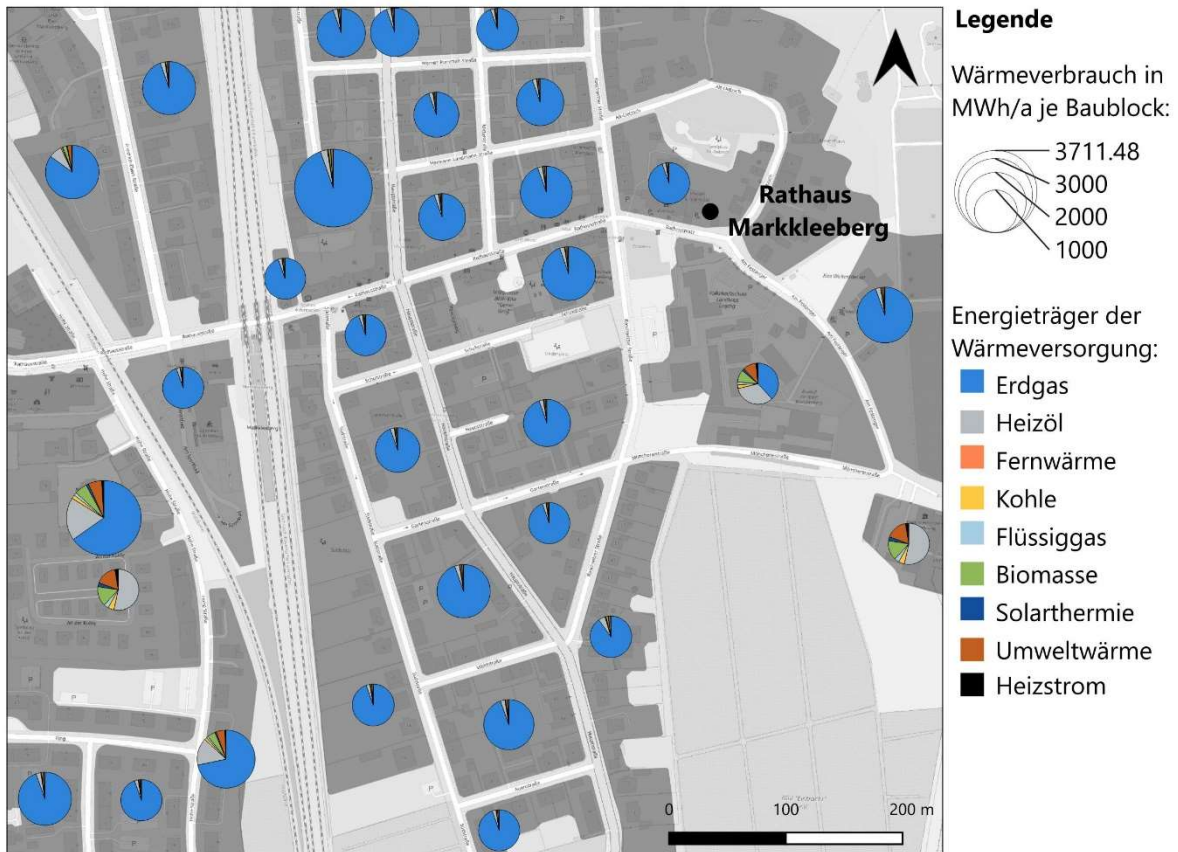


Abbildung 25 Ausschnitt der Karte zur teilräumlichen Bilanzierung mit Darstellung der Energieträger je Baublock (Quelle: eigenen Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

Die Ergebnisse werden erzeugt, indem gesamtkommunale Verbrauchsdaten mithilfe digitaler Bedarfs- und Netzdaten räumlich verteilt werden. Sie bilden somit nicht die tatsächliche Verteilung von Verbräuchen und Energieträgern im Untersuchungsraum ab, sondern stellen eine Annäherung an diese dar. Abweichungen von den tatsächlichen Bedingungen vor Ort können auftreten.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung bilden die Ergebnisse eine wichtige Basis für weitere Analyse- und Berechnungsschritte. Dazu gehört die Identifikation von Gebieten mit Handlungsbedarf, insbesondere in Regionen mit einem hohen Anteil an fossilen Energieträgern oder einer dezentralen fossilen Versorgungsstruktur. Außerdem bilden sie die Basis für Szenarienberechnungen und -entwicklungen.

## 2.5 Eignungsprüfung für eine verkürzte Wärmeplanung

Die Eignungsprüfung ist ein zentraler Bestandteil der Wärmeplanung, wie sie im Wärmeplanungsgesetz (WPG) festgelegt ist. Gemäß § 14 WPG dient die Eignungsprüfung dazu, definierte Teilgebiete des beplanten Gebietes dahingehend zu bewerten, ob diese sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für die Versorgung durch

ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz eignen. Die Prüfung ermöglicht es, Gebiete zu identifizieren, in denen eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden kann, was bedeutet, dass auf die Erhebung bestimmter Daten verzichtet werden kann, wenn die Eignung für beide Versorgungsarten als unwahrscheinlich erachtet wird (WPG, § 14 Abs. 4).

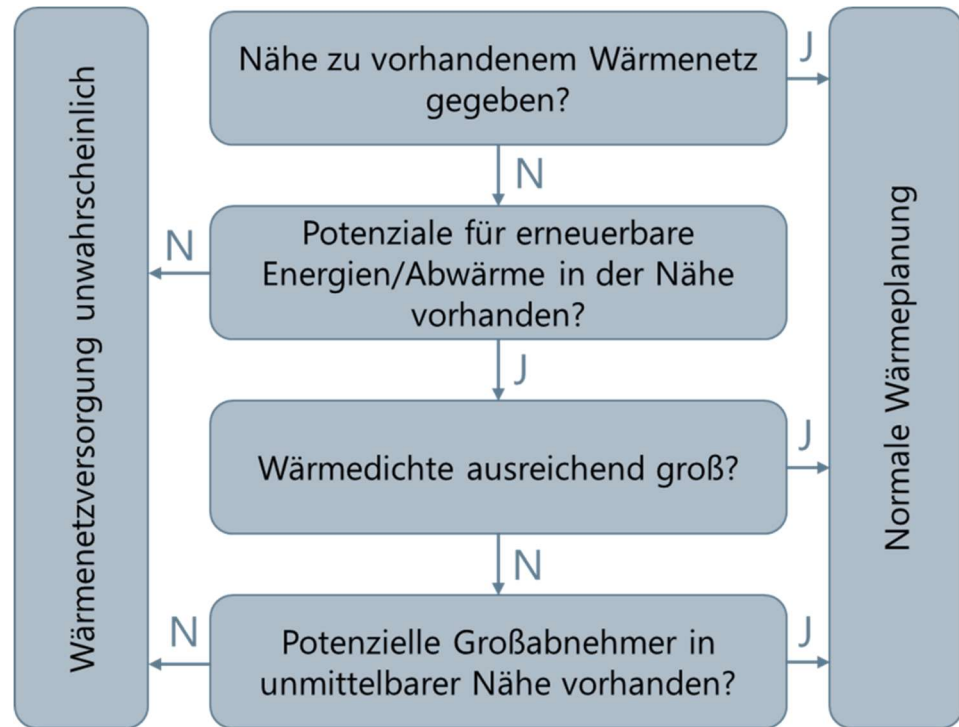


Abbildung 26 Flussdiagramm zur Einschätzung der Wahrscheinlichkeit einer Wärmenetzversorgung (Quelle: eigene Darstellung)

Obwohl sich die Erstellung der hier vorliegenden Wärmeplanung an den Vorgaben des technischen Annexes der Kommunalrichtlinie orientiert und somit eine Eignungsprüfung nicht zwingend erforderlich ist [5], wurde die Eignungsprüfung zu Teilen durchgeführt, um deren Ergebnisse in die weitere Wärmeplanung einfließen zu lassen. Insbesondere für die Identifizierung der Fokusgebiete, sowie die Strategieentwicklung, ist dies von großem Vorteil.

Die hier angewandte Methodik orientiert sich dabei ausschließlich an Abs. 2 des § 14 des Wärmeplanungsgesetzes (WPG), sprich der Wahrscheinlichkeitsprüfung hinsichtlich einer zukünftigen Wärmenetzversorgung, während Abs. 3 des § 14, die Wahrscheinlichkeitsprüfung hinsichtlich einer Wasserstoffnetzversorgung, nicht berücksichtigt wurde. Hierzu wurden spezifische Kriterien definiert, welche in einem iterativen Prozess, gemeinsam mit den beteiligten Akteuren, entwickelt und validiert wurden. Dieser kooperative Ansatz gewährleistet, dass die Kriterien praxisnah und realistisch sind. Abbildung 26 zeigt das generelle Schema des methodischen Prozesses.

Als Analyseebene für die Teilgebiete wurden die in Kapitel 2.1.3 definierten Baublöcke genutzt. Das kartografische Ergebnis der Analyse ist in Abbildung 27 dargestellt.

Das Ergebnis zeigt gut, was das gesetzte Ziel der Eignungsprüfung ist: Teilgebiete in Stadtrandlage, die weniger dicht bebaut und somit für eine leitungsgebundene

Versorgung weniger interessant sind, bedürfen keiner intensiven Betrachtung im Rahmen des Wärmeplanungsprozesses. Eine Versorgung durch dezentrale Versorgungsanlagen ist in diesen Gebieten sehr wahrscheinlich.

Für Markkleeberg zeigt sich hierbei eine erste Tendenz, welche Gebiete in den Fokus genommen werden müssen, weshalb sich das Ergebnis der Eignungsprüfung auch in der Auswahl der Fokusgebiete widerspiegelt (vgl. Kapitel 4.2.1).

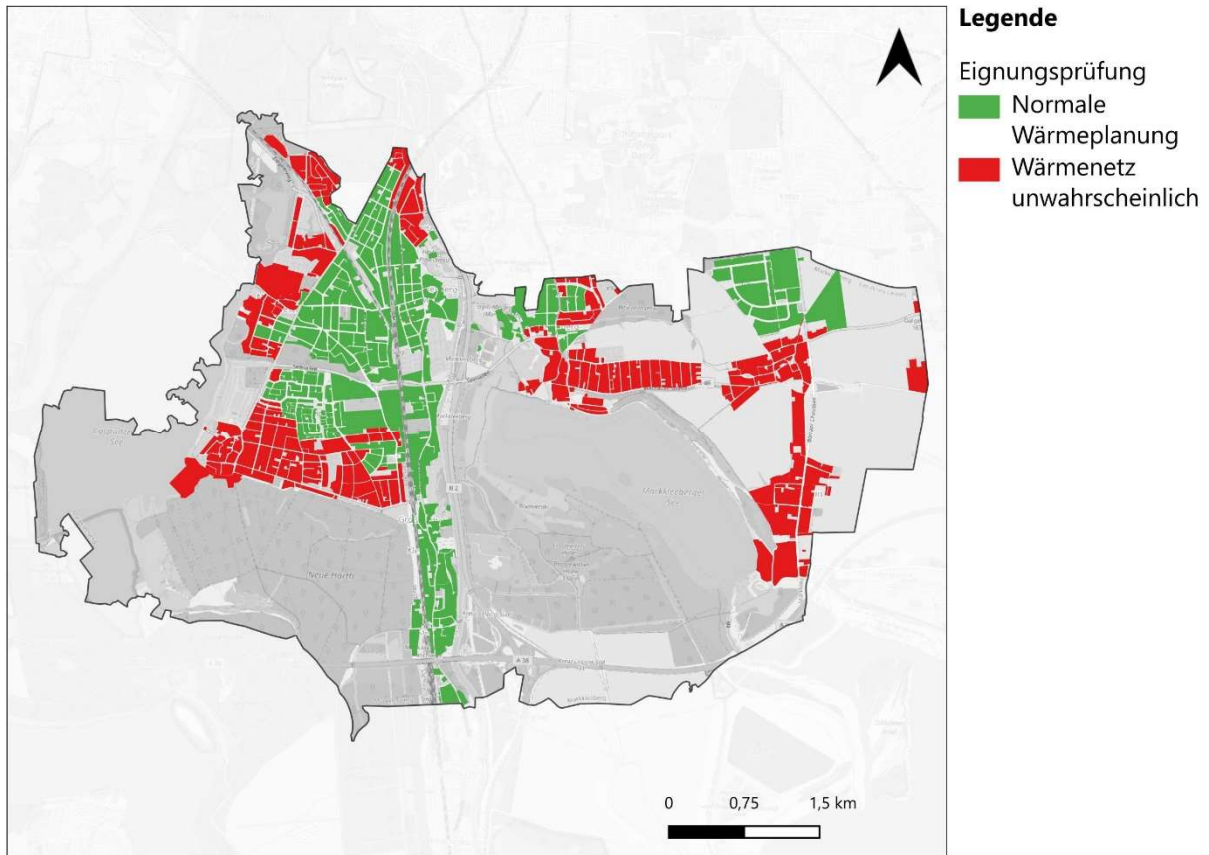


Abbildung 27 Ergebnisse der Eignungsprüfung (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

## 2.6 Zusammenfassung

Die Bestandsanalyse zeigt die überwiegend durch Wohnbebauung geprägte Siedlungsstruktur, welche im Bereich von Markkleeberg Mitte zu den höchsten Wärmebedarfsdichten führt. In den Gebieten mit hoher Wärmedichte sind auch eine Reihe von Ankerkunden, wie Objekte der WBG sowie eigene Liegenschaften der Stadt Markkleeberg vorhanden. Darüber hinaus gibt es kaum Großverbraucher bzw. keine energieintensiven Unternehmen. Der aktuelle Wärmemix ist geprägt von einer dominierenden Nutzung des Energieträgers Erdgas, der in nahezu allen Baublöcken zur Wärmeversorgung eingesetzt wird. Im Gegensatz dazu ist die Nutzung von Heizöl stark rückläufig, der Zubau neuer Heizöl-Anlagen ist fast zum Stillstand gekommen ist. Mit dem Auslaufen der älteren Heizöl-Anlagen wird die Bedeutung dieses Energieträgers für die lokale Wärmeversorgung weiter abnehmen.

Ein bemerkenswerter Trend ist die steigende Bedeutung der Biomasse-Anlagen, die kontinuierlich zunehmen, insbesondere in Form von Einzelraumheizungen wie Kaminen. Diese Anlagen tragen zwar zur lokalen Wärmeversorgung bei, können jedoch in ihrer Wärmemenge nicht mit den Erdgas-Zentralheizungen konkurrieren. Die Analyse zeigt auch, dass in Gebieten ohne unmittelbare Anbindung an das Erdgasnetz häufig alternative Energieträger wie Heizöl, Biomasse und Umweltwärme zur Anwendung kommen. Im Gewerbegebiet Wachau wird die Wärmeversorgung zusätzlich durch Fernwärme unterstützt, während andere erneuerbare Energieträger wie Solarthermie in der Gemeinde keine nennenswerte Rolle spielen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Wärmeversorgung in Marktleeburg stark von fossilen Energieträgern, insbesondere Erdgas, geprägt ist, während der Übergang zu erneuerbaren Energien, in den letzten Jahren durch den Zubau von Wärmepumpen und Biomasseöfen an Bedeutung gewonnen hat.



## 3 Potenzialanalyse zur Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen und lokalen Potenzialen erneuerbarer Energien

---

### 3.1 Lokale Potenziale erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme

#### 3.1.1 Flächenscreening

##### Zielstellung

Die Verfügbarkeit geeigneter Flächen spielt bei der Entwicklung von Infrastruktur eine entscheidende Rolle. Speziell die Transformation eines gesamten Versorgungsbereiches, wie in diesem Fall die Wärmeversorgung, ist auf eine Flächenverfügbarkeit angewiesen, um konkrete Projektvorhaben in die Tat umsetzen zu können. Dies ist hierbei für die unterschiedlichsten Anwendungsfälle nötig. So sind Standorte für Erzeugungsanlagen, wie beispielsweise Großwärmepumpen, genauso von Nöten wie Standorte für großflächigere Anlagen, wie bspw. ein Solarthermie-Kollektorfeld. Ohne ausreichend große und geeignete Flächen kann die Installation dieser Anlagen nicht realisiert werden. Zudem ist die Nutzung von Flächen oft mit wirtschaftlichen Interessen verbunden. Akteure, die in die Energieinfrastruktur investieren, benötigen eine klare Perspektive auf die Rentabilität ihrer Projekte, die stark von der Verfügbarkeit und den Kosten der Flächen abhängt.

Um diesbezüglich einen ersten Fokus zu setzen, führen wir im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ein Flächenscreening durch, das jene Flächen in den Fokus nimmt, deren Raumwiderstand möglichst gering ist. Raumwiderstand meint hierbei Widerstände oder Hindernisse, die die Nutzung oder Entwicklung eines bestimmten Raumes oder Gebietes negativ beeinflussen können. Diese Widerstände können physische, rechtliche oder soziale Barrieren umfassen, die die Planung und Umsetzung von Projekten erschweren. Dazu zählen beispielsweise bestehende Bebauungen, Naturschutzgebiete, rechtliche Vorschriften oder auch die Akzeptanz der Bevölkerung. Auch die Eigentumsverhältnisse spielen eine zentrale Rolle, wobei dieser Faktor im Rahmen der hier vorliegenden Analyse keine Berücksichtigung findet, da diesbezügliche Gespräche erst Sinn ergeben, wenn es um konkrete Projektvorhaben geht. Die kommunale Wärmeplanung als Strategieplanung kann solche Prozesse nicht abbilden.

##### Methodik

Datenbasis der Betrachtung ist die gesamte Fläche des Gemeindegebietes der Stadt Markkleeberg, nach den offiziellen Verwaltungsgrenzen, bezogen vom Landesamt für Geobasisinformation Sachsen. [58] Von dieser Fläche werden Ausschlussflächen abgezogen, um eine Gebietskulisse zu erhalten, deren

Raumwiderstand minimal ist. Tabelle 3 zeigt die definierten Ausschlussflächen und deren Herkunft.

Tabelle 3 Definierte Ausschlussflächen und deren Herkunft

Ausschlussflächen	Herkunft
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle Vorranggebiete</li> </ul>	Regionalplan Leipzig-West Sachsen (genehmigt am 2. August 2021)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächennaturdenkmäler</li> <li>• Naturschutzgebiete</li> <li>• Landschaftsschutzgebiete</li> <li>• Biosphärenreservate</li> <li>• Nationalparks</li> <li>• Naturparks</li> </ul>	Schutzgebiete nach dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siedlung (außer AX_Halde)</li> <li>• Verkehr</li> <li>• Gewässer</li> <li>• Vegetation (außer AX_Landwirtschaft, AX_Heide, AX_UnlandVegetationsloseFlaeche)</li> </ul>	ALKIS-Bestandsdaten zur tatsächlichen Flächennutzung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Europäische Vogelschutzgebiete</li> <li>• FFH-Gebiete</li> </ul>	Natura 2000
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wald (CLC-Codes: 311, 312, 313)</li> </ul>	Corine Land Cover 2018
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Festgesetzte Überschwemmungsgebiete</li> <li>• Festgesetzte Überschwemmungsgefährdete Gebiete</li> </ul>	Sächsisches Wassergesetz (SächsWG) § 72-75

Das so erzielte Ergebnis wird anschließend gemeinsam mit Vertretern der Stadtverwaltung, deren Zuständigkeitsbereich die Stadtplanung ist, qualitativ geprüft, um auszuschließen, dass die ermittelte Flächenkulisse Bereiche enthält, die für eine anderweitige Entwicklung vorgesehen sind, oder auf denen bereits Bauvorhaben angedacht sind.

Abbildung 28 zeigt, die auf diese Weise ermittelten Potenzialflächenanteile des gesamten Stadtgebiets im 1000 m x 1000 m Raster. Dabei ist festzuhalten, dass in den Gebieten mit hohen Wärmedichten kaum Potenzialflächen vorhanden sind. Im Bereich des Gewerbegebietes Wachau hingegen ist eine höhere Flächenverfügbarkeit gegeben.

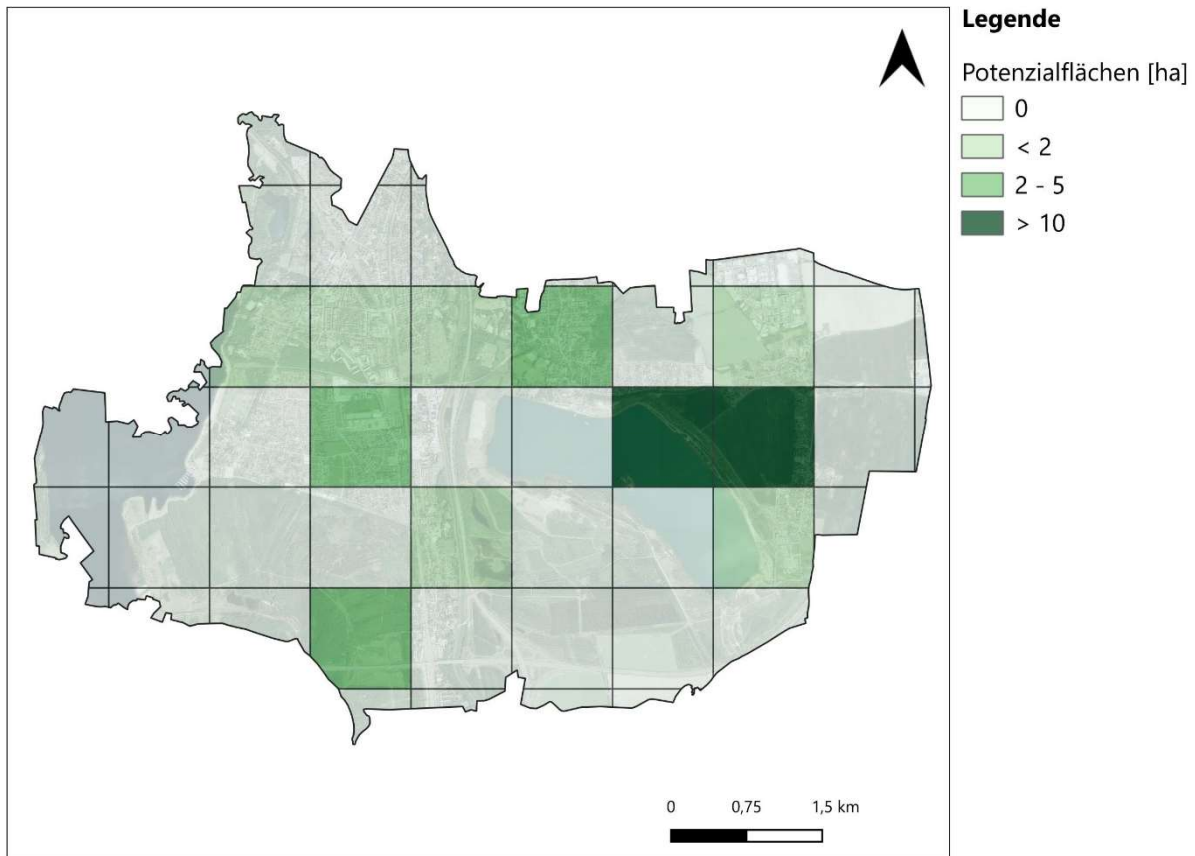


Abbildung 28 Ergebnis des Flächenscreenings (Quelle: eigen Darstellung, Hintergrundkarte [40])

## 3.1.2 Geothermie

### 3.1.2.1 Oberflächennahe Geothermie

#### Grundlagen

Die oberflächennahe Geothermie bezieht sich auf die Nutzung der Erdwärme bis zu einer Tiefe von etwa 400 m. Diese Technologie nutzt die in der Erdoberfläche gespeicherte Wärme, deren Temperatur ab einer Tiefe von ca. 15 m konstant ist und somit ganzjährig zur Verfügung steht. Es gibt verschiedene Systeme zur Erschließung dieser Wärmeenergie.

*Erdwärmesonden* sind vertikale Systeme, die in Bohrlöchern installiert werden. Sie bestehen aus einem geschlossenen Rohrsystem, in dem eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Diese Sonden benötigen weniger Fläche als die weiter unten beschriebenen Kollektoren, erfordern jedoch Zugang für Bohrgeräte und sind in der Regel kostenintensiver. Die Entzugsleistung variiert je nach Untergrund, bewegt sich aber um die 50 W/m.

*Erdwärmekollektoren* hingegen werden horizontal im frostfreien Bereich verlegt, typischerweise in einer Tiefe von 1,2 bis 1,5 m. Diese Systeme benötigen eine größere Fläche, die nicht überbaut werden darf, um eine Regeneration des Erdreichs

zu gewährleisten. Die Entzugsleistung variiert je nach Bodenbeschaffenheit und Klimazone und liegt zwischen 10 und 35 W/m<sup>2</sup>.

Eine weitere Möglichkeit der oberflächennahen Erdwärmennutzung besteht in der energetischen Nutzung von *Grundwasser*. Da es für diese Technologie einer Einzelfallprüfung bedarf, wird in der weiteren Wärmeplanung auf eine nähere Betrachtung verzichtet.

Der große Vorteil bei der Nutzung der im oberflächennahen Erdreich gespeicherten Wärme, liegt in der hohen Effizienz der Wärmepumpensysteme, die diese Form der Wärme nutzbar machen. Jene Effizienz, gemessen in der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe (JAZ), hängt direkt von der Konstanz, sowie dem Niveau der Quelltemperatur ab. Somit schneidet eine Erdwärmepumpe in puncto Effizienz im Vergleich zum Quellmedium Luft in den überwiegenden Fällen wesentlich besser ab. Dem gegenüber stehen die initialen Investitionskosten für die Installation von Erdwärmesonden oder -kollektoren. Diese sind höher als beim Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen, was in erster Linie auf die zusätzlich zu erbringenden Erdarbeiten zurückzuführen ist. Zudem sind die Genehmigungsverfahren komplexer und zeitaufwendig. Schließlich kann die Nutzung von oberflächennaher Geothermie in dicht besiedelten Gebieten eingeschränkt sein, da ausreichend Platz für die Installation der Systeme benötigt wird.

Die rechtlichen Grundlagen für die Errichtung und den Betrieb von Erdwärmesondenanlagen sind in Sachsen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG), dem Sächsischen Wassergesetz (SächsWG), dem Bundesberggesetz (BBergG) und dem Geologiedatengesetz (GeolDG) verankert. Vor dem Bau einer Erdwärmesondenanlage ist eine Anzeigepflicht bei der unteren Wasserbehörde erforderlich, da die Bohrungen das Grundwasser beeinflussen können. Zusätzlich kann der Bau und Betrieb einer Erdwärmesonde eine Gewässerbenutzung darstellen, die eine behördliche Erlaubnis erfordert. Für Bohrungen, die tiefer als 100 m sind, gilt eine bergrechtliche Anzeigepflicht gegenüber dem Sächsischen Oberbergamt (SOBA). Alle Bohrungen müssen zudem gemäß dem GeolDG angezeigt werden.

## Analyse und Methodik

Im Rahmen der hier vorliegenden Wärmeplanung soll das Potenzial für die oberflächennahe Geothermie näher betrachtet werden. Der Fokus liegt dabei auf einer dezentralen Versorgung per Erdwärmesonde. Der Vollständigkeit halber wird außerdem die dezentrale Versorgungsoption per Erdwärmekollektor betrachtet. Ziel der Analyse ist es darzustellen, welche Teilgebiete des Stadtgebiets für eine dezentrale Versorgung per oberflächennaher Geothermie ungeeignet sind. Dies kann als zusätzliches Argument für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung innerhalb dieser Gebiete herangezogen werden. Da die angestellten Berechnungen auf generalisierten Annahmen basieren, kann aus den Analyseergebnissen kein Rückschluss auf spezifische Fragestellungen zur Wärmeversorgung konkreter Gebäude erfolgen. Zur Ermittlung der Potenziale von Erdsondenfeldern, die im Rahmen einer zentralen Wärmenetzlösung zum Einsatz kommen können, dienen die Ergebnisse des Flächenscreenings (vgl. Kapitel 3.1.1). Auf eine Quantifizierung der entsprechenden Wärmeerzeugungsmengen wird verzichtet, da Erdsondenfelder stets einer ausführlichen Simulation und somit einer Einzelfallbetrachtung bedürfen.

Den hier dargestellten Potenzialmengen dienen die amtlichen Flurstücke als Grundlage. Die Betrachtung beschränkt sich dabei auf jene Flurstücke, die einen Wärmebedarf aufweisen, sowie eine ausreichend hohe Bebauungsdichte besitzen. Die Fläche jener Flurstücke wird insofern reduziert, als dass die Grundflächen der Gebäude, sowie die festgelegten Trinkwasserschutzgebiete (Zone I und II) abgezogen werden. Dies ist eine generelle Beschreibung der Methodik, da es im Gemeindegebiet Markkleeberg keine Trinkwasserschutzgebiete gibt entfällt der letzte Schritt. Für die *Erdwärmekollektoren* wird die Fläche dann um einen pauschalen Abschlagsfaktor reduziert, um anschließend anhand der technologischen Annahmen ein Wärmeerzeugungspotenzial zu berechnen. Für die *Erdwärmesonden* finden die Mindestabstände zur Grundstücksgrenze, zu den Gebäuden und zwischen den Bohrungen selbst Beachtung, indem jeder Bohrung ein definierter Flächenbedarf zugewiesen wird. Die maximale Bohrtiefe orientiert sich an der Grenze, ab der eine bergrechtliche Anzeigepflicht bestünde, um die Notwendigkeit eines zusätzlichen Genehmigungsverfahrens auszuschließen. Anhand der spezifischen Wärmeentzugsleistungen aus dem Geothermieatlas des sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [48], sowie der weiteren technologischen Annahmen, kann auf diese Weise ebenfalls ein Wärmeerzeugungspotenzial bestimmt werden. Alle spezifischen Annahmen und Rahmenbedingungen sind in Tabelle 4 zu finden.

Technologische Annahmen & Rahmenbedingungen	Wert
Mindestbebauungsdichte [%]	0,5
Spezifische Entzugsleistung [W/m <sup>2</sup> ] (Erdwärmekollektoren)	15 W/m <sup>2</sup>
JAZ [-] (Erdwärmekollektoren)	3,5
Flächenbedarf/Bohrung [m <sup>2</sup> ] (Erdwärmesonden)	79
Bohrlochtiefe [m] (Erdwärmesonden)	100
JAZ [-] (Erdwärmesonden)	4
Vollbenutzungsstunden [h/a]	2.400

**Tabelle 4** Technologische Annahmen und Rahmenbedingungen zur Potenzialermittlung der oberflächennahen Geothermie

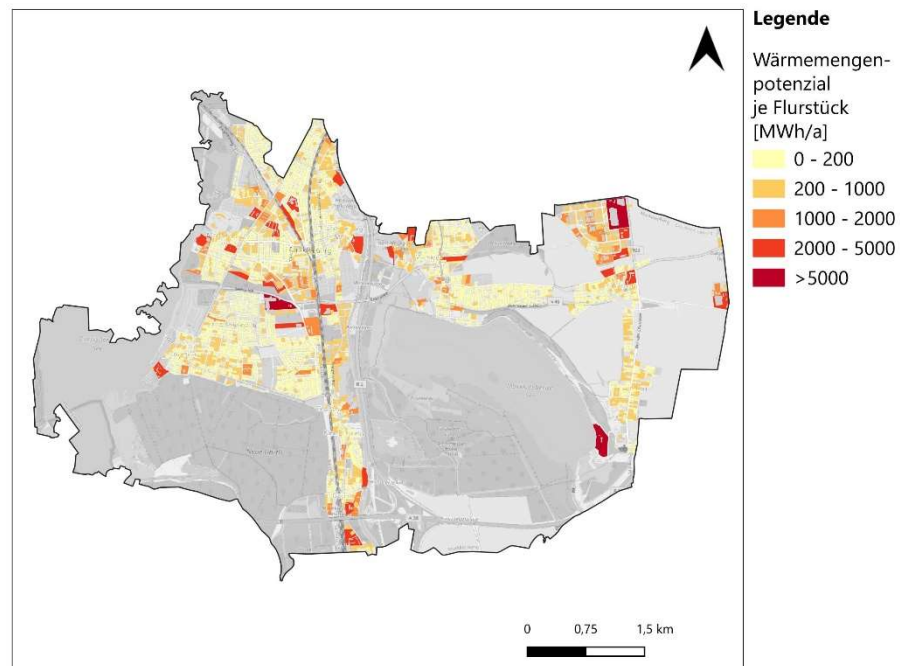
Grundsätzlich kann es auf Basis dieser Analyse zur Ausweisung von Flächen kommen, die sich in der Realität als ungeeignet herausstellen, da die Analyse auf

Datenbeständen basiert, die fehlerbehaftet sein können. Fehler in den zugrunde liegenden Daten oder Attribute, die durch die digitalen Daten nicht abgedeckt werden wie die Flächennutzung *Parkplatz* oder das Vorhandensein von Bäumen können zu Unstimmigkeiten führen. Es ist daher immer eine Einzelfallprüfung vorzunehmen, falls hier ausgewiesene Potenziale in konkrete Projektvorhaben münden. Darüber hinaus stellen die spezifischen Wärmeentzugsleistungen des Geothermieatlas Sachsen eine Grundlage für die Berechnung von dezentralen Versorgungsanlagen im niedrigen Leistungsbereich ( $\leq 30$  kW) dar. Entsprechend lassen sich die Potenziale nicht unmittelbar auf größere Projektvorhaben übertragen, da diese stets einer konkreten Untersuchung des Erdreichs bedürfen, die die Entzugsleistungen des Bodens ermittelt und die Beeinflussung der Sonden untereinander betrachtet.

## Ergebnisse

Die so ermittelten Wärmemengenpotenziale sind in Abbildung 29 für die Erdwärmesonden, sowie in Abbildung 31 für die Erdwärmekollektoren dargestellt.

Abbildung 29 Ermittelte Wärmemengenpotenziale für Erdwärmesonden je Flurstück (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])



Es ist gut zu erkennen, dass einige Flurstücke hierbei besonders geeignet zu sein scheinen, wobei eine Einzelfallprüfung unabdingbar ist, da lediglich die Versiegelung durch Gebäude, nicht aber die Beeinträchtigung durch anderweitige Versiegelung (wie z. B. Parkplätze) oder Pflanzenbestände berücksichtigt werden konnte. Diese Einschränkungen sollten insbesondere bei der Betrachtung von Flächen um Einkaufshäuser oder im Fall von Kleingartensiedlungen Beachtung finden. Zusätzlich stellen Abbildung 31, sowie Abbildung 32 dar, ob die berechneten Wärmemengenpotenziale ausreichen, um die auf dem Flurstück ermittelten Wärmebedarfe zu decken.

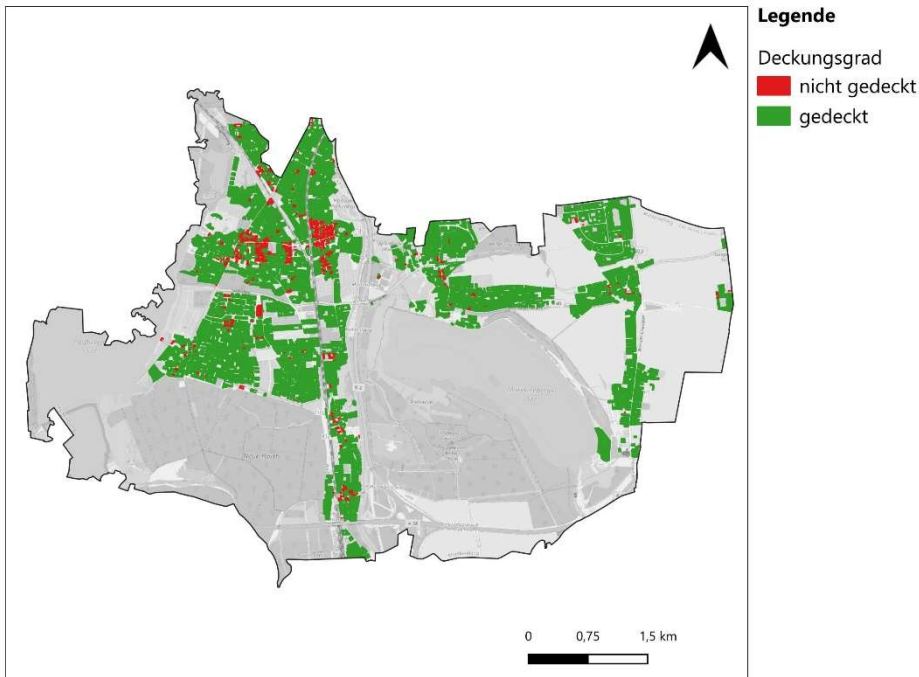


Abbildung 30 Ermittelte Deckungsgrade für Erdwärmesonden je Flurstück (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte [40])

Bis auf die Kernstadt kann ein Großteil der untersuchten Flurstücke mit einem ausreichenden Deckungsgrad ausgewiesen werden. In bebauten Gebieten hat hier die Verwendung von Erdwärmesonden auf Grund des geringen Platzbedarfs einen Vorteil gegenüber der Erdwärmekollektoren. Abbildung 32 zeigt den ermittelten Deckungsgrad für die Erdwärmekollektoren. Hierbei ist der wesentlich höhere Flächenbedarf der Erdwärmekollektoren gegenüber der Erdwärmesonden gut erkennbar. Denn, eine Deckung des Wärmebedarfs per Kollektor ist hier lediglich in den weniger dicht bebauten Randgebieten möglich.

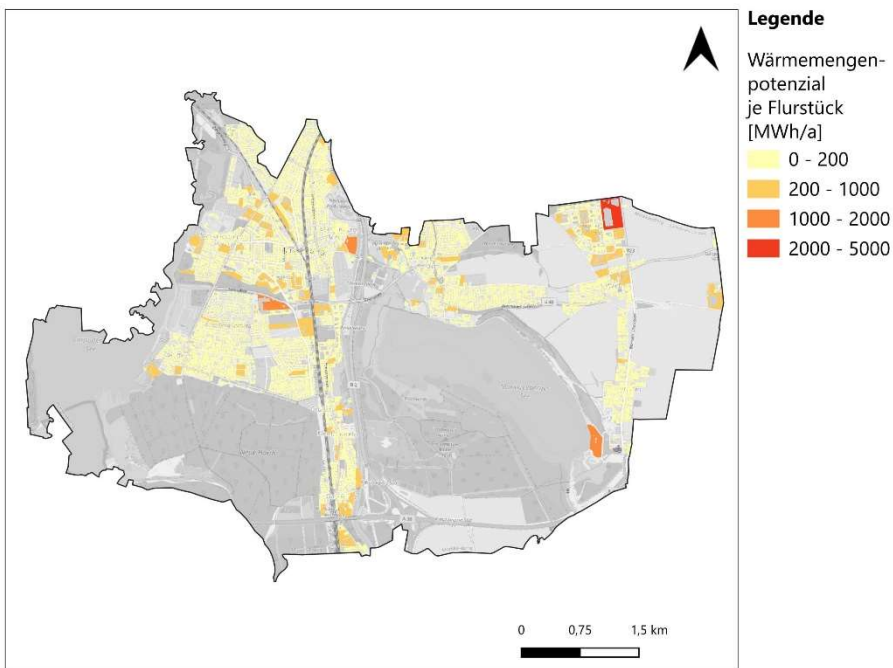
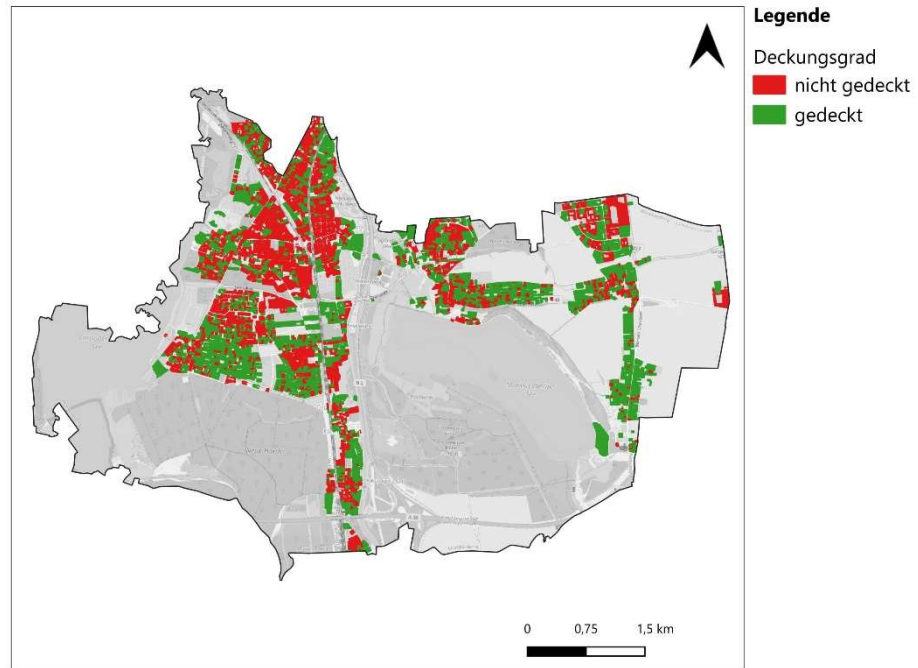


Abbildung 31 Ermittelte Wärmemengenpotenziale für Erdwärmekollektoren je Flurstück (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

Abbildung 32 Ermittelte Deckungsgrade für Erdwärmekollektoren je Flurstück (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])



### Gebiete mit unterirdischen Hohlräumen (§ 7 SächsHohlrVO)

Eine zusätzliche Einschränkung bei der Nutzung oberflächennaher Geothermie kann durch die Gebiete mit unterirdischen Hohlräumen gemäß § 7 der Sächsischen Hohlraum Verordnung gegeben sein. Dabei handelt es sich um Gebiete, in denen unterirdische Hohlräume nach § 2 Abs. 1 eben jener Verordnung bekannt sind. Die Bergbehörde stellt bei Vorliegen eines berechtigten Interesses, insbesondere bei geplanten Bauvorhaben, auf Antrag eine Mitteilung über mögliche Gefahren und Einschränkungen der Nachfolgenutzung aus. Abbildung 33 zeigt jene Gebiete innerhalb der Grenzen der Stadt Markkleeberg.



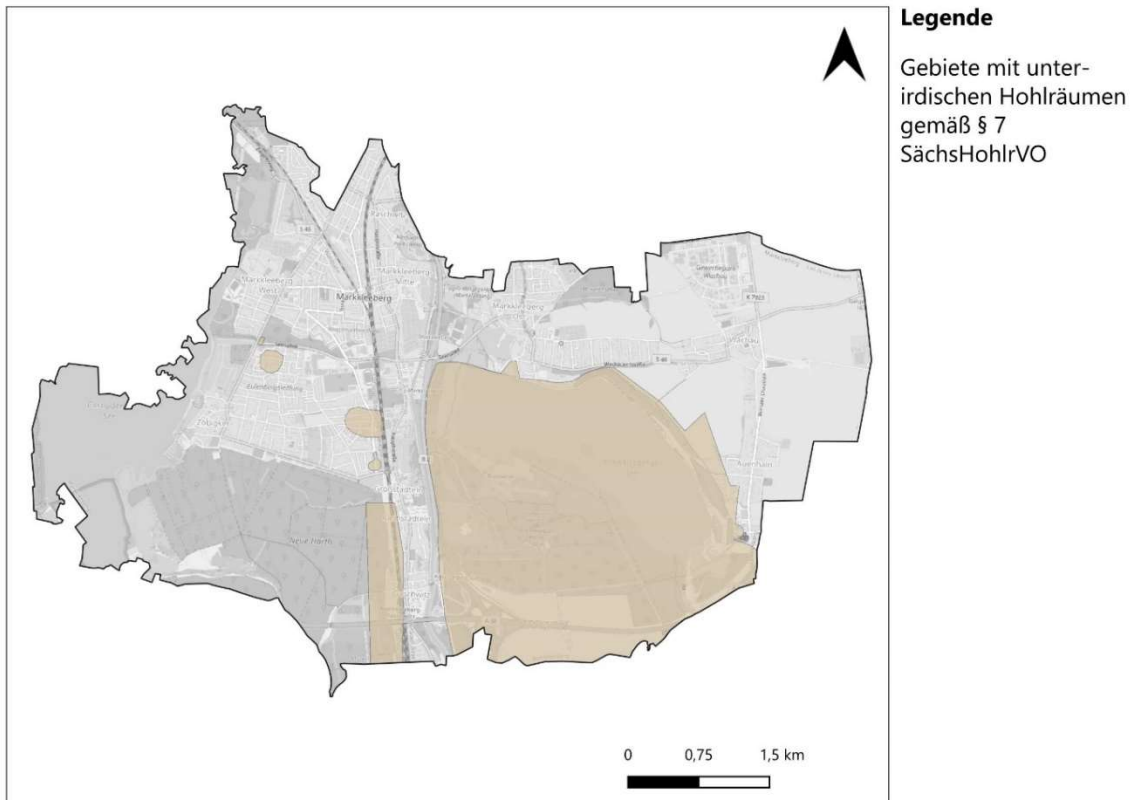


Abbildung 33 Gebiete mit unterirdischen Hohlräumen (Hohlraumkarte) (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [50])

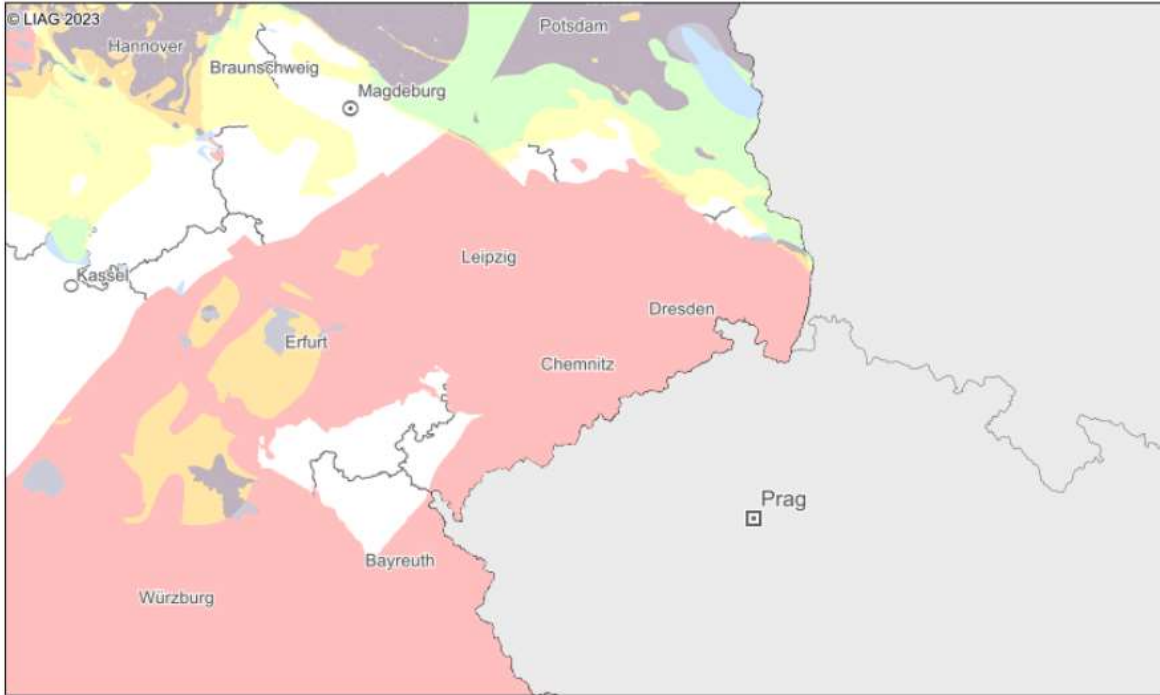
### 3.1.2.2 Tiefe und mitteltiefe Geothermie

Tiefengeothermie beschreibt die Nutzung der Wärmeenergie, die tief in der Erdkruste gespeichert ist und aus Reservoirs in Tiefen von über 400 m gewonnen wird. Diese Energieform ermöglicht die Nutzung von Temperaturen im Bereich von 30 °C bis 170 °C, wobei die Leistung pro Bohrloch bei mindestens 0,2 MW liegt. Es wird in der Regel eine kombinierte Strom- und Wärmebereitstellung bei der Projektierung von Tiefengeothermieranlagen angestrebt.

Es gibt zwei Hauptarten der tiefen Geothermie: die hydrothermale und die petrothermale Geothermie. Die hydrothermale Geothermie nutzt Gebiete, in denen Thermalwasser zirkuliert. Ein funktionierendes hydrothermales System erfordert eine ergiebige wasserführende Gesteinsschicht. Diese Methode ist in Deutschland bereits etabliert, insbesondere im bayerischen Molassebecken, wo zahlreiche Projekte erfolgreich umgesetzt wurden.

Petrothermale Geothermie hingegen greift auf die im Tiefengestein gespeicherte Wärmeenergie zurück, oft durch geschlossene Systeme oder verbesserte geothermale Systeme, auch bekannt als Enhanced Geothermal Systems (EGS). Hierbei dienen Kristallin- und Sedimentgesteine mit hohen Temperaturen als Reservoir. Diese Methode ist komplexer und weniger erprobt als die vorgenannte, jedoch gibt es einige Pilotprojekte, wie das EU-Forschungsprojekt in Soultz-sous-Forêts und das Projekt in Geretsried [23], welches einen künstlichen hydrothermalen Kreislauf nutzt, um perspektivisch Wärme für ein Fernwärmenetz bereitzustellen.

Das Informationssystem GEOTIS [22] bietet die Möglichkeit, Daten zu den verschiedenen Potenzialbereichen der Geothermie zu visualisieren. Dazu gehört auch die Einschätzung des tiefeingeothermischen Potenzials in der Region. Sachsen ist dabei überwiegend geprägt von Gebieten petrothermischen Potenzials bzw. ist insbesondere in der Region Westsachsen nicht mit hydrothermischen Reservoirs zur rechnen (siehe Abbildung 34).



**Fachdaten**

**Geothermieatlas - Kompilation von Karten A-C**

- hydrothermisch
- vermutet hydrothermisch
- petrothermisch
- hydrothermisch und petrothermisch
- vermutet hydro. und petrothermisch
- hydrothermisch und vermutet hydro.
- hydro., verm. hydro. und petro.

Abbildung 34 Auszug aus Geothermisches Informationssystem für Deutschland (<https://www.geotis.de>) (Quelle: [49])

Der Einsatz petrothermischer Systeme ist mit deutlich größeren Realisierungsrisiken verbunden als die Nutzung vorhandener Thermalwasserreservoirs. Nach der Durchführung der Erkundungsbohrungen gilt die Exploration erst als erfolgreich, wenn zwischen den beiden Bohrungen eine hydraulische Verbindung erzeugt werden kann, also Wasser, nachdem es ins Gestein eingebracht wurde, erwärmt wieder gefördert werden kann.

Der mit der Erkundung verbundene Aufwand hinsichtlich Standortsuche für die Bohrungen und der damit verbundenen Kosten mindern das Potenzial für diese Wärmequelle in Markkleeberg deutlich.

## 3.1.3 Umweltwärme

### 3.1.3.1 Luft

Die Nutzung von Luft-Wärmepumpen stellt derzeit eine der flexibelsten dezentralen Versorgungsoptionen für Wohngebäude dar. Durch Wärmepumpen kann die Umgebungsluft fast überall, auch in städtischen Gebieten, als Umweltwärme genutzt werden. Bei dem Betrieb von Luft-Wärmepumpen kommt es allerdings zu Emissionen durch Lärm und es sollten Vorkehrungen zum Lärmschutz beachtet werden, insbesondere in dicht besiedelten Gebieten. Um die Nachbarschaft nicht mit dem Geräuschpegel der eigenen Wärmepumpe zu belasten, wird meist ein Abstand von mind. 3 m zum Nachbargrundstück empfohlen, in einigen Bundesländern gibt es hierzu verpflichtende Regelungen. In Sachsen wird lediglich eine Empfehlung ausgesprochen. In Städten wird oft die Platzproblematik angesprochen, für die es jedoch auch Lösungen wie Fassadenelemente oder Dachintegration gibt. Der Platzbedarf von Wärmepumpen ist in der Regel gering, und moderne Geräte sind leiser als ältere Modelle. Luft-Wärmepumpen finden zunehmend Anwendung in Neubauten und können auch in Bestandsgebäuden effizient eingesetzt werden, wobei die Effizienz bei hohen Vorlauftemperaturen abnimmt. Das technische Potenzial der Umgebungsluft ist nahezu unbegrenzt.

In der Potenzialanalyse dieser Wärmeplanung wurden Gebäude identifiziert, auf deren Grundstücken aufgrund von Mindestabständen (mind. 3 m zum Nachbargrundstück und max. 30 m zum zu versorgenden Gebäude) der Einsatz von Luft-Wärmepumpen kein Problem darstellt. Diese Untersuchung wurde auf Basis von digitalen ALKIS Flurstücks- und Gebäudedaten durchgeführt.

Außerdem wurde die potenzielle Anschlussleistung der Luft-Wärmepumpen pro Gebäude berechnet. Die Anschlussleistung ist die maximale elektrische Leistung, die die Wärmepumpe bei ihrer maximal möglichen Leistung aus dem Stromnetz zieht. Diese Leistung ist wichtig für die Dimensionierung der elektrischen Versorgung. Die Ergebnisse basieren dabei auf den ALKIS-Bestandsdaten [38], sowie der in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Wärmebedarfsanalyse und je nach Nutzungskategorie der Gebäude geschätzten Vollbenutzungsstunden. Die ermittelten Werte basieren auf Bedarfsdaten und statistischen Erfahrungswerten und bieten daher lediglich eine Orientierung. Bei der Umsetzung konkreter Vorhaben bedarf es stets einer Einzelfallprüfung. Abbildung 35 zeigt einen Ausschnitt der kartografischen Darstellung anhand des Gebäudebestands der Wohnungsbaugesellschaft Markkleeberg mbH mit den potenziellen Aufstellflächen sowie einer klassifizierten Einteilung der Anschlussleistungen.



Abbildung 35 Analyse der potenziellen Aufstellflächen für die Außeneinheiten von dezentralen Luft-WP (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

Über das gesamte Gemeindegebiet ergibt sich die in Abbildung 36 dargestellte Verteilung der Anschlussleistungen in kW. Den größten Teil machen die Leistungen von unter 6 kW bis 20 kW aus, welche mehrheitlich den Wohngebäuden zugeordnet werden können. Wohngebäude machen fast 50% des Gebäudestandes im Gemeindegebiet aus (vgl. Kapitel 2.1.1). Leistungsklassen 20 kW und bis über 100 kW zählen meist zu gewerblich oder industriell genutzten Objekten, wobei auch große Wohnkomplexe wie in Abbildung 35 dargestellt, diese Anforderungen haben können.

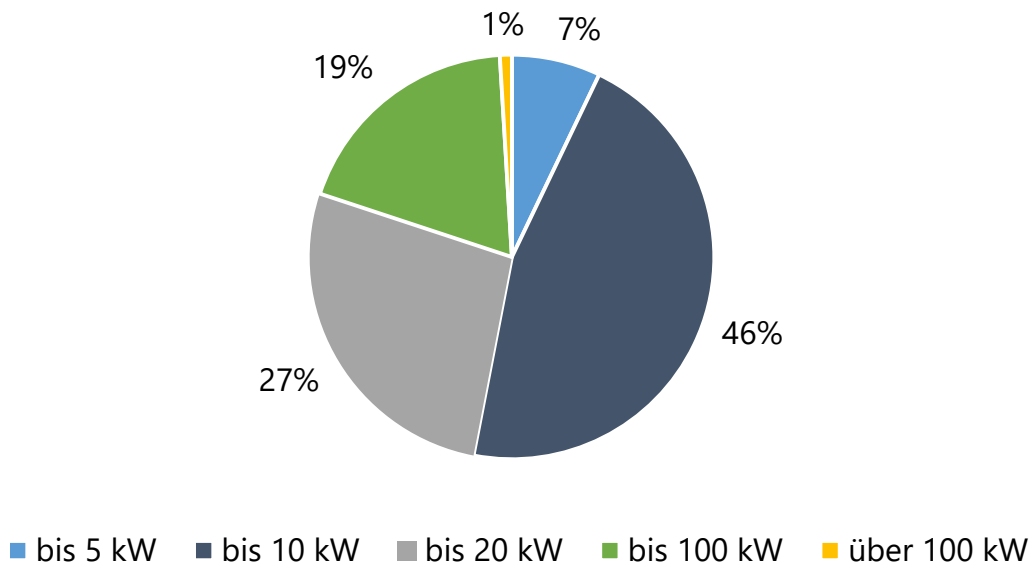


Abbildung 36 Verteilung der Anschlussleistung der Luft-Wärmepumpen in 5 Klassen (Quelle: eigene Darstellung)

Neben der dezentralen Nutzung zur Beheizung von Einzelgebäuden, können Luft-Wasserwärmepumpen auch für Wärmeerzeugung in Wärmenetzen genutzt werden. Vorteile liegen in der praktisch nicht vorhandenen Einschränkung der Nutzbarkeit der Wärmequelle Luft im Vergleich zu bspw. Geothermie und der vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Erzeugerarten. Weiterhin kann die Schallemissionsquelle durch die Zentralisierung möglichst weit weg von der zu versorgende Wohnbebauung realisiert werden. Wesentlicher Nachteil ist die im Vergleich zu anderen Umweltwärmequellen verringerte Effizienz, insbesondere in besonders kalten Wintern.

### 3.1.3.2 Oberflächengewässer

Die Potenzialanalyse von Oberflächengewässern nimmt die Nutzung der in Gewässern gespeicherten Wärmeenergie in den Fokus. Sie kann durch die Nutzung von Wasser-Wasser-Wärmepumpen erschlossen und nutzbar gemacht werden. Bei dieser Technologie wird Wasser aus dem Gewässer entnommen, als Quellmedium durch die Wärmepumpe geleitet und anschließend wieder in das Gewässer zurückgeführt. Eine weitere Möglichkeit ist die direkte Einbringung des Wärmeübertragers in das Gewässer. Mögliche Quellmedien sind stehende Gewässer wie Seen und Teiche sowie Fließgewässer. Gewässer weisen tendenziell eine konstantere Temperatur als das Quellmedium Luft auf, was für die Effizienz der Wärmepumpen von Vorteil ist (vgl. Kapitel 3.1.2.1). Um dies zu verdeutlichen, zeigt Abbildung 37 den Tagesmitteltemperaturverlauf der Messstation *Pegelhaus Böhlen* (Pleiße, Fluss-km 13) gegenüber dem Tagesmitteltemperaturverlauf der DWD-Wetterstation Leipzig-Holzhausen, jeweils aus dem Jahr 2014. Die Messstation *Pegelhaus Böhlen* ist seit 2015 nichtmehr in Betrieb. Für diesen Bericht wurden die gemessenen Werte von 2014 herangezogen, da diese die aktuellste und vollständigste Reihe darstellen. Dort ist sehr gut erkennbar, dass sich Temperaturextreme des Mediums Luft nicht direkt auf die Gewässertemperatur auswirken, was zur genannten höheren Konstanz führt.

Ein weiterer Vorteil ist die auf die Anlagengröße bezogene höhere potenzielle Wärmeentnahme, da Wasser eine wesentlich größere spezifische Wärmekapazität besitzt als Luft.

Je nach Erschließungsaufwand, können die Investitionskosten für die Flussthermie wiederum wesentlich geringer sein als sie es bei der Nutzung von oberflächennaher Erdwärme sind, da die teuren Erdarbeiten entfallen.

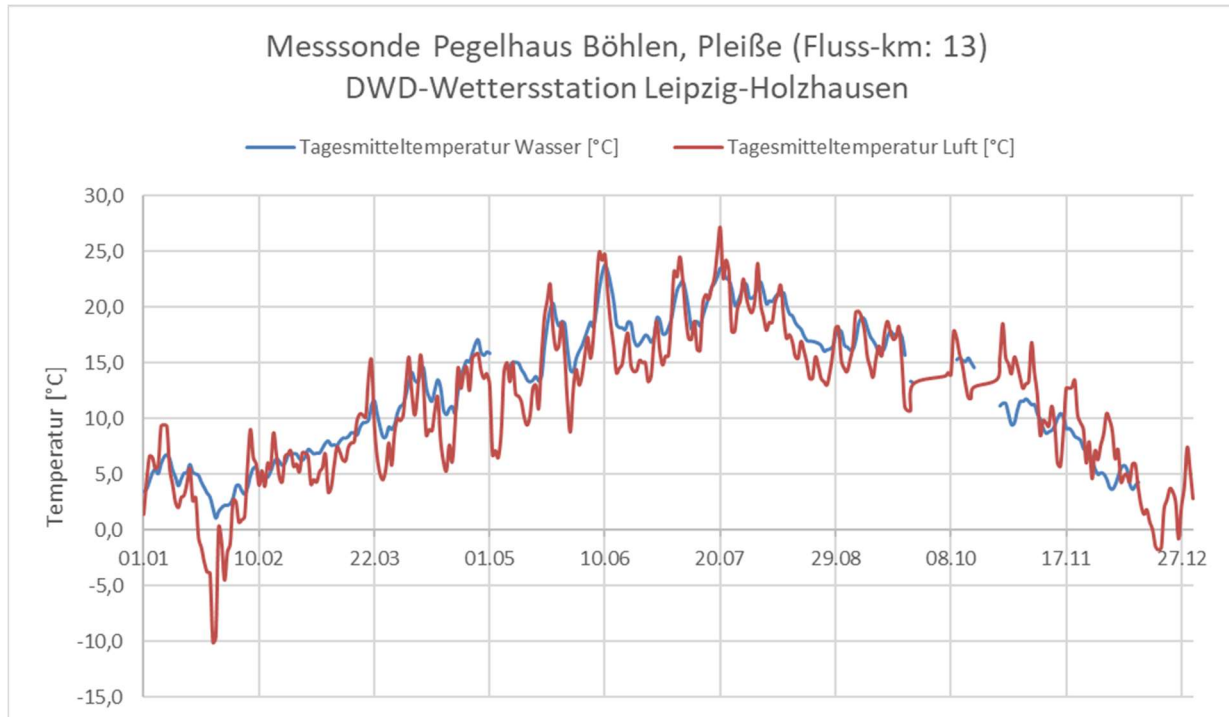


Abbildung 37 Tagesmitteltemperaturen Luft gegenüber Tagesmitteltemperaturen Wasser (Pleiße) Jahr: 2014 (Quelle: eigene Darstellung)

Zur finalen Standortbewertung bedarf es allerdings stets einer Einzelfallprüfung samt konkreter Untersuchung der Temperaturverläufe über das gesamte Jahr hinweg, um eine effiziente Nutzung zu prognostizieren. Auch die unter Umständen nicht ganzjährige Verfügbarkeit aufgrund von Frost oder Niedrigwasser stellen eine Herausforderung dar. Da es innerhalb der Bundesrepublik kaum Beispiele aus der Praxis gibt, sind bisher wenige Erfahrungswerte innerhalb der Behörden hinsichtlich des Genehmigungsverfahrens zur energetischen Nutzung von Oberflächengewässern vorhanden [25]. Es existieren lediglich vereinzelte Projekte zur Versorgung einzelner Gebäude (bspw. Neubauvorhaben Jugendherberge am Markkleeberger See) und Pilotanlagen an ehemaligen Kraftwerksstandorten mit bestehender Genehmigung zur energetischen Nutzung. Neue Vorhaben müssen entsprechend ggf. lange Genehmigungsprozesse durchlaufen. Damit werden häufig leichter zu erschließende Wärmequellen (bspw. Luft oder oberflächennahe Geothermie) bevorzugt.

## Ergebnisse

Das Stadtgebiet Markkleeberg wird von der Pleiße durchflossen. Die Pleiße ist auf Grund ihres mittleren Durchflusses potenziell für Flussthermie geeignet. Es wurden

in der Nähe der Seenallee und im Ortsteil Großstädteln zwei Potenzialflächen identifiziert, die zur genaueren Bewertung in Betracht kommen.

Die Genehmigungsfähigkeit für die Umsetzung von baulichen Maßnahmen ist im Wesentlichen abhängig von der aktuellen Fassung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und dem Sächsischen Wassergesetz (SächsWG). Des Weiteren ist die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) zu berücksichtigen.

Die beiden Potenzialflächen liegen außerhalb der Deichlinie und außerhalb des festgesetzten Überschwemmungsgebietes gemäß § 72 SächsWG und sind somit derzeit vor Überflutung geschützt. Gemäß der Kartenanwendung (iDA) des Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie liegen die Potenzialflächen aktuell auch außerhalb von überschwemmungsgefährdeten Gebieten gemäß § 75 SächsWG. Die Festsetzungen gemäß § 72 und § 75 SächsWG basieren jedoch auf den Hochwassergefahrenkarten und den darunter liegenden Modellergebnissen, die regelmäßig aktualisiert werden. Eine Änderung für die Potenzialflächen ist somit nicht nur möglich, sondern mit Blick auf die aktuell veröffentlichte Hochwassergefahrenkarte (LfULG/iDA) auch wahrscheinlich. Die beiden Potenzialflächen sind als Gefährdung bei HQ100 ausgewiesen (hochwassergeschützt).

Gemäß WHG § 78 Abs. 1 ist „In festgesetzten Überschwemmungsgebieten die Ausweisung neuer Baugebiete im Außenbereich in Bauleitplänen oder in sonstigen Satzungen nach dem Baugesetzbuch untersagt.“

Gemäß SächsWG § 75 Abs. 6 können in überschwemmungsgefährdeten Gebieten zum Schutz vor HQ100 neue Baugebiete nur zur Abrundung bestehender Baugebiete oder unter der Erfüllung der Voraussetzung des WHG § 78 Abs. 2 erstellt werden. Die Auslegung des Begriffs „neue Baugebiete“ wird in der Handlungsempfehlung zu Bautätigkeit in Überschwemmungsgebieten wie folgt erläutert: „Mit dem in § 78 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 WHG verwendeten Begriff „neue Baugebiete“ sind alle planungsrechtlichen Festsetzungen gemeint, mit denen erstmals eine zusammenhängende Bebauung ermöglicht werden soll. Die Vorschrift erfasst also die Baulandausweisungen auf Flächen im bisherigen planungsrechtlichen Außenbereich.“

Der ökologische Zustand der Pleiße wird als „unbefriedigend“ gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) eingestuft, was ein Verschlechterungsverbot sowie ein Verbesserungsgebot zur Folge hat. Im Bereich des Naturschutzes sind keine ausgewiesenen Schutzgebiete oder Natura 2000 Gebiete in der Umgebung vorhanden.

Im Hinblick auf das Bau- und Planungsrecht ist ein Abgleich mit dem fortgeschriebenen Flächennutzungsplan und Landschaftsplan erforderlich, wobei auch der planungsrechtliche Außenbereich berücksichtigt werden muss. Wenn kein bestandskräftiger Bebauungsplan existiert, gilt nach § 35 Abs 1 Nr. 3 gilt "(1) Im Außenbereich ist ein Vorhaben nur zulässig, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen, die ausreichende Erschließung gesichert ist und wenn es 3. der öffentlichen Versorgung mit Elektrizität, Gas, Telekommunikationsdienstleistungen, Wärme und Wasser, der Abwasserwirtschaft oder einem ortsgebundenen gewerblichen Betrieb dient". Der § 35 BauGB gilt hier als Planersatzregelung. Heißt wenn kein B-Plan vorliegt im Außenbereich, dann regelt der § 35 dass u. a. Vorhaben "die der öffentlichen Versorgung mit Elektrizität, Gas,

Telekommunikationsdienstleistungen, Wärme und Wasser, der Abwasserwirtschaft" usw. dienen als privilegiert gelten und auch ohne B-Plan zulässig sind.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass beide Potenzialflächen nach erster Prüfung vorerst nicht ausgeschlossen werden können. Allerdings könnten bei der Bearbeitung einige Hürden auftreten. Daher sind folgende Aspekte für die weitere Betrachtung und die Prüfung der Genehmigungsfähigkeit besonders zu berücksichtigen:

- Überschlägige Berechnung der Wärmeleistung und der Wirtschaftlichkeit einer Anlage
- Prüfung der Genehmigungsfähigkeit und erste Gespräche mit den genehmigenden Behörden
- Ausweisung neuer Baugebiete in festgesetzten Überschwemmungsgebieten oder überschwemmungsgefährdeten Gebieten (Bei Änderung der Flächenausweisung durch das LfULG)
- Genehmigung zur Aus- und Einleitung von Flusswasser
- Änderung der Wassertemperatur und dessen Auswirkungen auf das Ökosystem Fluss
- Verbau am Ufer und Eingriff in die Fließgewässerdynamik
- Auswirkung des Neubaus auf die Fläche und das Umland
- Hochwasserschutz der Anlage

Bezüglich Seethermie lässt sich feststellen, dass mit den beiden Tagebaufolgeseen Cospudener See, sowie Markkleeberger See zwei Standgewässer im Stadtgebiet existieren, die für eine Seethermie-Nutzung in Betracht gezogen werden können. Die Studie *Innovative Wärmeversorgung aus Tagebaurestseen* der Metropolregion Mitteldeutschland befasst sich explizit mit der Nutzung thermischer Energie aus Tagebaurestseen am Beispiel des ganz in der Nähe befindlichen Zwenkauer Sees [25]. Deren Ergebnisse zeigen auf, dass eine Seethermie-Nutzung von Tagebaurestseen prinzipiell in Frage kommt. Auch dort wird allerdings darauf verwiesen, dass nur eine Machbarkeitsstudie erarbeiten kann, ob eine konkrete Nutzung umsetzbar ist. Ein weiteres, im Untersuchungsgebiet liegendes, Standgewässer ist der Waldsee Lauer, der mit einer maximalen Tiefe von fünf Metern als Potenzialgewässer allerdings ausgeschlossen werden kann. Dies ist zurückzuführen auf die oben genannte Studie zur Seethermie, in der es explizit heißt, dass die Entnahme und Einleitung ufernah erfolgen sollte, um kurze Leitungslängen zu gewährleisten. Gleichzeitig sollten Mindestabstände von 3 m unter der Oberfläche und 3 m über der Sohle des Sees eingehalten werden [25].

### 3.1.3.3 Abwasser

Die Nutzung von Umweltwärme aus Abwasser stellt eine weitere Möglichkeit dar, erneuerbare Energiequellen für die Wärmeversorgung einzusetzen. Diese Technologie nutzt die im Abwasser enthaltene Wärme, um sie mittels Wärmepumpen in nutzbare Heizenergie umzuwandeln. Der Einsatz von Abwasser als Wärmequelle bietet einige spezifische Vorteile und Herausforderungen, die in der Wärmewende für die Stadt Markkleeberg berücksichtigt werden müssen. Ein wesentlicher Vorteil der Abwasserwärmenutzung ist die ganzjährige Verfügbarkeit der Wärmequelle mit relativ konstanten Temperaturen. Dies ermöglicht eine stabile



Energiegewinnung, die weniger von saisonalen Schwankungen betroffen ist als andere erneuerbare Energiequellen. Zudem ist die Nutzung von Abwasserwärme besonders in sehr urbanen Gebieten attraktiv, wo höhere Abwassermengen im Netz erreicht werden.

Die Einschätzung der Potenziale erfordert detaillierte Daten über den Zustand und die Abflüsse der Abwasserleitungen. Je höher die mittlere abfließende Menge bei einer trockenen Witterung ist, desto mehr Entzugsleistung steht einer Wärmepumpe zur Verfügung. Die entscheidende Kennzahl dafür ist der Trockenwetterabfluss. Diese Informationen wurden für die Erstellung der Wärmeplanung durch die Leipziger Wasserwerke als Betreibergesellschaft der Abwassernetze des Zweckverbandes Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung Leipzig-Land (ZV WALL) bereitgestellt. Für die Bewertung der möglichen Wirtschaftlichkeit eines Projektes zur Nutzung von Abwärme aus Abwasserkanälen ist es wichtig, die Abflussmengen und die Temperatur des Abwassers genau zu kennen, um die potenzielle Wärmeentzugsleistung zu bestimmen. Die Größe eines Abwasserkanals wird durch den prognostizierten Durchfluss bestimmt. Damit sind Kanäle ab einem Durchmesser von DN 800 auch gemäß WPG in der Planung zu prüfen. Weiterhin senkt der Eintrag von Regenwasser die Temperaturen und damit die Entzugsleistung, was reine Schmutzwasserkanäle für die Einbringung von Wärmeübertragern interessanter macht. Druckabwasserkanäle ermöglichen weiterhin höhere Durchflüsse als Freispiegelkanäle. In Markkleeberg ist das Potenzial für die Nutzung von Abwasserwärme begrenzt, was einen flächendeckenden Einsatz dieser Technologie erschwert. Das Netz ist überwiegend als Mischwassersystem ausgelegt und die Auslegungswerte für die Trockenwetterabflüsse sind eher gering.



Abbildung 38 Trockenwetterabflüsse von Kanälen mit einer Nennweite von mind. DN800 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [54])

In Markkleeberg sind die höchsten Trockenwetterabflüsse im Zulauf des Klärwerks zu verzeichnen, wo eine Abkühlung des Abwassers nicht zulässig ist, um die biochemischen Prozesse in der Kläranlage nicht zu beeinträchtigen. Der Ablauf des Klärwerks könnte theoretisch als Wärmequelle genutzt werden, jedoch befinden sich Gebiete hoher Wärmedichte, bezogen auf das Gebiet von Markkleeberg, weit entfernt, was die Wirtschaftlichkeit durch hohe Anbindungskosten beeinträchtigt.

Insgesamt bietet die Nutzung von Umweltwärme aus Abwasser eine interessante Möglichkeit zur Ergänzung der Wärmeversorgung in Markkleeberg. Aufgrund der spezifischen Gegebenheiten, wie der Entfernung der Abnehmer und der Einschränkungen im Klärwerkszulauf, ist auch bei Einzelvorhaben eine sorgfältige Abwägung der Vor- und Nachteile erforderlich. Eine detaillierte Analyse der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit ist notwendig, um die Potenziale dieser Technologie optimal zu nutzen.

### 3.1.4 Solarthermie auf Freiflächen

Solarthermische Freiflächenanlagen stellen eine Technologie zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien dar, welche direkt die solare Wärme nutzt, um Wärmenetze zu versorgen. Im Vergleich zu Aufdachanlagen gibt es für solarthermische Freiflächenanlagen größere zusammenhängende Flächen, was die Effizienz erhöht. Dies liegt daran, dass sie auf größeren Flächen installiert werden können, was eine bessere Ausnutzung der Sonnenenergie ermöglicht. Zudem ist die Integration in bestehende oder geplante Wärmenetze einfacher zu realisieren. Die Integration dezentraler Solarthermieanlagen als Wärmeerzeuger in Fernwärmenetzen bildet bislang die Ausnahme.

Ein wesentlicher Vorteil der solarthermischen Freiflächenanlagen ist ihre Fähigkeit, in Außenbereichen von Großstädten, wie beispielsweise Leipzig-Lausen, realisiert zu werden. Diese Standorte bieten oft ausreichend Platz und sind dennoch nah genug an urbanen Wärmenetzen mit großer Ausdehnung, um eine effiziente Wärmeversorgung zu gewährleisten. Die Anlagen werden in der Regel mit Großwärmespeichern kombiniert, welche entweder am Standort selbst oder im Wärmenetz integriert sind. Diese Speicher sind entscheidend, um den zeitlichen Versatz zwischen Wärmeangebot und -nachfrage auszugleichen (vgl. [9], S. 71).

Bei der Planung von solarthermischen Freiflächenanlagen ist ein Flächenscreening unerlässlich. In der Stadt Markkleeberg wurde im Rahmen der Wärmeplanung ein solches Screening durchgeführt, um potenzielle Standorte für die Anlagen zu ermitteln (vgl. Abschnitt 3.1.1). Dabei wurden Flächen berücksichtigt, die nicht durch andere Nutzungen, wie beispielsweise Photovoltaik, eingeschränkt sind. Die Konkurrenz um Flächen zwischen solarthermischen Anlagen und Photovoltaik muss stets bedacht werden, um die optimale Nutzung der verfügbaren Flächen zu gewährleisten. Bei der Prüfung geeigneter Standorte treten diese beiden Technologien aufgrund der ähnlichen Anforderungen häufig in Konkurrenz.

Die Anforderungen an die Flächen für solarthermische Freiflächenanlagen sind spezifisch. Es müssen ausreichend große Flächen (mindestens 2.000 m<sup>2</sup>) in der Nähe eines bestehenden oder zukünftigen Wärmenetzes verfügbar sein. Zudem sollten die Flächen eine geeignete Ausrichtung und Neigung aufweisen, um die maximale Sonneneinstrahlung zu nutzen. In der Regel eignen sich

Konversionsflächen aus gewerblicher oder industrieller Nutzung sowie Flächen entlang großer Verkehrswege (vgl. [9], S. 67).

Flächensolarthermieranlagen spielen bspw. in der dänischen Wärmewende eine bedeutende Rolle. Dort wurde bereits eine Vielzahl von Anlagen gemeinsam mit saisonalen Speichern realisiert. Die Technologie ist aber auch Teil von regionalen Transformationsvorhaben. Im Rahmen der Umsetzung des Leipziger Fernwärmetransformationsplans wird die größte Solarthermieanlage Deutschlands im Stadtteil Leipzig-Lausen-Grünau auf einem 14 ha großen Feld errichtet. Die Anlage soll zwischen Ende 2025 und Anfang 2026 ans Netz gehen. Mit einer Bruttokollektorfläche von 65.000 m<sup>2</sup> soll ein Ertrag von 26.000 MWh/a erreicht werden. Bezogen auf den aktuellen Fernwärmeabsatz im Stadtgebiet von Leipzig wird ein Anteil von ca. 1,6 % erreicht und im Ausbaupfad 2038 ca. 1,0 %. In der Jahresbilanz fallen die Anteile gering aus, insbesondere in den Sommermonaten kann der solare Anteil jedoch bis zu 20 % betragen. [27][28]. Solarthermieanlagen bilden in aktuellen Wärmeversorgungskonzept einen Baustein mit eher untergeordneten Anteilen im Wärmemix. Im Rahmen des Flächenscreenings und der Betrachtung möglicher Wärmenetzgebiete wurde eine Berechnung möglicher Solardeckungsgrade für ein Fokusgebiet (vgl. Abschnitt 4.2.3) in Markkleeberg mit dem Tool ScenoCalc Fernwärme durchgeführt [35]. Die Fläche befindet sich in der Nähe eines möglichen Netzes und hat eine Ausdehnung von insgesamt 18.000 m<sup>2</sup>. Im Ergebnis der Berechnung zeigt sich, dass mit einer Brutto-Kollektorfläche von ca. 7.800 m<sup>2</sup> für ein Netz mit einem Wärmebedarf von ca. 10.600 MWh/a ein solarer Deckungsanteil von 26 % erreicht wird (s. Abbildung 39).

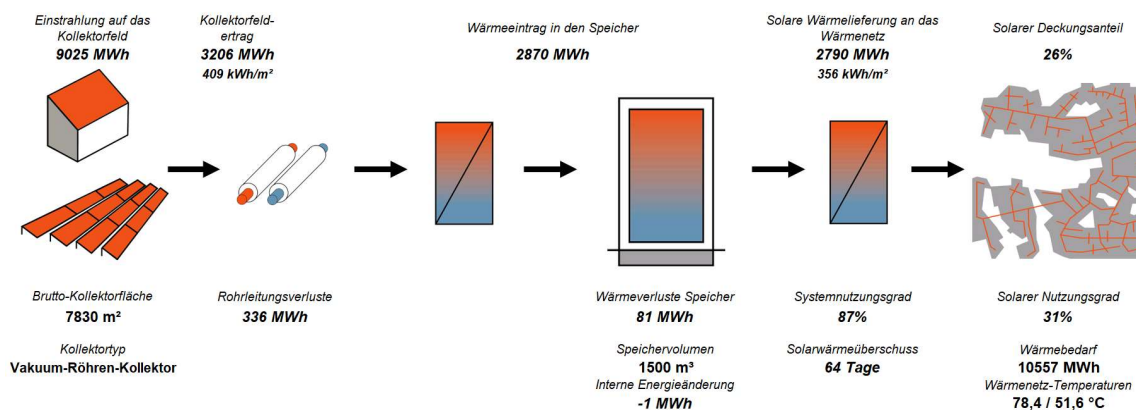


Abbildung 39 Simulationsergebnisse Solarthermieanlage Markkleeberg Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz (Quelle: eigene Darstellung)

Aus der Berechnung geht ebenfalls hervor, dass der Nutzungsgrad der Solarenergie trotz Verluste durch die Verteilung und Speicherung mit 31 % deutlich größer ist als die Effizienz von Photovoltaikanlagen, welche die Einstrahlung in Elektroenergie umwandeln. Hier beträgt der Nutzungsgrad der Globalstrahlung zwischen 10 % bis 15 %.

## 3.1.5 Biomasse

### 3.1.5.1 Grundlagen

#### Allgemein

Energie aus Biomasse ist vielseitig und kann in Form von festen, flüssigen oder gasförmigen Energieträgern bereitgestellt werden. Sie findet Anwendung sowohl in der Wärme- und Stromerzeugung als auch als Kraftstoff. Somit gilt sie als die flexibelste unter den erneuerbaren Energiequellen und kann fossile Brennstoffe in zahlreichen Bereichen ersetzen. Zudem ist ihr Energieangebot unabhängig von den schwankenden Verfügbarkeiten der Wind- und Sonnenenergie im Tages- oder Jahresverlauf. [3]

Bioenergie ist die am häufigsten genutzte erneuerbare Energiequelle weltweit. Ihre Potenziale sind zwar erheblich, jedoch insgesamt begrenzt. Die Biomasse, die zur Erzeugung von Bioenergie in Form von Wärme, Strom und Kraftstoffen verwendet wird, stammt hauptsächlich von Forst- und landwirtschaftlich genutzten Flächen, sowie in geringem Maße aus aquatischen Systemen.

Ein wesentlicher Beitrag zur Bioenergie leistet die Verwendung von biogenen Nebenprodukten, Reststoffen und Abfällen. Gemäß dem Prinzip "Nahrung zuerst" sollten landwirtschaftliche Flächen vorrangig für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden. [19]

#### Quellen von Biomasse

Die verschiedenen Quellen von Biomasse spielen eine entscheidende Rolle in der nachhaltigen Energieerzeugung und umfassen eine Vielzahl von organischen Materialien, die aus unterschiedlichen Bereichen stammen:

- Energiepflanzen, z. B. Mais, Raps, Rüben, Getreide, Gräser oder Dauerkulturen wie die Durchwachsene Silphie, Wildpflanzenmischungen oder Agrarholz (schnell wachsende Baumarten)
- Energie aus Waldholz [19]
- Biogene Rest- und Abfallstoffe, z. B. Holz- und forstwirtschaftliche Reststoffe, Reststoffe aus der Landwirtschaft, Siedlungsabfälle, biogene Reststoffe aus der Industrie [18]

Die Bioenergie-Potenziale in Deutschland variieren je nach regionalen Gegebenheiten in ihrer Größe und werden unterschiedlich stark genutzt. Aufgrund ihrer Standortunabhängigkeit ist auch eine überregionale Nutzung möglich. [19]

#### Konfliktpotenzial und Hemmnisse

Unproblematisch ist die Nutzung von Biomasse als Energieträger jedoch nicht. Biomassenutzung ist insbesondere dann klimafreundlich, wenn der in der Biomasse gebundene Kohlenstoff über einen langen Zeitraum gebunden bleibt. Wo immer dies technisch und wirtschaftlich möglich ist, soll daher die stoffliche einer energetischen Nutzung vorgezogen werden. Insbesondere Anbaubiomasse und Waldholz stellen hochwertige Rohstoffe dar und sollten folglich prioritär

höherwertigen stofflichen Nutzungen zugeführt werden. Von besonderer Bedeutung auch die Konkurrenz um landwirtschaftliche Flächen und die Frage, ob jene zur Nahrungsmittelproduktion genutzt oder für den Anbau von Energiepflanzen genutzt werden.

Zudem unterliegt die zukünftige Verfügbarkeit von Biomasse einer Reihe von Faktoren, welche aus heutiger Sicht schwer bzw. nicht einschätzbar sind:

- Krisen (z. B: Klimaänderung, Witterungsextreme)
- Verschiedene Szenarien der Futter- und Nahrungsmittelnutzung,
- Entwicklung der Biodiversität,
- Bodenqualität und -verfügbarkeit.

Dennoch gelten die nachhaltige Erzeugung und Nutzung von Biomasse als ein wichtiger Beitrag für das Erreichen von Klimaschutzziele und zur Umsetzung Energiewende. [8]

### 3.1.5.2 Biomassepotenziale in Markkleeberg

#### Biogasanlage Am Wachauer Wäldchen

Die nachfolgenden Informationen stammen von der Website der WAT [36], [37] sowie aus Schriftverkehr und einem Gespräch mit dem Betreiber der Biogasanlage. Die maximale Leistung der BGA liegt bei 765 kW (elektrisch) bzw. etwa 900 kW (thermisch). Aufgrund der guten Lagerungsfähigkeit des eingesetzten Substrates sowie des Betriebes der Biogasanlage an 365 Tagen im Jahr, unterliegt die erreichbare Leistung keinen saisonalen Schwankungen. Durch die Verbrennung des Biogases in Blockheizkraftwerken (BHKW) wird Energie in Form von Strom und (Ab-)Wärme erzeugt. Die produzierte Abwärme wird teilweise durch die Betreiberin selbst genutzt und teilweise an Abnehmer in unmittelbarer Nähe weitergegeben (siehe auch Kap. 2.3.1).

Seitens der Betreiberin ist ein Ausbau der Biogasnutzung gewünscht. Eine Erweiterung der Biogasanlage ist bereits in Planung. Zum aktuellen Zeitpunkt ist die Schaffung des hierfür notwendigen Planungsrechts noch in Arbeit. Im Falle der Umsetzung des Ausbaus, sind die Versorgung des naheliegenden Gewerbegebietes mit Wärme sowie die Errichtung weiterer BHKW, z. B. am Markkleeberger See, denkbar.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Potenziale der Biogasanlage am Wachauer Wäldchen, selbst vor der geplanten Erweiterung, noch nicht ausgeschöpft sind. Insbesondere bei Realisierung der Umsetzungspläne zur Erweiterung der Biogasnutzung, sollten die hinzugewonnenen Kapazitäten bei der Versorgung mit Wärme mengenmäßig bestimmt und deren Anbindungsmöglichkeiten an zukünftige Abnehmer untersucht werden.

#### Müll und Reststoffe

Die Entsorgung relevanter Stoffe, wie Biomüll oder Grünschnitt in der Stadt Markkleeberg obliegt dem Landkreis Leipzig. Das zuständige Entsorgungsunternehmen teilte uns telefonisch mit, dass hierbei keine mengenmäßige Erfassung der

gesammelten biogenen Abfälle erfolgt. Die weitere Verwendung dieser findet außerhalb der Grenzen Markkleebergs statt und steht somit zur kommunalen Nutzung nicht zur Verfügung.

## Holzartige Biomasse

Nach Auskunft des zuständigen Ansprechpartners des Staatsbetriebes Sachsenforst für das betreffende Forstrevier in Markkleeberg sind die Potenziale einer energetischen Nutzung des aus dem Markkleeberger Waldes stammenden Holzes, welche über den privaten Bereich<sup>1</sup> hinaus gehen, unzureichend.

Ergänzend zu dieser Einschätzung teilte uns die EGW mit, dass es zwar in den Jahren 2020 bis 2022 Überlegungen zur Errichtung einer Anlage zur thermischen Verwertung von Holzhackschnitzeln gab, welche zur Wärmeversorgung Markkleebergs beitragen sollte, jedoch wurden diese wieder eingestellt. Ein Grund hierfür war, dass die hierfür benötigte Holzmenge von 5.669 Efm<sup>2</sup> für den Zeitraum 2022 bis 2031 nicht in nachhaltiger Form aus dem Markkleeberger Wald gewonnen werden kann. Auch Gespräche mit einem potenziellen Holzhackschnitzellieferanten blieben erfolglos.

### 3.1.6 Unvermeidbare Abwärme

Eine gesetzliche Grundlage für die Definition des Begriffs der unvermeidbaren Abwärme bildet das WPG. Nach §3 Abs. 1 Nr. 13 WPG bezeichnet unvermeidbare Abwärme die Wärme, die als unvermeidbares Nebenprodukt in einer Industrieanlage, einer Stromerzeugungsanlage oder im tertiären Sektor anfällt und ohne den Zugang zu einem Wärmenetz ungenutzt in die Luft oder in das Wasser abgeleitet werden würde. Abwärme wird als unvermeidbar eingestuft, wenn sie aus wirtschaftlichen, sicherheitstechnischen oder anderen Gründen im Produktionsprozess nicht genutzt werden kann und eine Reduzierung mit vertretbarem Aufwand nicht möglich ist. Zudem wird gemäß §3 Abs. 4 WPG Wärme, die aus der thermischen Abfallbehandlung stammt, als unvermeidbare Abwärme betrachtet, sofern sie unter Beachtung der Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes in der jeweils gültigen Fassung aus der energetischen Verwertung von Abfall gewonnen wird. Hierzu zählt auch die Wärme, die aus der thermischen Behandlung von Klärschlamm gemäß der Klärschlammverordnung in der jeweils geltenden Fassung resultiert.

Auch wenn aufgrund der unmittelbaren inhaltlichen Verknüpfung dieses Berichtes mit dem WPG die o. g. Begriffsdefinition zur Grundlage der Betrachtungen genutzt wird, sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass bestehende Abwärmedefinitionen in Gesetzen, Verordnungen und Programmen zum Teil widersprüchlich und nicht umfassend sein können. So hat der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW) in seinem sog. „Abwärmeleitfaden“ eine praxisnahe Definition vorgeschlagen, die hier ergänzend dargestellt wird, da sie einerseits die o. g.

---

<sup>1</sup> Die private thermische Verwertung von Holz, wie z. B. als Kaminholz, stellt in dieser Betrachtung keinen Untersuchungsgegenstand dar.

<sup>2</sup> Die Einheit Erntefestmeter beschreibt ein im Holzhandel übliches Holzmaß (Darstellung der verwertbaren Holzmenge ohne Rinde und Ernteverluste).

Definition aus dem WPG zusammenfasst und andererseits sich einen konkreteren Blick auf die Kategorien der Abwärme-Erzeuger zulässt [1]:

Der AGFW definiert Abwärme wie folgt: „[...] Wärme, die in einem Prozess entsteht, dessen Hauptziel die Erzeugung eines Produktes oder die Erbringung einer Dienstleistung (inkl. Abfallentsorgung) oder einer Energieumwandlung ist, und die dabei als ungenutztes Nebenprodukt an die Umwelt abgeführt werden müsste.“[1], S. 18

Zu den für die Wärmeplanung relevanten und möglichen Abwärmequellen zählen insbesondere:

- Produktion (z. B. Raffinerien, Stahlverarbeitung, chemische Industrie, Nahrungs- und Genussmittel),
- Dienstleistung (z. B. Rechenzentren, Wäschereien, Kühlhäuser, (Ab-) Wasserwirtschaft)
- Abfallentsorgung (z. B. thermische Abfallbehandlung, Schließung von innerbetrieblichen Stoffkreisläufen),
- Energieumwandlung (z. B. Kondensationskraftwerke, Abgaswärme aus Verbrennungsprozessen, Wasserstoffelektrolyse) [1], [9]

Die erzielbaren Abwärmemengen und -temperaturen sind branchenabhängig, wobei Letztere sich im Bereich zwischen 20 und über 600 °C bewegen können. Zudem sind große Schwankungen bei Menge und Temperatur möglich, da hier häufig Abhängigkeiten mit Produktionsmenge und -zeiten, Betriebszeiten etc. bestehen. [9]

Die Nutzung von Abwärme kann unterschiedlichen Zwecken zugeordnet werden:

- Anlagen- bzw. prozessinterne Nutzung: Die Abwärme wird den Prozessen bzw. den Anlagen, bei den sie entsteht, wieder zugeführt (Wärmerückgewinnung).
- betriebsinterne Nutzung: Die Abwärme wird innerhalb des Betriebs für andere Prozesse oder das Beheizen von Gebäuden genutzt.
- externe Nutzung: Die Nutzung der Abwärme erfolgt außerhalb des Betriebes am gleichen Standort oder über eine Einspeisung in ein Fernwärmenetz.

Ausgehend von den oben genannten Kategorien wurden im Stadtgebiet Markkleebergs Unternehmen recherchiert, deren Branchenzugehörigkeit den oben genannten Kategorien zuordenbar sind. Dabei wurde durch eine Kombination aus Internet-Recherche sowie die Sichtung von Luftbildern eine Einschätzung getroffen, ob es sich bei den Unternehmen um Kleinbetriebe handelt, da diese aufgrund der naturgemäß geringen Abwärmepotenziale bei der Betrachtung nicht im Fokus stehen.

Die recherchierten Unternehmen wurden mit der Stabstelle Wirtschaftsförderung der Stadt Markkleeberg abgestimmt. Dabei konnten auch Ansprechpartner innerhalb der Unternehmen ergänzt werden. Daraufhin wurden die sieben relevanten Unternehmen per E-Mail angeschrieben und um das zur Verfügung stellen von zur Einschätzung des Abwärmepotenzials relevanten Daten gebeten. Hierzu wurde ihnen eine Tabelle mit entsprechenden Fragestellungen zum Ausfüllen

mitgesandt. Zum Teil wurden Unternehmen zudem telefonisch kontaktiert. Auch in diesem Rahmen kam es zu Auskünften über die jeweilige Nutzung der Abwärme. Letztlich konnten so von 6 der 7 betreffenden Unternehmen Informationen eingeholt werden.

Nach Auswertung der Rückmeldungen<sup>3</sup> kann als Ergebnis zusammengefasst werden: Die Rückmeldungen durch die Unternehmen waren eher lückenhaft. Insbesondere technische Informationen wie z. B. Temperaturen oder Größenangaben zu Wärmeleitung blieben aus. Dementsprechend können lediglich allgemeine Aussagen getroffen werden. So gaben drei der sieben befragten Unternehmen ein Anfallen von Abwärme an. Zwei Unternehmen benannten die Prozesse, im Rahmen derer die Abwärme entsteht: Beide gaben hier Kühlungsprozesse an, eines zudem den Betrieb einer Kompressoranlage. Lediglich ein Unternehmen machte Angaben zu Betriebszeiten bzw. saisonalen Schwankungen des Anfallens der Wärme. Was die Verwendung der Abwärme betrifft, gaben vier Betriebe die Eigennutzung an. Dabei wurde von drei Unternehmen die Verwendung der Abwärme für die eigene Warmwasserbereitung genannt. Eines nutzt sie zudem zum Beheizen von Betriebsräumen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass keiner der befragten Betriebe über Abwärmepotenziale verfügen, welche über die Eigennutzung hinausgehen.

### 3.1.7 Grüner Wasserstoff und Biomethan

Die Potenzialanalyse für die Wärmeversorgung in der Stadt Markkleeberg zeigt, dass lokal erzeugter Wasserstoff bislang nicht verfügbar ist und der Bedarf als gering einzuschätzen ist. Zukünftig könnte Wasserstoff in der Wärmeversorgung zwar auf verschiedene Weise eingesetzt werden, wie zum Beispiel durch die Nutzung der Abwärme aus Elektrolyseuren, die erneuerbaren Strom in Wasserstoff umwandeln. Zudem kann Wasserstoff direkt in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) eingesetzt oder über Wasserstoffverteilnetze zu Endverbrauchern transportiert werden, wo er in dezentralen Anlagen verbrannt wird. Eine weitere Option ist die Umwandlung von Wasserstoff in Methan unter Verwendung von biogenem oder atmosphärischem Kohlendioxid.

Allerdings konnte in der Potenzialanalyse für Markkleeberg kein Unternehmen mit konkreten Projekten zur Wasserstoffherzeugung oder -nutzung identifiziert werden. Zudem zeigt die Energiebilanz und Bestandsanalyse kaum Industrieverbraucher oder Hochtemperaturanwendungen.

Weiterhin gibt es auf dem Gebiet der Kommune aktuell keine Produktion von Biomethan. Die Betreiber der Biogasanlage am Wachauer Wäldchen planen derzeit auch nicht, eine Methanisierung zu errichten.

---

<sup>3</sup>Auch wenn im Rahmen der Befragung und Rückmeldung eine Betreiberin einer Biogasanlage einschließlich BHKW betroffen war, sind die damit verbundenen Resultate nicht in den nachfolgenden Ausführungen enthalten. Die betreffenden Ergebnisse werden in den Kapiteln 2.3.1.4 und 3.1.5.2 dargestellt.



### 3.1.8 Großwärmespeicher

Die Aufgaben von Großwärmespeichern umfassen die Speicherung von Wärmeenergie, um die Versorgungssicherheit zu erhöhen und unerwünschte Lastspitzen im Tagesverlauf auszugleichen oder zu reduzieren. Sie ermöglichen die Nutzung lokal verfügbarer regenerativer Energiequellen, die starken Schwankungen unterliegen, und tragen zur effizienteren Nutzung von Energieressourcen bei. Großwärmespeicher sind entscheidend für die Integration erneuerbarer Energien und die Dekarbonisierung des Wärmesektors, insbesondere im Rahmen der kommunalen Wärmewende.

Die grobe Unterteilung von Großwärmespeichern je nach Einsatzgebiet erfolgt in [20]:

*Niedertemperatur-Speicher:* Diese werden in Niedertemperatur-Nahwärmenetzen eingesetzt, die Neubauten mit Flächenheizungen wie Fußbodenheizungen versorgen. Sie sind auch für die zentrale Trinkwarmwasserbereitung und Raumheizung über Fernwärmenetze geeignet, wobei eine Nachheizung zur Gewährleistung der erforderlichen Warmwassertemperatur notwendig ist.

*Hochtemperatur-Speicher:* Diese Speicher sind für die Wärmespeicherung auf Hochtemperatur-Niveau ausgelegt und werden in industriellen Prozessen eingesetzt, die hohe Vorlauftemperaturen benötigen. Sie sind besonders geeignet für energetisch wenig optimierte Bestandsgebäude und bieten ein großes Einsatzpotenzial in der Industrie, z. B. in der Metall-, Zement-, Glas- und Keramikbranche.

*Erdwärmesondenspeicher:* Diese nutzen das Erdreich oder Gestein als Speichermedium und sind häufig in Kombination mit solaren Wärmeversorgungen zur Gebäudeheizung und -kühlung im Einsatz. Sie sind besonders geeignet für Neubauten mit guter Wärmedämmung und Fußbodenheizung.

Zusätzlich erfolgt eine Unterteilung nach der Speicherdauer (vgl. [9], S. 71), [20]):

*Saisonale Speicher:* Diese sind für die langfristige Wärmespeicherung gedacht. Beispiele sind Erdbeckenspeicher und Aquifer-Speicher, die Wärme über längere Zeiträume, wie Jahreszeiten, speichern können.

*Mittel- bis kurzfristige Speicher:* Diese Speicher sind für mittelfristige Wärmespeicherung (wenige Wochen) und kurzfristige Wärmespeicherung (mehrere Stunden/Tage) ausgelegt. Ein Beispiel sind Behälterspeicher, die oft aus Stahlbeton bestehen und für kürzere Speicherzeiten geeignet sind.

#### Spezifische Bauphysikalische Anforderungen

Um die Eignung von Großwärmespeichern am jeweiligen Standort einschätzen zu können, ist die Betrachtung von mehreren Aspekten auch mit Blick auf die spezifischen bauphysikalischen Anforderungen wichtig. Diese Faktoren müssen bei der Planung und Umsetzung von Wärmespeichern sorgfältig berücksichtigt werden, um eine optimale Leistung und Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten.

Standortfaktoren für Wärmespeicher umfassen mehrere Aspekte wie:

- geologische und hydrogeologische Bedingungen
- Baukosten und Wirtschaftlichkeit

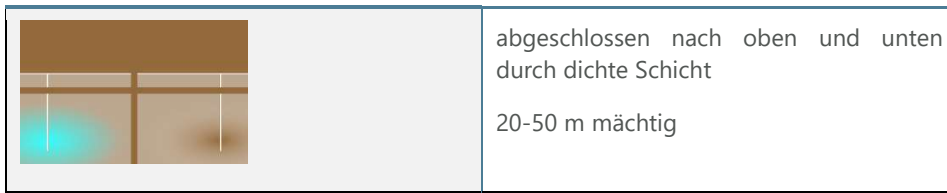
- thermische Leistungsfähigkeit
- Materialien und Konstruktion
- Umwelt- und Klimabedingungen

Mit Blick auf die Baugrundverhältnisse spielen Bodentyp, Bodenklasse, Schichtenabfolge, Lage und Neigung des Grundwasserspiegels, hydraulische Durchlässigkeit des Untergrunds, Strömungsgeschwindigkeit und -richtung des Grundwassers eine wichtige Rolle bei der Gründung bzw. dem Einbau in das Erdreich.

Bautechnische Anforderungen ergeben sich je nach Speichertyp und benötigten entsprechenden Baugrubenverbaumaßnahmen wie z. B. nat. Böschung, Trägerbohlenwand, Bodenvernagelung, Bohrpfahlwand, Schlitzwand und Spundwand.

Tabelle 5 spezifische Anforderungen nach Speichertyp [34]

Speichertyp	Anforderungen
<p><b>BEHÄLTER-WÄRMESPEICHER</b></p> 	<p>gutstehender Boden</p> <p>Bodenklasse II-III</p> <p>mindestens 2 m über Grundwasserhorizont; 5-15 m Tiefe</p> <p>bei ebenerdiger Anordnung keine Anforderungen an die Grundwassertiefe</p>
<p><b>ERDBECKEN-WÄRMESPEICHER</b></p> 	<p>gutstehender Boden</p> <p>Bodenklasse II-III</p> <p>mindestens 2 m über Grundwasserhorizont</p> <p>5-15 m Tiefe</p>
<p><b>ERDSONDEN-WÄRMESPEICHER</b></p> 	<p>gut bohrbarer Boden</p> <p>Bodenklasse I-III und entweder Grundwasser, geringe Durchlässigkeit (<math>k_f &lt; 10^{-10} \text{ m/s}</math>) und Fließgeschwindigkeit (<math>&lt; 1 \text{ m/a}</math>)</p> <p>oder KEIN Grundwasser, dann auch hohe Durchlässigkeit möglich; 30 - 100 m tief</p>
<p><b>AQUIFER-WÄRMESPEICHER</b></p>	<p>Aquifer mit hoher Porosität</p> <p>Grundwasser und hohe Durchlässigkeit (<math>k_f &gt; 10^{-4} \text{ m/s}</math>) notwendig</p> <p>geringe Fließgeschwindigkeit</p>



Zur Einschätzung der Umsetzung von Großwärmespeicher wurden spezifische Flächen in und um Markkleeberg betrachtet. Es wurden Flächen entlang der Pleiße und Stadtmitte überprüft. Die potenziellen Flächen sollten sich gut erschließen lassen und wirtschaftliche Möglichkeiten zur Versorgung potenzieller Verbraucher aufweisen.

In Bezug auf den vorhandenen Baugrund konnten die Flächen mittels Daten der Zentralen Aufschlussdatenbank Sachsen evaluiert werden. Hohe Grundwasserstände ergaben sich in Bereichen der Pleiße. Im Bereich der Stadtmitte wurde anhand der Bohrprofile kein Grundwasser angetroffen, jedoch liegt der Grundwasserstand bei 7,95 m unter Gelände. (GW-Messtelle 47400003 Markkleeberg, 01.12.24) Für Flächen mit fehlenden Aufschlussdaten wären die entsprechenden geologischen und hydrogeologischen Bedingungen zu erheben.

Standorte in Gefährdungsfleichen durch z. B. Hochwasserrisiko, unterirdische Hohlräume, Altlasten sind für bestimmte Speichertypen eher als ungünstig einzuschätzen.

Ist die Nutzung von solarthermischen Kollektorfeldern zur Beladung der Großwärmespeicher geplant, müsse die potenzielle Fläche eine entsprechende Größe zur Unterbringung der Absorberfläche aufweisen. Grundsätzlich sind Erdbecken-Wärmespeicher mit optimalen Oberflächen-Volumen-Verhältnissen (A/V) zur Reduzierung der Wärmeverluste und Speichervolumen ab 1000 m<sup>3</sup> mit moderaten Dämmstärken umsetzbar.

Insgesamt bestehen in Markkleeberg vor allem in der Stadtmitte Potenziale für die Umsetzung verschiedener Speicherkonzepte. Die konkrete Technologie wird im Zuge weiterer Projektierungsschritte identifiziert. Falls Platz kein Problem darstellt, können einfache Speicherkonzepte (z. B. Erdbeckenspeicher) deutlich geringere Kosten verursachen und als Speziallösungen auf engem Raum dienen.

## 3.2 Regionale Potenziale der Wärmewende

### 3.2.1 Grüner Wasserstoff

Die Bundesregierung hat die aktuelle Schwerpunktsetzung im Ausbau der Wasserstoffnutzung in der Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie gebündelt. Die Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung zielt darauf ab, den Markthochlauf von Wasserstoff zu beschleunigen und die Transformation Deutschlands zu einer klimaneutralen Volkswirtschaft bis 2045 zu unterstützen. Bis 2030 soll die heimische Elektrolysekapazität von 5 GW auf mindestens 10 GW erhöht werden, wobei ein Großteil des Wasserstoffbedarfs durch Importe gedeckt wird. Wasserstoff wird insbesondere im Industriesektor

und im Verkehr eingesetzt, während im Stromsektor Wasserstoff als systemdienlicher Stabilisator dient. Die Strategie verfolgt das Ziel, eine zuverlässige Versorgung mit grünem Wasserstoff, also mit erneuerbarem Strom hergestelltem Wasserstoff, zu erreichen, um die Klimaziele zu unterstützen und zur Dekarbonisierung der Industrie, des Verkehrs und der Energiewirtschaft beizutragen. Der Preis von Wasserstoff wird durch die Nachfrage beeinflusst, daher muss die staatliche Förderung auf Bereiche fokussieren, in denen der Wasserstoffeinsatz zwingend erforderlich ist. Die Preisentwicklung wird durch Förderprogramme wie Klimaschutzverträge unterstützt, die die Kostendifferenz zu konventionellen Technologien abdecken. Diese Fortschreibung ist ein integraler Bestandteil der deutschen Klimapolitik und zielt darauf ab, die Versorgungssicherheit und die technologische Führerschaft im Bereich Wasserstoff zu stärken. [6]

Die Importstrategie der Bundesregierung für Wasserstoff und Wasserstoffderivate zielt darauf ab, eine zuverlässige und nachhaltige Versorgung Deutschlands mit diesen Energieträgern sicherzustellen. Ein Großteil des deutschen Wasserstoffbedarfs wird jedoch mittel- und langfristig durch Importe gedeckt werden müssen, welche bis 2030 etwa 50 bis 70 % des Bedarfs abdecken könnten. Dieser Anteil wird nach 2030 weiter ansteigen. Die Strategie umfasst sowohl pipelinegebundene als auch schiffbasierte Transporte, wobei mittelfristig ein Großteil des Wasserstoffbedarfs durch Pipelines gedeckt werden soll. Schiffstransporte werden insbesondere für Wasserstoffderivate eine bedeutende Rolle spielen. Die Importstrategie bezieht kohlenstoffarmen Wasserstoff in die Bedarfsdeckung mit ein, um frühzeitig eine verlässliche Versorgung sicherzustellen. Auch werden die Preise für Wasserstoff und seine Derivate durch die Importstrategie beeinflusst, indem die Nutzung von Erdgasimportinfrastrukturen zu Kostenersparnissen führen kann. Die Bundesregierung setzt auf einen parallelen Aufbau von Importinfrastrukturen (bspw. Pipelines und über Schifffahrtswege), um die Wirtschaftlichkeit von Wasserstoffprojekten zu verbessern. Die Importstrategie soll zudem Investitionssicherheit für die Wasserstoffproduktion in Partnerländern schaffen und den Aufbau notwendiger Importinfrastrukturen fördern. Ziel ist es, einen stabilen länderübergreifenden Wasserstoffmarkt zu etablieren, der die Grundlage für die Umstellung auf klimaneutrale Verfahren in Industrie, Verkehr und Energiewirtschaft bildet. [6][7]

Wasserstoff könnte damit in der Wärmewende eine Rolle spielen. Jedoch wird die mögliche Nutzung von einigen unsicheren Faktoren begleitet. Zunächst ist die wirtschaftliche Perspektive von Wasserstoff im Wärmesektor mit erheblichen Risiken verbunden. Die Herstellungskosten von Wasserstoff sind hoch, und in der Phase des Markthochlaufs, die voraussichtlich bis in die 2040er-Jahre andauern wird, können die Preise aufgrund von Angebot und Nachfrage deutlich über den Herstellungskosten liegen. Dies macht eine wirtschaftliche Nutzung im Wärmesektor derzeit unwahrscheinlich. [9]

Ein weiterer entscheidender Aspekt ist die Notwendigkeit des Imports von Wasserstoff. Wie bereits oben dargestellt, ist angesichts des absehbar hohen Wasserstoffbedarfs in der Industrie und der begrenzten Verfügbarkeit erneuerbaren Stroms in Deutschland davon auszugehen, dass der Wasserstoffbedarf nur sehr begrenzt durch nationale Erzeugung gedeckt werden kann. Ein Großteil des Wasserstoffs muss importiert werden, was die Abhängigkeit von internationalen Märkten und die damit verbundenen Preisrisiken erhöht. [9]

In Bezug auf die Raumwärme ist es wahrscheinlich, dass Wasserstoff keine wesentliche Rolle spielen wird. Die Nutzung von Wasserstoff im Wärmesektor ist durch hohe Umwandlungsverluste und Kosten belastet, was seine Eignung nur auf bestimmte Anwendungsfälle beschränkt. Zudem sind hohe Sicherheitsstandards erforderlich, und es gibt aktuell kaum Betreiber, die bereit sind, diese Risiken einzugehen. Daher ist zu erwarten, dass andere Sektoren (bspw. Industrie) eher Wasserstoff wirtschaftlich einsetzen können.

Obwohl Markkleeberg in unmittelbarer Nähe zum Wasserstoffkernnetz liegt, was theoretisch die Versorgung mit Wasserstoff erleichtern könnte, bleiben die wirtschaftlichen und infrastrukturellen Herausforderungen bestehen. Die langfristige Entwicklung der Wasserstoffpreise und die Verfügbarkeit von Wasserstoff sind unsicher, was sich erschwerend auf die Planung und Umsetzung von Wasserstoffprojekten im Wärmesektor auswirkt. Daher werden in der ersten Wärmeplanung alternative erneuerbare Energiequellen und Technologien stärker in Betracht gezogen, die wirtschaftlich tragfähiger und weniger risikobehaftet sind.

### 3.2.2 Fernwärmeverbundnetz Leipzig

Das Leipziger Fernwärmesystem befindet sich derzeit in einem enormen technologischen Umbruch. Die beiden über Jahrzehnte wesentlichsten Wärmequellen, das Heizkraftwerk Nord und der Abwärmebezug aus dem Braunkohlekraftwerk Lippendorf werden durch einen Mix verschiedener Erzeugungstechnologien abgelöst. Das Zukunftskonzept der Leipziger Stadtwerke sieht eine Vielzahl von Bausteinen für die Versorgung im Jahr 2038 vor, welche bis dahin vollständig dekarbonisiert sein soll. [29]

Die einzelnen Komponenten (z. B. Heizkraftwerk Süd und Flächensolarthermieanlage Leipzig-Lausen) werden Stück für Stück implementiert, wodurch sich die Anlageneffizienz und der Anteil erneuerbarer Energien in den nächsten Jahren stetig erhöhen werden. Ein wesentlicher Baustein wird auch die Nutzung von industrieller Abwärme aus Leuna sein, welche über eine Trasse an die Stadt herangeführt wird. Die Planungen sind dafür im Zeitplan und Fördermittel sind für die Umsetzung kürzlich bewilligt worden. [53]

Die aus den gesetzlichen Vorgaben resultierende Zielvorgabe für den Primärenergiefaktor entspricht 0,0 im Jahr 2045, also 0% fossile Energien im Wärmemix. Die Stadtwerke formulieren auf Basis des Stadtratsbeschlusses zur treibhausgasneutralen Strom- und Wärmeversorgung in Leipzig das eigene Ziel, bereits 2038 0,0 zu erreichen. Bezüglich der Anteile erneuerbarer Energien geben die Stadtwerke an, die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen, d.h. 2030 über 30% und 2045 bei 100% EE-Anteil. Auch hier ist das vorfristige Erreichen des Ziels im Jahr 2038 gemäß Stadtratsbeschluss geplant.

Die Leipziger Stadtwerke haben einen Transformationsplan entwickelt, um die Wärmewende in Leipzig zu unterstützen und den gesetzlichen Pflichten nachzukommen. Dieser Plan ist Teil der kommunalen Wärmeplanung der Stadt und zielt darauf ab, die Fernwärme auszubauen und die Wärmeerzeugungsstrukturen auf erneuerbare Energien umzustellen. Der Transformationsplan erfüllt die Anforderungen des § 32 des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) und wurde im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gebilligt. Der kommunale Wärmeplan für die Stadt



Fernwärmetrasse von Lippendorf nach Leipzig (vgl. Kap. 2.3.1.3) lässt sich eine Vision einer möglichen Versorgung von Markkleeberg skizzieren. Die Potenziale für Markkleeberg liegen in der möglichen Transformation der zentralen Wärmeerzeugung unter Nutzung verschiedenster Projektansätze. Diese wurden bereits Ende 2023 in Form einer Vision zum Fachnetzwerktreffen der Energiemetropole vorgestellt (siehe Abbildung 41).

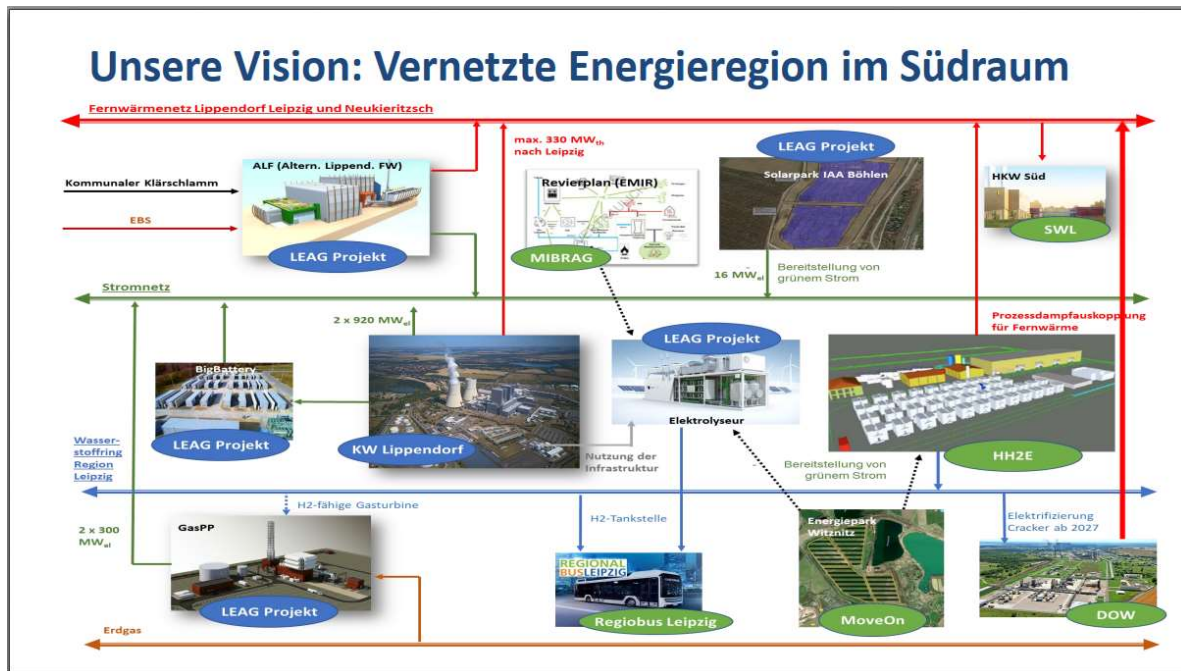


Abbildung 41 Vision der vernetzten Energieregion im Südraum (Quelle: [52])

Die bestehenden Wärmetrassen nach Leipzig und die Abzweigungen nach Böhlen und Neukieritzsch, die derzeit ausschließlich Abwärme aus dem Braunkohlekraftwerk transportieren, könnte durch die Vision der Kraftwerksbetreibergesellschaft LEAG zu einem Knotenpunkt für verschiedene regionale Projekte zur nachhaltigen Wärmeerzeugung werden.

Eine der Stärken dieser Vision ist die bereits vorhandene Infrastruktur in Form der Wärmetrasse. Diese bestehende Verbindung bietet eine solide Grundlage für die Integration neuer, nachhaltiger Wärmequellen. Zudem ist die Industrie in der Region ein wichtiger Interessenträger, der sowohl als Energieabnehmer als auch als potenzieller Partner für die Entwicklung neuer Projekte fungieren kann.

Der ursprüngliche Verwendungszweck der Wärmetrasse stellt jedoch eine Herausforderung dar, da sie zu 100 % auf fossile Energie angewiesen ist und für die weitere langjährige Nutzung ertüchtigt werden müsste. Mit einer Restlaufzeit des Kraftwerks von nur 11 Jahren und dem Wegfall der Stadt Leipzig als Großabnehmer am Ende dieser Trasse ist die langfristige Nutzung jedoch fraglich.

Die Ertüchtigung der Trasse und der Anschluss neuer Wärmequellen sind mit erheblichen Kosten verbunden. Zudem könnte der Bedarf an Wasserstoff, der für die Erzeugung von Abwärme aus Elektrolyseprozessen notwendig ist, zu gering sein, um eine wirtschaftliche Nutzung zu rechtfertigen. Der langfristige Planungshorizont für Großvorhaben stellt ein weiteres Risiko dar, da sich technologische,

wirtschaftliche und regulatorische Rahmenbedingungen in der Zwischenzeit ändern könnten.

Trotz dieser Herausforderungen bietet die Vernetzung regionaler Projekte Chancen. Durch das Prinzip der Sektorkopplung kann die lokale Wertschöpfung gesteigert und die Energieautarkie der Region gefördert werden. Um die Vernetzung zu erhöhen, lokale Potenziale zu identifizieren und vor allem erste Maßnahmen zu entwickeln, haben sich die Kommunen Böhlen, Groitzsch, Neukieritzsch, Zwenkau, Rötha und Regis-Breitingen für eine interkommunale Wärmeplanung zusammengeschlossen. Diese befindet sich zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts zum Wärmeplan für Markkleeberg in der Phase der Potenzialanalyse, mit Ergebnissen ist im Sommer 2025 zu rechnen. Ein Austausch mit angrenzenden Kommunen mit dem Ziel der Kooperation wird von allen Beteiligten gewünscht und ist auch Teil der Maßnahmenplanung für Markkleeberg.

Zum aktuellen Stand stellt die Option des Bezugs von erneuerbarer Wärme bzw. unvermeidbarer Abwärme aus dem Süden von Markkleeberg eine Projektvision mit langfristigem Umsetzungshorizont dar. Kurz- bis mittelfristige Vorhaben zur Nutzung in Markkleeberg sind unwahrscheinlich.

## 3.3 Energieeinsparung

### 3.3.1 Wohngebäude

Die Entwicklung des Wärmeverbrauchs der Wohngebäude ist in großem Maße abhängig von individuellen Entscheidungen zu Zeitpunkt und Ausmaß von Sanierungen. Somit kann sich der aktuelle Sanierungszustand der einzelnen Wohngebäude in Markkleeberg stark voneinander unterscheiden. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Wärmeplanung liegt keine flächendeckende Information über den Sanierungszustand der Wohngebäude vor. Da auch die realen Energieverbräuche nicht in gebäudescharfer Auflösung vorliegen, kann keine Annäherung an den Sanierungszustand über einen Vergleich von tatsächlichen zu theoretischen Wärmeverbräuchen stattfinden. Aus diesen Gründen basiert die folgende Betrachtung rein auf der gebäudescharfen Wärmebedarfsanalyse, deren Methodik bereits in Kapitel 2.2.1 aufgeführt ist.

In Fortführung dieser initialen Analyse wurden ergänzend ebenso gebäudescharfe Wärmebedarfe für zwei definierte Sanierungszustände berechnet. Deren Ergebnisse wurden in Verbindung mit dem initial berechneten Wärmebedarf gebracht, bei dem ein teilsanierter Sanierungszustand (als Mittelwert zwischen einem unsanierten und „konventionell“ sanierten Zustand) angenommen wurde. Anschließend wurde die Differenz zwischen saniertem Zustand und dem angenommenen Ist-Zustand gebildet und eine aggregierte Form je Baublock als Grundlage für die folgenden Darstellungen ermittelt. Die nachstehende Abbildung zeigt dabei zunächst das Sanierungspotenzial der Wohngebäude je Baublock, wenn von einer vollständigen „konventionellen“ Sanierung ausgegangen wird. In den Karten zur „konventionellen“ und „zukunftsweisenden“ Sanierung gilt zu beachten, dass Baublöcke mit einem Potenzial von <1 % mit „kein Potenzial“ ausgewiesen werden.





Abbildung 42 Sanierungspotenzial im Wärmebedarf der Wohngebäude je Baublock bei konventioneller Sanierung (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

Die Bezeichnung „konventionelle“ Sanierung entstammt dabei der, den angenommenen Wärmebedarfen zugrundeliegenden, TABULA Gebäudetypologie des Instituts für Umwelt und Wohnen (IWU) [10] und entspricht einer praktischen Umsetzung der Mindeststandards in Anlehnung der Energieeinsparverordnung aus dem Jahr 2014. Als ambitionierterer Sanierungszustand wird weiterhin eine „zukunftsweisende“ Sanierung beschrieben, die näherungsweise den Dämmstandards von Passivhäusern entspricht. Analog zur Abbildung 43 sind in Abbildung 44 die Sanierungspotenziale der Wohngebäude bei einer ambitionierten „zukunftsweisenden“ Sanierung dargestellt. Weitere Details zu den Annahmen hinter diesen beiden Sanierungszuständen, inklusive Bauteilscharfer Informationen, sind in der IWU-Gebäudetypologie zu finden.

Im Ergebnis zeigen beide Darstellungen, dass Sanierungspotenziale im Wohngebäudebestand Markkleebergs existieren, diese jedoch aufgrund verschiedener Baualtersklassen und Gebäudetypen lokal unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Bei der Annahme einer flächendeckenden „konventionellen“ Sanierung ergeben sich Sanierungspotenziale je Baublock von bis zu 25 %. Das Potenzial einiger Baublocke fällt deutlich geringer aus, da die vorliegende Bausubstanz, beispielsweise durch höhere energetische Anforderungen beim Bau jüngerer Gebäude, bereits zu großen Teilen dem Anforderungsprofil einer „konventionellen“ Sanierung nach IWU-Gebäudetypologie entsprechen. Bei einer „zukunftsweisenden“ Sanierung zeigen sich naturgemäß deutlich höhere Sanierungspotenziale, die zum Teil höher als 80 % ausfallen können, sich jedoch überwiegend im Bereich von 40 bis 80 % gegenüber dem angenommenen Ist-Zustand befinden. Es ist aber dabei zu

beachten, dass solch umfangreiche Sanierungen in der Regel nicht im bewohnten Zustand erfolgen können und im Anbetracht des kaum vorhandenen Wohnungsleerstandes insbesondere bei Mehrfamilienhäusern mit Mietwohnung praktisch kaum umsetzbar sind.

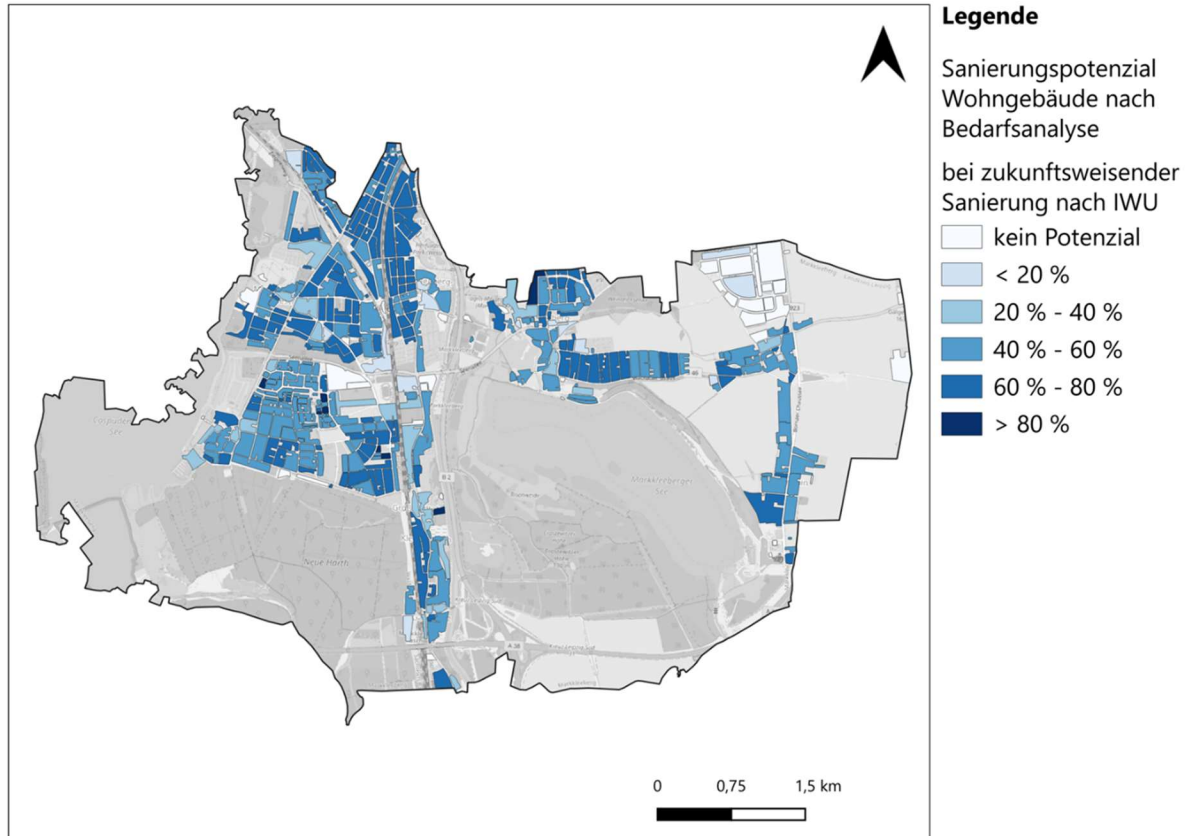


Abbildung 44 Sanierungspotenzial im Wärmebedarf der Wohngebäude je Baublock bei zukunftsweisender Sanierung (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

### 3.3.2 Kommunale Gebäude

Kommunale Nichtwohngebäude fungieren in der Regel als Ankerkunden für Wärmenetze, da die Wärmeabnahme in der Regel gesichert ist und die Verwaltung selbst hat hohes Interesse an einer nachhaltigen Wärmelösung. Die möglichen Einsparpotenziale resultieren wie bei Wohngebäuden aus der Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und der Anlagenoptimierung.

Die Stadtverwaltung Markkleeberg betreibt im Bereich Gebäudemanagement aktives Energiemanagement und ist stets bestrebt, Effizienzmaßnahmen im Rahmen der finanziellen Möglichkeiten im gesamten Bestand umzusetzen.

Durch die Teilnahme am European Energy Award wurde für die vorhandenen Gebäude eine laufende Bewertung der Energieeffizienz durch Benchmarkvergleiche durchgeführt. Hier wird der witterungsbereinigte flächenbezogene Verbrauch mit den Kennzahlen von Gebäuden gleicher Nutzung verglichen. Für das Jahr 2021 zeigte sich eine Gesamtzielerreichung von 64%. [15]. Bei einem Wert von 100 % haben alle Gebäude vergleichsweise geringe Verbräuche und vermutlich kaum Einsparpotenziale. Die Verwaltungsgebäude weisen mit 98% bereits eine sehr

hohe und die Schulen mit 100 % eine nahezu maximale Energieeffizienz auf. Für die Ankerkunden mit hohen Wärmeverbräuchen (z. B. Grundschule Mitte oder das Rathaus) lässt bereits daraus schließen, dass die Wärmebedarfsminderungspotenziale durch Sanierung in Markkleeberg gering ausfallen.

### 3.3.3 Prozesse in Industrie und Gewerbe

Seit Inkrafttreten des Energieeffizienzgesetzes (EnEfG) im November 2023 besteht die Pflicht für Unternehmen mit einem jährlichen durchschnittlichen Gesamtenergieverbrauch innerhalb der letzten drei Jahre von mehr als 7,5 GWh, ein Energie- oder Umweltmanagementsystem einzuführen. In diesem sind u. a. technisch realisierbare Endenergieeinsparmaßnahmen zu identifizieren und darzustellen (§ 8 Abs. 1 und Abs. 3 Nr. 3 EnEfG). Darüber hinaus setzt § 9 EnEfG die Pflicht für Unternehmen mit einem jährlichen Gesamtenergieverbrauch von 2,5 GWh in den letzten Jahren fest, konkrete und durchführbare Umsetzungspläne für alle als wirtschaftlich identifizierten Endenergieeinsparmaßnahmen zu erstellen und zu veröffentlichen.

Die Möglichkeiten zur Einsparung von Energie durch eine Reduktion des Wärmebedarfs in Prozessen hängen stark von der jeweiligen Anwendung ab, da es physikalische, chemische und biologische Mindestanforderungen geben kann, die nicht unterschritten werden dürfen. Daher sind die erreichbaren Einsparpotenziale teilweise begrenzt. Dennoch können je nach Prozessführung und spezifischer Situation Effizienzsteigerungsmaßnahmen realisiert werden. Dazu gehört unter anderem eine umfassende Dämmung von warmen und kalten medienführenden Leitungen sowie die gezielte Verwendung von Regeneratoren oder Rekuperatoren zur Wärmerückgewinnung in kontinuierlichen und diskontinuierlichen Prozessen. Neben der Effizienzsteigerung in Prozessen kann auch eine Substitution von Energieträgern stattfinden, insbesondere durch den Wechsel von Erdgas zu Strom und Wärme aus Wärmenetzen zur Deckung des Prozesswärmebedarfs. Aufgrund der großen Individualität zwischen und innerhalb der verschiedenen Industriesektoren lassen sich keine absoluten Potenziale zur Reduktion des Wärmebedarfs angeben. [9]

Es konnte in der Recherche zur Industrie bzw. zu möglichen Abwärmequellen nur eine äußerst geringe Anzahl energieintensiver Unternehmen in Markkleeberg identifizieren werden, die produzieren und damit Prozesswärme benötigen. Die Unternehmen, die sich auf unsere Abfragen zurückgemeldet haben, haben weiterhin angegeben, bereits durch bspw. Abwärmenutzung Effizienzmaßnahmen zu betreiben. Der Anteil der Prozesswärme und insbesondere das Effizienzpotenzial ist damit für die Gesamtstadt als gering einzuschätzen.

## 3.4 Zusammenfassung

Die Potenzialanalyse gliedert sich auf in lokal auf dem Gebiet von Markkleeberg nutzbare erneuerbare Wärmequellen, spezifische regionale Potenziale, sowie Potenziale zur Energieeinsparung. Erstere sind in Tabelle 6 übersichtlich zusammengefasst. Die Einschätzung der Wirtschaftlichkeit basiert auf dem aktuellen Stand

der Technik und Kosten sowie der Anwendung für die Bereitstellung von Raumwärme. Der Technologiebetrachtung ist eine Flächenbewertung vorangestellt worden, welche theoretisch nutzbare Flurstücke in der Nähe von Gebieten hoher Wärmebedarfe identifizieren konnte. Eine Abwägung zwischen der energetischen Verwendung, weiteren Nutzungsinteressen sowie dem Umwelt- und Naturschutz ist aber trotz der Beachtung von Ausschlusskriterien projektkonkret durchzuführen.

Tabelle 6 Lokale Potenziale erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme in Markkleeberg

Potenzialbereich		Versorgungssicherheit	Wirtschaftlichkeitseinschätzung für die Raumwärme	Potenzial in Markkleeberg
Geothermie	oberflächennahe Geothermie	hoch	hoch	hoch, jedoch Einzelfallprüfung erforderlich
	tiefe und mitteltiefe Geothermie	hoch	niedrig	eher ungeeignet
Umweltwärme	Luft	hoch	mittel	hoch
	Oberflächengewässer	mittel	mittel	mittel, Genehmigungsfähigkeit ist im Einzelfall zu klären
	Abwasser	mittel	niedrig	gering

Potenzialbereich		Versorgungssicherheit	Wirtschaftlichkeitseinschätzung für die Raumwärme	Potenzial in Markkleeberg
Solarthermie auf Freiflächen		mittel	mittel	Flächen in der Nähe von möglichen Wärmenetzen vorhanden
Biomasse	Reststoffe	hoch	mittel	gering
	Biogas	hoch	mittel	Erweiterung zur Potenzialausschöpfung erforderlich
unvermeidbare Abwärme		mittel	hoch	keine Abwärmepotenziale in der Kommune vorhanden
Lokal verfügbarer grüner Wasserstoff und Biomethan		gering	gering	keine Erzeugung vorhanden oder geplant

Bei den lokalen Potenzialen sind oberflächennahe Geothermie, Luft, Oberflächengewässer und Solarthermie als mögliche erneuerbare Wärmequellen aktuell zu priorisieren. In dem nachfolgenden Abschnitt zur Strategieentwicklung wird dies konkret für potenzielle Wärmenetze genauer erläutert.

Im Bereich der regionalen Potenziale liegt eine räumliche Nähe zum Wasserstoffkernnetz vor und die bestehende Gasnetzinfrastruktur ist prinzipiell dazu in der Lage, Wasserstoff zu verteilen. Aufgrund der deutlich überwiegenden Anwendung im Bereich der Raumwärme in Markkleeberg und der aktuell nicht absehbaren Verfügbarkeit für Sektoren außerhalb der Industrie und Energiewirtschaft wird die Nutzung von Wasserstoff in Markkleeberg als unwahrscheinlich eingeschätzt. Das Fernwärmeverbundnetz der Stadt Leipzig befindet sich im Prozess der Transformation und Erweiterung im eigenen Stadtgebiet. Das Potenzial einer flächendeckenden Mitversorgung von Markkleeberg ist aktuell als gering einzuschätzen. Die Kommunen im Südraum befinden sich zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes ebenfalls im Prozess der Wärmeplanung. Damit verbunden ist auch die Bewertung möglicher Potenziale aus erneuerbaren Energien und Abwärme. Aufgrund der vorhandenen Fernwärmetrasse ausgehend vom Kraftwerk Lippendorf nach Leipzig ist eine Transformation der gelieferten Wärme und Mitversorgung von Wärmenetzen in Markkleeberg denkbar. Die Optionen der

nachhaltigen Wärmeerzeugung befinden sich jedoch noch in der Phase der Ideenentwicklung. Im Rahmen der Verstetigung ist der interkommunale Austausch zu suchen, um die Chancen im Blick zu behalten.

Durch Energieeinsparung ist mit einem moderaten Rückgang der Wärmeverbräuche im Sektor private Haushalte zu rechnen. Gebiete mit besonders hohen energetischen Sanierungspotenzialen konnten nicht identifiziert werden. Der Rückgang wird daher eher durch die ohnehin vorhandenen Sanierungsaktivitäten im Bestand verursacht.

## 4 Strategieentwicklung und Maßnahmenkatalog

### 4.1 Entwicklung eines Zielszenarios

#### 4.1.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen und Annahmen

Der rechtliche Rahmen für die zukünftige Entwicklung der Wärmeversorgung in Markkleeberg wird durch eine Vielzahl an Gesetzen gespannt. Dabei wird nachstehend auf die folgenden eingegangen:

- Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) [4]
- Gebäudeenergiegesetz (GEG) [11]
- Wärmeplanungsgesetz (WPG) [12]

In allen drei Gesetzen verankert ist das primäre Ziel, eine Treibhausgasneutralität in Deutschland bis zum Jahr 2045 anzustreben. In den Kontext der Wärmeplanung überführt bedeutet dies, dass das **Nutzen fossiler Energieträger in Gebäuden bis spätestens 2045 beendet** sein muss.

Um dieses ambitionierte Ziel erreichen zu können, gelten ab dem 01. Januar 2024 **Vorgaben für Heizungsanlagen entsprechend des GEG**. Nach diesen dürfen in Deutschland nur noch solche Heizungsanlagen in Gebäuden und Gebäudenetzen installiert werden, die mindestens 65 % der Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme erzeugen, wobei hierbei eine Vielzahl an Ausnahme- und Übergangsregelungen im GEG enthalten sind. Auch jene Anlagen, die initial nicht mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien betrieben werden müssen, unterliegen weiteren Anforderungen des GEG. Nach diesen muss eine schrittweise Umstellung auf erneuerbare Energieträger erfolgen, sodass diese Anlagen ihre Wärme spätestens 2040 zu mindestens 60 % aus grünen Brennstoffen erzeugen. Im Einklang mit dem KSG und WPG ist ab dem Jahr 2045 ein Betrieb der Anlagen mit fossilen Brennstoffen untersagt.

Das **WPG definiert Vorgaben im Bereich der Wärmenetze** und spannt somit den Handlungsrahmen für deren Anwendung in der Wärmeplanung. Nach diesem muss die jährliche Nettowärmeerzeugung für Wärmenetze ab Beginn des Jahres 2030 zu mindestens 30 %, mit Beginn des Jahres 2040 zu mindestens 80 %, aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme stammen. Bei Anschluss an ein neu errichtetes Wärmenetz mit Baubeginn nach dem 31.12.2023 muss die verteilte Wärme zu mindestens 65 % aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme erzeugt werden.

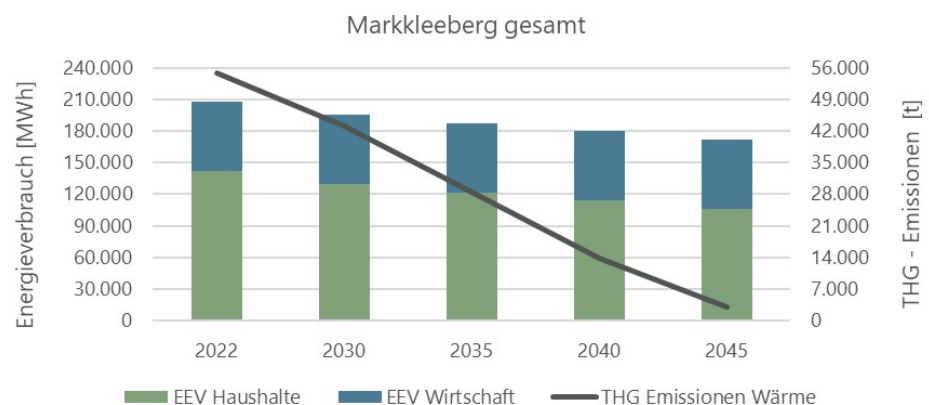
Für das Aufstellen eines Szenarios zur zukünftigen Entwicklung der Wärmeversorgung in Markkleeberg ist neben diesen gesetzlichen Vorgaben das Treffen von Annahmen für diverse Entwicklungen notwendig. Die folgende Aufzählung beinhaltet jene **getroffenen Annahmen**, die als Grundlage für die nachstehende Szenarienentwicklung dienen:

- Ausgangspunkt des Szenarios ist das Ergebnis der BSKO-Bilanz 2022
- kontinuierlich sinkende Wärmeverbräuche im Sektor Haushalte um 25 % bis zum Jahr 2045 (entspricht näherungsweise einer Sanierungsquote von 2 %, bei Annahme eines reduzierten Wärmeverbrauchs um 50 % je Sanierung)
- konstanter Wärmeverbrauch im Bereich der Wirtschaft
- Anteil Wärmenetze entsprechend der Untersuchungen aus den Fokusgebieten gemäß Abschnitt 4.2.1 (Neubaunetze mit Anschlussgrad 60 %, Wachau bis 90 % im Jahr 2045)
- schrittweise Reduktion des Gasverbrauchs und Ersatz durch Wärmenetze sowie dezentrale erneuerbare Lösungen
- vollständiger Ersatz dezentraler fossiler Lösungen (bspw. Heizöl) bereits 2040
- Erdgasanteil für Wärmenetze im Jahr 2030 bei 25 %, anschließend schrittweise Reduktion bis 2045 (100 % erneuerbare Energien)
- Minderung der Emissionen aus Stromnutzung entsprechend Bundeszielen (u.A. 80 % EE in 2030)
- Emissionsberechnung anhand Emissionsfaktoren nach BSKO

## 4.1.2 Zielszenario für den Pfad zur Klimaneutralität 2045

Das Zielszenario wird auf Basis der gesamtkommunalen Energieverbräuche und Treibhausgase entsprechend der BSKO-Bilanz des Jahres 2022 (siehe Kap. 2.4.2) erstellt. Durch das im Kapitel 2.4.3 beschriebene Vorgehen zur teilräumlichen Bilanzierung sind diese gemeindeweiten Werte auf die einzelnen Baublöcke verteilt worden. Anschließend konnte durch das Treffen baublockscharfer Annahmen eine Entwicklung von Energieverbrauch und vorliegenden Wärmemix je Baublock bis zum Jahr 2045 sowie für die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 prognostiziert werden. Die Emissionsberechnung erfolgt entsprechend der Emissionsfaktoren nach BSKO unter der Zuhilfenahme von Entwicklungsprognosen für den deutschen Strommix. Die Aggregation der Werte aller Baublöcke ergibt den gesamtkommunalen Pfad für eine THG-neutrale Wärmeversorgung Marktleeebergs bis zum Jahr 2045. Das Ergebnis dieses Zielszenarios ist nachfolgend in Abbildung 45 und Abbildung 46 dargestellt.

Abbildung 45 Szenario zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen in Marktleeeberg gesamt (Quelle: eigene Darstellung)





Ersichtlich wird eine leichte Reduktion des Wärmeverbrauchs in Markkleeberg. Diese ergibt sich aufgrund der Annahme konstant stattfindender Sanierungstätigkeiten im Bereich der Wohngebäude und somit einer Reduktion des Wärmeverbrauchs im Sektor Haushalte um 25 % gegenüber dem Ausgangsjahr. Der Wärmeverbrauch der Wirtschaft wird als konstant angenommen.

Die Emissionen sind deutlich stärker rückläufig als der Energieverbrauch und erreichen im Jahr 2045 einen spezifischen Wert von 0,1 t/EW, was näherungsweise als THG-neutral bezeichnet werden kann. Ursächlich für diese positive Entwicklung ist die folgend dargestellte starke Veränderung des lokalen Wärmemix.

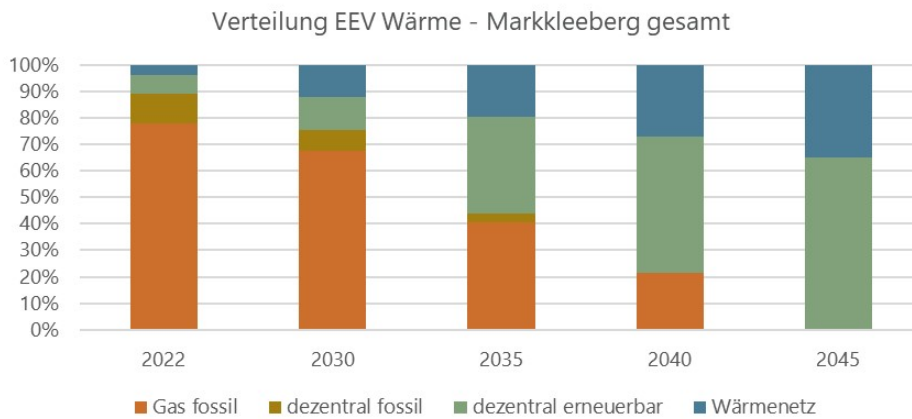


Abbildung 46 Szenario zur Entwicklung des Wärmemix in Markkleeberg gesamt (Quelle: eigene Darstellung)

Im Basisjahr 2022 wird der Wärmemix Markkleebergs noch zu 78 % durch das fossile Erdgas dominiert. Dieser Anteil ist, vor allem in den Jahren nach 2030, stark rückläufig, erreicht 2040 nur noch einen Anteil von etwa 20 % und ist 2045 vollständig durch dezentrale erneuerbare Lösungen oder Wärmenetze ersetzt. In der Wärmeerzeugung für diese Netze werden zunächst noch in Teilen fossile Energieträger eingesetzt, bis spätestens 2045 eine vollständige Transformation auf erneuerbare Energieträger stattgefunden hat. Der Anteil der Wärmenetze am Wärmemix steigt von 4 % im Basisjahr 2022 auf 35 % im Jahr 2045. Ursächlich dafür ist vor allem die Inbetriebnahme neuer Netze in den Fokusgebieten Markkleeberg Mitte und Großstädteln/Gaschwitz, sowie deren kontinuierlicher Ausbau bis zu einem Anschlussgrad von 60 % innerhalb der jeweiligen Fokusgebiete.

Die Zahl der fossilen dezentralen Anlagen sinkt stetig, ist 2035 nur noch marginal spürbar und im Jahr 2040 vollständig verschwunden. Analog zum Erdgas wird deren Anteil am Wärmemix durch dezentrale erneuerbare Anlagen und Wärmenetze ersetzt. Im Ergebnis wird 2045 ein Anteil von 65 % dezentraler erneuerbarer Anlagen am Wärmemix Markkleeberg erreicht. Da es sich bei diesen Anlagen zu großen Teilen um Wärmepumpen handeln wird, ist von einem signifikanten Anstieg des Stromverbrauches dezentraler Wärmepumpen auszugehen. Näherungsweise beziffert sich dieser zusätzliche Stromverbrauch auf 33 GWh und sorgt somit, unter der Annahme konstanter klassischer Stromverbräuche, für eine Zunahme des gesamtkommunalen Stromverbrauches um etwa 47 %. Durch die zunehmende Dekarbonisierung der Stromversorgung gehen diese steigenden Stromverbräuche gegen Ende des Szenarios kaum mit zusätzlichen Emissionen einher, sodass dieser Ersatz zuvor fossiler Wärmeerzeuger durch Wärmepumpen positiv auf das Ziel einer THG-neutralen Wärmeversorgung einwirkt.

## 4.2 Fokusgebiete der Wärmewende

### 4.2.1 Gebietsauswahl

Im Rahmen der Wärmeplanung wurden Fokusgebiete identifiziert, welche aufgrund der Ausgangssituation, den Potenzialen erneuerbarer Energien und konkreter Maßnahmenideen für eine kurz- bis mittelfristige Realisierung von Wärmenetzen in Frage kommen könnten. Hierzu sind Vorschläge erarbeitet und mit den Beteiligten Akteuren in der Steuerungsgruppe abgestimmt worden. Ausschlaggebend für die Festlegungen von Fokusgebieten sind eine ausreichende Wärmebedarfsdichte in Höhe von mind. 415 MWh/ha\*a, in der Nähe befindliche Flächen für erneuerbare Energien oder andere lokale Potenziale und ggf. vorhandene Wärmenetze. Im Ergebnis konnten die drei Gebiete, welche in Abbildung 47 dargestellt sind, identifiziert werden. Eine Nichtkennzeichnung von Baublöcken schließt jedoch nicht aus, dass dort Wärmenetze oder Gebäudenetze auf Basis von erneuerbaren Energien realisiert werden können.

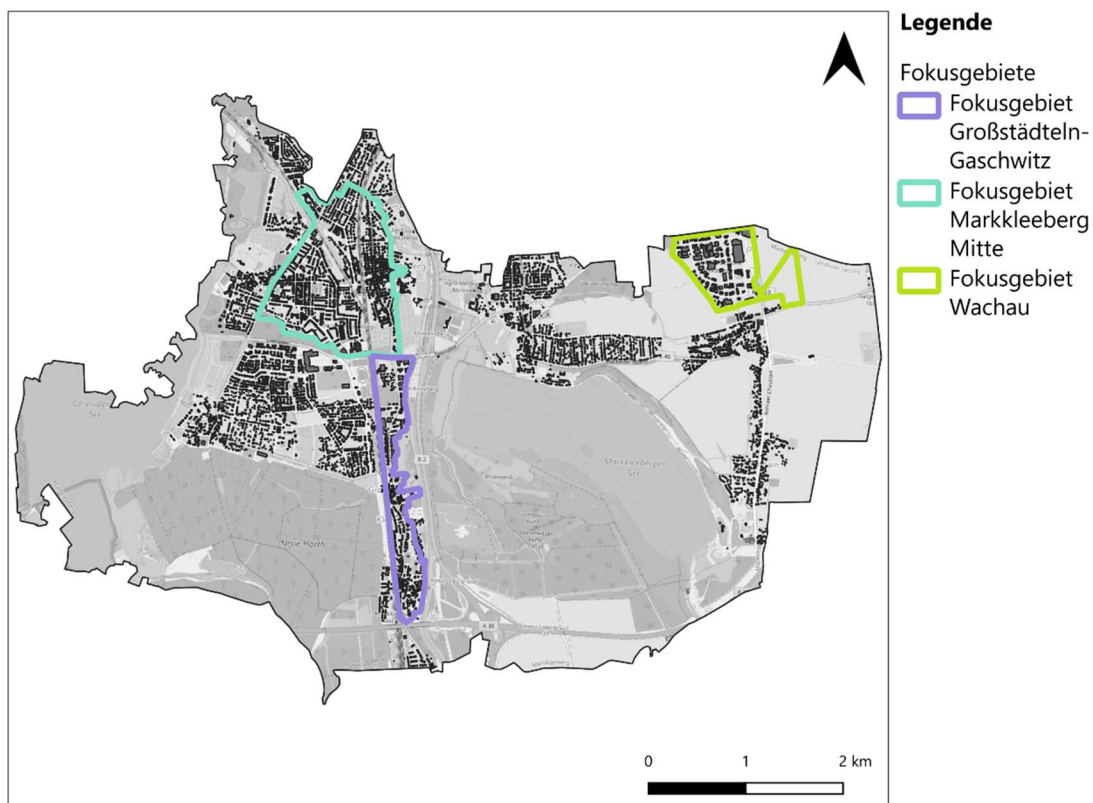


Abbildung 47 Fokusgebiete der Wärmewende (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

## 4.2.2 Markkleeberg Mitte

Das Gebiet in Markkleeberg Mitte (siehe Abbildung 48) ist von einer hohen Wärmebedarfsdichte geprägt (vgl. Abschnitt 2.2.1). Die Gebäudebeheizung basiert fast ausschließlich auf Erdgas (vgl. 2.4.3). Die Potenziale lokaler erneuerbarer Energien sind für dezentrale Lösungen eingeschränkt. Es werden zum Teil die Mindestabstände für Luft-Wasser-Wärmepumpen unterschritten und die Flächenverfügbarkeit für Erdwärmesonden ist eingeschränkt (vgl. Abschnitte 3.1.3.1 und 3.1.2.1).

Das Gebiet ist sowohl von einer heterogenen Eigentümerschaft als auch von mehreren Ankerkunden geprägt. Als Ankerkunden werden Objekte bezeichnet, welche hohe Wärmebedarfe haben und eine langfristige Nutzung sehr wahrscheinlich ist. Die frühzeitige Einbindung von Ankerkunden in die Planung von Wärmenetzen senkt das Realisierungsrisiko solcher Projekte deutlich. Im Fall von Markkleeberg Mitte sind nahezu im gesamten Gebiet solche Ankerkunden zu finden. Neben zahlreichen Objekten der WBG Markkleeberg sind dies unter anderem die Liegenschaften an der Grundschule West, Grundschule Mitte und dem Rathaus.

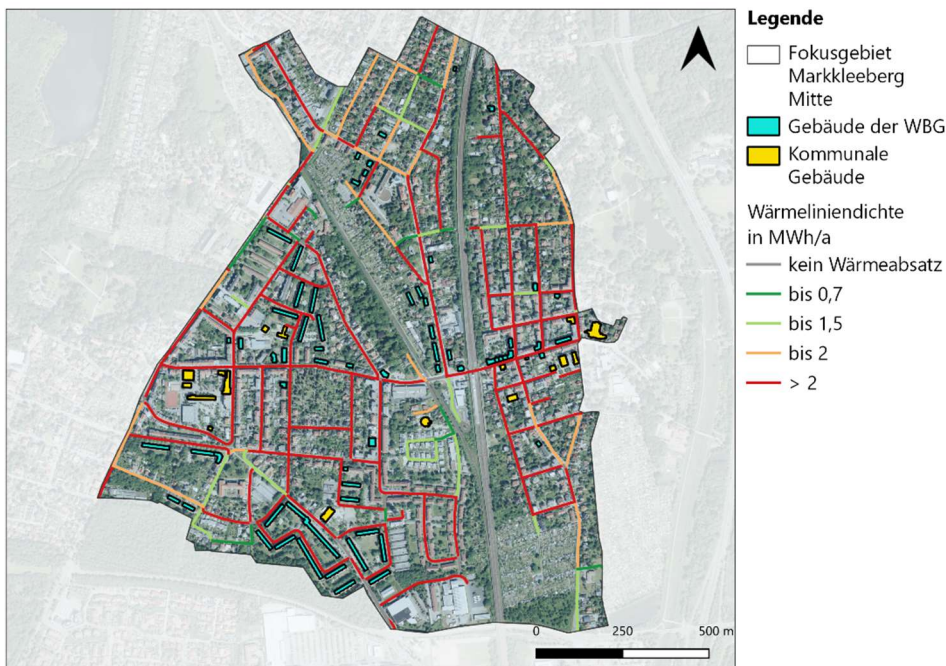


Abbildung 48 Fokusgebiet Markkleeberg Mitte (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

Für die Einschätzung der Realisierbarkeit von Wärmenetzen ist neben der Wärmebedarfsdichte auch die Wärmelinien-dichte ein wesentlicher Indikator (vgl. Abschnitt 2.2.1). Im Fokusgebiet Markkleeberg beträgt die Wärmelinien-dichte über das gesamte Gebiet 1,56 MWh/m<sup>2</sup>a, was eine mittlere Eignung vermuten lässt. Mit einem Anteil am Wärmebedarf von 81 % privaten Haushalten und 91 % Erdgas im Energiemix ist das Gebiet typisch für die gesamte Kommune.

**Tabelle 7** Kennzahlen Fokusgebiet Markkleeberg Mitte

Kennzahl	Wert
Fläche	170,74 ha
Anzahl Objekte	ca. 1.270
Wärmebedarf	ca. 78.000 MWh
Wärmeflächendichte	457 MWh/ha*a
Wärmeleistung	ca. 41,5 MW
Endenergiemix nach Verbrauchssektoren	81 % Private Haushalte, 19 % Wirtschaft inkl. öffentl. Gebäude
Endenergiemix nach Energieträger	91 % Erdgas, 6 % Heizöl/Flüssiggas, 3 % Erneuerbare Energien
Straßenlänge	24 km
theoretische Hausanschlusslänge	26 km
Wärmeliniedichte	1,56 MWh/m*a

Ausgehend von der Analyse des Bestandes und dem Ergebnis, dass prinzipiell eine ausreichende Wärmelinien- und -flächendichte sowie Ankerkunden vorhanden sind, ist es notwendig auf die möglichen Wärmequellen und die ggf. benötigten Flächen zu fokussieren (siehe Tabelle 8).

**Tabelle 8** Mögliche erneuerbare Energiequellen für Wärmenetze im Fokusgebiet Markkleeberg Mitte

Technologie	Abschnitte	Eignung am Standort
Großwärmepumpe (Wärmequelle Luft)	3.1.3.1	Im Fokusgebiet gibt es mehrere mögliche Standorte für die Installation in ausreichender Entfernung zu Wohngebäuden. Bei der Standortwahl ist die ggf. erforderliche Verstärkung des Stromverteilnetzes zu bedenken.
Großwärmepumpe (Wärmequelle oberflächennahe Geothermie)	3.1.1, 3.1.2.1	Es gibt in der unmittelbaren Nähe zum Fokusgebiet und in sehr begrenztem Umfang auch innerhalb des Fokusgebiet Freiflächen, welche für die Realisierung von Sondenfeldern in Frage kommen könnten. Für die Bewertung ist der Untergrund frühzeitig durch Rücksprache mit dem LfULG zu prüfen.
Solarthermie	3.1.1, 3.1.4	Die Verfügbarkeit von ausreichend großen Freiflächen ist lediglich außerhalb des Fokusgebietes gegeben. Eine Nutzung scheint in der ersten Realisierungsphase daher unwahrscheinlich.
regionale Potenziale	3.2	Die Anbindung an die vorhandene Fernwärmetrasse aus dem Leipziger Südraum ist aufgrund der räumlichen Nähe möglich. Die Verfügbarkeit erneuerbarer Wärme bzw. unvermeidbarer Abwärme ist jedoch kurz- bis mittelfristig nicht gesichert.

Im Austausch mit den beteiligten Akteuren hat sich der gemeinsame Standpunkt herausgearbeitet, dass die Erschließung des gesamten Fokusgebietes in einem Schritt wirtschaftlich unrealistisch erscheint. Es wurde durch die beteiligte Wärmeversorgungsgesellschaft daher ein Vorschlag zur stückweisen Realisierung von Wärmeinseln erstellt (vgl. Abbildung 49). Die Ausdehnung der Wärmeinseln orientiert sich dabei an den Objekten der WBG und ausreichend hohen Wärmebedarfen von Objekten entlang eines Straßenzugs.

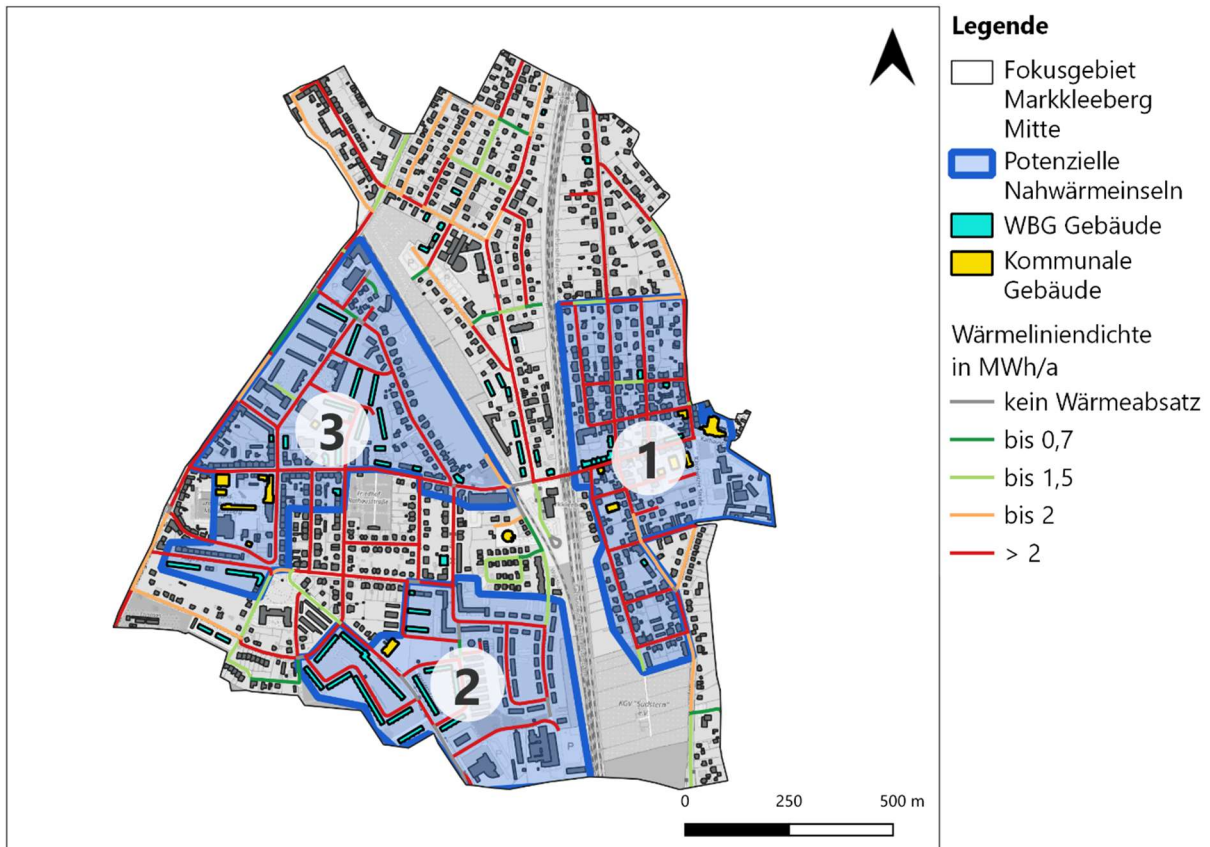


Abbildung 49 Mögliche Wärmeinseln im Fokusgebiet Marktleeburg Mitte (Quelle: eigene Darstellung nach [17])

Nach Gesprächen zwischen den an der Wärmeplanung beteiligten Akteuren hat sich das Teilnetz 2 im Süden des Fokusgebietes als prioritär zu betrachten herausgestellt. Die erste Abschätzung der Netzausdehnung und der möglichen Anschlussnehmer hat die Kennzahlen nach Tabelle 9 ergeben.

**Tabelle 9** Kennzahlen Wärmeinsel Teilnetz 2 Markkleeberg Mitte

Indikator	Beschreibung
Wärmebedarf	7,2 GWh/a
Anschlussleistung	3,1 MW
Netzlänge inkl. Hausanschlüsse	3.960 m
Wärmelinien-dichte	1,8 MWh/m*a
Anzahl Hausanschlüsse	83

Die in der Phase der Planerstellung vorgestellte Anlagenkonfiguration sieht eine Kombination aus hintereinander geschalteten Luft-Wasser-Wasser-Wärmepumpen und einem Gas-BHKW vor. Der angestrebte Anteil erneuerbarer Wärme im Netz soll 75 % betragen. Die Anlagenkonzeption entspricht nach [17] und den Kostenansätzen nach [51] den Angaben in Tabelle 10. Für die Kostenschätzung wurden dem Technikkatalog die Kostenfunktionen für das Jahr 2030 und eine jährliche Inflationsrate von 2 % angesetzt. Die Ersteller des Technikkataloges haben die Angaben in der Regel mit Angaben zu den Unsicherheiten aufgrund unterschiedlicher Quellenlage versehen. Im Fall der Kosten für das Wärmenetz beläuft sich der Wert auf 50 %. Damit wird deutlich, dass ein Wirtschaftlichkeitsvergleich im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung bereits im Bereich der Investitionskosten nur bedingt möglich ist. Weitere große Unsicherheiten ergeben sich bei der Prognose von Marktpreisen für Energieträger und der Abgaben bzw. Umlagen.

**Tabelle 10** Anlagenkonfiguration und Kosten Wärmeinsel Markkleeberg Mitte

Komponente	Auslegungsparameter [17]	Investitionskosten netto [51]	Unsicherheit [51]
Luft-Wasser-Wärmepumpe	888 kW <sub>th</sub>	1.350.000,00 €	35 %
Wasser-Wasserwärmepumpe	1.193 kW <sub>th</sub>	1.580.000,00 €	35 %
BHKW	1.037 kW <sub>th</sub>	1.620.000,00 €	20 %
Wärmespeicher	1.000 m <sup>3</sup> ; 60 MWh	440.000,00 €	20 %
Wärmenetz	2300 m; 3.100 kW	4.800.000,00 €	50 %
Hausanschlüsse	83 Stück; 37 kW/Anschluss	930.000,00 €	50 %
Hausanschlussstationen	83 Stück; 37 kW/Anschluss	870.000,00 €	25 %
Summe		11.580.000,00 €	39 %

Der konkrete Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Wärmeversorgungsoptionen ist daher erst in späteren Phasen der Projektierung seriös möglich. Die Wärmeplanung kann jedoch Tendenzen und potenzielle Ansatzpunkte für die Versorgungsoptionen liefern. Für die Objekte der WBG im Fokusgebiet Markkleeberg Mitte bedeutet dies konkret, dass auch die Alternative in Form der dezentralen Versorgung mit hohen Investitionskosten für die Anlagentechnik und ggf. Gebäudesanierung verbunden ist. Nach den Angaben im Technikkatalog ergeben sich bspw. Investitionskosten für ein 40 kW Wärmepumpensystem als Hybridvariante inkl. Erdgasbrennwerttherme und Anpassung der Heizflächen in Höhe von ca. 103.000 € im Jahr 2030. Objektkonkrete Betrachtungen sind Teil der weiteren

Planungsschritte des Projektansatzes für die Wärmeinsel. Für das Fokusgebiet Markkleeberg Mitte ergibt sich die kurz- bis mittelfristig umzusetzende Maßnahmenbeschreibung nach Tabelle 11.

Indikator	Beschreibung
Handlungsschritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Weiterqualifizierung der Planungen in Form von Machbarkeitsstudien nach BEW inkl. Bewertung von weiteren Wärmequellen</li> <li>2. Prüfung der Verfügbarkeit der Potenzialflächen</li> <li>3. Trassenprüfung in den Versorgungsgebieten der Inselnetze</li> <li>4. Prüfung zur Verfügung stehender Stromnetzkapazitäten und ggf. Planung der erforderlichen Verstärkungsmaßnahmen</li> <li>5. Planung der Wärmeinsel (-n)</li> <li>6. Realisierung</li> </ol>
Beteiligte Akteure	WBG Markkleeberg, Wärmenetzbetreiber, Stadtverwaltung Markkleeberg
Umsetzungszeitraum	2025-2030
Finanzierungsmöglichkeiten	BEW, FrL Energie und Klima
Hemmnisse	regulatorische Unsicherheiten, fördertechnische Unsicherheiten, geringes Anschlussinteresse von Dritten,

Tabelle 11 Maßnahmenbeschreibung Fokusgebiet Markkleeberg Mitte

Mit der kurz- bis mittelfristigen Umsetzung der Wärmeinseln in der aktuell angestrebten Anlagenkonfiguration sind jedoch noch nicht die Ziele gemäß GEG und WPG in Form von 100 % erneuerbaren Energien für das gesamte Fokusgebiet erreicht. Dafür sind weitere Wärmequellen zu erschließen und auch dezentrale Lösungen zu realisieren, wenn kein wirtschaftlicher Anschluss an ein Wärmenetz möglich ist. Die Entscheidungen sind individuell je Gebäude zu treffen, können jedoch zu einer, aus heutiger Sicht, prognostizierten Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der THG-Emissionen für das Gebiet zusammengeführt werden. Die dafür getroffenen Annahmen sind in Abschnitt 4.1 dargelegt.

Es wird angenommen, dass der Wärmeverbrauch im Sektor private Haushalte um 25 % bis zum Jahr 2045 sinken wird. Die aus dem sich verändernden Wärmemix resultierenden Treibhausgasemissionen entwickeln sich in diesem Szenario beinahe linear zu nahezu 0 t/EW\*a im Jahr 2045. Der Anteil von Wärmenetzen am Endenergieverbrauch wird von derzeit 0 % auf 60 % im Jahr 2045 steigen. Der verbleibende Anteil ist durch dezentrale erneuerbare Energieanlagen zu decken. Hierzu zählen bspw. Wärmepumpen, Solarthermieanlagen, Stromdirektheizungen und Pelletkessel. Der Stromverbrauch wird durch die dezentralen Wärmepumpen ca. 7,4 GWh/a mehr betragen als im Bilanzierungsjahr 2022.

Abbildung 50 Szenario zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen Fokusgebiet Markkleeberg Mitte (Quelle: eigene Darstellung)

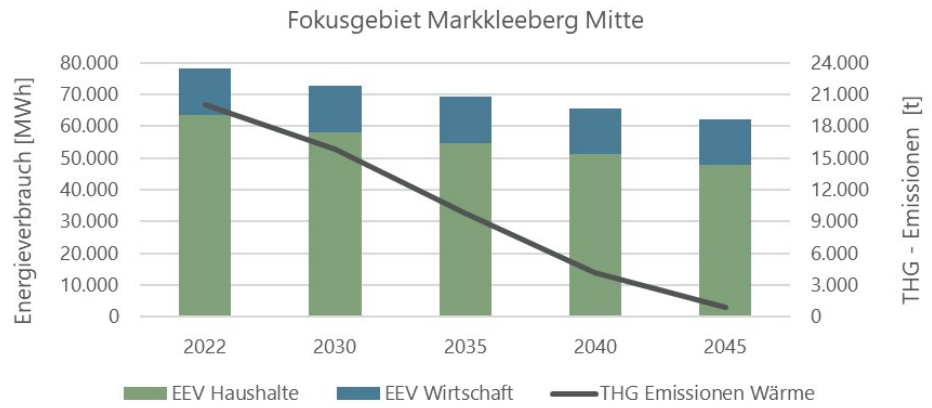
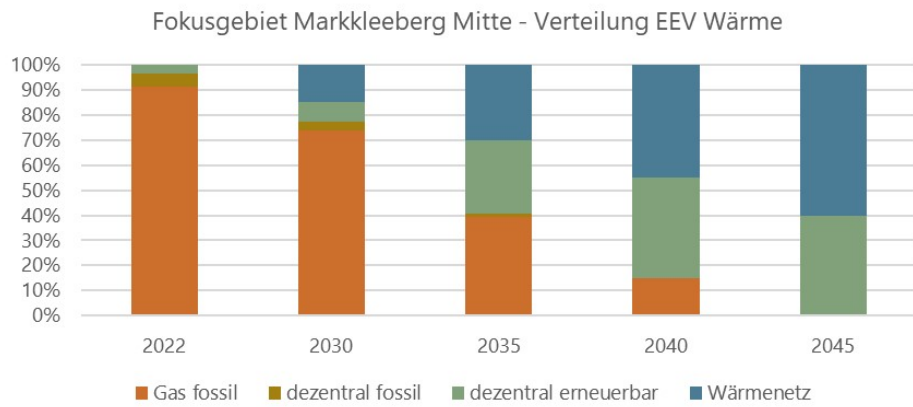


Abbildung 51 Szenario zur Entwicklung des Wärmemix im Fokusgebiet Markkleeberg Mitte (Quelle: eigene Darstellung)





### 4.2.3 Großstädteln und Gaschwitz

Im Gegensatz zu Markkleeberg Mitte ist das ausgewählte Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz weniger kompakt, weist jedoch ebenso Ankerkunden, insbesondere verteilte Objekte der WBG, auf. Weiterhin bietet sich im Vergleich zu Markkleeberg Mitte eher die Chance für eine erfolgreiche Flächensuche für erneuerbare Energieanlagen. Abbildung 52 zeigt die Lage der Ankerkunden sowie die Ausdehnung des Fokusgebietes. Das Gebiet grenzt unmittelbar an die Pleiße, welche eine potenzielle Umweltwärmequelle darstellt. Weiterhin sind entlang der Pleiße möglicherweise Flächen für die Errichtung von Sondenfeldern oder Solarthermieanlagen verfügbar.

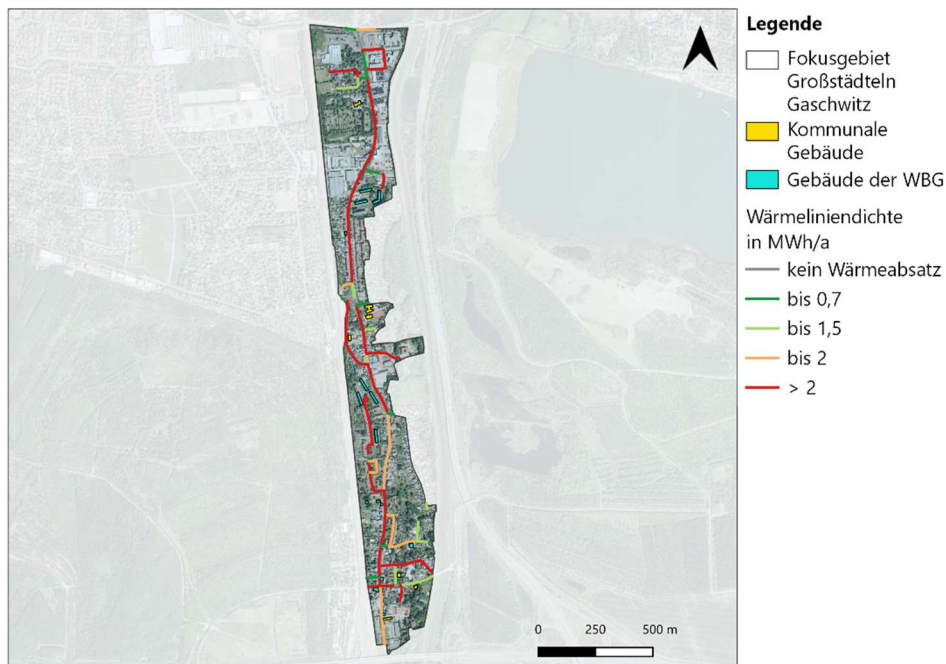


Abbildung 52 Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

Für die Einschätzung der Realisierbarkeit von Wärmenetzen ist neben der Wärmebedarfsdichte auch die Wärmelinien-dichte ein wesentlicher Indikator (vgl. Abschnitt 2.2.1). Im Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz beträgt die Wärmelinien-dichte über das gesamte Gebiet lediglich 1 MWh/m<sup>2</sup>a, was eine geringere Eignung für ein komplettes Netz vermuten lässt. Mit einem Anteil am Wärmebedarf von 38 % privaten Haushalten und 77 % Erdgas im Energiemix weist das Gebiet eine andere Struktur auf als Markkleeberg Mitte. Der Anteil von dezentralen fossilen Heizungen (z. B. Heizkessel) und der Anteil der Gebäude für Wirtschaftszwecke ist deutlich höher als die Werte für die gesamte Kommune.

**Tabelle 12** Kennzahlen Fokusgebiet GroßstädteIn/Gaschwitz

Kennzahl	Wert
Fläche	51,972 ha
Anzahl Objekte	ca. 696
Wärmebedarf	ca. 17.807 MWh
Wärmeflächendichte	342,26 MWh/ha*a
Wärmeleistung	ca. 10 MW
Endenergiemix nach Verbrauchssektoren	38% Private Haushalte, 62% Wirtschaft inkl. öffentl. Gebäude
Endenergiemix nach Energieträger	77% Erdgas, 14% Heizöl/Flüssiggas, 9% Erneuerbare Energien
Straßenlänge	6,9 km
theoretische Hausanschlusslänge	10,1 km
Wärmeliniedichte	1 MWh/m*a

Ausgehend von der Analyse des Bestandes und dem Ergebnis, dass teilweise eine ausreichende Wärmelinien- und -flächendichte sowie Ankerkunden vorhanden sind, ist es notwendig, auf die möglichen Wärmequellen und die ggf. benötigten Flächen zu fokussieren (siehe Tabelle 13).

**Tabelle 13** Mögliche erneuerbare Energiequellen für Wärmenetze im Fokusgebiet GroßstädteIn/Gaschwitz

Technologie	Abschnitte	Eignung am Standort
Großwärmepumpe (Wärmequelle Luft)	3.1.3.1	Im Fokusgebiet gibt es mehrere mögliche Standorte für die Installation in ausreichender Entfernung zu Wohngebäuden. Bei der Standortwahl ist die ggf. erforderliche Verstärkung des Stromverteilnetzes zu bedenken.
Großwärmepumpe (Wärmequelle oberflächennahe Geothermie)	3.1.1, 3.1.2.1	Es gibt in der unmittelbaren Nähe zum Fokusgebiet und in begrenztem Umfang auch innerhalb des Fokusgebietes Freiflächen, welche für die Realisierung von Sondenfeldern in Frage kommen könnten. Für die Bewertung ist der Untergrund frühzeitig durch Rücksprache mit dem LfULG zu prüfen.
Großwärmepumpe (Wärmequelle Pleiße)	3.1.3.2	Die Nutzbarkeit der Pleiße als Umweltwärmequelle ist im Kontext der Genehmigungsfähigkeit zu bewerten und mit den Genehmigungsbehörden abzustimmen.
Solarthermie	3.1.1, 3.1.4	Es ist eine Fläche in unmittelbarer Nähe im Rahmen des Freiflächenscreenings identifiziert worden. Die Nutzbarkeit muss aber im Kontext von naturschutzrechtlichen Anforderungen abgewogen werden. Die Technologie kommt somit prinzipiell in Frage
regionale Potenziale	3.2	Die Anbindung an die vorhandene Fernwärmetrasse aus dem Leipziger Südraum ist

		aufgrund der räumlichen Nähe möglich. Die Verfügbarkeit erneuerbarer Wärme bzw. unvermeidbarer Abwärme ist jedoch kurz- bis mittelfristig nicht gesichert.
--	--	--

Die im Rahmen des Flächenscreenings ermittelte Fläche weist eine Größe von 1,8 ha auf und ist damit ausreichend groß für die Realisierung eines Sondenfeldes bzw. einer Flächensolarthermieanlage. Um den möglichen Beitrag zur Deckung des Wärmebedarfs eines Wärmenetzes zu ermitteln, wurden die resultierenden Erträge ermittelt und sind in Tabelle 14 für oberflächennahe Geothermie und in Tabelle 15 für Solarthermie dargestellt.

Kennzahl	Wert
Wärmebedarf Anschlussnehmer (Anschlussquote 70 %)	10.600 MWh/a
Bruttofläche	18.000 m <sup>2</sup>
Anzahl Erdwärmepumpenbohrungen (80 % Flächennutzung)	180
Bohrtiefe je Sonde	200 m
Wärmepumpenleistung (SCOP 4,4)	6,3 MW
Gesamtwärmeenergie	11.400 MWh/a

**Tabelle 14** Standortkennzahlen Potenzialfläche Fokusgebiet Gaschwitz/Großstädteln für Geothermiesonden

Kennzahl	Wert
Wärmebedarf Anschlussnehmer (Anschlussquote 70 %)	10.600 MWh/a
Bruttofläche	18.000 m <sup>2</sup>
Kollektorfläche	7.800 m <sup>2</sup>
spezifischer Ertrag	440 kWh/m <sup>2</sup> a
Speichergröße	1.500 m <sup>3</sup>
Speicherverluste	30%
Ertrag nach Speicher	2.400 MWh/a

**Tabelle 15** Standortkennzahlen Potenzialfläche Fokusgebiet Gaschwitz/Großstädteln für Solarthermie

Im Gegensatz zum Fokusgebiet Markkleeberg Mitte und zum nachfolgenden Fokusgebiet Wachau muss die Ausdehnung eines möglichen Wärmenetzes noch ausgehend von ersten Gesprächen mit den Gebäudeeigentümern und Gewerbetreibenden abgeschätzt werden. Die Ausdehnung über das gesamte Fokusgebiet ist eher unwahrscheinlich und die Projektierung einer Wärmeinsel im Umfeld der Mehrfamilienhäuser an der Straße des Aufbaus hingegen wahrscheinlicher.

**Tabelle 16** Maßnahmen-  
beschreibung Fokusge-  
biet Großstäd-  
teln/Gaschwitz

Indikator	Beschreibung
Handlungsschritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bewertung der Ausdehnung eines Wärmenetzes durch potenzielle Wärmenetzbetreiber</li> <li>2. Prüfung der Verfügbarkeit der Potenzialfläche</li> <li>3. Trassenprüfung in den Versorgungsgebieten der Inselnetze</li> <li>4. Weiterqualifizierung der Planungen in Form von Machbarkeitsstudien nach BEW inkl. Bewertung von weiteren Wärmequellen</li> <li>5. Prüfung zur Verfügung stehender Stromnetzkapazitäten und ggf. Planung der erforderlichen Verstärkungsmaßnahmen</li> <li>6. Planung des Wärmenetzes</li> <li>7. Realisierung</li> </ol>
Beteiligte Akteure	WBG Markkleeberg, Wärmenetzbetreiber, Stadtverwaltung Markkleeberg
Umsetzungszeitraum	2030-2035
Finanzierungsmöglichkeiten	BEW, FrL Energie und Klima
Hemmnisse	regulatorische Unsicherheiten, förderliche Unsicherheiten, keine Flächenverfügbarkeit, geringes Anschlussinteresse von Dritten,

Aufgrund der heterogenen Siedlungsstruktur und großen Ausdehnung des Fokusgebietes ist nicht mit einer 100%igen Anschlussquote zu rechnen. Damit werden auch dezentrale Lösungen zu realisieren sein, wenn kein wirtschaftlicher Anschluss an ein Wärmenetz möglich ist. Die Entscheidungen sind individuell je Gebäude zu treffen und können aus heutiger Sicht aber zu einer prognostizierten Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der THG-Emissionen für das Gebiet zusammengeführt werden. Die dafür getroffenen Annahmen sind in Abschnitt 4.1 dargelegt.

Es wird angenommen, dass der Wärmeverbrauch im Sektor private Haushalte um 25 % bis zum Jahr 2045 sinken wird. Die aus dem sich verändernden Wärmemix resultierenden Treibhausgasemissionen entwickeln sich in diesem Szenario nahezu linear zu nahezu 0 t/EW\*a im Jahr 2045. Der Anteil von Wärmenetzen am Endenergieverbrauch wird von derzeit 0 % auf 60 % im Jahr 2045 steigen. Der verbleibende Anteil ist durch dezentrale erneuerbare Energieanlagen zu decken. Hierzu zählen bspw. Wärmepumpen, Solarthermieanlagen, Stromdirektheizungen und Pelletkessel. Der Stromverbrauch wird durch die dezentralen Wärmepumpen ca. 1,9 GWh/a mehr betragen als im Bilanzierungsjahr 2022. Der im Vergleich zur Gesamtkommune hohe Anteil dezentraler fossiler Heizung wird bereits im Jahr 2040 durch Anschlüsse an Wärmenetze oder dezentrale erneuerbare Anlagen ersetzt.

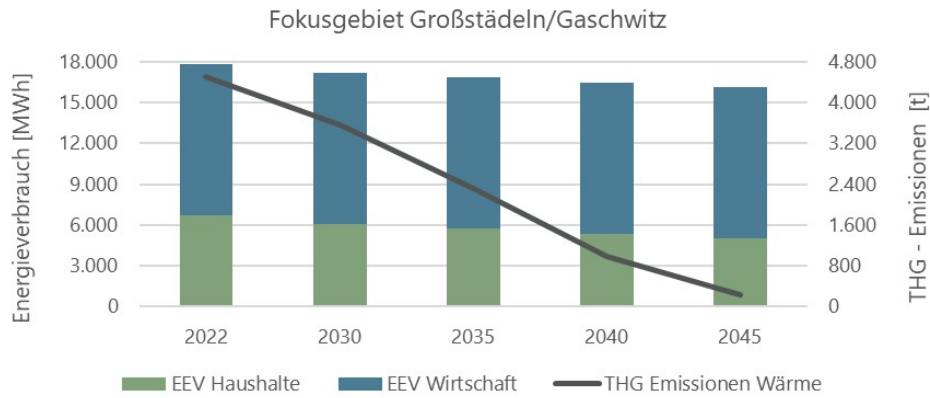


Abbildung 53 Szenario zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz (Quelle: eigene Darstellung)

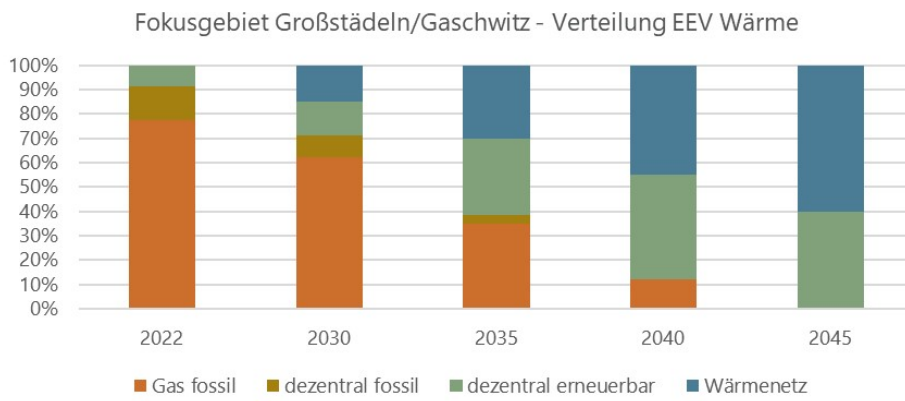
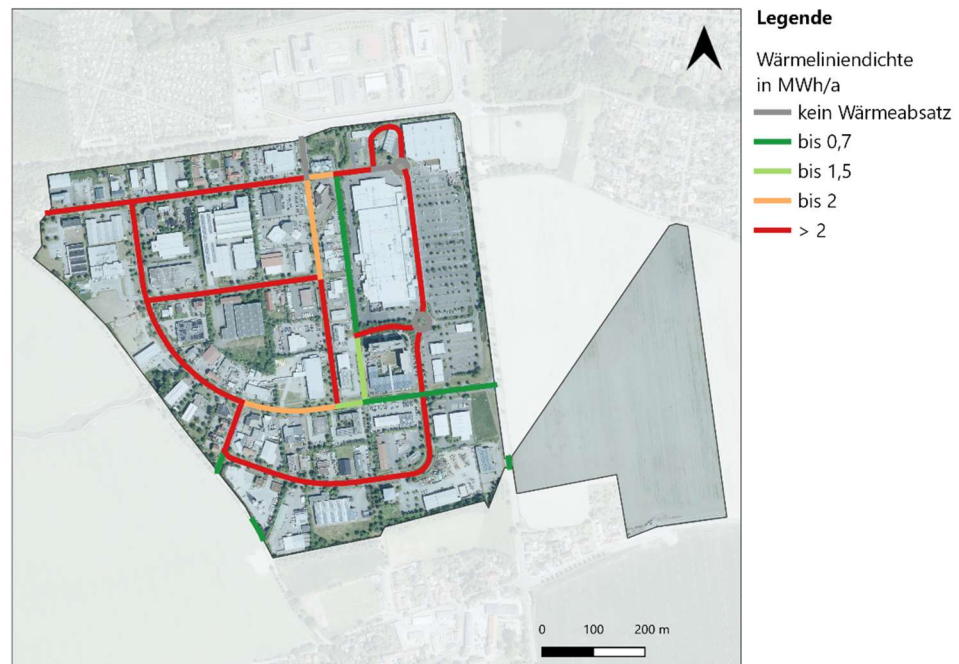


Abbildung 54 Szenario zur Entwicklung des Wärmemix im Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz (Quelle: eigene Darstellung)

## 4.2.4 Gewerbegebiet Wachau

Das Fokusgebiet Gewerbegebiet Wachau ist ebenfalls abweichend zu den anderen beiden Gebieten strukturiert. Es befinden sich dort ausschließlich Objekte für die gewerbliche Nutzung und es gibt ein flächendeckendes Wärmenetz, welches derzeit über Erdgas-BHKW und Erdgaskessel mit Wärme gespeist wird. Für die Wärmeerzeuger wird durch die enviaTherm bereits eine Transformationsplanung vorbereitet. Östlich des Gewerbegebietes befindet sich weiterhin eine potenzielle Entwicklungsfläche für eine Gewerbegebietserweiterung. Abbildung 55 zeigt die Ausdehnung des Fokusgebietes inkl. den möglichen Erweiterungsflächen östlich des Bestandes.

Abbildung 55 Fokusgebiet Gewerbegebiet Wachau (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])



Für das Gebiet liegt eine Festsetzung im Bebauungsplan vor, welche die Anbindung der Gewerbetreibenden forcieren soll. Gleichzeitig ist damit der Einsatz zusätzlicher Wärmeerzeuger nicht ausgeschlossen (bspw. Heizölkessel zur Spitzenlastdeckung). Die Wärmelinien-dichte beträgt über das gesamte Gebiet zwar nur 1,14 MWh/m<sup>2</sup>a, eine Netzerweiterung ist im Bestandsfernwärmegebiet aber nicht erforderlich. Mit einem Anteil am Wärmebedarf von 100 % Gewerbe und einem bilanziell ermittelten Anteil von 55 % Wärmenetz im Energiemix, stellt das Gebiet einen Sonderfall in Marktleeberg dar. Der Anteil von dezentralen fossilen Heizungen (z. B. Heizölkessel) ist im Vergleich zum Energiemix der Gesamtstadt höher. Der Anteil der Gebäude für Wirtschaftszwecke ist ebenfalls deutlich höher als die Werte für die gesamte Kommune.

Kennzahl	Wert
Fläche	66,1 ha
Anzahl Objekte	ca. 166
Wärmebedarf	ca. 14.100 MWh
Wärme-flächendichte	213,28 MWh/ha*a
Wärmeleistung	ca. 9,4 MW
Endenergiemix nach Ver- brauchssektoren	100 % Wirtschaft inkl. öffentl. Gebäude
Endenergiemix nach Energie- träger	55 % Wärmenetz, 28 % Heizöl/Flüssiggas, 17 % Erneuerbare Energien
Straßenlänge	7,1 km
theoretische Haus- anschlusslänge	5,3 km
Wärmeliniendichte	1.14 MWh/m*a

**Tabelle 17** Kennzahlen Fokusgebiet Gewerbegebiet Wachau

Im Fall eines bestehenden Wärmenetzes steht die Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung im Fokus der Potenzialbetrachtung. Ausgehend von dem bestehenden Standort des Heizkraftwerkes ergeben sich dabei drei Ansatzpunkte (siehe Tabelle 18).

Technologie	Abschnitte	Eignung am Standort
Großwärmepumpe (Wärmequelle Luft)	3.1.3.1	Am vorhandenen Standort des Heizkraftwerkes ist die Errichtung von Großwärmepumpen möglich. Flächen und notwendiger Abstand zur umliegenden Bebauung sind vorhanden.
Biogas	2.3.1.4, 3.1.5	Die Biogasanlage am Wachauer Wäldchen versorgt bereits ein Satelliten-BHKW inkl. Wärmeauskopplung für einige wenige Gebäude südlich des Fokusgebietes. Im Falle der Erweiterung der Biogasanlage ist eine Mitversorgung eines BHKW oder Kessels im Gewerbegebiet prinzipiell denkbar.
Fernwärmeverbundnetz Leipzig	3.2.2	Die Justizvollzugsanstalt Leipzig befindet sich direkt auf der gegenüberliegenden Straßenseite in der Nähe des Heizhauses in Wachau. Die JVA ist an ein Fernwärmeinselnetz der Leipziger Stadtwerke angeschlossen. Ein Anschluss ist damit potenziell möglich. Die Leistungsfähigkeit des Anschlusspunktes und der Dekarbonisierungspfad für das Inselnetz sind aber unbekannt.

**Tabelle 18** Mögliche erneuerbare Energiequellen für Wärmenetze im Fokusgebiet Gewerbegebiet Wachau

Die während der Erstellung beteiligten Wärmenetzbetreiber enviaTherm präferieren aktuell die Variante mit der zusätzlichen Installation einer Luft-Wasser-Wärmepumpenkaskade zur Erreichung eines 75%igen Anteils erneuerbarer Energien

im Wärmemix um die Fördervoraussetzungen gemäß BEW zu erfüllen. Neben der Ergänzung der bestehenden fossilen Wärmeerzeuger sollten im weiteren auch Erweiterungsoptionen des Wärmenetzes und die Einbindung weiterer erneuerbarer Energieträger geprüft werden.

**Tabelle 19** Maßnahmen-  
beschreibung Fokusge-  
biet Gewerbegebiet  
Wachau

Indikator	Beschreibung
Handlungsschritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fördermittelbeantragung Modul 1 BEW</li> <li>2. Abschätzung Anschlusspotenziale in Gewerbegebietserweiterung</li> <li>3. Koordinierung Ausbauabsicht Biogasanlage und Schaffung Planungsrecht</li> <li>4. Prüfung zur Verfügung stehender Stromnetzkapazitäten und ggf. Planung der erforderlichen Verstärkungsmaßnahmen</li> <li>5. Planung Erweiterung</li> <li>6. Realisierung</li> </ol>
Beteiligte Akteure	Wärmenetzbetreiber, Stadtverwaltung Marktleeburg
Umsetzungszeitraum	2025-2030
Finanzierungsmöglichkeiten	BEW, FrL Energie und Klima
Hemmnisse	regulatorische Unsicherheiten, fördertechnische Unsicherheiten

Aufgrund des vorhandenen Wärmenetzes inkl. Festsetzung im B-Plan ist mit einer hohen Anschlussquote zu rechnen. Damit werden dezentrale Lösungen eher die Ausnahme. Für die Prognose der zukünftigen Entwicklung wurde die teilräumliche Bilanz des vorhandenen Gewerbegebietes ohne die potenziellen Erweiterungsflächen im Osten fortgeschrieben. Es wird angenommen, dass der Wärmeverbrauch konstant bleibt bis zum Jahr 2045. Die aus dem sich verändernden Wärmemix resultierenden Treibhausgasemissionen entwickeln sich in diesem Szenario nahezu linear zu fast 0 t/EW\*a im Jahr 2045. Der Anteil von Wärmenetzen am Endenergieverbrauch wird von derzeit 55 % auf 92 % im Jahr 2045 steigen. Der verbleibende Anteil ist durch dezentrale erneuerbare Energieanlagen zu decken. Hierzu zählen bspw. Wärmepumpen, Solarthermieanlagen, Stromdirektheizungen und Pelletkessel. Der im Vergleich zur Gesamtkommune hohe Anteil dezentraler fossiler Heizung wird bereits im Jahr 2040 durch Anschlüsse an Wärmenetze oder dezentrale erneuerbare Anlagen ersetzt.



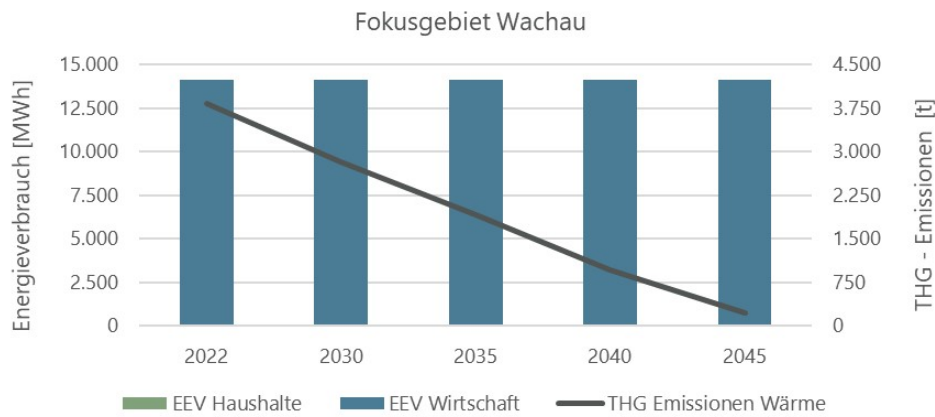


Abbildung 56 Szenario zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen Fokusgebiet Wachau (Quelle: eigene Darstellung)

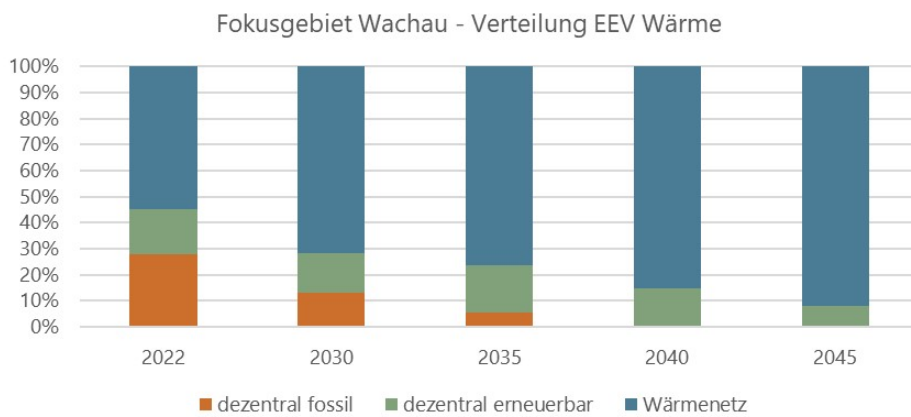


Abbildung 57 Szenario zur Entwicklung des Wärmemix im Fokusgebiet Wachau (Quelle: eigene Darstellung)

## 4.3 Gebietseinteilung und Versorgungsarten

### 4.3.1 Hintergrund

Die Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete sowie die Darstellung der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr, wie sie nach § 18 bzw. § 19 WPG gefordert werden, sind nicht zwingend Teil der über die Kommunalrichtlinie geförderten Wärmepläne. Für die vorliegende Wärmeplanung wurde diese jedoch durchgeführt, um damit mögliche Ausweisungsentscheidungen nach § 26 WPG zu erleichtern. Die folgende Einteilung wurde in Anlehnung an die Empfehlungen des Leitfadens für die Wärmeplanung [9] für die drei Gebietstypen Wärmenetzgebiet, Gebiet für dezentrale Versorgung und Wasserstoffnetzgebiet im Zieljahr 2045 erstellt. Weiterhin wurde für Stützjahre auf dem Weg dorthin eine erste Einschätzung zur zeitlichen Entwicklung getroffen. Die Einteilung führt zu keiner Verpflichtung für die Nutzung oder das Angebot einer bestimmten Wärmeversorgungslösung. Sie soll lediglich die aus der Perspektive des Jahres 2024 auf das Jahr 2045 getroffene Einschätzung zur Wahrscheinlichkeit der Realisierung von Wärmenetzen und deren Alternativen zeigen. Nach § 18 Abs. 2 leitet sich durch die Einteilung keine Verbindlichkeit ab:

*„Ein Anspruch Dritter auf Einteilung zu einem bestimmten voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiet besteht nicht. Aus der Einteilung in ein voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet entsteht keine Pflicht, eine bestimmte Wärmeversorgungsart tatsächlich zu nutzen oder bereitzustellen.“*

### 4.3.2 Wärmeversorgungsarten im Zieljahr

Für das Zieljahr ist gemäß WPG die wahrscheinliche Eignung für die drei Optionen Wärmenetze, Wasserstoffnetze und dezentrale Lösungen in der Abstufung von „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ bis „sehr wahrscheinlich geeignet“ anzugeben. Zwischenwerte sind mit „wahrscheinlich ungeeignet“ und „wahrscheinlich geeignet“ möglich. Grundlagen für die Einordnung sind dabei die alle voran gegangenen Analyseschritte, insbesondere die Eignungsprüfung für die verkürzte Wärmeplanung, die Betrachtung der Fokusgebiete und die Szenarienermittlung.

Für Markkleeberg wurde die Bewertung der Wärmenetzgebietseignung der Teilgebiete nach Tabelle 20 durchgeführt und ist mit Abbildung 58 dargestellt.

Teilgebiet	Eignung	Begründung
Fokusgebiet Wachau	sehr wahrscheinlich geeignet	vorhandenes Wärmenetz
Fokusgebiet Markkleeberg Mitte	wahrscheinlich geeignet	hohe Wärmebedarfsdichte, vorhandene Ankerkunden, konkrete Projektansätzen und geringere Eignung für dezentrale Lösungen aufgrund der Bebauungsdichte
Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz	wahrscheinlich geeignet	hohe Wärmebedarfsdichte, vorhandene Ankerkunden und Potenzialflächen in der Nähe
Teilgebiet südlich der Seenallee und westlich der Bahntrasse	wahrscheinlich ungeeignet	vereinzelt Objekte mit hohem Wärmebedarf, heterogene Eigentümerstruktur und sehr hohen Anteil von Einfamilienhäusern
Teilgebiet am historischen Torhaus und nördlich des Weinteichgrabens	wahrscheinlich ungeeignet	Punktuell hohe Wärmebedarfsdichten, heterogene Eigentümerstruktur und vorhandenen Einfamilienhäusern
restliche Teilgebiete	sehr wahrscheinlich ungeeignet	geringe Wärmebedarfsdichten und fehlende Ankerkunden

**Tabelle 20** Eignungsbeurteilung Wärmenetzgebiete im Zieljahr 2045

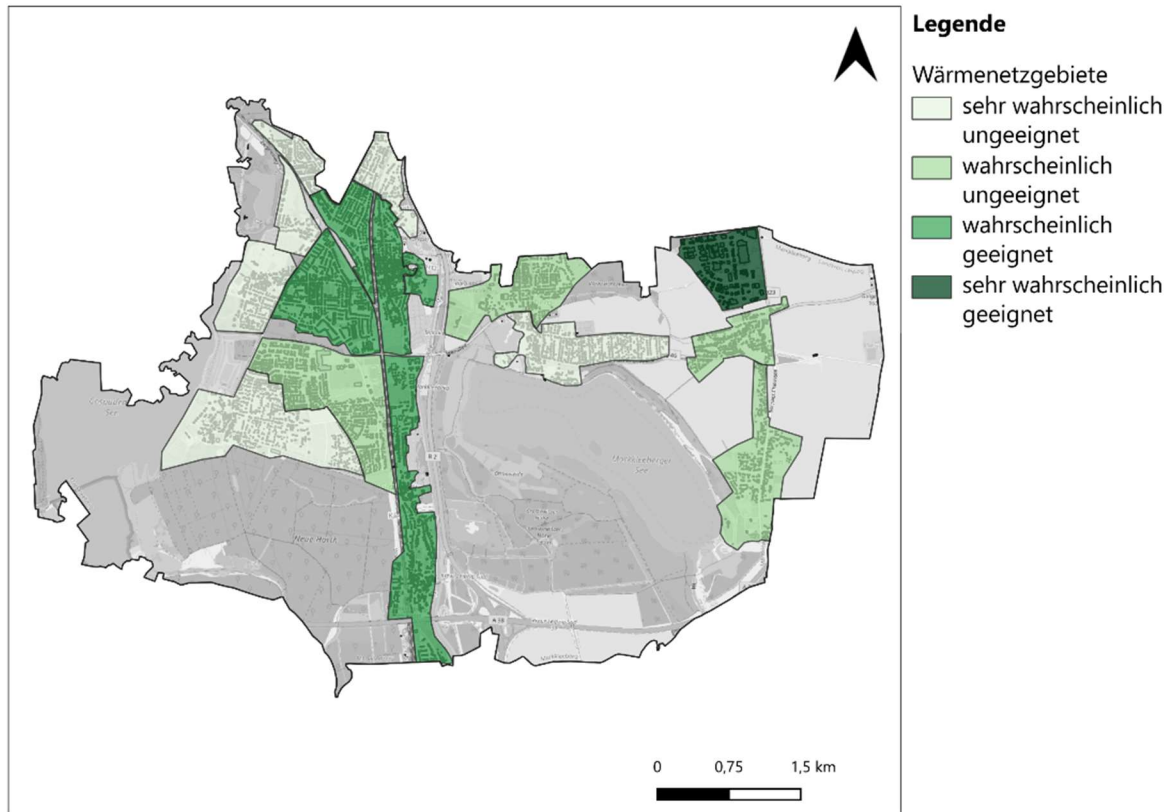


Abbildung 58 Eignung für Wärmenetzgebiete im Zieljahr 2045 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

Die Einschätzung der Eignung von Wasserstoffnetzgebieten wurde für Markkleeberg einheitlich durchgeführt, weil flächendeckend ein Erdgasnetz vorhanden ist, das prinzipiell fähig ist, Wasserstoff zu transportieren. Aufgrund der räumlichen Nähe zu Projekten des Wasserstoffkernnetzes ist mit einer Verfügbarkeit im Zieljahr 2045 zu rechnen. Nach aktueller Einschätzung wird Wasserstoff jedoch zu teuer für die Bereitstellung von Raumwärme im Vergleich zu Wärmenetzen und dezentralen Lösungen sein. Daher wird für alle Teilgebiete die Einschätzung „wahrscheinlich ungeeignet“ vorgenommen (vgl. Abbildung 59).

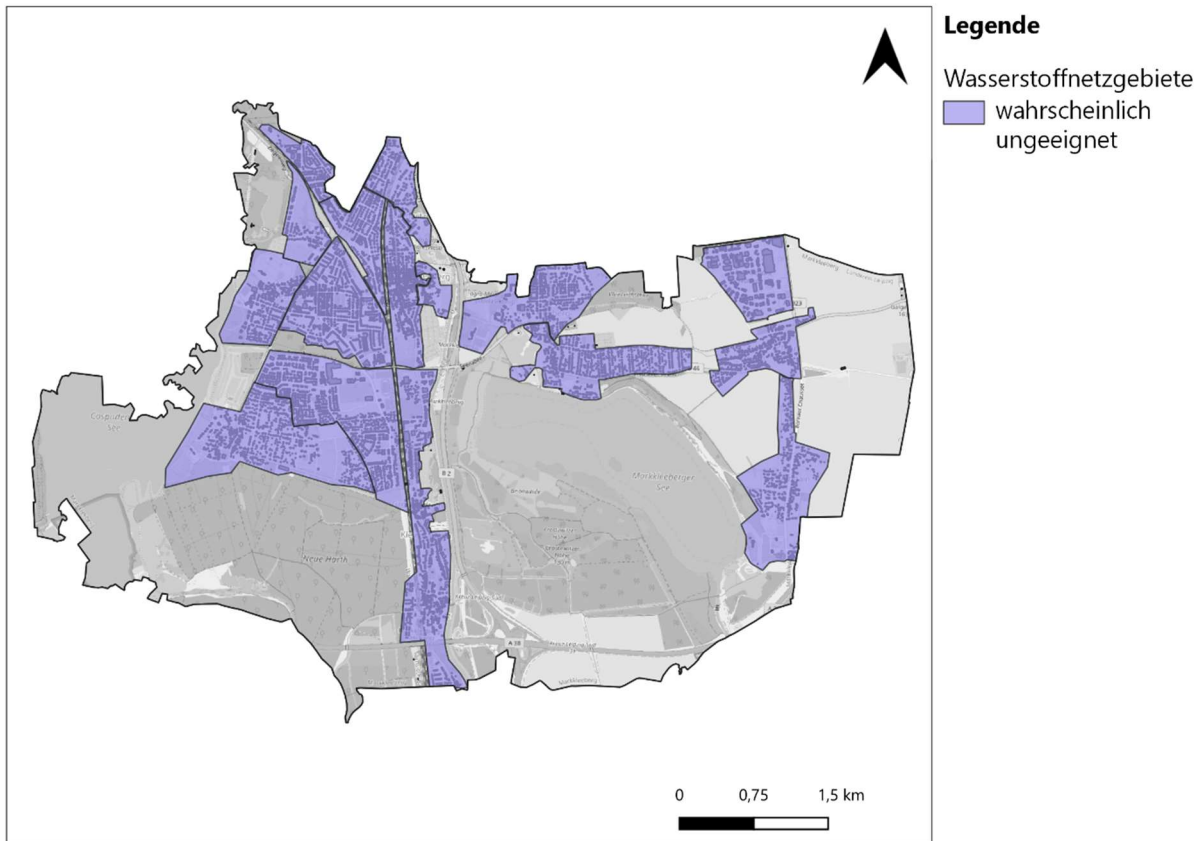


Abbildung 59 Eignung für Wasserstoffnetzgebiete im Zieljahr 2045 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

Die Wahrscheinlichkeit der Eignung von Teilgebieten für die dezentrale Versorgung ist im Abgleich mit der anderen Prüfung durchgeführt worden und baut insbesondere auf der Eignungsprüfung für die verkürzte Wärmeplanung auf. Prinzipiell steigt die Wahrscheinlichkeit der Eignung für die dezentrale Versorgung mit der sinkenden Wahrscheinlichkeit für Wärmenetzgebiete. So sind Gebiete mit hoher Wärmedichte wahrscheinlicher für Wärmenetze geeignet und weniger geeignet für dezentrale Versorgungslösungen. Dass eine dezentrale Versorgung „sehr wahrscheinlich ungeeignet ist“, stellt jedoch einen Fall dar, der für Marktleeburg nicht identifiziert wurde. Es ist damit zu rechnen, dass im gesamten Stadtgebiet dezentrale Lösungen möglich sein und realisiert werden.

**Tabelle 21** Eignungsbeurteilung Gebiete für dezentrale Versorgung im Zieljahr 2045

Teilgebiet	Eignung	Begründung
Fokusgebiet Wachau	wahrscheinlich ungeeignet	vorhandenes Wärmenetz
Fokusgebiet Markkleeberg Mitte	wahrscheinlich ungeeignet	hohe Wärmebedarfsdichte, und geringere Eignung für dezentrale Lösungen aufgrund der Bebauungsdichte
Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz	wahrscheinlich geeignet	mittlere Bebauungsdichte, wenige, heterogene Eigentümerstruktur
Teilgebiet südlich der Seenallee und westlich der Bahntrasse	wahrscheinlich geeignet	heterogene Eigentümerstruktur und sehr hohen Anteil von Einfamilienhäusern
Teilgebiet am historischen Torhaus und nördlich des Weinteichgrabens	wahrscheinlich geeignet	mittlere Bebauungsdichte, wenige, heterogene Eigentümerstruktur und sehr hoher Anteil von Einfamilienhäusern
restliche Teilgebiete	sehr wahrscheinlich geeignet	geringe Wärmebedarfsdichten, vorwiegend Einzeleigentümer

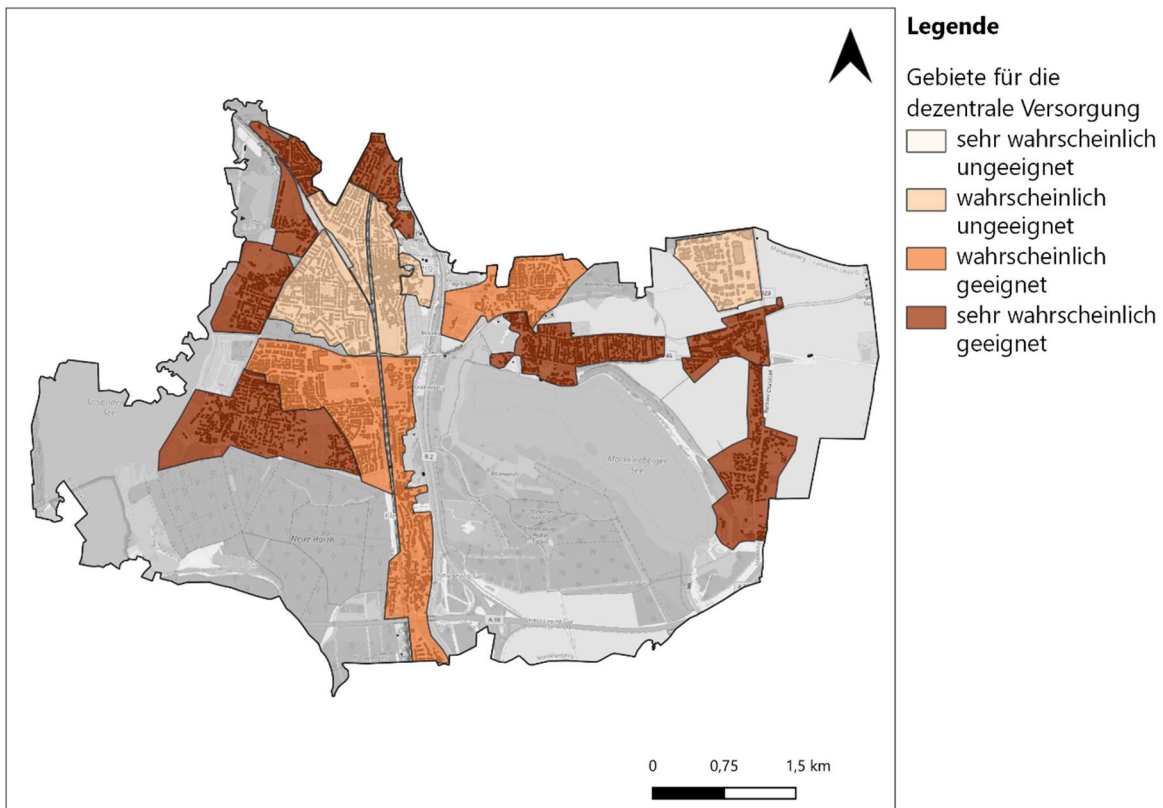


Abbildung 60 Eignung für Gebiete mit dezentraler Versorgung im Zieljahr 2045 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

### 4.3.3 Voraussichtliche Wärmerversorgungsgebiete in den Stützjahren

Die Jahre 2030, 2035 und 2040 werden als Stützjahre bis zum Zieljahr 2045 bezeichnet. Für diese Zwischenjahre ist gemäß § 18 WPG eine Einteilung in Wärmenetzgebiete, Gebiete für dezentrale Versorgung, Wasserstoffnetzgebiete und Prüfgebiete vorzunehmen. Letztere ergeben sich nach § 3 Abs. 1 Nr. 10, wenn zum Zeitpunkt der Erstellung des Wärmeplans „...die für eine Einteilung erforderlichen Umstände noch nicht ausreichend bekannt sind oder weil ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher auf andere Art mit Wärme versorgt werden soll, etwa leitungsgebunden durch grünes Methan...“.

Im Fall von Markkleeberg ergibt sich, ausgehend von der für das Zieljahr durchgeführten Einschätzung der Eignung der Wärmeversorgungsarten und den Betrachtungen in den Fokusgebieten, die Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete nach Tabelle 22 bzw. Abbildung 61.

Teilgebiet	Versorgungsgebiet	Begründung
Fokusgebiet Wachau	Wärmenetzbestandsgebiet	vorhandenes Wärmenetz mit begonnener Transformationsplanung
Fokusgebiet Markkleeberg Mitte	Wärmenetzgebiet ab 2030	hohe Wärmebedarfsdichte und eine Vielzahl von Ankerkunden mit Notwendigkeit zur kurzfristigen Erneuerung der Heizung
Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz	Wärmenetzgebiet ab 2035	Vorhandene Ankerkunden, optimale Wärmenetzausdehnung muss geklärt werden
Teilgebiet südlich der Seenallee und westlich der Bahntrasse	Prüfgebiet	vereinzelt Nahwärmenetze bzw. Gebäudenetze möglich, aber unwahrscheinlich
Teilgebiet am historischen Torhaus und nördlich des Weinteichgrabens	Prüfgebiet	vereinzelt Nahwärmenetze bzw. Gebäudenetze möglich, aber unwahrscheinlich
restliche Teilgebiete	Gebiet für dezentrale Versorgung	geringe Wärmebedarfsdichten, vorwiegend Einzeleigentümer

Tabelle 22 Voraussichtliche Einteilung in Versorgungsgebiete

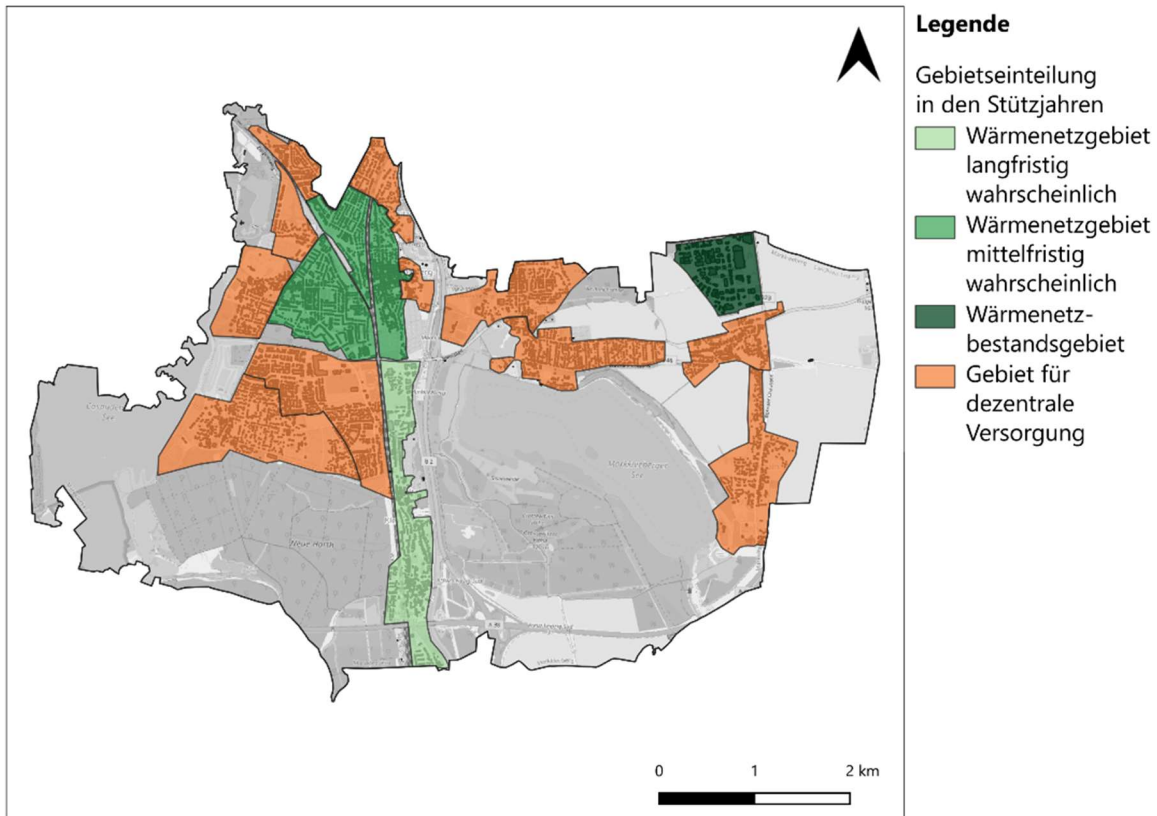


Abbildung 61 Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40])

Die getroffene Einteilung kann für Ausweisungsentscheidungen nach § 26 WPG als Grundlage genutzt werden, ist aber dafür unbedingt mit dem dann vorhandenen Stand der Technik und Regulatorik abzugleichen. Sowohl die Einteilung in voraussichtliche Wärmenetzgebiete als auch die Versorgungsarten im Zieljahr sind wesentlicher Betrachtungsgegenstand in der Fortschreibung der Wärmepläne nach spätestens fünf Jahren.



## 4.4 Möglichkeiten der Wärmeversorgung außerhalb von Wärmenetzgebieten

Außerhalb von potenziellen Gebieten mit einer zentralen Wärmeversorgung über Fernwärmelösungen verbleiben den Gebäudeeigentümern auch nach der Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) mit den Vorgaben an den Anteil erneuerbaren Energien eine Vielzahl von Lösungen. Grundsätzlich ist der Einsatz von 65 % beim Einbau neuer Heizungen nicht in jedem Fall sofort zu erbringen. Es gibt eine Reihe von Ausnahmen und Übergangsfristen. Auf welche in Abbildung 62 ausschnittsweise eingegangen wird.

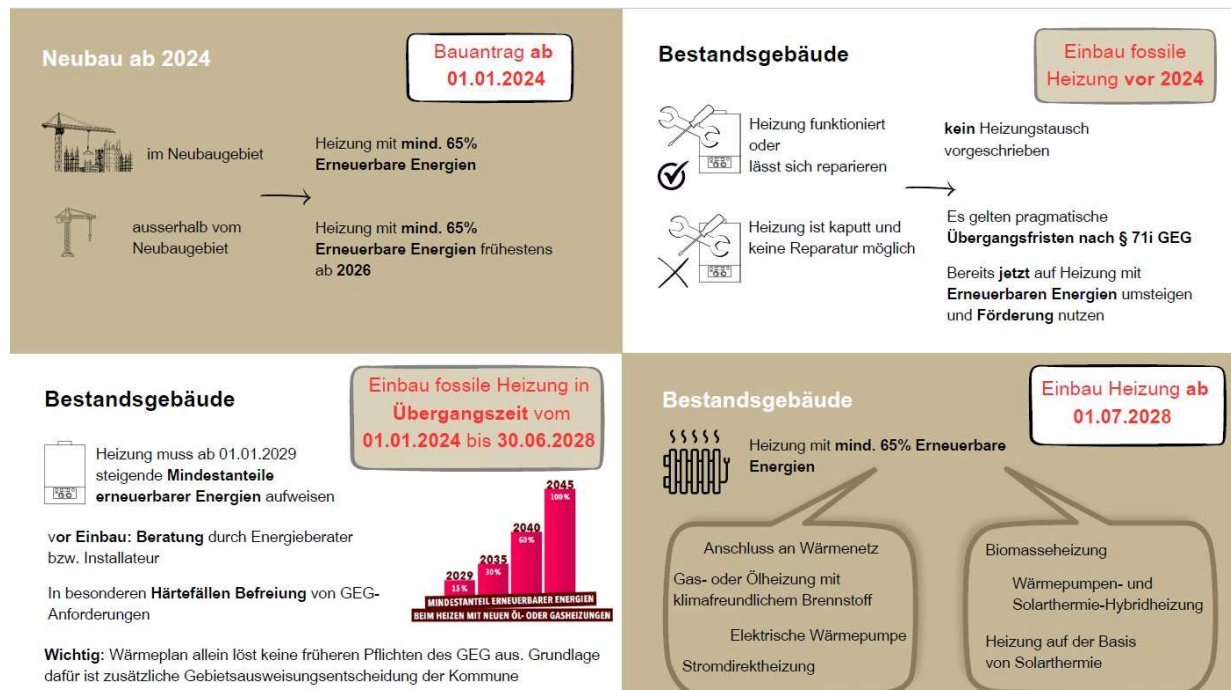


Abbildung 62 Regelungen zum Einbau neuer Heizungen gemäß GEG [11] (Quelle: [26])

An dieser Stelle kann nur auszugsweise auf die Alternativen zu einem Anschluss an ein Wärmenetz eingegangen werden. Erstinformationen und Beratungsangebote sind für Eigentümer in Markkleeberg bspw. unter folgenden Links zu finden:

- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung\\_Wohngebaeude/energieberatung\\_wohngebaeude\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebaeude/energieberatung_wohngebaeude_node.html)
- Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ): <https://www.waermewendecheck.de/>
- Industrie- und Handelskammer (IHK): <https://www.leipzig.ihk.de/infos-fuer-unternehmen/themen/gruendung-foerderung/foerdermittelkompass/energieberatung-fuer-wohngebaeude/>
- Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)

<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Energieeffizient-sanieren/>

– Verbraucherzentrale Sachsen:

<https://www.verbraucherzentrale-sachsen.de/energie/energieberatung-der-verbraucherzentrale-78220>

Das GEG ermöglicht als Ersatzmaßnahme zum Einsatz von 65 % erneuerbarer Energien für die Gebäudebeheizung grundsätzlich den Anschluss an ein Wärmenetz. Die Betreibergesellschaften dieser Netze sind durch das WPG verpflichtet, Mindestanteile an erneuerbaren Energien (bspw. 30 % im Jahr 2030) einzusetzen. Spätestens im Jahr 2045 sollen alle Netze vollständig auf erneuerbare Energien umgestellt sein.

Falls in der Nähe kein Wärmenetz vorhanden ist oder eine Entwicklung absehbar ist, sind beispielsweise diese Alternativen möglich:

**Sole/Wasser-Wärmepumpe (elektrisch):** Es wird zum Großteil Umweltwärme genutzt (bspw. Erdwärme, Grundwasser). Der benötigte Strom wird schrittweise klimaneutral (z. B. Zielstellung 80 % erneuerbaren Energien im Jahr 2030 im deutschen Strommix). Wärmepumpen haben die höchste Effizienz bei geringen Vorlauftemperaturen, was durch Sanierung sowie Flächenheizungen im Bestand möglich ist. Daher liegt der Wärmebedarf des Gebäudes idealerweise unter 100 kWh/m<sup>2</sup>\*a. Elektrische Wärmepumpen lassen sich mit einer Photovoltaikanlage und Stromspeicher kombinieren.

**Luft/Wasser-Wärmepumpe (elektrisch):** Bei dieser Lösung wird Außenluft als Umweltwärmequelle verwendet. Durch die geringere Effizienz in den Wintermonaten ist der Einsatz einer Zusatzheizung (z. B. Heizstab) zwingend erforderlich. Auch bei dieser Wärmepumpenlösung ist eine Sanierung vorteilhaft und die Kombination mit Photovoltaik wirtschaftlich interessant.

**Hybrid-Wärmepumpe Luft/Wasser (Strom/Erdgas):** In dem Anlagenkonzept wird der Spitzenlastanteil an besonders kalten Tagen durch eine Gasbrennwerttherme gedeckt. Die Grundlast übernimmt eine Wärmepumpe mit dem Energieträger Strom. Dadurch ist es auch bei benötigten hohen Vorlauftemperaturen (bspw. denkmalgeschützte Gebäude ohne Sanierungsoption für die Außenwand) möglich, einen Großteil des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien zu decken. Bei dieser Lösung ist aber zu bedenken, dass der Einsatz fossiler Gase ab 2045 laut GEG untersagt ist.

**Biomasseheizung:** Im Fall von Ein- und Zweifamilienhäusern kommen in der Regel Pellets, Hackschnitzel oder Scheitholz als Brennstoffe für zentrale Kessel in Frage. Durch den erneuerbaren Brennstoff wird sofort eine 100%ige Deckung des Wärmebedarfs durch regenerative Energie möglich. Diesem Vorteil steht der Nachteil der begrenzten Verfügbarkeit und damit möglicherweise steigenden Preise für den Energieträger gegenüber. Selbst geschlagenes und gelagertes Scheitholz kann eine Alternative darstellen. Die für die Verbrennung notwendigen Vergaserkessel sind aber in der Anschaffung teurer als Pelletkessel und die Lagerung des Holzes benötigt mehr Platz im oder am Gebäude.

**Stromdirektheizung:** Die direkte Nutzung von Strom ohne einen zwischengeschalteten Wärmepumpenprozess ist in der Regel nur bei besonders gut

gedämmten Gebäuden (z. B. Passivhaus) eine wirtschaftliche Alternative. Im Vergleich zur Luft-Wärmepumpe ist der Strombedarf solch einer Lösung bspw. 3-mal höher.

**Grüne Gase oder Heizöle:** Der Einsatz von grünen Gasen kann eine Ersatzmaßnahme für den Einbau oben genannter Lösungen sein. Dies kann direkt durch den Einsatz von biogenem Flüssiggas oder bilanziell durch Biomethan erfolgen. Dabei sind aber die einzuhaltenden Mindestanteile von 65 % und die langfristige Verfügbarkeit, der zum Teil global gehandelten Energieträger zu beachten.

**Solarthermie:** Die direkte Nutzung der solaren Wärme ist ebenfalls eine Möglichkeit der teilweisen Deckung des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien. Die Flächenverfügbarkeit für die Kollektoren auf dem Dach und für den Pufferspeicher im Keller ist aber in der Regel begrenzt, was eine Deckung zu 65 % kaum möglich macht. Weiterhin besteht die direkte Flächenkonkurrenz zur zunehmend kostengünstigen Photovoltaik auf dem Dach, was die Kombination mit Wärmepumpen unwirtschaftlich machen kann.

Für die Durchführung einer Energieberatung empfiehlt es sich, zertifizierte Beratungsunternehmen bzw. Personen zu beauftragen. Erste Anlaufstelle ist die Plattform <https://www.energie-effizienz-experten.de/> der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena). Dort können Eigentümer gezielt Beratung finden, welche auch direkt zu den Fördermöglichkeiten aufklärt.

## 4.5 Maßnahmenkatalog

Ein wesentlicher Teil der Wärmewendestrategie ist der Maßnahmenkatalog, welcher der Strukturierung der erforderlichen Schritte dient. Durch die klar beschriebenen Aufgaben werden Potenziale erneuerbarer Energien schneller identifizierbar und erschließbar. Weiterhin dienen die darin aufgeführten Aktionsschritte der Koordination und Abstimmung von möglichen Investitionsentscheidungen für eine kostengünstige, sichere und treibhausgasneutrale Wärmeversorgung. Der Maßnahmenkatalog ist an die planungsverantwortliche Stelle, also die Stadtverwaltung Markkleeberg und damit nur mittelbar an beteiligte Akteure gerichtet.

Für die Erstellung eines ersten Entwurfs des Maßnahmenkatalogs wurden folgende Ansätze gewählt: Im Rahmen der Akteursbeteiligung sind bereits frühzeitig übergreifende und spezielle Maßnahmen diskutiert worden. Die Potenziale in den Fokusgebieten lieferten die weiteren Ansatzpunkte aus der Wärmeplanung. In der Kommune lagen weiterhin Maßnahmenkataloge aus den laufenden Klimaschutzprozessen vor (bspw. eea, KSK), die auf Integration in den Maßnahmenkatalog für die Wärmeplanung geprüft wurden. Der Leitfaden zur Erstellung von Wärmeplänen bietet mit der umfangreichen Maßnahmenliste und der Vorlage eines Maßnahmenblattes ebenfalls eine Basis für den hier integrierten Katalog.

Die in Anhang 4 hinterlegten Maßnahmen wurden mit den beteiligten Akteuren abgestimmt und sind mit folgenden Indikatoren ausgestattet:

- **Maßnahmenbereich:** Der Themenbereich, in dem die Maßnahme durchgeführt wird.
  - Potenzialerschließung und Ausbau erneuerbarer Energien
  - Wärmenetzausbau und -transformation
  - Sanierung/Modernisierung und Effizienzsteigerung
  - Heizungsumstellung und Transformation in Gebäuden und Quartieren
  - Stromnetzausbau
- **ID:** Eine eindeutige Kennung für jede Maßnahme.
- **Maßnahmentitel:** Der Titel der Maßnahme, z. B. „Flächensicherung für erneuerbare Energien“.
- **Rolle der Kommune:** Die Rolle, die die Kommune bei der Umsetzung der Maßnahme spielt.
  - regulieren
  - motivieren
  - koordinieren
- **Beschreibung:** eine detaillierte Beschreibung der Maßnahme
- **Ziel:** das Ziel, das mit der Maßnahme erreicht werden soll
- **Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios:** wie die Maßnahme zur Erreichung des übergeordneten Zielszenarios beiträgt
- **Erforderliche Umsetzungsschritte und Meilensteine:** die notwendigen Schritte und Meilensteine zur Umsetzung der Maßnahme
- **Zeitraum:** der geplante Zeitraum und der Zeitpunkt, zu dem die Maßnahme abgeschlossen sein soll
- **Zeitliche Einordnung:** die zeitliche Kategorisierung der Maßnahme als „kurzfristig“, „mittelfristig“ oder „langfristig“
- **Kosten:** die geschätzten Kosten für die Planung und Umsetzung der Maßnahme
- **Einfluss der Kommune:** der Einfluss, den die Kommune auf die Maßnahme hat, z. B. „hoch“, „mittel“
- **Verantwortliche Akteure:** die Akteure, die für die Umsetzung verantwortlich sind, und eventuell bereits getroffene Vereinbarungen zwischen diesen
- **Betroffene Akteure:** die Akteure, die von der Umsetzung betroffen sind.
- **Finanzierungsmechanismen:** die Finanzierungsmechanismen, wie z. B. Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), kommunale Förderprogramme, Contracting
- **Flankierende Aktivitäten:** Wechselwirkungen oder Synergien mit anderen Maßnahmen und Instrumenten, Kooperations- und Controllinginstrumente, Monitoring und Umsetzungsbegleitung

Der Katalog enthält in den fünf Maßnahmenbereichen folgende Maßnahmen:

- Heizungsumstellung und Transformation in Gebäuden und Quartieren
  - klimaneutrale Wärmeversorgung kommunaler Liegenschaften
  - Nahwärmenetz am Schulstandort West
- Potenzialerschließung und Ausbau erneuerbarer Energien
  - Machbarkeitsstudien für erneuerbare Energien und Wärmenetze
  - Veröffentlichung der Wärmeplanungsergebnisse in einem Webkataster
- Sanierung/Modernisierung und Effizienzsteigerung
  - Ausbau von Beratungsangeboten zu energetischer Sanierung in der Kommune schaffen
  - Zusammenarbeit mit Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften
- Wärmenetzausbau und -transformation
  - fortlaufende Kommunikation
  - Integration von Wärmewende-Vorgaben und Prüfung einer möglichen Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwangs
  - Berücksichtigung der Gebietseinteilung
  - Verstetigung der Kommunikationsstrukturen aus der Phase der Wärmeplanung
  - laufende Abstimmung mit den Netzbetreibergesellschaften (Strom, Gas, Wärme)
- Stromnetzausbau
  - Kommunikations- und Beteiligungskonzept
  - Stromnetzchecks

## 4.6 Zusammenfassung

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen schreiben die Ziele der strategischen Ausrichtung im Bereich der Wärmeversorgung durch das GEG und das WPG konkret vor. Die im Jahr 2045 einzuhaltende Treibhausgasneutralität wird aus heutiger Sicht in Markkleeberg im Wesentlichen durch den Ausbau von Wärmenetzen, dezentrale Lösungen und Gebäudenetze erreichbar sein. Aspekte der Wirtschaftlichkeit in der Wärmeerzeugung und den resultierenden Wärmepreisen sind dabei nicht sicher prognostizierbar. Das Szenario ist aus der Bestandsanalyse und der Bewertung der Potenzialanalyse hergeleitet worden. Für die drei Fokusgebiete in Wachau, Großstädteln und Gaschwitz sowie Markkleeberg Mitte sind mögliche Transformations- bzw. Wärmenetzbaumaßnahmen ermittelt worden. In Markkleeberg Mitte zeichnet sich nach aktuellem Stand eher die Realisierung von Wärmeinseln statt einer flächendeckenden Neuerschließung ab. Im Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz ist die Ausdehnung eines Wärmenetzes ausgehend von den Beständen der WBG und möglichen Potenzialflächen entlang der Pleiße in einem nächsten Schritt abzuschätzen. Für die Wärmeversorgung in Wachau existieren bereits konkrete Pläne für eine auf Umweltwärme basierenden Wärmeerzeugung.

Die Gebietseinteilung und Versorgungsarten in Anlehnung an das WPG liefert eine nach heutiger Sicht hergeleitete Perspektive der Wärmeversorgung in Markkleeberg im Jahr 2045. Dabei sind Wärmenetze in den verdichteten Ortsteilen wie Markkleeberg Mitte wahrscheinlich umsetzbar und dezentrale Versorgungslösungen in den durch Einfamilienhäuser geprägten Gebieten realistisch. Die Einteilung wurde dabei analytisch hergeleitet und kann als Grundlage für Ausweisungsentscheidungen verwendet werden. Aus der Gebietseinteilung selbst ergibt sich jedoch keine Verpflichtung zur Nutzung einer bestimmten Wärmeversorgungsart.

## 5 Prozess der Wärmewende

---

### 5.1 Verstetigungsstrategie

Die vorliegende Wärmeplanung stellt den ersten Schritt im Prozess der aktiv begleiteten kommunalen Wärmewende dar. Es sind die Wissensgrundlagen geschaffen und konkrete Maßnahmen für die nächsten Jahre in der Verstetigungsphase entwickelt worden. Zunächst sind dafür die Aufgaben der planungsverantwortlichen Stelle organisatorisch und personell einzubetten. Die ämterübergreifende Zusammenarbeit ist dabei ein wesentlicher Schlüsselfaktor.

Folgende Schritte sind dabei zu empfehlen:

#### 1. Hauptverantwortliche Person festlegen

Es muss eine Person in der Verwaltung benannt werden, die hauptverantwortlich für die verwaltungsinterne und externe Kommunikation ist. Diese Person sollte die notwendige Zeit und Mittel für die verstetigte Kommunikation bereitgestellt bekommen.

Die Aufgaben des integrierten Klimaschutzes und der Energieeffizienz sind in der Markkleeberger Verwaltung zum Zeitpunkt der Erstellung der Wärmeplanung im Gebäudemanagement/Immobilienbewirtschaftung verortet. Die Hauptverantwortung für die Umsetzung der Wärmeplanung sollte aber mit der Stadtplanung geteilt werden. In Abbildung 61 sind die laufend zu beteiligten Stellen innerhalb der Stadtverwaltung Markkleeberg gekennzeichnet. Die geteilte Hauptverantwortlichkeit ist durch eine rote Hervorhebung markiert. Da der Prozess aber durch eine Person zu führen ist und die Planung keine formelle Fachplanung ist, wird empfohlen, einen Mitarbeiter im Fachbereich Gebäudemanagement/Immobilienbewirtschaftung die Hauptverantwortung zu übergeben. Dort wurde bereits die Erstellung des Klimaschutzkonzeptes und der European Energy Award geführt.

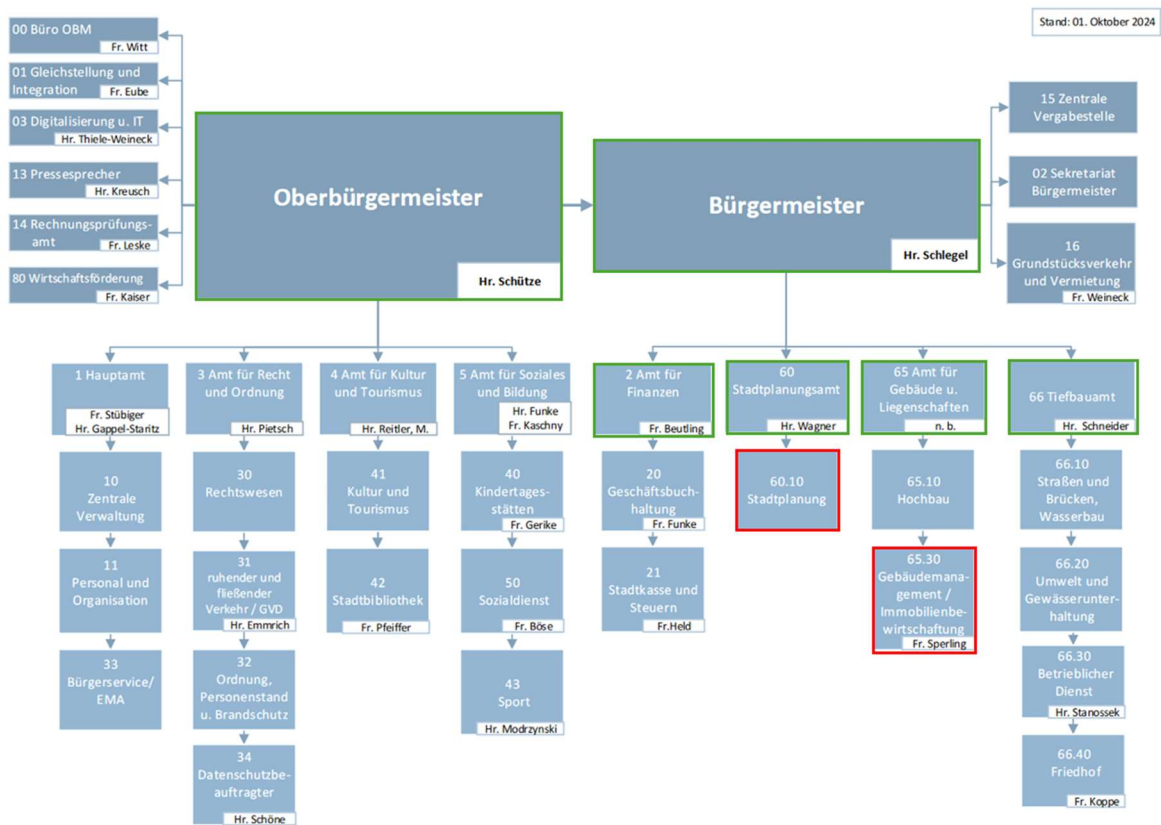


Abbildung 63 Organigramm Stadtverwaltung Markkleeberg inkl. Kennzeichnung der Verantwortlichkeiten (Quelle: [55])

## 2. Organisation von regelmäßigen Treffen der Steuerungsgruppe

Es sollen regelmäßige Treffen, ein- bis zweimal jährlich und anlassbezogen, organisiert werden, um den Fortschritt der Maßnahmenumsetzung zu überwachen und neue Erkenntnisse auszutauschen.

## 3. Benennung der Mitglieder und Vertretung

Die Mitglieder der Steuerungsgruppe und deren Vertretungen müssen benannt werden, um eine kontinuierliche Zusammenarbeit zu gewährleisten. Für den Übergang in die Verstetigungsphase ist es empfehlenswert, die Steuerungsgruppe aus der Phase der Wärmeplanung fortzusetzen. Hierzu zählen die im Organigramm gekennzeichneten Stellen sowie die Vertreter der Netzbetreibergesellschaften MitNetz Strom und Mitnetz Gas, die Betreiber des Wärmenetzes in Wachau enviaTherm, Vertreter der WBG Markkleeberg und Vertreter der Leipziger Wasserwerke/L-Gruppe. Die Gruppe kann dauerhaft oder fallbezogen um weitere Unternehmen oder Institutionen erweitert werden. Weiterhin ist die Einladung von weiteren Akteuren aus der Region zu empfehlen (z. B. Nachbarkommunen, Landkreis Leipzig).

## 4. Externe Moderation und Beratung

Die kontinuierliche Einbindung einer externen Moderation und Beratung wird empfohlen, um sicherzustellen, dass die Sitzungen effizient und zielgerichtet verlaufen. Wesentlicher Vorteil liegt darin, dass alle beteiligten Fachämter aktiv



Inhalte einbringen können und nicht die hauptverantwortliche Person durch die Moderation dahingehend eingeschränkt ist.

#### 5. Erstellung von Leitlinien zur Integration der Wärmeplanung

Die Leitlinien sollten erstellt werden, damit die Ergebnisse der Wärmeplanung in der Verwaltung berücksichtigt werden. Es ist nicht verpflichtend, dieses Werkzeug einzusetzen, da bereits das WPG einen Abgleich mit betroffenen Fachplanungen, wie Bebauungspläne und dem Flächennutzungsplan, vorsieht. Die Leitlinien sind aber zu empfehlen, wenn zu befürchten ist, dass die Planung sonst in Vergessenheit gerät.

Die hauptverantwortlichen Stellen haben folgende Aufgaben in der Verstetigung der Wärmewende zu erfüllen:

##### – Integration der Ziele der Wärmeplanung in andere Fachplanungen

Die Zielstellungen und Zwischenschritte zur klimaneutralen Wärmeversorgung sind in allen relevanten Fachplanungen zu berücksichtigen. Hierzu zählen bspw. zukünftige und in Aufstellung befindliche Bebauungspläne, Abwägungen bei der Fortschreibung des Flächennutzungsplans und Entwicklungsziele im Stadtentwicklungskonzept. Im Gegenzug sind die Anpassungen der anderen Fachplanungen in die Fortschreibung des Wärmeplans zu integrieren.

##### – Überprüfung und Fortschreibung des Wärmeplans

Die planungsverantwortliche Stelle führt gemäß WPG eine regelmäßige Überprüfung und Fortschreibung des Wärmeplans durch. Dies beinhaltet die Überwachung der Umsetzung der Maßnahmen und die Anpassung der Gebietseinteilung, insbesondere in Teilgebieten mit unsicherer Versorgung. Die regelmäßige Durchführung der Sitzungen kann zum Anlass genommen werden, den Maßnahmenplan zu aktualisieren.

Weiterhin ist der Wärmeplan an externe Veränderungen anzupassen, wie z. B. neue Technologien oder politische Zielsetzungen. Im Anbetracht der Veränderungen auf allen Ebenen der Politik ist bereits in den nächsten Jahren mit einer Anpassung von Zielvorgaben und der Weiterentwicklung nationaler Energiestrategien zu rechnen. Die planungsverantwortliche Stelle muss daher laufend prüfen, ob eine Teilfortschreibung des Wärmeplans bereits vor der im WPG festgelegten Frist von 5 Jahren für den Soll-Ist-Abgleich erforderlich ist. Spätestens die Inbetriebnahme von neuen Wärmenetzen führt zur Fortschreibungsnotwendigkeit der Analysen.

##### – Monitoring und Controlling

Ein Controllingkonzept sollte entwickelt werden, um die Umsetzung der Maßnahmen zu überwachen. Ein Plan-Ist-Abgleich hilft dabei, festzustellen, ob die Kommune auf dem vorgesehenen Entwicklungspfad ist oder ob es Umsetzungsdefizite gibt. Das Kapitel 5.2 gibt hierzu die notwendigen Hinweise.

##### – Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit

Die Verwaltung sollte kontinuierlich relevante Akteure einbeziehen und die Öffentlichkeit über den Fortschritt und die Ergebnisse der Wärmeplanung informieren. Dies kann durch Veranstaltungen, Pressemitteilungen und andere Kommunikationsstrategien geschehen. Ein Abschnitt zur Akteursbeteiligung und Kommunikationsstrategie ist unter 5.3 zu finden.

Die hier aufgeführten Schritte und Aufgaben sowie die im Katalog nach Anhang 2 detailliert beschriebenen Maßnahmen, sollen die etablierten Kommunikations- und Kooperationsstrukturen auch nach Abschluss der initialen Wärmeplanungsphase aufrechterhalten und die nachhaltige Umsetzung der Wärmeplanungsziele unterstützen.

Abbildung 64 zeigt den Aufbau der Organisationsstruktur für Markkleeberg.

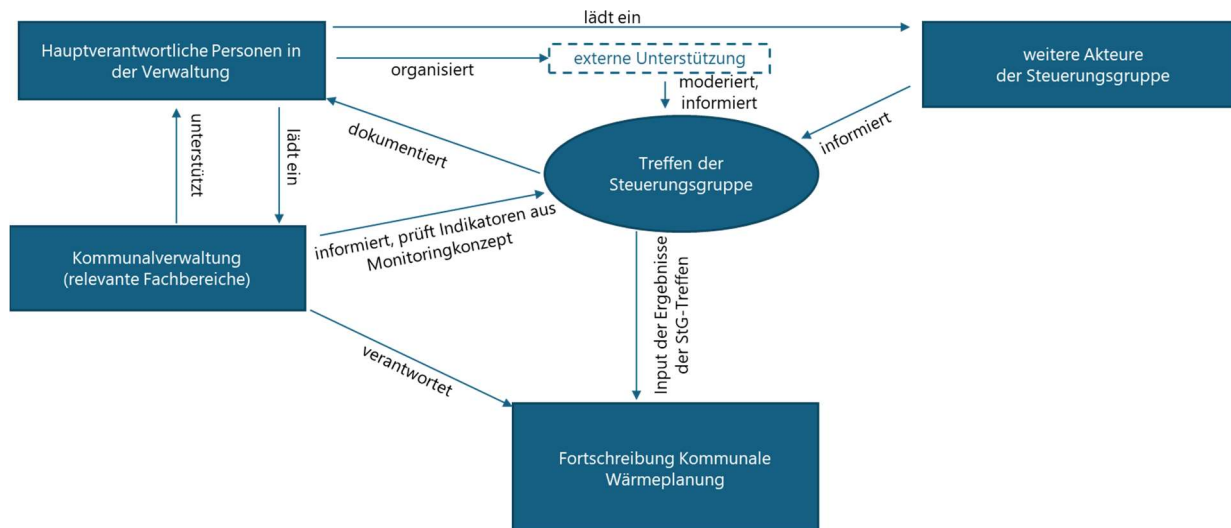


Abbildung 64 Mögliche Organisationsstruktur der Verstetigung in der Stadtverwaltung Markkleeberg (Quelle: eigene Darstellung)

Die Verstetigung des Wärmewendeprozesses innerhalb der Verwaltung erfordert zeitliche und finanzielle Ressourcen. Hierzu sollten den zuständigen Personen Stellenanteile und ein Budget zugeordnet werden. Aufgrund der schnellen Entwicklung von Gesetzen, Förderungen und Technologien sind weiterhin regelmäßige Weiterbildungen zu absolvieren. Der Wissenserwerb kann auch durch Teilnahme an Konferenzen und Erfahrungsaustauschen mit anderen Kommunen stattfinden.

Teil der Verstetigung ist auch die Vernetzung mit anderen Kommunen auf Bundes- und Landesebene. Das Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende KWW hat hierzu im September 2024 mit dem Aufbau des WärmeWendeKommune-Netzwerk WWK begonnen. Wesentliches Ziel ist der Austausch von Wissen und Erfahrung in der Wärmeplanung und der Umsetzung von Projekten. Interessierte Kommunen können Teil des Netzwerks werden (vgl. <https://www.kww-halle.de/wwk-netzwerk#c682>). Die Teilnahme von Markkleeberg könnte im Rahmen einer der nächsten Steuerungsgruppensitzungen besprochen werden.

Die Servicestelle Wärmeplanung bei der saena bietet laufend aktualisierte Informationen zu den Fragen in der Erstellung und Verstetigung der Wärmeplanung in den sächsischen Kommunen. Es werden monatlich Webinare zu verschiedenen Themen angeboten und der Erfahrungsaustausch zwischen den Kommunen gefördert (vgl. <https://www.saena.de/kommunale-waermeplanung-10615.html>)

## 5.2 Controllingkonzept

In Transformationsprozessen wird häufig von Monitoring und Controlling als wesentliche Werkzeuge der Fortschrittsbewertung gesprochen. Monitoring konzentriert sich auf die Überwachung und Erfassung von Daten, während Controlling die Analyse und Steuerung dieser Daten zur Verbesserung des Prozesses umfasst. Das Controlling dient der laufenden Erhebung und Bewertung des Fortschritts der Wärmewende in Markkleeberg.

Grundlage der Bewertung sind Zielvorgaben, welche laufend dem aktuellen Stand gegenübergestellt werden. Im Top-Down-Controlling umfasst dies beispielsweise den Anteil erneuerbarer Energien am Wärmemix in % oder Pro-Kopf-Emissionen in t/a. In Abschnitt 4.1 sind die Pfade zur Treibhausgasneutralität 2045 aufgezeigt, welche sich auf Basis der Ausgangssituation im Basisjahr, der gesetzlichen Vorgaben und der Potenziale ergeben. Die für die Stützjahre 2030, 2035, 2040 und das Zieljahr ermittelten Parameter nach Abschnitt 4.1.2 dienen als Zielwerte für das Controlling (vgl. Tabelle 23).

Jahr	Anteil dezentrale EE am Wärmemix	Anteil Wärmenetze am Wärmemix	Treibhausgasemissionen Pro-Kopf
2022	7 %	4 %	2,2 t/EW
2030	13 %	12 %	1,8 t/EW
2035	36 %	19 %	1,2 t/EW
2040	51 %	27 %	0,6 t/EW
2045	65 %	35 %	0,1 t/EW

Tabelle 23 Kennzahlen Top-Down-Controlling

Eine Überprüfung nachlaufend zu den Stützjahren, bspw. durch Bilanzierung des Jahres 2030 im Jahr 2032, würde ein rechtzeitiges Eingreifen verhindern. Daher ist es notwendig eine laufende Bewertung der Fortschritte durchzuführen, um eine Zielabweichung rechtzeitig zu bemerken und Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Es können sich aber auch die Zielwerte durch Änderung der gesetzlichen Vorgaben ändern, was zur Neuentwicklung von Zielszenarien führt. Für das Top-Down-Controlling ist die regelmäßige Erstellung von Energie- und Treibhausgasbilanzen entscheidend. Damit werden die wesentlichsten Daten (z.B. Erdgasabsätze, Anzahl und Leistung EE-Anlagen) systematisch erfasst und nach einem etablierten Standard bilanziert. Von der Neubilanzierung ausgehend kann dann der Zielpfad unter möglichen neuen technologischen und gesetzlichen Voraussetzungen aktualisiert werden.

Im Gegensatz zum Top-Down-Controlling wird im Bottom-Up-Controlling auf den Umsetzungsstand einzelner Aktivitäten (bspw. Aktionsschritte und Maßnahmen) fokussiert. Dabei geht es nicht unmittelbar um die Wirkung auf die quantifizierte Zielerreichung, sondern auf die Durchführung der Aktivität selbst. So entfalten Machbarkeitsstudien zur Realisierung von Wärmenetzen erst nach mehreren Jahren eine in der Treibhausgasbilanz messbare Wirkung, deren Erstellung ist aber ein wesentlicher Schritt für den Erfolg. Für das Controlling der Maßnahmen nach Anhang 2 ist zu empfehlen, die Liste im Rahmen der Verstetigungssitzungen laufend zu aktualisieren, den Fortschritt zu erfassen und um neue Maßnahmenansätze zu ergänzen. Diese Vorgehensweise hat sich aus dem Klimaschutzprozess

und dem Management nach den Vorgaben des eea in Markkleeberg bereits bewährt.

In der Wärmeplanung für Markkleeberg wurden mit den Fokusgebieten Schwerpunkträume von kurz- und mittelfristig realisierbaren Projekten definiert und mit eigenen Handlungsschritten unteretzt (vgl. Kapitel 4.2). Der Planungs- und nachfolgende Umsetzungsfortschritt ist ebenfalls im Controlling im Auge zu behalten. Ein erster einfacher Ansatz ist dabei die Kontrolle innerhalb der Realisierungsphasen von Wärmewendeprojekten. [16] In Abbildung 65 ist der Stand der Realisierung der Projektansätze in den Fokusgebieten aus der Phase der Erstellung der vorliegenden Wärmeplanung hinterlegt. In der Verstetigungsphase ist diese Übersicht stets aktuell zu halten und fehlende Fortschritte gemeinsam mit den Akteuren zu diskutieren.

	Wachau	Großstädteln/ Gaschwitz	Markkleeberg Mitte
1. Anlass / Synergieeffekte	vorhanden	teilweise vorhanden	vorhanden
2. Grundsätzliche Abschätzung	positiv	Netzausdehnung muss geprüft werden	positiv in Einzelnetze
3. Initialplanung	in Bearbeitung	offen	in Bearbeitung
4. Detailplanung	offen	offen	offen
5. Entscheidungsfindung und Gründungsphase	begonnen	offen	begonnen
6. Fördermittelbeantragung	in Bearbeitung	offen	offen
7. Genehmigungsphase und Ausschreibung	offen	offen	offen
8. Bau + Betrieb	offen	offen	offen

Abbildung 65 Phasen der Realisierung von Wärmewendeprojekten nach [16] und Umsetzungsstand in den Fokusgebieten (Quelle: eigene Darstellung)

Die initiale Wärmeplanung für Markkleeberg wurde auf Basis der Anforderungen aus der Bundesförderung nach Kommunalrichtlinie erstellt. Aufgrund dieser Förderung ist Markkleeberg nach § 5 Abs. 2 WPG von der Verpflichtung der Erstellung des Wärmeplans nach dem Bundesgesetz befreit. Die Verpflichtung zur höchstens im Abstand von fünf Jahren zu erfolgende Überprüfung des Fortschritts in der Umsetzung der ermittelten Strategien und Maßnahmen besteht trotzdem. In § 25 Abs. 3 wird für bestehende Wärmepläne präzisiert, dass die Vorgaben des Gesetzes spätestens ab dem 01.07.2030 zu berücksichtigen sind. Das hat für die geförderte Wärmeplanung zur Folge, dass bis zu diesem Stichtag eine Fortschreibung des Wärmeplans auf Basis der gesetzlichen Anforderungen zu erfolgen hat.

Aufgrund der Entwicklung neuer Technologien, dem volatilen Energiemarkt und der laufenden Zielanpassung auf gesetzlicher Ebene, ist zu erwarten, dass eine reine Überprüfung nach fünf Jahren für keinen Wärmeplan ausreichen wird.

Die durchzuführende Fortschreibung des Wärmeplans nach gesetzlichen Vorgaben ersetzt aber nicht die laufende Überwachung des Fortschritts und die sich

ergebenden Eingriffe bei Zielabweichung. Die Fortschreibung hat laut des Leitfadens für die Erstellung von Wärmeplänen [9] vor allem folgende Zielstellungen:

- Fortschrittsüberprüfung der Umsetzungsstrategie
- Schließen von Lücken der ersten Datenerhebung
- Aktualisierung der Potenzial- und Bestandsanalysen
- Aktualisierung des Zielszenarios und der Gebietseinteilung
- Zuordnung von Wärmeversorgungsarten in zunächst als Prüfgebiet gekennzeichneten Bereiche

## 5.3 Akteursbeteiligung und Kommunikation

### 5.3.1 Beteiligung in der Konzeptphase

#### 5.3.1.1 Steuerungsgruppe

Die Einrichtung einer Steuerungsgruppe als zentrales Beteiligungsinstrument für die Fachakteure wurde frühzeitig vorgenommen. Damit sollte die Umsetzbarkeit der Wärmeplanung und die nachfolgende Verstetigung systematisch unterstützt werden. Im Rahmen des verwaltungsinternen Kick-Offs wurden die in Frage kommenden Akteure besprochen und folgende Kriterien bei der Auswahl beachtet:

- Betroffenheit: Wie stark werden die Interessen und Bedürfnisse der Institution durch das Projekt berührt?
- Einfluss und Potenziale zur Maßnahmenumsetzung: Wie groß sind die Möglichkeiten, die Analyse zu unterstützen sowie die Umsetzung der Ergebnisse voranzutreiben?
- Integration in die Verwaltung
- Vorgaben der Förderung nach Kommunalrichtlinie
- Vorgaben gem. Wärmeplanungsgesetz (§ 7 Abs. 1 bis Abs. 3 WPG)

Ausgangspunkt für die Bestimmung der Teilnehmenden an der Steuerungsgruppe war das in Marktleeburg etablierte Format des Klimabeirats. Ausgehend vom Prozess des European Energy Awards werden dort zweimal pro Jahr erledigte Maßnahmen und die nächsten Schritte im Klimaschutzprozess besprochen. Die Leitung des Formats liegt beim Gebäudemanagement. Für die Wärmeplanung wurden einige Akteure aus dieser Runde für die Teilnahme an der Steuerungsgruppe ausgewählt und weitere Personen angefragt. Insbesondere die Netzbetreiber Strom und Gas sowie in der Gemeinde tätige Wärmenetzbetreibergesellschaften sind gemäß § 7 WPG zwingend zu beteiligen.

Akteure aus folgenden Bereichen wurden in der Steuerungsgruppe beteiligt:

- Stadtverwaltung (Oberbürgermeister, Bürgermeister, Gebäudemanagement/Immobilienbewirtschaftung, Stadtplanung, Tiefbauamt)

- Netzbetreibergesellschaften (MITNETZ Strom und MITNETZ Gas)
- Wärmenetzbetreiber (enviaTherm)
- Energieversorger (enviaM)
- Wohnungsbaugesellschaft Markkleeberg mbH
- L-Gruppe (Betreibergesellschaft im Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung Leipzig-Land)

Die Steuerungsgruppe in der kommunalen Wärmeplanung dient als fachliches Gremium, das den Planungsprozess gestaltend begleitet. Während das Planungsbüro bspw. technische Untersuchungsergebnisse vorstellt und die Verwaltung im Prozess berät, diskutiert die Steuerungsgruppe die vorgelegten Untersuchungen und entwickelt Maßnahmen. In Tabelle 24 sind der verwaltungsinterne Auftakt und die Sitzungen der Steuerungsgruppe aus dem bisherigen Prozess zur Erstellung der Wärmeplanung dokumentiert.

**Tabelle 24** Auftakt und Sitzungen der Steuerungsgruppe

Veranstaltung	Datum	Inhalte
Kick-Off mit der Stadtverwaltung	12.10.2023	Zeitplanung, Datenbeschaffung, Akteursbeteiligung
1. Sitzung der Steuerungsgruppe	15.01.2024	Einführung aktueller Stand der Gesetzgebung, Bestandsanalyse
2. Sitzung der Steuerungsgruppe	09.04.2024	Potenzialanalyse, Festlegung Fokusgebiete
3. Sitzung der Steuerungsgruppe	29.08.2024	Strategieentwicklung in den Fokusgebieten
4. Sitzung der Steuerungsgruppe	25.11.2024	Verstetigungsstrategien, Maßnahmen

Die Fachakteure der Steuerungsgruppe sollten auch nach der Fertigstellung der Wärmeplanung weiterhin eng mit der Verwaltung zusammenarbeiten und in regelmäßigen Austauschformaten eingebunden bleiben, um die kommunale Wärmeplanung nachhaltig weiterzuführen, die Fortschreibung vorzubereiten und Umsetzungsprozesse gemeinsam zu steuern.

Der vorliegende Endbericht wurde in einem Umlaufverfahren mit den Akteuren der Steuerungsgruppe und den Vertretern der Kommune finalisiert.

### 5.3.1.2 Weitere Beteiligungsformate

Neben der Integration von Fachakteuren ist die Beteiligung der interessierten Öffentlichkeit und der politischen Entscheidungsträger über den gesamten Erstellungsprozess wichtig. Hierfür wurden die Veranstaltungen nach Tabelle 25 genutzt bzw. durchgeführt.

Veranstaltung	Datum	Inhalte
Sitzung des Klimabeirats	26.03.2024	rechtlicher Hintergrund zur Wärmeplanung, Einblick in die Bestandsanalyse
Sitzung des strategischen Ausschusses	23.05.2024	rechtlicher Hintergrund zur Wärmeplanung, Einblick in die Bestandsanalyse und Potenzialanalyse
Sitzung des Klimabeirats	17.09.2024	kurze Information zum Stand der Wärmeplanung
Bürgerinformationsveranstaltung	02.12.2024	rechtlicher Hintergrund zur Wärmeplanung, Einblick in die Planung, Entscheidungshilfen für Gebäudeeigentümer

**Tabelle 25** Weitere Veranstaltungen mit Informationen zur Wärmeplanung

In der Bürgerinformationsveranstaltung wurden die Inhalte der Wärmeplanung zusammen mit dem rechtlichen Hintergrund der interessierten Öffentlichkeit vorgestellt. Weiterhin wurde auf konkrete Fragen der Bürgerinnen und Bürger eingegangen, wobei die Verbindung zum GEG und aktuellen Möglichkeiten der Wärmeversorgungen betont wurde.

Es ist weiterhin vorgesehen, in der Beschlusssitzung zur Wärmeplanung die Ergebnisse im Stadtrat zu präsentieren und Rückfragen zu beantworten.

### 5.3.2 Kommunikationsinstrumente

Weiterhin ist es wichtig, auch im Anschluss an die Wärmeplanung, eine Kommunikationsstrategie zu verfolgen. Diese zielt darauf ab, die Öffentlichkeit und relevante Akteure über die Ergebnisse, geplante Maßnahmen und deren Umsetzung zu informieren und aktiv einzubinden. Um die Öffentlichkeit und relevante Stakeholder aktiv über den Umsetzungsprozess zu informieren, können folgende Ansätze und Formate genutzt werden (vgl. dazu [21]).

- Information über Ergebnisse der Wärmeplanung
  - Veröffentlichung Wärmeplanung inkl. Kartenwerk und Maßnahmenblätter
  - Visualisierung der Ergebnisse, z. B. durch ein Webkataster
  - regelmäßige Berichterstattung im Klimabeirat und Stadtrat
- Transparenz im Umsetzungsprozess
  - Transparenz bei Teilprojekten: Der Fortschritt einzelner Maßnahmen, wie etwa der Aufbau eines Wärmenetzes in Kooperation mit der Stadt, Unternehmen und Energieversorgern, sollte detailliert und verständlich kommuniziert werden, um Vertrauen und Unterstützung zu fördern.
  - Zeitpläne und Meilensteine der Umsetzung von Einzelprojekten in Fokusgebieten
  - Steckbriefe der Fokusgebiete veröffentlichen
- Beteiligung und Mitgestaltung

- Einladung zum regelmäßigen Austausch bspw. über Veranstaltungen, wie die sächsischen Energietage
- Angebote zur Mitgestaltung, z. B. bei der Entwicklung von Quartierslösungen oder lokalen Energieprojekten
- Aufklärung und Bewusstseinsbildung
  - Vermittlung der Vorteile und Notwendigkeiten der Wärmewende, etwa für Klimaschutz, Energieeffizienz und Versorgungssicherheit auf der Webseite sowie in Artikeln im Amtsblatt
  - Erläuterung der Konsequenzen für Bürger und Unternehmen, z. B. beim Heizungstausch oder bei Sanierungspflichten durch Setzen von Links zu Seiten mit den aktuellen Informationen (z. B. <https://www.gebaeudeforum.de/>)
  - Spezielle Veranstaltungen zu Themen wie Gebäudedämmung oder Wärmepumpen ermöglichen Bürgerinnen und Bürger, praxisnahe Informationen zu erhalten. Mit Unterstützung der Verbraucherzentrale und der saena können Ausstellungen durchgeführt und Angebote platziert werden.
- Individuelle Beratung und Unterstützung
  - Unterstützung von Beratungsangeboten zu Themen wie Fördermöglichkeiten, energetischer Sanierung oder Heizungsmodernisierung durch die Verbraucherzentrale Sachsen
  - Bereitstellen von Räumlichkeiten und Platz zum Auslegen von Informationsmaterialien für die Durchführung eines regelmäßigen Beratungsangebotes
- Motivation und Best Practices
  - Erfolgsgeschichten und Praxisbeispiele aus anderen Städten oder Projekten, die zeigen, wie Maßnahmen erfolgreich umgesetzt wurden. Diese können im Rahmen laufender Veröffentlichungen oder der Fortschreibung veröffentlicht werden.
  - Präsentation von regionalen guten Beispielen in der Steuerungsgruppe
- Zielgruppengerechte Ansprache
  - Anpassung der Kommunikationsmittel und -kanäle an die jeweilige Zielgruppe (Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen, Wohnungswirtschaft, Fachleute etc.).
  - Nutzung von Online-Plattformen, sozialen Medien, lokalen Medien und Printmaterialien.

Die Auflistung enthält eine Vielzahl von möglichen Kommunikationsmitteln im Prozess der Wärmewende. Der Umfang und die Intensität der genutzten Kanäle hängen stark mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen in der planungsverantwortlichen Stelle zusammen. Es ist daher zunächst auf die wesentlichen Kommunikationsziele zu fokussieren. Diese sind die Bekanntmachung, dass es einen fertigen Wärmeplan gibt und der damit verbundenen Erklärungen. Weiterhin ist der Plan sowie die zugehörigen Anlagen zeitnah nach dem Beschluss durch den Stadtrat zu veröffentlichen. Die weiteren Instrumente sollten in der verstetigten Steuerungsgruppe diskutiert und Stück für Stück implementiert werden.



## 6 Fazit und Ausblick

---

Mit dem vorliegenden kommunalen Wärmeplan hat die Stadtverwaltung Markkleeberg ausgehend von der Chance der Impulsförderung der Kommunalrichtlinie bereits vorfristig eine strategische Grundlage für den Wärmewendeprozess geschaffen. Aus der Bestandsanalyse ist hervorgegangen, dass die überwiegend erdgasbasierte Wärmeversorgung beinahe flächendeckend in Markkleeberg dominiert. Ausgenommen ist davon das einzige bestehende Fernwärmenetz in Wachau. Die Wärmebedarfsdichten und die prinzipiell zur Verfügung stehenden Potenziale führen in der Eignungsprüfung für die verkürzte Wärmeplanung zu der ersten Einteilung in potenziell geeignete Wärmenetzgebiete, insbesondere im Bereich von Markkleeberg Mitte, wo auch zum Teil die Flächen für dezentrale Optionen in Gebäudenähe fehlen.

Die lokal zur Verfügung stehenden erneuerbaren Wärmequellen sind dabei insbesondere Luft, Solarthermie, oberflächennahe Geothermie und Gewässer. Bei der oberflächennahen Geothermie und insbesondere der Nutzung von Gewässern ist die Genehmigungsfähigkeit projektkonkret zu prüfen. Regional betrachtet gibt es eine Nähe zum Wasserstoffkernnetz und die bestehende Gasinfrastruktur könnte theoretisch Wasserstoff verteilen. Allerdings wird die Nutzung von Wasserstoff in Markkleeberg als unwahrscheinlich angesehen, da die Verfügbarkeit außerhalb der Industrie und Energiewirtschaft nicht absehbar ist. Als aktuell noch nicht nutzbar und in Zukunft genauer zu prüfende Optionen sind weiterhin die Anbindung an das Fernwärmeverbundnetz und die Nutzung regionaler erneuerbarer Wärmepotenziale aus dem Südraum einzuschätzen. Ein interkommunaler Austausch wird empfohlen, um Chancen zu nutzen. Im Bereich der Energieeinsparung wird ein moderater Rückgang des Wärmeverbrauchs in privaten Haushalten erwartet, hauptsächlich durch bestehende Sanierungsaktivitäten, da keine Gebiete mit hohen Sanierungspotenzialen identifiziert wurden.

In der Strategieentwicklung wird ein Szenario auf Basis der gesetzlichen Zielstellung einer Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 aufgezeigt. Dieses basiert im Wesentlichen auf Wärmenetzen mit einem Anteil von 31 % im Zieljahr und dezentralen Lösungen. Die Wärmenetze konzentrieren sich dabei in den genauer untersuchten Fokusgebieten. Dabei wird nach aktuellem Stand nicht zwangsläufig von einer flächenhaften Erschließung ausgegangen, sondern vielmehr Wärmeinseln als Option aufgezeigt. Die Gebietseinteilung in Anlehnung an das WPG bildet dann zusammenfassend eine kartografische Darstellung der lokal verorteten Szenarienberechnung. In den eher durch Einfamilienhäuser geprägten Randlagen sind dezentrale Lösungen wahrscheinlich und in Markkleeberg dafür Wärmenetze die aus heutiger Sicht realistischere Option für eine nachhaltige Wärmerversorgung.

Aus den Untersuchungen und Darstellungen leiten sich keine Verpflichtungen oder Ansprüche für Gebäudeeigentümer, Netzbetreiber oder Versorger ab. Diese dienen aber als wesentliche Grundlage für die sich der Konzeptphase anschließenden Verfestigung. Die im Erstellungsprozess gegründete Steuerungsgruppe aus den beteiligten Akteuren der Stadtverwaltung, Infrastrukturbetreibern und Wohnungswirtschaft sollte weiterhin als eine wichtige Plattform genutzt werden, um die Vorhaben untereinander abzustimmen und die Tätigkeiten der Stadtverwaltung als planungsverantwortliche Stelle zu erleichtern. Dieser obliegt nun die Ergebnisse der Wärmeplanung Stück für Stück in Planungsprozesse zu integrieren

und den Fortschritt der Wärmewende in Markkleeberg laufend im Auge zu behalten. Spätestens nach fünf Jahren ist der Plan dann gemäß den dann gültigen gesetzlichen Anforderungen und dem Stand der Technik zu aktualisieren.

Der vorliegende Wärmeplan stellt keinen fertigen Fahrplan bis zur Klimaneutralität dar, sondern ist vielmehr der erste Schritt auf dem Weg von einer flächendeckenden erdgasbasierten Wärmeversorgung hin zu einem möglichst auf lokalen Ressourcen basierenden und klimaneutralen Mix an verschiedenen Optionen.

<b>Tabelle 1</b>	Einteilung des Gebäudebestands nach Gebäudefunktion.....	10
<b>Tabelle 2</b>	Beispielhafte Ermittlung des Wärmebedarfs eines typischen Mehrfamilienhauses .....	16
<b>Tabelle 3</b>	Definierte Ausschlussflächen und deren Herkunft .....	42
<b>Tabelle 4</b>	Technologische Annahmen und Rahmenbedingungen zur Potenzialermittlung der oberflächennahen Geothermie.....	45
<b>Tabelle 5</b>	spezifische Anforderungen nach Speichertyp [34].....	66
<b>Tabelle 6</b>	Lokale Potenziale erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme in Markkleeberg .....	76
<b>Tabelle 7</b>	Kennzahlen Fokusgebiet Markkleeberg Mitte .....	84
<b>Tabelle 8</b>	Mögliche erneuerbare Energiequellen für Wärmenetze im Fokusgebiet Markkleeberg Mitte.....	84
<b>Tabelle 9</b>	Kennzahlen Wärmeinsel Teilnetz 2 Markkleeberg Mitte .....	86
<b>Tabelle 10</b>	Anlagenkonfiguration und Kosten Wärmeinsel Markkleeberg Mitte.....	86
<b>Tabelle 11</b>	Maßnahmenbeschreibung Fokusgebiet Markkleeberg Mitte .....	87
<b>Tabelle 12</b>	Kennzahlen Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz .....	90
<b>Tabelle 13</b>	Mögliche erneuerbare Energiequellen für Wärmenetze im Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz .....	90
<b>Tabelle 14</b>	Standortkennzahlen Potenzialfläche Fokusgebiet Gaschwitz/Großstädteln für Geothermiesonden.....	91
<b>Tabelle 15</b>	Standortkennzahlen Potenzialfläche Fokusgebiet Gaschwitz/Großstädteln für Solarthermie.....	91
<b>Tabelle 16</b>	Maßnahmenbeschreibung Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz.....	92
<b>Tabelle 17</b>	Kennzahlen Fokusgebiet Gewerbegebiet Wachau .....	95
<b>Tabelle 18</b>	Mögliche erneuerbare Energiequellen für Wärmenetze im Fokusgebiet Gewerbegebiet Wachau .....	95
<b>Tabelle 19</b>	Maßnahmenbeschreibung Fokusgebiet Gewerbegebiet Wachau.....	96
<b>Tabelle 20</b>	Eignungsbewertung Wärmenetzgebiete im Zieljahr 2045.....	99
<b>Tabelle 21</b>	Eignungsbewertung Gebiete für dezentrale Versorgung im Zieljahr 2045.....	102
<b>Tabelle 22</b>	Voraussichtliche Einteilung in Versorgungsgebiete .....	103
<b>Tabelle 23</b>	Kennzahlen Top-Down-Controlling .....	115
<b>Tabelle 24</b>	Auftakt und Sitzungen der Steuerungsgruppe .....	118
<b>Tabelle 25</b>	Weitere Veranstaltungen mit Informationen zur Wärmeplanung .....	119

## Abkürzungsverzeichnis

Abk.	Abkürzung
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BGA	Biogasanlage
BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal
BHKW	Blockheizkraftwerk
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
Efm	Erntefestmeter
EGW	Entwicklungsgesellschaft für Gewerbe und Wohnen mbH
EnEfG	Energieeffizienzgesetz
EEV	Endenergieverbrauch
Kap.	Kapitel
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kommunale Wärmeplanung
LAG	Landwirtschafts AG Wachau – Störmthal
NGF	Nettogrundfläche
THG	Treibhausgas
WPG	Wärmeplanungsgesetz
WAT	Wachauer Agrar und Transport GmbH

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Darstellung der Gebäudefunktionen (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]).....	11
Abbildung 2	Bebauungspläne im Gemeindegebiet – Planstand Anfang 2024 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten [39], [40]).....	12
Abbildung 3	Bebauungspläne im Gemeindegebiet – Planstand Ende 2024 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [57]).....	13
Abbildung 4	Kartografische Darstellung der Baublöcke (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]).....	14
Abbildung 5	Flussdiagramm zur Methodik der Wärmebedarfsanalyse (Quelle: eigene Darstellung).....	15
Abbildung 6	Darstellung der Wärmebedarfsdichten je Baublock (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]).....	17
Abbildung 7	Räumlich aufgelöste Gasabsätze aus dem Jahr 2022 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten [40], [46]).....	18
Abbildung 8	Wärmelinien dichte auf Basis der ermittelten Wärmebedarfe (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten [40], [41]).....	19
Abbildung 9	Straßenbezogener Gasabsatz (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40],[41], [47]).....	20
Abbildung 10	Objekte der WBG inkl. Energieeffizienzklassen in Markkleeberg (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [43]).....	21
Abbildung 11	Objekte der WBG inkl. Alter der Heizungsanlage (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [43]).....	22
Abbildung 12	Kommunale Nichtwohngebäude in Markkleeberg (Quelle: Hintergrundkarte/Daten [40] ).....	23
Abbildung 13	Darstellung der Netzgebiete (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [46], [59]).....	24
Abbildung 14	Leitungsverlauf des Wärmenetzes im Gewerbepark Wachau (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [59]).....	26
Abbildung 15	Trassenverlauf der Fernwärmeleitung vom Kraftwerk Lippendorf nach Leipzig (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten [40], [44]).....	27
Abbildung 16	Anzahl betriebener Feuerungsstätten nach Errichtungsjahr (2015/2021) (Quelle: eigene Darstellung nach [31]).....	28
Abbildung 17	Feuerungsstätten nach Jahr der Errichtung und Leistungsklasse (Quelle: eigene Darstellung nach [31]).....	29
Abbildung 18	Feuerungsstätten nach Jahr der Errichtung und Leistungsklasse – 2 (Quelle: eigene Darstellung nach [31]).....	30
Abbildung 19	Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch (farbig) und den Treibhausgasemissionen (grau) 2022 (Quelle: eigenen Darstellung).....	32
Abbildung 20	Endenergieverbrauch stationär nach Sektoren 2022 (Quelle: eigene Darstellung).....	32
Abbildung 21	Endenergieverbrauch 2012 – 2022 stationär Vergleich realer Verbrauch zu Verbrauch mit Witterungskorrektur (Quelle: eigene Darstellung).....	33
Abbildung 22	Wärmemix private Haushalte 2022 (Quelle: eigene Darstellung).....	34
Abbildung 23	Wärmemix Wirtschaft 2022 (Quelle: eigene Darstellung).....	34

Abbildung 24	Anteile der Energieträger Wärmemix am Endenergieverbrauch (farbig) und THG-Emissionen (grau) 2022 (Quelle: eigene Darstellung) .....	35
Abbildung 25	Ausschnitt der Karte zur teilräumlichen Bilanzierung mit Darstellung der Energieträger je Baublock (Quelle: eigenen Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	37
Abbildung 26	Flussdiagramm zur Einschätzung der Wahrscheinlichkeit einer Wärmenetzversorgung (Quelle: eigene Darstellung) .....	38
Abbildung 27	Ergebnisse der Eignungsprüfung (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	39
Abbildung 28	Ergebnis des Flächenscreenings (Quelle: eigen Darstellung, Hintergrundkarte [40]) .....	43
Abbildung 29	Ermittelte Wärmemengenpotenziale für Erdwärmesonden je Flurstück (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	46
Abbildung 30	Ermittelte Deckungsgrade für Erdwärmesonden je Flurstück (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte [40]) .....	47
Abbildung 31	Ermittelte Wärmemengenpotenziale für Erdwärmekollektoren je Flurstück (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	47
Abbildung 32	Ermittelte Deckungsgrade für Erdwärmekollektoren je Flurstück (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	48
Abbildung 33	Gebiete mit unterirdischen Hohlräumen (Hohlraumkarte) (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [50]) .....	49
Abbildung 34	Auszug aus Geothermisches Informationssystem für Deutschland ( <a href="https://www.geotis.de">https://www.geotis.de</a> ) (Quelle: [49]) .....	50
Abbildung 35	Analyse der potenziellen Aufstellflächen für die Außeneinheiten von dezentralen Luft-WP (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	52
Abbildung 36	Verteilung der Anschlussleistung der Luft-Wärmepumpen in 5 Klassen (Quelle: eigene Darstellung).....	53
Abbildung 37	Tagesmitteltemperaturen Luft gegenüber Tagesmitteltemperaturen Wasser (Pleiße) Jahr: 2014 (Quelle: eigene Darstellung).....	54
Abbildung 38	Trockenwetterabflüsse von Kanälen mit einer Nennweite von mind. DN800 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte/Daten: [40], [54]) .....	57
Abbildung 39	Simulationsergebnisse Solarthermieanlage Markkleeberg Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz (Quelle: eigene Darstellung).....	59
Abbildung 40	Ausschnitt aktueller Stand Ausbau-, Verdichtungs- und Prüfgebiete Fernwärme (Quelle: [53]) .....	70
Abbildung 41	Vision der vernetzten Energieregion im Südraum (Quelle: [52]).....	71
Abbildung 42	Sanierungspotenzial im Wärmebedarf der Wohngebäude je Baublock bei konventioneller Sanierung (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	73
Abbildung 43	Sanierungspotenzial im Wärmebedarf der Wohngebäude je Baublock bei konventioneller Sanierung.....	73
Abbildung 44	Sanierungspotenzial im Wärmebedarf der Wohngebäude je Baublock bei zukunftsweisender Sanierung (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	74
Abbildung 45	Szenario zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen in Markkleeberg gesamt (Quelle: eigene Darstellung) .....	80
Abbildung 46	Szenario zur Entwicklung des Wärmemix in Markkleeberg gesamt (Quelle: eigene Darstellung).....	81
Abbildung 47	Fokusgebiete der Wärmewende (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]).....	82
Abbildung 48	Fokusgebiet Markkleeberg Mitte (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]).....	83

Abbildung 49	Mögliche Wärmeinseln im Fokusgebiet Markkleeberg Mitte (Quelle: eigene Darstellung nach [17]) .....	85
Abbildung 50	Szenario zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen Fokusgebiet Markkleeberg Mitte (Quelle: eigene Darstellung) .....	88
Abbildung 51	Szenario zur Entwicklung des Wärmemix im Fokusgebiet Markkleeberg Mitte (Quelle: eigene Darstellung) .....	88
Abbildung 52	Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	89
Abbildung 53	Szenario zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz (Quelle: eigene Darstellung) .....	93
Abbildung 54	Szenario zur Entwicklung des Wärmemix im Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz (Quelle: eigene Darstellung) .....	93
Abbildung 55	Fokusgebiet Gewerbegebiet Wachau (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	94
Abbildung 56	Szenario zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen Fokusgebiet Wachau (Quelle: eigene Darstellung) .....	97
Abbildung 57	Szenario zur Entwicklung des Wärmemix im Fokusgebiet Wachau (Quelle: eigene Darstellung).....	97
Abbildung 58	Eignung für Wärmenetzgebiete im Zieljahr 2045 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	100
Abbildung 59	Eignung für Wasserstoffnetzgebiete im Zieljahr 2045 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	101
Abbildung 60	Eignung für Gebiete mit dezentraler Versorgung im Zieljahr 2045 (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	102
Abbildung 61	Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete (Quelle: eigene Darstellung, Hintergrundkarte: [40]) .....	104
Abbildung 62	Regelungen zum Einbau neuer Heizungen gemäß GEG [11] (Quelle: [26]).....	105
Abbildung 63	Organigramm Stadtverwaltung Markkleeberg inkl. Kennzeichnung der Verantwortlichkeiten (Quelle: [55]) .....	112
Abbildung 64	Mögliche Organisationsstruktur der Verstetigung in der Stadtverwaltung Markkleeberg (Quelle: eigene Darstellung) .....	114
Abbildung 65	Phasen der Realisierung von Wärmewendeprojekten nach [16] und Umsetzungsstand in den Fokusgebieten (Quelle: eigene Darstellung).....	116

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Einteilung des Gebäudebestands nach Gebäudefunktion .....	10
Tabelle 2	Beispielhafte Ermittlung des Wärmebedarfs eines typischen Mehrfamilienhauses.....	16
Tabelle 3	Definierte Ausschlussflächen und deren Herkunft.....	42
Tabelle 4	Technologische Annahmen und Rahmenbedingungen zur Potenzialermittlung der oberflächennahen Geothermie .....	45
Tabelle 5	spezifische Anforderungen nach Speichertyp [34] .....	66
Tabelle 6	Lokale Potenziale erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme in Markkleeberg.....	76
Tabelle 7	Kennzahlen Fokusgebiet Markkleeberg Mitte.....	84
Tabelle 8	Mögliche erneuerbare Energiequellen für Wärmenetze im Fokusgebiet Markkleeberg Mitte .....	84
Tabelle 9	Kennzahlen Wärmeinsel Teilnetz 2 Markkleeberg Mitte .....	86
Tabelle 10	Anlagenkonfiguration und Kosten Wärmeinsel Markkleeberg Mitte .....	86
Tabelle 11	Maßnahmenbeschreibung Fokusgebiet Markkleeberg Mitte.....	87
Tabelle 12	Kennzahlen Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz.....	90
Tabelle 13	Mögliche erneuerbare Energiequellen für Wärmenetze im Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz.....	90
Tabelle 14	Standortkennzahlen Potenzialfläche Fokusgebiet Gaschwitz/Großstädteln für Geothermiesonden .....	91
Tabelle 15	Standortkennzahlen Potenzialfläche Fokusgebiet Gaschwitz/Großstädteln für Solarthermie .....	91
Tabelle 16	Maßnahmenbeschreibung Fokusgebiet Großstädteln/Gaschwitz .....	92
Tabelle 17	Kennzahlen Fokusgebiet Gewerbegebiet Wachau.....	95
Tabelle 18	Mögliche erneuerbare Energiequellen für Wärmenetze im Fokusgebiet Gewerbegebiet Wachau.....	95
Tabelle 19	Maßnahmenbeschreibung Fokusgebiet Gewerbegebiet Wachau .....	96
Tabelle 20	Eignungsbewertung Wärmenetzgebiete im Zieljahr 2045 .....	99
Tabelle 21	Eignungsbewertung Gebiete für dezentrale Versorgung im Zieljahr 2045 .....	102
Tabelle 22	Voraussichtliche Einteilung in Versorgungsgebiete.....	103
Tabelle 23	Kennzahlen Top-Down-Controlling.....	115
Tabelle 24	Auftakt und Sitzungen der Steuerungsgruppe.....	118
Tabelle 25	Weitere Veranstaltungen mit Informationen zur Wärmeplanung .....	119



# Quellenverzeichnis

## Literatur

- [1] AGFW [Hrsg.] (2020): Leitfaden zur Erschließung von Abwärmequellen für die Fernwärmeversorgung. [210401\\_Abwärmeleitfaden\\_Langfassung.pdf](#) [Zugriff am 14.11.2024]
- [2] Albstadt [Hrsg.] (2023): Stadt Albstadt. Kommunale Wärmeplanung. Abschlussbericht [https://www.albstadt.de/uploads2023/2023-09-14%20Abschlussbericht%20kommunale%20W%C3%A4rmeplanung%20Albstadt%20\(003\)\\_3166-a9674c391c4f3e49146692de2b60b10f.pdf](https://www.albstadt.de/uploads2023/2023-09-14%20Abschlussbericht%20kommunale%20W%C3%A4rmeplanung%20Albstadt%20(003)_3166-a9674c391c4f3e49146692de2b60b10f.pdf) [Zugriff am: 20.02.2024]
- [3] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft [Hrsg.] (2022): Nutzen und Bedeutung der Bioenergie. Onlinepublikation. <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/bioökonomie-nachwachsende-rohstoffe/bioenergie-nutzen-bedeutung.html> [Zugriff am: 15.11.2024]
- [4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz [Hrsg.] (2024): Bundes-Klimaschutzgesetz <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf> [Zugriff am: 22.11.2024]
- [5] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022): *Technischer Annex der Kommunalrichtlinie: inhaltliche und technische Mindestanforderungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative*
- [6] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [Hrsg.] (2023): Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS 2023). [https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1) [Zugriff am: 14.11.2024]
- [7] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [Hrsg.] (2024): Importstrategie für Wasserstoff und Wasserstoffderivate. [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/importstrategie-wasserstoff.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=18](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/importstrategie-wasserstoff.pdf?__blob=publicationFile&v=18) [Zugriff am: 14.11.2024]
- [8] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft & Bundesministerium für Umwelt, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz [Hrsg.] (2022): Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS). [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Naturschutz/nabis\\_eckpunkte\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nabis_eckpunkte_bf.pdf) [Zugriff am: 14.11.2024]
- [9] Ortner, Sara; Paar, Angelika; Johannsen, Lea; Wachter, Philipp; Hering, Dominik; Pehnt, Martin et al. (2024): Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche. Hg. v. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held PartGmbH, Prognos AG, et al. Online verfügbar unter [[https://api.kww-halle.de/fileadmin/PDFs/Leitfaden\\_W%C3%A4rmeplanung\\_final\\_17.9.2024\\_gesch%C3%BCtzt.pdf](https://api.kww-halle.de/fileadmin/PDFs/Leitfaden_W%C3%A4rmeplanung_final_17.9.2024_gesch%C3%BCtzt.pdf)], zuletzt geprüft am [14.11.2024].
- [10] Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung [Hrsg.] (2019): Online-Publikation Nr. 20/2019: *Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden* <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2019/bbsr-online-20-2019-dl.pdf> [Zugriff am: 14.11.2024]
- [11] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen [Hrsg.] (2020): Gebäudeenergiegesetz. <https://www.bmwsb.bund.de/Webs/BMWSB/DE/themen/bauen/energieeffizientes-bauen-sanieren/gebäudeenergiegesetz/gebäudeenergiegesetz-node.html> <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/> [Zugriff am: 19.11.2024]
- [12] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen [Hrsg.] (2023): Wärmeplanungsgesetz. <https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/WPG.pdf> [Zugriff am: 19.11.2024]

- [13] Langreder, Nora; Lettow, Frederik; Sahnoun, Malek; Kreidelmeyer, Sven; Wünsch, Aurel; Lengning, Saskia et al. (2024): Technikkatalog Wärmeplanung. Hg. v. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held PartGmBB, Prognos AG, et al. Online verfügbar unter [[https://api.kww-halle.de/fileadmin/user\\_upload/Leitfaden\\_Waermeplanung\\_kompakt\\_Juni2024\\_web\\_bf.pdf](https://api.kww-halle.de/fileadmin/user_upload/Leitfaden_Waermeplanung_kompakt_Juni2024_web_bf.pdf)], zuletzt geprüft am [19.11.2024].
- [14] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [Hrsg.] (2021): Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld „Kommunalrichtlinie“ (KRL). [https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/mediathek/dokumente/20221101\\_NKI\\_Kommunalrichtlinie.pdf](https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/mediathek/dokumente/20221101_NKI_Kommunalrichtlinie.pdf) [Zugriff am: 19.11.2024]
- [15] Energieeffizienzbewertung im European Energy Award (eea) der Stadt Markkleeberg (2022).
- [16] Energieagentur Rheinlad-Pfalz GmbH [Hrsg.] (2023): Praxisleitfaden Nahwärme. [https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user\\_upload/Praxisleitfaeden/Praxisleitfaden\\_Nahwaerme.pdf](https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/Praxisleitfaeden/Praxisleitfaden_Nahwaerme.pdf) [Zugriff am: 19.11.2024]
- [17] envia THERM, Vorstellung im Rahmen der Steuerungsgruppensitzungen zur KWP Markkleeberg, <https://www.envia-therm.de/>.
- [18] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) [Hrsg.] (2015): Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen. Status quo in Deutschland. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe. Band 36. [https://mediathek.fnr.de/downloadable/download/sample/sample\\_id/1251/](https://mediathek.fnr.de/downloadable/download/sample/sample_id/1251/) [Zugriff: 15.11.2024]
- [19] Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) [Hrsg.] (o. D.): Biomasse-Potenziale. Onlinepublikation. <https://bioenergie.fnr.de/bioenergie/biomasse/biomasse-potenziale> [Zugriff: 15.11.2024]
- [20] Gebäudeforum Klimaneutral [Hrsg.] (2023): Thermische Energiespeicher für Quartiere. Best-Practice-Beispiele aus der Studie. [https://www.gebaeudeforum.de/fileadmin/gebaeudeforum/Downloads/Gebaeudeforum\\_Vortrag\\_ThermischeEnergiespeicher.pdf](https://www.gebaeudeforum.de/fileadmin/gebaeudeforum/Downloads/Gebaeudeforum_Vortrag_ThermischeEnergiespeicher.pdf) [Zugriff am: 19.11.2024]
- [21] Gebäudeforum Klimaneutral [Hrsg.] (2024): Kommunikationsstrategien in der energetischen Quartiersentwicklung. <https://www.gebaeudeforum.de/wissen/quartiere/kommunikationsstrategien-energetische-quartiersentwicklung/> [Zugriff am: 19.11.2024]
- [22] Geothermisches Informationssystem (GeotIS). Aktuelle Forschungsdaten und Potential und Nutzung geothermischer Energie. <https://www.geotis.de/homepage/GeotIS-Startpage> [Zugriff am: 19.11.2024]
- [23] Informationsportal Tiefengeothermie (itg), tiefengeothermie.de, Projekt Geretsried (2013) <https://www.tiefengeothermie.de/projekte/geretsried> [Zugriff am: 19.11.2024]
- [24] Institut für Wohnen und Umwelt [Hrsg.] (2015): *Deutsche Wohngebäudetypologie - Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden* [https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/episcopo/2015\\_IWU\\_LogeEtAl\\_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/episcopo/2015_IWU_LogeEtAl_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf) [Zugriff am: 14.11.2024]
- [25] Innovationsregion Mitteldeutschland [Hrsg.] (2021): *Innovative Wärmeversorgung aus Tagebaurestseen – Schlussbericht*. [https://transformationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2021/07/20210723\\_Schlussbericht-Seethermie\\_Langfassung.pdf](https://transformationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2021/07/20210723_Schlussbericht-Seethermie_Langfassung.pdf) [Zugriff am: 14.11.2024]
- [26] Kommunalentwicklung Mitteldeutschland: Eigene Darstellung der Möglichkeiten der Wärmeversorgung nach dem GEG 2024, Dresden 2024.
- [27] Leipziger Stadtwerke GmbH. *Leipziger Wärme 2038: Die neue Solarthermie Leipzig West*. <https://zukunft-fernwaerme.de/solarthermie-leipzig-west/> [Zugriff am: 19.11.2024]
- [28] Leipziger Stadtwerke GmbH. *Wärme für Leipzig. Der Weg*. <https://waerme-fuer-leipzig.de/vorhaben> [Zugriff am: 19.11.2024]
- [29] Leipziger Stadtwerke GmbH. *Leipziger Wärme 2038: Leipzigs Weg zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung*. <https://zukunft-fernwaerme.de/> [Zugriff am: 19.11.2024]

- [30] Leipziger Zeitung [Hrsg.] (2024): Bund fördert Nutzung industrieller Abwärme: 70 Millionen Euro für die Trasse von Leuna nach Leipzig. <https://www.l-iz.de/wirtschaft/wirtschaft-leipzig/2024/06/bund-fordert-nutzung-industrieller-abwar-me-70-millionen-euro-trasse-leuna-leipzig-593873> [Zugriff am: 19.11.2024]
- [31] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: Online-Publikation (2024): *Kleinfeuerungsanlagen: Bestand und Emissionen* <https://www.luft.sachsen.de/kleinfeuerungsanlagen-bestand-und-emissionen-22480.html> [Zugriff: 18.11.2024]
- [32] Stadt Markkleeberg (2019): Integriertes Klimaschutzkonzept Stadt Markkleeberg Endbericht [https://www.markkleeberg.de/fileadmin/Stadt\\_Markkleeberg/Dateien/Klimaschutz/4000.01\\_EB\\_KSK\\_Markkleeberg\\_190823.pdf](https://www.markkleeberg.de/fileadmin/Stadt_Markkleeberg/Dateien/Klimaschutz/4000.01_EB_KSK_Markkleeberg_190823.pdf) [Zugriff am: 19.11.2024]
- [33] Agentur für kommunalen Klimaschutz am Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH (Difu) (2024): BSKO Bilanzierungs-Systematik Kommunal - Methoden und Daten für die kommunale Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland [https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/mediathek/dokumente/Agentur\\_Methodenpapier\\_BSKO\\_2023-24.pdf](https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/mediathek/dokumente/Agentur_Methodenpapier_BSKO_2023-24.pdf) [19.11.2024]
- [34] Saisonalspeicher.de, Das Wissensportal für die saisonale Wärmespeicherung *Startseite - Saisonalspeicher.de* [Zugriff 19.11.2024]
- [35] SCENOCALC Fernwärme. Ertragsvorhersagetool für Solarthermie-Anlagen in Wärmenetzen. <https://www.scfw.de/> [Zugriff am: 19.11.2024]
- [36] Wachauer Agrar und Transport GmbH [Hrsg.] (o. J.) Erneuerbare Energie – Biogasanlage. <https://www.agrar-transport-wachau.de/> [Zugriff: 14.11.2024]
- [37] Wachauer Agrar und Transport GmbH [Hrsg.] (o. J.) Erneuerbare Energie – Biogasanlage. Pflichtangaben. <https://www.agrar-transport-wachau.de/biogas.pdf> [Zugriff: 14.11.2024]

## Datenquellen

- [38] *ALKIS-Bestandsdaten*: Katasteramt Sachsen (CC-BY-SA). © <https://www.geosn.sachsen.de> und Mitwirkende. Stand: 06.05.2024
- [39] *Bebauungspläne* laut Stadtverwaltung Markkleeberg – Stadtplanungsamt, Stand: 20.12.2023
- [40] *Basiskarte und Daten* von OpenStreetMap Contributors (ODbL). © <https://www.openstreetmap.org> und Mitwirkende. Stand: 06.05.2024
- [41] *Basis-DLM* vom Katasteramt Sachsen (CC-BY-SA). © <https://www.geosn.sachsen.de> und Mitwirkende. Stand: 29.05.2024
- [42] *Digitale Orthophotos (DOP)* vom Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) (CC-BY-SA). © <https://www.geosn.sachsen.de> und Mitwirkende. Stand: 12.11.2024
- [43] Energieausweisdaten der eigenen Liegenschaften, Markkleeberg März 2024.
- [44] *Fernwärmeleitungen ND>200mm, RAPIS Sachsen* [04/2024], Geobasisdaten: GeoSN, dl-de/by-2-0
- [45] Gebäudemanagement 2024 der Stadtverwaltung Markkleeberg.
- [46] *Gasabsätze im 100mx100m Raster* für die Jahre 2020, 2021, 2022 von MITNETZ GAS.
- [47] *Gasabsätze als straßenbezogene Liniendichte* für das Jahr 2021 von enviaM.
- [48] *Geothermieatlas* vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) © <https://www.geologie.sachsen.de/geothermieatlas-13914.html> und Mitwirkende. Stand: 12.11.2024
- [49] Gebiete mit geothermischen Potenzial, © LIAG-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, 2024.
- [50] *Gebiete mit unterirdischen Hohlräumen gemäß §7 SächsHohlrvO*. [https://geoportal.sachsen.de/cps/karte.html?showmap=true&service=https://geodienste.sachsen.de/wms\\_oba\\_hohlraumkarte/guest](https://geoportal.sachsen.de/cps/karte.html?showmap=true&service=https://geodienste.sachsen.de/wms_oba_hohlraumkarte/guest) [Zugriff: 11.11.24]
- [51] Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (KWW) [Hrsg.] (2024): Technikcatalog Wärmeplanung 1.1. <https://api.kww->

[halle.de/fileadmin/user\\_upload/Technikkatalog\\_W%C3%A4rmeplanung\\_Version\\_1.1\\_August24.xlsx](https://www.l.de/fileadmin/user_upload/Technikkatalog_W%C3%A4rmeplanung_Version_1.1_August24.xlsx)  
[Zugriff am: 19.11.2024]

- [52] LEAG, Präsentation zum Fachnetzwerktreffen der Energiemetropole am 20.11.2023. Freigabe: Herr Löffel.
- [53] Leipziger Stadtwerke GmbH. Leipziger Fernwärme. Faire Preise für Neubau und Bestandsimmobilien mit Fernwärmeanschluss. <https://www.l.de/stadtwerke/geschaeftskunden/waerme/fernwaerme/> [Zugriff am: 19.11.2024]
- [54] Lieferung von Bestandsdaten im Zuge der Erstellung der Wärmeplanung durch die Leipziger Wasserwerke (<https://www.l.de/wasserwerke/>), 2024.
- [55] markkleeberg.de, Organigramm der Stadt Markkleeberg (2024). <https://www.markkleeberg.de/buerger-rathaus/rathaus/aemter-bereiche> [Zugriff am: 19.11.2024]
- [56] SAENA Energieportal. Energieportal Sachsen. <https://www.energieportal-sachsen.de/> [Zugriff am 13.11.2024]
- [57] Stadtplanungsamt Markkleeberg <https://www.markkleeberg.de/buergerservice-und-politik/rathaus/aemter-und-bereiche/detail-1/stadtplanungsamt> .
- [58] *Verwaltungsgrenzen* vom Katasteramt Sachsen (CC-BY-SA). © <https://www.geosn.sachsen.de> und Mitwirkende. Stand: 04.12.2023
- [59] *Wärmeversorgung Wachau GmbH*, Wärmenetzplan. Stand: 2024.

# Anhangsverzeichnis

## **Anhang 1:** Kartenwerk

Blatt 1	Bestandsanalyse – Wärmebedarfsdichte
Blatt 2	Bestandsanalyse – Wärmeliniendichte
Blatt 3	Strategieentwicklung – Wärmenetzgebiete
Blatt 4	Strategieentwicklung – Gebiete für dezentrale Versorgung
Blatt 5	Strategieentwicklung – Wasserstoffnetzgebiete
Blatt 6	Strategieentwicklung – Gebietseinteilung Stützjahre

## **Anhang 2:** Maßnahmenkatalog