

KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG WUSTERMARK 2025

FAHRPLAN FÜR
DIE WÄRME
DER ZUKUNFT

Planung partnerschaftlich realisiert mit:



FACT GmbH
Schickardstraße 60
71034 Böblingen

+49 7031 21174118
www.fact-gmbh.com

Tim Pfänder
tim.pfaender@tmm-group.de
Matthias Leisin
matthias.leisin@tmm-group.de
Bastian Sauter
bastian.sauter@tmm-group.de

form
follows
you

Herausgeberin:

Gemeinde Wustermark
FB II - Gemeindeentwicklung, Klimaschutz & Soziales
Hoppenrader Allee 1
14641 Wustermark

www.wustermark.de

Form Follows You GmbH
Grunewaldstraße 18
10823 Berlin

+49 30 31480881
www.formfollowsyou.com

Max Rudolph
max@formfollowsyou.com
Jana Helder
jana.helder@formfollowsyou.com
Theresa Münzenberger
theresa.muenzenberger@formfollowsyou.com

GELEITWORT



Sehr geehrte Bürgerinnen und Bürger der Gemeinde Wustermark,

wie auch schon in den vergangenen Jahren entwickelt sich unsere Gemeinde in großer Geschwindigkeit. Damit auch unsere Kinder und Enkelkinder langfristig von dieser Entwicklung profitieren, geben verschiedene Pläne und Konzepte der Gemeinde Wustermark einen Rahmen dafür vor.

Die großen Entwicklungslinien sind im Integrierten Gemeindeentwicklungskonzept beschrieben. Eine verträgliche Siedlungsplanung gibt die Wohnungspolitische Umsetzungsstrategie vor. Die Rahmenbedingungen für den Verkehr in unserer Gemeinde werden mit dem modularen Verkehrsentwicklungsplan weiterentwickelt. Die Angebote für unsere jungen Menschen betrachtet die Kinder- und Jugendkonzeption. Die Enkeltauglichkeit unserer Gemeindeentwicklung wird durch das Klimaschutzkonzept mit abgesichert. Auch der Landschaftsplan leistet in diesem Bereich seinen Beitrag.

Wie werden wir zukünftig unsere Häuser und Wohnungen, wie unsere Gewerbestandorte beheizen, wenn wir im Jahr 2040 nur noch so viel Treibhausgase in die Atmosphäre abgeben wollen, wie wir an anderer Stelle binden können? Wie können wir den Winter in wohliger Wärme genießen und zugleich soweit als möglich unabhängig von Energielieferungen aus anderen Staaten zu werden?

In Wustermark haben wir in dieser Hinsicht die glückliche Situation, dass die entsprechenden Standortfaktoren unsere Gemeinde besonders attraktiv für die Ansiedlung eines Rechenzentrums machen. Dieses wird in so großen Mengen Abwärme liefern, dass nicht nur weite Teile unserer Gemeinde, sondern auch unsere Nachbarkommunen an günstiger Wustermarker Wärme teilhaben könnten. Diese Wärme wird mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt und wird uns damit einen entscheidenden Schritt in Richtung Treibhausgasneutralität bringen.

Als eine der ersten Kommunen in Brandenburg hat sich Wustermark daher entschlossen, eine kommunale Wärmeplanung auf Basis des Wärmeplanungsgesetzes auf den Weg zu bringen. Sie zeigt Möglichkeiten für eine dekarbonisierte und wirtschaftliche Wärmeversorgung auf, die aus heutiger Sicht sehr wahrscheinlich sind und die in regelmäßigen Abständen überarbeitet und angepasst werden wird.

Mein besonderer Dank gilt in diesem Zusammenhang dem Team unserer Dienstleister FACT und Form Follows You, insbesondere Herrn Leisin und Frau Helder, die die Gemeinde sehr professionell und effizient bei der Erarbeitung des vorliegenden Dokuments begleitet haben.

Lassen Sie uns gemeinsam die Wärmewende gestalten!

Herzlich,

Ihr Bürgermeister Holger Schreiber

INHALT

Zusammenfassung.....	6
1 Kommunale Wärmeplanung	9
1.1 Kommunale Wärmeplanung allgemein	10
1.2 Methodisches Vorgehen	11
1.3 Digitaler Zwilling.....	12
1.4 Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung	13
2 Bestandsanalyse	17
2.1 Datenerhebung.....	17
2.2 Siedlungsstruktur.....	17
2.2.1 Lage und Größe der Gemeinde.....	17
2.2.2 Flächennutzung.....	18
2.2.3 Gebäudeinformationen (Gebäudenutzung, Gebäudetypen, Baualtersklassen)	20
2.3 Wärmeversorgung.....	24
2.3.1 Beheizungsstruktur.....	24
2.3.2 Energieinfrastruktur und Erzeugungsanlagen	30
2.4 Energie- und Treibhausgasbilanz 2022	31
2.4.1 Energiebilanz 2022	31
2.4.2 THG-Bilanz 2022.....	34
3 Potentialanalyse Energieeffizienz und erneuerbare Energien	35
3.1 Energieeffizienz.....	35
3.2 Erneuerbare Energien	37
3.2.1 Ausschlussgebiete.....	37
3.2.2 Solarthermie.....	39
3.2.3 Biomasse	42
3.2.4 Biogas	44
3.2.5 Geothermie	46
3.2.6 Umweltwärme Luft-Wärmepumpe	52
3.2.7 Umweltwärme Wasser-Wärmepumpe.....	52
3.2.8 Abwärme	53
3.2.9 Photovoltaik (PV)	54
3.2.10 Übersicht der Potentiale.....	57
4 Zielszenario und Eignungsgebiete	58

4.1	Entwicklung Zielszenario	58
4.1.1	Entwicklung Siedlung	59
4.1.2	Entwicklung Wärmebedarf	59
4.2	Einteilung in Teilgebiete	62
4.3	Eignungsprüfung (Wärmenetz oder Wasserstoffnetz)	63
4.4	Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	64
4.4.1	Bewertung Eignungsgebiete	65
4.4.2	Szenario voraussichtliche Wärmeversorgung 2045	72
4.4.3	Zielbild der Wärmeversorgung im Digitalen Zwilling	76
4.4.4	Energie-Bilanz	77
4.4.5	THG-Bilanz	79
5	Wärmewendestrategie und Maßnahmen	81
5.1	Maßnahmen	82
5.2	Wärmewendestrategie	85
5.3	Controllingstrategie	87
5.4	Organisationsstrukturen für die Wärmewende.....	88
5.5	Kommunikationsstrategie	90
6	Fazit und Ausblick	91
7	Literaturverzeichnis	92
8	Abbildungsverzeichnis	93
	Anlagen	94

ZUSAMMENFASSUNG

Die Kommunale Wärmeplanung beschreibt einen Weg, wie die Wärmewende hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung in Wustermark gelingen kann. Aufbauend auf einer Analyse der aktuellen Rahmenbedingungen in Wustermark und einer Betrachtung der lokalen Potenziale verschiedener nachhaltiger Wärmequellen wurde dazu die Eignung einzelner Teilgebiete für die zukünftige Versorgung über ein Wärmenetz, über dezentrale nachhaltige Wärmequellen sowie über ein Grüne-Gase-Netz untersucht und ein Zielbild für die Wärmeversorgung im Jahr 2045 definiert. Im Rahmen der Wärmewendestrategie wurden Maßnahmen definiert, die die Umsetzung dieses Zielbilds ermöglichen. Im Folgenden sind die zentralen Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung zusammengefasst.

Bestandsanalyse

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden die Flächennutzungen und Gebäudestrukturen im Gemeindegebiet von Wustermark detailliert untersucht. Dabei lag der Fokus auf den Baualtersklassen der Gebäude, den aktuell eingesetzten Heizungstechnologien, der vorhandenen Energieinfrastruktur sowie den derzeitigen Energie- und Treibhausgas-Bilanzen. Wustermark ist geprägt von einer stark landwirtschaftlich dominierten Flächennutzung sowie von einem auf Logistik ausgelegtem Gewerbe. Wohnnutzungen, öffentliche Zwecke und Verkehrsinfrastrukturen nehmen vergleichsweise geringe Flächen ein und konzentrieren sich auf die Siedlungsgebiete. Gewerbliche Gebäude sind aktuell vor allem im Güterverkehrszentrum (GVZ) und im Bereich des Designer-Outlets lokalisiert. Die Wärmeversorgung basiert überwiegend auf verbrennungsbasierten Heizsystemen, wobei Erdgas mit einem Anteil von über 80 % den zentralen Energieträger darstellt. Die Energieinfrastruktur umfasst ein gut ausgebautes Erdgasnetz, ein leistungsfähiges Mittelspannungs-Stromnetz sowie erste kleinere Wärmenetze,

die durch Kraft-Wärme-Kopplungs-(KWK)-Anlagen versorgt werden. Der aktuelle Endenergieverbrauch im Gemeindegebiet liegt bei circa 100 Gigawattstunden (GWh), wovon der Großteil auf Wohngebäude sowie den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen entfällt. Die jährlichen CO₂-Emissionen aus der Wärmebereitstellung betragen etwa 24.000 Tonnen, wobei der Großteil auf die Nutzung von Erdgas zurückzuführen ist.

Potentialanalyse

Die Potenzialanalyse beinhaltet eine umfassende Analyse der Möglichkeiten für eine klimaneutrale Wärmeversorgung der Gemeinde Wustermark. Dazu wurden die quantitativen Erträge erneuerbarer Energiequellen unter Berücksichtigung von Ausschlussgebieten sowie die Potenziale zur Reduktion des Wärmebedarfs untersucht. Eine nachhaltige Senkung des Wärmebedarfs kann durch energetische Gebäudesanierungen, die Steigerung der Effizienz bei der Prozesswärmeerzeugung und die Optimierung von Produktionsanlagen im Sektor Gewerbe und Industrie erzielt werden. Die Analyse zeigt, dass die Gemeinde Wustermark über erhebliche technische Potenziale zur regenerativen Wärmeversorgung verfügt. Besonders hervorzuheben sind die Potenziale der Solarthermie (über 1.300 GWh jährlich auf Dach- und Freiflächen), der Geothermie (oberflächennahe Erdsonden, Erdkollektoren und Tiefengeothermie mit über 7.300 GWh jährlich) sowie die Abwärme des geplanten Rechenzentrums (über 1.700 GWh jährlich). Dabei repräsentieren die solarthermischen und geothermischen Potenziale die technisch maximal möglichen Erträge, deren tatsächliche Nutzbarkeit jedoch durch wirtschaftliche und technische Einschränkungen begrenzt ist. Im Gegensatz dazu bietet die Abwärme des Rechenzentrums durch eine ganzjährig relativ gleichmäßige Verfügbarkeit und die

bestehende infrastrukturelle Anbindung ein herausragendes wirtschaftliches und technisches Potenzial. Insgesamt übersteigen die technischen Potenziale für eine regenerative Wärmeversorgung in Wustermark den derzeitigen Wärmebedarf der Gemeinde signifikant und bilden damit eine solide Grundlage für die Transformation hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung.

Zielszenario

Auf Grundlage der Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse wurde ein Zielszenario für die klimaneutrale Wärmeversorgung der Gemeinde Wustermark entwickelt. Dieses Szenario skizziert einen Pfad, wie durch die Kombination von Effizienzmaßnahmen zur Reduktion des Endenergieverbrauchs und dem Einsatz klimaneutraler Energieträger bis zum Jahr 2045 eine klimaneutrale Wärmeversorgung im Gemeindegebiet erreicht werden kann.

Für die Erstellung des Zielszenarios wurden einzelne Baublöcke hinsichtlich der optimalen Wärmeversorgungsstrategie analysiert. Dabei wurden Optionen wie die Versorgung über Wärmenetze, Grüne-Gase-Netze oder dezentrale Technologien (z.B. Wärmepumpen) geprüft. In Wustermark ergibt sich aufgrund der hohen und kontinuierlichen Verfügbarkeit von günstiger Abwärme aus dem Rechenzentrum eine überwiegende Empfehlung für den Einsatz von Wärmenetzen. Für Gebiete, in denen der Aufbau von Wärmenetzen nicht wirtschaftlich oder technisch realisierbar ist, kommen dezentrale Lösungen wie Wärmepumpen oder Biomasse als bevorzugte Alternativen zum Einsatz. Auf diese Weise können fossile Energieträger wie Erdgas und Heizöl sukzessive durch Nahwärme aus Abwärme, Wärmepumpen und Biomasse ersetzt werden. Darüber hinaus sieht das Zielszenario einen signifikanten Anteil des Endenergieverbrauchs in Form von Strom vor (ca. 19 %), der vor allem zum Betrieb von

Wärmepumpen und zur Warmwasserbereitung eingesetzt werden soll. Insgesamt zeigt das Zielszenario einen möglichen und basierend auf den aktuellen technologischen und regulatorischen Gegebenheiten wahrscheinlichsten Weg auf, um den Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung bis 2030 deutlich zu steigern, diese ab 2030 als dominierende Energiequelle zu etablieren und bis 2045 eine vollständig klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.

Wärmewendestrategie und Maßnahmen

Die Wärmewendestrategie definiert eine Reihe von aufeinander abgestimmten Maßnahmen und Prozessen, die für die erfolgreiche Umsetzung des Zielszenarios erforderlich sind. Im ersten Schritt müssen geeignete Organisationsstrukturen geschaffen sowie die Ergebnisse des Kommunalen Wärmeplans für spezifische Gebiete weiter präzisiert und konkretisiert werden. Hierzu zählen unter anderem die Durchführung vertiefender Machbarkeitsstudien sowie die Entwicklung detaillierter Energiekonzepte auf Quartiers- oder Liegenschaftsebene.

Auf dieser Grundlage kann die praktische Umsetzung klimaneutraler Energieprojekte erfolgen. Aufgrund der heterogenen Eigentümerstrukturen sowie der unterschiedlichen Kompetenzen und Verantwortlichkeiten erfordert die Wärmewende eine enge Zusammenarbeit und aktive Einbindung diverser lokaler Akteure. Um die Effizienz und Strukturierung der Umsetzungsprozesse zu gewährleisten, wurden die erforderlichen Maßnahmen in der Wärmewendestrategie in drei zeitlich gestaffelte Phasen unterteilt: Phase 1 (bis 2030), Phase 2 (bis 2040) und Phase 3 (bis 2045).

Eine schematische Darstellung bietet einen Überblick über die zentralen Aufgaben der relevanten Akteursgruppen sowie deren Rollen und wurde für die erste Phase der Wärmewende in der Gemeinde Wustermark in der nachfolgenden Abbildung zusammengefasst.



Abbildung 1: Übersicht über die Ziele, Rollen und Verantwortlichkeiten verschiedener Akteursgruppen in der Umsetzung erster Vorhaben im Rahmen der Wärmewende bis 2030 (Quelle: Fact, Form Follows You)

Fazit und Ausblick

Der Kommunale Wärmeplan für die Gemeinde Wustermark ist ein zentrales strategisches Instrument zur Verwirklichung der Klimaneutralität der Wärmeversorgung bis zum Zieljahr 2045. Gleichzeitig unterliegt die Kommunale Wärmeplanung vielen externen Faktoren, insbesondere der Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit regenerativer Energieträger sowie zukünftigen rechtlichen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen, die heute nur bedingt prognostizierbar sind. Daher ist die Kommunale Wärmeplanung ein dynamisches Dokument das regelmäßig fortgeschrieben und an neue Rahmenbedingungen angepasst werden muss. Darüber hinaus sind für eine erfolgreiche Umsetzung der

Kommunalen Wärmeplanung Abstimmungen mit umliegenden Kommunen erforderlich, da neue Infrastruktur wie beispielsweise Fernwärmeleitungen zur Nutzung der Abwärme in Nachbargemeinden auch Auswirkungen auf die Wärmeversorgung von Teilgebieten innerhalb der Gemeinde haben können. Die erfolgreiche Umsetzung des Wärmeplans erfordert jedoch nicht nur politische Leitplanken wie eine Kommunale Wärmeplanung, sondern auch ein starkes Engagement der Gemeindeverwaltung, der lokalen Akteure und vor allem der Bürgerinnen und Bürger. Nur durch eine enge Zusammenarbeit und die Entwicklung innovativer Konzepte kann ein klimaneutrales Energiesystem entstehen, das langfristig nicht nur die Umwelt schützt, sondern auch eine bezahlbare und energieautarke Wärmeversorgung gewährleistet.

1 KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG

Die Wärmewende stellt eine zentrale Säule der Energiewende dar und zeichnet sich durch besondere Anforderungen aus, die sich aus den physikalischen Eigenschaften von Wärme ergeben. Wärme ist orts- und infrastrukturegebunden und kann nicht wie Strom flexibel über weite Entfernungen transportiert werden. Aus diesem Grund muss die Wärmewende lokal umgesetzt werden, im Gegensatz zur Dekarbonisierung des Stromsektors, bei der eine zentralisierte Versorgung möglich ist.

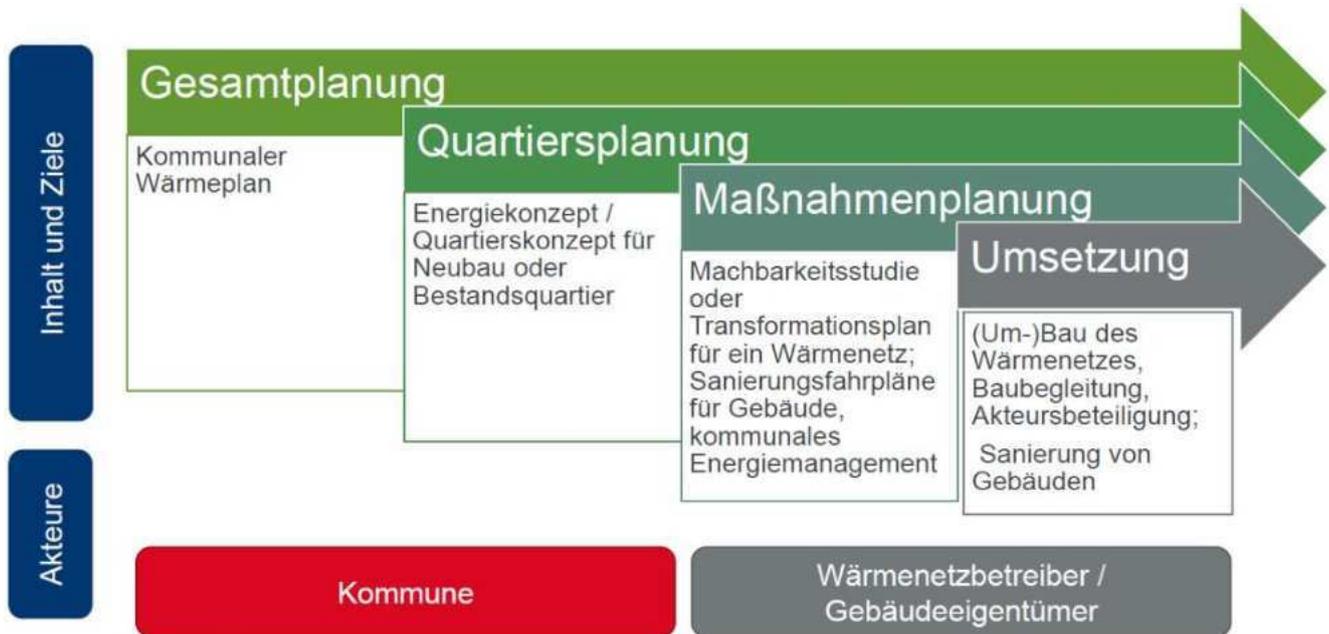


Abbildung 2: Phasen Wärmewende (Böhler, 2023)

Die Umsetzung der Wärmewende erfolgt in mehreren Phasen, wobei der Kommunale Wärmeplan (KWP) als strategisches Planungsinstrument dient. Der KWP bietet wichtige Planungs- und Investitionssicherheit für Wärme-, Gas- und Stromverteilnetzbetreiber, gewerbliche und industrielle Betriebe sowie Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer. Ein zentraler Aspekt des KWP ist die Identifizierung möglicher, kosteneffizienter und treibhausgasneutraler Wärmeversorgungsoptionen, speziell am Beispiel der Gemeinde Wustermark.

Der KWP für Wustermark soll ein treibhausgasneutrales und effizientes Wärmeversorgungssystem aufzeigen. Hierzu wird eine übergeordnete Wärmewendestrategie entwickelt, die die Konzeptionierung und Umsetzung des Gesamtsystems sowie der dazugehörigen Teilsysteme umfasst. Innerhalb des Wärmeplans werden die Eignungen unterschiedlicher Wärmeversorgungsarten – wie Wärmenetze, Grüne-Gase-Netze und dezentrale Versorgung – für die verschiedenen Liegenschaften bewertet. Der Wärmeplan ist jedoch als strategisches Instrument zu verstehen und hat keine eigene rechtliche Bindungswirkung.

1.1 Kommunale Wärmeplanung allgemein

Rechtlicher Rahmen

Der rechtliche Rahmen für die kommunale Wärmeplanung in Deutschland ist seit dem 1. Januar 2024 durch das Wärmeplanungsgesetz auf Bundesebene festgelegt. Dieses Gesetz verpflichtet alle Kommunen, bis zum 30. Juni 2028 einen Wärmeplan vorzulegen. Das Gesetz bildet damit die Grundlage für eine einheitliche Herangehensweise zur Wärmewende in allen deutschen Gemeinden. Auf Länderebene wurden ergänzend zum Wärmeplanungsgesetz meist spezifische Klimagesetze verabschiedet, die teilweise strengere Zielvorgaben im Hinblick auf Treibhausgasneutralität (THG-Neutralität) enthalten. Ein Beispiel ist Brandenburg, das am 22. Juli 2024 die Brandenburgische Wärmeplanungsverordnung (BbgWPV) erlassen hat. Diese Verordnung regelt Zuständigkeiten und ein vereinfachtes Verfahren im Bereich der kommunalen Wärmeplanung. Die BbgWPV wurde im Gesetz- und Verordnungsblatt Brandenburg (GVBl.II/24, [Nr. 56]) veröffentlicht und schafft somit einen verbindlichen rechtlichen Rahmen für die Wärmeplanung auf Landesebene.

Rechtliche Verbindlichkeit des kommunalen Wärmeplans

Der Kommunale Wärmeplan (KWP) hat keine direkten Auswirkungen auf die bestehenden öffentlichen, privaten oder industriellen Heizungsanlagen. Stattdessen dient der KWP als Orientierungshilfe und bietet eine Einschätzung zur Eignung verschiedener Wärmeversorgungsoptionen. (Bundesministerium der Justiz, 2024) Zudem beeinflusst der Wärmeplan Fördermöglichkeiten nicht

negativ und ist mit dem Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) verzahnt. In der Gemeinde Wustermark wird der KWP ab dem 1. Juli 2028 aktiv.

Optional kann ein gesonderter Beschluss der Gemeindevertretung zur Ausweisung eines bestimmten Teilgebiets als Wärmeversorgungsgebiet, wie etwa ein Wärmenetzgebiet, zur Aktivierung spezifischer Bestimmungen des GEG führen. Bei einem Heizungstausch innerhalb dieser Gebiete müsste ab dann ein Anteil von mindestens 65 % erneuerbarer Energien (EE) eingehalten werden.

Das Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) (BMWK, 2020) legt weitere relevante Regelungen fest:

1. Reparatur bestehender Heizungen: Diese bleibt weiterhin möglich, jedoch sind zukünftig erhöhte Anteile an treibhausgasneutralen Energieträgern erforderlich. Ab 2029 muss beispielsweise ein Anteil von mindestens 15 % grünem Gas bei Erdgasheizungen eingesetzt werden.
2. Heizungstausch in Neu- und Bestandsgebäuden: Neue und ausgetauschte Heizungen müssen zu 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden.
3. Übergangsfristen: Für Heizungsanlagen ohne Einhaltung der 65 %-Regelung gelten Übergangsfristen. Bei dezentralen Wärmeversorgungen ist ein Betrieb ohne diese Anforderungen für maximal 5 Jahre erlaubt, während Wärmenetze eine Übergangsfrist von bis zu 10 Jahren haben.

1.2 Methodisches Vorgehen

Gemäß der Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes (Bundesministerium der Justiz, 2024) sowie der veröffentlichten Leitfäden zur kommunalen Wärmeplanung (ifeu, Leitfaden Wärmeplanung, 2024) (KEA BW, 2023) wurden im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung für Wustermark vier zentrale Leistungen erbracht (siehe Abbildung 3). Zu Beginn wurden eine Bestands- (1) sowie eine Potenzialanalyse (2) durchgeführt. Darauf aufbauend wurden anhand der Eignungen Wärmeversorgungsoptionen für einzelne Gebiete priorisiert und ein mögliches Zielbild (3) für die klimaneutrale Wärmeversorgung in Wustermark aufgestellt. In der Wärmewendestrategie werden Maßnahmen

definiert, die zum Erreichen des Zielbilds erforderlich sind. Abschließend wurden die Ergebnisse aller Arbeitspakete im vorliegenden Kommunalen Wärmeplan (4) zusammengefasst und aufbereitet. Im Folgenden sind die einzelnen Arbeitsschritte beschrieben. Der Kommunale Wärmeplan dient als Auftakt der Wärmewende in Wustermark und stellt Leitplanken für das weitere Vorgehen auf. Veränderte Rahmenbedingungen können zukünftig zu Anpassungsbedarfen führen. Eine Aktualisierung des Kommunalen Wärmeplans soll mindestens alle fünf Jahre erfolgen. (Bundesministerium der Justiz, 2024)



Abbildung 3: Prozess zur Erstellung eines kommunalen Wärmeplans (Quelle: Fact)

Der Prozess gliedert sich in vier Schritte:

- Bestandsanalyse (siehe Kapitel 3): Im ersten Schritt werden die aktuellen Energieverbräuche und CO₂-Emissionen der Kommune analysiert. Mithilfe von Karten und Diagrammen, beispielsweise zur Energienutzung und den CO₂-Emissionen, wird die bestehende Situation visualisiert.
- Potentialanalyse (siehe Kapitel 4): Der zweite Schritt fokussiert sich auf die Analyse möglicher Energiepotenziale. Anhand von Kartenmaterial wird das Potenzial erneuerbarer Energien, wie Solar- und Windenergie, sowie weiterer Energiequellen identifiziert. Diese Analyse dient als Basis zur Entwicklung von Zielszenarien.
- Zielszenario und Wärmewendestrategie (siehe Kapitel 5 und 6): Auf Basis der Bestands- und Potentialanalyse wird ein Ziel für die zukünftige Wärmeversorgung der Kommune festgelegt. Diese Phase umfasst die Definition von Maßnahmen und Strategien, die zur Erreichung des Ziels beitragen sollen.

- Kommunalen Wärmeplan: Der letzte Schritt besteht in der Erstellung eines umfassenden kommunalen Wärmeplans. Dieser Plan fasst die Erkenntnisse und Strategien der vorangegangenen Schritte zusammen und legt die Wärmeversorgungsgebiete innerhalb der Kommune fest. Zudem werden Handlungsoptionen wie Fernwärme- oder Eigenanlagenlösungen aufgezeigt und erste Rahmenbedingungen für die Umsetzung des kommunalen Wärmeplans definiert.

1.3 Digitaler Zwilling

- 1.3.1 Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung werden für eine niederschwellige Visualisierung in einem digitalen Zwilling dargestellt. Hierzu wird ein digitaler Zwilling der Gemeinde Wustermark erzeugt, in welchem Daten und Ergebnisse gebündelt werden. So wurde der digitale Zwilling beispielsweise zur partizipativen Erarbeitung von Inhalten des kommunalen Wärmeplans im Rahmen des Fachworkshops (siehe 2.4 Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung) genutzt. Der digitale Zwilling nutzt offene Geodaten und 3D-Modelle, die durch das Land Brandenburg zur Verfügung gestellt werden. Der digitale Zwilling wird weiterhin zur Kommunikation zentraler Aspekte der Wärmewende eingesetzt. Es wird angestrebt, den Digitalen Zwilling im Rahmen der weiteren Konkretisierung und Umsetzung der Wärmewende als gemeinsame Datengrundlage zu nutzen. Weitere Informationen sowie Einblick in den Digitalen Zwilling sind in Abschnitt 5.4.3

Zielbild der Wärmeversorgung im Digitalen Zwilling beschrieben.

Die verschiedenen Einsatzgebiete des digitalen Zwillings im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung sind in folgender Abbildung dargestellt:

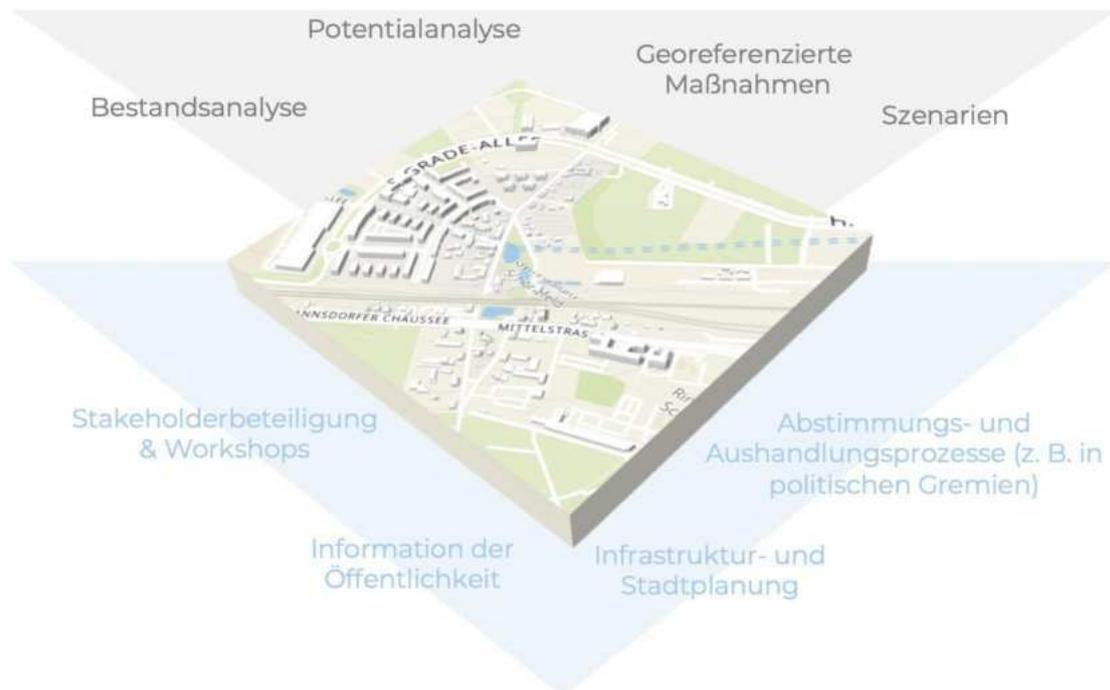


Abbildung 4: Einbindung des digitalen Zwillings (basierend auf der Planungsplattform buildplace.io) in die Erstellung und Umsetzung des kommunalen Wärmeplans Wustermark (Quelle: Form Follows You)

1.4 Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung

Während der Entwicklung der kommunalen Wärmeplanung (KWP) spielt die gezielte Stakeholderbeteiligung eine zentrale Rolle, um Fachwissen und Kompetenzen zu bündeln, unterschiedliche Perspektiven und Bedarfe zu erkennen sowie die Akzeptanz des Projekts bei relevanten Akteuren zu fördern. Auch die breite Öffentlichkeit, bestehend aus allen interessierten Bürger:innen, sollte in einem späteren Planungsschritt eingebunden werden. So kann sie über den aktuellen Stand der

KWP informiert werden und die Möglichkeit erhalten, Feedback zu geben.

Zu diesem Zweck wurden ein Akteursworkshop im August 2024 sowie eine öffentliche Informationsveranstaltung im Dezember 2024 organisiert.

Im Folgenden werden die Ziele, der Ablauf und die Ergebnisse der durchgeführten Veranstaltungen beschrieben.



Abbildung 5: Zentrale Beteiligungsformate in der Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung (Quelle: Form Follows You)

Fachworkshop: Der Fachworkshop hat am 1. August 2024 in Wustermark stattgefunden. Etwa 25 eingeladene Akteure aus der lokalen und regionalen Politik, einzelner Fachbereiche der Verwaltung, umliegender Gemeinden, großer Wärmeverbraucher, lokaler Wärmeversorger sowie der Netzbetreiber haben an der Veranstaltung teilgenommen. Im Rahmen der Veranstaltung wurden gemeinsam erste Ideen für die zukünftige Wärmeversorgung in Wustermark gesammelt. Dazu wurde zunächst die Bestands- und Potenzialanalyse von den beauftragten Planungsbüros vorgestellt und in großer Runde diskutiert. Darauf auf-

bauend wurden in kleineren Gruppen erste Ansätze für die zukünftige Wärmeversorgung in den vier Teilgebieten Wustermark, Elstal, Olympisches Dorf und GVZ (siehe Abbildung 5 gesammelt. Auch strategische Überlegungen und Ziele der einzelnen Organisation in Bezug auf Wärmebedarfe oder Wärmebereitstellung wurden im Rahmen der Diskussion aufgenommen. Zentrale Aspekte waren der Auf- und Ausbau von Wärmenetzen, die Gewinnung von Strom aus erneuerbarer Energie (z. B. für Boosting oder Wärmepumpen), die Eignung unterschiedlicher Wärmenetztypen sowie die Finanzierbarkeit von Infrastrukturen.

Im Fokus der Diskussionen standen vor allem folgende Fragen:

- Welche Entwicklungsoptionen gibt es in diesem Teilgebiet?
- Welche Herausforderungen sind zu beachten?
- Welche strategischen Vorhaben und Planungen existieren aktuell seitens der Akteure?
- Gibt es weitere Anmerkungen oder Informationen, die bisher unberücksichtigt geblieben sind?

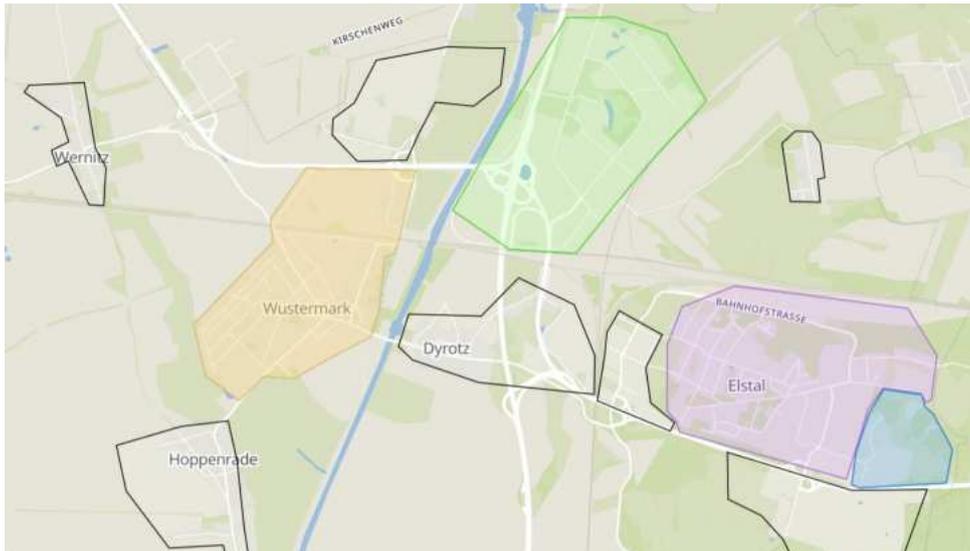


Abbildung 7: Fokusgebiete des Fachworkshops waren Wustermark (orange), Elstal (lila), Olympisches Dorf (blau), und GVZ (grün) (Quelle: buildplace.io, Form Follows You)



Abbildung 6: Einblicke in den Fachworkshop (Quelle: Form Follows You)

Darüber hinaus wurden über weitere bilaterale Gespräche zentrale Akteure (z.B. mit umliegenden Gemeinden, Betreiber des Rechenzentrums, Träger größerer Bauvorhaben) in die Kommunale Wärmeplanung einbezogen. Über Gremien- und Ausschusssitzungen wurden auch die Belange politischer Akteure und der Gemeindevertreter:innen berücksichtigt. Außerdem werden die zum Teil anwesenden Akteure in der Umsetzung und Fortschreibung des KWP durch verschiedenen organisierte Strukturen involviert, was in Kapitel 6.3 genauer erläutert wird.

Öffentliche Infoveranstaltung: Die Infoveranstaltung hat am 9. Dezember 2024 hybrid in Wustermark und online stattgefunden und war zu-

gleich der öffentliche Abschluss der KWP. Insgesamt haben rund 70 Personen an der Veranstaltung teilgenommen. Im Rahmen der Veranstaltung wurden die zentralen Ergebnisse der der Kommunalen Wärmeplanung vorgestellt und diskutiert. Zentrale Aspekte der Diskussion waren der weitere Verlauf der Wärmewende, die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen, der Umgang mit Grünen Gasen, die Zusammenarbeit mit umliegenden Gemeinden, potenzielle Betriebsmodelle von Wärmenetzen (z.B. mit finanzieller Beteiligung von Bürger:innen) sowie Beratungs- und Unterstützungsangebote für Bürger:innen und lokale Unternehmen. Diese und weitere Fragen werden auf der Website der kommunalen Wärmeplanung beantwortet ([BMWSB - Startseite -](#)

Fragen und Antworten zur Kommunalen Wärmeplanung (FAQ)). Die Anmerkungen aus der Diskussion wurden abgewogen und in der weiteren Aufstellung der Kommunalen Wärmeplanung berücksichtigt. Darüber hinaus war die Abschlussveranstaltung der Auftakt für eine weitere Kom-

mentierung der Ergebnisse durch die Öffentlichkeit. Dazu wird die Kommunale Wärmeplanung entsprechend der Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes vor der Verabschiedung durch die Gemeindevertretung für die Dauer von vier Wochen öffentlich ausgelegt.



*Abbildung 8: Einblick in die hybride Informationsveranstaltung zur Kommunalen Wärmeplanung
(Quelle: Form Follows You)*

Die Öffentlichkeit wurde und wird darüber hinaus über die Website der Gemeinde über den Projektfortschritt informiert. Um eine bedarfsorientierte und strukturierte Kommunikation mit den beteiligten Akteuren sicherzustellen, wurde gleich zu Beginn des Prozesses außerdem eine zentrale

Kontaktstelle bei der Kommune eingerichtet. Diese wird auch im Rahmen der Umsetzung der Kommunalen Wärmewende weiter bestehen bleiben und über waermewende@wustermark.de erreichbar sein (siehe auch Kapitel 5.4 Organisationsstrukturen für die Wärmewende).

2 BESTANDSANALYSE

Im nachfolgenden Kapitel wird die aktuelle Situation der Siedlungsstruktur und des Wärmesystems in der Gemeinde Wustermark analysiert und dargestellt. Zunächst wird auf die Methodik der Datenerhebung eingegangen, die als Grundlage für die Analyse dient. Anschließend erfolgt eine Betrachtung der Siedlungsstruktur mit besonderem Fokus auf den Gebäudebestand in Wustermark. Darauf aufbauend wird das be-

stehende Wärmesystem detailliert beschrieben, wobei die eingesetzten Energieträger, die Heizungsanlagen sowie die vorhandene Infrastruktur im Mittelpunkt stehen. Abschließend wird eine Energie- und Treibhausgasbilanz für das aktuelle Wärmesystem erstellt, um die Emissionssituation zu dokumentieren und den Handlungsbedarf aufzuzeigen.

2.1 Datenerhebung

Für die Datenerhebung wurden zentrale Informationen zusammengetragen, um ein umfassendes Bild des derzeitigen Wärmesystems in Wustermark zu erhalten. Die wichtigsten Daten, wie Energieverbräuche und Infrastruktur, wurden vom örtlichen Netzbetreiber zur Verfügung gestellt. Angaben zu den Heizungsanlagen stammen von den zuständigen Schornsteinfegern. Informationen zur Gebäudestruktur basieren auf ALKIS-Daten (Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem). Darüber hinaus wurden spezifische Verbrauchsdaten und eingesetzte Energieträger großer Industrieunternehmen in Wustermark erfasst, um

auch deren Beitrag zur lokalen Energie- und Emissionsbilanz einzubeziehen. Dabei wurden sämtliche datenschutzrechtlichen Vorgaben strikt eingehalten, um sicherzustellen, dass keine personenbezogenen Daten offengelegt werden. Wo erforderlich, wurden Daten aggregiert, um die Anonymität zu wahren. So wurden beispielsweise bei Einfamilienhäusern stets Durchschnittswerte für jeweils fünf Gebäude zusammengefasst, um Rückschlüsse auf einzelne Haushalte zu vermeiden und den Datenschutz zu gewährleisten.

2.2 Siedlungsstruktur

In diesem Kapitel wird die Siedlungsstruktur der Gemeinde Wustermark detailliert analysiert. Hierzu wird zunächst die geografische Lage und die Größe der Gemeinde beschrieben, um einen Überblick über das Untersuchungsgebiet zu geben. Im Anschluss erfolgt eine Betrachtung der Flächennutzung, die verschiedene Nutzungsarten wie Wohn-, Gewerbe- und Grünflächen umfasst und die Grundlage der räumlichen Strukturierung der Gemeinde bildet. Darüber hinaus werden wichtige Gebäudeinformationen aufgeführt, darunter die verschiedenen Gebäudetypen, Baualtersklassen sowie die Nutzungsarten der Gebäude. Diese Analyse bietet ein umfassendes Verständnis der

baulichen und funktionalen Struktur der Gemeinde Wustermark und bildet eine wichtige Basis für die Planung und Umsetzung des kommunalen Wärmeplans.

2.2.1 Lage und Größe der Gemeinde

Die Gemeinde Wustermark liegt im Bundesland Brandenburg und gehört zum Landkreis Havelland. Mit einer Gesamtfläche von 52,88 km² und einer Einwohnerzahl von etwa 11.000 Menschen (Stand 31.12.2023) setzt sich die Gemeinde aus mehreren Teilgebieten zusammen, die sowohl Wohn- als auch

Gewerbegebiete umfassen. Zentrale Siedlungsgebiete bilden Wustermark selbst, das als Gemeindegemeinschaft fungiert, sowie Elstal. Weitere Siedlungsgebiete sind Buchow-Karpzow, Dyrotz, Dyrotz-Luch, Hoppenrade, Priort und Wernitz. Hinzu kommen das historische Olympische Dorf sowie die gewerblich genutzten Bereiche, zu denen das Güterverkehrszentrum (GVZ),

das Designer-Outlet Berlin (nachfolgend Designer-Outlet genannt) und Karls Erlebnis-Dorf gehören. Diese Mischung aus Wohn-, Gewerbe- und Freizeitgebieten prägt die vielseitige Struktur der Gemeinde und schafft eine charakteristische Balance zwischen ländlichem Raum, Wohnqualität und wirtschaftlicher Nutzung.



Abbildung 9: Gemeindegebiet Wustermark mit einzelnen bebauten Bereichen (Quelle: FACT)

2.2.2 Flächennutzung

Die Nutzung der Flächen der Gemeinde Wustermark wird in Abbildung 10 dargestellt, wobei verschiedene Nutzungsarten durch unterschiedliche Farben visualisiert werden.

Ein prägnanter Aspekt der Karte ist die Dominanz der für Forst- und Landwirtschaft ausgewiesenen Flächen, die durch die grüne Farbgebung den größten Teil der Gesamtfläche einnehmen. Diese Verteilung verdeutlicht, dass die Region stark landwirtschaftlich geprägt ist. Die Flächen für Wohnnutzung, Industrie,

Gewerbe, öffentliche Zwecke und Verkehrsinfrastruktur sind vergleichsweise kleiner und konzentrieren sich überwiegend in den Siedlungsgebieten, welche durch kleinere rote, violette und graue Flächen gekennzeichnet sind. Gewässer, die in Blau dargestellt sind, nehmen eine geringere Fläche ein und spielen in der regionalen Flächennutzung offensichtlich eine sekundäre Rolle.

Die klare Überrepräsentation der landwirtschaftlichen Flächen gibt, mit Ausnahme der Siedlungskerne im Nordosten der Gemeinde, eine primär ländliche oder agrarisch geprägte Struktur wieder.

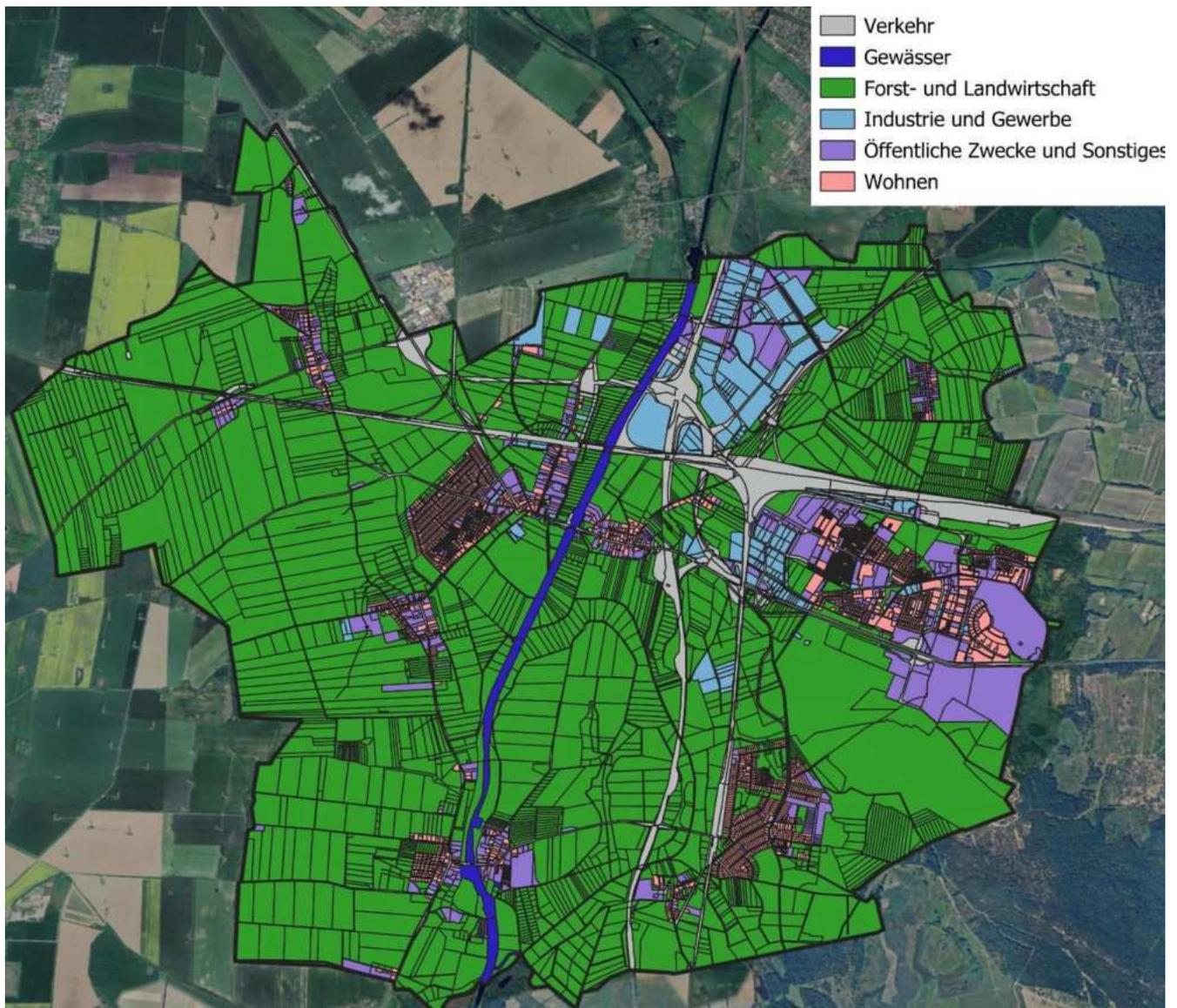


Abbildung 10: Aktuelle Flächennutzung der Gemeinde Wustermark (Quelle: FACT)

Abbildung 11 veranschaulicht die prozentuale Verteilung der verschiedenen Nutzungsarten in der Region und bestätigt den dominierenden Anteil der landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Flächen. Dieser Anteil macht 74 % der gesamten Fläche aus, was die agrarisch geprägte Struktur der Region unterstreicht.

Die weiteren Nutzungsarten nehmen deutlich kleinere Anteile ein: Wohngebiete umfassen 5 %, Verkehrsflächen 9 %, Bereiche für öffentliche Zwecke und sonstige Nutzungen 7 %, Industrie- und Gewerbeflächen 4 % und die Gewässer machen lediglich 1 % der Fläche aus.

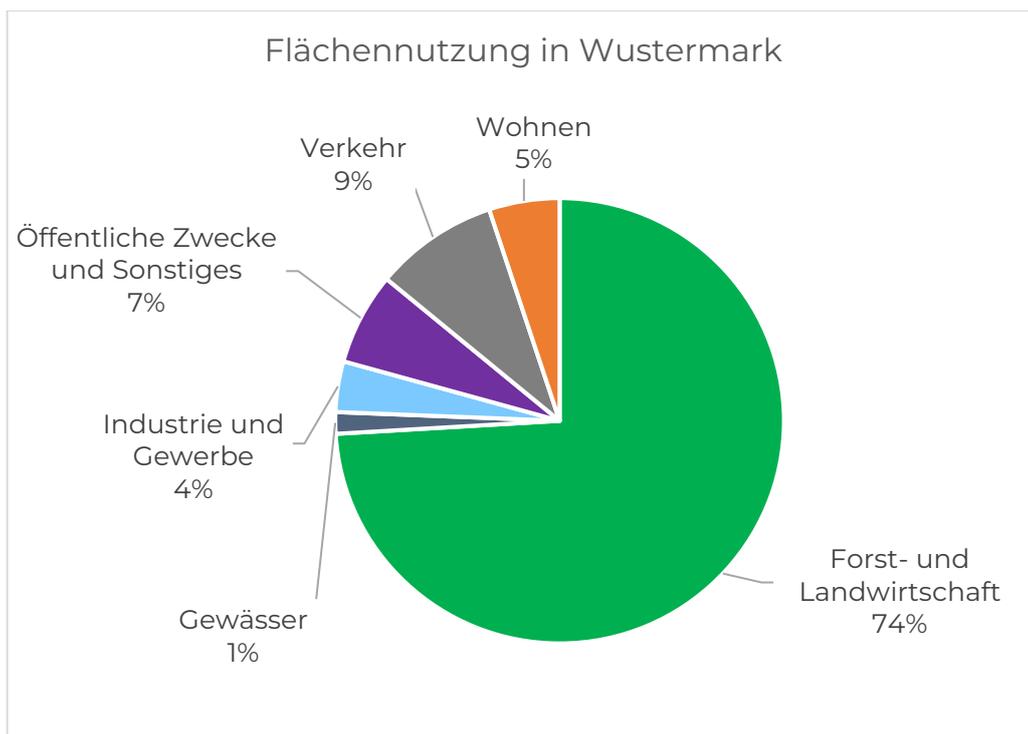


Abbildung 11: Aktuelle Verteilung der Flächennutzung in Wustermark (Quelle: FACT)

2.2.3 Gebäudeinformationen (Gebäudenutzung, Gebäudetypen, Baualtersklassen)

Die Gebäudeinformationen stammen aus statistischen Erhebungen (bspw. ZENSUS) und lokalen Wärmeatlanten. Sie umfassen Details zur Nutzung, zu Baualtersklassen sowie dem ermittelten Wärmebedarf. Zusätzlich liegen Daten aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) vor, die eine standortbezogene Darstellung der Nutzungstypen und Endverbraucher ermöglichen. Darin sind sowohl die aktuellen als auch potenziellen Großverbraucher von Wärme und Gas aufgeführt, ebenso wie mögliche Großverbraucher, die gasförmige Energieträger für stoffliche Zwecke einsetzen

Gebäudenutzung

Abbildung 12 zeigt die räumliche Verteilung der Nutzungsarten innerhalb des Untersuchungsgebiets. Die Cluster der Nutzungstypen konzentrieren sich in bestimmten Regionen des Gebiets, was auf eine klare räumliche Struktur der verschiedenen Nutzungen hinweist.

Gewerbliche Nutzungen sind vor allem im Bereich des GVZ und des Designer-Outlets zu finden, was auf eine hohe Konzentration wirtschaftlicher Aktivitäten in diesen Gebieten hinweist. Öffentliche Zwecke (Magenta) sind insbesondere in den Siedlungsbereichen von Wustermark und Elstal vertreten. Die land- und forstwirtschaftlichen Flächen (grün) dominieren die ländlicheren Abschnitte und sind verstärkt in den Ortsteilen Hoppenrade, Priort und Buchow-Karpzow zu sehen. Wohnnutzung (rosa) verteilt sich ebenfalls innerhalb der Siedlungen, mit einer klaren Konzentration im Bereich des Olympischen Dorfs.



Abbildung 12: Nutzungsarten der Gebäude (Quelle: FACT)

Gebäudetypen

Abbildung 13 zeigt die Verteilung der Gebäudetypen im Untersuchungsgebiet. Diese Verteilung gibt Einblicke in die räumliche Struktur der Wohn- und Gewerbegebiete sowie der öffentlichen Einrichtungen in der Region.

Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe sind besonders in den Bereichen GVZ und Designer-Outlet konzentriert, was diese Zonen als bedeutende Standorte wirtschaftlicher Aktivitäten kennzeichnet.

Die Gebäude für öffentliche Zwecke befinden sich schwerpunktmäßig in den Ortsteilen Elstal und Wustermark, die für ihre zentrale Rolle in der Versorgung der umliegenden Region stehen. Wohngebäude sind überwiegend in den Siedlungsbereichen zu finden, wobei Einfamilienhäuser und Reihenhäuser eine breite Verteilung aufweisen.

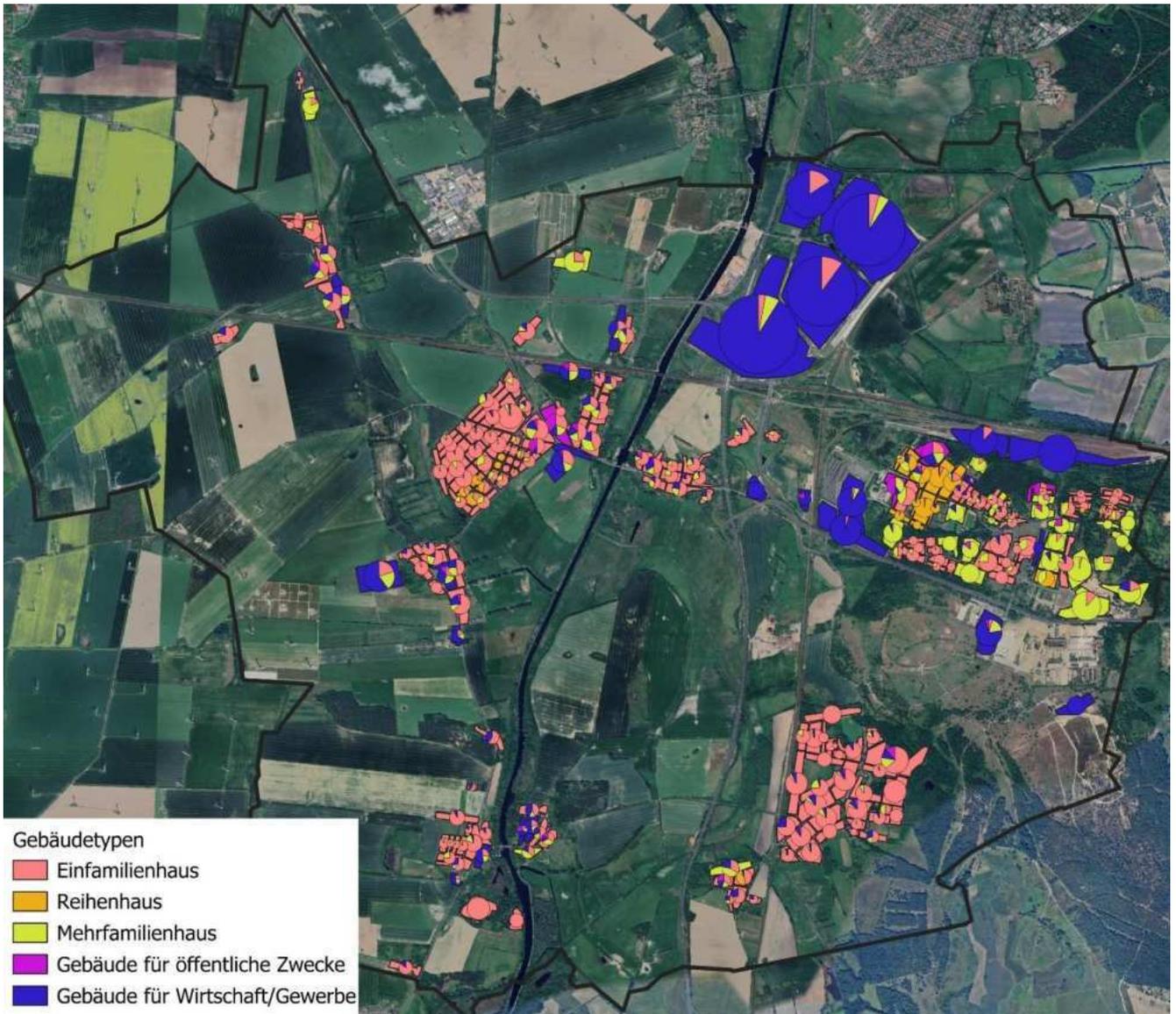


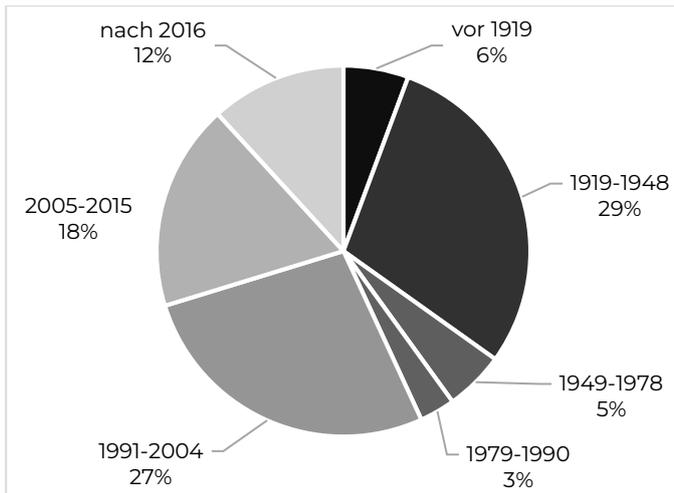
Abbildung 13: Gebäudetypen in Wustermark (Quelle: FACT)

Baualtersklassen

Abbildung 14 veranschaulicht die Altersstruktur der Gebäude innerhalb des Untersuchungsgebiets anhand von Farbabstufungen. Abbildung 15 bietet einen Überblick über die historische Entwicklung der Bebauung und die räumliche Verteilung verschiedener Baualtersklassen.

In der Gemeinde Wustermark ist die Baualtersklasse von 1919 – 1948 mit insgesamt 1.104 Gebäuden besonders stark vertreten und bildet damit die dominierende Baualtersklasse. Diese hohe Anzahl spiegelt die

intensive Bautätigkeit der Zwischenkriegszeit und frühen Nachkriegsjahre wider. Zu den Extremwerten zählen die ältesten Gebäude, die vor 1919 errichtet wurden, mit 228 Gebäuden, sowie die Bauten aus der Zeit von 1949 bis 1978, die mit nur 190 Gebäuden am wenigsten vertreten sind. Diese Altersverteilung gibt wichtige Hinweise auf den Sanierungsbedarf und die energetischen Herausforderungen der unterschiedlichen Gebäudegruppen im Kontext der geplanten Wärmewende.



Baualtersklasse	Anzahl Gebäude
< 1919	228
1919-1948	1104
1949-1978	190
1979-1990	114
1991-2004	1028
2005-2015	685
> 2016	457
Gesamt	3.807

Abbildung 14: Prozentuale Aufteilung Altersstruktur nach Baujahren (Quelle: FACT)

Im Güterverkehrszentrum (GVZ) befinden sich beispielsweise mehrere jüngere Gebäude, insbesondere Baujahre nach 2005, die in den helleren Grautönen dargestellt sind. Dieses Muster weist auf eine moderne und kürzlich erschlossene Infrastruktur in diesem Cluster hin. Der Ortsteil Elstal zeigt eine Mischung verschiedener Baujahre, was auf die historisch gewachsene Struktur mit kontinuierlicher Entwicklung

zurückzuführen ist, da sowohl ältere (1919–1948, dunklere Grautöne) als auch neuere Baujahre vorhanden sind.

Die ländlicheren Orts- und Gemeindeteile wie Hoppenrade und Priort enthalten vorwiegend Gebäude aus der Zeit vor 1990, was auf eine geringere Neubautätigkeit in diesen Regionen hinweist.

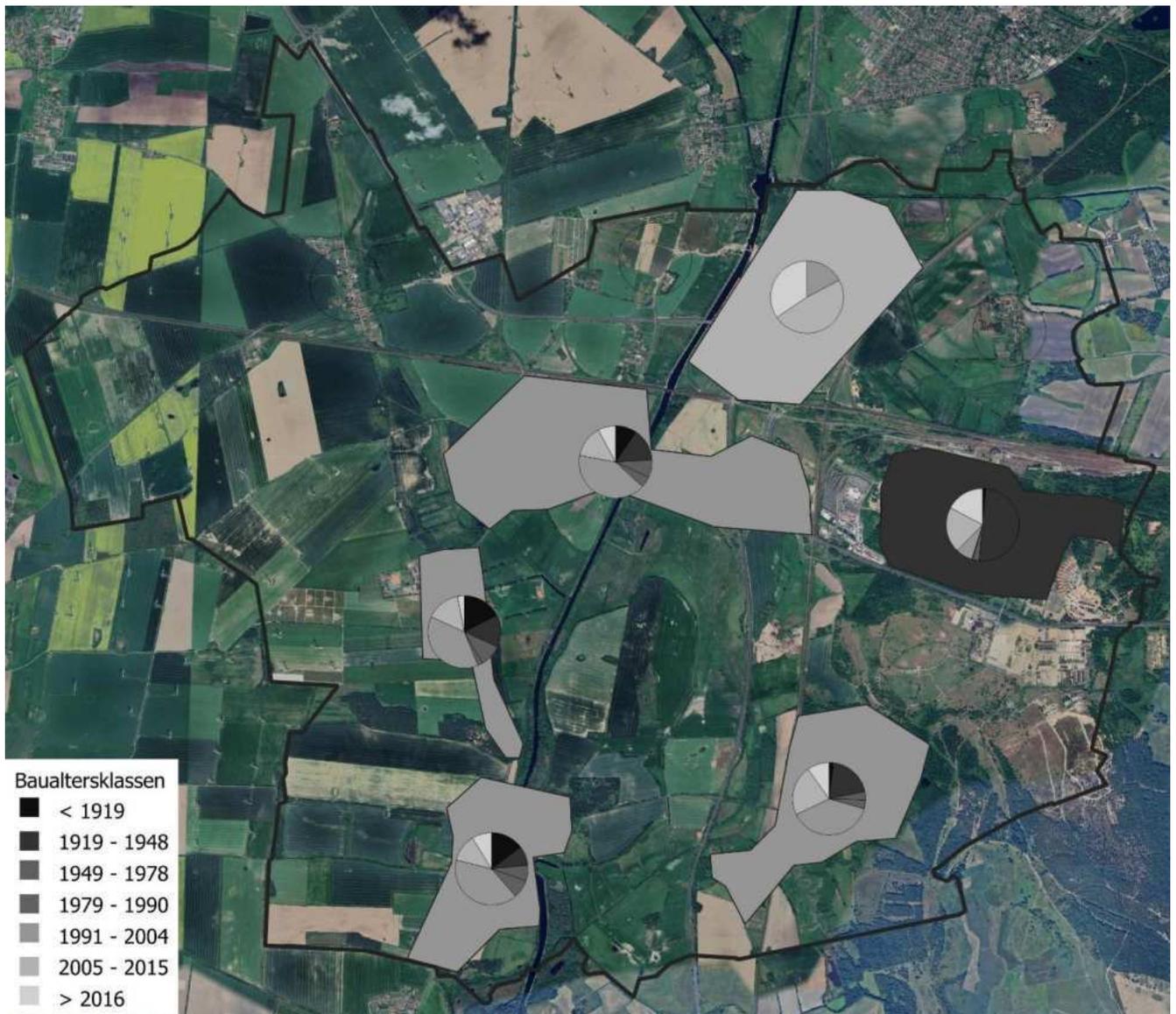


Abbildung 15: Verteilung der Altersstrukturen der Gebäude in Wustermark (Quelle: FACT)

2.3 Wärmeversorgung

In diesem Kapitel wird die aktuelle Situation der Wärmeversorgung in der Gemeinde Wustermark für das Referenzjahr 2022 analysiert. Zunächst wird die bestehende Beheizungsstruktur beschrieben, um einen Überblick darüber zu geben, wie die Wärmeversorgung derzeit sichergestellt wird und welche Technologien hierfür im Einsatz sind. Im Anschluss daran wird die Energieinfrastruktur der Gemeinde dargestellt, wobei insbesondere auf die vorhandenen Energienetze und Energieerzeugungsanlagen eingegangen wird.

2.3.1 Beheizungsstruktur

Nachfolgend wird auf die gegenwärtige Beheizungsstruktur der Gemeinde Wustermark eingegangen, welche die Grundlage für die Planung zukünftiger Maßnahmen zur Erreichung der Wärmewende bildet. Zunächst werden die vorhandenen Heizungsanlagen vorgestellt, die zur Wärmeerzeugung in den Haushalten und Betrieben der Gemeinde genutzt werden. Daraufhin erfolgt eine Darstellung der eingesetzten Energieträger, die den Heizungsanlagen zugrunde liegen und den aktuellen Energiemix der Gemeinde bestimmen wird.

men. Abschließend wird der gegenwärtige Wärmeverbrauch der Gemeinde mittels Wärmedichtenkarten geographisch visualisiert, um regionale Unterschiede und Schwerpunkte im Wärmebedarf aufzuzeigen.

Heizungsanlagen

Die Abbildung 16 zeigt die Verteilung verschiedener Heizsysteme und Energieinfrastrukturen im Untersuchungsgebiet. Diese unterschiedlichen Heizsysteme und deren Verteilung bieten Einblicke in die energetische Infrastruktur und die Nutzung von Wärmeversorgungstechnologien in der Region.

In den Ortsteilen Elstal und Wustermark sind zahlreiche Kombiwasserheizer (pink) vertreten, was auf eine

vorherrschende dezentrale Warmwasserbereitung in diesen Siedlungsbereichen hindeutet. Diese Gebiete zeigen eine hohe Konzentration an wohngebietsnahen Heizsystemen.

Im GVZ und Designer-Outlet sind ebenfalls Heizkessel (dunkelorange) und einige Übergabestationen (rosa) zu finden, was auf eine zentralisierte Wärmeversorgung hinweist, die typischerweise in gewerblichen und industriellen Bereichen vorkommt. Umlaufwassererhitzer (hellgrün) sind hauptsächlich in den Randgebieten und weniger dicht besiedelten Ortsteilen wie Hoppenrade und Priort zu sehen, was auf alternative Heizsysteme für abgelegene Haushalte hinweist.

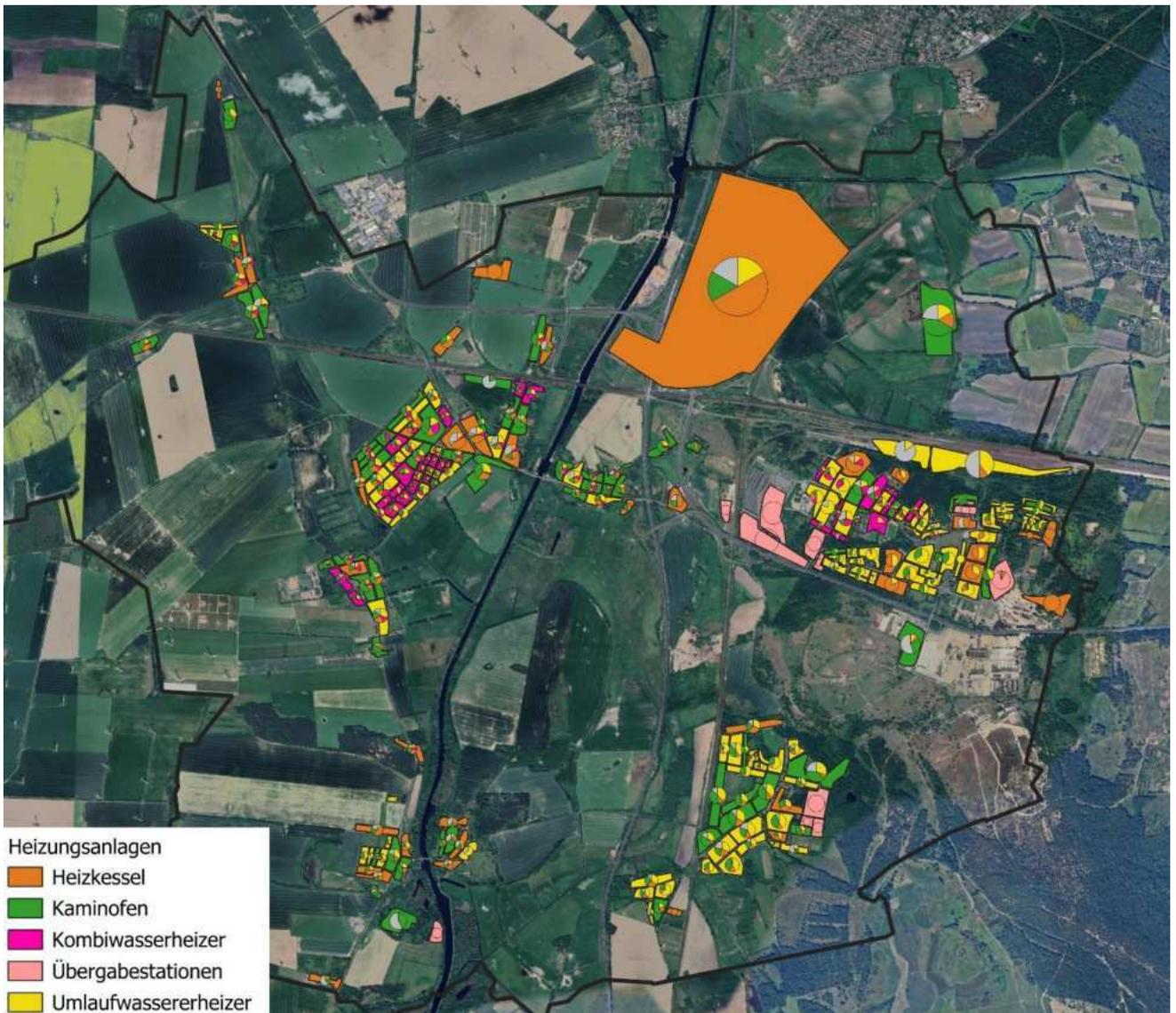


Abbildung 16: Beheizungsstruktur (Quelle: FACT)

Im Jahr 2022 waren in der Gemeinde Wustermark vorwiegend verbrennungsbasierte Heizungsanlagen im Einsatz. Die Heizungsstruktur zeigt eine Dominanz von Umlauf- und Kombiwasserheizern, die 32 % bzw. 13 % der Anlagen ausmachen. Hinzu kommen Heizkessel,

die mit einem Anteil von 15 % ebenfalls eine bedeutende Rolle spielen und häufig in Kombination mit einem Kaminofen betrieben werden. Insgesamt sind 3.867 Heizungsanlagen im Gemeindegebiet verzeichnet.

Heizungsanlage	Anzahl
Umlaufwasserheizer	1.228
Kaminofen	1.096
Heizkessel	594
Kombiwasserheizer	491
Übergabestation	25
Sonstige	433
Gesamt	3.867

Energieträger

Erdgas stellt mit einem Anteil von über 80 % den zentralen Energieträger dar. Ergänzend kommen Heizöl und Flüssiggas zum Einsatz; diese fossilen Brennstoffe sind nicht an ein Leitungsnetz gebunden. Im Olympischen Dorf, am Schulzentrum Elstal sowie an der Wustermarker Grundschule und dem Rathaus existiert bereits eine Infrastruktur für Nahwärme, die eine alternative Wärmeversorgung ermöglicht.

In Abbildung 17 ist die Verteilung der verschiedenen Energieträger für Heizsysteme im Untersuchungsgebiet dargestellt. Diese Darstellung veranschaulicht regionale Unterschiede in der Energieversorgung sowie

die Präferenzen für bestimmte Energieträger in den verschiedenen Gebieten.

In den Ortsteilen Elstal und Wustermark dominiert Erdgas (gelb), was auf eine umfassende Anbindung an das Erdgasnetz zurückzuführen ist.

In ländlicheren Ortsteilen wie Hoppenrade und Priort ist hingegen zusätzlich zum Energieträger Erdgas eine stärkere Verbreitung von Heizöl (braun) und Flüssiggas (hellblau) zu beobachten. Dies weist auf dezentrale Wärmeversorgungsmethoden hin, die in Gebieten ohne zentrale Gas- oder Fernwärmenetze erforderlich sind. Biomasse (grün) wird ebenfalls vereinzelt genutzt und bietet eine lokalspezifische Alternative, die jedoch nicht beliebig skalierbar ist, da die notwendigen Rohstoffe nur begrenzt verfügbar sind.

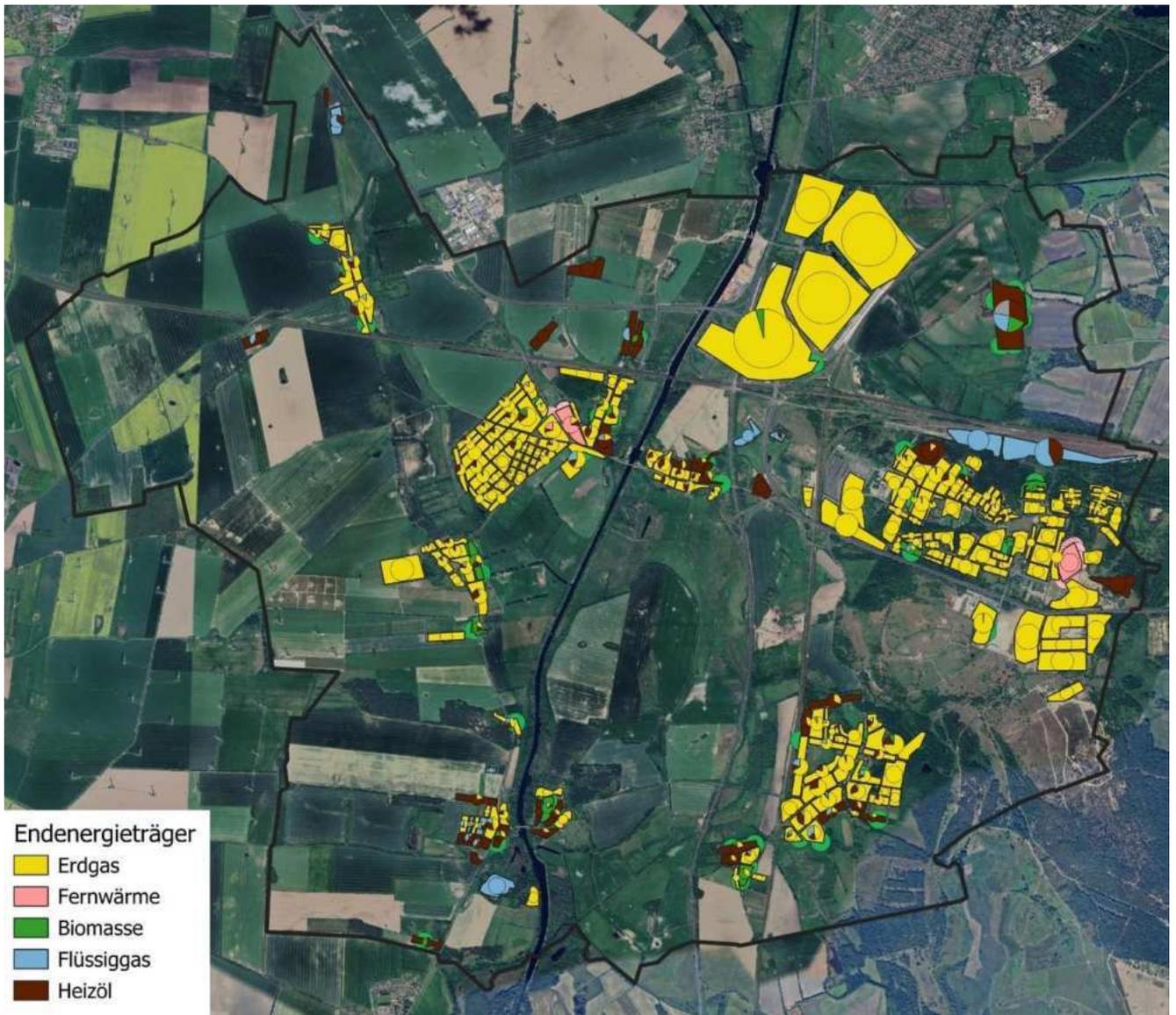


Abbildung 17: Geografische Verteilung der eingesetzten Endenergieträger zur Wärmebereitstellung (Quelle: FACT)

Wärmeverbrauch

Im Folgenden wird der Wärmeverbrauch auf dem Gebiet der Gemeinde Wustermark für das Referenzjahr 2022 in seiner geografischen Verteilung dargestellt. Zur Visualisierung dieser Verteilung werden Wärmedichtenkarten genutzt, die eine anschauliche Übersicht über die unterschiedlichen Wärmebedarfsbereiche innerhalb der Gemeinde bieten. Diese Karten verdeutlichen die räumliche Konzentration des Wärmeverbrauchs und liefern wertvolle Informationen für die

Planung der zukünftigen Wärmeversorgung und mögliche Effizienzmaßnahmen.

Die folgende Abbildung 18 stellt die Wärmedichteverteilung im Untersuchungsgebiet dar, unterteilt in verschiedene Bedarfsstufen, gemessen in MWh pro Hektar und Jahr. Die Farben reichen von Weiß (geringer Wärmebedarf, 0–70 MWh/ha*a) über verschiedene Rottöne bis hin zu dunklem Rot (sehr hoher Wärmebedarf, >1050 MWh/ha*a).

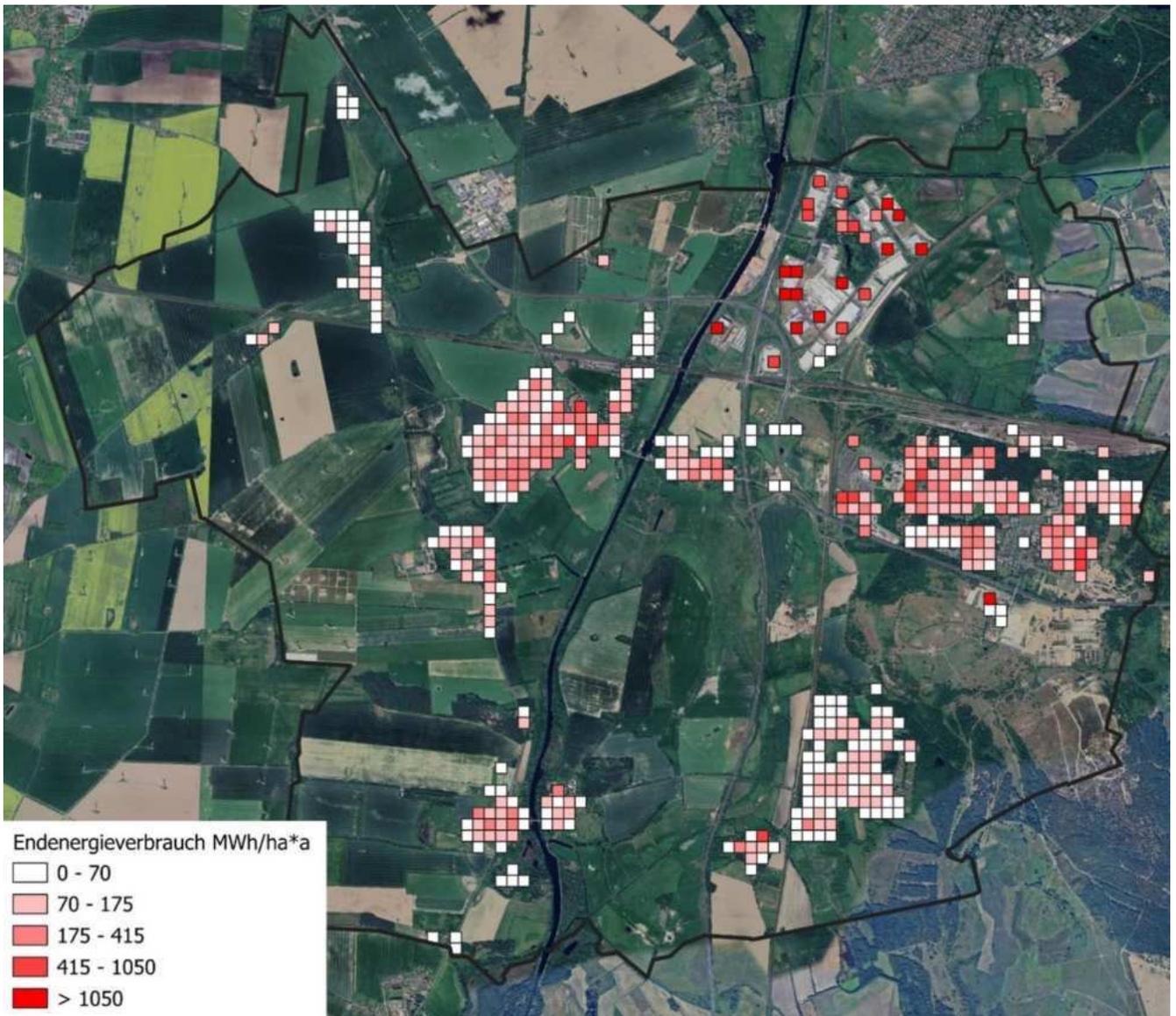


Abbildung 18: Wärmebedarfsdichte für das Referenzjahr 2022 (Quelle: FACT)

In den Siedlungsgebieten Elstal und Wustermark zeigt die Karte eine hohe Wärmedichte, insbesondere in den roten und dunkelroten Bereichen, was auf eine hohe Nachfrage nach Wärmeenergie in diesen stark besiedelten und bebauten Zonen hinweist.

Das GVZ und das Designer-Outlet weisen ebenfalls mittlere bis hohe Wärmedichten auf, was auf die industrielle und gewerbliche Nutzung und den damit verbundenen erhöhten Energiebedarf in diesen Bereichen zurückzuführen ist. Die erwartete Wärmedichte in diesen Gebieten unterstreicht die Bedeutung einer

effizienten und nachhaltigen Energieversorgung in wirtschaftlich aktiven Clustern.

Die ländlicheren Gebiete wie Hoppenrade und Priort zeigen dagegen eine geringe Wärmedichte (weiß und hellrosa Bereiche), was auf eine geringere Besiedlung und weniger intensive Nutzung hinweist. In diesen Regionen dürfte der zukünftige Wärmebedarf eher niedrig bleiben, was dazu führt, dass Wärmenetze hier nur unter besonders günstigen Bedingungen wirtschaftlich umsetzbar sind, beispielsweise, wenn ein großer Ankercunde in benachbarten Kommunen (bspw. im nördlichen Teil Potsdams) Wärme aus Wustermark in bedeutenden Mengen abnimmt.



Abbildung 19: Wärmelinien-dichte für das Referenzjahr 2022 (Quelle: FACT)

Abbildung 19 veranschaulicht die Wärmelinien-dichte im Untersuchungsgebiet, die den Wärmebedarf pro Meter Straßenlänge darstellt. Die verschiedenen Bedarfsstufen sind farblich codiert, wobei weiße Linien eine geringe Wärmelinien-dichte (0–700 W/m*a) und rote Linien eine sehr hohe Wärmelinien-dichte (>1700 W/m*a) darstellen.

Die dargestellten Wärmeverbrauchs-dichten wurden stichprobenartig auf ihre Plausibilität überprüft, um sicherzustellen, dass die Werte den realen Verhältnissen einzelner Gebäude entsprechen. Dazu erfolgte ein Abgleich der tatsächlichen Verbrauchswerte mit den berechneten Wärmebedarfs-werten, bei dem festgestellt wurde, dass keine signifikanten Abweichungen vorliegen.

2.3.2 Energieinfrastruktur und Erzeugungsanlagen

Abbildung 20 zeigt die Energieinfrastruktur des Untersuchungsgebiets mit Fokus auf verschiedenen Energieversorgungsnetzen und Energieanlagen. Die Darstellung umfasst KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) in Form von Blockheizkraftwerken (BHKWs), Brennstoffzellen sowie die bestehenden Wärmenetze (rosa), Erdgasnetze (gelb) sowie das Stromnetz, das in Mittelspannung (blaue Linien) und Hochspannung (dunkelblaue Linien) unterteilt ist. Zudem sind Umspannstationen für Mittelspannung (blaue Punkte) abgebildet.

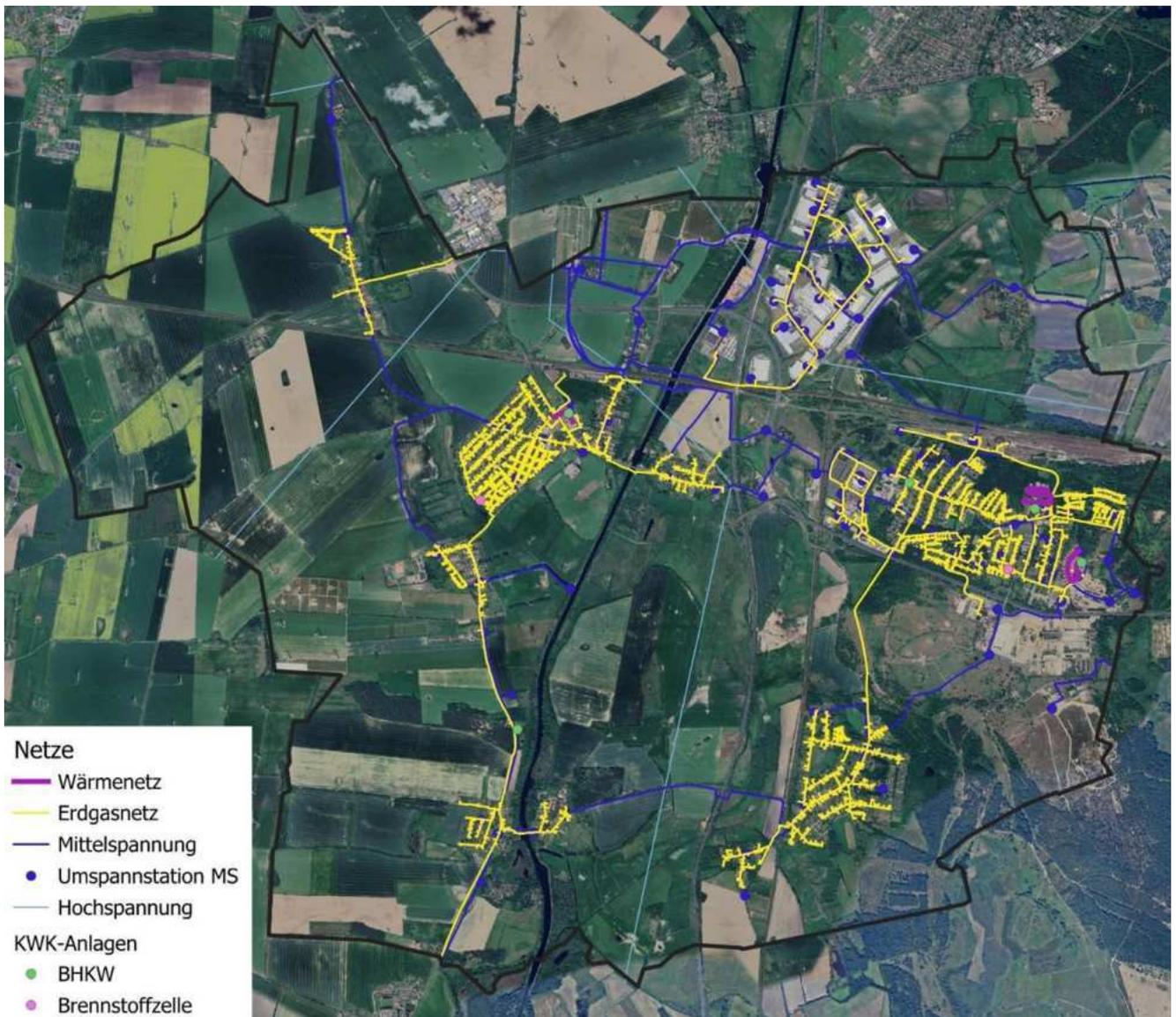


Abbildung 20: Verteilung der KWK-Anlagen, Erdgas- und Wärmenetze sowie Strominfrastruktur (Quelle: FACT)

Energienetze

Die Energieinfrastruktur der Gemeinde Wustermark umfasst gut ausgebaute Netze zur Versorgung von Wohn- und Gewerbegebieten. Ein flächendeckendes Erdgasnetz stellt die Versorgung mit einem gasförmigen fossilen Brennstoff sicher und deckt sowohl

Wohn- als auch gewerblich genutzte Gebiete ab. Ergänzt wird dies durch ein leistungsfähiges Mittelspannungs-Stromnetz, das den kommunalen Bedarf zuverlässig abdeckt. In Elstal und Wustermark sind bereits kleine Wärmenetze vorhanden, die sich potentiell in ein zentrales Netz einbinden lassen können.

Erzeugungsanlagen für Wärmenetze

Zur Versorgung der bestehenden kleinen Wärmenetze sind in der Gemeinde Kraft-Wärme-Kopplungs-(KWK)-Anlagen im Einsatz. Davon entfallen sieben auf Blockheizkraftwerke (BHKW), die mit Erdgas betrieben werden, sowie zwei Erdgasbetriebene Brennstoffzellen. Diese Anlagen leisten einen wesentlichen Beitrag zur dezentralen Wärme- und Stromerzeugung und tragen so zur Stabilität der lokalen Energieversorgung bei.

Abwassernetz

Das Abwassernetz in Wustermark ist gut ausgebaut, jedoch überschreiten keine der vorhandenen Leitungsdurchmesser eine Größe von 800 mm. Aufgrund der relativ geringen Dimensionierung der Leitungen besteht in diesem Bereich kein nennenswertes Potenzial zur Nutzung von Abwasserwärme. Dies limitiert die Möglichkeiten zur Einbindung des Abwassernetzes in die kommunale Wärmeversorgung.

2.4 Energie- und Treibhausgasbilanz 2022

Im Folgenden wird auf Grundlage des ermittelten Wärmeverbrauchs eine entsprechende Energie- und Treibhausgasbilanz für die Gemeinde Wustermark erstellt. Diese Bilanz veranschaulicht die eingesetzten Energieträger zur Bereitstellung von Wärme im Jahr 2022 sowie die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen.

2.4.1 Energiebilanz 2022

Im Jahr 2022 wurde die Wärmeversorgung der Gemeinde Wustermark von verschiedenen Energieträgern dominiert, wobei Erdgas eine übergeordnete Rolle spielte. Mit einem Anteil von 84 % an der gesamten Wärmebereitstellung, was einer Menge von 88,8 Gigawattstunden (GWh) entspricht, stellte Erdgas den Hauptenergieträger dar. Diese starke Abhängigkeit von Erdgas unterstreicht die Bedeutung dieses fossilen Brennstoffs für die Gemeinde und weist auf potenzielle Herausforderungen hin, wenn es um die langfristige Umstellung auf klimaneutrale Wärmequellen geht.

Nahwärme spielte im Vergleich dazu eine wesentlich kleinere Rolle, deckte jedoch mit 4 % des Wärmebedarfs der Gemeinde einen gewissen Anteil der Energieversorgung ab. Insgesamt wurden 4,4 GWh durch

Fernwärme bereitgestellt, was vor allem auf die bestehenden kleinen Wärmenetze in den Ortsteilen Elstal und Wustermark zurückzuführen ist. Fernwärme bietet Potenzial für eine klimafreundlichere Wärmeversorgung, insbesondere wenn der Anteil erneuerbarer Energien in der Fernwärmeerzeugung in Zukunft erhöht wird.

Heizöl stellte im Jahr 2022 den zweitgrößten Energieträger dar und deckte 7 % des Wärmebedarfs in der Gemeinde ab, was einem Verbrauch von 7,5 GWh entspricht. Als fossiler Brennstoff verursacht Heizöl signifikante Treibhausgasemissionen, weshalb sein Einsatz mittelfristig durch treibhausgasneutrale Alternativen ersetzt werden sollte. Die Nutzung von Heizöl konzentriert sich häufig auf ältere Gebäude, die noch nicht auf effizientere oder erneuerbare Energiequellen umgestellt wurden.

Der Anteil der Biomasse an der Wärmebereitstellung lag bei 2 %, was einer Menge von 2,4 GWh entspricht. Biomasse als erneuerbarer Energieträger kann eine nachhaltige Alternative darstellen, da sie CO₂-neutral genutzt werden kann. Der derzeitige geringe Anteil deutet darauf hin, dass Biomasse in Wustermark noch

ein begrenztes Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs hat, jedoch in Zukunft eine ergänzende Rolle spielen könnte.

Flüssiggas wurde ebenfalls mit einem Anteil von 2 % genutzt, was einem Verbrauch von 2,6 GWh entspricht. Flüssiggas wird meist in Gebieten ohne Erdgasversorgung eingesetzt und stellt eine flexible, aber fossile Option dar. Auch hier wäre eine Umstellung auf erneuerbare Alternativen für die Erreichung der Klimaziele der Gemeinde wünschenswert.

Kohle spielte mit einem Anteil von weniger als 1 % (0,4 GWh) nur eine sehr marginale Rolle in der Wärmeversorgung der Gemeinde. Die Nutzung von Kohle zur

Wärmeerzeugung ist in Deutschland generell rückläufig, da sie mit besonders hohen CO₂-Emissionen verbunden ist und mittelfristig durch klimafreundlichere Energieträger ersetzt werden soll.

Insgesamt wurden 106,1 GWh zur Deckung des Wärmebedarfs in Wustermark im Jahr 2022 aufgewendet, wobei fossile Energieträger einen klaren Schwerpunkt bildeten. Die starke Abhängigkeit von Erdgas und Heizöl unterstreicht den dringenden Bedarf, die Wärmewende voranzutreiben und vermehrt auf erneuerbare Energien zu setzen, um die Klimaziele und eine nachhaltige Wärmeversorgung in der Gemeinde zu erreichen.

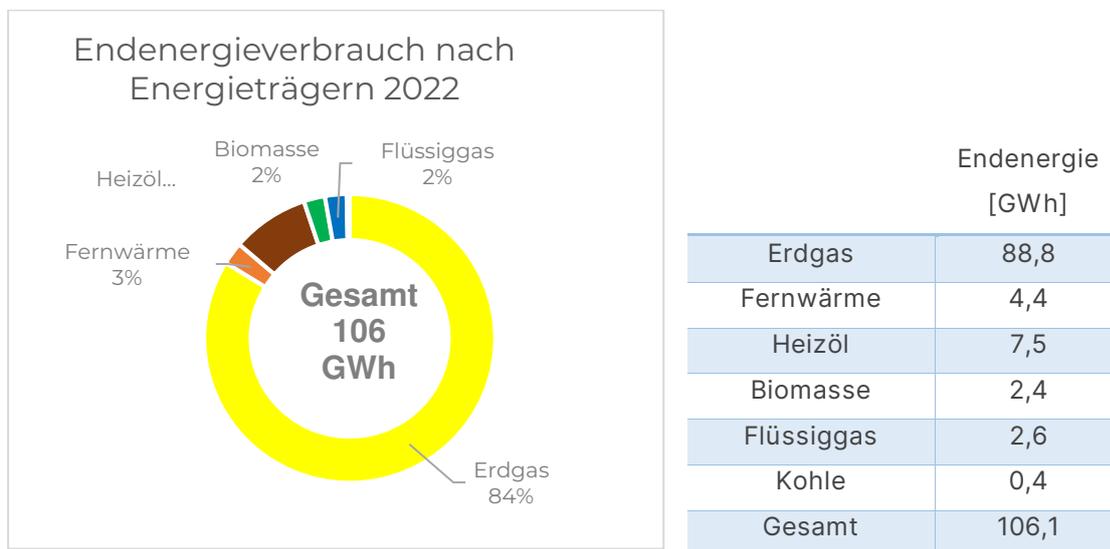


Abbildung 21: Endenergieverbrauch zur Wärmebereitstellung in Wustermark im Referenzjahr 2022 (Quelle: FACT)

Die Verteilung des Endenergieverbrauchs in der Gemeinde Wustermark im Jahr 2022 zeigt eine deutliche Aufteilung zwischen den Sektoren GHD, Industrie & produzierendes Gewerbe, öffentlichen Zwecken sowie dem Wohnsektor (Haushalte). Der größte Anteil entfällt auf den Bereich Wohnen/Haushalte, der 42 %

des gesamten Endenergieverbrauchs ausmacht. Dieser hohe Anteil ist typisch für ländliche und kleinstädtische Strukturen, wo private Haushalte häufig auf individuelle Heizsysteme angewiesen sind und die Energie für Heizung, Warmwasser und elektrische Geräte in den Haushalten maßgeblich zur Verbrauchsmenge beiträgt:

Der Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) ist mit 36 % der zweitgrößte Energieverbrauchssektor in Wustermark. Diese hohe Nutzung spiegelt die Bedeutung des gewerblichen Sektors für die Gemeinde wider, in dem sowohl kleinere als auch größere Dienstleistungsbetriebe und Einzelhändler angesiedelt sind, darunter das Designer-Outlet und Karls Erlebnisdorf. Die Energieanforderungen in diesem Bereich umfassen neben der Wärmeversorgung häufig auch den Stromverbrauch für den Betrieb von Geschäftsräumen und Lagerflächen.

Industrie und produzierendes Gewerbe haben einen Anteil von 18 % am gesamten Endenergieverbrauch der Gemeinde. Dies verdeutlicht die Rolle der industriellen und produzierenden Betriebe in der lokalen Wirtschaft und ihren Energiebedarf für Produktionsprozesse und Betriebseinrichtungen. Die meisten dieser Betriebe sind im Güterverkehrszentrum (GVZ) angesiedelt, was den sektoralen Verbrauch konzentriert

und einen wichtigen Beitrag zur Wirtschaft der Gemeinde leistet.

Öffentliche Zwecke machen mit einem Anteil von 3 % den kleinsten Teil des Endenergieverbrauchs aus. Dieser Anteil umfasst den Energiebedarf öffentlicher Gebäude und Einrichtungen wie Schulen, Verwaltungsgebäude und kommunale Infrastrukturen. Der relativ geringe Verbrauch spiegelt die im Vergleich zu den anderen Sektoren kleinere Fläche und geringere Intensität des öffentlichen Energiebedarfs wider.

Die Verteilung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren zeigt, dass in Wustermark insbesondere der Wohnbereich sowie die gewerbliche Nutzung die wesentlichen Anteile am Energiebedarf ausmachen. Dies ist von Bedeutung für die zukünftige Energieplanung, da Effizienzmaßnahmen und der Einsatz erneuerbarer Energien in diesen Sektoren einen großen Einfluss auf die Reduzierung des Gesamtenergieverbrauchs der Gemeinde haben können.

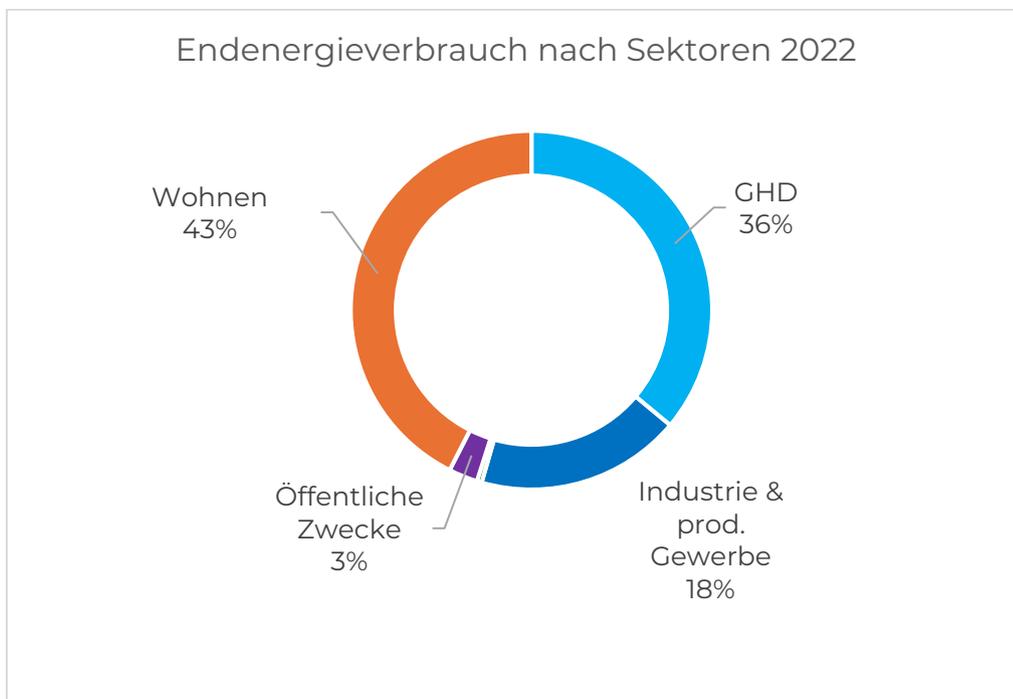


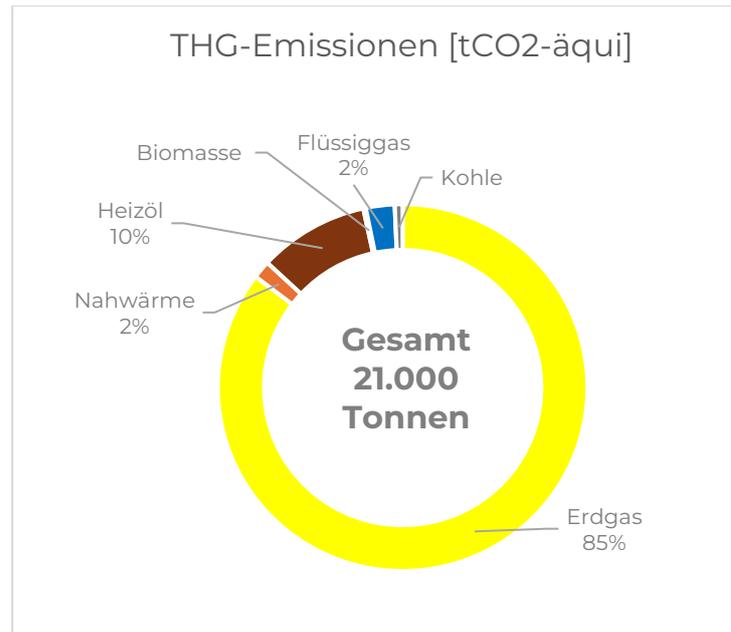
Abbildung 22: Verteilung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren (Quelle: FACT)

2.4.2 THG-Bilanz 2022

Die Berechnung der Treibhausgas(THG)-Emissionen erfolgt nach den Grundsätzen der BSKO-Methodik (ifeu, 2019). Hierbei gelten spezifische Bilanzierungsprinzipien: Bei der territorialen Bilanzierung werden ausschließlich die Emissionen berücksichtigt, die durch den Endenergieverbrauch innerhalb der Gemeindegrenzen verursacht werden. Diese Vorgehensweise folgt der Endenergiebasis, d.h., es wird nur der tatsächlich im Territorium verbrauchte Energiebedarf in die Berechnung miteinbezogen.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt in der Berechnung ist die Einbeziehung spezifischer Emissionsfaktoren, die neben CO₂ auch CO₂-Äquivalente anderer Treibhausgase wie Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) umfassen. Darüber hinaus wird der Einfluss sogenannter Vorkettenemissionen berücksichtigt, also jener Emissionen, die bei der Produktion und dem Transport von Energieträgern entstehen.

Aktuell entstehen durch die Wärmebereitstellung in Wustermark etwa 24.000 Tonnen CO₂ pro Jahr. Der Großteil dieser Emissionen resultiert aus der Verbrennung von Erdgas, das den dominierenden Anteil an der Wärmeerzeugung ausmacht. Heizöl trägt etwa 10 % zu den Gesamtemissionen bei. Der Einsatz von Nahwärme, Flüssiggas, Kohle und Biomasse spielt eine untergeordnete Rolle und verursacht vergleichsweise geringe CO₂-Emissionen.



Ab-
bil-

Energieträger	THG-Emissionen [tCO ₂ -äqui]
Erdgas	20.699
Fernwärme	381
Heizöl	2.341
Biomasse	52
Flüssiggas	610
Kohle	166
Gesamt	24.251

Abbildung 23: THG-Emissionen für das Referenzjahr 2022 (Quelle: FACT)

3 POTENTIALANALYSE ENERGIEEFFIZIENZ UND ERNEUERBARE ENERGIEN

Im Rahmen der Potenzialanalyse erfolgt eine Quantifizierung einer möglichen Wärmebereitstellung durch erneuerbare Energiequellen. Hierbei erfolgt auch eine räumlich differenzierte Ausweisung von Ausschlussgebieten, wie beispielsweise Wasserschutz- und Heilquellengebieten, in denen eine Nutzung bestimmter Wärmequellen eingeschränkt oder untersagt ist. Zusätzlich werden die abgeschätzten Potenziale zur Energieeinsparung dargestellt, die durch eine Reduktion des Wärmebedarfs in Gebäuden sowie in industriellen und gewerblichen Prozessen erreicht werden können. Diese differenzierte Darstellung ermöglicht eine gezielte Planung und hilft, die vorhandenen Potenziale zur Erhöhung der Energieeffizienz in den jeweiligen Teilbereichen optimal zu nutzen.

3.1 Energieeffizienz

Zunächst wird das Potenzial zur Reduktion des Wärmebedarfs durch die Steigerung der Energieeffizienz ermittelt. Dabei liegt der Fokus auf zwei zentralen Bereichen: Im Gebäudesektor stehen Maßnahmen zur energetischen Sanierung im Vordergrund, die eine deutliche Verringerung des Wärmebedarfs in bestehenden Gebäuden ermöglichen sollen. Im Bereich Industrie und Gewerbe hingegen konzentrieren sich die Bemühungen auf die Verbesserung der Effizienz bei

der Prozesswärmeerzeugung sowie auf die Optimierung von Produktionsanlagen. Durch diese gezielten Maßnahmen können sowohl Energieeinsparungen als auch eine Verringerung der CO₂-Emissionen erreicht werden, was einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Wärmeversorgung leistet.

Die Einsparpotenziale für Heizwärme im Gebäudebereich, die sowohl Heizung als auch Warmwasser umfasst, variieren je nach Gebäudetyp und Baualterklasse. Um diese Potenziale zu quantifizieren, wurde der durchschnittliche spezifische Endenergiebedarf in Abhängigkeit von diesen Faktoren herangezogen, vergleiche Abbildung 24. (Bundesministerium für Verkehr, 2012).

Ein entscheidender Faktor für die Einschätzung des Sanierungspotenzials und damit für die mögliche Reduktion des Wärmebedarfs ist die Baualterklasse eines Gebäudes. Darüber hinaus kann ein bestehender Denkmalschutz erheblich einschränken, welche Sanierungsmaßnahmen realisierbar sind. Insbesondere denkmalgeschützte Gebäude bieten oft nur begrenzte Möglichkeiten zur energetischen Optimierung, was ihre Rolle in der Wärmebedarfsreduktion maßgeblich beeinflusst.



Abbildung 24: Spezifischer jährlicher Endenergiebedarf pro Wohnfläche und Baualterklasse (Quelle: FACT)

Im Industrie- und Gewerbesektor wird zusätzlich zur Einsparung der Heizwärme noch ein Steigerungspotential im Bereich der Prozesswärme angenommen. Dieser beträgt je nach Industriebranche ca. 0,5 bis 2 % pro Jahr und ist auf die stetige Verbesserung der Prozesstechnik sowie der erhöhten Effizienzstandards der eingesetzten Anlagenkomponenten zurückzuführen.

Abbildung 25 stellt die Energieeffizienzverteilung im Untersuchungsgebiet dar, gemessen in Megawattstunden pro Hektar und Jahr (MWh/ha*a). Die verschiedenen Farbabstufungen geben an, wie hoch vorliegende Energieeffizienzpotentiale in Bereichen Sanierung und Effizienzsteigerungen sind: Hellblau steht für ein überschaubares Effizienzpotential (0–29 MWh/ha*a), während dunklere Blautöne ein erhöhtes Potential zur Wärmebedarfsreduktion anzeigen, wobei die dunkelblau gekennzeichneten Bereiche die höchsten Effizienzpotentiale (587–961 MWh/ha*a) aufweisen.

In den stark bewohnten Ortsteilen Elstal und Wustermark sind mehrere Bereiche mit mittlerer bis hoher Energieeffizienz erkennbar (hell- bis mittelblau). Dies deutet darauf hin, dass diese Siedlungsgebiete eine relativ hohe Anzahl an Gebäuden mit älteren Baualterklassen aufweisen, für welche der Wärmebedarf durch Sanierungsmaßnahmen signifikant reduziert werden kann. Im Bereich GVZ sowie im Designer-Outlet zeigt die Karte ebenfalls Zonen mit erhöhter Energieeffizienz, was darauf hinweist, dass diese wirtschaftlich aktiven Gebiete Potentiale für effiziente Technologien in industriellen und gewerblichen Anwendungen aufweisen. Die ländlicheren Ortsteile wie beispielsweise Hoppenrade und Priort zeigen hingegen größtenteils Bereiche mit geringerer Energieeffizienz (hellgrau bis hellblau). Diese Cluster bestehen vorwiegend aus weniger dichten Bebauungen und weisen eine geringere Effizienzpotentiale auf, was möglicherweise auf eine neuere Bausubstanz zurückzuführen ist.

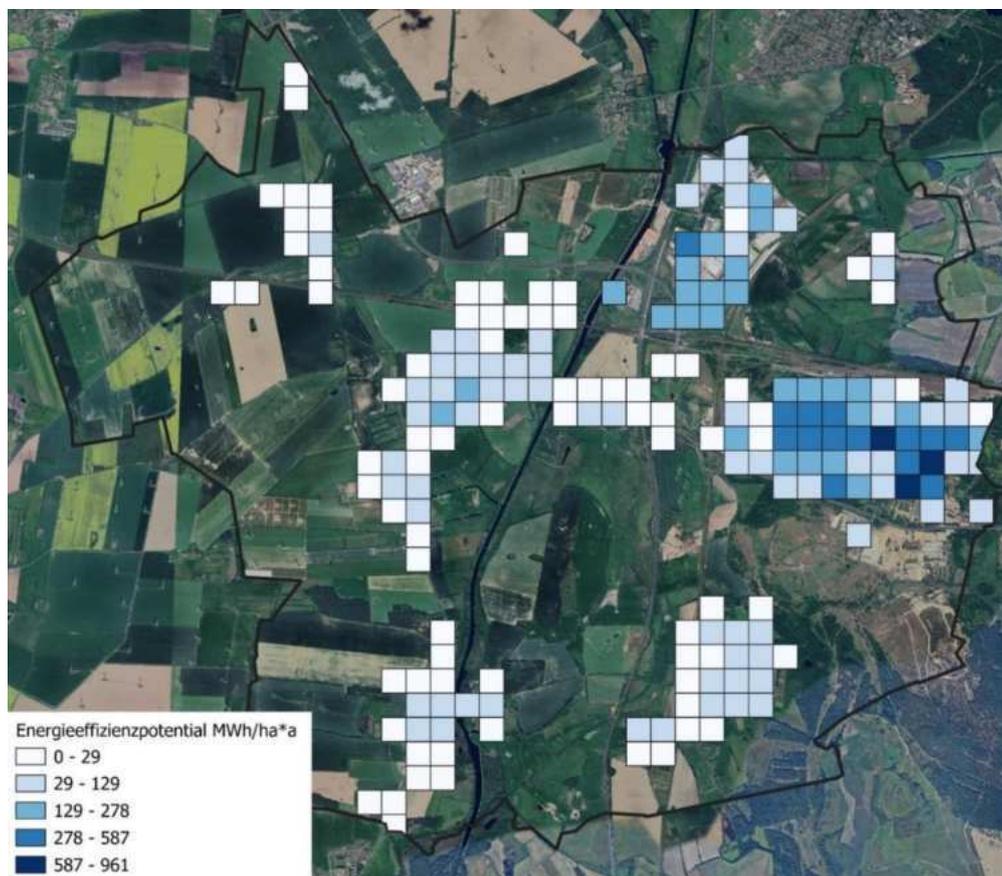


Abbildung 25: Potenziale der Energieeffizienz zur Wärmebedarfsreduktion (Quelle: FACT)

3.2 Erneuerbare Energien

Für die Quantifizierung der Potenziale zur Wärmeversorgung durch erneuerbare Energien wird das technische Potenzial als Grundlage herangezogen. Dieses beschreibt den Anteil des theoretischen Potenzials, der unter Berücksichtigung technischer, regulatorischer und gesetzlicher Einschränkungen tatsächlich nutzbar ist. Technische Restriktionen wie Wirkungsgrade und die Verfügbarkeit von Technologien

spielen hierbei eine ebenso wichtige Rolle wie rechtliche Vorgaben, etwa aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Durch die Kombination dieser Faktoren wird ein realistischer Rahmen geschaffen, um die Integration erneuerbarer Energien in die kommunale Wärmeplanung zu bewerten.



Abbildung 26: Potentialebenen zur Nutzung von erneuerbaren Energien (Quelle: FACT)

3.2.1 Ausschlussgebiete

Zur Berechnung der Potenziale erneuerbarer Energien werden auf Gemeindeebene geeignete Flächen identifiziert, die für die Nutzung erneuerbarer Energien zur Verfügung stehen. Dies erfolgt durch ein Ausschlussverfahren, bei dem Flächen mit Restriktionen von vornherein ausgeschlossen werden. Die Daten und Karten zu diesen Ausschlussflächen werden von öffentlichen Portalen und Behörden bezogen.

Zu den typischen Ausschlussflächen zählen unter anderem Wasserschutzgebiete, Heilquellengebiete, Naturschutzgebiete und weitere gesetzlich ge-

schützte Flächen. Durch die Anwendung dieser Ausschlusskriterien wird gewährleistet, dass nur jene Flächen in die Potenzialanalyse einfließen, die den rechtlichen und ökologischen Anforderungen entsprechen. Dieses Vorgehen bildet die Grundlage für eine fundierte und nachhaltige Planung der Nutzung erneuerbarer Energien.

Die Abbildung 27 zeigt die räumliche Verteilung von Schutzgebieten im Untersuchungsgebiet, einschließlich Wasserschutzgebieten und Naturschutzgebieten, sowie Bereiche mit Hochwasserrisiko. Die Wasserschutzgebiete sind in drei Zonen unterteilt: Zone I (dunkelblau), Zone II (mittelblau) und Zone III (hellblau). Die Naturschutzgebiete sind in Grün dargestellt, während Landschaftsschutzgebiete in Hellgrün

markiert sind. Ein erhöhtes Hochwasserrisiko ist durch türkise Bereiche dargestellt.

Im zentralen, südlichen und östlichen Teil des Gebiets erstrecken sich große Wasserschutzgebiete, insbesondere die Zonen II und III, die wichtige Grundwasservorkommen schützen. Diese Gebiete überschneiden sich teilweise mit den Ortsteilen Elstal und Wustermark. Hier muss bei der Gemeindeentwicklung der Grundwasserschutz besonders beachtet werden.

Nördlich und südlich des Siedlungsbereiches Elstal befinden sich mehrere Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiete (grün- und hellgrün), die auf eine reichhaltige Flora und Fauna in diesen Bereichen hinweisen. Diese Schutzgebiete stellen wertvolle ökologische Zonen dar, die bei zukünftigen Entwicklungsmaßnahmen berücksichtigt werden müssen, um die natürliche Umwelt zu bewahren.

Zudem sind vereinzelt Hochwasserrisikozonen in verschiedenen Teilen des Gebiets verzeichnet, insbesondere in den Senken um den Havelkanal und den Priorter Graben. Diese Zonen erfordern eine sorgfältige Planung von Infrastruktur und Wohnbebauung, um potenzielle Hochwasserschäden zu minimieren.

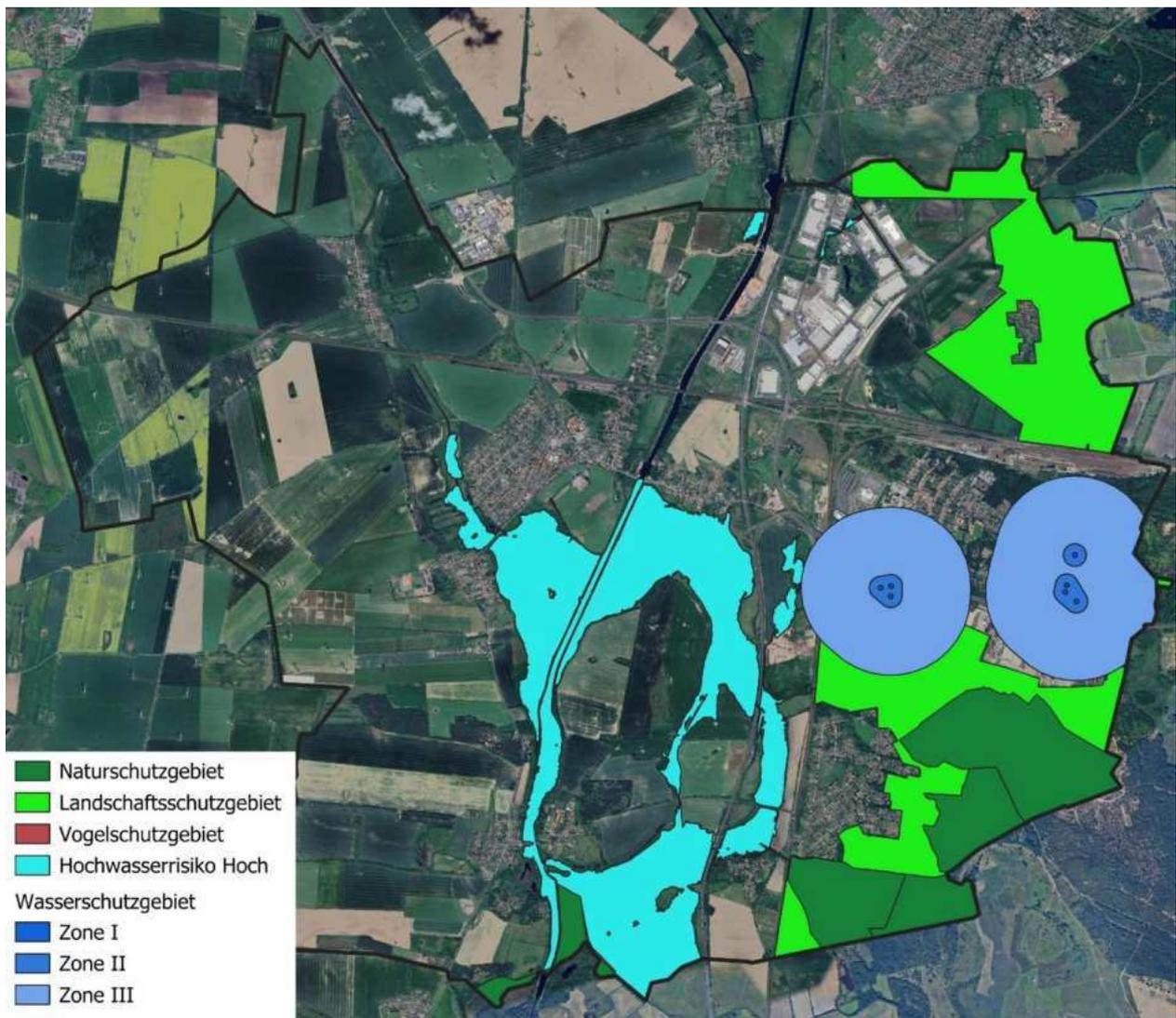


Abbildung 27: Schutzgebiete und Hochwasserrisikozonen (Quelle: FACT)

3.2.2 Solarthermie

Solarthermie nutzt die Energie der Sonnenstrahlung, um diese direkt in nutzbare Wärme für Warmwasserbereitung, Heizung und Prozesswärme umzuwandeln. Dabei wird zwischen zwei Arten der Flächennutzung für die solarthermische Wärmerzeugung unterschieden: Zum einen die dezentrale solarthermische Wärmeerzeugung durch einzelne Module auf Dachflächen, und zum anderen die großflächige, zentrale Solarthermie auf Freiflächen. Beide Varianten werden im Rahmen dieses Projekts analysiert und hinsichtlich ihrer Eignung für die zukünftige Wärmeversorgung bewertet.

Für die Berechnung des jährlichen Wärmedeckungspotenzials im Zieljahr werden sowohl die zeitliche Verfügbarkeit der Solarenergie als auch die monatliche Verteilung des Wärmebedarfs berücksichtigt. Dies ermöglicht eine realistische Einschätzung des Beitrags, den Solarthermieanlagen zur Deckung des kommunalen Wärmebedarfs leisten können. Bei der Analyse des solarthermischen Potenzials muss die saisonale Wärmeerzeugung besonders berücksichtigt werden. Dabei spielt der Effekt eine zentrale Rolle, dass im Sommer ein deutlich höheres Potenzial für die solarthermische Energieerzeugung zur Verfügung steht als im Winter. Dies steht jedoch im Gegensatz zu den saisonalen Anforderungen im Wohnsektor, in dem der Hauptteil des Wärmebedarfs in den

Wintermonaten anfällt, insbesondere für Heizzwecke.

Diese Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage stellt eine Herausforderung dar, die bei der Integration von Solarthermie in die Wärmeversorgung beachtet werden muss. Lösungsansätze könnten die Kombination mit saisonalen Wärmespeichern oder die Nutzung in Bereichen mit konstanter Wärmeabnahme, wie der Warmwasserbereitung oder in der Industrie, sein.

Dachflächen

Zur Berechnung des zur Verfügung stehenden solarthermischen Potentials auf Dachflächen werden die gebäudescharfen Angaben des Solaratlasses aus dem Energieportal Brandenburg verwendet. Grundlage dieses Katasters ist der Level-Of-Detail2-Datensatz (LoD-Datensatz), der detaillierte Informationen zur Form, Fläche und Ausrichtung der Dachflächen enthält. Der LoD2-Datensatz ermöglicht eine relativ exakte Berechnung des Sonnenenergiepotenzials, da neben der Größe der Dachflächen auch die Ausrichtung und die Neigung der Dächer einbezogen werden können. Die Potentiale der einzelnen Gebäude werden zur Darstellung und Bewertung für eine Fläche von einem Hektar aufaddiert und dargestellt.



Abbildung 28: Potential Solarthermie Dachflächen (Quelle: FACT)

Abbildung 28 zeigt das spezifische technische Potenzial für Solarthermie auf Dachflächen im Untersuchungsgebiet, gemessen in Megawattstunden pro Hektar und Jahr (MWh/ha*a), welches sich in Summe für die Gemeinde Wustermark auf 251 GWh/a beläuft. Die verschiedenen Farbstufen reichen von hellgelb (niedriges Potenzial: 0–474 MWh/ha*a) bis hin zu kräftigem Gelb (hohes Potenzial: 6.528–9.792 MWh/ha*a). Diese Darstellung gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen des Gebiets das größte Potenzial für die Nutzung von Solarthermie auf Dachflächen besteht. Das absolute Potential zur solarther-

mischen Nutzung hängt dabei direkt von der verfügbaren Dachfläche und somit von der Siedlungsdichte ab.

Insbesondere in den Ortsteilen Elstal und Wustermark ist entsprechend ein hohes Potenzial für Solarthermie auf Dachflächen vorhanden (kräftig gelbe Bereiche).

Ebenso in den Clustern GVZ und Designer-Outlet sind mehrere mittelgelbe bis dunkelgelbe Bereiche vorhanden, die auf ein hohes bis sehr hohes Solarthermiepotential auf Dachflächen hinweisen. Da

diese Gebiete eine bedeutende wirtschaftliche Aktivität aufweisen, könnte die gewerbliche Nutzung von Solarenergie zur Wärmebereitstellung beitragen.

Die ländlicheren Ortsteile wie bspw. Hoppenrade und Priort zeigen ebenfalls Potenzial für Solarthermie, wenn auch mit einer etwas geringeren Dichte und Leistung (hellgelbe bis gelbe Bereiche). In diesen Ortsteilen könnte Solarthermie auf Wohngebäuden oder landwirtschaftlichen Strukturen eine unterstützende Rolle in der Energieversorgung einnehmen.

Freiflächen

Für die Nutzung von Freiflächen zur solaren Energiegewinnung bestehen vor allem rechtliche Regelungen im Zusammenhang mit der Stromerzeugung durch Photovoltaikanlagen (PV). Diese Regelungen werden analog auch für die Berechnung des Potenzials von Solarthermieanlagen auf Freiflächen herangezogen. Auf dieser Grundlage kann das technische Potenzial für solarthermische Freiflächenanlagen ermittelt werden.

Dabei werden Restriktionen und Vorgaben, die für PV-Anlagen gelten, auf die Solarthermie übertragen, um eine einheitliche Methodik sicherzustellen. Die Berücksichtigung dieser Vorgaben ermöglicht eine realistische Einschätzung der Flächenpotentiale und bildet die Grundlage für vertiefende Untersuchungen und dann die nachhaltige Integration solarthermischer Anlagen in die Wärmeplanung.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) legt fest, dass Photovoltaik-Freiflächenanlagen bevorzugt auf Flächen errichtet werden sollen, die wenig Konkurrenz zu anderen Nutzungsarten darstellen. Besonders geeignet sind daher sogenannte Konversionsflächen, ein 200 Meter breiter Streifen entlang von Autobahnen und Schienenwegen (seit dem 1. Januar

2023), landwirtschaftlich benachteiligte Gebiete (z.B. geringe Ertragswerte) sowie ungenutzte Gewerbegebietsflächen.

Abbildung 29 zeigt das technische Potenzial für Solarthermie auf Freiflächen im Untersuchungsgebiet, gemessen in Megawattstunden pro Hektar und Jahr (MWh/ha*a), welches sich in Summe für die Gemeinde Wustermark auf 1.078 GWh/a beläuft. Die Potenzialstufen reichen von hellgelb (niedriges Potenzial: 0–4026 MWh/ha*a) bis hin zu kräftigem Gelb (hohes Potenzial: 70.901–154.781 MWh/ha*a). Diese Darstellung gibt Aufschluss darüber, welche Freiflächen im Untersuchungsgebiet besonders für die Nutzung von Solarthermie geeignet sind.

In den Ortsteilen Elstal und Wustermark sind mehrere Bereiche mit mittlerem bis hohem Potenzial zu erkennen (hellgelbe bis gelbe Quadrate), was darauf hinweist, dass diese Flächen gut für die Installation von Freiflächen-Solarthermieanlagen geeignet wären. Die Nutzung dieser Flächen könnte eine bedeutende Ergänzung zur Wärmeversorgung in diesen Siedlungsbereichen darstellen.

Die wirtschaftlichen Cluster GVZ und Designer-Outlet zeigen ebenfalls Potenziale für Solarthermie auf Freiflächen, die in der Karte als gelbe und dunkelgelbe Flächen markiert sind. Die Nutzung dieser Flächen könnte den Energiebedarf dieser gewerblichen Zonen unterstützen und zur Reduzierung fossiler Energien beitragen.

In den ländlicheren Ortsteilen wie Hoppenrade und Priort sind ebenfalls Freiflächen mit mittlerem bis hohem Solarthermiepotenzial vorhanden, wenn auch in geringerem Umfang. Diese peripheren Flächen könnten einen sinnvollen Beitrag zu einer dezentralen Energienutzung leisten.



Abbildung 29: Potential Solarthermie Freifläche (Quelle: FACT)

3.2.3 Biomasse

Die Einsatzmöglichkeiten von pflanzlicher Biomasse sind vielfältig und umfassen ein breites Spektrum an biogenen Stoffen. Im Kontext der kommunalen Wärmeplanung stehen die Potenziale pflanzlicher Biomasse im Vordergrund. Im Rahmen der Untersuchung zur nachhaltigen Ressourcennutzung von Biomasse wurde das Potenzial von Waldrestholz und organischem Abfall als Energiequelle analysiert. Biomasse aus landwirtschaftlichem Anbau wird im Kontext der Wärmeerzeugung hingegen im Bereich des Biogases berücksichtigt, siehe Kapitel 1.1.1.

Waldrestholz, also Holz, das nach der Holzernte als Restmaterial im Wald verbleibt, wurde anhand der verfügbaren Fläche der Wald- und Forstwirtschaft sowie des jährlichen Ertragswertes an Restholz berechnet. Dieses Restholz stellt eine bedeutende Ressource dar, die im Rahmen der energetischen Nutzung von Biomasse verstärkt genutzt werden könnte. Bei Elstal wird beispielsweise eine größere Fläche der Döberitzer Heide im Rahmen der Naturschutzbewirtschaftung freigehalten, auf welcher eine nicht zu vernachlässigende Menge an Biomasse jährlich anfällt.

Darüber hinaus fällt in Siedlungsgebieten organischer Abfall an, der jedoch zentral gesammelt und verarbeitet wird. Die Abfallarten lassen sich in Restmüll und Biomüll unterteilen. Zur Berechnung des anfallenden Potentials innerhalb der Gemeinde wurden typische spezifische Abfallmengen pro Bürger in den jeweiligen Gebieten angenommen und das Potential direkt dort verortet. Beide Abfallkategorien könnten durch gezielte Verwertungskonzepte weiter für die Energieerzeugung nutzbar gemacht werden und somit zur Verringerung von Deponieabfällen und zur Förderung erneuerbarer Energien beitragen. Die Nutzung der organischen Reststoffe stellt daher eine vielversprechende Möglichkeit dar, um den Anteil erneuerbarer Energien im Energiemix zu erhöhen und die Umweltbelastung durch Abfälle zu reduzieren.

Die Abbildung 30 zeigt das technische Biomassepotenzial im Untersuchungsgebiet, gemessen in Megawattstunden pro Hektar und Jahr (MWh/ha*a), welches sich in Summe für die Gemeinde Wustermark auf 15,4 GWh/a beläuft. Die verschiedenen Grüntöne repräsentieren das Biomassepotenzial von hellgrün

(niedrig: 0,1–4,6 MWh/ha*a) bis dunkelgrün (hoch: 52,7–91,8 MWh/ha*a). Diese Darstellung gibt einen Überblick darüber, in welchen Gemeindeteilen das Potenzial für die Nutzung von Biomasse als Energiequelle besonders hoch ist.

In den südlichen und südwestlichen Ortsteilen wie Hoppenrade und Buchow-Karpzow sind einige dunklere grüne Bereiche erkennbar, was auf ein relativ hohes Biomassepotenzial hinweist. Diese ländlichen Regionen könnten durch eine gezielte Nutzung der vorhandenen Biomasse zur Energieversorgung beitragen.

In den Ortsteilen Elstal und Wustermark sowie im wirtschaftlich geprägten Bereich GVZ ist das Biomassepotenzial hingegen geringer, was durch die helleren Grüntöne angezeigt wird. Diese Gebiete verfügen über weniger Biomasseressourcen, was darauf hinweist, dass eine direkte lokale Biomassenutzung hier weniger relevant für die lokale Energieversorgung ist und die Biomasse aus naheliegender Umgebung bezogen werden müsste.



Abbildung 30: Potential Biomasse (Quelle: FACT)

3.2.4 Biogas

Zur Bewertung der energetischen Nutzung von Biogas werden landwirtschaftliche Reststoffe und Energiepflanzen in die Analyse einbezogen. Das Biogas muss vor der energetischen Nutzung zunächst durch eine Biomassevergasung erzeugt werden. Zu den betrachteten biogenen Einsatzstoffen zählen Energiepflanzen, Ganzpflanzensilage (GPS), Grünschnitt aus Grünland, Tiergülle sowie Klärschlamm und Klärgas.

Energiepflanzen wie Mais und Getreide spielen eine zentrale Rolle im Bereich der Biogaserzeugung. Im Bereich der Energieerzeugung durch Biogas hat sich

die Nutzung über Kraft-Wärme-Kopplung durchgesetzt. Durch die Verstromung des Biogases werden allerdings zusätzliche Restriktionen bzgl. der Einsatzstoffe aktiviert. So wird über den sogenannten „Maisdeckel“ im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) eine Obergrenze für die Nutzung von Mais als Energiepflanze festgelegt. Der verbleibende Anteil an oberirdischen Pflanzenteilen, die als Ganzpflanzensilage (GPS) klassifiziert sind, bietet zusätzliches Potenzial für die Biomasseerzeugung. Grundlage dieser Berechnungen ist die landwirtschaftlich genutzte Fläche, die für den Anbau dieser Pflanzenarten zur Verfügung steht.

Ein weiteres Biomassepotenzial bietet der Grünschnitt, der aus dem landwirtschaftlich genutzten Grünland stammt. Die Verwertung dieses Materials ermöglicht eine zusätzliche Einspeisung von erneuerbarer Energie, da es sowohl als Rohstoff für Biogasanlagen als auch als Kompostmaterial genutzt werden kann. Ebenso leistet die Tiergülle, ein traditionelles Nebenprodukt der Viehwirtschaft, einen wesentlichen Beitrag zur Biogaserzeugung. Hierfür wurden die derzeitigen Biogaswerte berücksichtigt, die den aktuellen Stand der Technik widerspiegeln und die Grundlage für die Berechnung der Energiepotenziale liefern.

Abbildung 31 zeigt das technische Biogaspotenzial im Untersuchungsgebiet, gemessen in Megawattstunden pro Hektar und Jahr (MWh/ha*a), welches sich in Summe für die Gemeinde Wustermark auf 85,7

GWh/a beläuft. Die verschiedenen Grüntöne repräsentieren das Biogaspotenzial von hellgrün (niedrig: 0–204 MWh/ha*a) bis kräftiges Grün (hoch: 3.384–5.556 MWh/ha*a). Diese Darstellung gibt Hinweise darauf, in welchen Gemeindeteilen des Gebiets das Potenzial zur Biogasgewinnung besonders hoch ist.

In den ländlichen Ortsteilen sind einige hell- bis mittelgrüne Quadrate zu sehen, was darauf hindeutet, dass in diesen landwirtschaftlich geprägten Regionen ein relativ hohes Biogaspotenzial vorhanden ist. Diese Regionen könnten durch die Nutzung von Biogas zur nachhaltigen Energieerzeugung beitragen. In den Ortsteilen Elstal und Wustermark sowie im GVZ und im Designer-Outlet ist das Biogaspotenzial geringer, was durch die sehr hellgrünen und weißen Bereiche angezeigt wird.



Abbildung 31: Potential Biogas (Quelle: FACT)

3.2.5 Geothermie

Für die Berechnung des geothermischen Potenzials werden sowohl die oberflächennahe Geothermie als auch die Tiefengeothermie berücksichtigt. Die oberflächennahe Geothermie, die sich auf die oberen Erdschichten bezieht, wird weiter in zwei Technologien unterteilt: Erdsonden und Erdkollektoren. Erdsonden dringen vertikal in den Untergrund ein und ermöglichen die Nutzung geothermischer Energie aus tieferen Bodenschichten, während Erdkollektoren horizontal im Boden verlegt werden und die Wärme aus der unmittelbaren Umgebung aufnehmen.

Die Tiefengeothermie hingegen zielt auf größere Tiefen ab und bietet ein höheres energetisches Potenzial, das sich vor allem für große Anwendungen wie Nah- und Fernwärmenetze eignet. Durch die Berücksichtigung beider Ansätze wird eine umfassende Bewertung des geothermischen Potenzials für die Wärmeversorgung ermöglicht.

Zunächst werden für die Kommune grundlegende geologische Daten des Untergrunds erfasst und analysiert. Diese Daten werden über das landeseigene Geoportal bezogen. Zu den für die Potenzialbewertung relevanten Parametern zählen unter anderem die Auf-

listung von Restriktionsflächen wie Wasserschutzgebiete, Schutzbereiche für Heilquellen, Einschränkungen bei Bohrtiefen sowie die geothermische Effizienz des Untergrunds, die generellen Bodenbeschaffenheiten und vorhandene Erdschichten. Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zeigt die Verteilung der zur geothermischen Nutzung relevanten Restriktionsflächen der Hochwasserrisikozonen und Wasserschutzgebiete im Untersuchungsgebiet. Die Hochwasserrisikozonen sind in türkis markiert und kennzeichnen Gebiete mit hohem Hochwasserrisiko. Die Wasserschutzgebiete sind in drei Zonen unterteilt: Zone I (dunkelblau), Zone II (blau) und Zone III (hellblau), die jeweils den Schutzgrad für Grundwasserquellen widerspiegeln.

In den zentralen und südlichen Ortsteilen, insbesondere in Hoppenrade und den angrenzenden Gebieten, erstrecken sich ausgedehnte Hochwasserrisikozonen (türkis). Diese Gebiete sind besonders anfällig für Überschwemmungen und erfordern eine sorgfältige Planung, um Infrastruktur und Bevölkerung zu schützen.

In Elstal sind mehrere Wasserschutzgebiete vorhanden. Diese Schutzgebiete sind essenziell für die Erhaltung der Wasserqualität. Sie müssen bei Planungsmaßnahmen berücksichtigt werden.

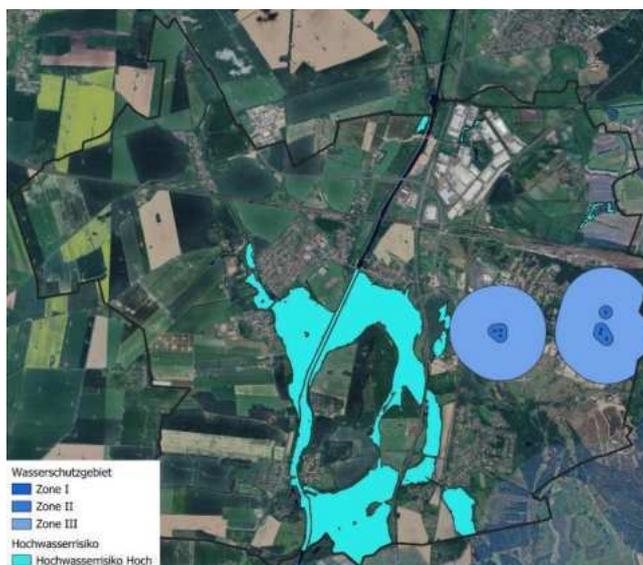


Abbildung 32: Eignung und Einschränkungen der Nutzung von oberflächennaher Geothermie (Quelle: FACT)

Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie ermöglicht die Gewinnung von Erdwärme aus den oberen Erdschichten durch den Einsatz von Erdsonden oder Erdkollektoren. Diese Technologien entziehen dem Boden thermische Energie, die anschließend für Wärmezwecke genutzt werden kann. Aufgrund der begrenzten Temperaturwerte in den oberflächennahen Erdschichten ist jedoch der Einsatz einer Wärmepumpe erforderlich, um die aufgenommene Erdwärme auf ein nutzbares Temperaturniveau anzuheben. Erst durch diese thermische Anhebung wird die Erdwärme für Heizzwecke, insbesondere im Gebäudereich, geeignet. Dank der relativ gleichbleibenden Temperaturen in den oberen Erdschichten, lässt sich mithilfe einer Wärmepumpe das ganze Jahr über Wärme gewinnen.

Erdsonden

Zur Bestimmung des Potenzials von Erdsonden wird mithilfe eines Geoinformationssystems eine räumliche Analyse durchgeführt, bei der Abstände zu Nachbargrundstücken, Gebäuden und zwischen den Sonden berücksichtigt werden. Diese Analyse dient dazu, die maximal mögliche Anzahl von Sonden pro Grundstück zu ermitteln und das aus der Erde aufzunehmende Wärmepotential abzuleiten.

Die Ergebnisse auf Grundstücksebene werden anschließend aggregiert und für größere Cluster dargestellt, um das Gesamtpotenzial für die Wärmeversorgung durch Erdwärmesonden zu bewerten. Hierbei

wird das Potential direkt als mögliche Endenergie dargestellt, welche durch die Verrechnung mit einer für diesen technologischen Anwendungsfall typische Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe ermittelt wurde.

Die Abbildung 33 zeigt das technische Potenzial für die Nutzung von Erdwärmesonden im Untersuchungsgebiet, gemessen in Megawattstunden pro Hektar und Jahr (MWh/a), welches sich in Summe für die Gemeinde Wustermark auf 1.400 GWh/a beläuft. Die unterschiedlichen Brauntöne repräsentieren das Potenzial, von hellbraun (niedrig: 0 - 1.778 MWh/ha*a) bis dunkelbraun (hoch: 21.918 - 50.103 MWh/ha*a). Diese Darstellung gibt Aufschluss über die Eignung verschiedener Bereiche für die Nutzung von Erdwärme als Energiequelle.

In Elstal, im GVZ, bei Karls und in Priort zeigen sich mehrere dunkelbraune Quadrate, was auf ein sehr hohes Potenzial für die Nutzung von Erdwärme hinweist. Diese Regionen könnten besonders geeignet sein, um eine nachhaltige Energieversorgung durch Erdwärmesonden zu entwickeln.

In den restlichen und ländlicheren Ortsteilen ist das absolute Potenzial für Erdwärmesonden geringer, was durch hellere Brauntöne angezeigt wird. Diese Gebiete verfügen über ein moderates bis niedriges absolutes Erdwärmepotenzial, was auf eine geringe Besiedlungsdichte zurückzuführen ist. Bei einer dezentralen Wärmeversorgung könnte dieses Potential für einzelne Gebäude allerdings trotzdem eine sinnvolle Energiequelle herangezogen werden.



Abbildung 33: Geothermisches Potential durch den Einsatz von Erdsonden in Kombination mit Wärmepumpen
(Quelle: FACT)

Erdkollektoren

Zur Ermittlung des Potenzials von Erdkollektoren wird die maximal verfügbare Fläche auf Grundstücken analysiert, wobei versiegelte Flächen von der Nutzung ausgeschlossen werden. Mithilfe eines Geoinformationssystems werden geeignete Freiflächen identifiziert und auf ihre Eignung für die Installation von Erdkollektoren geprüft.

Die Ergebnisse der Flächenanalyse bilden die Grundlage für die Berechnung des potenziellen Wärmedeckungspotenzials, das durch die Nutzung der Erdkollektoren erreicht werden kann. Diese Werte werden

anschließend aggregiert und auf Clusterebene dargestellt, um ein umfassendes Bild des geothermischen Potenzials durch Erdkollektoren zu erhalten. Analog zur Wärmenutzung durch Erdkollektoren wurden die Ergebnisse als direktes Wärmenutzungspotential durch den Einsatz von Wärmepumpen verrechnet.

Die Abbildung 34 zeigt das technische Potenzial für die Nutzung von Erdkollektoren zur Wärmebereitstellung in Kombination mit Wärmepumpen im Untersuchungsgebiet, gemessen in Megawattstunden pro Hektar und Jahr (MWh/ha*a), welches sich in Summe

für die Gemeinde Wustermark auf 206 GWh/a beläuft. Die unterschiedlichen Brauntöne repräsentieren das Erdkollektorenpotenzial von hellbraun (niedrig: 0 - 609 MWh/ha*a) bis dunkelbraun (hoch: 6.131 - 9.248 MWh/ha*a). Diese Darstellung gibt Aufschluss darüber, welche Bereiche des Gebiets besonders für die Nutzung von Erdkollektoren zur Energiegewinnung geeignet sind.

Die zentralen sowie östlichen Ortsteile, insbesondere Wustermark, Elstal und Priort, weisen mehrere dunkelbraune Quadrate auf, was auf ein hohes Potenzial

für die Nutzung von Erdkollektoren hinweist. Diese Gebiete könnten für eine verstärkte Nutzung dieser Technologie zur Wärmeversorgung geeignet sein.

In den restlichen Ortsteilen ist das absolute Potenzial für Erdkollektoren geringer, was durch die helleren Brauntöne dargestellt wird. Dies ist auf eine geringere Besiedlungsdichte und entsprechend weniger nutzbarer Fläche für Erdkollektoren zurückzuführen.



Abbildung 34: Geothermisches Potential von Erdkollektoren in Kombination mit Wärmepumpen (Quelle: FACT)

Tiefengeothermie

Zur Ermittlung des geothermischen Potenzials für Tiefengeothermie in der Gemeinde Wustermark wurde zunächst überprüft, ob das Gebiet grundsätzlich als

Eignungsgebiet für geothermische Anwendungen klassifiziert werden kann.

Gemäß Abbildung 35 liegt Wustermark außerhalb einer Erdbebenzone, was die geothermische Nutzung prinzipiell ermöglicht.

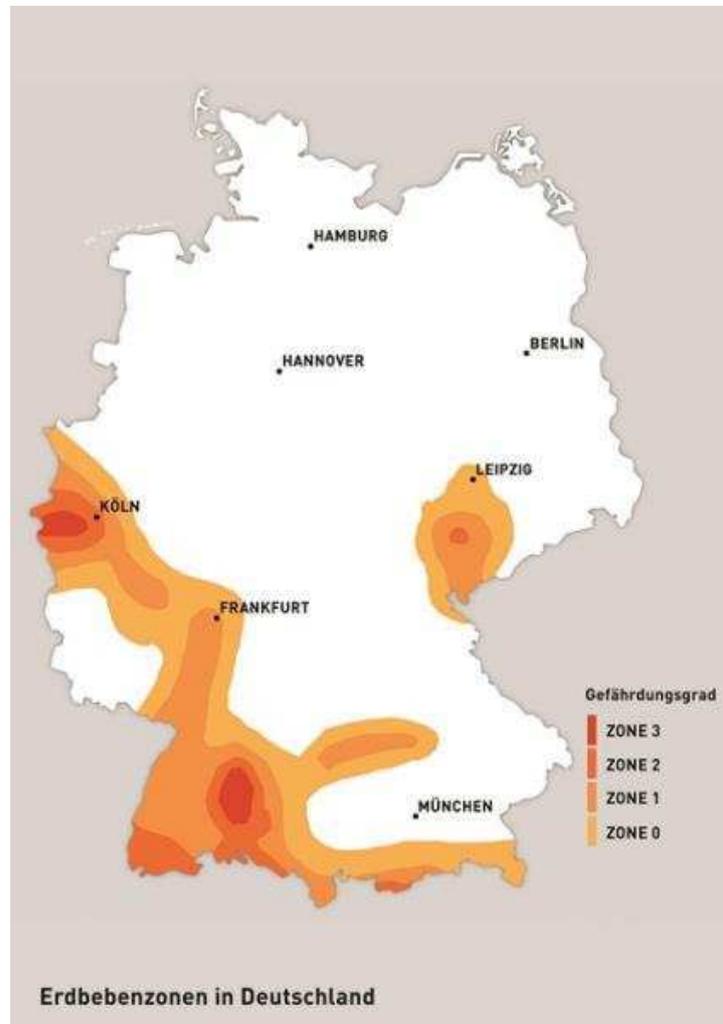


Abbildung 35: Erdbebenzonen in Deutschland (Quelle: (BKK))

Das Potenzial der Tiefengeothermie wird auf Grundlage der Temperatur in einer Tiefe von 2000 Metern berechnet, wobei Daten aus dem Geothermischen Informationssystem für Deutschland (geotis.de) genutzt werden. Die Analyse umfasst vorrangig geeignete Flächen wie Industrie- und Gewerbegebiete sowie Freiflächen, die für mögliche Bohrungen in Frage kommen. Die Anzahl möglicher Bohrungen wird basierend auf den verfügbaren Flächen und einem festgelegten Mindestabstand zwischen den Bohrungen bestimmt.

Die Abbildung 36 zeigt das technische Potenzial für die Nutzung von Tiefengeothermie im Untersuchungsgebiet, gemessen in Megawattstunden pro Hektar und Jahr (MWh/ha*a), welches sich in Summe für die Gemeinde Wustermark auf 5.715 GWh/a beläuft. Die verschiedenen Brauntöne repräsentieren das Tiefengeothermiepotenzial, von hellbraun (niedrig: 0 - 9.353 MWh/ha*a) bis dunkelbraun (hoch: 56.124 - 93.540 MWh/ha*a). Diese Darstellung gibt

Einblick, welche Bereiche des Gebiets besonders für die Nutzung von Tiefengeothermie geeignet sind.

In den Wustermark und Elstal sind mehrere dunkelbraune Quadrate erkennbar, die auf ein sehr hohes Potenzial für die Nutzung von Tiefengeothermie hinweisen. Diese Regionen könnten daher für die Erschließung dieser Energiequelle zur Wärmeversorgung besonders geeignet sein.

Das Potenzial der Tiefengeothermie wird in Wustermark unter anderem als strategische Alternative zur Wärmeversorgung über Wärmenetze berücksichtigt, falls die primäre Versorgung durch die Abwärmenutzung eines Rechenzentrums nicht mehr realisierbar sein sollte. Für diesen Fall hält die Gemeinde gezielt geeignete Flächen vor, die für geothermische Bohrungen genutzt werden können. Damit stellt die Tiefengeothermie eine langfristig planbare und zuverlässige Option zur Sicherung der Wärmeversorgung dar.



Abbildung 36: Potential der Tiefengeothermie zur regenerativen Wärmebereitstellung (Quelle: FACT)

3.2.6 Umweltwärme Luft-Wärmepumpe

Die Nutzung von Luft-Wasser-Wärmepumpen kann zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen beitragen, indem die Umgebungsluft als Wärmequelle genutzt wird. Das Potenzial für den Einsatz von Luft-Wärmepumpen in Gebäuden wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Neben den standortspezifischen Gegebenheiten spielen hierbei auch technische Eigenschaften der Wärmepumpen sowie Anforderungen des Lärmschutzes eine Rolle.

3.2.7 Umweltwärme Wasser-Wärmepumpe

Die Untersuchung des Potenzials zur Nutzung von Flusswasser für Wärmezwecke konzentriert sich auf größere Fließgewässer, da im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung das Hauptaugenmerk auf relevanten Potenzialen für die Gemeinde liegt. Kleinere Gewässer, wie Bäche, werden in dieser Analyse nicht berücksichtigt. Die Identifikation potenziell geeigneter Standorte zur Flusswasserwärmenutzung erfolgt auf Basis einer Bestandsanalyse unter Betrachtung

der Lage versorgungsrelevanter Cluster und einer manuellen Bewertung von nahegelegenen Flurstücken.

Bei der Potenzialbewertung wird davon ausgegangen, dass dem Flusswasser Wärme durch einen externen Wärmetauscher entzogen wird. Diese Wärme kann dann über Großwärmepumpen in Kombination mit Wärmenetzen oder indirekt über ein kaltes Wärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen auf die benötigte Temperatur gebracht werden. Das gekühlte Wasser wird anschließend zurück in den Fluss geleitet. Die Menge an nutzbarer Wärme aus dem Flusswasser hängt von der jährlichen Temperaturentwicklung des Wassers, der Wassermenge und der möglichen Temperaturdifferenz ab.

In Wustermark gibt es neben dem Havelkanal einige Stillgewässer und weit verzweigte Grabensysteme, die allerdings keine nennenswerten Fließgeschwindigkeiten aufweisen. Einzig der Havelkanal birgt ein nennenswertes technisches Wärmepotenzial von insgesamt 83 GWh/a.



Abbildung 37: Verlauf der Oberflächengewässer in Wustermark (Quelle: FACT)

3.2.8 Abwärme

Zur nachhaltigen Bereitstellung von Wärme kann anfallende Abwärme beispielsweise aus produzierendem Gewerbe, Industrie oder Rechenzentren genutzt werden. In Wustermark ist durch den beschlossenen Bau eines Rechenzentrums vor allem Letzteres die zu berücksichtigende Abwärmequelle. Im Norden von Wustermark plant der Betreiber VIRTUS Data Centres, bis zum Jahr 2030 ein Rechenzentrum mit zwei Standorten zu errichten. Diese Rechenzentren

sollen eine Gesamtanschlussleistung von 300 Megawatt elektrischer Leistung (MWe) in Anspruch nehmen. Es liegt bereits eine Vereinbarung vor, dass der zu beziehende Strom 100% erneuerbar sein wird, sodass die anfallende Abwärme definitionsgemäß keinerlei CO₂-Emissionen verursacht. Dabei wird eine beträchtliche Menge an Abwärme in Höhe von 1.757 Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) generiert, die bei unterschiedlichen Temperaturniveaus zur Verfügung steht: Im Winter beträgt die Abwärmtemperatur 35 bis 40 °C, während sie im Sommer bei 45 bis 50 °C liegt. (seecon Ingenieure GmbH, 2023)

Für die Nutzung dieser Abwärme bestehen verschiedene Optionen, um sie nachhaltig in Wärmenetze einzuspeisen. Eine Möglichkeit ist die Versorgung neu entstehender Wohngebiete in der Umgebung über ein Wärmenetz. Hierbei können unterschiedliche Netzkonzepte zum Einsatz kommen, darunter ein zentrales Boosting-System kombiniert mit einem

warmen Wärmenetz oder ein LowEx-Wärmenetz, das dezentral durch Boosting-Stationen unterstützt wird. Diese Lösungen bieten das Potenzial, die Abwärme effizient und umweltfreundlich zu nutzen, was einen wichtigen Beitrag zur Reduktion von Emissionen und zur Förderung nachhaltiger Wärmeversorgungssysteme darstellt.



Abbildung 38: Standorte I und II des Rechenzentrums (Quelle: FACT)

3.2.9 Photovoltaik (PV)

Abschließend wird das Potenzial der Stromerzeugung durch Photovoltaik betrachtet. Analog zur Solarthermie erfolgt die Analyse getrennt nach Dachflächenanlagen und Freiflächenanlagen. Beide Ansätze bieten eine wichtige Grundlage zur nachhaltigen Nutzung erneuerbarer Energien und zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs durch umweltfreundliche Strom-Wärme-Konzepte. Das Potenzial der Stromerzeugung durch Photovoltaik wird analog zur Solarthermie berechnet, wobei die Quelle der Daten und das methodische Vorgehen identisch sind, siehe Kapitel 0.

Dachflächen

Die Abbildung 39 zeigt das technische Potenzial für Photovoltaik (PV) auf Dachflächen im Untersuchungsgebiet, gemessen in Megawattstunden pro Hektar und Jahr (MWh/ha*a), welches sich in Summe für die Gemeinde Wustermark auf 101 GWh/a beläuft. Die verschiedenen Gelbtöne repräsentieren das PV-Dachflächenpotenzial, von hellgelb (niedrig: 0–189 MWh/a) bis kräftig gelb (hoch: 2611–3916 MWh/a). Diese Darstellung gibt Einblicke in die Eignung verschiedener Dachflächen für die Solarstromerzeugung.

Ein erhöhtes Potential liegt hauptsächlich in den dicht besiedelten Bereichen und Industriegebieten vor, insbesondere in Elstal und Wustermark sowie im GVZ, Karls und Designer-Outlet. In diesen Gebieten sind zahlreiche gelbe Quadrate vorhanden, was auf ein hohes Potenzial für die Installation von Photovoltaikanlagen auf Dachflächen hinweist. Diese Ortsteile eignen sich besonders gut für die Nutzung von Solarenergie, was zur nachhaltigen Energieversorgung der Region beitragen kann.

In den ländlicheren Ortsteilen, wie Hoppenrade und Priort, ist das absolute Potenzial für PV auf Dachflächen geringer, wie durch die helleren Gelbtöne dargestellt. Dies ist auf die spezifisch gesehen kleine verfügbare Fläche zurückzuführen. Allerdings könnte es in diesen peripheren Ortsteilen durch einen Einsatz von dezentralen Technologien sinnvoll sein, dieses PV-Potential auszuschöpfen.



Abbildung 39: Solarpotential durch PV-Anlagen auf Dachflächen (Quelle: FACT)

Freifläche

Abbildung 40 zeigt das technische Potenzial für Photovoltaik (PV) auf Freiflächen im Untersuchungsgebiet, gemessen in Megawattstunden pro Hektar und Jahr (MWh/ha*a), welches sich in Summe für die Gemeinde Wustermark auf 251 GWh/a beläuft. Die verschiedenen Gelbtöne repräsentieren das PV-Freiflächenpotenzial, von hellgelb (niedrig: 0–1610 MWh/a) bis kräftig gelb (hoch: 28360–61912 MWh/a). Die Darstellung zeigt, in welchen Freiflächenbereichen des Gebiets das Potenzial für Solarstrom besonders hoch ist.

Nennenswertes Solarpotential liegt aufgrund der zu favorisierenden Flächen durch Vorgabe des EEG entlang von Autobahnen und Bahngleisen vor, vergleiche Kapitel 0. Ein wesentlicher Unterschied bei der

Nutzung des aufgezeigten Potenzials liegt in der Differenzierung zwischen möglichen Freiflächen im 500-m-Korridor (vergütungsfähiger Bereich gemäß EEG, bei dem die Aufstellung eines Bebauungsplans erforderlich ist) und den privilegierten Flächen zur Nutzung der solaren Strahlungsenergie, die sich in einem Abstand von bis zu 200 m entlang von Autobahnen und übergeordneten Bahntrassen befinden (§ 35 Abs. 1 Nr. 8 BauGB). Während im 500-m-Korridor ein Bebauungsplan zwingend vorgeschrieben ist, kann die Nutzung der privilegierten Flächen auch ohne einen Bebauungsplan erfolgen. Im Genehmigungsverfahren ist jedoch sicherzustellen, dass keine öffentlichen Interessen oder raumordnerischen Ziele beeinträchtigt werden.



Abbildung 40: Solarpotential durch PV-Anlagen auf Freiflächen (Quelle: FACT)

3.2.10 Übersicht der Potentiale

In der folgenden Tabelle sind die ermittelten technischen Potenziale zur Wärmebereitstellung durch erneuerbare Energien in Wustermark übersichtlich dargestellt.

Erneuerbare Energie		Techn. Potential [GWh/a]
Solarthermie	Dachflächen	251
	Freiflächen	1.078
Biomasse	Waldrestholz	1,2
	Restmüll	10,6
	Biomüll	3,6
Biogas		85,7
Geothermie	Erdsonden	1.400
	Erdkollektoren	206
	Tiefengeothermie	5.715
(Ab-)Wasserwärme		83
Abwärme Industrie/Rechenzentrum		1.757
PV	Dachflächen	101
	Freiflächen	431

Tabelle 1: Übersicht der Potentiale regenerativer Energieträger zur Wärmebereitstellung

4 ZIELSZENARIO UND EIGNUNGSGEBIETE

In diesem Kapitel wird das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung der Gemeinde Wustermark bis zum Jahr 2045 detailliert entwickelt und dargestellt. Zunächst werden die grundlegenden Rahmenbedingungen beschrieben, die für das Zieljahr maßgeblich sind. Hierbei steht die zukünftige Entwicklung der Siedlungsstruktur sowie des Wärmebedarfs im Mittelpunkt. Eine zentrale Vorgabe dabei ist das Erreichen der Treibhausgasneutralität bis 2045, was ambitionierte Anpassungen der Wärmeinfrastruktur erfordert.

Um den Weg zu einer klimafreundlichen Wärmeversorgung der gesamten Gemeinde zu strukturieren, wird das Gemeindegebiet in mehrere Teilgebiete untergliedert, siehe Kapitel 0. Für jedes dieser Teilgebiete wird eine Eignungsprüfung gemäß §14 des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) durchgeführt, die ggfs.

eine vereinfachte Wärmeplanung des Teilgebiets ermöglicht und damit die Effizienz der Planung erhöht.

Anhand der gewonnenen Erkenntnisse wird abschließend ein Zielszenario entwickelt. Dieses Szenario stellt das wahrscheinlichste zukünftige Wärmeversorgungssystem für die Gemeinde im Zieljahr 2045 dar, einschließlich der spezifischen Verteilung der Wärmeversorgungsarten auf Baublockebene. Abschließend erfolgt eine umfassende Energie- und Treibhausgasbilanz, die die Umweltauswirkungen und energetische Effizienz des Zielszenarios aufzeigt und so die Grundlage für die Umstellung auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung bildet.

4.1 Entwicklung Zielszenario

Das Klimaschutzgesetz (Bundes-Klimaschutzgesetz: Stand 15.07.2024) legt für die kommunale Wärmeplanung das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045 fest. Laut Gesetzesbegründung bedeutet dies, dass die Wärmeversorgung ab 2045 keine Treibhausgasemissionen mehr verursachen soll. Im Rahmen der Entwicklung eines Zielszenarios wird, basierend auf Erkenntnissen aus der Bestands- und Potenzialanalyse, herausgearbeitet, welche Energieträger und Versorgungssysteme zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung geeignet sind. Mit dem Klimaschutzkonzept 2024 hat die Gemeindevertretung der Gemeinde Wustermark sogar das deutlich ambitioniertere Zieljahr 2040 für die Treibhausgasneutralität in jenen Bereichen, in denen die Gemeinde Gestaltungsspielräume hat, festgelegt.

Auf Baublockebene erfolgt zunächst eine Bewertung der verfügbaren Potenziale und des vorhandenen sowie zukünftig möglichen Versorgungssystems. Die Eignung der Versorgungssysteme wird anhand verschiedener Kriterien beurteilt. Kapitel 1.1 beschreibt die Methoden und Ergebnisse der Eignungsprüfung spezifischer Gebiete für die Versorgung über Wärme- und Wasserstoffnetze. Für jeden Baublock werden die verfügbaren Versorgungssysteme und Energiequellen mithilfe diverser Kriterien analysiert. Die Priorisierung und Definition der Zielszenarien basieren auf den folgenden Kriterien:

- Potenziale regenerativer Energieträger zur Bedarfsdeckung,
- Aufwand und Risiko bei der Erschließung,

- Potenzial zur Reduktion von Treibhausgasemissionen,
- Wärmedichte,
- Platzbedarf der Infrastruktur,
- Erforderliche Temperaturen in den Gebäuden.

4.1.1 Entwicklung Siedlung

Die Siedlungsentwicklung in Wustermark wird maßgeblich durch ein prognostiziertes Bevölkerungswachstum geprägt, das in einer speziellen Studie

(GEWOS, 2022) untersucht wurde, die von der Gemeinde in Auftrag gegeben wurde. Diese Studie zeigt, dass die Bevölkerungszahl in den kommenden Jahren weiter ansteigen wird, was insbesondere auf die Entwicklung neuer Wohngebiete zurückzuführen ist. Die geplanten Neubaugebiete, die in verschiedenen Teilen der Gemeinde entstehen, schaffen zusätzlichen Wohnraum und tragen dazu bei, den steigenden Bedarf an Wohnflächen zu decken. Diese Siedlungserweiterungen stellen einen wichtigen Schritt dar, um die zukünftige Nachfrage nach Wohnraum in Wustermark zu erfüllen und die Gemeinde nachhaltig weiterzuentwickeln.

In Wustermark sind mehrere Neubau- und Plangebiete in Entwicklung, die die zukünftige Siedlungs- und Gewerbebestruktur der Gemeinde prägen werden. Nachfolgend eine kurze Beschreibung der einzelnen Gebiete und ihrer vorgesehenen Nutzung (in Klammern die Bezeichnung des jeweiligen Bebauungsplans):

- Olympisches Dorf (E 36B): Hier entsteht ein gemischt genutztes Gebiet mit neuen Wohneinheiten und zusätzlicher gewerblicher Fläche im zweiten Bauabschnitt.
- Olympisches Dorf (E 36C/D): Im geplanten dritten und vierten Bauabschnitt sollen weitere Wohneinheiten entstehen, begleitet von möglichen zusätzlichen Nutzungen, die noch im Planungsprozess sind.
- Bahntechnologie Campus - Teilgebiet Ost (E 43): In der Nachbarschaft des Rangierbahnhofs wird ein Campus für Gewerbe sowie Forschungs- und Bildungseinrichtungen mit Schwerpunkt im Bereich Eisenbahnwesen entwickelt.
- Heidesiedlung Nord (E 44): Geplant ist ein Ortszentrum mit mehreren Einkaufsmöglichkeiten, weiteren Gewerbeeinheiten und neuen Wohneinheiten.
- Karls Erlebnis-Dorf (E 46): Hier wird eine Erweiterung des Erlebnis-Dorfes umgesetzt, die ein neues Ferienresort sowie zusätzliche Freizeitangebote umfasst.
- Rosa-Luxemburg-Allee Mitte (E 47): Ein moderner Gewerbebestandort ist westlich der Heidesiedlung Nord in Planung.
- Gewerbegebiet Nord (W 5): Das Gewerbegebiet Nord wird mit Flächen zur gewerblichen Nutzung entwickelt, die an ein Nahwärmenetz angeschlossen werden sollen.

4.1.2 Entwicklung Wärmebedarf

Der zukünftige Wärmebedarf in Wustermark wird vor allem durch zwei zentrale Faktoren beeinflusst. Zum einen spielt die Veränderung der Siedlungsstruktur eine entscheidende Rolle, die durch das prognostizierte Bevölkerungswachstum und die Entwicklung

neuer Wohn- und Gewerbegebiete geprägt ist. Diese Expansion der Siedlungsfläche führt zu einem Anstieg des Wärmebedarfs.

Dem wirkt die Reduktion des Wärmebedarfs durch die Nutzung von Effizienz- und Sanierungspotenzialen entgegen. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, betreffen diese Maßnahmen vor allem Bestandsgebäude sowie

den Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) und die Industrie. Durch gezielte Sanierungsmaßnahmen und Effizienzsteigerungen können bestehende Gebäude energetisch optimiert und somit der Gesamtwärmebedarf nachhaltig reduziert werden. Diese beiden Einflussfaktoren – Wachstum und Effizienz – werden maßgeblich die zukünftige Wärmebedarfsentwicklung der Gemeinde bestimmen.

Die Veränderung des aktuellen Wärmebedarfs wird unter Berücksichtigung der genannten Faktoren in Abbildung 41 visualisiert. Hier zeigt sich, dass der Wärmebedarf der Gemeinde zunächst bis zum Jahr 2030 aufgrund der zusätzlichen Neubau- und Plangebiete deutlich ansteigen wird. In dieser Phase wird der Bedarf voraussichtlich von den aktuellen 106 GWh/a auf etwa 132 GWh/a ansteigen, da die neuen Siedlungs-

und Gewerbegebiete zusätzlichen Wärmebedarf verursachen.

Ab 2030 werden dann verstärkt Effizienz- und Sanierungspotenziale ausgeschöpft, wodurch der Wärmebedarf sukzessive gesenkt werden kann. Diese Reduktion ist das Ergebnis geplanter energetischer Optimierungsmaßnahmen, insbesondere im Gebäudebestand sowie im GHD- und Industriesektor. Durch diese Maßnahmen wird der Wärmebedarf bis zum Zieljahr 2045 auf etwa 117 GWh/a reduziert werden können. Diese Entwicklung unterstreicht die Bedeutung der Effizienzsteigerungen und Sanierungsmaßnahmen, um langfristig eine nachhaltige und ressourcenschonende Wärmeversorgung in Wustermark zu erreichen.

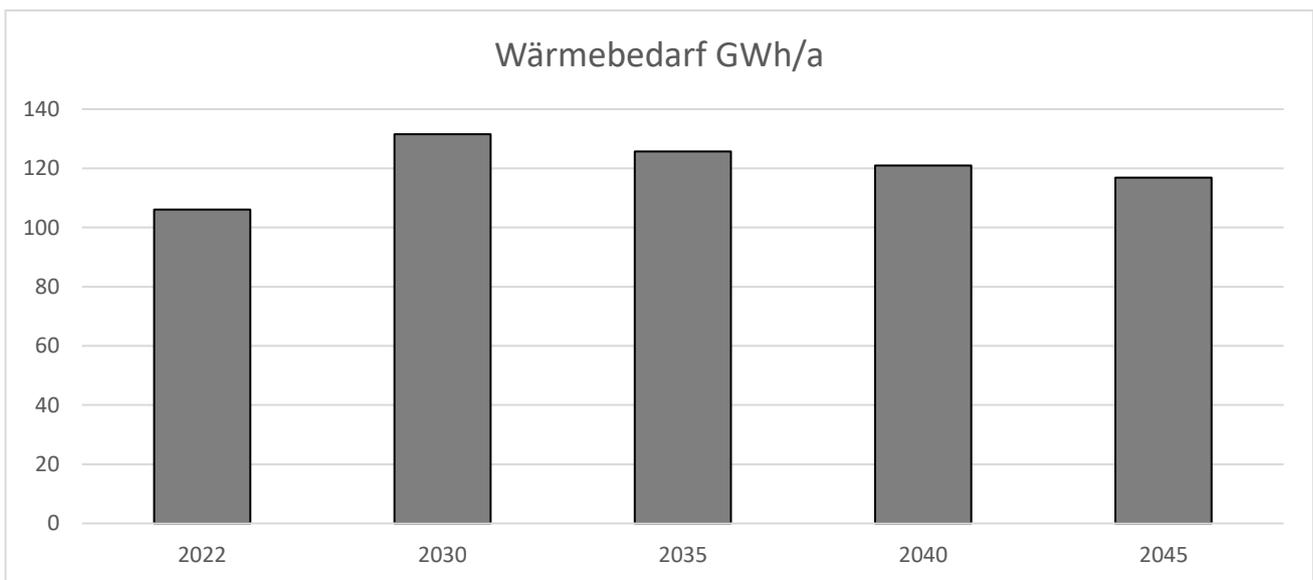


Abbildung 41: Entwicklung des Wärmebedarfs vom Referenzjahr 2022 bis zum Zieljahr 2045 (Quelle: FACT)

Wärmedichte

Abbildung 42 stellt die Wärmedichteverteilung im Untersuchungsgebiet für das Zieljahr 2045 dar, unterteilt in verschiedene Bedarfsstufen, gemessen in MWh pro Hektar und Jahr. Die Farben reichen von weiß (gerin-

ger Wärmebedarf, 0–70 MWh/ha*a) über verschiedene Rottöne bis hin zu dunklem Rot (sehr hoher Wärmebedarf, >1050 MWh/ha*a). Diese Darstellung bietet Einblicke in die zu erwartende Wärmedichte und damit die zukünftigen Anforderungen an die Wärmeinfrastruktur in den verschiedenen Orts- und Gemeindeteilen.

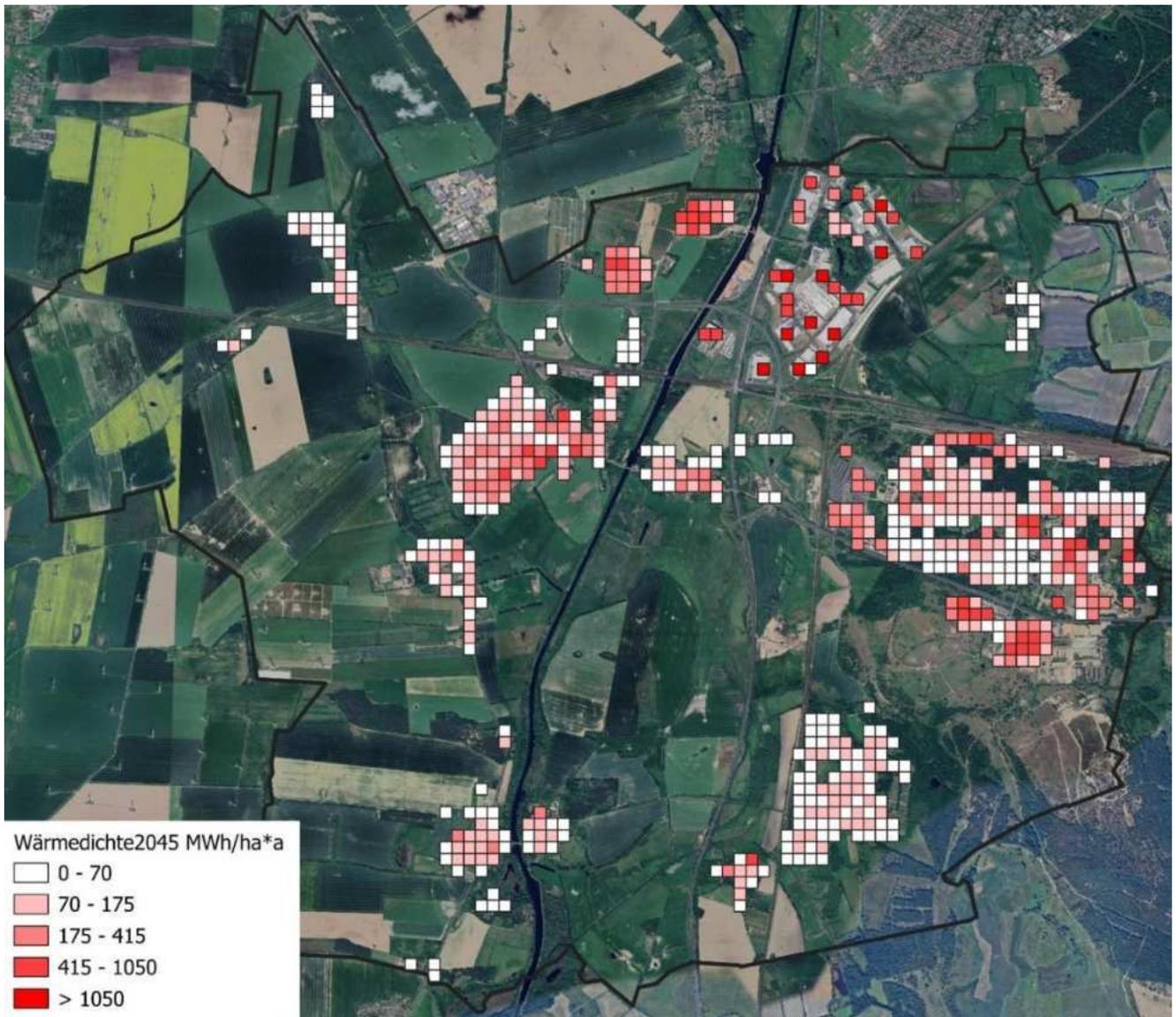


Abbildung 42: Wärmedichtenkarte für das Zieljahr 2045 (Quelle: FACT)

Im Vergleich zur Wärmedichtenkarte für das Referenzjahr 2022 haben sich einige Änderungen ergeben. Generell ist der punktuelle Wärmebedarf leicht zurückgegangen, was auf Verbesserungen im Sanierungszustand und Effizienzsteigerungen bei Bestandsgebäuden zurückzuführen ist. Gleichzeitig sind durch die Entwicklung neuer Bau- und Planungsgebiete zusätzliche Wärmeverbräuche hinzugekommen. Diese neuen Verbrauchsflächen umfassen vorrangig

die Neubaugebiete E 36B, E 36CD, E43, E44, E46 und W5.

Der spezifische Wärmebedarf kann ebenfalls wieder als Wärmelinienkarte dargestellt werden. Hierdurch können Rückschlüsse auf den straßenbezogenen Wärmebedarf gezogen werden, um hieraus die Eignung von potentiellen Wärmenetzen abzuleiten.



Abbildung 43: Wärmeliniendichte für das Zieljahr 2045 (Quelle: FACT)

4.2 Einteilung in Teilgebiete

Wie bereits in Kapitel 0 beschrieben, lässt sich das Betrachtungsgebiet in die folgenden Teilgebiete unterteilen: die Siedlungsgebiete Wustermark, Wernitz (inkl. am Weiler und Niederhof), Dyrotz, Dyrotz-Luch, Hoppenrade, Buchow-Karpzow, Priort, Elstal, das Olympische Dorf sowie die gewerblich genutzten Bereiche GVZ, Designer-Outlet und Karls-Erlebnisdorf. Für diese Teilgebiete wurde eine erste Abschätzung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsarten vorgenommen, einschließlich der Optionen für Wärmenetze, Grüne-Gase-Netze und dezentrale Versor-

gungsformen. Diese Einschätzung dient als Grundlage, um den weiteren Fokus auf die technische Auslegung der Wärmeversorgung in den einzelnen Gebieten zu setzen. Dabei wurden relevante Faktoren wie die Wärmedichte, die unterschiedlichen Nutzungstypen der Gebiete, die vorhandene Infrastruktur sowie regionale Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien und anderer nachhaltiger Versorgungsmöglichkeiten berücksichtigt. Diese Faktoren liefern wichtige Anhaltspunkte dafür, welche Wärmeversorgungslösungen für die jeweiligen Teilgebiete am effizientesten und wirtschaftlichsten sind.

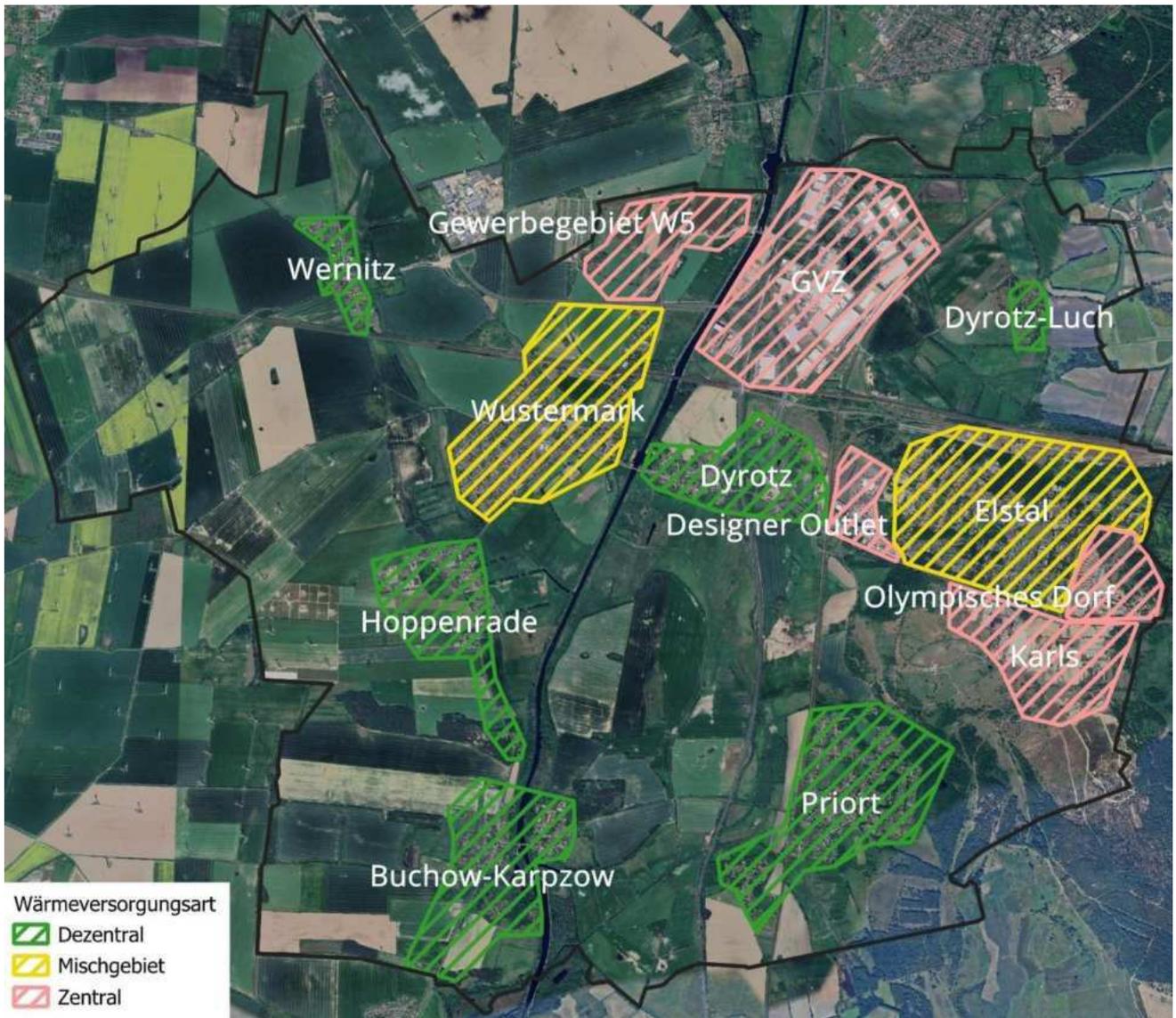


Abbildung 44: Einteilung Teilgebiete in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete (Quelle: FACT)

4.3 Eignungsprüfung (Wärmenetz oder Wasserstoffnetz)

Nach § 14 WPG wird zunächst eine Eignungsprüfung der Teilgebiete vorgenommen, in welcher geprüft wird, ob mit hoher Wahrscheinlichkeit keine Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz in Frage kommt. In diesem Fall könnte für diese Teilgebiete eine vereinfachte Wärmeplanung durchgeführt werden.

Bei der Eignungsprüfung der einzelnen Teilgebiete in Wustermark werden verschiedene Faktoren bewertet, um ihre Eignung für unterschiedliche Wärmeversorgungsstrategien zu bestimmen. Dabei wird zunächst

die bestehende Infrastruktur berücksichtigt, wie beispielsweise die Verfügbarkeit von Wärmenetzen oder Erdgasnetzen in den jeweiligen Gebieten. Auch die Nachfragesituation spielt eine wesentliche Rolle: Teilgebiete mit dichter Bebauung, hohen Wärmedichten und vorhandenen Großabnehmern oder Ankerkunden werden als besonders geeignet für eine zentralisierte Wärmeversorgung eingestuft, da hier eine konzentrierte Nachfrage vorhanden ist, die den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen fördern kann.

Zusätzlich wird die potenzielle zukünftige Infrastruktur bewertet. Hierbei wird eingeschätzt, ob die erforderlichen Energieträger, wie zum Beispiel erneuerbare Energiequellen, voraussichtlich zur Verfügung stehen werden und ob diese zu wirtschaftlich tragfähigen Preisen bezogen werden können. Diese Bewertung liefert wichtige Hinweise darauf, in welchen Teilgebieten eine nachhaltige Wärmeversorgung langfristig realisierbar ist und wo gegebenenfalls Anpassungen der Versorgungsstruktur erforderlich sind, um die Ziele der Wärmewende bis 2045 zu erreichen.

Die Ergebnisse dieser Eignungsprüfung sind die Grundlage zur weiteren Bewertung der einzelnen Teilgebiete bezüglich zukünftiger Wärmeversorgungssysteme und sind im Anhang (Kapitel Anlagen, Tabelle 3) dargestellt.

Die Bewertung der Eignung verschiedener Wärmeversorgungsarten pro Teilgebiet basiert auf einer eigenständigen und grundlegenden Analyse. Diese Analyse orientiert sich an übergeordneten Kriterien wie der Abschätzung des zukünftigen Wärmebedarfs, der

4.4 Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Durch die erste Abschätzung pro Teilgebiet durch die vorangegangene Eignungsprüfung kann bereits festgestellt werden, wo der Aufbau eines Wärmenetzes oder eines Wasserstoff-/Grüne-Gase-Netzes unwahrscheinlich ist. In diesen Gebieten lassen sich bestimmte Technologien frühzeitig ausschließen, was die Planung effizienter gestaltet.

Im nächsten Schritt erfolgt eine detaillierte Eignungsprüfung, bei der Baublöcke unter Berücksichtigung

vorhandenen Infrastruktur und der voraussichtlichen Entwicklung der Energiekosten. Die Bewertung erfolgte auf einer hohen Betrachtungsebene, wodurch spezifische lokale Gegebenheiten nicht im Detail einfließen konnten.

Wesentlich ist zudem, dass die verschiedenen Technologien und Versorgungsarten nicht miteinander verglichen wurden. Stattdessen wurde für jede Technologie individuell geprüft, ob sie grundsätzlich für ein bestimmtes Gebiet geeignet oder eher nicht geeignet erscheint. Aus dieser Analyse kann daher keine definitive Empfehlung abgeleitet werden, welche Versorgungsart die optimale Wahl für ein Teilgebiet darstellt. Vielmehr liefert die Bewertung eine erste Orientierung, welche Technologien potenziell in Frage kommen und welche weniger wahrscheinlich eine Rolle spielen werden.

der Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse genauer untersucht werden. Ziel dieser Prüfung ist es, für jedes Teilgebiet die sinnvollste Technologie zur Wärmeversorgung zu identifizieren. Die Eignungsprüfung bewertet dabei Faktoren wie Wärmedichte, bestehende Infrastruktur und zukünftige Bedarfsprognosen, um die optimale Wärmeversorgungsart für jedes Teilgebiet festzulegen.

Nach dieser Analyse werden die Teilgebiete entsprechend in folgende Wärmeversorgungsarten eingeteilt:

1. Wärmenetz: Gebiete mit hoher Bebauungsdichte und konstantem Wärmebedarf, wo der Aufbau eines zentralen Wärmenetzes effizient und wirtschaftlich tragfähig ist.
2. Wasserstoff-/Grüne-Gase-Netz: Gebiete, in denen der Einsatz von Wasserstoff oder anderen klimaneutralen Gasen (bspw. Biomethan) sinnvoll erscheint und eine entsprechende Infrastruktur (z.B. Gasnetz) angepasst oder aufgebaut werden kann.

3. Dezentrale Wärmeversorgung: Für Gebiete mit geringer Wärmedichte oder abseits bestehender Netzinfrastrukturen bietet sich eine dezentrale Wärmeversorgung an, etwa durch Wärmepumpen, Solarthermie oder Biomasseheizungen.

Diese Einteilung ermöglicht eine zielgerichtete Auswahl und Umsetzung von Technologien in jedem Teilgebiet und stellt sicher, dass die Wärmeversorgung den spezifischen Gegebenheiten und Anforderungen der einzelnen Baublöcke angepasst wird.

4.4.1 Bewertung Eignungsgebiete

Nach der ersten Einteilung der Teilgebiete in die verschiedenen Wärmeversorgungsarten (Wärmenetz, Wasserstoff-/Grüne-Gase-Netz oder dezentrale Versorgung) erfolgt eine detaillierte Analyse auf der Ebene der einzelnen Baublöcke innerhalb der Teilgebiete. Für jeden Baublock wird die geeignetste Wärmeversorgungs-technologie anhand der vier Faktoren gemäß §18 Abs.1 des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) ausgewählt (vergleiche Tabelle 2):

1. **Wärmegestehungskosten:** Die Kosten der Wärmeerzeugung umfassen sowohl die Investitionskosten (einschließlich der Infrastruktur- und Netzwerkausbaukosten) als auch die Betriebskosten über die gesamte Lebensdauer. Hierbei wird untersucht, welche Technologie für den jeweiligen Baublock die kosteneffizienteste Wärmeversorgung bietet.
2. **Realisierungsrisiken:** Jedes Wärmeversorgungssystem birgt spezifische Risiken hinsichtlich Umsetzung und Betrieb. Faktoren wie technische Herausforderungen, Genehmigungsaufwand und Finanzierungsmöglichkeiten werden betrachtet, um die Umsetzbarkeit und Stabilität der vorgeschlagenen Technologie zu bewerten.
3. **Versorgungssicherheit:** Die Fähigkeit, die Wärmeversorgung konstant und zuverlässig sicherzustellen, ist ein wesentlicher Faktor. Technologien werden auf ihre Eignung hin überprüft, eine kontinuierliche und unterbrechungsfreie Wärmeversorgung zu gewährleisten, insbesondere in Hinblick auf wetterbedingte und infrastrukturelle Herausforderungen.
4. **Kumulierte Treibhausgasemissionen bis zu den Zieljahren:** Hierbei wird analysiert, welche kumulierten Emissionen jede Technologie bis zum Zieljahr (z.B. 2045) verursacht. Ziel ist es, jene Technologien auszuwählen, die langfristig die geringsten Treibhausgasemissionen verursachen und so zum Erreichen der Klimaziele beitragen.

Voraussichtliche Wärmegestehungs- kosten	Verteilkosten	Wärmelinienichte
		Vorhandensein potenzieller Ankerkunden
		Erwarteter Anschlussgrad
		Langfristiger Prozesswärmebedarf >200 °C
		Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet o- der angrenzenden Teilgebieten
		Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Netz
	Kosten der Wär- meerzeugung	Preisentwicklung Wasserstoff
		Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeer- zeugung
		Anschaffungs-/Investitionskosten gebäudeseitig
Realisierungsrisiko und Versorgungs- sicherheit	Risiken hinsichtlich Auf-, Aus- und Umbau der Infrastruktur im Teilge- biet	
	Risiken hinsichtlich rechtzeitiger Verfügbarkeit erforderlicher vorgela- gerter Infrastrukturen	
	Risiken hinsichtlich rechtzeitiger lokaler Verfügbarkeit von Energieträ- gern oder Erschließung lokaler Wärmequellen	
	Robustheit hinsichtlich sich ändernder Rahmenbedingungen	
Kumulierte THG- Emissionen	Kumulierte Treibhausgasemissionen	

Tabelle 2: Faktoren zur Bewertung der einzelnen Baublöcke und Teilgebiete (Quelle: FACT)

Die Definitionen der einzelnen Faktoren orientieren sich an den Vorgaben des (ifeu, Leitfaden Wärmeplanung, 2024). Für eine bessere Vergleichbarkeit und zur Unterstützung der Entscheidungsfindung werden die Baublöcke anhand dieser Kriterien in Kategorien eingestuft:

- Hohe Eignung (positiv): Die Technologie ist besonders geeignet und bietet Vorteile in Bezug auf die betrachteten Kriterien.
- Mittlere Eignung (neutral): Die Technologie ist akzeptabel und erfüllt die Anforderungen, weist jedoch keine herausragenden Vorteile auf.
- Niedrige Eignung (negativ): Die Technologie ist weniger geeignet und zeigt Schwächen in einem oder mehreren der bewerteten Kriterien.

Durch die Kombination der Einstufungen in den vier Faktoren kann eine Gesamtbewertung der Eignung jedes Baublocks für die jeweilige Wärmeversorgungs-technologie getroffen werden. Diese Gesamtbewertung liefert die Grundlage für die Entscheidung, ob ein Baublock in ein Wärmenetzgebiet, ein Wasserstoff-/Grüne-Gase-Netzgebiet oder ein Gebiet für dezentrale Versorgung eingeordnet wird. Dies ermöglicht eine präzise und bedarfsgerechte Wärmeplanung, die den spezifischen Anforderungen und Rahmenbedingungen jedes Baublocks gerecht wird.

Wärmenetz

Zentrale Wärmeversorgungsinfrastrukturen können eine wichtige Rolle in einem klimaneutralen Energiesystem spielen, da sie essenzielle Systemdienstleistungen für die Zukunft des Energiesystems bieten. Besonders auf der Ebene von Wärmenetzen und zentralen Wärmeerzeugungsanlagen lassen sich diese Dienstleistungen optimal bereitstellen (KEA-BW, 2020). Dazu gehören etwa die Flexibilität und Vielfalt bei der Nutzung von zentral zugänglichen erneuerbaren Energien, der stromnetzgeführte Betrieb von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sowie Groß-Wärmepumpen in zentralen Heizstationen. Zusätzlich wird durch die Nutzung zentraler Abwärmequellen die Effizienz des Energiesystems gesteigert, und große thermische Speicher tragen zur Flexibilität bei.

Wärmenetze lassen sich dabei in zwei Kategorien unterteilen: Netze mit einem höheren Temperaturniveau, die direkt nutzbare Wärme liefern, und sogenannte kalte Wärmenetze (Low-Ex-Netze), die Wärmequellen für dezentrale Wärmepumpen in Gebäuden bereitstellen. Bei der Bestimmung geeigneter Gebiete für Wärmenetze spielen verschiedene Faktoren eine Rolle, darunter das Vorhandensein bereits bestehender Wärmenetze, die Wärmedichte in einem Cluster, die Siedlungsstruktur, das Vorhandensein von Ankerkunden sowie die Verfügbarkeit von Energieträgern und

Umweltwärmequellen zur zentralen Wärmebereitstellung. Vor allem der letzte Punkt ist in der Gemeinde Wustermark mehr als gegeben, wodurch das Thema Wärmenetz bei der kommunalen Wärmeplanung eine übergeordnete Rolle spielt.

In Abbildung 45 werden die Baublöcke in Wustermark hinsichtlich ihrer Eignung für den Aufbau von Wärmenetzen bewertet. Die Analyse zeigt eine klare Abstufung der Eignung basierend auf der Wärmebedarfsdichte, der vorhandenen Infrastruktur und der Nähe zu potenziellen Ankerkunden.

Gebiete mit einem hohen und konzentrierten Wärmebedarf, wie das Güterverkehrszentrum (GVZ), die Ortsmitte Wustermark, Elstal und das Olympische Dorf, werden als besonders geeignet für den Aufbau von Wärmenetzen eingestuft. In diesen Bereichen sind oftmals Ankerkunden vorhanden (oder sie liegen auf dem Weg zwischen dem Rechenzentrum als Wärmequelle und wesentlichen Ankerkunden) und in einigen Fällen existiert bereits eine Infrastruktur für Wärmenetze oder zumindest die Möglichkeit, diese effizient zu entwickeln. Diese positiven Faktoren, kombiniert mit der Nähe zum geplanten Rechenzentrum im Norden der Gemeinde, machen die Umsetzung eines Wärmenetzes in diesen Gebieten sehr wahrscheinlich.

In Gebieten, in denen die positiven Einflussfaktoren wie hohe Wärmedichte oder vorhandene Infrastruktur nur teilweise vorhanden sind – beispielsweise in weiten Teilen von Elstal, im Karls-Erlebnis-Dorf und im Outlet-Center – wird die Eignung für Wärmenetze als wahrscheinlich eingestuft. Diese Gebiete könnten potenziell an ein Wärmenetz angeschlossen werden, jedoch könnten bestimmte infrastrukturelle oder wirtschaftliche Herausforderungen die Umsetzung etwas erschweren.

Periphere Gebiete mit geringem und verstreutem Wärmebedarf sowie einer unzureichenden Nachfragesituation werden hingegen als eher ungeeignet für Wär-

menetze eingestuft. In diesen Gebieten wäre der Aufbau eines Wärmenetzes weder wirtschaftlich noch infrastrukturell sinnvoll, da die Entfernungen zu möglichen Wärmekunden groß sind und die Wärmedichte für einen effizienten Betrieb zu niedrig ist.

Für die Gesamtbewertung der Eignung spielte insbesondere die Entfernung zum geplanten Rechenzentrum im Norden der Gemeinde eine wesentliche Rolle. Das Rechenzentrum gewährleistet eine nahezu kostenfreie und kontinuierliche Abgabe der Abwärme in

großem Umfang über einen mittleren Zeitraum durch einen bereits abgeschlossenen städtebaulichen Vertrag. Hierdurch ist ein wirtschaftlicher Betrieb eines Wärmenetzes im Umfeld des Rechenzentrums sehr wahrscheinlich. Für entferntere Gemeindeteile sinkt diese Wirtschaftlichkeit gegebenenfalls mit der Entfernung, hängt allerdings auch von einer möglichen Anbindung größerer Kommunen und Verbrauchern außerhalb der Gemeinde Wustermark ab.

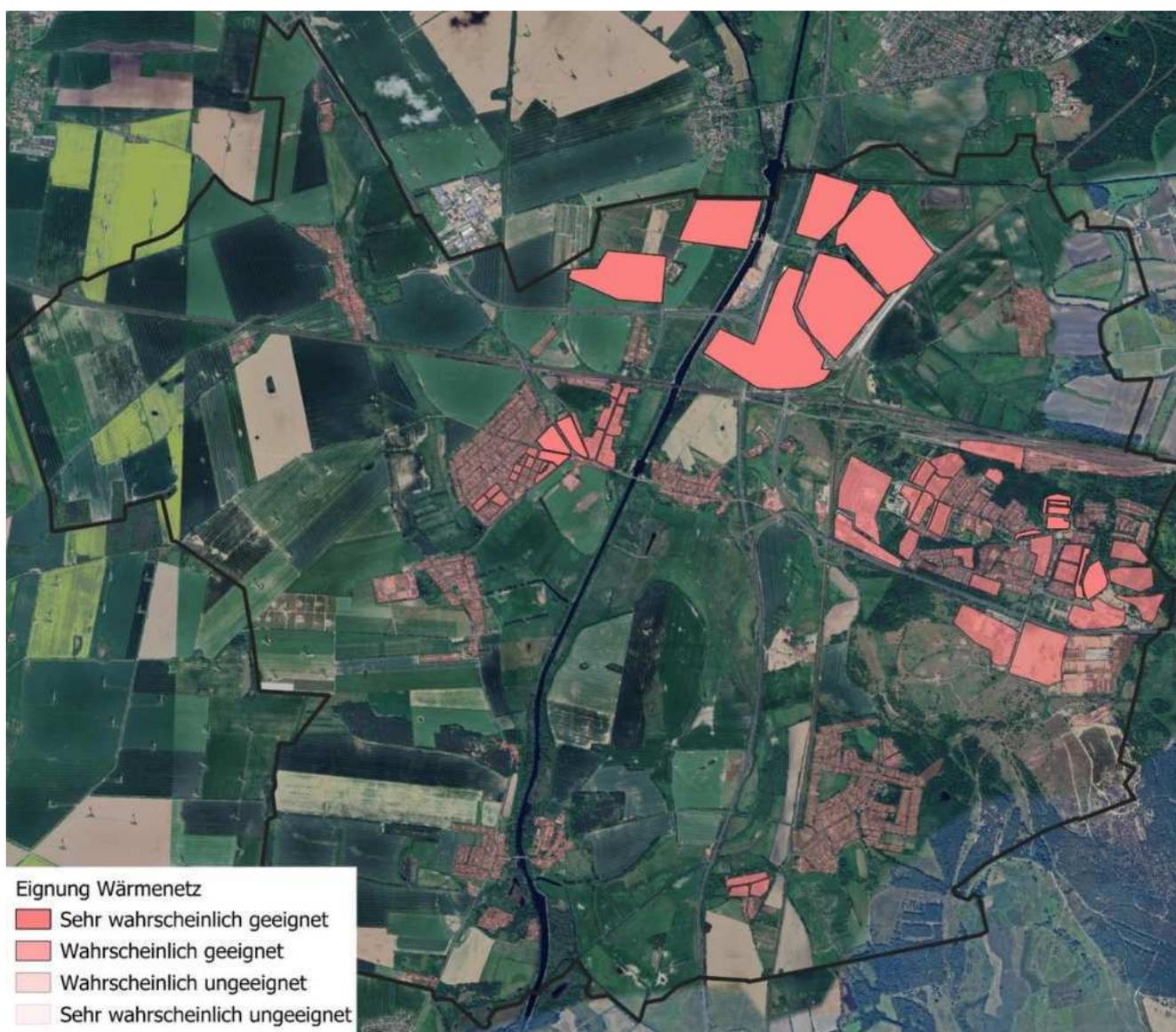


Abbildung 45: Eignungsbewertung von Wärmenetzen in Wustermark (Quelle: FACT)

Grüne-Gase-Netz

Die Bewertung der Eignung für eine Wärmeversorgung durch ein Grüne-Gase-Netz in Wustermark konzentriert sich auf den potenziellen Einsatz von Wasserstoff oder Biomethan über ein Gasnetz. Hierbei wird davon ausgegangen, dass entweder das vorhandene Gasnetz, gegebenenfalls nach einer erforderlichen Umrüstung, oder neu gebaute Leitungen für die Verteilung dieser grünen Gase genutzt werden könnten.

Zentrale Faktoren für die Eignung eines Gebiets für ein Grüne-Gase-Netz sind insbesondere das Vorhandensein bestehender Gasnetze und die Nähe zu Leitungen des geplanten Wasserstoffkernnetzes. Diese Faktoren beeinflussen die technische und wirtschaftliche Machbarkeit einer solchen Versorgung erheblich. Gebiete mit einem gut ausgebauten Gasnetz oder in unmittelbarer Nähe des Wasserstoffkernnetzes bieten günstige Bedingungen für die Integration von Wasserstoff oder Biomethan als Energiequelle. Die Nähe zu bestehenden oder geplanten Leitungen reduziert die Infrastrukturkosten und vereinfacht die Umstellung auf eine grüne Gasversorgung.

Gebiete ohne bestehendes Gasnetz oder mit einer weiten Entfernung zu Wasserstoffleitungen weisen hingegen eine geringere Eignung für ein Grüne-Gase-Netz auf. In diesen Gebieten wäre der Bau neuer Leitungen oder die Umrüstung bestehender Strukturen oft mit höheren Kosten und einem höheren Aufwand

verbunden, was die Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit eines solchen Versorgungsansatzes erschwert.

Die Entscheidung über die Eignung eines Grüne-Gase-Netzes erfolgt daher auf Basis dieser Faktoren, wobei die Umrüstung des vorhandenen Netzes und die Anbindung an das Wasserstoffkernnetz zentrale Voraussetzungen darstellen, um eine nachhaltige und effiziente Wärmeversorgung auf Basis grüner Gase zu ermöglichen.

In Wustermark bieten sich vor allem Gebiete mit hoher Wärmenachfrage und großen Abnehmern wie das Güterverkehrszentrum (GVZ), das Outlet-Center und Karls Erlebnis-Dorf für eine Versorgung mit grünen Gasen an. Diese Gebiete verfügen bereits über ein Gasleitungsnetz, das eine wirtschaftlich tragfähige Grundlage für die Verteilung von Wasserstoff oder Biomethan schafft. Die hohe und konzentrierte Nachfrage dieser Großabnehmer ermöglicht es, die Entgelte und Kosten auf mehrere Nutzer zu verteilen, was die Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit eines grünen Gasnetzes in diesen Gebieten erhöht.

In den anderen Gebieten von Wustermark wäre der Einsatz von grünen Gasen zwar theoretisch ebenfalls möglich, jedoch bestehen dort eine geringere und weniger konzentrierte Wärmenachfrage sowie Unsicherheiten hinsichtlich des künftigen Ausbaus des Wasserstoffnetzes. Diese Faktoren führen dazu, dass eine Nutzung von grünen Gasen in diesen Bereichen als weniger wahrscheinlich und wirtschaftlich weniger tragfähig eingestuft wird.



Abbildung 46: Eignungsbewertung von Grüne-Gase-Netzen in Wustermark (Quelle: FACT)

Dezentrale Wärmeversorgung

Die Eignung dezentraler Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung in Wustermark wird hauptsächlich anhand des Potenzials der verfügbaren erneuerbaren Energien in den einzelnen Teilgebieten bewertet (vgl. Kapitel 3). Im Mittelpunkt dieser Bewertung steht der Vergleich zwischen der absoluten, zur Verfügung stehenden Energiemenge aus erneuerbaren Quellen und der lokalen Wärmenachfrage in den jeweiligen Gebieten. Dies ermöglicht eine erste Ab-

schätzung, ob die vorhandenen Ressourcen ausreichend sind, um den Bedarf an Wärme nachhaltig zu decken.

Neben der reinen Energiemenge werden auch weitere Faktoren in die Bewertung einbezogen, wie der Platzbedarf der Anlagen und das erforderliche Temperaturniveau des Wärmebedarfs. Der Platzbedarf ist vor allem bei Technologien wie Solarthermie oder Biomasse von Bedeutung, da größere Flächen für deren Installation benötigt werden könnten. In dicht bebauten Gebieten oder Bereichen mit begrenztem Flächen-

angebot kann dies die Einsatzmöglichkeiten einschränken. Das Temperaturniveau spielt eine Rolle bei der Auswahl der geeigneten Technologie, da einige erneuerbare Energien, wie beispielsweise Wärmepumpen, am effizientesten bei niedrigeren Vorlauf-temperaturen arbeiten. In Gebieten mit hohem Wärmebedarf oder speziellen Anforderungen an die Temperatur (z. B. in Industrieprozessen) könnte die dezentrale Nutzung erneuerbarer Energien auf gewisse Technologien beschränkt sein oder zusätzliche Anpassungen erfordern.

Zusammenfassend wird die Eignung dezentraler erneuerbarer Energien in jedem Teilgebiet anhand dieser Kriterien ermittelt. Teilgebiete, die sowohl über eine ausreichende Energiemenge als auch geeignete Bedingungen in Bezug auf Platz und Temperaturniveau verfügen, werden als besonders geeignet für eine dezentrale Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien eingestuft.



Abbildung 47: Eignungsbewertung von dezentralen Versorgungsgebieten in Wustermark (Quelle: FACT)

In Wustermark stehen grundsätzlich in allen Teilgebieten ausreichend erneuerbare Energiequellen zur Verfügung, um eine dezentrale Wärmeversorgung zu ermöglichen. Hierzu zählen vor allem Wärmepumpen, die in Verbindung mit Außenluft oder geothermischen Potenzialen eingesetzt werden können. In bestimmten Bereichen kann auch Biomasse als erneuerbarer Energieträger zur Wärmeversorgung beitragen.

Allerdings gibt es Gebiete, in denen ein sehr hoher Wärmebedarf auf begrenzten Raum trifft, wie beispielsweise im Güterverkehrszentrum (GVZ). In solchen Bereichen ist es herausfordernd, den gesamten Wärmebedarf ausschließlich über dezentrale erneuerbare Energieträger zu decken. Der hohe Energiebedarf erfordert größere Anlagen oder eine Kombination mehrerer Technologien, die aufgrund der begrenzten Platzverfügbarkeit schwer umzusetzen sind. Daher wird die Eignung für eine vollständig dezentrale Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien in solchen Hochbedarfsgebieten als eher unwahrscheinlich eingeschätzt.

4.4.2 Szenario voraussichtliche Wärmeversorgung 2045

Aufbauend auf der Eignungsbewertung der verschiedenen Wärmeversorgungsarten wird für jeden Baublock in Wustermark individuell geprüft, welche Art der Versorgung am besten geeignet ist. Dabei wird die aktuelle Priorisierung der Bundesregierung berücksichtigt, die Wärmenetze favorisiert, wenn diese technisch und wirtschaftlich sinnvoll umsetzbar sind. In Baublöcken, in denen ein Wärmenetz praktikabel erscheint, wird daher vorrangig diese Option gewählt, um eine effiziente und gemeinschaftliche Versorgung sicherzustellen.

Falls jedoch der Aufbau eines Wärmenetzes weder sinnvoll noch wirtschaftlich tragfähig ist, wird geprüft, ob eine dezentrale Wärmeversorgung möglich ist. De-

zentrale Lösungen wie Wärmepumpen oder solarthermische Anlagen bieten sich besonders in Gebieten mit weniger konzentriertem Wärmebedarf an und ermöglichen eine unabhängige, oft erneuerbare Energieversorgung direkt vor Ort.

In Fällen, in denen weder Wärmenetze noch dezentrale Versorgungssysteme geeignet sind, kann die Nutzung von Grünen Gasen als Option in Betracht gezogen werden. Hierbei wird jedoch eine Unterscheidung hinsichtlich der Anwendungsart getroffen. Für industrielle Nutzungen mit einem hohen Wärmebedarf und Temperaturen auf hohem Niveau – oder als Rohstoff für die chemische Industrie – kann Wasserstoff oder Biomethan eine sinnvolle Lösung darstellen. Diese Anwendungsfelder nutzen das Potenzial von Wasserstoff insbesondere dort, wo hohe Temperaturen erforderlich sind oder spezielle chemische Prozesse unterstützt werden müssen.

Für Haushalte, die Wärme bei niedrigen Temperaturen für Heizzwecke benötigen, ist Wasserstoff dagegen wenig geeignet. Die thermodynamische Ineffizienz und der hohe Wert von Wasserstoff für industrielle Anwendungen machen ihn für den Einsatz in privaten Heizsystemen suboptimal. In solchen Fällen wird daher der Einsatz von Wasserstoff zurückgestellt, und stattdessen wird auf die wirtschaftlichere und energetisch effizientere Nutzung von Wärmenetzen oder dezentralen Technologien gesetzt. Diese strategische Priorisierung ermöglicht eine bedarfsorientierte und nachhaltige Wärmeversorgung, die sowohl die Effizienz als auch die wirtschaftliche Tragfähigkeit der gewählten Technologien berücksichtigt.

Es wird die in Deutschland weitgehend vertretene Auffassung berücksichtigt, dass Wasserstoff nicht für Heizzwecke eingesetzt werden sollte. Diese Position sieht den Einsatz von Wasserstoff primär in Bereichen vor, in denen es keine kostengünstigeren und effizienteren Klimaschutzmaßnahmen gibt. Dazu zählen ins-

besondere Industriezweige wie die Stahl- und Chemieindustrie oder die Glasherstellung, in denen Wasserstoff entweder als Rohstoff oder zur Erzeugung von Prozesswärme bei hohen Temperaturen unverzichtbar ist (BUND, 2023) (Umweltinstitut, 2024). Nach aktuellen Prognosen wird Wasserstoff in diesen Bereichen dringend benötigt, während die eigene Erzeugungskapazität in Deutschland begrenzt bleibt. Dies führt dazu, dass Wasserstoff auch langfristig – bis 2050 – zu den teuersten erneuerbaren Energieträgern gehören wird (Fraunhofer ISI, 2024). Vor diesem Hintergrund erscheint der Einsatz von Wasserstoff zu Heizzwecken, insbesondere in einer Gemeinde wie Wustermark, nicht sinnvoll, zumal hier eine kostengünstige, effiziente und sichere Alternative in Form der Abwärme des Rechenzentrums verfügbar ist. Ähnlich verhält es sich mit dem Energieträger Biomethan, der gemäß der Potenzialanalyse (Kapitel 1.1.1) zwar in begrenztem Umfang in Wustermark oder der näheren Umgebung vorhanden sein könnte, jedoch weder in ausreichenden Mengen noch zu wettbewerbsfähigen Kosten als Alternative zur Abwärmenutzung in Betracht gezogen werden kann. Damit unterstreicht die Bewertung die Bedeutung der effizienten Nutzung verfügbarer Ressourcen wie der Abwärme und verweist auf die begrenzte Rolle von Wasserstoff und Biomethan im spezifischen Kontext der Wärmeversorgung von Wustermark.

Das für Wustermark entwickelte Szenario, wie in der Abbildung 48 dargestellt, legt als zentrale Rahmenbedingung fest, dass die Abwärme des geplanten Rechenzentrums grundsätzlich in der gesamten Gemeinde zur Verfügung stehen kann. Im Sommer werden dabei Temperaturen von bis zu 50°C und im Winter von etwa 35 bis 40 °C erwartet. (seecon Ingenieure GmbH, 2023) Diese Temperaturen bilden die Basis für verschiedene Konzepte zur Nutzung der Abwärme durch Wärmenetze, um den Wärmebedarf in Wustermark effizient und nachhaltig zu decken.

Drei verschiedene Nutzungsarten der Abwärme wurden analysiert:

1. **Abwärme (direkt):** Bei dieser Methode wird die Abwärme direkt über ein Wärmenetz verteilt, das die Wärme bei den verfügbaren Temperaturen (35 - 50 °C) bereitstellt. Dieses System ist besonders für Neubauten mit guter Dämmung und Fußbodenheizungen geeignet, die bei niedrigeren Vorlauftemperaturen effizient arbeiten können. Dabei wird angenommen, dass ein gewisser Anteil an Strom für die zusätzliche Aufbereitung von Warmwasser erforderlich ist.
2. **Abwärme (zentral):** In diesem Ansatz wird die Abwärme des Rechenzentrums über Wärmetransportleitungen zu einem Wärmenetz geführt, in dem Großwärmepumpen die Temperatur auf ein höheres Niveau anheben. Diese erhöhte Temperatur ermöglicht die direkte Einspeisung in ein Nahwärmenetz und stellt damit eine zentrale Nutzung der Abwärme zur Verfügung, die für unterschiedliche Gebäudetypen flexibel genutzt werden kann.
3. **Abwärme (WP):** Hierbei wird die Abwärme des Rechenzentrums direkt zur jeweiligen Wärmeforderung geleitet und vor Ort dezentral über eine Wärmepumpe auf die jeweils benötigte Temperatur erhöht. Dieser Ansatz eignet sich insbesondere für Bereiche, in denen der Wärmebedarf weniger konzentriert vorliegt. Durch die dezentrale Temperaturerhöhung vor Ort werden die Netzverluste minimiert, was die Effizienz der Wärmeübertragung steigert. Diese Nutzung ist vor allem für neuere Gebäude sinnvoll, da die vorliegenden Temperaturen in Übergangszeiten für eine direkte Nutzung ausreichend sein können und der dezentrale Temperaturhub durch eine Wärmepumpe nur phasenweise notwendig ist.

Der Bau und Betrieb der Wärmenetze ist zudem auch abhängig von der künftigen Infrastruktur und dem Verlauf großer Fernwärmeleitungen. Das Abwärmepotenzial des Rechenzentrums übersteigt den Wärmebedarf von Wustermark deutlich, sodass eine überregionale Nutzung in umliegenden Gemeinden und Städten sinnvoll erscheint. Für das Rechenzentrum selbst ist die Abfuhr der Wärme essenziell, um den eigenen Betrieb zu sichern.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Wärmeplans im Jahr 2024 liegen bereits erste Ideen und Anfragen sowie eine konkrete Planung im Bereich des B-Planes W5 zur Nutzung der Abwärme über Fernwärmeleitungen vor. Die Ideen und Anfragen sind jedoch nur bedingt in den aktuellen Wärmeplan eingeflossen, da lediglich bereits genehmigte oder konkret geplante Projekte berücksichtigt werden konnten. Die weiteren Entwicklungen der Fernwärmeinfrastruktur könnten jedoch die Nutzungsmöglichkeiten der Abwärme im Gemeindegebiet Wustermark noch erweitern und langfristig zu einer stärkeren Vernetzung von Wustermark mit angrenzenden Gemeinden führen.

Das Zielszenario für Wustermark wurde entwickelt, indem die Eignung der einzelnen Baublöcke für verschiedene Wärmeversorgungsarten, die Wärmenachfrage, die vorhandene Infrastruktur sowie das Potenzial erneuerbarer Energiequellen berücksichtigt wurden. Dabei stellt das folgende Szenario, basierend auf den genannten Faktoren, die derzeit sinnvollste Lösung dar. Es repräsentiert jedoch nur eine von mehreren möglichen Varianten für ein treibhausgasneutrales Wärmeversorgungssystem.

In Abbildung 48 ist ersichtlich, dass im Zielszenario sowohl dezentrale als auch zentrale Wärmeversorgungslösungen (über Wärmenetze) zum Einsatz kommen. Eine Besonderheit ist dabei, dass die künftige Wärmeversorgung Wustermarks ohne den Einsatz von grünen Gasen auskommt.

Im Norden von Wustermark wird das geplante Gewerbegebiet aufgrund seiner Nähe zum Rechenzentrum

und des guten energetischen Zustands der Gebäude direkt über Abwärme aus dem Rechenzentrum (dunkelroter Anteil im Tortendiagramm) über ein Wärmenetz versorgt. Ein Teil des Warmwasserbedarfs wird dabei dezentral über Strom (Heizstab, dunkelblauer Anteil) erzeugt. Im angrenzenden Gewerbegebiet GVZ wird ebenfalls ein Großteil des Wärmebedarfs durch die direkte Nutzung von Abwärme gedeckt. Für bestimmte industrielle Prozesse und Heizungsbedarfe, die eine höhere Temperatur erfordern, wird die Abwärme durch dezentrale Wärmepumpen weiter angehoben (rosa Anteil im Diagramm). Auch hier ist ein gewisser Anteil an Strom für den Betrieb der Wärmepumpen erforderlich (hellblauer Anteil).

Im Teilgebiet Wernitz im Nordwesten wird ebenfalls Abwärme aus dem Rechenzentrum genutzt, obwohl die Voraussetzungen für eine zentrale Wärmeversorgung hier begrenzt sind. Ausschlaggebend für diese Lösung ist die unmittelbare Nähe zum Rechenzentrum.

Dieses Szenario zeigt eine vielversprechende Option für eine nachhaltige und effiziente Wärmeversorgung in Wustermark auf und stellt eine Grundlage für die weitere Planung und Umsetzung dar.

In den Teilgebieten Ortsmitte Wustermark und Elstal/Olympisches Dorf/Karls Erlebnis-Dorf befinden sich sogenannte Mischgebiete, in denen sowohl zentrale Wärmeversorgungen über Wärmenetze als auch dezentrale Systeme durch Wärmepumpen zum Einsatz kommen. In den Gebieten mit zentraler Wärmenutzung konzentrieren sich in der Regel ein höherer Wärmebedarf und sogenannte Ankerkunden, die eine verlässliche Nachfrage bieten. Zudem stellt ein bereits vorhandenes Wärmenetz in diesen Bereichen einen klaren Vorteil dar.

Für die Nutzung von Abwärme wird in diesem Szenario eine verlängerte Leitung vom Rechenzentrum bis zu diesen Teilgebieten in Erwägung gezogen. Aufgrund der großen Wärmebedarfe und des entsprechend grö-

Bereitstellung des Durchflusses in Relation zum Leitungsdurchmesser entstehen dabei spezifisch geringere Wärmeverluste, wodurch diese Lösung auch technisch umsetzbar wird. Ein zusätzlicher Vorteil ergibt sich durch die voraussichtlich steigende Abnahme von Abwärme in benachbarten Gemeinden, was zur Kostenverteilung beiträgt und den Durchfluss weiter erhöht.

In einigen strategisch gut gelegenen Bereichen wird die Abwärme mithilfe von Großwärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gebracht, sodass sie anschließend über ein klassisches Wärmenetz an die verschiedenen Wärmeabnehmer weitergeleitet werden kann. Da jedoch eine Anschlussquote von 100 % in den Baublöcken mit zentraler Wärmenutzung unrealistisch ist, werden in diesen Bereichen auch einzelne Gebäude mit dezentralen Lösungen, wie Außenluft-Wärmepumpen, ausgestattet, um die verbleibende Nachfrage flexibel zu decken.

Im Gebiet Outlet-Center, Elstal West und Karls-Erlebnis-Dorf ist aufgrund des hohen spezifischen Wärmebedarfs sowie der Präsenz von Ankerkunden eine zentrale Wärmeversorgung über Wärmenetze besonders geeignet. Auch hier wird die Abwärme des Rechenzentrums genutzt, welche mithilfe von Großwärmepumpen auf die für klassische Wärmenetze erforderliche Temperatur angehoben und anschließend zur direkten Nutzung an die Wärmeabnehmer verteilt wird.

In Baublöcken, die überwiegend neuere Gebäude (Baujahr nach 2005) aufweisen und in denen die Wärmenachfrage geografisch stärker verteilt ist, bietet

sich ein Low-Ex-Wärmenetz an. Dieses Netz zeichnet sich durch eine niedrigere Vorlauftemperatur aus, bei der die erforderliche Wärme dezentral durch Wärmepumpen auf das benötigte Temperaturniveau angehoben wird.

In Baublöcken mit einer für Wärmenetze nicht ausreichenden spezifischen Wärmenachfrage werden dezentrale Lösungen bevorzugt, sodass hier vor allem Außenluft-Wärmepumpen zum Einsatz kommen. Diese Lösung gewährleistet eine flexible und bedarfsgerechte Wärmeversorgung und passt sich optimal an die energetischen Anforderungen der jeweiligen Baublöcke an.

In den peripheren Gebieten und Baublöcken wird aufgrund des geringeren spezifischen Wärmebedarfs und der Distanz zum Rechenzentrum auf dezentrale Wärmetechnologien zurückgegriffen. Hier kommen vor allem Luft-Wärmepumpen (grauer Anteil) und Biomasse (Holz und Pellets, grüner Anteil) zum Einsatz. Letzteres insbesondere bei älteren Gebäuden (Baujahr vor 1949), die nur begrenzt saniert werden können und für die Wärmepumpen weniger geeignet sind. Zusätzlich werden in einzelnen Fällen Wärmepumpen mit geothermischen Wärmequellen (z. B. Erdwärmesonden) eingesetzt, wenn der Wärmebedarf höher und der Platz für Außengeräte begrenzt ist.



Abbildung 48: Zielszenario zur Wärmeversorgung für das Jahr 2045 in Wustermark (Quelle: FACT)

4.4.3 Zielbild der Wärmeversorgung im Digitalen Zwilling

Der Digitale Zwilling bietet detaillierte Einblicke in das definierte Zielszenario. Über den Digitalen Zwilling können die in Abbildung 48 dargestellten Ergebnisse in einer interaktiven Karte eingesehen werden. Das

Zielbild im Digitalen Zwilling kann über den folgenden Link eingesehen werden: https://buildplace.io/_/wustermark/portfolio/-/map?geodata-view=8SlyZ4b6c0bvs-foPP6JKr&mapview=16.01/52.545767/12.941396/47.69/0.00

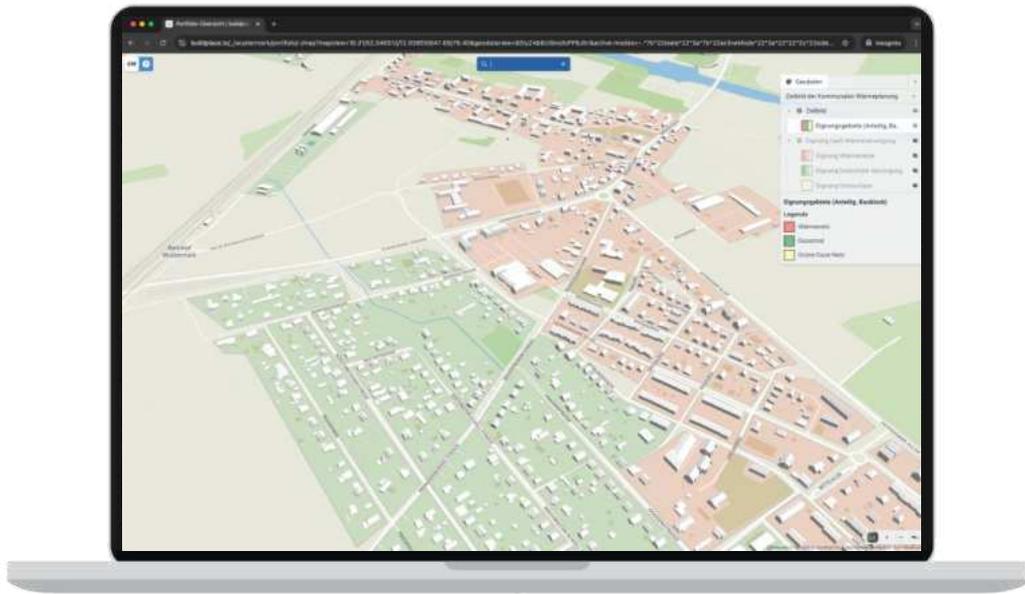


Abbildung 49: Digitaler Zwilling der Gemeinde Wustermark mit dem Zielbild der Kommunalen Wärmeplanung
(Quelle: buildplace.io)

Die in der Anwendung oben mittig dargestellte Suchmaske ermöglicht das Suchen nach einer Adresse. Auf diese Weise kann direkt die Eignung eines Standorts für verschiedene Wärmeversorgungsarten eingesehen werden. Über das rechts dargestellt Menü können relevante Informationen ein- bzw. ausgeblendet werden. So können auch die Informationen zur Eignung eines Gebiets für die Versorgung über Wärmenetze, eine dezentrale Versorgung sowie eine Versorgung über Grüne Gase analog zu Abbildung 45, Abbildung 46 und Abbildung 47 visualisiert werden. Durch das Auswählen einer Information im rechten Menü wird die entsprechende Legende angezeigt. Darüber hinaus können so zusätzliche Informationen zu einzelnen Baublöcken durch das Klicken in das jeweilige Gebiet abgerufen werden.

4.4.4 Energie-Bilanz

Die Entwicklung des prognostizierten Endenergieverbrauchs bis 2045 des Zielszenarios wird in Abbildung 50 dargestellt, ausgedrückt in Gigawattstunden (GWh). Dabei steigt der Verbrauch zunächst bis 2030

aufgrund der hinzukommenden Energieverbräuche der Neu- und Plangebiete von aktuell 106 GWh/a auf 132 GWh/a an. Anschließend führen Effizienz- und Sanierungsmaßnahmen zu einer Reduktion des Wärmeverbrauchs, sodass dieser bis 2045 auf ca. 117 GWh reduziert werden kann, vergleiche Kapitel 1.1.1.

Im Zielszenario für 2045 werden die derzeit primär genutzten Energieträger Erdgas und Heizöl vollständig durch klimaneutrale Alternativen ersetzt. Die zukünftige Wärmeversorgung basiert zunehmend auf Nahwärmesystemen, die Abwärme aus dem Rechenzentrum nutzen, sowie auf Außenluft-Wärmepumpen. Bis 2030 wird deren Anteil moderat ansteigen, bedingt durch den initialen Infrastrukturausbau. Nach 2030 wird eine signifikante Steigerung dieser Technologien erwartet, sodass sie bis 2045 die dominierenden Energieträger darstellen. Ergänzend hierzu sind direkte Stromanwendungen zur Warmwasseraufbereitung und zur Versorgung des Gewerbes vorgesehen, ebenso der Einsatz von Biomasse und Geothermie-Wärmepumpen in einzelnen Haushalten.

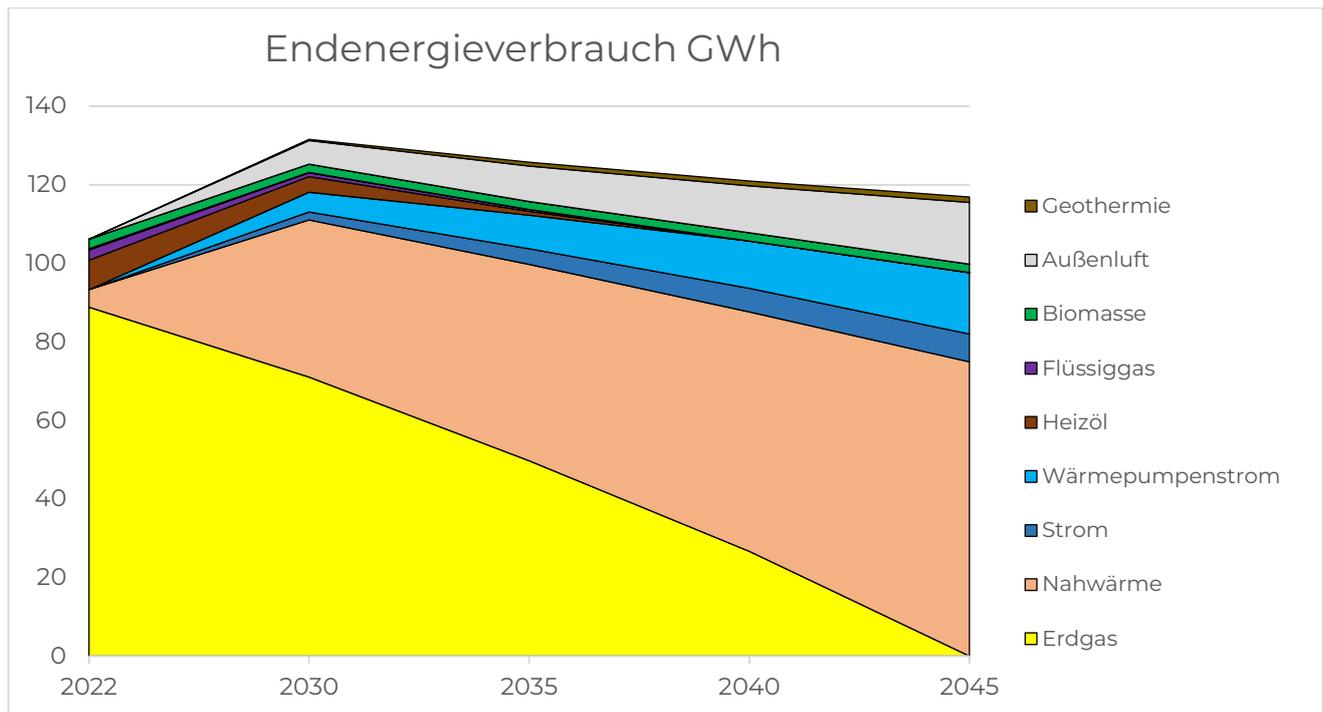


Abbildung 50: Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2045 (Quelle: FACT)

Im Zieljahr 2045 wird der Wärmebedarf zu einem großen Teil durch klimaneutrale Energieträger gedeckt, was in Abbildung 51 veranschaulicht wird. Der überwiegende Anteil von 64 % entfällt dabei auf die Nahwärme, die einen zentralen Beitrag zur Wärmewende leistet. Die Nahwärme wird dabei ausschließlich aus der Abwärme des Rechenzentrums erzeugt und wird im Zielszenario durch die drei folgenden Nahwärmeeinsatztypen bereitgestellt: 42 % der Nahwärme stammt aus zentralisierter Nahwärmeezeugung zur direkten Nutzung, 37 % aus direkter Abwärmeezeugung, und 21 % wird über ein Low-Ex-Wärmenetz verteilt und dezentral durch Wärmepumpen zur Nutzung aufbereitet.

Strom deckt insgesamt 19 % des Endenergieverbrauchs ab, wovon 6 % zur direkten Warmwasseraufbereitung (sowohl Großwärmepumpe als auch dezentrale Wärmepumpen) eingesetzt werden. Andere klimaneutrale Energieträger, wie Außenluft und Biomasse, tragen mit 14 % bzw. 6 % zur Deckung des Wärmebedarfs bei. Grüne Gase (wie synthetisches Methan oder Wasserstoff) finden im zukünftigen Wärmesystem keine Anwendung. Die fossilen Energieträger Erdgas, Flüssiggas, Heizöl und Kohle haben im Zieljahr 2045 keine nennenswerte Bedeutung mehr in der Wärmeversorgung und sind vollständig ersetzt.

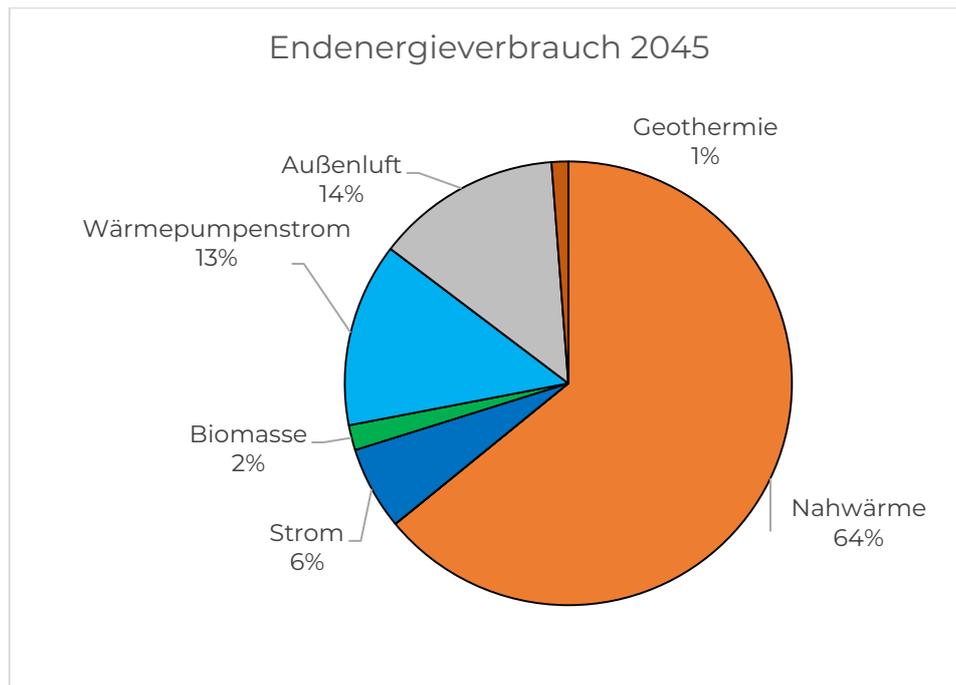


Abbildung 51: Verteilung der Endenergieträger zur Wärmebereitstellung im Jahr 2045 (Quelle: FACT)

4.4.5 THG-Bilanz

Die gesetzlichen Vorgaben zur CO₂-Reduktion auf Bundesebene, insbesondere das Klimaschutzgesetz, setzen das Ziel, bis 2045 Klimaneutralität zu erreichen. Dies bedeutet, dass ab 2045 keine CO₂-Emissionen mehr entstehen dürfen. Das vorgestellte System zur Wärmeversorgung kann dieses Ziel erreichen. Die CO₂-Emissionen werden durch die schrittweise Substitution fossiler Energieträger wie Erdgas und Heizöl kontinuierlich reduziert.

Der Einsatz von Abwärme, die im Rechenzentrum durch den Einsatz von Strom entsteht, sowie die Nutzung von Strom zur direkten Anwendung und zum Betrieb der Wärmepumpen verursacht derzeit noch eine gewisse Menge an CO₂-Emissionen. Allerdings wird der Emissionsfaktor von Strom durch die fortschreitende Dekarbonisierung des Energiesektors kontinuierlich bis 2045 auf null sinken. Hierdurch wird der Einsatz von Strom zur Wärmeerzeugung spätestens ab diesem Zeitpunkt keine CO₂-Emissionen mehr verursachen. Durch den bereits zugesicherten Einsatz von ausschließlich grünem Strom zum Betrieb des Rechenzentrums ist die anfallende und genutzte Abwärme zu 100% klimaneutral.

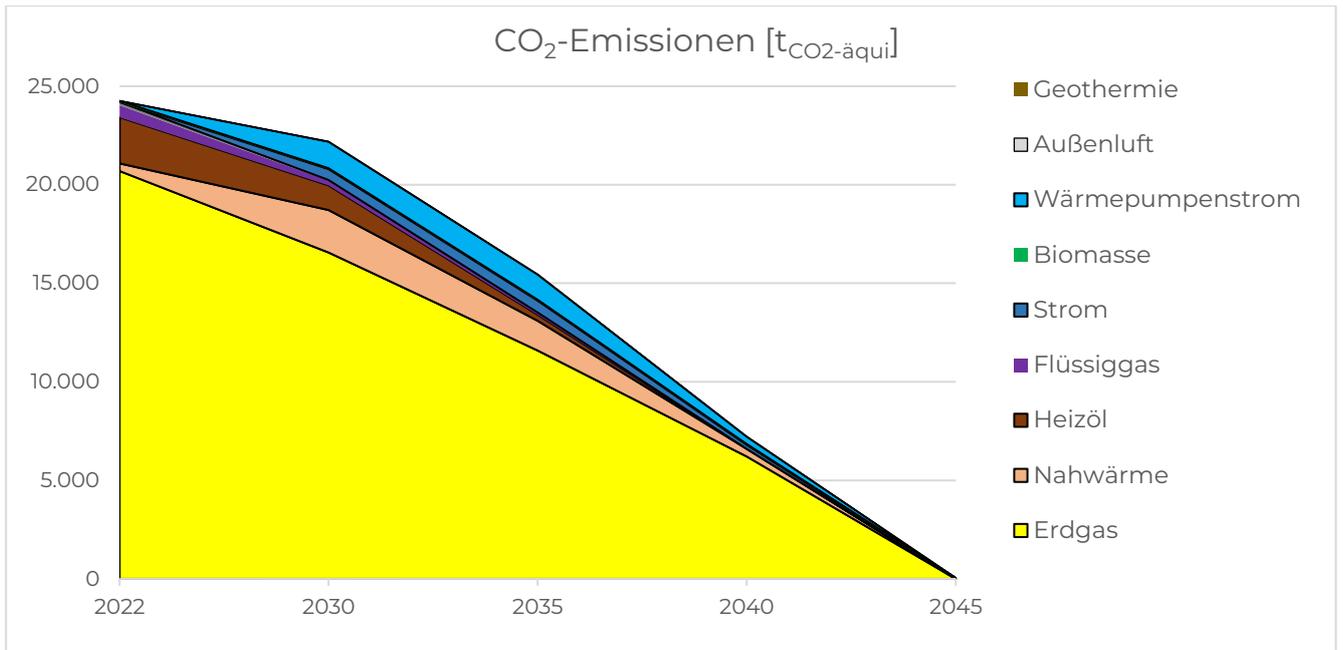


Abbildung 52: CO₂-Emissionen bis 2045 (Quelle: FACT)

5 WÄRMEWENDESTRATEGIE UND MAßNAHMEN

Der Ablauf der Wärmewende in der Gemeinde Wustermark erfolgt in mehreren aufeinander abgestimmten Schritten, die eine systematische Umsetzung des Zielszenarios ermöglichen.

1. Erster Schritt: Erstellung des Wärmeplans

Zunächst wird ein Wärmeplan für die gesamte Kommune erstellt, in dem das Zielszenario und die Wärmewendestrategie definiert werden. Dieser Wärmeplan bietet eine langfristige Perspektive und zeigt die zentralen Maßnahmen und Etappen auf, die notwendig sind, um eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2045 zu erreichen. Er bildet die Grundlage für die weiteren Planungen und dient als strategischer Rahmen für die folgenden Schritte. Der Wärmeplan wird spätestens alle 5 Jahre fortgeschrieben und aktualisiert. Hierdurch können bereits umgesetzte Vorhaben und sich ändernde technische sowie politische Regulierungen berücksichtigt und das Zielbild entsprechend angepasst werden.

2. Erhöhung der Detailtiefe: Quartiers- und Liegenschaftsebenen

Für die Umsetzung des Wärmeplans muss die dargestellte Detailtiefe im Wärmeplan erhöht werden. Es werden weiterführende Machbarkeitsstudien und Energiekonzepte auf Quartiers- oder Liegenschaftsebene erstellt. Diese Studien analysieren die spezifischen Gegebenheiten und Potenziale in einzelnen Quartieren oder größeren Gebäudekomplexen und liefern detaillierte Informationen zur Umsetzbarkeit der Maßnahmen. Die Ergebnisse dieser vertieften Analysen ermöglichen maßgeschneiderte Lösungen und bereiten die Basis für die Umsetzung konkreter Projekte.

3. Umsetzung der Pläne: Entwicklung von Realisierungsprojekten

Im letzten Schritt zur Realisierung des Wärmeplans folgt die praktische Umsetzung von klimaneutralen Energieprojekten. Aufbauend auf den detaillierten Planungen und Machbarkeitsstudien entstehen konkrete Realisierungsprojekte. Diese Projekte setzen die im Wärmeplan und den Energiekonzepten definierten Maßnahmen schrittweise in die Tat um. Der Aufbau und die Inbetriebnahme der neuen Infrastruktur, die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen und der Einsatz erneuerbarer Energien tragen dazu bei, das Zielszenario zu verwirklichen und die Wärmewende in Wustermark nachhaltig zu gestalten.

Dieser dreistufige Ablauf (Abbildung 53) gewährleistet eine zielgerichtete und strukturierte Umsetzung der Wärmewende, indem er von der strategischen Planung über die detaillierte Analyse bis hin zur praktischen Realisierung alle wesentlichen Schritte abdeckt.

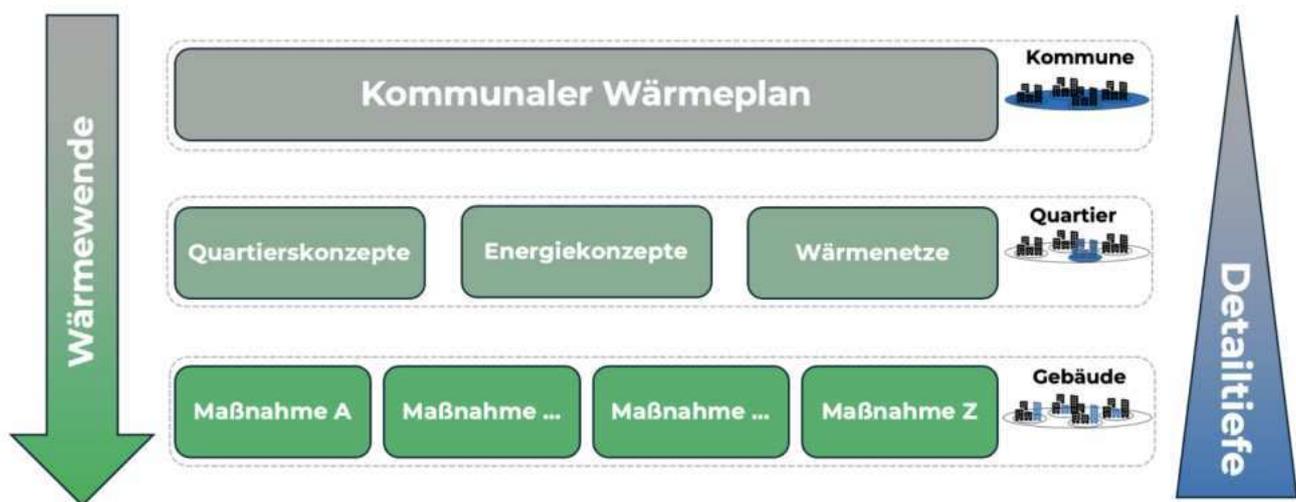


Abbildung 53: Ablaufschema der Wärmewende (Quelle: FACT)

Um einen möglichen Weg zum Erreichen des Zielszenarios aufzuzeigen, wird eine umfassende Wärmewendestrategie für die Gemeinde Wustermark entwickelt. Diese Strategie hat zum Ziel, konkrete Maßnahmen darzustellen, die notwendig sind, um ein klimaneutrales Wärmeversorgungssystem aufzubauen und langfristig betreiben zu können. Dafür werden zunächst gezielte Maßnahmen in den verschiedenen Bereichen identifiziert und definiert, die zur Reduktion der Treibhausgasemissionen beitragen können.

Die Wärmewendestrategie berücksichtigt sowohl technische als auch organisatorische und infrastrukturelle Maßnahmen. In jedem Bereich – von der Energieerzeugung und dem Ausbau der Wärmenetze über die Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudebestand bis hin zur Nutzung erneuerbarer Energien in der

Industrie – werden die Maßnahmen so gestaltet, dass sie die erforderlichen Emissionsminderungen ermöglichen. Diese Maßnahmen sollen zudem eine schrittweise Dekarbonisierung der Wärmeversorgung sicherstellen und die Gemeinde Wustermark in die Lage versetzen, das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2045 zu erreichen.

Durch die gezielte Definition und Priorisierung dieser Maßnahmen wird ein klarer Handlungsrahmen geschaffen, der es ermöglicht, systematisch vorzugehen und alle relevanten Akteure in den Prozess einzubinden. Die Wärmewendestrategie dient somit als praktischer Leitfaden, um das Zielszenario in die Realität umzusetzen und den Übergang zu einer nachhaltigen und emissionsfreien Wärmeversorgung in Wustermark zu ermöglichen.

5.1 Maßnahmen

Zur Reduktion der Treibhausgasemissionen im Bereich der Wärmeerzeugung und Wärmenutzung wurde ein umfassender Maßnahmenkatalog entwickelt, der gezielt nach verschiedenen Handlungsfeldern gegliedert ist. Dieser Maßnahmenkatalog dient als Leitfaden zur Umsetzung klimafreundlicher Technologien und Prozesse, die zur Erreichung des Zielszenarios für eine klimaneutrale Wärmeversorgung beitragen. Die Handlungsfelder werden wie folgt unterschieden:

- Netze: Maßnahmen in diesem Handlungsfeld umfassen die Optimierung und den Ausbau bestehender Wärmenetze sowie die Integration klimafreundlicher Energieträger. Der Neu- und Ausbau von Wärmenetzen in dicht bebauten Gebieten sowie der Ausbau von Stromnetzen zur strombasierten Wärmeerzeugung (bspw. durch Wärmepumpen) können den CO₂-Ausstoß erheblich verringern und die Infrastruktur fit für eine klimaneutrale Zukunft machen.
- Energieerzeugung: Hierzu zählen Maßnahmen zur Erzeugung von klimaneutraler Wärme durch die Nutzung von erneuerbaren Energien, wie die Installation von Solarthermie- oder Geothermieanlagen sowie der verstärkte Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit erneuerbaren Energieträgern. Ziel ist es, den Anteil fossiler Energien in der Wärmeerzeugung zu reduzieren und eine nachhaltige und langfristig wirtschaftliche Energieversorgung sicherzustellen.
- Gebäude: Maßnahmen im Bereich der Gebäude umfassen die energetische Sanierung des Gebäudebestands, den Einsatz moderner Heiztechnik sowie die Verbesserung der Dämmstandards. Durch eine Reduzierung des Energiebedarfs bei Bestandsgebäuden und Neubauten kann der Gesamtwärmeverbrauch gesenkt und damit die THG-Emissionen verringert werden.
- Industrie: Im industriellen Sektor liegt der Fokus auf Effizienzsteigerungen in der Wärmebereitstellung und -nutzung sowie der Umstellung auf klimafreundlichere Energiequellen. Dazu zählen die Optimierung industrieller Prozesse, die Nutzung von (interner) Abwärme sowie die Integration erneuerbarer Energien.
- Begleitmaßnahmen: Begleitende Maßnahmen umfassen rechtliche und organisatorische Schritte, Förderprogramme, Öffentlichkeitsarbeit, Schaffung einheitlicher digitaler Infrastrukturen für eine transparente Datenhaltung (z. B. über einen Digitalen Zwilling) und gezielte Schulungen im Bereich klimaneutraler Wärmeversorgung und Klimaschutz. Diese Maßnahmen schaffen die Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Umsetzung der technischen Maßnahmen und fördern die Akzeptanz und Mitwirkung der Bevölkerung und relevanter Akteure.

Aus diesem Maßnahmenkatalog werden die für die Gemeinde Wustermark geeignetsten und wirkungsvollsten Maßnahmen ausgewählt, die prioritär umgesetzt werden sollen, um das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2045 zu erreichen. Die Auswahl erfolgt basierend auf den Kriterien zur THG-Reduktion, der Machbarkeit und den Kosten, um eine effiziente und nachhaltige Transformation der Wärmeversorgung sicherzustellen.

Zur Bewertung der verschiedenen Maßnahmen zur Treibhausgasreduzierung (THG-Minderung) werden mehrere Faktoren herangezogen, um eine systematische und zielorientierte Auswahl zu ermöglichen. Die Bewertungskriterien umfassen die Art der Maßnahme, die Priorität zur Zielerreichung, den Zeitraum der Realisierung, den Realisierungsaufwand, die Dauer der Maßnahme, die Kostenintensität und das Potenzial zur THG-Reduktion.

1. Art der Maßnahme: Hier wird zwischen theoretischen, praktischen, organisatorischen und juristischen Maßnahmen unterschieden. Theoretische Maßnahmen umfassen wissenschaftliche und analytische Ansätze, während praktische Maßnahmen konkrete technische oder bauliche Schritte beinhalten. Organisatorische Maßnahmen beziehen sich auf interne Abläufe oder Verwaltungsstrukturen, während juristische Maßnahmen gesetzliche Anpassungen oder Regelungen umfassen.
2. Priorität zur Erreichung des Zielszenarios: Die Maßnahmen werden nach ihrer Bedeutung zur Erreichung des Zielzustandes bis 2045 eingestuft. Hierbei wird die Priorität in „hoch“, „mittel“ oder „gering“ unterteilt, um anzuzeigen, welche Maßnahmen besonders dringlich sind.
3. Zeitraum der Realisierung: Dieser Faktor gibt an, wann die Maßnahme umgesetzt werden sollte, um effektiv zur Zielerreichung beizutragen. Die Maßnahmen werden als „kurzfristig“ (bis 2025), „mittelfristig“ (bis 2030) oder „langfristig“ (bis 2040) eingestuft.
4. Realisierungsaufwand: Dieser Aspekt bewertet, wie aufwändig die Umsetzung der Maßnahme ist, und wird in „hoch“, „mittel“ oder „gering“ unterteilt. Der Realisierungsaufwand umfasst technische, logistische und personelle Ressourcen, die für die Umsetzung notwendig sind.
5. Dauer der Maßnahme: Die Dauer gibt an, wie lange die Implementierung der Maßnahme in Anspruch genommen wird. Sie wird unterteilt in weniger als 1 Jahr, 1 bis 3 Jahre, 3 bis 5 Jahre, über 5 Jahre sowie fortlaufende Maßnahmen, die kontinuierlich durchgeführt werden.
6. Kostenintensität: Dieser Faktor beschreibt die finanziellen Ressourcen, die zur Umsetzung der Maßnahme notwendig sind, und wird in „hoch“, „mittel“ oder „gering“ unterteilt. Maßnahmen mit hoher Kostenintensität erfordern größere finanzielle Investitionen, während Maßnahmen mit geringer Kostenintensität vergleichsweise kostengünstig umzusetzen sind.
7. Potenzial zur THG-Reduktion: Schließlich wird das Potenzial zur Treibhausgasmindering bewertet. Dieser Faktor zeigt auf, wie stark die Maßnahme zur Reduzierung der THG-Emissionen beiträgt, und wird ebenfalls in „hoch“, „mittel“ und „gering“ unterteilt. Maßnahmen mit hohem Reduktionspotenzial haben einen signifikanten Einfluss auf die Verringerung der Emissionen und sind daher besonders wichtig für die Erreichung der Klimaziele.

Diese Faktoren ermöglichen eine umfassende Bewertung der Maßnahmen und unterstützen die Entscheidungsfindung hinsichtlich der Priorisierung und Umsetzung zur Erreichung der Klimaneutralität der Gemeinde bis zum Zieljahr.

5.2 Wärmewendestrategie

Die Wärmewendestrategie für die Gemeinde Wustermark ist in drei Phasen gegliedert, die auf dem Weg zur Klimaneutralität bis 2045 spezifische Maßnahmen für verschiedene Akteure und Infrastrukturprojekte definieren, vergleiche Abbildung 54. Jede Phase hat klare Schwerpunkte und priorisiert Maßnahmen, die von der Kommune, dem GHD- und Industriesektor, den Haushalten sowie der Infrastruktur umgesetzt werden sollen. Die ausgewählten Maßnahmen stammen aus dem in Kapitel 5.1erwähnten Maßnahmenkatalog und wurden zur besseren Kennzeichnung mit der jeweiligen definierten Kennzeichnung angegeben.

Phase 1: 2025–2030

In dieser ersten Phase werden grundlegende Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und zur Entwicklung der Infrastruktur eingeleitet.

- **Kommune:** Es erfolgt die Benennung eines Wärmewendeverantwortlichen (B1) durch den Bürgermeister, der die Wärmewende koordiniert. Ein Digitaler Zwilling wird als einheitliche Datenbasis für die Planung von Maßnahmen etabliert. Eine Studie für klimaneutrale Liegenschaften (B6) wird durchgeführt, und verschiedene Programme zur Effizienzsteigerung und Sanierung sowie Wärmenetzaufbau (B7) werden gestartet.
- **GHD/Industrie:** Der GHD- und Industriesektor konzentriert sich auf die Nutzung von Effizienz- und Sanierungspotentialen (I1/2) und auf den Einsatz von regenerativen Energieträgern. Ein Transformationsplan (I3) kann von den Unternehmen erstellt werden, um eine Dekarbonisierungsstrategie für den eigenen Standort zu entwickeln. Zusätzlich soll das vorhandene Abwärmepotenzial (I4) geprüft und Möglichkeiten zur internen Nutzung oder externen Auskopplung aufgezeigt werden.
- **Haushalte:** Im Bereich des Wohnungssektors sollte zunächst mit der Steigerung der Energieeffizienz zur Reduktion des Wärmebedarfs begonnen werden. Hierbei könnte ein Gebäudesanierungsprogramm Priorität 1 (G1) zur energetischen Sanierung von Gebäuden mit großem Effizienzpotential (Bauklassen älter als 1970) gestartet werden. Der Ausbau erneuerbarer Energien (EE) im dezentralen Bereich und der Anschluss an ein Wärmenetz (E1) sollten ebenfalls forciert werden.
- **Infrastruktur:** Es werden weiterführende Machbarkeitsstudien (N6) zur Wärmeversorgung durch Wärmenetze für sehr geeignete Gebiete (vergleiche Kapitel 4.4.1) durchgeführt und bestehende Wärmenetze ausgebaut (N11). Der Aufbau neuer Wärmenetze (N10) und die Überprüfung des Stromnetzes (N3) beginnen ebenfalls in dieser Phase.

Phase 2: 2030–2040

In der zweiten Phase liegt der Schwerpunkt auf der Dekarbonisierung und der weiteren Optimierung der Infrastruktur.

- **Kommune:** Die Kommune setzt ihre Programme zur Effizienzsteigerung und Sanierung um bzw. wirkt auf deren Umsetzung hin und führt den Wärmenetz(aus)bau fort. Hierbei könnten Bürgerenergiegenossenschaften oder Quartiersgesellschaften (B7) gegründet werden, die den Ausbau des Netzes auch in

weniger lukrative Bereiche vorantreiben bzw. den Einwohner:innen eine finanzielle Beteiligungsmöglichkeit bieten könnten. Weitere kommunale Liegenschaften werden dekarbonisiert. Der Digitale Zwilling wird für die Auslegung und Planung einzelner Sanierungs- und Infrastrukturmaßnahmen genutzt, um datenbasierte Entscheidungen sicherzustellen.

- GHD/Industrie: Der Schwerpunkt liegt auf der Dekarbonisierung des Hauptwärmebedarfs (E1) und der verstärkten Nutzung von Abwärme (I5) in industriellen und gewerblichen Prozessen. Diese Maßnahmen sollten sich an der eigenen Dekarbonisierungsstrategie/Transformationsplan orientieren.
- Haushalte: Die Sanierungsmaßnahmen für Gebäude werden intensiviert (G2) und der Ausbau erneuerbarer Energien sowie der Anschluss an das Wärmenetz (E1) wird fortgeführt.
- Infrastruktur: Es wird der Aufbau neuer Wärmenetze (N10) fortgesetzt und bestehende Wärmenetze dekarbonisiert (E7). Zudem erfolgt eine Überprüfung und der Ausbau des Stromnetzes (N3) sowie der periphere Ausbau der Wärmenetze (N2), um die Energieinfrastruktur auf eine klimaneutrale Versorgung auszurichten.

Phase 3: 2040–2045

Die letzte Phase umfasst abschließende Maßnahmen zur vollständigen Dekarbonisierung und die Sicherstellung einer stabilen klimaneutralen Energieversorgung.

- Kommune: Die Programme zur Effizienzsteigerung und Sanierung werden abgeschlossen und eine umfassende Überprüfung der Wärmewende mit Abschlussbericht erfolgt. Hierbei kann der Fokus auf die schwer zu dekarbonisierenden Systeme und Gebäude gelegt werden.
- GHD/Industrie: Der GHD- und Industriesektor schließt die Dekarbonisierung des Gesamtwärmebedarfs (E1) ab und optimiert weiterhin eine Nutzung des Abwärmepotenzial (I5), um die Energieeffizienz zu maximieren.
- Haushalte: In dieser Phase werden Gebäude auf den höchsten Sanierungsstandard gebracht (G3) und der Ausbau erneuerbarer Energien sowie der Anschluss an Wärmenetze (E1) werden weiter vorangetrieben.
- Infrastruktur: Die Dekarbonisierung und Ausbau der Wärmenetze (E7) wird abgeschlossen und das Stromnetz final überprüft und ggfs. verstärkt (N3).

Durch die strukturierte Umsetzung dieser Maßnahmen in den verschiedenen Zeiträumen wird die Gemeinde Wustermark in die Lage versetzt, bis 2045 eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen. Die klare

Verteilung der Aufgaben auf die beteiligten Akteure und die kontinuierliche Verbesserung der Infrastruktur stellen sicher, dass das Zielszenario effizient und nachhaltig umgesetzt werden kann.



Abbildung 54: Wärmewendestrategie für Wustermark (Quelle: FACT, Form Follows You)

5.3 Controllingstrategie

Die Aufstellung des Kommunalen Wärmeplans ist ein erster Schritt der Wärmewende in Wustermark. Zur Koordination der Umsetzung der Wärmewende wurde eine Controllingstrategie entwickelt, die eine kontinuierliche und transparente Übersicht über den Fortschritt der Wärmewende und den Erfolg der umgesetzten Maßnahme ermöglicht. Das stetige Monitoring der Wärmewende soll es ermöglichen, Maßnahmen und Herangehensweisen frühzeitig anzupassen und dynamisch auf sich verändernde Rahmenbedingungen zu reagieren.

In der Controllingstrategie wurden Indikatoren sowie geeignete Methoden zur Messung und Bewertung der

definierten Parameter festgelegt. Diese beinhalten sowohl energetische Kennzahlen als auch organisatorische Zielwerte und Meilensteine. So wird einerseits durch das Monitoring kontinuierlich überprüft, wie weit die Umsetzung der Wärmewende und der geplanten Maßnahmen fortgeschritten ist, um frühzeitig Abweichungen von der Projektplanung zu identifizieren. Andererseits wird durch die Evaluation der Endenergieverbräuche, der Treibhausgasbilanz sowie der Akzeptanz der Veränderungen durch die Wärmewende (Change-Management) die Wirkung der Maßnahmen kontinuierlich überprüft, um bei Bedarf rechtzeitig nachzusteuern.

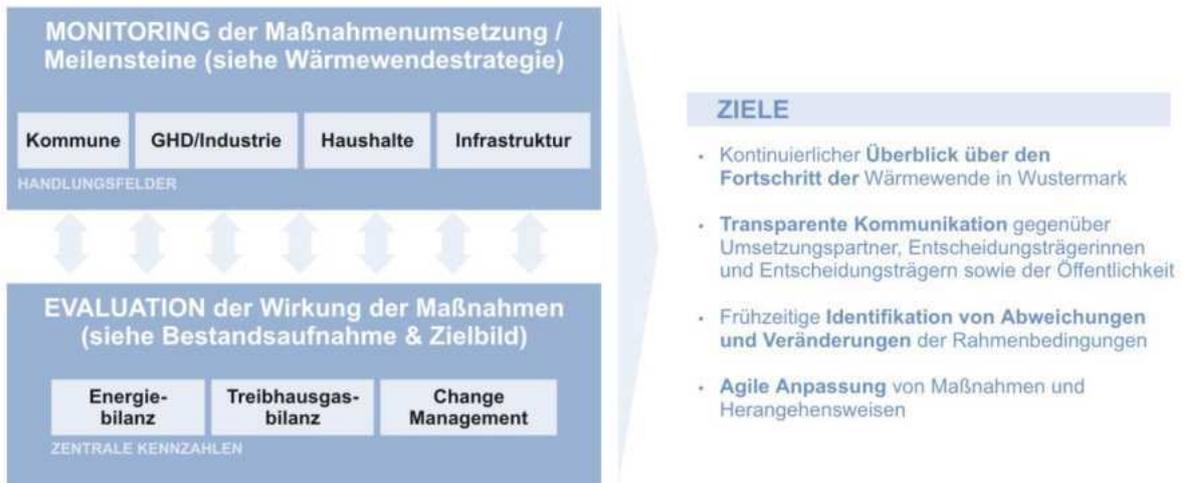


Abbildung 55: Überblick über die Herangehensweise und Ziele der Controllingstrategie für die Wärmewende in Wustermark (Quelle: Form Follows You)

Durch die Wärmewendestrategie und die gesetzlichen Vorgaben sind Zielwerte vorgegeben. Hierzu gehören beispielsweise die Klimaneutralität der Wärmeversorgung bis 2045. Im Rahmen der Controllingstrategie werden diese Ziele für die Wirkungsevaluation auf verschiedene Endenergieträger und Sektoren heruntergebrochen sowie Zwischenziele definiert.

Das Monitoring-System definiert für die einzelnen Maßnahmen der Handlungsfelder Meilensteine, Methoden und Verantwortlichkeiten, um den Umsetzungsfortschritt des Wärmeplans regelmäßig zu überprüfen. Neben dem Monitoring werden so auch Prozesse definiert, um (dynamische) Anforderungen und Rahmenbedingungen bei der Weiterentwicklung des kommunalen Wärmeplans oder der Umsetzungsmaß-

nahmen zu berücksichtigen. Im Rahmen des kontinuierlichen Monitorings wird eine ganzheitliche Projektplanung und -steuerung durch die in der Gemeindeverwaltung für die Wärmewende verantwortliche Person (beispielsweise mit agilen Methoden wie Objectives und Key Results, OKRs) empfohlen. Dies gewährleistet eine flexible Anpassung an gesetzliche Entwicklungen und ermöglicht eine kontinuierliche Optimierung des Wärmeplans im Einklang mit dynamischen Rahmenbedingungen. Auf Basis der Ergebnisse des Monitorings kann auch das Vorgehen in der Verfestigung und Umsetzung kontinuierlich angepasst werden.

5.4 Organisationsstrukturen für die Wärmewende

Für die erfolgreiche Umsetzung und Fortschreibung der Kommunalen Wärmeplanung ist eine langfristige und effiziente Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure und der sukzessive Aufbau einer handlungsfähigen Organisationsstruktur von zentraler Bedeutung. Die Wärmewende liegt nicht alleine in der Verantwortung der Verwaltung, sondern bedarf, aufgrund der

heterogenen Eigentümerinnen- und Eigentümerstruktur sowie breit gestreuter Kompetenzen und Zuständigkeiten, der Einbindung verschiedener lokaler und regionaler Akteure. In gemeinsamen Organisationsstrukturen können die Ergebnisse der strategischen kommunalen Wärmeplanung aufgegriffen und durch

konkrete Tätigkeiten umgesetzt werden. Im Folgenden sind die vorgesehenen Organisationsstrukturen zur Verstärkung der kommunalen Wärmeplanung in Wustermark beschrieben und in Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. visualisiert.

Verwaltungsinterne Organisation

Die zentrale Steuerung und Überwachung der Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung erfolgt, wie bereits in der Erstellung des initialen KWP, durch eine zentral verantwortliche Stelle für die Wärmewende innerhalb der Verwaltung. Diese Rolle wird durch den Klimaschutzmanager der Kommune übernommen. Die Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation erfolgen in enger Abstimmung zwischen der zentralen Ansprechperson und der Pressestelle. Im Rahmen der Planung der Abwärmenutzung des Rechenzentrums wird die

Einrichtung einer zusätzlichen Stelle für die Projektkoordination empfohlen. Eine solche Stelle kann perspektivisch Teile der Tätigkeiten im Rahmen der Koordination des Wärmenetzausbaus in Wustermark übernehmen.

In die strategische Ausrichtung und für zentrale Entscheidungen wird die Gemeindevertretung, die Verwaltungsspitze sowie weitere relevante Mitarbeitende aus den unterschiedlichen Fachbereichen einbezogen. Als wöchentliches Austauschformat wird mit der Dienstberatung der Fachbereichsleitungen mit dem Bürgermeister ein bestehendes und etabliertes Format genutzt. Für übergreifende strategische Entscheidungen werden bedarfsorientiert die politischen Gremien eingebunden.



Abbildung 56: Zentrale Verantwortlichkeiten für die Koordination und Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung in Wustermark (Quelle: Form Follows You)

Zusammenarbeit mit lokalen und regionalen Akteuren

Bereits in die Entwicklung der Kommunalen Wärmeplanung wurden diverse Akteure einbezogen. Auch in der Umsetzung werden zentrale Akteure regelmäßig

über den aktuellen Stand der Wärmewende in Wustermark sowie Beteiligungsmöglichkeiten an Umsetzungsvorhaben informiert. Zu einzelnen Umsetzungsvorhaben oder Teilgebieten werden bedarfsorientiert Fokusgruppen oder bilaterale Absprachen initiiert. Zu

Beginn der Umsetzung sind zu den folgenden Themen Abstimmungsrunden vorgesehen:

- Rechenzentren und Wärmeübergabe
- Interkommunale Zusammenarbeit beim Wärmenetzausbau
- Wärmebedarfe GVZ
- Energetische Sanierung von kommunalen Liegenschaften
- Erweiterung des Karls-Erlebnisdorf
- Entwicklungsgebiet Olympisches Dorf

5.5 Kommunikationsstrategie

Ziel der Kommunikationsstrategie zur Kommunalen Wärmeplanung in Wustermark ist es, die Ergebnisse der Planung sowie den aktuellen Umsetzungsstand transparent und leicht zugänglich für verschiedene Zielgruppen zur Verfügung zu stellen. Die Einwohner:innen sollen Zugriff auf verlässliche und verständliche Informationen zum Projekt und aktuellen Planungsfortschritten bekommen. Außerdem werden sie regelmäßig über Beteiligungs- und Informationsmöglichkeiten im Rahmen der Wärmewende informiert. Hierzu werden regelmäßige Updates, offizielle Dokumente, Informationsveranstaltungen und Ergebnisse aus Planungsprozessen und Beteiligungsformaten offen und zeitnah über verschiedene öffentliche Kommunikationskanäle, -formate und -werkzeuge veröffentlicht. Im Folgenden wird eine Auswahl beschrieben:

1. Zentrale Informationen: Die kommunale Website
Die kommunale Website wird als zentraler Kommunikationskanal für die KWP etabliert. Hier finden Bürgerinnen und Bürger umfassende Informationen und Antworten auf häufig gestellte Fragen. Ziel ist es, die Informationen in einer Form aufzubereiten, die leicht zugänglich und verständlich ist – sowohl in textlicher als auch visueller Form. Ein FAQ, Infografiken und anschauliche Darstellungen helfen, die teils komplexen Inhalte der Wärmeplanung verständlich zu vermitteln.

- Landesweiter Infrastrukturausbau

Diese Fokusgruppen werden sich im Rahmen der Umsetzung und der Fortschreibung der Kommunalen Wärmeplanung dynamisch an sich verändernde Bedarfe und Projektstände anpassen müssen.

Anlassbezogen werden die Entwicklungen unter Verweis auf die tieferegehenden Informationen der Website über die Whatsapp-/Facebook- und Instagram-Kanäle der Gemeinde angeteasert.

2. Beteiligung, Beratung und klare Anlaufstellen

Eine erfolgreiche Wärmewende lebt vom Dialog. Daher sollen klare Anlaufstellen für Fragen, Vorschläge und Rückmeldungen geschaffen werden. Hierfür wird eine eigene Emailadresse eingerichtet und durch das KWP-Team betreut. Die Anliegen der Bürgerinnen und Bürger sind ein wichtiger Bestandteil der Weiterentwicklung der Wärmewende. Jedes Feedback wird durch die Projektleitung Kommunale Wärmewende sorgfältig geprüft und ggf. an die entsprechenden Arbeitsgruppen weitergeleitet und somit bei der Planung berücksichtigt. Dabei soll die Beteiligung möglichst einfach und wirksam gestaltet werden. Darüber hinaus sollen Beratungs- und Unterstützungsangebote für energetische Sanierungen, den Wechsel von Heizungsanlagen oder (finanzielle) Beteiligungsmöglichkeiten am Aus- und Aufbau von Wärmenetzen angeboten werden.

Mit dieser Strategie soll ein offener und inklusiver Austausch sowie eine kollaborative Umsetzung der Wärmewende ermöglicht werden, der die kommunale Wärmeplanung als wichtigen Baustein einer zukunftsfähigen, klimagerechten Stadtentwicklung versteht.

6 FAZIT UND AUSBLICK

Der kommunale Wärmeplan für die Gemeinde Wustermark ist ein zentrales strategisches Instrument zur Verwirklichung der Klimaneutralität bis zum Zieljahr 2045. Basierend auf einer fundierten Analyse der Siedlungsstruktur, der bestehenden Wärmeversorgung sowie der Potenziale erneuerbarer Energien und Energieeffizienz wurde ein zukunftsweisendes Zielbild entwickelt. Dieses Konzept sieht vor allem die Nutzung der Abwärme des entstehenden Rechenzentrums vor, die über ein modernes Wärmenetz verteilt und bei Bedarf durch den Einsatz von Wärmepumpen effizient aufbereitet wird. In weniger zentral gelegenen Gebieten, in denen eine Anbindung an das Wärmenetz wirtschaftlich nicht sinnvoll ist, wird auf dezentrale Wärmepumpensysteme mit Umgebungsluft als Wärmequelle gesetzt. Damit entsteht ein umfassendes, wirtschaftlich tragfähiges und klimaneutrales Energiesystem, das den ambitionierten Zielen der Treibhausgasneutralität gerecht wird. Es soll der Generation der heutigen Kinder und Enkelkinder eine wirtschaftliche und ökologische Wärmeversorgung ermöglichen.

Der Wärmeplan formuliert klare Maßnahmen und Meilensteine, die systematisch und in enger Zusammenarbeit zwischen allen relevanten Akteuren umgesetzt werden sollen. Er bildet den Ausgangspunkt für eine langfristige Transformation, die den Weg zu einer nachhaltigen Wärmeversorgung ebnet. Dabei werden Zeitpläne und Prioritäten definiert, die den Übergang von fossilen hin zu regenerativen Energieträgern ermöglichen und die Gemeinde Schritt für Schritt auf das Zieljahr vorbereiten.

Gleichzeitig ist der Plan dynamisch angelegt, da die Wärmeversorgung ein hochkomplexes und von vielen externen Faktoren abhängiges System darstellt. Insbesondere die Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit regenerativer Energieträger unterliegen zukünftigen

Entwicklungen, die heute nur bedingt prognostizierbar sind. Um dieser Unsicherheit zu begegnen, muss der Plan technologieoffen bleiben und flexible Szenarien vorsehen, um auf mögliche Veränderungen in der Energieversorgung, wie Preisschwankungen oder Verfügbarkeitsengpässe, reagieren zu können. Zudem muss die Entwicklung der Wärmeversorgungssysteme der umliegenden Kommunen mit in die weitere Planung einfließen, da neue Fernwärmeleitungen zur Nutzung der Abwärme in Nachbargemeinden ebenso Auswirkungen auf die Versorgungssysteme von tangierten Teilgebieten innerhalb der Gemeinde hätten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der rechtliche und finanzielle Rahmen. Gesetzliche Vorgaben, wie das Gebäudeenergiegesetz oder das Erneuerbare-Energien-Gesetz, werden die weitere Entwicklung der Wärmeversorgung maßgeblich beeinflussen. Zudem erfordert die Transformation erhebliche Investitionen, die ohne verlässliche staatliche Förderung und steuerliche Anreize nicht realisiert werden können. Solange regenerative Heizsysteme höhere Kosten verursachen als fossile Lösungen, bleibt die Unterstützung durch Bund und Länder unverzichtbar, um den notwendigen Wandel sozialverträglich zu gestalten und die Klimaziele zu erreichen.

Die erfolgreiche Umsetzung des Wärmeplans erfordert jedoch nicht nur politische Leitplanken, sondern auch ein starkes Engagement der Gemeindeverwaltung, der lokalen Akteure und vor allem der Bürgerinnen und Bürger. Nur durch eine enge Zusammenarbeit und die Entwicklung innovativer Konzepte kann ein klimaneutrales Energiesystem entstehen, das langfristig nicht nur die Umwelt schützt, sondern auch eine bezahlbare und energieautarke Wärmeversorgung gewährleistet.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- (LBEG), L. f. (2018). NUMIS - Das niedersächsische Umweltportal. Von <https://numis.niedersachsen.de/trefferanzeige?docuuid=74dfba00-8240-460a-8f22-49759209e6d7> abgerufen
- BKK, K. B. (kein Datum). Geologische Gefahr: Erdbeben. https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Risikomanagement/Baulicher-Bevoelkerungsschutz/Schutz-vor-geologischen-Gefahren/Erdbeben/erdbeben_node.html.
- BMWK. (2020). Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG). Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.
- Böhler, H. (2023). KEA Hessen.
- BUND. (2023). Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND). Von <https://www.bund.net/energiewende/erneuerbare-energien/power-to-x/wasserstoff/> abgerufen
- Bundesministerium der Justiz. (2024). Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz - WPG). Wärmeplanungsgesetz - WPG.
- Bundesministerium für Verkehr, B. u. (2012). Vergleichswerte für Verbrauch bei Wohngebäuden. ISSN: 1869-9324: BMVBS. dena. (2023). Wärmeplanung.
- Fraunhofer ISI. (2024). HYPAT – H2-POTENZIALATLAS. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- GEWOS. (2022). Aktualisierung der demografischen Prognose aus der am 03.03.2020 beschlossenen Wohnungspolitischen Umsetzungsstrategie (WUS) für die Gemeinde Wustermark. GEWOS Institut für Stadt-, Regional- und Wohnforschung GmbH.
- IEE, F. (2023). FLÄCHENPOTENZIALANALYSE FÜR WINDENERGIE AN LAND IN NIEDERSACHSEN (WINNIEPOT). Kassel: Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE.
- ifeu. (2019). Bilanzierungs-Systematik Kommunal. Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.
- ifeu. (2024). Leitfaden Wärmeplanung. Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin: Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- KEA BW. (2023). Leitfaden Kommunale Wärmeplanung.
- KEA Niedersachsen. (2022). Leitfaden KWP.
- KEA Niedersachsen. (2023). Wärmebedarfskarte. Von <https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/aktuelles/Niedersaechsische-Waermebedarfskarte-3527> abgerufen
- KEA-BW. (2020). Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden. Stuttgart: KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH.
- Landkreistag, N. (2022). Planung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Niedersachsen. Niedersächsischer Landkreistag.
- Ole Badelt, J. W. (2022). Areas in Lower Saxony with low and medium spatial vulnerability to ground mounted photovoltaics. <https://doi.org/10.25835/0023628>.
- seecon Ingenieure GmbH. (2023). Vorstudie zur Nutzung der Abwärme des Rechenzentrums Wustermark. Leipzig.
- Umweltinstitut. (2024). Umweltinstitut München e.V. Von <https://umweltinstitut.org/energie-und-klima/meldungen/gutachten-fuer-kommunen-rechtssichere-waermeplanung-ohne-wasserstoff/> abgerufen

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Übersicht über die Ziele, Rollen und Verantwortlichkeiten verschiedener Akteursgruppen in der Umsetzung erster Vorhaben im Rahmen der Wärmewende bis 2030 (Quelle: Fact, Form Follows You).....	8
Abbildung 2: Phasen Wärmewende (Böhler, 2023).....	9
Abbildung 3: Prozess zur Erstellung eines kommunalen Wärmeplans (Quelle: Fact).....	11
Abbildung 4: Einbindung des digitalen Zwillings (basierend auf der Planungsplattform buildplace.io) in die Erstellung und Umsetzung des kommunalen Wärmeplans Wustermark (Quelle: Form Follows You).....	13
Abbildung 5: Zentrale Beteiligungsformate in der Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung (Quelle: Form Follows You).....	14
Abbildung 6: Einblicke in den Fachworkshop (Quelle: Form Follows You).....	15
Abbildung 7: Fokusgebiete des Fachworkshops waren Wustermark (orange), Elstal (lila), Olympisches Dorf (blau), und GVZ (grün) (Quelle: buildplace.io, Form Follows You).....	15
Abbildung 8: Einblick in die hybride Informationsveranstaltung zur Kommunalen Wärmeplanung (Quelle: Form Follows You).....	16
Abbildung 9: Gemeindegebiet Wustermark mit einzelnen bebauten Bereichen (Quelle: FACT).....	18
Abbildung 10: Aktuelle Flächennutzung der Gemeinde Wustermark (Quelle: FACT).....	19
Abbildung 11: Aktuelle Verteilung der Flächennutzung in Wustermark (Quelle: FACT).....	20
Abbildung 12: Nutzungsarten der Gebäude (Quelle: FACT).....	21
Abbildung 13: Gebäudetypen in Wustermark (Quelle: FACT).....	22
Abbildung 14: Prozentuale Aufteilung Altersstruktur nach Baujahren (Quelle: FACT).....	23
Abbildung 15: Verteilung der Altersstrukturen der Gebäude in Wustermark (Quelle: FACT).....	24
Abbildung 16: Beheizungsstruktur (Quelle: FACT).....	25
Abbildung 17: Geografische Verteilung der eingesetzten Endenergieträger zur Wärmebereitstellung (Quelle: FACT).....	27
Abbildung 18: Wärmebedarfsdichte für das Referenzjahr 2022 (Quelle: FACT).....	28
Abbildung 19: Wärmelinien-dichte für das Referenzjahr 2022 (Quelle: FACT).....	29
Abbildung 20: Verteilung der KWK-Anlagen, Erdgas- und Wärmenetze sowie Strominfrastruktur (Quelle: FACT).....	30
Abbildung 21: Endenergieverbrauch zur Wärmebereitstellung in Wustermark im Referenzjahr 2022 (Quelle: FACT).....	32
Abbildung 22: Verteilung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren (Quelle: FACT).....	33
Abbildung 23: THG-Emissionen für das Referenzjahr 2022 (Quelle: FACT).....	34
Abbildung 24: Spezifischer jährlicher Endenergiebedarf pro Wohnfläche und Baualtersklasse (Quelle: FACT).....	35
Abbildung 25: Potenziale der Energieeffizienz zur Wärmebedarfsreduktion (Quelle: FACT).....	36
Abbildung 26: Potentialebenen zur Nutzung von erneuerbaren Energien (Quelle: FACT).....	37
Abbildung 27: Schutzgebiete und Hochwasserrisikozonen (Quelle: FACT).....	38
Abbildung 28: Potential Solarthermie Dachflächen (Quelle: FACT).....	40
Abbildung 29: Potential Solarthermie Freifläche (Quelle: FACT).....	42
Abbildung 30: Potential Biomasse (Quelle: FACT).....	44
Abbildung 31: Potential Biogas (Quelle: FACT).....	45
Abbildung 32: Eignung und Einschränkungen der Nutzung von oberflächennaher Geothermie (Quelle: FACT).....	46
Abbildung 34: Geothermisches Potential durch den Einsatz von Erdsonden in Kombination mit Wärmepumpen (Quelle: FACT).....	48
Abbildung 35: Geothermisches Potential von Erdkollektoren in Kombination mit Wärmepumpen (Quelle: FACT).....	49
Abbildung 36: Erdbebenzonen in Deutschland (Quelle: BKK).....	50
Abbildung 37: Potential der Tiefengeothermie zur regenerativen Wärmebereitstellung (Quelle: FACT).....	51
Abbildung 38: Verlauf der Oberflächengewässer in Wustermark (Quelle: FACT).....	53
Abbildung 39: Standorte I und II des Rechenzentrums (Quelle: FACT).....	54
Abbildung 40: Solarpotential durch PV-Anlagen auf Dachflächen (Quelle: FACT).....	55
Abbildung 41: Solarpotential durch PV-Anlagen auf Freiflächen (Quelle: FACT).....	56
Abbildung 42: Entwicklung des Wärmebedarfs vom Referenzjahr 2022 bis zum Zieljahr 2045 (Quelle: FACT).....	60
Abbildung 43: Wärmedichtenkarte für das Zieljahr 2045 (Quelle: FACT).....	61
Abbildung 44: Wärmelinien-dichte für das Zieljahr 2045 (Quelle: FACT).....	62
Abbildung 45: Einteilung Teilgebiete in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete (Quelle: FACT).....	63
Abbildung 46: Eignungsbewertung von Wärmenetzen in Wustermark (Quelle: FACT).....	68
Abbildung 47: Eignungsbewertung von Grüne-Gase-Netzen in Wustermark (Quelle: FACT).....	70
Abbildung 48: Eignungsbewertung von dezentralen Versorgungsgebieten in Wustermark (Quelle: FACT).....	71
Abbildung 49: Zielszenario zur Wärmeversorgung für das Jahr 2045 in Wustermark (Quelle: FACT).....	76
Abbildung 50: Digitaler Zwilling der Gemeinde Wustermark mit dem Zielbild der Kommunalen Wärmeplanung (Quelle: buildplace.io).....	77
Abbildung 51: Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2045 (Quelle: FACT).....	78
Abbildung 52: Verteilung der Endenergieträger zur Wärmebereitstellung im Jahr 2045 (Quelle: FACT).....	79
Abbildung 53: CO ₂ -Emissionen bis 2045 (Quelle: FACT).....	80
Abbildung 54: Ablaufschema der Wärmewende (Quelle: FACT).....	82
Abbildung 55: Wärmewendestrategie für Wustermark (Quelle: FACT, Form Follows You).....	87
Abbildung 56: Überblick über die Herangehensweise und Ziele der Controllingstrategie für die Wärmewende in Wustermark (Quelle: Form Follows You).....	88
Abbildung 57: Zentrale Verantwortlichkeiten für die Koordination und Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung in Wustermark (Quelle: Form Follows You).....	89

ANLAGEN

Anlage 1: Ergebnisse der Eignungsprüfung der einzelnen Teilgebiete

Teilgebiet	Wasserstoff-		Wärmenetz					Wasserstoffnetz			
	Wärmenetz	netz	Wärmenetz vorhanden	relevante EE-Wärmequellen	Enge Bebauung	Hohe Wärmedichten	Potentielle Großabnehmer/Ankerkunden	Gasnetz vorhanden	Anhaltspunkte Wasserstoff	Anbindung übergeordnetes H2-Netz	Wirtschaftl. Betrieb H2-Netz möglich
Wernitz	Nein	Nein	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗
Gewerbegebiet W5	Nein	Nein	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓
GVZ	Nein	Nein	✗	✓	✓/✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Wustermark	Nein	Nein	✓/✗	✓	✗	✓/✗	✓	✓	✗	✓	✓
Dyrotz	Nein	Nein	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗
Designer-Outlet	Nein	Nein	✗	✗	✓/✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Dyrotz-Luch	ja	ja	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Elstal	Nein	Nein	✓/✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Olympisches Dorf	Nein	Nein	✓/✗	✗	✓/✗	✓	✓	✓/✗	✗	✓	✓
Karls	Nein	Nein	✗	✗	✓	✓	✓	✓/✗	✗	✓	✓
Hoppenrade	ja	Nein	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗
Buchow-Karpzow	ja	Nein	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗
Priort	ja	Nein	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗

Tabelle 3: Eignung der einzelnen Teilgebiete bezüglich Wärmenetz- oder Grüne-Gase-Netznutzung (Quelle: FACT)