

Stadt Vellmar

# Wärmeplan

Abschlussbericht zur kommunalen  
Wärmeplanung für die Stadt Vellmar

**Auftraggeberin**

Stadt Vellmar  
Der Magistrat

**Auftragnehmerin/Gutachterin**

Qoncept Energy GmbH  
Kassel

# Impressum

## Dieser Bericht wurde erstellt von:

Qoncept Energy GmbH  
Universitätsplatz 12  
34127 Kassel  
www.qoncept-energy.de  
info@qoncept-energy.de

## Autoren:

Lukas Wenzel, M. Sc.  
Dr. Thorsten Ebert  
Dr. Nazgul Asanalieva  
Joachim Sieglar, M. Sc.

## Im Auftrag von:

Stadt Vellmar  
Der Magistrat  
Rathausplatz 1  
34246 Vellmar

Kassel, im Januar 2026

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	7
2	Eignungsprüfung .....	7
	2.1 Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wärmenetz .....	8
	2.2 Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wasserstoffnetz .....	9
3	Bestandsanalyse .....	10
	3.1 Datenerhebung .....	11
	3.2 Methodik der Datenaufbereitung .....	12
	3.3 Aktueller Wärmebedarf einschließlich der eingesetzten Energieträger .....	12
	3.4 Jährlicher Endenergieverbrauch.....	13
	3.5 Treibhausgasemissionen.....	18
	3.6 Dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen .....	18
	3.7 Für die Wärmeversorgung relevante Infrastrukturanlagen.....	23
	3.7.1 Überwiegender Gebäudetyp .....	23
	3.7.2 Überwiegende Baualtersklassen .....	24
	3.7.3 Großverbraucher .....	25
	3.7.4 Wärmenetze .....	26
	3.7.5 Gasnetze.....	28
	3.7.6 Abwassernetze .....	30
	3.7.7 Wärmeerzeugungsanlagen mit Einspeisung in ein Wärmenetz .....	31
	3.7.8 Wärme- und Gasspeicher.....	32
	3.7.9 Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen	32
	3.7.10 Stromnetze.....	32
	3.7.11 Wärmedichten – kartografische Darstellungen .....	32
4	Potenzialanalyse .....	36
	4.1 Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion .....	37

4.2	Oberflächennahe Geothermie .....	39
4.3	Tiefe Geothermie .....	43
4.4	Grundwasser.....	45
4.5	Oberflächengewässer.....	45
4.6	Umgebungsluft .....	46
4.7	Abwasser.....	48
4.8	Solarthermie und Photovoltaik.....	48
4.8.1	Solarthermie.....	48
4.8.2	Photovoltaik.....	51
4.9	Biomasse.....	51
4.10	Unvermeidbare Abwärme .....	52
4.10.1	Industrielle Abwärme - Direktabfrage .....	52
4.10.2	Auswertung der Plattform für Abwärme.....	52
4.10.3	Klärschlammverbrennung.....	52
4.10.4	Sperrmüll.....	53
4.11	Weitere Potenziale .....	53
4.11.1	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) .....	53
4.11.2	Grüner Wasserstoff und andere synthetische Gase .....	55
4.11.3	Großwärmespeicher .....	55
4.12	Fazit der Potenzialanalyse .....	56
5	Eignung für Wärmenetze .....	57
5.1	Entwicklung von Netzausbauszenarien .....	58
5.2	Kalkulation der voraussichtlichen Wärmegestehungskosten .....	59
5.3	Vergleich zu Wärmegestehungskosten dezentraler Wärmeversorgung .....	64
5.4	Wärmeerzeugungsvarianten .....	67

5.4.1	Erzeugerauslegung .....	68
5.4.2	Simulation der Lastgänge .....	70
5.4.3	Kostenannahmen .....	72
5.4.4	Ergebnisse Wirtschaftlichkeit .....	74
5.4.5	Bewertungskriterien für die Wärmeerzeugungsvarianten.....	74
5.4.6	Zeitliche Umsetzung des Wärmenetzausbaus.....	77
5.5	Insellösungen für Wärmenetze .....	78
5.6	Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG.....	81
6	Eignung für dezentrale Wärmeerzeugung.....	84
6.1	Luft-Wasser-Wärmepumpen zur Einzelgebäudeversorgung.....	84
6.1.1	Datengrundlage und Vorgehen .....	85
6.1.2	Ergebnisse.....	87
6.2	Wärmepumpen mit Erdwärmesonden zur Einzelgebäudeversorgung.....	90
6.2.1	Datengrundlage und Vorgehen .....	90
6.2.2	Ergebnisse.....	94
6.3	Fazit zur Eignung für eine Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen.....	96
6.4	Eignungsstufen für dezentrale Wärmeerzeugung gemäß § 19 WPG .....	97
6.5	Bewertungskriterien für dezentrale Versorgung gemäß § 18 Absatz 1 WPG .	99
7	Zielszenario .....	101
7.1	Einteilung des Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete .....	102
7.2	Energieträgerbilanz und Treibhausgasemissionen.....	104
7.3	Kennzahlen für das Zielszenario.....	107
7.4	Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial.....	110
7.5	Auswirkungen auf das Stromnetz.....	112
8	Öffentlichkeits- und Stakeholderbeteiligung .....	114
9	Umsetzungsstrategie.....	115

9.1 Übersicht über die Umsetzungsstrategie .....	115
9.2 Flächendeckende aufsuchende Energieberatung .....	116
9.3 Nutzung ergänzender Informationsangebote zum Austausch dezentraler Wärmeerzeugungsanlagen.....	118
9.4 Gewinnung eines oder mehrerer Umsetzungspartner für den Auf- und Ausbau von Wärmenetzen .....	120
9.5 Unterstützung eines zukünftigen Umsetzungspartners beim Auf- beziehungsweise Ausbau von Wärmenetzen .....	122
9.6 Weitere energetische Optimierung der stadteigenen Gebäude der Stadt Vellmar.....	125
9.7 Synchronisieren der Infrastrukturprojekte .....	127
9.8 Prüfung der Anwendungsmöglichkeiten des Förderprogramms KfW 432 – Energetische Stadtsanierung.....	129
9.9 Regelmäßige Aktualisierung Wärmetlas und Wärmebedarfsentwicklung	132
10 Verstetigungsstrategie.....	133
11 Controllingkonzept .....	135
12 Zusammenfassung.....	136
Abkürzungsverzeichnis.....	140
Abbildungsverzeichnis.....	143
Tabellenverzeichnis .....	149
Literaturverzeichnis.....	151

# 1 Einleitung

Die Stadt Vellmar hat die Qconcept Energy GmbH im September 2024 mit der Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung beauftragt.

Die kommunale Wärmeplanung bildet die Grundlage für eine Strategie zur klimaneutralen Wärmeversorgung der Stadt Vellmar bis zum Jahr 2045. Sie erfasst den aktuellen Sachstand und zeigt Wege zur Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energiequellen und unvermeidbarer Abwärme auf. Zugleich werden darin Möglichkeiten zur Senkung des Wärmebedarfs durch Effizienzmaßnahmen dargestellt.

Die vollständige treibhausgasneutrale Wärmeversorgung wird in einem Zielszenario entlang von definierten Etappenzielen für die Jahre 2030, 2035 und 2040 bis zum Zieljahr 2045 entwickelt.

Die kommunale Wärmeplanung ist durch das „Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz – WPG)“ vom 22.12.2023 geregelt. Hinweise zur Durchführung sind in § 13 WPG – Ablauf der Wärmeplanung enthalten.

Die Erstellung eines Wärmeplans besteht aus den folgenden Hauptphasen:

1. Eignungsprüfung
2. Bestandsanalyse
3. Potenzialanalyse
4. Entwicklung eines klimaneutralen Zielszenarios 2045
5. Festlegung der Umsetzungsstrategie und des Maßnahmenkatalogs

Die Gliederung des vorliegenden Abschlussberichts orientiert sich an dieser Struktur und berücksichtigt die Vorgaben aus dem WPG.

## 2 Eignungsprüfung

Im Rahmen der Eignungsprüfung gemäß § 14 WPG wurde das geplante Gebiet zunächst auf Teilgebiete untersucht, für die eine Versorgung durch ein Wärme- oder ein Wasserstoffnetz mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Die Prüfkriterien sind in § 14 Abs. 2 und 3 WPG definiert.

Es handelt sich in dieser Phase nur um eine grobe Vorprüfung der Gebiete. Das bedeutet, dass zum Beispiel die Einstufung von Teilgebieten als „mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz (bzw. ein Wasserstoffnetz) geeignet“ vorläufig ist. Im Untersuchungsprozess oder bei der Aktualisierung der Wärmeplanung kann sich eine Neubewertung ergeben. Dadurch könnte eine Versorgung über Wärmenetze für Teilgebiete doch realisierbar sein. Umgekehrt sind die zunächst positiv eingestuften Teilgebiete später nicht zwingend für ein Wärmenetz geeignet.

## 2.1 Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wärmenetz

Ein beplantes Gebiet oder Teilgebiet eignet sich gemäß § 14 Abs. 2 WPG in der Regel mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Versorgung durch ein Wärmenetz, wenn

- „in dem beplanten Gebiet oder Teilgebiet derzeit kein Wärmenetz besteht und keine konkreten Anhaltspunkte für nutzbare Potenziale für Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme vorliegen, die über ein Wärmenetz nutzbar gemacht werden können, und
- aufgrund der Siedlungsstruktur und des daraus resultierenden voraussichtlichen Wärmebedarfs davon auszugehen ist, dass eine künftige Versorgung des Gebiets oder Teilgebiets über ein Wärmenetz nicht wirtschaftlich sein wird.“

Diese drei Kriterien wurden deshalb im ersten Schritt untersucht:

- Vorhandene Wärmenetze
- Nutzbare Potenziale erneuerbarer Energien oder unvermeidbarer Abwärme zur Wärmeversorgung
- Ausreichender Wärmebedarf für ein wirtschaftlich erschließbares Wärmenetz

Der § 14 Abs. 2 WPG enthält eine Und-Verknüpfung. Teilgebiete können somit erst dann sicher ausgeschlossen werden, wenn keines der drei Kriterien gegeben ist. Das trifft in der Praxis selten zu, wie das Beispiel „Nutzbare Potenziale erneuerbarer Energie“ belegt. Für große Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) finden sich fast immer Aufstellmöglichkeiten. Auch die Nutzung von Biomassepotenzialen in Heizkesseln ist nahezu flächendeckend möglich.

Um eine erste grobe Bewertung vorzunehmen, wurde der Fokus auf die wirtschaftliche Erschließbarkeit des Gebiets gelegt. Die Eignungsprüfung lieferte dazu die nötigen Erkenntnisse über die Wärmebedarfsdichte. Als „mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für Wärmenetze geeignet“ wurden daraufhin Gebiete in Vellmar eingestuft, die laut Wärmetlas einen Wärmebedarf von

- weniger als 175 MWh/(ha-a) in Bestandsgebieten oder
- weniger als 70 MWh/(ha-a) in Neubaugebieten aufweisen.

Als Ergebnis dieser Prüfung werden einige der Teilgebiete als ungeeignet eingestuft.

In der Ortsmitte von Vellmar besteht bereits ein Wärmenetz. Die Gutachterin geht davon aus, dass ein Ausbau dieses Netzes sinnvoll sein kann. Vereinzelt gibt es einige Baublöcke, die über einen sehr geringen Wärmebedarf verfügen. Diese wurden ebenfalls als mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz geeignet klassifiziert. Da es sich nur um einzelne Teilgebiete handelt, werden diese in der folgenden Abbildung kartografisch dargestellt.

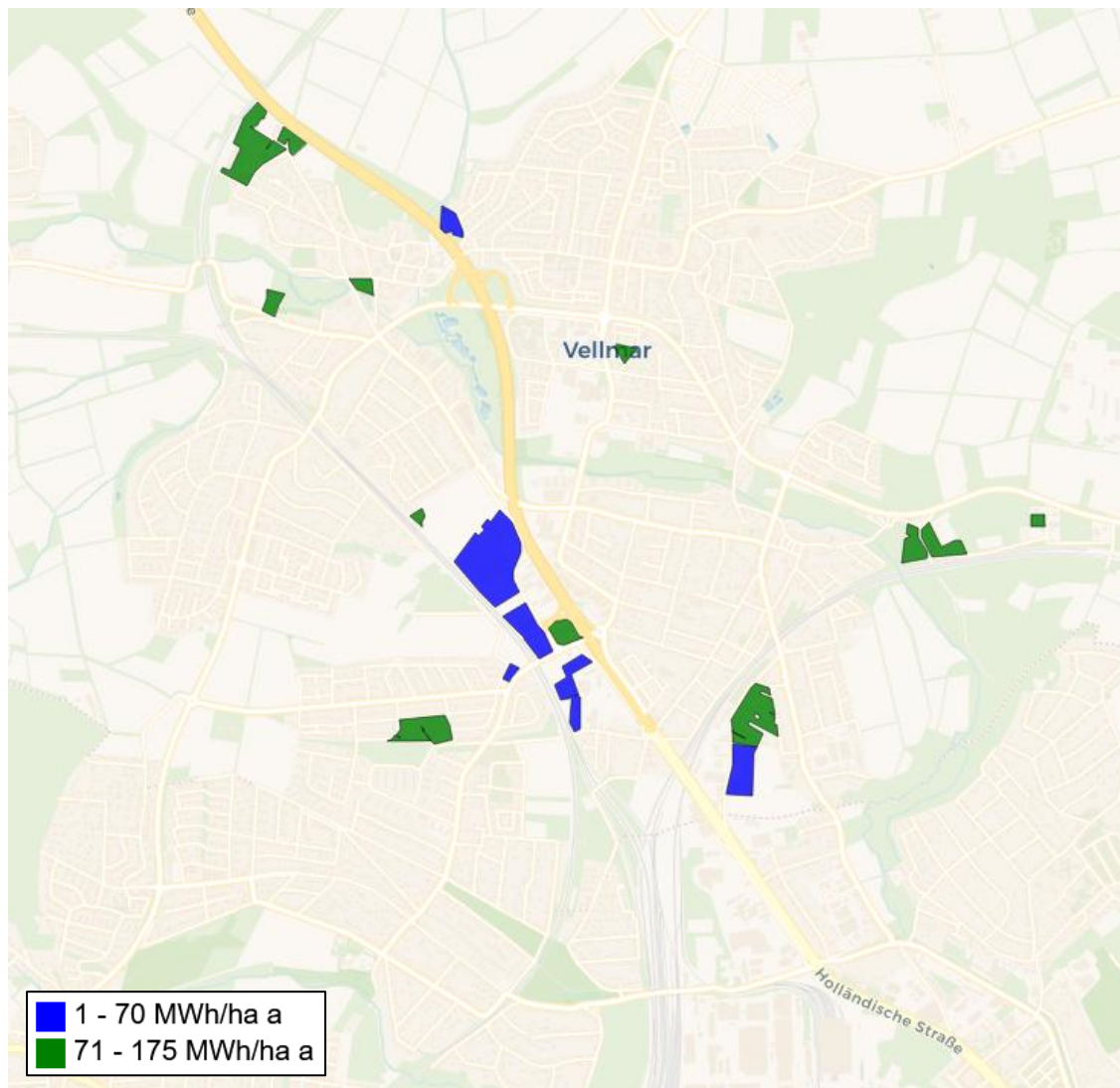


Abbildung 1: Teilgebiete mit geringer Wärmebedarfsdichte, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz geeignet sind (blaue und grüne Einfärbungen)

## 2.2 Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wasserstoffnetz

Das Wärmeplanungsgesetz gibt in § 14 Abs. 3 vor, dass die Eignung als Wasserstoffnetzgebiet fehlt, wenn

- „in dem beplanten Gebiet oder Teilgebiet derzeit kein Gasnetz besteht und entweder keine konkreten Anhaltspunkte für eine dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff vorliegen oder die Versorgung eines neuen Wasserstoffverteilnetzes über darüberliegende Netzebenen nicht sichergestellt erscheint im Sinne des § 71k Abs. 3 Nr. 1 des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) oder
- in dem beplanten Gebiet oder Teilgebiet ein Gasnetz besteht, aber insbesondere aufgrund der räumlichen Lage, der Abnehmerstruktur des beplanten Gebiets oder Teilgebiets und des voraussichtlichen Wärmebedarfs davon ausgegangen werden kann, dass die künftige Versorgung über ein Wasserstoffnetz mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht wirtschaftlich sein wird.“

Auf dieser Grundlage wurde zunächst überprüft, ob im Planungsgebiet

- ein Gasnetz existiert, das eine wirtschaftliche Wasserstoffversorgung ermöglicht
- Planungen für eine dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff auf dem Gemeindegebiet/Stadtgebiet vorliegen
- eine Versorgung eines neuen Wasserstoffverteilnetzes durch übergeordnete/darüberliegende Netzebenen möglich ist (z. B. Anschluss der Gemeinde an das Wasserstoffkernnetz)

Ein vorhandenes Gasnetz wäre noch keine hinreichende Bedingung für die Eignung eines Teilgebiets als Wasserstoffnetzgebiet, solange die beiden anderen Kriterien nicht erfüllt sind. Zu beachten ist dabei, dass der Betreiber eines Gasverteilnetzes, an das eine Gasheizungsanlage nach dem 30.6.2028 angeschlossen werden soll, welche zukünftig auf Wasserstoff umgestellt werden kann, nach § 71k Abs. 1 Nr. 2 GEG verpflichtet ist, sein Vorhaben zur Umstellung auf Wasserstoff bis zum 30.6.2028 mit der zuständigen Landesbehörde detailliert abgestimmt und veröffentlicht zu haben. Liegt ein solcher Plan nicht vor, kann die entsprechende Gasheizungsanlage nicht angeschlossen werden. Im Ergebnis würde der Gasnetzbetreiber mit diesem Umstellungsplan und dem Anschluss einer H<sub>2</sub>-Ready-Heizung auch die Verpflichtung übernehmen, das Gasnetz rechtzeitig auf Wasserstoff umzustellen. Das birgt ein hohes wirtschaftliches Risiko. Daher kann davon ausgegangen werden, dass solche Umstellungspläne eine Ausnahme bleiben werden.

Hinsichtlich eines einem potenziellen Wasserstoffverteilnetz in Vellmar vorgelagerten Wasserstoffnetzes kann darauf verwiesen werden, dass das VW-Werk bzw. das Kraftwerk der VW Kraftwerke GmbH in Baunatal an das in Planung befindliche überregionale Wasserstoffkernnetz angeschlossen werden soll.

Daraus könnte sich auch eine Anschlussmöglichkeit für die Stadt Vellmar ergeben. Die Eignung für Wasserstoffnetzgebiete in Vellmar hängt jedoch davon ab, ob diese durch ein nachgelagertes Verteilnetz erschlossen werden können. Die zuständige Gasnetzbetreiberin ist derzeit die EAM Netz GmbH. Nach Auskunft der EAM Netz GmbH bestehen keine konkreten Aktivitäten zur Umstellung des Gasnetzes auf Wasserstoff in Vellmar. Auf dieser Grundlage ist davon auszugehen, dass in Vellmar in absehbarer Zeit keine flächenhafte Erschließung durch ein Wasserstoffnetz erfolgt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Planungsgebiet keine Eignung für ein Wasserstoffnetzgebiet zur Versorgung von Raumwärmebedarfen aufweist.

### 3 Bestandsanalyse

Bei der Bestandsanalyse erfolgte eine systematische, qualifizierte und raumbezogene Datenerhebung zum aktuellen Stand der Wärmeversorgung im Stadtgebiet Vellmar.

Die Vorgaben dazu finden sich in § 15 Abs. 1 WPG. Die wichtigsten Schritte der Bestandsanalyse sind demnach die Ermittlung

- des derzeitigen Wärmebedarfs oder Wärmeverbrauchs innerhalb des beplanten Gebiets einschließlich der hierfür eingesetzten Energieträger
- der vorhandenen Wärmeerzeugungsanlagen
- der für die Wärmeversorgung relevanten Energieinfrastrukturanlagen und
- der Treibhausgasemissionen zur Wärmeversorgung.

Damit wurde eine verlässliche Daten- und Planungsgrundlage für die Wärmeplanung und deren Fortschreibung angelegt.

### 3.1 Datenerhebung

Das Wärmeplanungsgesetz gibt die Anforderungen, den Umfang und die Befugnisse zur Datenerhebung detailliert vor. Auf dieser Grundlage wurden die Daten von der Stadtverwaltung Vellmar bei den Akteuren angefragt und so weit wie möglich ermittelt. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die erhobenen Daten und deren Datenquellen.

Tabelle 1: Erhobene Daten auf Grundlage der Anlage 1 WPG (zu § 15)

Erhobene Daten	Datenquelle
Gasverbräuche der letzten drei Jahre	EAM Netz GmbH
Wärmeverbräuche der letzten drei Jahre	EAM Netz GmbH
Dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen mit Verbrennungstechnik	Bezirksschornsteinfeger/Kehrbuchdaten
Gebäudedaten (Lage, Nutz-/Wohnfläche, Nutzung, Baujahr)	ALKIS, 3D-LoD2 Gebäudedaten
Eingesetzte Energieträger für Prozesswärme	Abfrage bei Industrieunternehmen
Unvermeidbare Abwärmemenge	Abfrage bei Industrieunternehmen, Plattform für Abwärme bei der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE)
Informationen zu bestehenden oder konkret geplanten Wärmenetzen	EAM Netz GmbH
Informationen zu bestehenden oder konkret geplanten Wärmeerzeugern und Wärmespeichern	EAM Netz GmbH
Informationen zu bestehenden oder konkret geplanten Gasnetzen	EAM Netz GmbH
Informationen zu bereits bestehenden, konkret geplanten oder bereits genehmigten Stromnetzen auf Hoch- und Mittelspannungsebene einschließlich der Umspannstationen auf Mittelspannung und Niederspannung	EAM Netz GmbH

Erhobene Daten	Datenquelle
Informationen zu geplanten Optimierungs-, Verstärkungs-, Erneuerungs- und Ausbaumaßnahmen im Niederspannungsnetz	EAM Netz GmbH
Informationen zu Abwassernetzen mit einer Mindestnennweite von DN 800	KasselWasser
Informationen zu Bauleitplänen, die bereits wirksam sind oder die aufgestellt werden, anderen städtebaulichen Planungen und Konzepten sowie zu Planungen anderer öffentlicher Planungsträger, die Auswirkungen auf die Wärmeplanung haben können.	Stadtverwaltung Vellmar

### 3.2 Methodik der Datenaufbereitung

Ein zentraler Bestandteil der Datenauswertung war die Witterungsreinigung. Die Bereinigung der gemessenen Energieverbräuche um witterungsbedingte Schwankungen ermöglicht eine vergleichbare Bewertung über mehrere Jahre hinweg und stellt sicher, dass jahresbezogene Temperatureinflüsse keinen Verzerrungseffekt auf die Analyse haben.

Für die Umrechnung von Endenergieverbräuchen in den tatsächlichen Wärmebedarf wurden geeignete Umrechnungsfaktoren angewendet. Diese berücksichtigen den Brennwert oder Heizwert der eingesetzten Energieträger sowie die Wirkungsgrade der jeweiligen Heizsysteme. Auf diese Weise konnte der Endenergieverbrauch in nutzbare Wärmeenergie übersetzt werden, die dem Gebäudebestand tatsächlich zur Verfügung steht.

Die Zuordnung unbekannter Energieträger erfolgte auf Basis von Annahmen, um die fehlenden Angaben zur gebäudebezogenen Heizungsart zu ergänzen. Die Zuordnungsverfahren beinhalten die spezifische Gebäudestruktur der Kommune und gewährleisten eine konsistente Datengrundlage.

Zur Ermittlung des Ausstoßes an Treibhausgasen (THG) wurden Faktoren berücksichtigt, die auf den spezifischen Eigenschaften der Energieträger basieren. Dadurch können Emissionsbilanzen erstellt und Potenziale zur THG-Minderung identifiziert werden.

### 3.3 Aktueller Wärmebedarf einschließlich der eingesetzten Energieträger

Zur Ermittlung des Wärmebedarfs wurden die Verbrauchsdaten zugrunde gelegt. Wo diese nicht vorlagen, wurde der absolute und spezifische Wärmebedarf der Gebäude anhand benachbarter Gebäude ähnlichen Bautyps geschätzt. Der absolute Wert bezieht sich auf den Wärmebedarf pro Jahr und der spezifische Wert auf den Wärmebedarf pro m<sup>2</sup> beheizter Fläche. Die Ergebnisdarstellung folgt der Anlage 2 WPG (zu § 23). Sie liefert einen Überblick über den Jahreswärmeverbrauch und die eingesetzten Energieträger. Zudem werden die anteiligen Wärmeverbräuche getrennt nach den Sektoren Haushalte (HH), Gewerbe-Handel-Dienstleistung (GHD), öffentliche Gebäude und Industrie betrachtet.

### 3.4 Jährlicher Endenergieverbrauch

Die Wärmeversorgung in der Stadt Vellmar ist bisher – wie in den meisten Städten Deutschlands – überwiegend durch den Einsatz fossiler Energieträger geprägt. Große Industriebetriebe sind in Vellmar nicht ansässig, deshalb taucht diese Kategorie beim Endenergieverbrauch nicht auf. Wie sich der Endenergieverbrauch für Wärme in den einzelnen Sektoren aktuell darstellt und welche Energieträger dafür eingesetzt werden, zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 2: Aktueller jährlicher Endenergiebedarf (2022) für Wärme in Gigawattstunden (GWh/a) nach Energieträgern und Endenergiesektoren

Energieträger (in GWh/a)	Öffentliche Gebäude	GHD	Haushalte	Summe	Anteil in %
Fernwärme	3,3	0,0	0,0	3,3	2,2
Gas	2,2	7,9	96	106	69,2
Heizöl	0,0	0,0	27	27	17,4
Unbekannt	0,0	0,0	8,6	8,6	5,6
Biomasse	0,0	0,0	8,2	8,2	5,3
Flüssiggas	0,0	0,0	0,4	0,4	0,3
<b>Summe</b>	<b>5,5</b>	<b>7,9</b>	<b>139</b>	<b>153</b>	<b>100</b>
<b>Anteil in %</b>	<b>3,6</b>	<b>5,2</b>	<b>91,2</b>	<b>100</b>	

Wie hoch der aktuelle Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme ist, weist die folgende Tabelle aus. Sie ermöglicht gleichzeitig, die Wärmeversorgungsarten genauer zu betrachten. Die Ergebnisse sind differenziert nach dezentraler und netzgebundener Wärmeversorgung verzeichnet.

Tabelle 3: Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme, aufgeschlüsselt nach Energieträgern und der Wärmeversorgungsart in dezentraler oder netzgebundener Versorgung

Wärmebereitstellung (in GWh/a)	Erneuerbare Energie und unvermeid- bare Abwärme	Fossil	Unbekannt	Gesamt
Dezentrale Versorgung	8,2	133,4	8,6	150,2
Wärmenetz	0,0	3,3	0,0	3,3
<b>Summe</b>	<b>8,2</b>	<b>136,7</b>	<b>8,6</b>	<b>153,5</b>
<b>Anteil in %</b>	<b>5,3 %</b>	<b>89 %</b>	<b>5,6 %</b>	<b>100 %</b>

Das Wärmeplanungsgesetz verlangt in Anlage 2 WPG (zu § 23) Abs. 2 Nr. 3 eine baublockbezogene Darstellung der einzelnen Energieträgeranteile am Endenergieverbrauch

in Kartenform. Damit werden räumliche Unterschiede und Verdichtungen sichtbar. Die einzelnen Karten folgen auf den nächsten Seiten.

Dabei ist zu beachten, dass Baublöcke nicht oder nur unvollständig in der jeweiligen Farbskala abgebildet wurden, wenn die Bebauungsdichte dort sehr gering war. Das gilt zum Beispiel für Parkflächen oder bei weniger als drei Gebäuden auf einer sehr großen Fläche. Damit wurde vermieden, dass der Informationsgehalt durch die visuelle Dominanz großer statistischer Blöcke verzerrt wird oder Rückschlüsse auf einzelne Gebäude gezogen werden können.

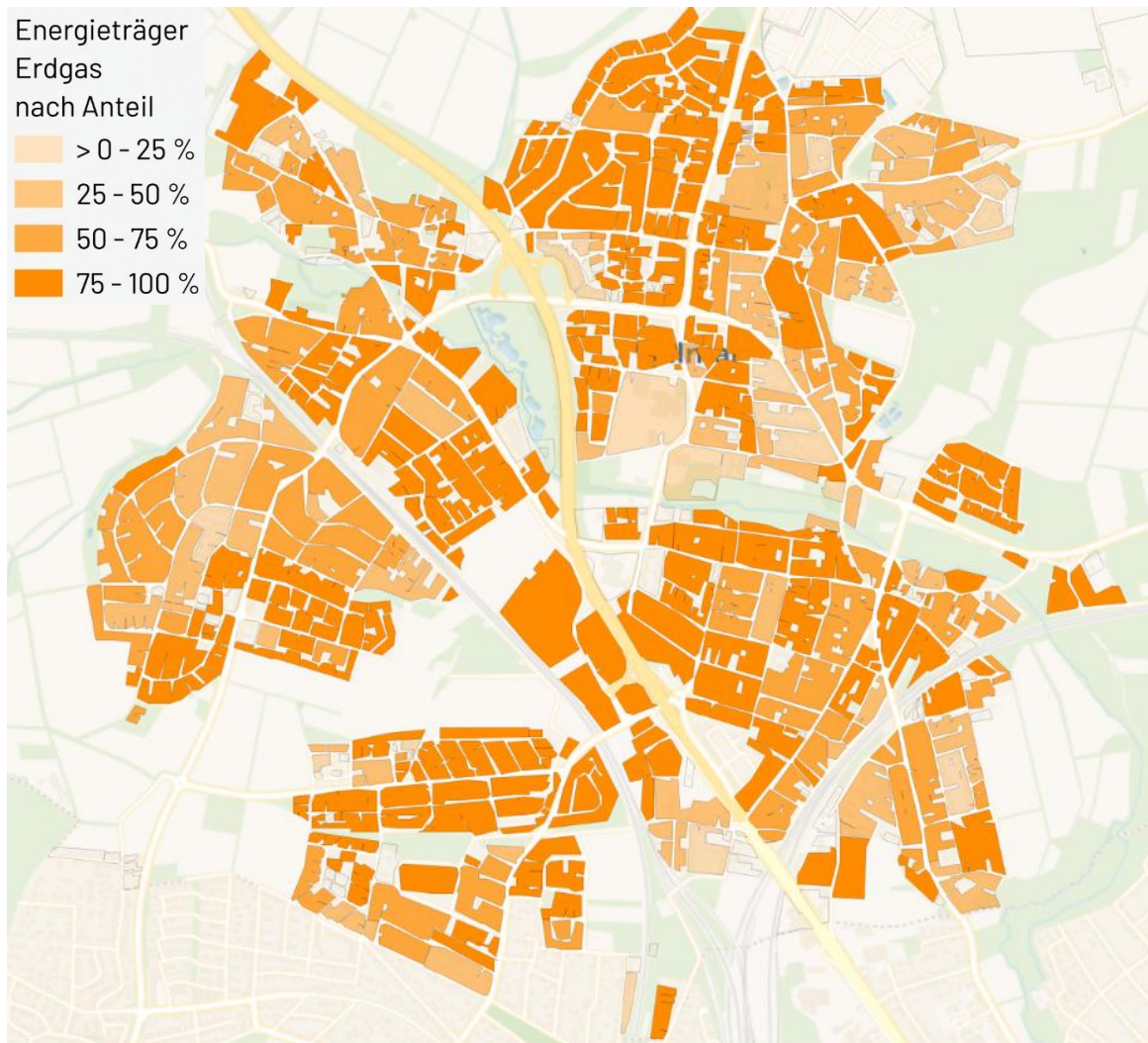


Abbildung 2: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Gas am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

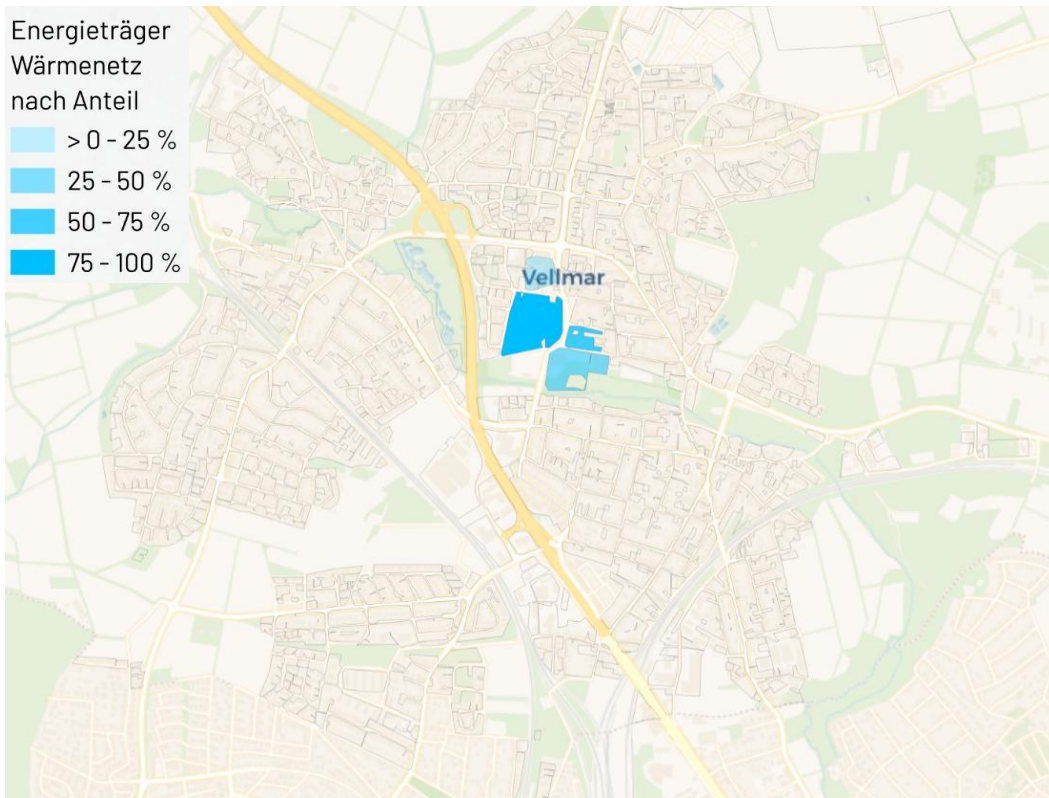


Abbildung 3: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über Wärmenetze am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

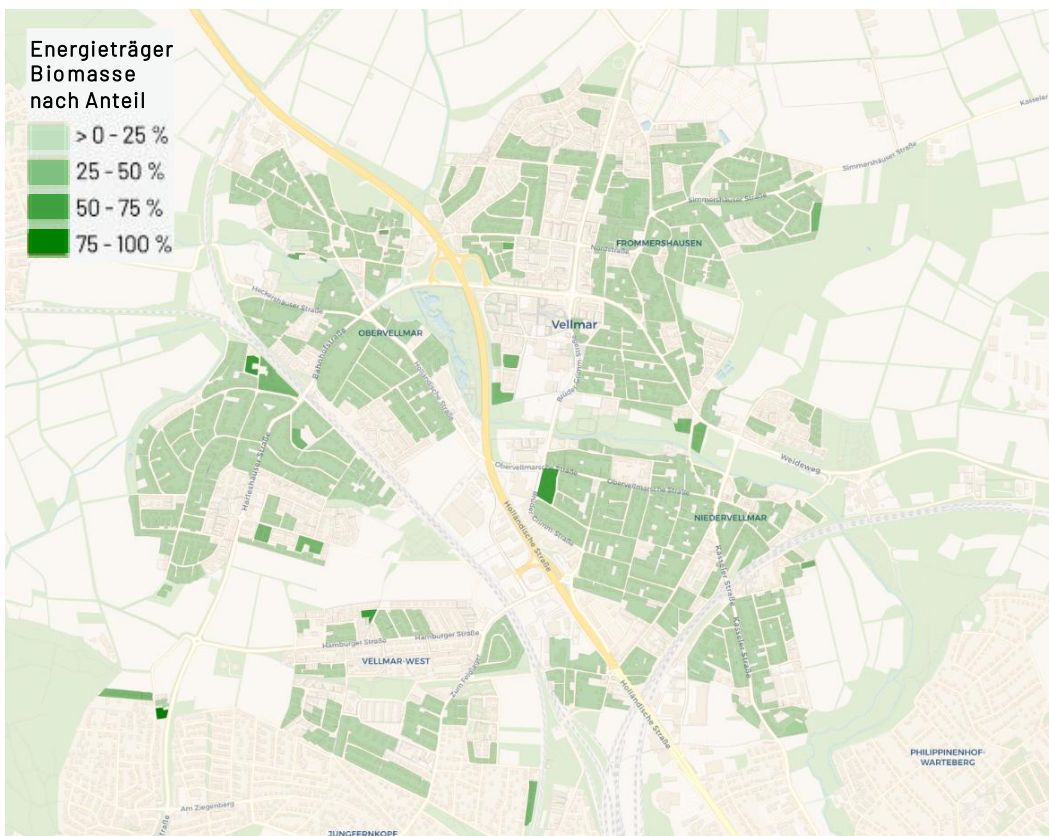


Abbildung 4: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Biomasse am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

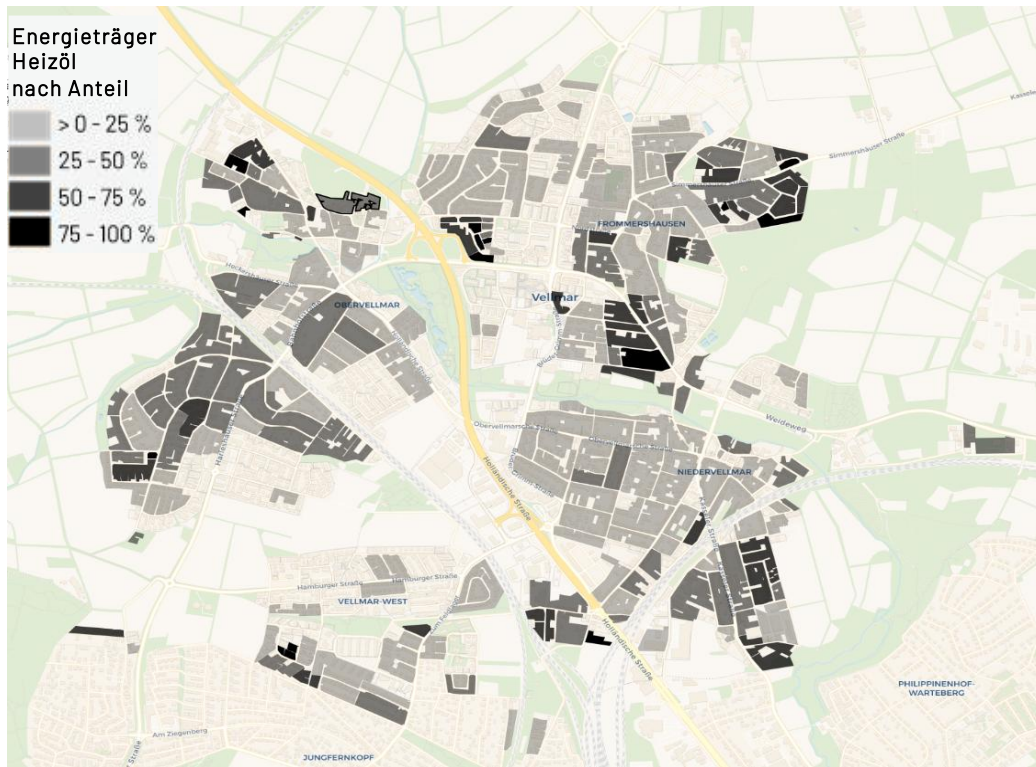


Abbildung 5: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Heizöl am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

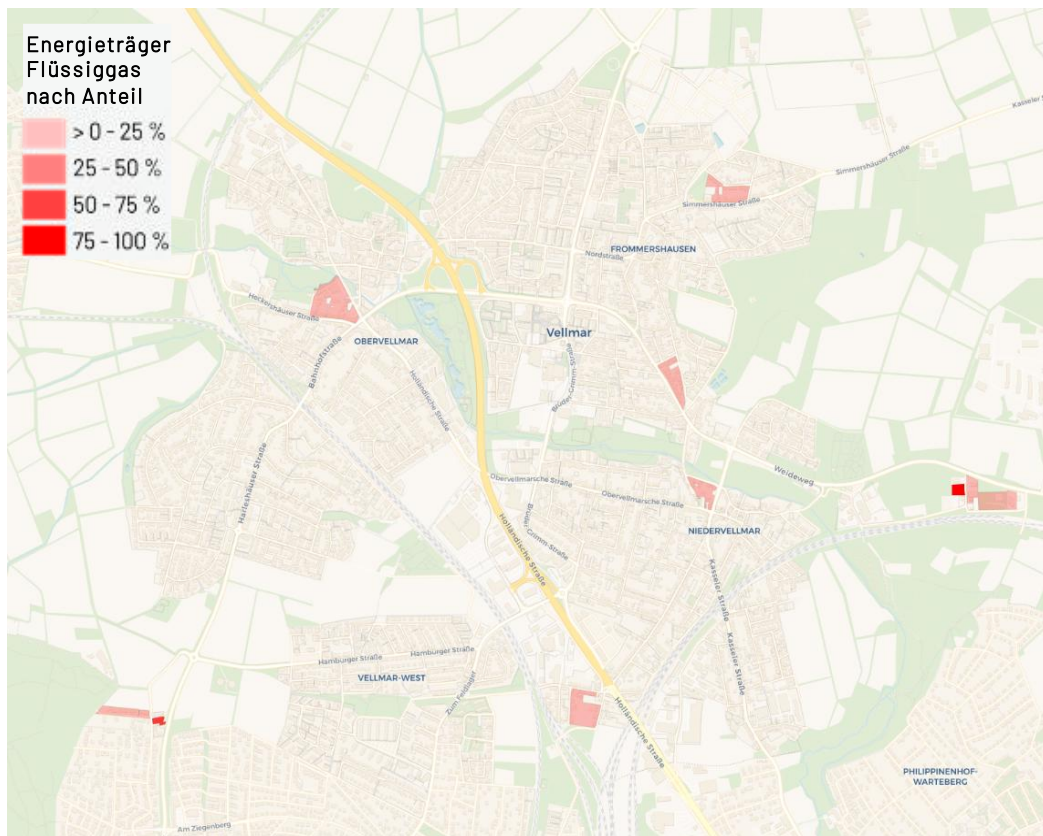


Abbildung 6: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Flüssiggas am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

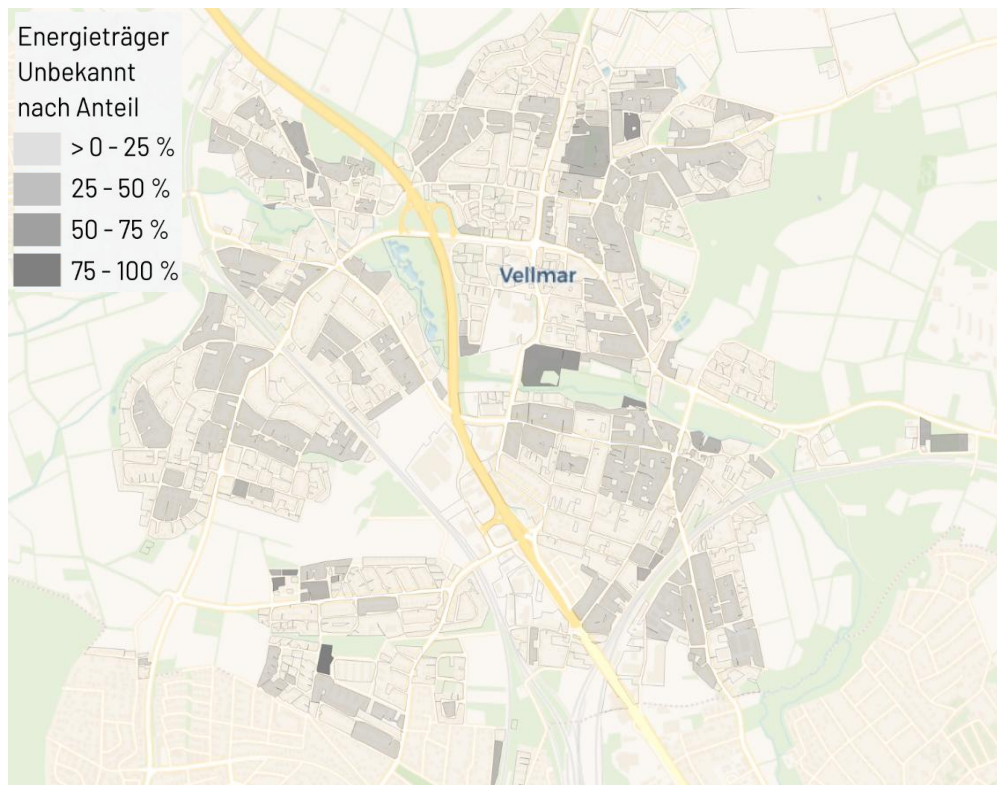


Abbildung 7: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über aktuell unbekannte Energieträger (vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse) am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

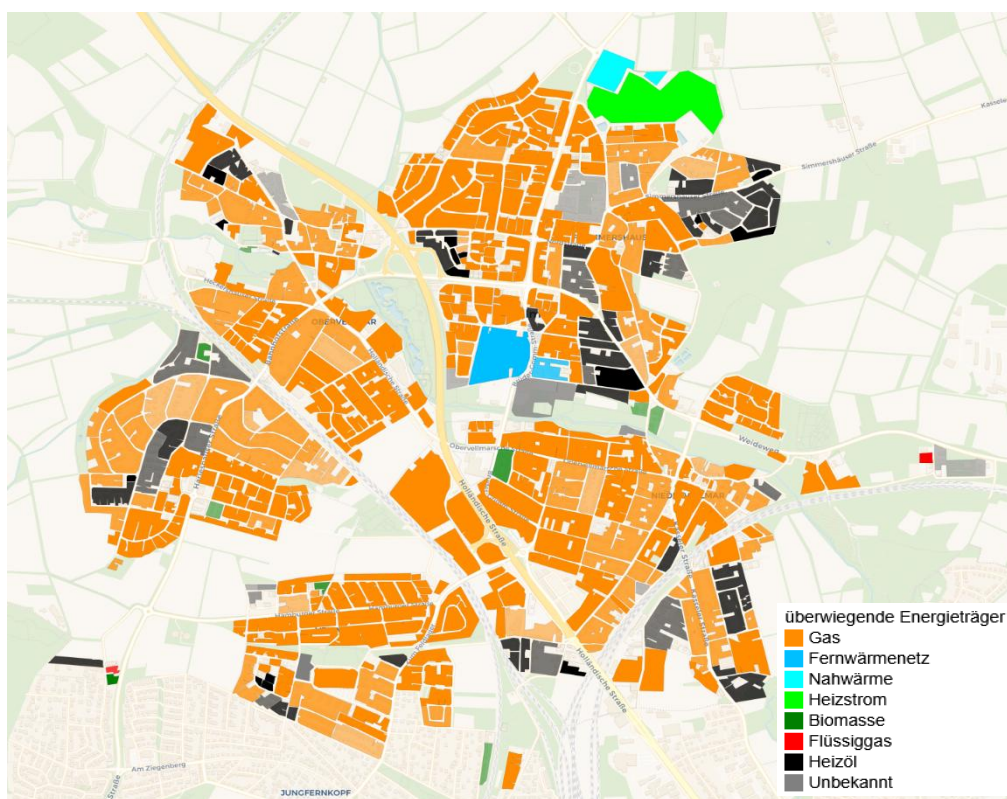


Abbildung 8: Darstellung der Anteile überwiegender Energieträger eines Baublocks am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

### 3.5 Treibhausgasemissionen

Zur Erstellung der Treibhausgasbilanz wurden die CO<sub>2</sub>-Emissionswerte für die Endenergieträger berechnet. Dies erfolgte auf Grundlage der aktuellen Fassung des Technikkatalogs zum WPG.

Beim Jahreswärmeverbrauch entfielen rund 5,6 % auf unbekannte Energieträger (vgl. Tabelle 2). Der Großteil ist vermutlich auf die Verbrennung von Heizöl zurückzuführen, wie Datenquellen nahelegen (Hessisches Statistisches Landesamt 2023). Zur Berechnung der THG-Emissionen wurde für die Verbrennung von Öl, Erd- und Flüssiggas sowie Biomasse ein Nutzungsgrad von 0,85 angesetzt.

Daraus ergaben sich für die Stadt Vellmar im Jahr 2022 Treibhausgasemissionen von rund 38 000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Jahr bei der Wärmeerzeugung.

Im folgenden Balkendiagramm sind Gas mit etwa 25 000 t und Heizöl mit rund 11 000 t als die größten Treibhausgasverursacher bei der Wärmeversorgung deutlich zu erkennen.

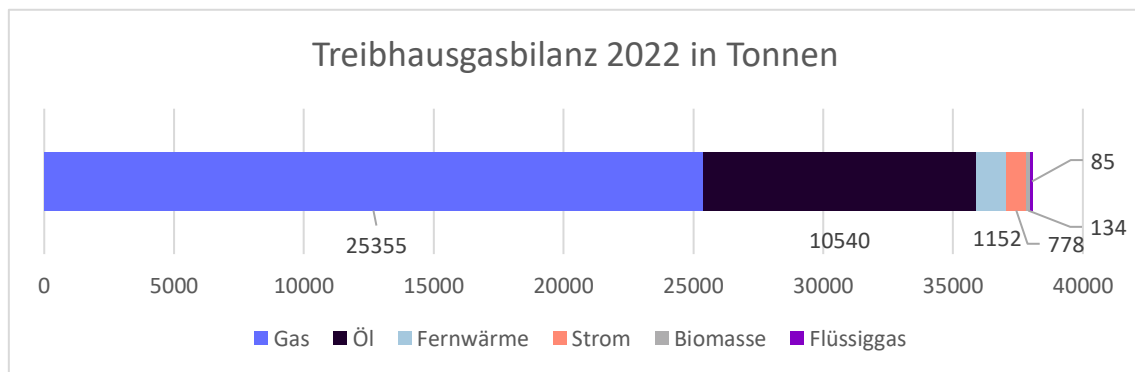


Abbildung 9: Treibhausgasemissionen bei der Wärmeerzeugung im Jahr 2022

### 3.6 Dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen

Die folgende Tabelle bildet die aktuell vorhandenen dezentralen Erzeugungsanlagen in der Stadt Vellmar ab. Die Daten wurden aus den Zähler- und den Schornsteinfegerdaten abgeleitet.

Tabelle 4: Anzahl und Art dezentraler Wärmeerzeuger einschließlich Hausübergabestationen (Wärmenetz) im Bestandsjahr 2022

Wärmeerzeuger (Anzahl)	HH	GHD	Öffentl. Gebäude	Summe	Anteil in %
Gaskessel	4009	188	54	4251	67 %
Heizölkessel	1072	34	2	1108	18 %
Biomassekessel	680	21	0,0	701	11 %
Flüssiggaskessel	17	1,0	0,0	18	0,3 %
Steinkohlekessel	1,0	0,0	0,0	1	0,02 %
Unbekannt	223	0,0	0,0	223	3,5 %
Wärmenetzanschluss	0,0	0,0	8,0	8,0	0,1 %

Summe	6002	244	64	6310	100 %
Anteil	95,1 %	3,9 %	1,0 %	100 %	

In den folgenden kartografischen Abbildungen ist die Verteilung der jeweiligen dezentralen Wärmeerzeuger im Planungsgebiet gut erkennbar. Je größer ihre Anzahl, desto dunkler der Farbwert.

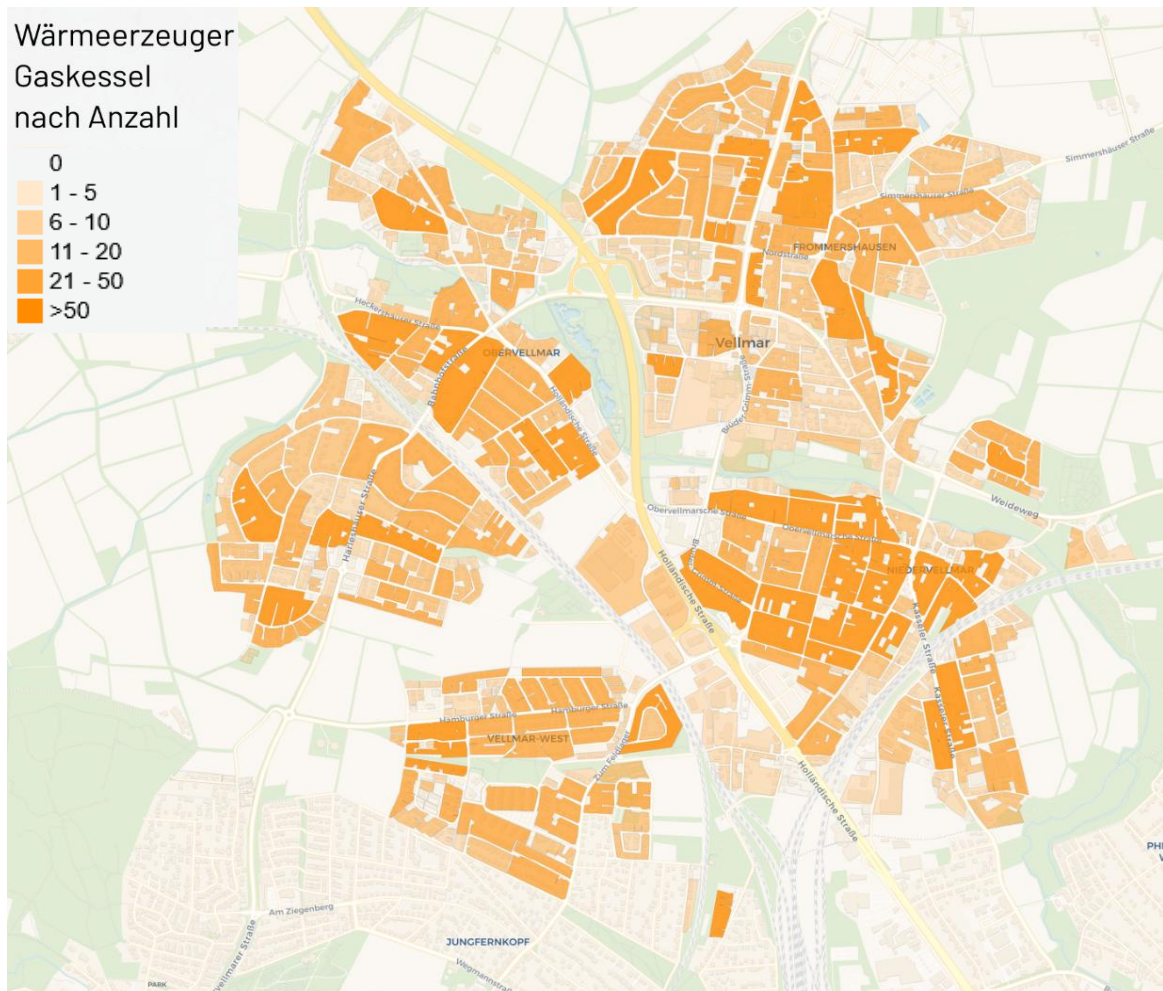


Abbildung 10: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Gaskessel)

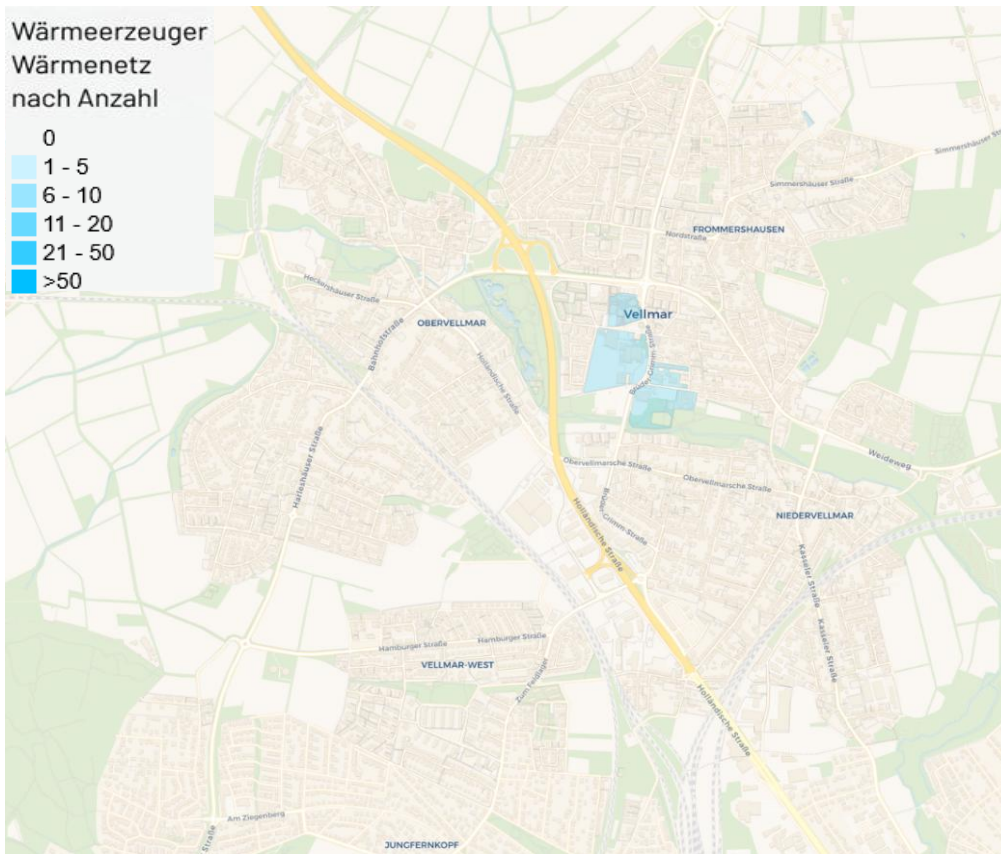


Abbildung 11: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Wärmenetz bzw. Hausübergabestation)

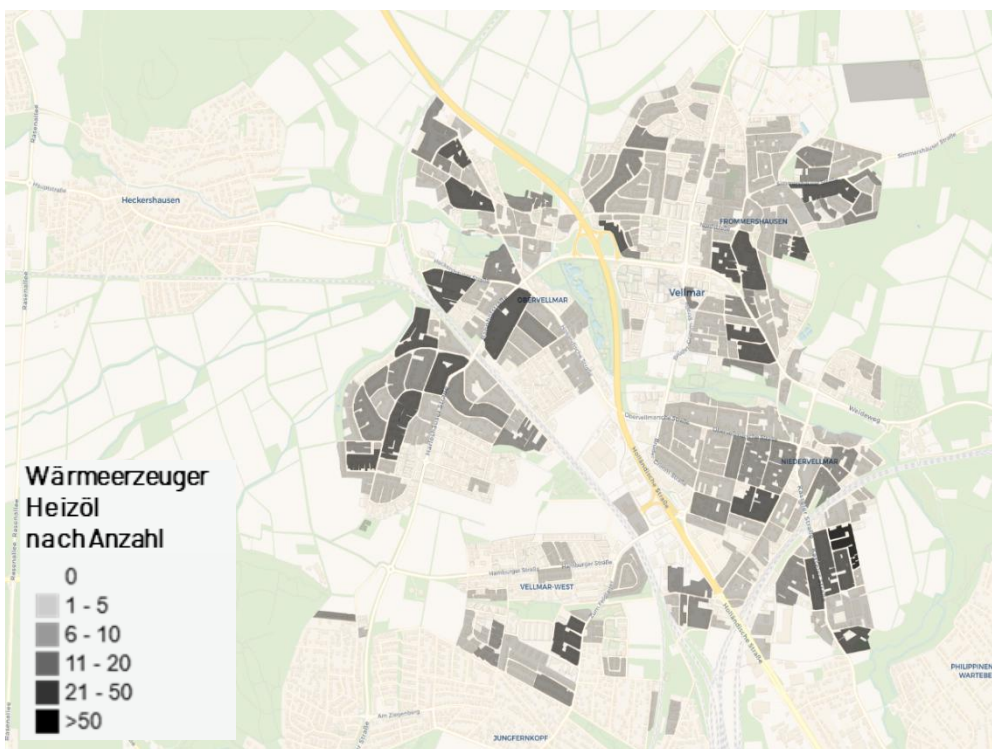


Abbildung 12: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Heizölkessel)

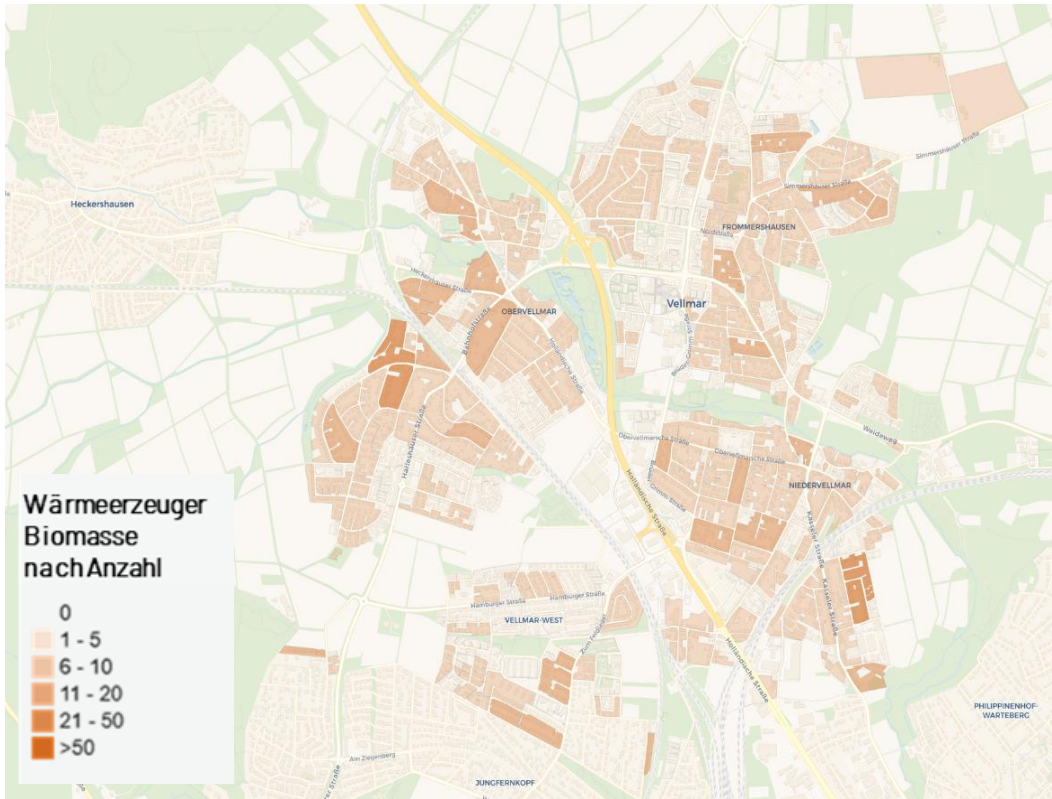


Abbildung 13: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Biomassekessel und andere Biomassefeuerstätten, wie Kaminöfen u. ä.)

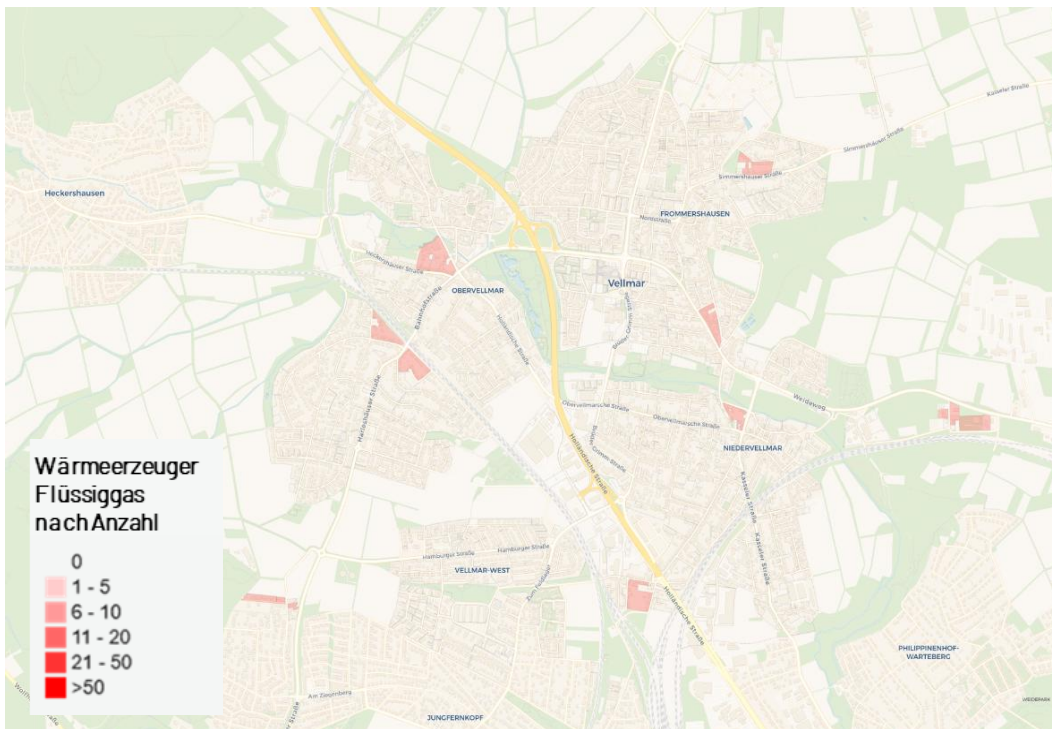


Abbildung 14: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Flüssiggaskessel)

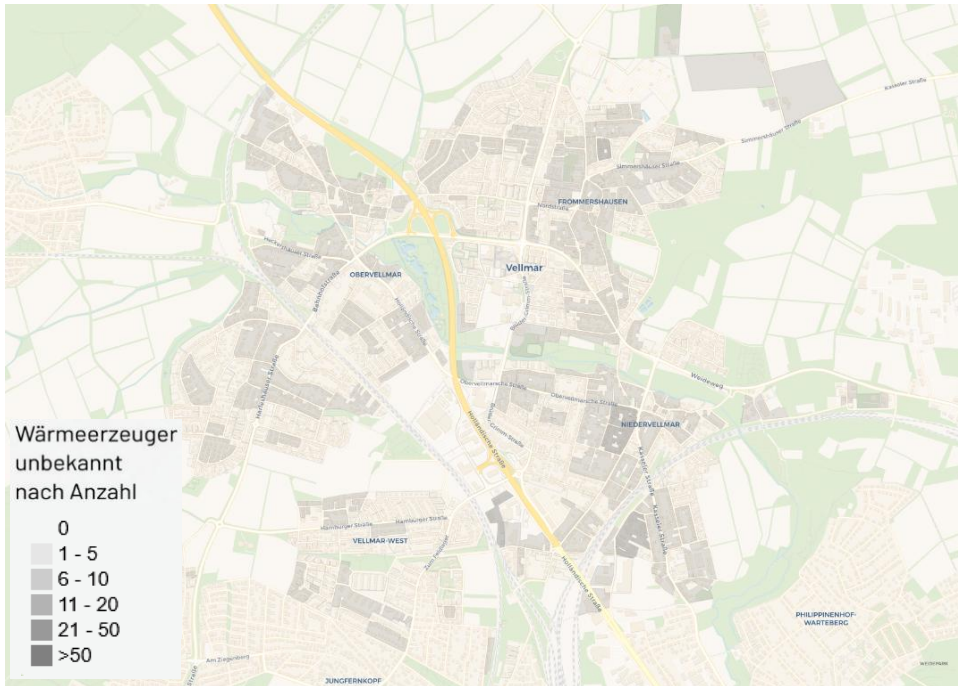


Abbildung 15: Baublockbezogene Darstellung der Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger, einschließlich Hausübergabestationen, nach Art der Wärmeerzeuger (Unbekannt - vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse)

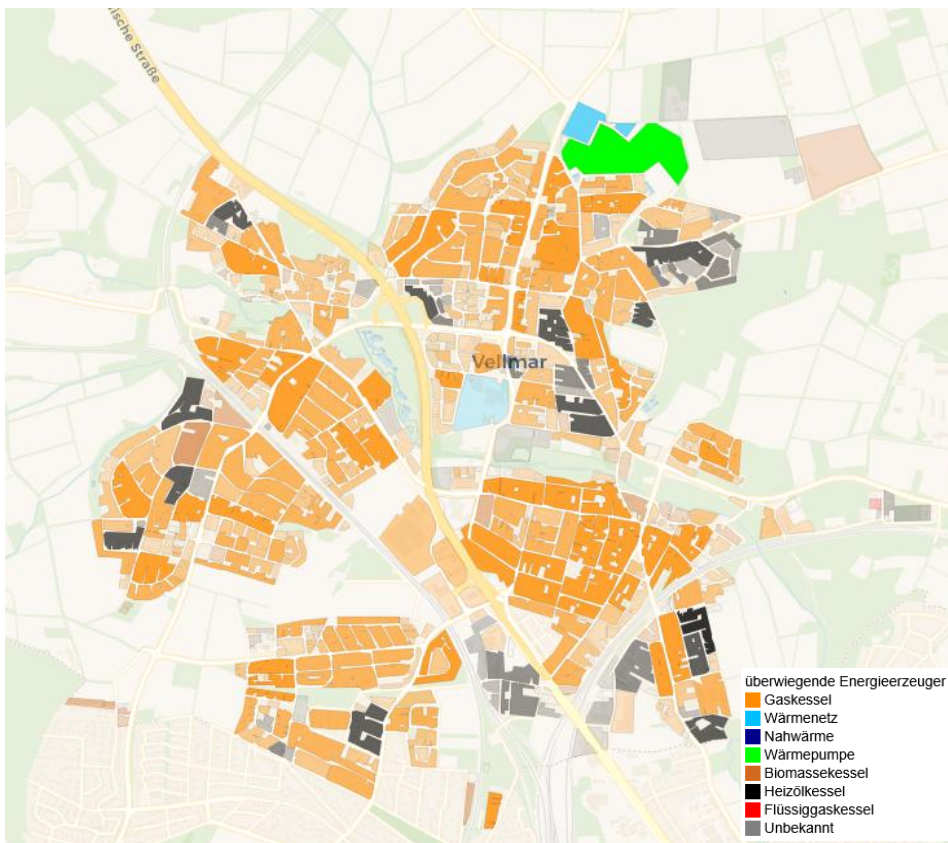


Abbildung 16: Baublockbezogene Darstellung der überwiegenden dezentralen Wärmeerzeuger nach Anzahl

Die Karten weisen eine nahezu flächendeckende Versorgung mit Gasnetzen in Vellmar aus. Das kleine Wärmenetzgebiet (hellblau) im Zentrum der Stadt ist in der Darstellung (vgl. Abbildung 16) deutlich zu erkennen. Dabei ist zu beachten, dass es sich aufgrund der geringen Anzahl angeschlossener Gebäude (insgesamt lediglich sieben) formal nicht um ein Wärme-, sondern um ein Gebäudenetz handelt. Aufgrund der vergleichsweise hohen Wärmeabgabe von etwa 3 300 MWh/a und weil es sich dabei um den Kern eines zukünftigen größeren Netzes handeln könnte, wurde dieses dennoch als Wärmenetz klassifiziert. Die hohe Anzahl unbekannter Wärmeerzeuger dürfte überwiegend aus Ölkesseln, zum Teil aber auch aus Biomassekesseln und weiteren Erzeugern bestehen. Unbekannt sind Erzeuger vor allem in Gebäuden, für die keine Zählerdaten vorlagen.

Lokale Daten zum Bestand von Stromdirektheizungen wurden nicht ermittelt, da sie weder in den Schornsteinfegerdaten noch in den Daten des Energieversorgers aufgelistet waren. Anzahl und Strombedarf von Wärmepumpen und Heizstromanlagen wurden dagegen vom Netzbetreiber übermittelt. Diese sind in Tabelle 5 aufgelistet. 2,2 GWh/a des unbekanntes Wärmebedarfs gehen auf stromgeführte Wärmeerzeugungsanlagen zurück.

Tabelle 5: Daten zu Wärmepumpen und Heizstromanlagen

Kategorie	Anzahl Anlagen	Strombedarf in GWh/a	Wärmebedarf in GWh/a
Wärmepumpe	64	0,36	1,0
Heizstrom	197	1,2	1,2

### 3.7 Für die Wärmeversorgung relevante Infrastrukturanlagen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Bestandsanalyse zu den relevanten Infrastrukturanlagen für die Wärmeversorgung sowie die Informationen zu Gebäuden und Großverbrauchern zusammengefasst. Die Reihenfolge und Darstellungsform in den Abschnitten orientiert sich an Anlage 2 WPG (zu § 23) Abs. 2 Nr. 5 bis 11.

Für die folgenden kartografischen Abbildungen wurden Auszüge aus dem Wärmeatlas verwendet sowie ergänzend die von der Auftragnehmerin angefertigten digitalen Karten zu den Infrastrukturanlagen der Wärmeversorgung. Beide Instrumente liegen auf Basis eines Geoinformationssystems in digital nutzbaren Formaten in der Stadtverwaltung vor.

#### 3.7.1 Überwiegender Gebäudetyp

In diesem Arbeitsschritt wurden Erkenntnisse über den dominierenden Gebäudetyp in den Teilgebieten gewonnen, um daraus später die Eignung für bestimmte Versorgungsarten ableiten zu können. Die räumliche Darstellung erfolgt baublockbezogen. Datengrundlage waren die Daten des deutschen Zensus 2022. Die Daten sind verfügbar für Raster in der Größe von 100 mal 100 Metern. Jedes Tortendiagramm in Abbildung 17 zeigt die Zusammensetzung für das jeweilige Raster.

Mehrfamilienhausgebiete eignen sich tendenziell eher für die Versorgung über Wärmenetze. In diesem Zusammenhang ist ein Gebiet in Vellmar-West auffällig, in dem überdurch-

schnittlich viele Mehrfamilienhäuser stehen. Besonders sehr dicht bebaute Einfamilienhausgebiete mit Reihenhausanteilen könnten je nach Baualter und -standard auch für die Wärme-  
netzversorgung geeignet sein.

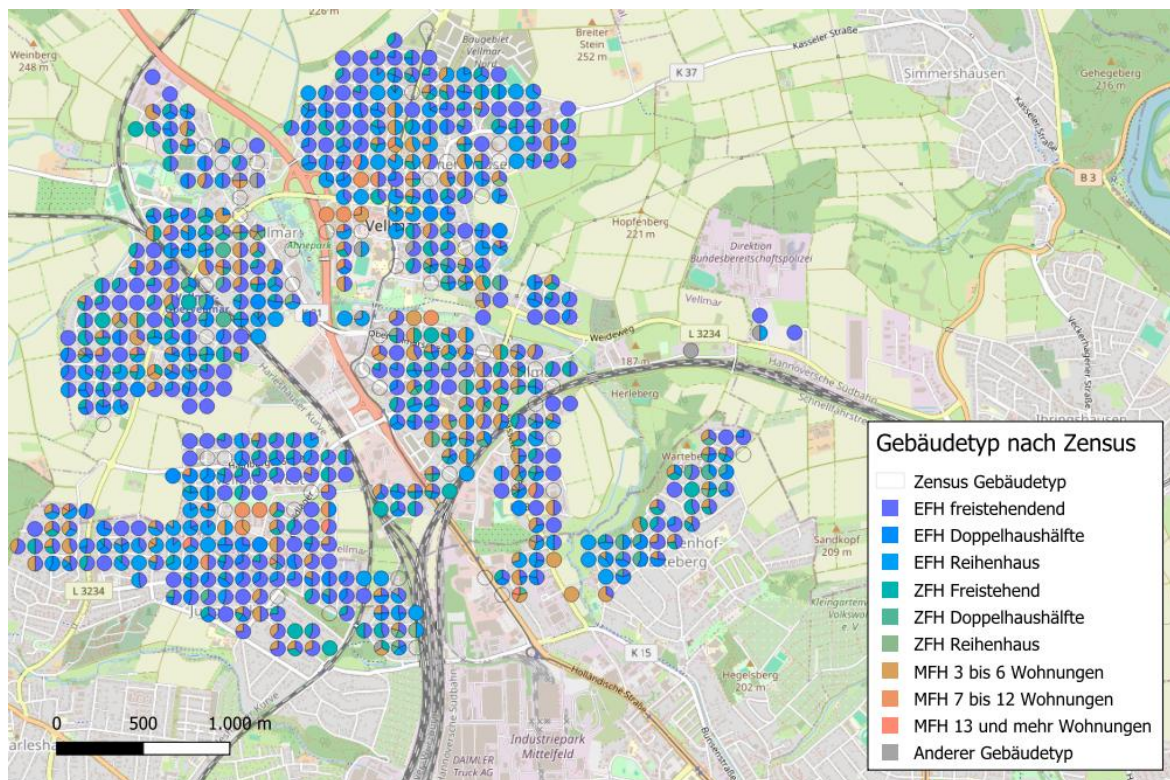


Abbildung 17: Baublockbezogene Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps

In Summe gibt der Zensus folgende Zahlen für die Gebäudetypen in Vellmar aus (Statistisches Bundesamt 2025):

Tabelle 6: Anzahl von Gebäuden je Gebäudetyp für Vellmar

Gebäudetyp	Anzahl	Anteil in %
Freistehendes Ein- oder Mehrfamilienhaus	3.021	59,7
Doppelhaushälfte (Ein- oder Mehrfamilienhaus)	836	16,5
Gereihtes Ein- oder Mehrfamilienhaus	1.116	22,0
Anderer Gebäudetyp	91	1,8
Insgesamt	5.062	100

### 3.7.2 Überwiegende Baualtersklassen

Die Baualtersklassen werden in der Wärmeplanung erfasst, um aus dem energetischen Baustandard entsprechender Baujahre (vor Sanierung) den Wärmebedarf der Gebäude ableiten zu können. Außerdem können energetische Gebäudesanierungsbedarfe abgeschätzt

werden. Das ist relevant, um Teilgebiete mit einem erhöhten Energieeinsparpotenzial gemäß § 18 Abs. 5 WPG zu identifizieren.

Die folgende Abbildung macht die überwiegenden Baualtersklassen in den Quartieren Vellmars sichtbar.

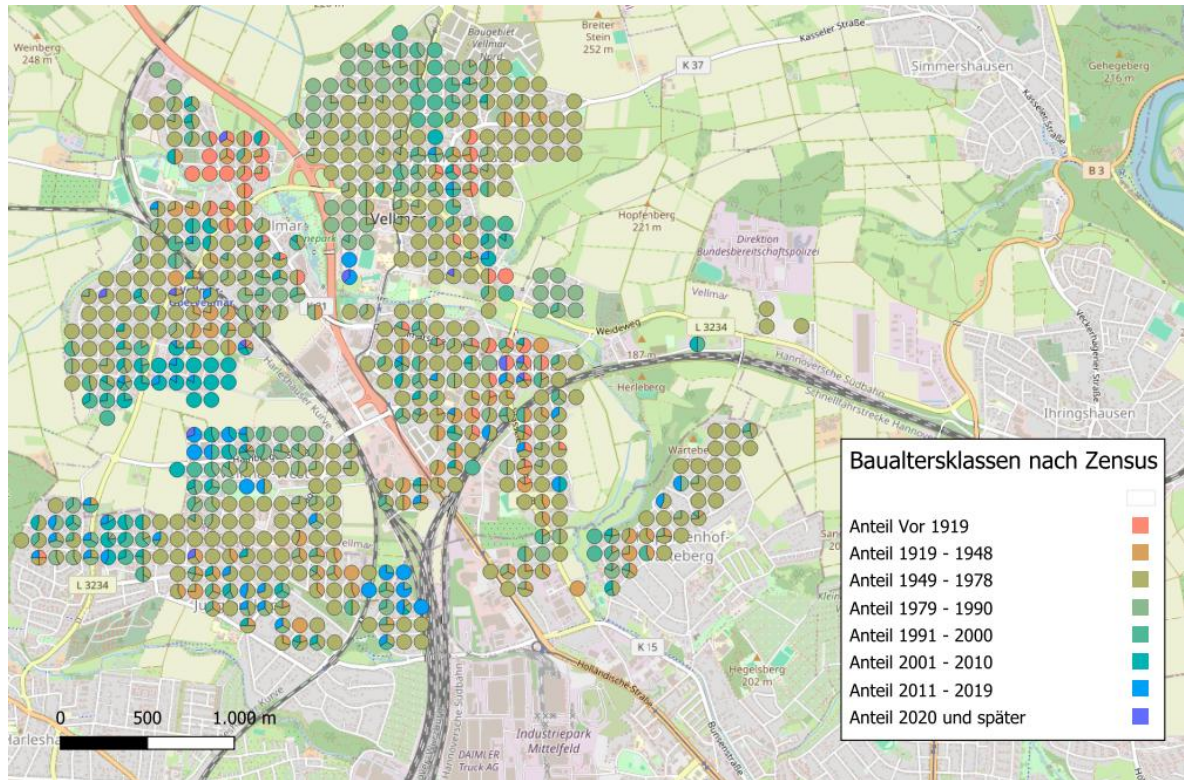


Abbildung 18: Baublockbezogene Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude

Besonders im Nordosten von Vellmar sind ältere Baualtersklassen zu finden. Daraus kann geschlossen werden, dass in diesen Bereichen einerseits ein überdurchschnittlicher Wärmebedarf existieren könnte, gleichzeitig jedoch die Energieeinsparpotenziale in der Wärmeversorgung auch besonders hoch sind. Große Bereiche der Stadt sind im Zeitraum von 1949 bis 1979 entstanden. Auch bei diesen Gebäuden bestehen erhebliche Energieeinsparpotenziale, sofern sie seitdem nicht grundlegend energetisch saniert wurden. In Gebäuden, die ab 2001 errichtet wurden, kann von einem relativ hohen energetischen Baustandard ausgegangen werden.

### 3.7.3 Großverbraucher

Für die Entwicklung von Wärmenetzen ist die Identifizierung von Großverbrauchern und deren Standorten ein wichtiger Schritt. Großverbraucher gelten als besonders vielversprechend für eine Erschließung durch Wärmenetze. Es sei denn, sie befinden sich sehr weit entfernt von anderen Erschließungsbereichen von Wärmenetzen. Dann könnte eine Anbindung an ein Wärmenetz unwirtschaftlich sein. Ebenso entscheidend ist, ob es sich bei dem Großverbraucher um einen Erzeuger von Strom oder Prozesswärme mit hohen Temperaturen handelt. Spätestens bei einem benötigten Temperaturniveau von mehr als 100 °C ist eine Anbindung an

ein Wärmenetz in der Regel nicht sinnvoll. Diese Anwendungsfälle wurden in der Untersuchung zum Ausbau eines Wärmenetzes (vgl. Kapitel 5) berücksichtigt, soweit sie bekannt waren.

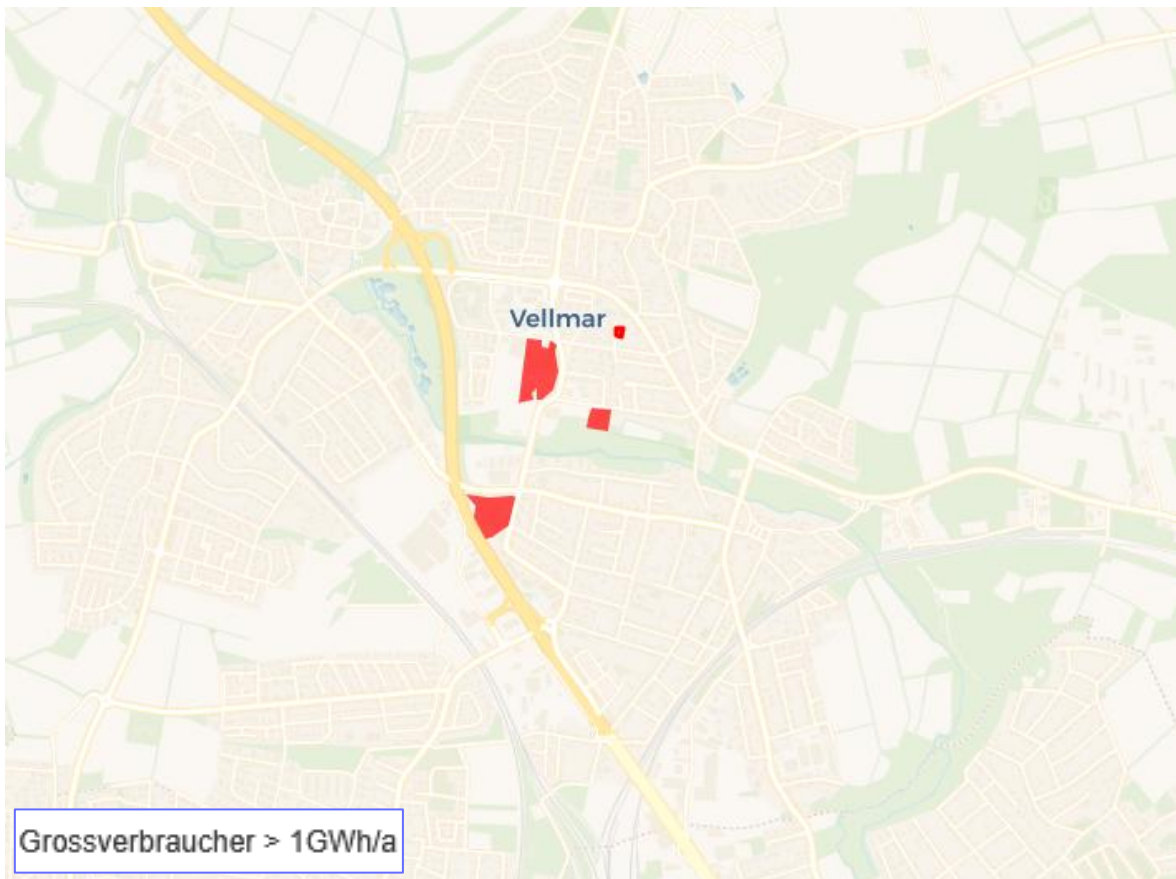


Abbildung 19: Standortbezogene Darstellung bestehender sowie bekannter potenzieller Großverbraucher von Wärme, Gas oder Wasserstoff (gemäß § 7 Abs. 3 Nr. 3 WPG)

### 3.7.4 Wärmenetze

Im Rahmen der Bestandsanalyse sind nicht nur die bestehenden, sondern gemäß Anlage 2 WPG (zu § 23) Abs. 2 Nr. 8 auch alle geplanten oder genehmigten Wärmenetze und -leitungen darzustellen.

Im Stadtgebiet wird ein Wärmenetz durch die EAM GmbH betrieben. Das Wärmenetz liegt im Zentrum des Stadtgebietes und versorgt sieben öffentliche Gebäude mit einem Gesamtwärmeabsatz von etwa 3,3 GWh (Stand: 2022).

Tabelle 7: Daten zu den Wärmenetzen in Vellmar

Kategorie	Bestandswärmenetz Ahnatalschule	Geplantes Wärmenetz Vellmar-Nord
Netzbetreiber	EAM GmbH	EAM GmbH
Jahr der Inbetriebnahme	1990	Noch nicht bekannt
Art des Wärmeträgermediums	Wasser	Wasser
Anzahl versorgter Gebäude	7	Voraussichtlich 20

Trassenlänge gesamt in km	0,6 km	Voraussichtlich 0,8 km
Wärmeabsatz 2022 gesamt in GWh/a	3,3 GWh/a	Voraussichtlich 1,3 GWh/a
Spitzenlast in kW	940 kW	700 kW
Leistung BHKW in kW	365 kW	-
Leistung Ölkessel in kW	1.200 kW	-
Leistung Gaskessel in kW	500 kW	500 kW
Fremdwärme in kW	-	200 kW
Max. Temperatur Vor-/ Rücklauf in °C	75/65 °C	45/35 °C

In Abbildung 20 ist die Lage des Bestandsnetzes „Ahnatalschule“ eingezeichnet. Welche Quartiere durch das geplante Wärmenetz in Vellmar-Nord erschlossen werden könnten, verdeutlicht Abbildung 21.

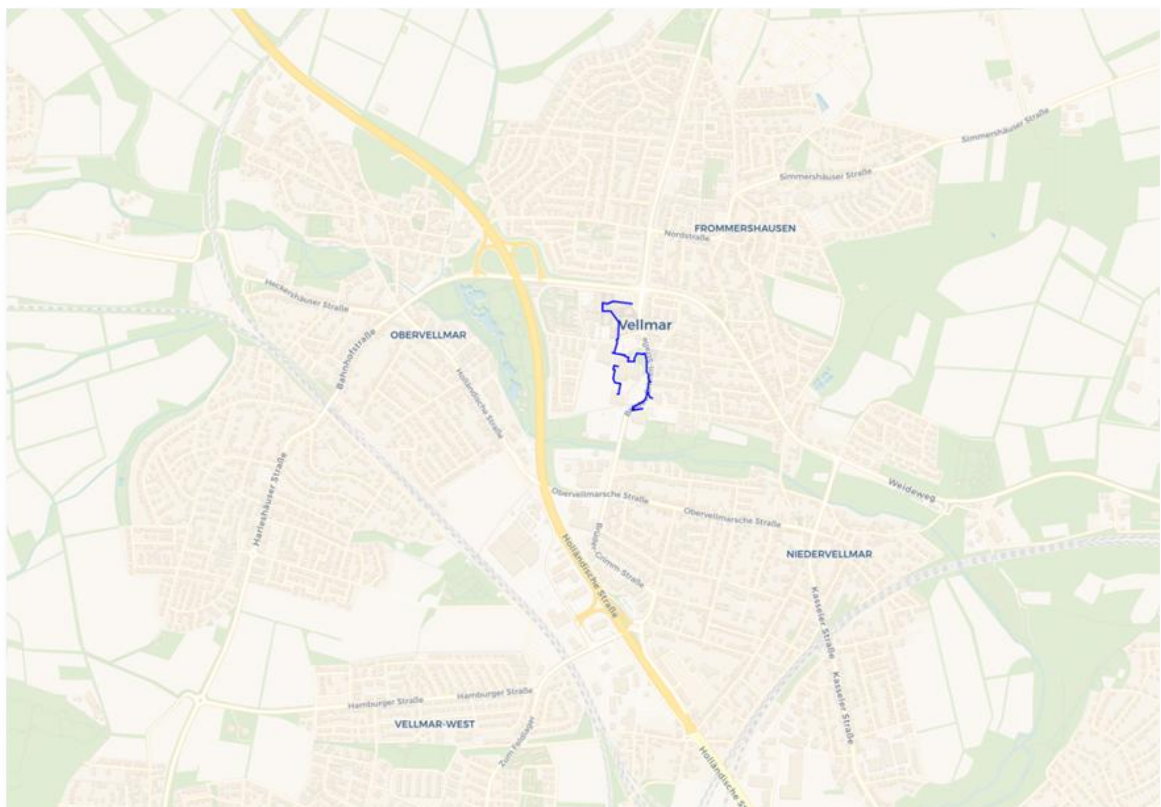


Abbildung 20: Lage des bestehenden Wärmenetzes „Ahnatalschule“

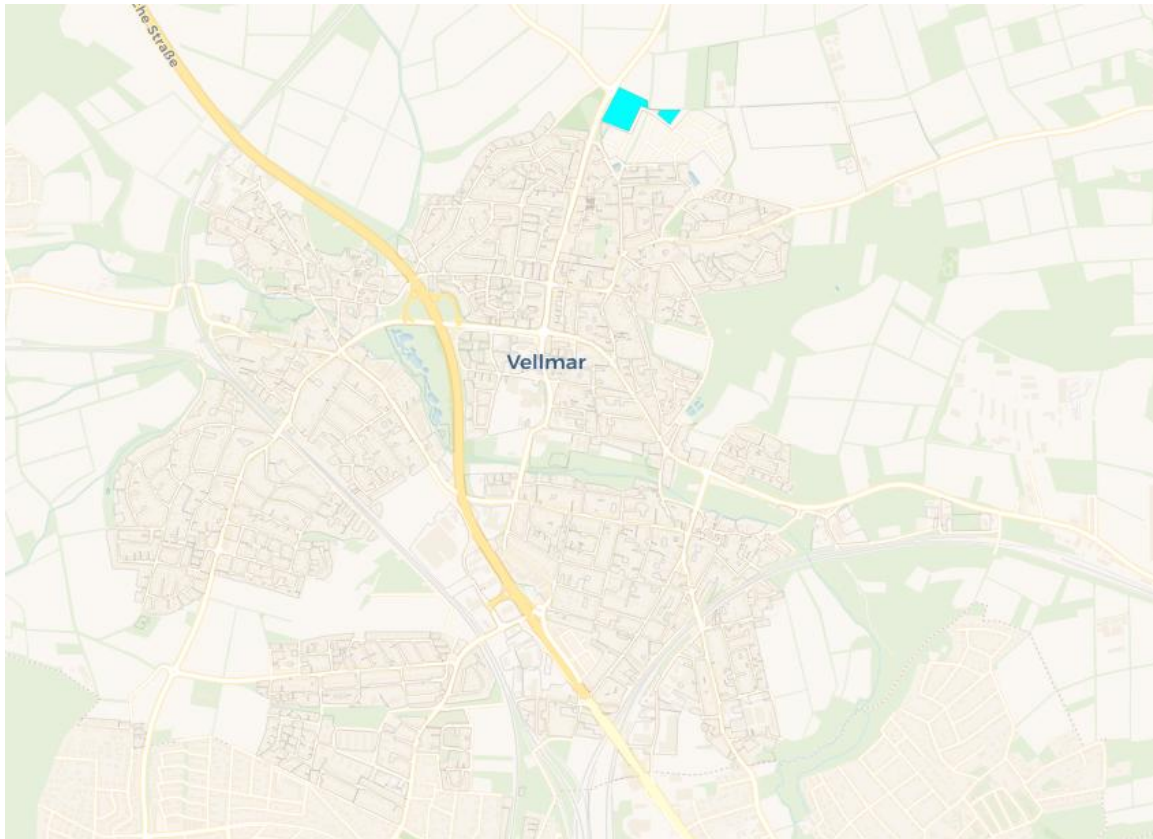


Abbildung 21: Flächenhafte (baublockbezogen) Darstellung der Quartiere der geplanten Wärmeversorgung durch Wärmenetze auf Quartiersebene

### 3.7.5 Gasnetze

In der Bestandsanalyse sind gemäß Anlage 2 WPG (zu § 23) Abs. 2 Nr. 8 lit. B alle bestehenden, geplanten oder genehmigten Gasnetze und -leitungen zu erheben und baublockbezogen kartografisch darzustellen. Die folgende Abbildung macht die Erschließung in Vellmar durch Gasnetze anschaulich. Baublöcke gelten darin als durch ein Gasnetz erschlossen, wenn der Wärmebedarf in diesem Baublock mindestens zu 50 % durch Gas gedeckt wird.

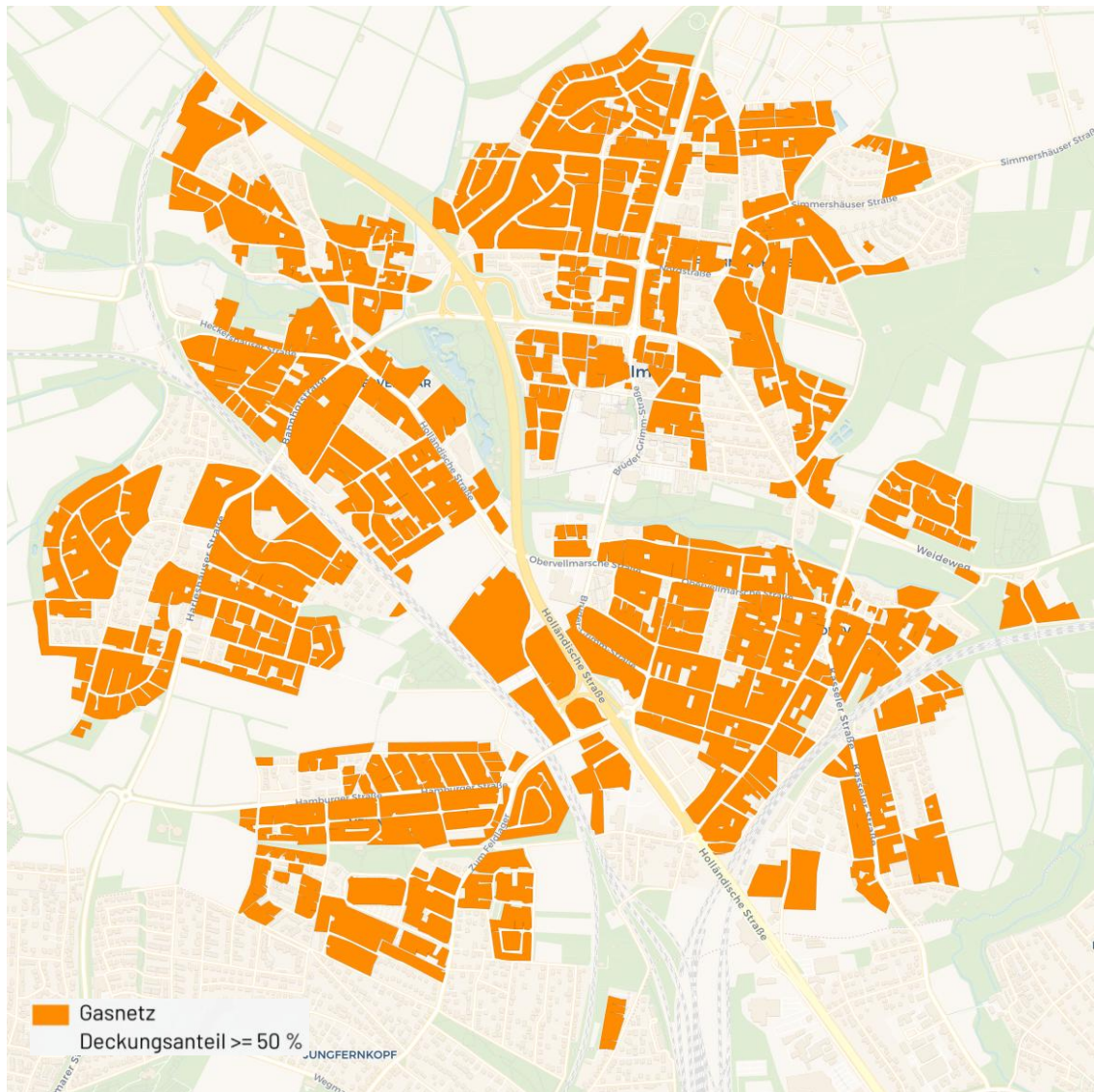


Abbildung 22: Flächenhafte Lage (baublockbezogen) bestehender Gasnetze und -leitungen (ab mindestens 50 % Anteil an der Wärmeversorgung)

Das Gasnetz in Vellmar wird durch die EAM Netz GmbH mit methanhaltigem Erdgas betrieben. Teilnetze existieren dort nicht. Im Jahr 2024 waren an das Netz 4 042 Gebäude angeschlossen. Laut der EAM Netz GmbH sind keine Baumaßnahmen hinsichtlich des Gasnetzes geplant. Folgende Tabelle bündelt die Informationen zur Auslegung des Vellmarer Gasnetzes.

Tabelle 8: Strukturdaten des Gasversorgungsnetzes in Vellmar

Leitungsart	Eigentümer	Nenndruck	Länge in m
Versorgungsleitung	EAM GmbH	Hochdruck	4.858
	EAM GmbH	Mitteldruck	37
	EAM GmbH	Niederdruck	134.382
<b>Gesamtlänge</b>			<b>139.276</b>

### 3.7.6 Abwassernetze

Abwasserleitungen mit einem Durchmesser ab DN 800 werden in der Wärmeplanung als wichtige Infrastrukturanlagen zur potenziellen Abwasserwärmenutzung durch Großwärmepumpen erfasst. Auch Kläranlagen sind von besonderem Interesse. Dazu werden die Temperaturen und Abwassermengen am Auslauf der Kläranlagen ermittelt. Die Bewertung dieser beiden Wärmequellen erfolgt in der Potenzialanalyse in Kapitel 4.7.

In diesem Abschnitt geht es zunächst nur um die Darstellung der Infrastrukturanlagen im Abwassernetz. Die nutzbaren Kanäle sind in folgender Karte rot eingezeichnet.

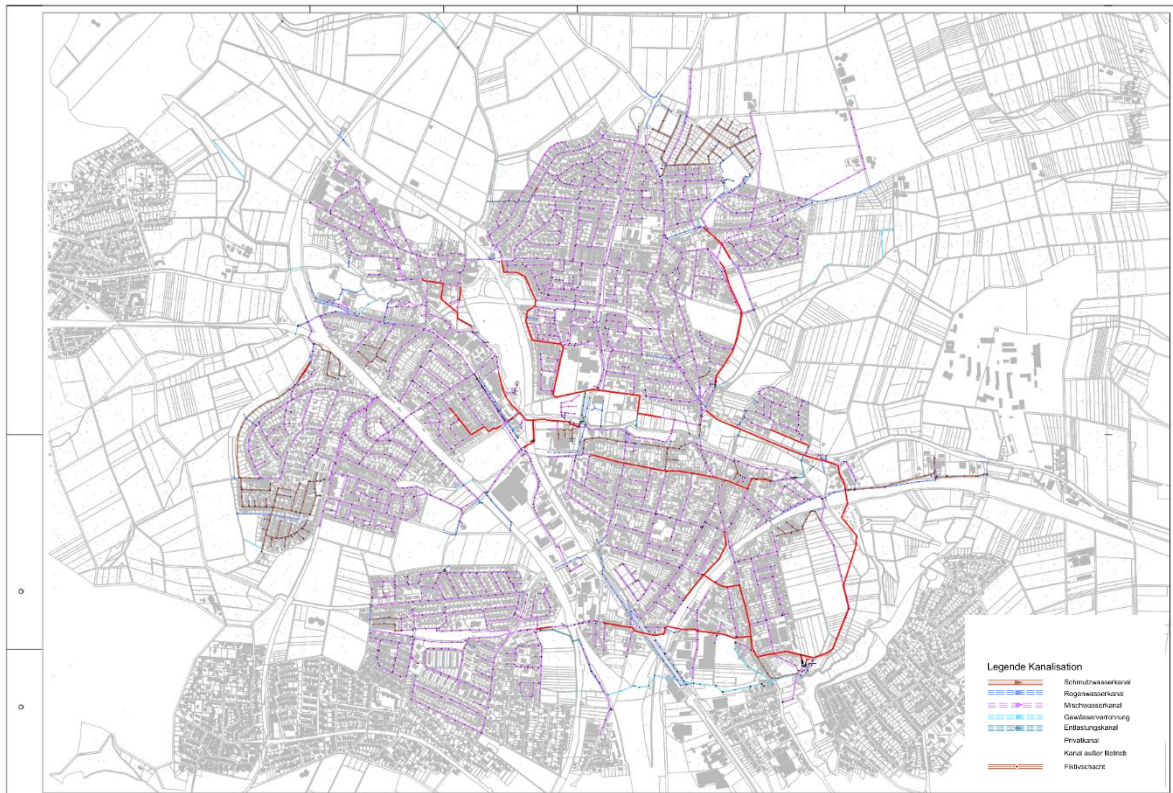


Abbildung 23: Abwassernetze und -leitungen (größer DN 800 in Rot)

Die Stadt Vellmar hat keine eigene Kläranlage. Die Abwässer werden in einem Abwasser-sammler aufgefangen und zur Kläranlage der Stadt Kassel geleitet.

### 3.7.7 Wärmeerzeugungsanlagen mit Einspeisung in ein Wärmenetz

Die Standorte der Wärmeerzeuger mit Einspeisung in ein Wärmenetz werden unten in Kartenform dargestellt. Ergänzend gibt die Tabelle einen kompakten Überblick über Betreiber, Erzeugertyp, Energieträger und Leistung der jeweiligen Anlage.

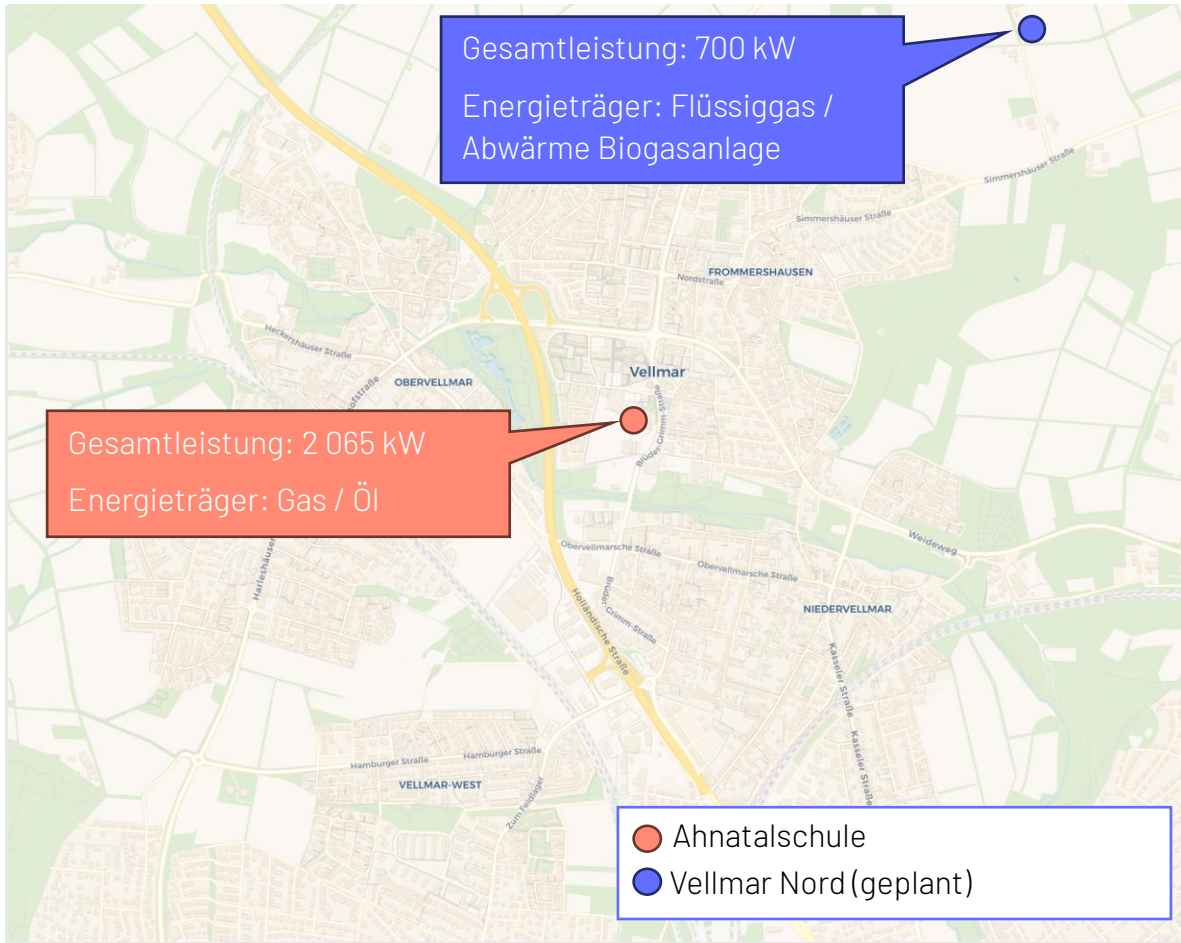


Abbildung 24: Standorte der Wärmeerzeuger, die in ein Wärmenetz einspeisen (Quelle: Angaben der Netzbetreiber)

Tabelle 9: Wärmeerzeuger mit Einspeisung in ein Wärmenetz (Quelle: Angaben der Netzbetreiber)

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Erzeugung	Leistung in kW <sub>th</sub>	Energieträger
Ahnatalschule	EAM Netz GmbH	1990	BHKW, Nieder-temperaturkessel, Brennwertkessel	2.065	fossil
Vellmar Nord	EAM Netz GmbH	geplant	Brennwertkessel und Abwärme Biogasanlage	700	erneuerbar (Abwärme) und fossil

### 3.7.8 Wärme- und Gasspeicher

In Vellmar sind weder Wärme- noch Gasspeicher vorhanden.

### 3.7.9 Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen

Erzeugungsanlagen für Wasserstoff oder synthetische Gase im Sinne der Anlage 2 WPG (zu § 23) sind in Vellmar nicht vorhanden oder geplant.

### 3.7.10 Stromnetze

Auf der Grundlage von Anlage 1 WPG (zu § 15) wurden Informationen und Daten zu bereits bestehenden, konkret geplanten oder bereits genehmigten Stromnetzen auf Hoch- und Mittelspannungsebene erhoben. Einschließlich der Umspannstationen auf Mittelspannung und Niederspannung. Zusätzlich wurden Informationen zu geplanten Optimierungs-, Verstärkungs-, Erneuerungs- und Ausbaumaßnahmen im Niederspannungsnetz abgefragt. Die Ergebnisse liegen der Kommunalverwaltung vor. Da es sich um sensible Daten des Energiesektors handelt, werden diese nicht im Wärmeplan veröffentlicht.

Die Konzessionärin für das Stromnetz in Vellmar ist die EAM Netz GmbH. Sämtliche Netzausbaupläne können über die Plattform VNBdigital (BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. 2025) abgerufen werden. Die Stadt Vellmar und alle dort tätigen Verteilnetzbetreiber gehören zur Planungsregion Mitte.

### 3.7.11 Wärmedichten – kartografische Darstellungen

Mit der Erstellung eines Wärmeatlas für die Stadt Vellmar durch Qconcept Energy liegt ein wichtiges Planungsinstrument vor, das räumlich aufgelöste Analysen des Wärmebedarfs ermöglicht.

Als Grundlage dienen die Zählerdaten Gas und Wärme zu Heizzwecken sowie die Schornsteinfegerdaten und die ALKIS-Daten. Die Verbrauchsdaten wurden mit den GIS-Daten der Gebäude zusammengeführt. Darauf aufbauend wurden die Gebäude- und Verbraucherstruktur ermittelt und beschrieben. Die Zuordnung erfolgte über die Verbraucheradressen oder die Gebäudekoordinaten.

Zur Bestimmung der spezifischen Wärmebedarfe in kWh/m<sup>2</sup> beheizter Fläche wurden neben den Endenergieverbrauchsdaten auch Wohnflächen oder Gebäudenutzflächen verwendet. Die dafür benötigten Energiebezugsflächen wurden nach dem üblichen Ansatz der Energieeinsparverordnung mithilfe der 3D-Gebäudedaten errechnet. Gleichzeitig wurde ein Kesselnutzungsgrad von 85 % für Gas- und Ölkessel und von 70 % für Biomassekessel angenommen, um die Verbräuche der Rohdaten auf Wärmebedarfe umzurechnen. Der Wirkungsgrad einer Wärmeübergabestation für Wärmenetze wurde mit annähernd 100 % angesetzt.

Für die aggregierte Darstellung von Wärmebedarfen und Wärmebedarfsdichten wurden bebaute Flurstücke, die durch Straßen voneinander getrennt sind, zu Baublöcken zusammengefasst. Dadurch sind die entscheidenden Werte einfacher zu erkennen.

Zwischen den verschiedenen Objekten wurden räumliche Beziehungen hergestellt. Zum Beispiel: Ein Gebäude hat eine oder mehrere Hausadressen, grenzt an Gebäude „X“, liegt auf einem Flurstück „Y“, gehört zu einem Stadtteil oder Baublock „Z“ und besitzt einen Gasanschluss. Die Datenaggregation erleichtert eine Bewertung von Maßnahmen wie etwa einer möglichen Nahwärmeversorgung.

Nach der Datenverschneidung und Charakterisierung der Gebäude wurde eine umfangreiche Plausibilitätskontrolle durchgeführt, um die Qualität des Wärmeatlas zu erhöhen. Dabei wurde überprüft, ob alle Verbrauchsdaten den Gebäuden zugeordnet werden konnten. Fehler resultieren oft aus unkorrekten Adressangaben in den Datensätzen. Diese wurden manuell behoben.

Weiterhin wurden die flächenspezifischen Wärmebedarfe aller Gebäude überprüft und angepasst. Hier lag der Fokus auf den auffälligsten Werten. Dazu zählen sehr geringe Werte, wie  $< 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  und sehr hohe Werte, wie  $> 400 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Häufig handelt es sich bei den niedrigen Verbräuchen um einen Gasverbrauch ausschließlich für Kochzwecke (also nicht für Heizung).

Hohe spezifische Verbräuche lassen sich oft auf Heizungsanlagen zurückführen, über die auch benachbarte Gebäude versorgt werden (Versorgungsverbünde). Mit Hilfe verschiedener mathematischer Algorithmen wurden solche Situationen automatisiert erkannt und mehrere Gebäude zu Versorgungsverbänden zusammengefasst. Somit mussten für die mitversorgten Gebäude keine getrennten Wärmebedarfsabschätzungen gemacht werden.

Im nächsten Schritt wurde der Wärmebedarf für jene Gebäude ohne bekannte Verbrauchsdaten ermittelt. Dazu wurden vorliegende Zählerdaten benachbarter Gebäude verwendet, um damit den flächenspezifischen Wärmebedarf des untersuchten Gebäudes abzuschätzen. Es wurde unterstellt, dass der Sanierungsstand und die Nutzung den umliegenden Gebäuden ungefähr entsprechen. Direkt angrenzende, ähnlich große Gebäude wurden dabei stärker gewichtet. In Einzelfällen, in denen es keine solchen Vergleichsdaten gab, wurden die Gebäude bzw. deren Wärmebedarf nicht in den Wärmeatlas aufgenommen.

Zur weiteren Prüfung und Auslegung von Wärmeversorgungssystemen sollten spätestens bei einer Machbarkeitsstudie die fehlenden Daten beschafft und im Wärmeatlas nachgetragen werden. Das könnte über eine Fragebogenabfrage geschehen. In diesem Zuge könnten weitere Informationen über zusätzliche Wärmeerzeuger, installierte Leistung und Alter der Heizungsanlagen eingeholt werden.

Für Baublöcke mit drei oder weniger Gebäuden erfolgt aus Gründen des Datenschutzes keine Darstellung des Wärmebedarfs im Wärmeatlas. Die jeweiligen Wärmebedarfswerte der Gebäude wurden aber in alle Kalkulationen dieses Berichts miteinbezogen.

Gewerbliche und landwirtschaftlich genutzte Flächen ohne genaue Wärmeverbrauchsdaten wurden nicht berücksichtigt, weil deren Wärmebedarf nur schwer einzuschätzen ist. Auch Vellmar-Nord ist hier noch mit einem Wärmebedarf von  $0 \text{ MWh}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  versehen, da zur Zeit der Erarbeitung dieses Berichts noch keine Bebauung vorlag. Der geschätzte Wärmebedarf des Quartiers ist in den digitalen Karten ab 2030 berücksichtigt.

Im Ergebnis liegt ein gebäudescharfer Wärmeatlas mit Informationen zu den Gebäuden (Gebäudetyp, Nutzungsart, Größe, beheizte Fläche etc.) und Energieträgern sowie zum Wärmebedarf mit Hochrechnung auf die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 vor. Alle Kartendarstellungen stehen der Stadt Vellmar auch in digital nutzbaren Formaten zur Verfügung. Der Wärmeatlas visualisiert die Daten kartografisch auf Ebene der Gebäude und der Quartiere (auch Baublöcke genannt). In diesem Bericht werden aus Gründen des Datenschutzes gebäudebezogene Daten nicht dargestellt.

Aus den vielfältigen Auswertungsmöglichkeiten des erstellten digitalen Wärmeatlas werden an dieser Stelle die gemäß Anlage 2 WPG (zu § 23) Abs. 2 Nr. 1 und 2 vorgegebenen Karten dargestellt.

### Aktuelle Wärmeverbrauchsichte (Basisjahr 2022)

Die Wärmeverbrauchsichte beschreibt die Relation zwischen Wärmeverbrauch und einer definierten Fläche. Die Wärmeverbrauchsichte liefert eine Indikation für die Wärmenetzeignung von Gebieten. Der Leitfaden zum WPG verwendet dazu folgende Kategorisierung:

Tabelle 10: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019).

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

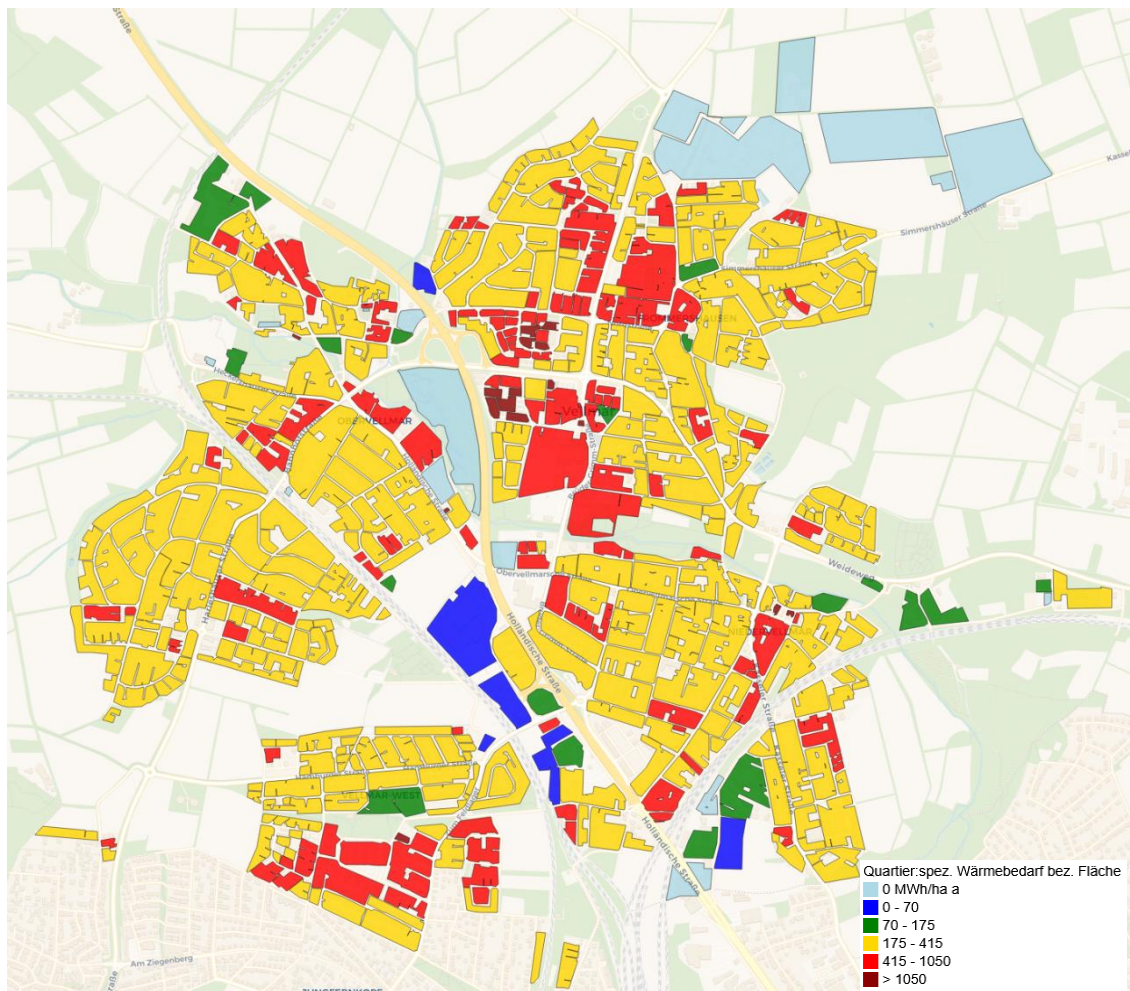


Abbildung 25: Baublockbezogene Darstellung der Wärmeverbrauchsdichten in MWh/(ha·a)

### Aktuelle Wärmelinien-dichte (Basisjahr 2022)

Die Wärmelinien-dichte beschreibt die transportierte Wärmemenge in einem Wärmenetz pro Jahr im Verhältnis zu dessen Trassenlänge. Sie liefert einen Hinweis auf die Wärmenetz-zeichnung von Straßenabschnitten. Der Leitfaden zum WPG verwendet dazu folgende Kategorisierung:

Tabelle 11: Wärmenetz-zeichnung in Abhängigkeit von der Wärmelinien-dichte (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019).

Wärmelinien-dichte in kWh/(m·a)	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0-700	Kein technisches Potenzial
700-1.500	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
1.500-2.000	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
> 2.000	Wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z. B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)

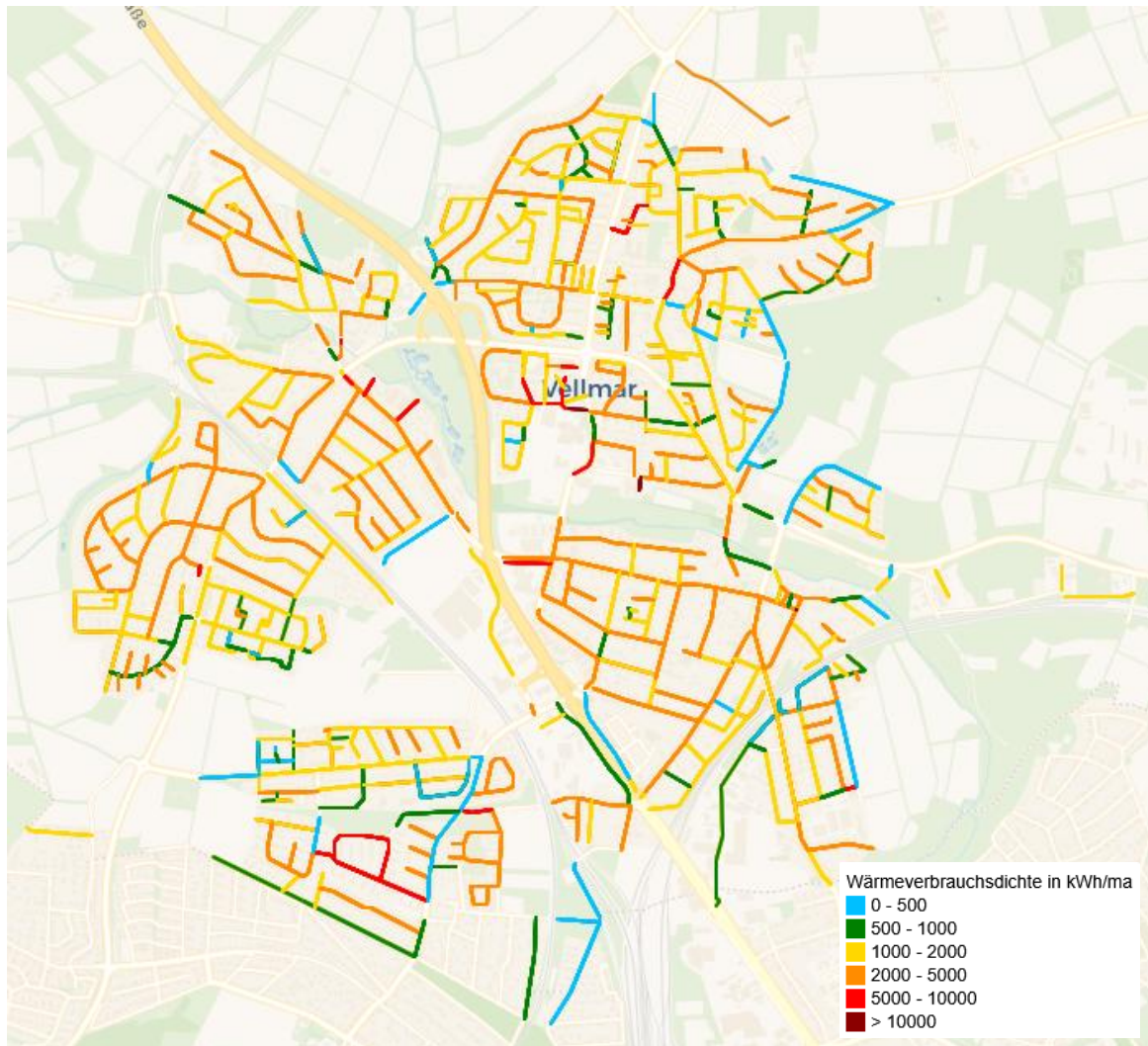


Abbildung 26: Straßenabschnittsbezogene Darstellung der Wärmelinienichten in Kilowattstunden pro Meter und Jahr

Die Auswertung zeigt, dass gerade das Zentrum der Stadt Vellmar entlang der Brüder-Grimm-Straße einen hohen bis sehr hohen spezifischen Wärmebedarf aufweist. Auch das Stadtgebiet Vellmar-West hat Quartiere mit hohen spezifischen Wärmebedarfen.

## 4 Potenzialanalyse

Im Rahmen der Potenzialanalyse gemäß § 16 Abs. 2 WPG wurden die im beplanten Gebiet vorhandenen Potenziale zur Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien, zur Nutzung unvermeidbarer Abwärme und zur zentralen Wärmespeicherung untersucht. Alle bekannten räumlichen, technischen, rechtlichen oder wirtschaftlichen Restriktionen für die Nutzung von Wärmeerzeugungspotenzialen wurden berücksichtigt.

Zudem erfolgte eine Berechnung der Wärmebedarfsentwicklung bis zum Zieljahr, um die klimaneutrale Versorgung am zukünftigen Bedarf auszurichten zu können. Dazu wurden die Energieeinsparpotenziale abgeschätzt, die sich durch eine Senkung des Wärmebedarfs von Gebäuden sowie in industriellen oder gewerblichen Prozessen erreichen lassen.

Zusätzlich wurden die Effekte des Klimawandels und der dadurch steigenden Temperaturen berücksichtigt.

Die Darstellung der Potenziale erneuerbarer Energie im Wärmeplan gibt den Wärmeversorgern und -verbrauchern konkrete Anhaltspunkte, welche Wärmequellen sie für die weiteren Planungen vertiefend untersuchen sollten.

Die ermittelten Potenziale wurden sowohl quantitativ als auch nach Energieträgern und räumlich differenziert in kartografischer Form oder in Tabellen ausgewiesen. Ausschlussgebiete wie Wasserschutzgebiete oder Heilquellengebiete sind darin ebenso verzeichnet.

#### 4.1 Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion

Zur Berechnung und Fortschreibung des Wärmebedarfs wurde ein Treibermodell angewendet, welches die lokalspezifischen Randbedingungen berücksichtigt. Dazu gehören die voraussichtlichen Bevölkerungs- und Erwerbstätigenzahlen sowie die Wohnflächenentwicklung. Soweit sektorspezifische Unterscheidungen möglich waren, wurden für die Anwendungen Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme individuelle Einflussfaktoren zur Entwicklung des Wärmebedarfs definiert und berechnet.

Als Beispiel wird in der folgenden Abbildung ein Treibermodell für die Sektoren Haushalte sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Industrie schematisch dargestellt.

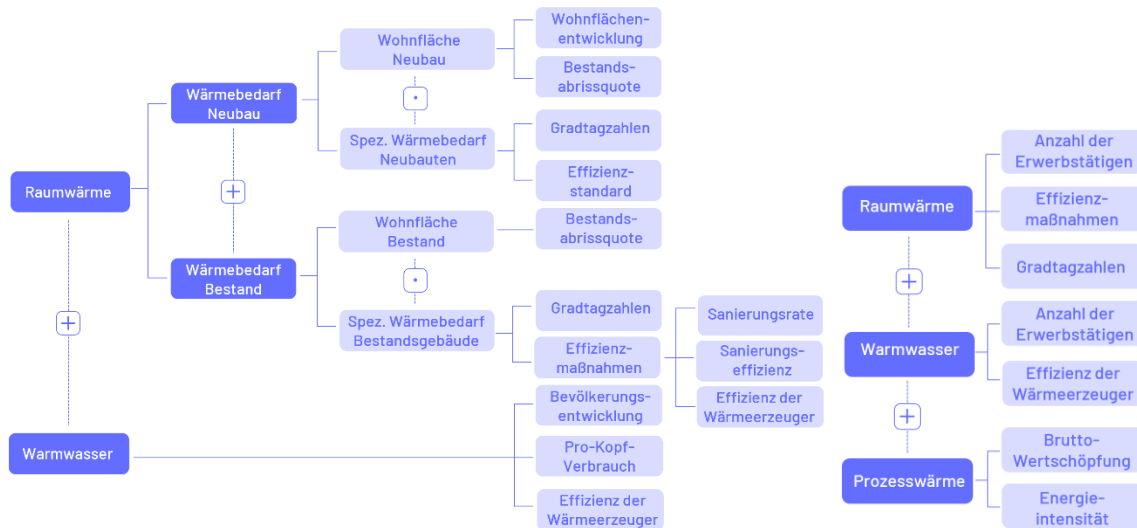


Abbildung 27: Wärmeanwendungen und Treiber des Sektors Haushalte (links), des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD, rechts) und Industrie (rechts)

Zur Ermittlung der Wärmebedarfsentwicklung in Vellmar wurden die folgenden Studien herangezogen.

Tabelle 12: Studien zur Wärmebedarfsentwicklung bezüglich der Sanierungseffizienz

Sektor	Studie	Szenario für Wärmebedarfsentwicklung
Haushalte	(BDI - Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. 2021)	Spar - Wohngebäude
Öffentliche Gebäude	(BDI - Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. 2021)	Spar - Nicht-Wohngebäude
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	(BDI - Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. 2021)	Spar - Nicht-Wohngebäude

Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass die Sanierungstiefe 50 % umfasst, sodass nur die Hälfte des Wärmebedarfs von der Sanierungseffizienz betroffen ist.

Da die Temperaturen aufgrund des Klimawandels steigen, wird von einer Wärmebedarfsreduktion durch geringeres Heizen ausgegangen. Es wird angenommen, dass dadurch der Wärmebedarf pro Jahr um 0,2 % sinkt. Durchschnittlich kommt es so zu circa 1,2 % Wärmebedarfsminderung pro Jahr.

Für die Wärmebedarfsentwicklung in Vellmar ergibt sich ein Wärmebedarf bis 2030 von 116 GWh/a und bis 2045 von 102 GWh/a. Die Wärmebedarfsreduktion stellt sich damit wie folgt dar:

Tabelle 13: Wärmebedarfsreduktion bis zu den Betrachtungszeitpunkten nach Sektoren in Prozent

Sektoren Angaben in %	Reduktion bis 2030	Reduktion bis 2035	Reduktion bis 2040	Reduktion bis 2045
Haushalte (HH)	8,4	13	18	23
Öffentliche Gebäude (AME)	8,4	13	18	23
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)	8,7	14	19	24

Die daraus resultierende Entwicklung des Wärmebedarfs ist in Abbildung 28 dargestellt.

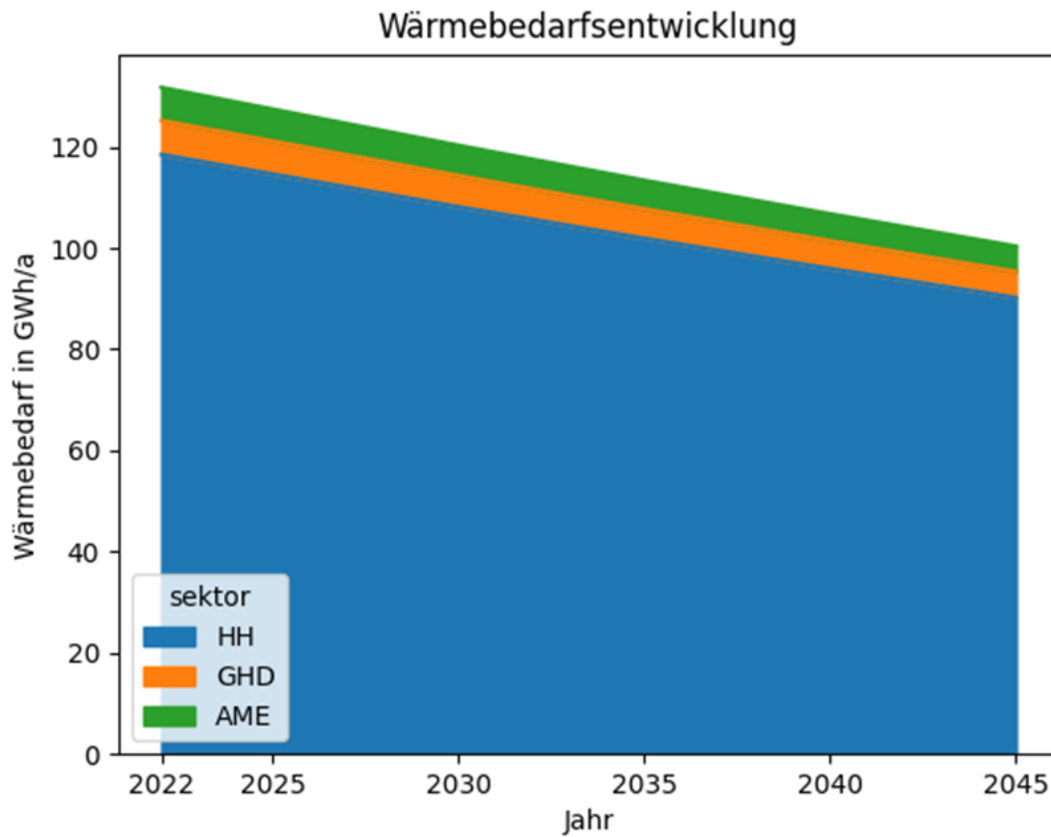


Abbildung 28: Wärmebedarfsreduktion von 2022 bis 2045 differenziert nach Sektoren (HH: Haushalte; AME: Öffentliche Gebäude; GHD: Gewerbe, Handel, Dienstleistungen)

## 4.2 Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie bezeichnet die Nutzung von Erdwärme aus einer Tiefe von bis zu 400 m mithilfe von Erdwärmesonden. Die Wärmeeinspeisung kann sowohl über ein Wärmenetz erfolgen als auch durch dezentrale Wärmepumpen an Gebäuden. Auf die Möglichkeiten der dezentralen Versorgung durch oberflächennahe Geothermie wird in Kapitel 6.2 eingegangen.

Neben den hydrogeologischen Voraussetzungen kommt es bei der Eignungsbewertung maßgeblich auf die potenzielle Wärmeentzugsleistung des Bodens und die Flächenverfügbarkeit an. Oberflächennahe Geothermie darf nicht auf Gebieten genutzt werden, die als „wasserwirtschaftlich unzulässig“ klassifiziert sind. Dagegen ist die Einstufung als „wasserwirtschaftlich und hydrogeologisch ungünstiges Gebiet“ kein direktes Ausschlusskriterium. Dort bedarf es einer Einzelfallprüfung durch die zuständige Behörde. Mögliche Auflagen in diesen Bereichen betreffen die Bohrtiefe oder die bohrtechnischen Verfahren.

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) stellt das Online-Werkzeug „Geothermie-Viewer“ zur Verfügung. Damit können Daten, die für eine geothermische Nutzung relevant sind, gebietsbezogen in einer Karte dargestellt werden. Zudem

werden Erkenntnisse oder aktualisierte Einstufungen in den Geothermie-Viewer fortlaufend eingepflegt.

Aus dem Kartenausschnitt des Geothermie-Viewers in der Abbildung links geht hervor, dass das gesamte Stadtgebiet Vellmar als hydrogeologisch ungünstig beurteilt wird. Dementsprechend wären Einzelfallprüfungen notwendig, sofern diese Quelle genutzt werden soll. Nördlich und nordwestlich des besiedelten Gebiets der Stadt gilt die Standortbeurteilung „wasserwirtschaftlich unzulässig“ (Abbildung 29 rechts). Hier sind keine Erdwärmesondenanlagen erlaubt.

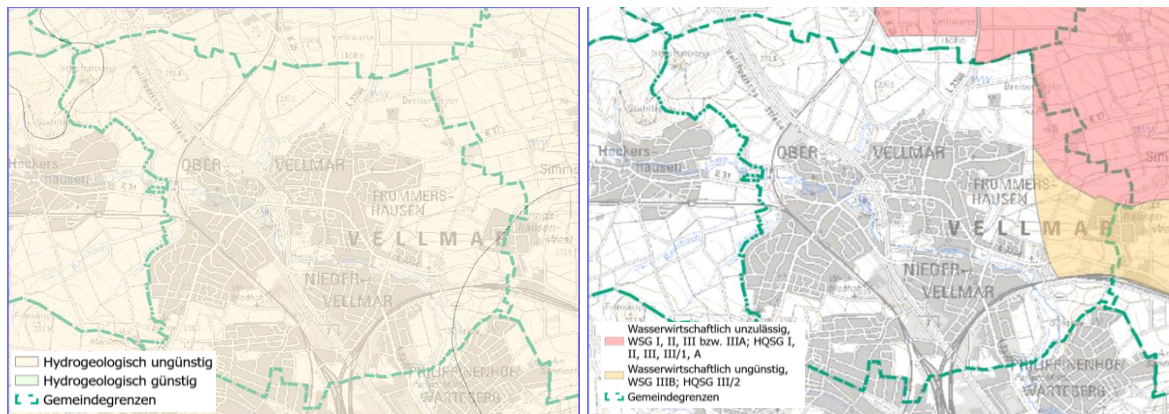


Abbildung 29: Hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung für das geplante Gebiet

Um potenziell geeignete Flächen für die Errichtung von Erdwärmesondenfeldern für Nahwärmenetze zu identifizieren, wurden die Geodaten systematisch ausgewertet.

Im Ergebnis steht nun eine Auswahl von Flächenkategorien fest, bei denen eine Nutzung für Erdwärmesondenfelder grundsätzlich denkbar ist. In der Regel stehen die Flächen nach der Errichtung des Sondenfelds wieder für die ursprüngliche Nutzung zur Verfügung.

Landwirtschaftliche Ackerflächen wurden nicht in der Positivauswahl berücksichtigt, da die oberflächennahen Einbauten der Geothermie danach keine Flächennutzung in gleicher Weise ermöglichen. In die Kategorie „Eignung mit Einschränkung“ wurden Flächentypen aufgenommen, bei denen die Errichtung von Erdwärmesondenanlagen zwar grundsätzlich möglich wäre, aber aufgrund von Interessenskonflikten eingeschränkt sein könnte.

Darüber hinaus wurde eine Liste mit Ausschlussgebieten erstellt, deren Flächenkategorien eine Nutzung für Erdwärmesondenfelder mit großer Wahrscheinlichkeit nicht zulassen. In folgender Tabelle findet sich die Zuordnung der Flächenkategorien.

Tabelle 14: Freiflächenfindung für zentrale oberflächennahe Geothermie: Zuordnung der Flächenkategorien

Positivauswahl	Eignung mit Einschränkung	Ausschlussgebiete
Unland: vegetationslose Fläche und naturnahe Fläche <sup>1</sup>	Flora-Fauna-Habitat-Gebiete <sup>2</sup>	Wald, Gehölz, Baumbestand <sup>1</sup>
Grünland <sup>1</sup>	Vogelschutzgebiete <sup>2</sup>	Friedhöfe <sup>1</sup>
Spielfeld <sup>1</sup>	Landschaftsschutzgebiete <sup>2</sup>	Kleingartenanlagen <sup>1</sup>
Grünanlage <sup>1</sup>	Biosphärenreservat <sup>2</sup>	Gewässer, Sumpf, Moore <sup>1</sup>
Parkplatz <sup>1</sup>	geschützte Biotopkomplexe <sup>2</sup>	Überschwemmungsgebiet <sup>3</sup>
Festplatz <sup>1</sup>		Wasserwirtschaftlich unzulässig: WSG I, II und III bzw. IIIA sowie HQSG I, II, III, III/1 und A <sup>3</sup>
Bodenfunktionsbewertung (BFD5L): Stufen sehr gering und gering <sup>4</sup>		Naturschutzgebiete <sup>2</sup>
		Geschützte Biotope <sup>2</sup>

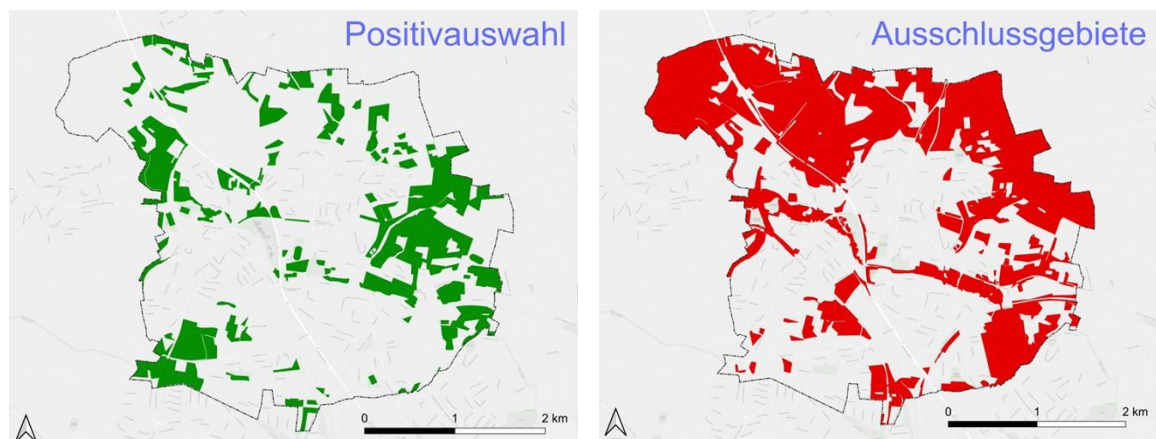


Abbildung 30: Positivauswahl (links) und Ausschlussgebiete (rechts) für die Suche nach geeigneten Flächen für Erdwärmesondenfelder in der Stadt Vellmar

<sup>1</sup> Quelle: ATKIS Basis-DLM, Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation, Stand Juli 2024, [https://gds.hessen.de/INTERSHOP/web/WFS/HLBG-Geodaten-Site/de\\_DE/-/EUR/ViewDownloadcenter-Start?path=Digitales%20Landschaftsmodell/Digitales%20Basis-Landschaftsmodell%20\(shape\)](https://gds.hessen.de/INTERSHOP/web/WFS/HLBG-Geodaten-Site/de_DE/-/EUR/ViewDownloadcenter-Start?path=Digitales%20Landschaftsmodell/Digitales%20Basis-Landschaftsmodell%20(shape))

<sup>2</sup> Quelle: Geodienste Naturschutz, HLNUG, Stand Juli 2024, <https://www.hlnug.de/themen/geografische-informationssysteme/geodienste/naturschutz>

<sup>3</sup> Quelle: Geodienste Wasser, HLNUG, Stand Juli 2024, <https://www.hlnug.de/themen/geografische-informationssysteme/geodienste/wasser>

<sup>4</sup> Quelle: Geodienste Boden, HLNUG, Stand Juli 2024, <https://www.hlnug.de/themen/geografische-informationssysteme/geodienste/boden>

Anschließend werden die Flächen der Ausschlussgebiete von den Flächen der Positivauswahl abgezogen und diese mit den eingeschränkt geeigneten Gebieten überlagert. Es wurde ein Puffer von fünf Metern zum Rand zusammenhängender Flächen abgezogen, um die Platzierung von Sonden direkt auf dem Grundstücksrand auszuschließen und sehr schmale Flächenfragmente nach der Verschneidung zu entfernen. Außerdem werden zusammenhängende Flächen < 1 000 m<sup>2</sup> aus der Auswahl herausgenommen.

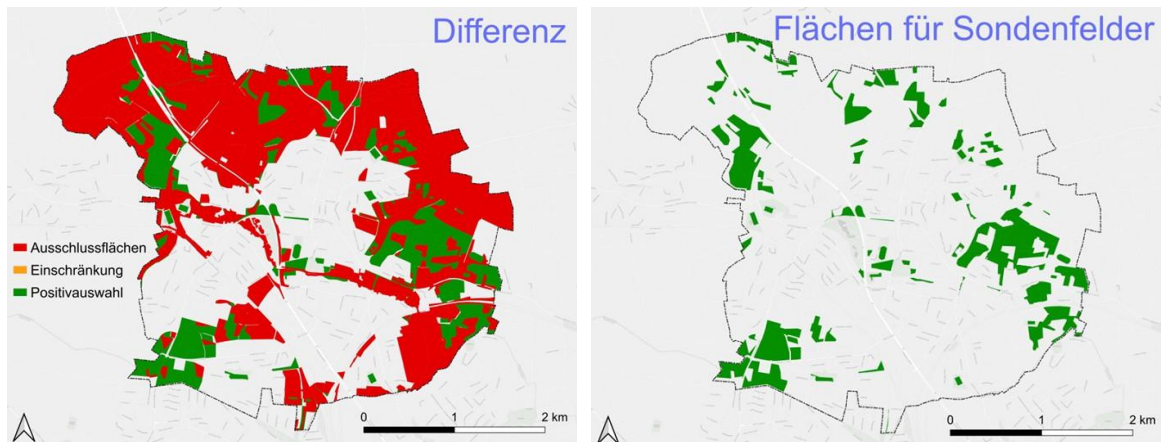


Abbildung 31: Links: Überlagerung von Positivauswahl, Eignung mit Einschränkung und Ausschlussgebieten. Rechts: Flächen für Sondenfelder nach Verschneidung

Abbildung 32 zeigt das Resultat, aufgeschlüsselt nach Art der Fläche. Die Gesamtfläche beträgt etwa 163,1 Hektar. Die räumliche Nähe zu bestehenden oder geplanten Wärmenetzen ist dabei nicht berücksichtigt. Die Flächenauswahl kann als Anhaltspunkt bei der Planung neuer Nahwärmenetze dienen. Im Einzelfall müssen weitere Einschränkungen durch Nutzungskonkurrenzen, Eigentumsverhältnisse, Fehlerfassungen oder Hindernisse auf den Flächen überprüft werden.

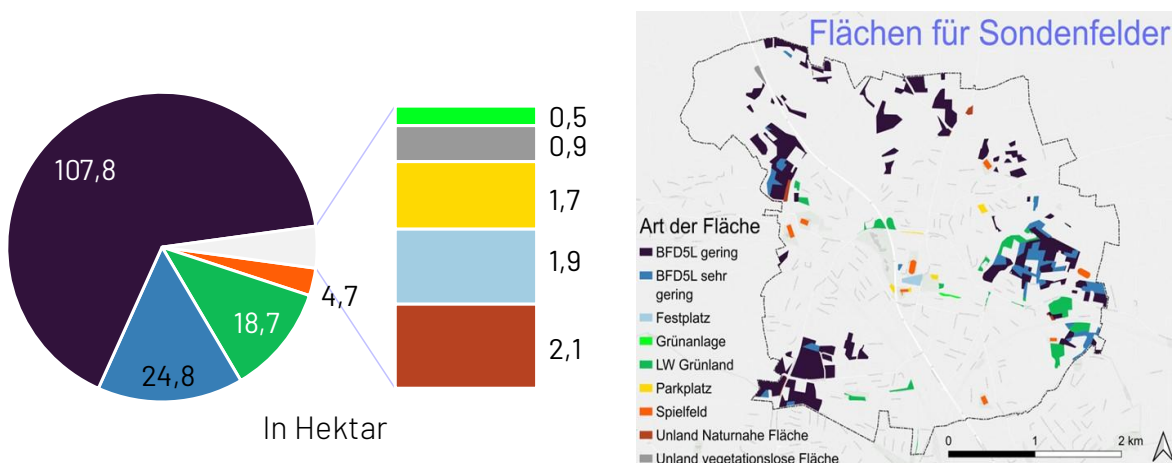


Abbildung 32: Flächen für Erdwärmesondenfelder in der Stadt Vellmar nach Art der Fläche in Hektar

Auf den Flächen wurden mithilfe eines Algorithmus möglichst viele Sonden mit einem Abstand von 8 m zueinander platziert. Die Sondenlänge wird mit 100 m angenommen. Um mögliche Einschränkungen auf den Flächen zu berücksichtigen, werden 50 % der Sonden zufällig entfernt. Das Wärmepotenzial wird unter Berücksichtigung der Untergrundbedingungen und

der gegenseitigen thermischen Beeinflussung der Sonden mit einem analytischen Verfahren nach Miocic (Miocic 2024) berechnet. Die bereitstellbare Wärmemenge mit den identifizierten Flächen liegt bei 23,4 GWh/a, ohne zusätzliche thermische Regeneration.

Durch thermische Regeneration des Untergrunds kann die bereitstellbare Wärmemenge in den Wintermonaten deutlich erhöht werden. Dazu wird in den Sommermonaten Wärme über die Sonden in den Untergrund eingeleitet. Potenzielle Quellen dazu sind zum Beispiel ungedeckte Solarthermie-Kollektoren, Abwärme, Raumwärme oder Luftwärmetauscher. Bei ausgeglichener Wärmebilanz (Einspeisung = Entnahme) über das Jahr kann jede Sonde wie eine Einzelsonde belastet werden, die gegenseitige thermische Beeinflussung der Sonden wird dann aufgehoben.

### 4.3 Tiefe Geothermie

Von tiefer Geothermie spricht man ab einer Bohrtiefe von mehr als 400 m und Temperaturen von über 20 °C. Üblicherweise sind jedoch Tiefen von über 1000 m mit Temperaturen von über 60 °C gemeint. Auch das Bergbaurecht definiert Tiefenbohrungen als Tiefen ab 1000 m (UVP-V Bergbau).

Nutzungssysteme der tiefen Geothermie sind hydrothermale Systeme, bei denen warmes und heißes Wasser im Untergrund für die Wärmeerzeugung genutzt wird. Dies erfolgt meistens über zwei Bohrungen (Förder- und Injektionsbohrung), um eine nachhaltige Nutzung des Thermalwassers zu gewährleisten. Die Bohrungen sind entweder Vertikalbohrungen an zwei unterschiedlichen Standorten oder zwei Schrägbohrungen mit einem Abstand innerhalb des Reservoirs von 1 bis 3 km. Neben den hydrothermalen Systemen gibt es petrothermale Systeme und tiefe Erdwärmesonden. Letztere ähneln der oberflächennahen Geothermie. Aufgrund ihrer schwierigen wirtschaftlichen Nutzung werden sie hier nicht weiter beschrieben. Petrothermale Systeme nutzen die gespeicherte Energie in weniger durchlässigen Gesteinsvorkommen. Überwiegend wird dieses Verfahren zur Stromerzeugung verwendet.

Das Vorgehen der Gutachterin bei der Potenzialermittlung entspricht einer Voruntersuchung. Es wurde zunächst nur geprüft, ob eine geothermische Nutzung grundsätzlich möglich ist und ob diese in bestehende oder neue Wärmenetze eingebunden werden kann. Für vertiefende Erkenntnisse zur Geothermienutzung im Planungsgebiet sollte eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung beruhen auf den frei verfügbaren Informationen des Geothermischen Informationssystems (GeotIS) und des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG).

Die Stadt Vellmar liegt in einem Bereich mit einem erhöhten geothermischen Gradienten. Die Planungskarte für Tiefengeothermie zeigt, dass Teile von Vellmar in einem Gebiet ohne besondere Nutzungskonflikte liegen. Die erwartbaren Temperaturen bei der Nutzung der Tiefengeothermie (Tiefe 1 bis 3 km) entsprechen einem normalen Temperaturgradienten von 4 °C Temperaturzunahme pro 100 m Tiefe. In einer Tiefe von 3000 m sind etwa 110 bis 120 °C zu erwarten. Das Potenzial zur Nutzung der Tiefengeothermie ist gegeben, seine Erschließung wäre aber mit hohen und risikoreichen Investitionen verbunden.

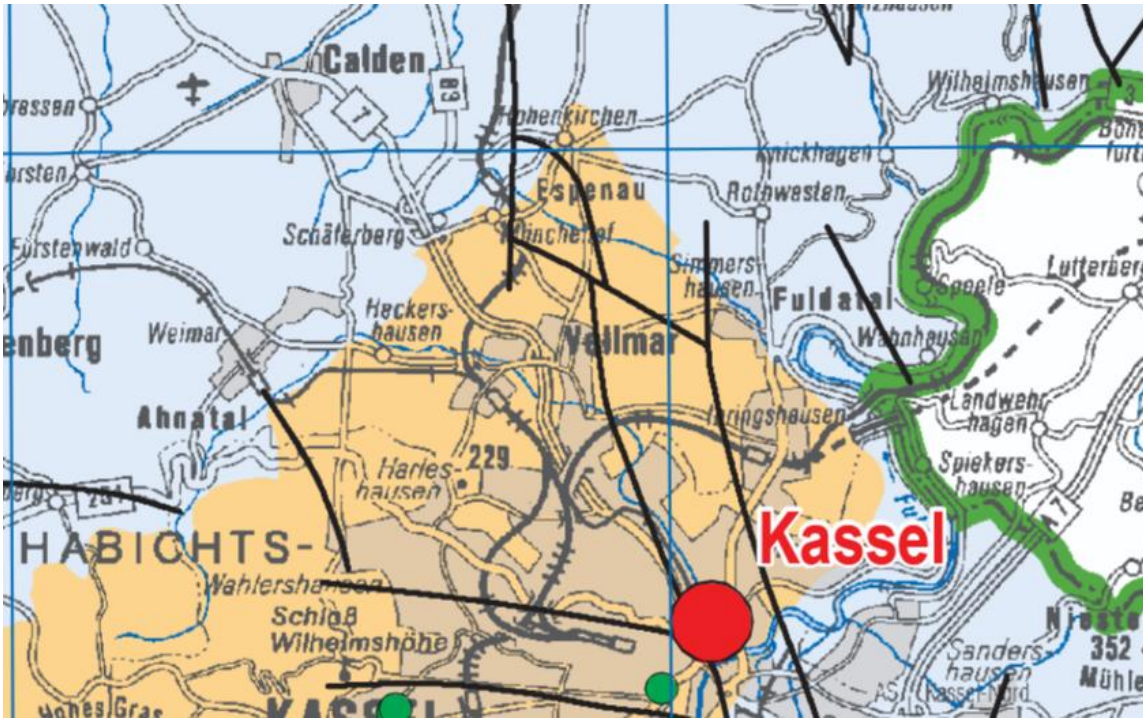


Abbildung 33: HLNUG-Planungskarte zur Nutzung des Untergrunds und zu möglichen Risiken (orange: vermutlich erhöhter geothermischer Gradient, Temperatur in Thermalwasseraufstiegsgebieten in 3 000 m Tiefe 110 bis 120 °C

Die Temperatur steigt mit der Tiefe und liegt bei 4 000 m in einem Bereich von 120 °C bis 130 °C.

Für die Stadt Vellmar liegt kein bekanntes hydrothermales oder petrothermales Potenzial vor. Gleichwohl liegt Vellmar in einem untersuchungswürdigen Gebiet für die Geothermie.

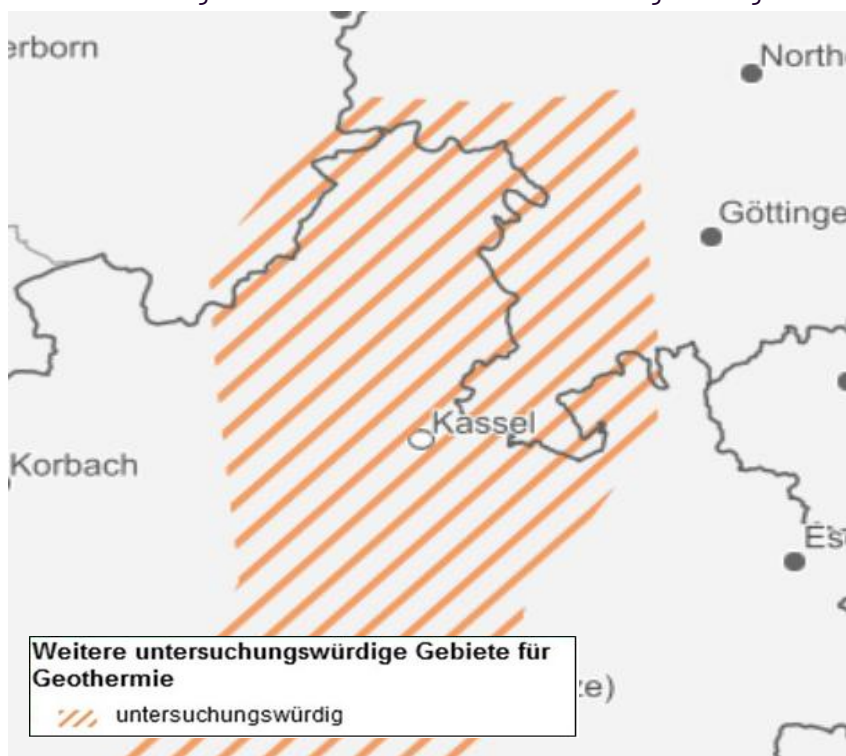


Abbildung 34: Auszug aus GeotIS mit Darstellung der untersuchungswürdigen Gebiete für Geothermie

## 4.4 Grundwasser

Das Grundwasser ist als Wärmequelle aufgrund seiner überwiegend gleichen Temperatur im Jahresverlauf interessant. Durch eine Sole-Wasser-Wärmepumpe kann diese Temperatur auf ein nutzbares Niveau angehoben werden.

Zur Erschließung von oberflächennahen Grundwasserleitern für die Wärmeerzeugung werden mindestens zwei vertikale Brunnen benötigt. Der Förderbrunnen entnimmt das Grundwasser und führt es der Wärmepumpe zu, während der Schluckbrunnen das abgekühlte Wasser ins Erdreich zurückleitet. Statt eines Schluckbrunnens ist auch eine Versickerung möglich. Anders ist es bei Horizontalfilterbrunnen. Sie bestehen aus horizontal verlaufenden Filterrohren, über die das Grundwasser gefördert wird. Je nach Wärmebedarf werden entsprechend viele Brunnen angelegt. Hier muss ein Mindestabstand eingehalten werden, damit sich die Brunnen und andere Anlagen gegenseitig weder thermisch noch hydraulisch beeinflussen.

Die Voraussetzungen für die energetische Nutzung des Grundwassers sind ein geeignetes oberstes Grundwasserstockwerk und die richtige Beschaffenheit des Grundwassers. Besonders geeignet sind Porengrundwasserleiter (Sand, Kies) mit wenig Feinbestandteilen (Feinsand, Schluff, Ton) und einem geringen Grundwasserflurabstand bei einer großen Ergiebigkeit für Förderbrunnen. Die Qualität des Grundwassers sollte möglichst weich und sauerstoffreich sein.

Saisonale Schwankungen sollten beim Grundwasser möglichst gering ausfallen. Niedrige Temperaturen oder ein schwankender Wasserstand können den Betrieb erschweren oder unmöglich machen. Die Wärme des Grundwassers hängt vor allem von der Sonneneinstrahlung und dem versickernden Niederschlag ab. An der Oberfläche ist die saisonale Temperaturschwankung am größten und nimmt in der Tiefe ab. Ab 10 bis 15 m ist sie nicht mehr nachweisbar.

Bei der Standortsuche ist der wasserrechtliche Rahmen zu berücksichtigen, hier vor allem die landesrechtlichen Wasserhaushalts- und Wassergesetze. Sie stellen eine sichere Trinkwasserversorgung, die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen, die Förderung regenerativer Energien und die Vermeidung von thermischen Auswirkungen auf benachbarte Anlagen sicher.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die wasserwirtschaftliche Nutzung des Grundwassers in großen Teilen Vellmars grundsätzlich zulässig ist (vgl. Abbildung 29).

Im regionalen Bohrdatenportal sind eine Vielzahl von Bohrungen zu finden, die in Vellmar bereits durchgeführt wurden. Auf Grundwasser traf man in Tiefen zwischen 2,4 m und 25,3 m (Name der Bohrungen: z. B. 0220 und 0068).

## 4.5 Oberflächengewässer

Im Planungsgebiet der Stadt Vellmar gibt es kein Oberflächengewässer (Fluss, See, Meer), das als Wärmequelle wirtschaftlich sinnvoll genutzt werden kann.

## 4.6 Umgebungsluft

Die Umgebungsluft kann in Kombination mit Wärmepumpen als Wärmequelle genutzt werden und steht praktisch unbegrenzt zur Verfügung. Wichtigste Einschränkung bei Luftwärmepumpen sind die Lärmschutzverordnungen. Hier müssen die Schallschutzvorgaben und die verfügbaren technischen Lösungen genau geprüft werden. Generell kann festgehalten werden, dass Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) eine große Rolle bei der Umstellung auf eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung spielen. Das Potenzial für die dezentrale Wärmeversorgung wird in Kapitel 6.1 dargestellt.

Das technische Potenzial von Luft-Großwärmepumpen für die zentrale Wärmeversorgung über Wärmenetze ist groß. Eine Hürde bei der Standortsuche sind die Geräuschemissionen der Luft-Wasser-Wärmepumpe. Daher wurden die aktuellen Vorgaben zur Schallimmission und zu Schutzflächen genau geprüft.

Bei der Betrachtung wurden folgende Gebiete zu Beginn ausgeschlossen:

- Gehölz
- Sumpf
- Moor
- Stadien
- Spielfelder
- Gewässer
- Wald
- Naturschutzgebiete

Die folgende Tabelle enthält die berechneten Immissionsgrenzen nach TA-Lärm (BMI - Bundesministerium des Innern 2025) sowie die erforderlichen Abstände zu Schutzobjekten in Abhängigkeit von dem jeweiligen Schalleistungspegel (80, 85, 90 dB(A)) der Wärmepumpe nach Leitfaden Schall ((BWP - Bundesverband Wärmepumpe e. V. Februar 2023)).

Tabelle 15: Mindestabstände zu Schutzobjekten in Metern nach Schalleistungspegel der Wärmepumpe gemäß Leitfaden Schall sowie Immissionsgrenzen Nacht nach der TA-Lärm

Schutzobjekte	Immissionsgrenze Nacht (22-6 Uhr)	Mindestabstand in m bei Schalleistungspegel:		
	in dB(A)	80 dB(A)	85 dB(A)	90 dB(A)
Wohngebäude	35	141,3	251,2	446,7
GHD-Gebäude	45	44,7	79,4	141,3
Öffentliche Gebäude	35	141,3	251,2	446,7
Industriegebäude	70	2,5	4,5	7,9
Friedhof	55	14,1	25,1	44,7

Schutzobjekte	Immissionsgrenze Nacht (22-6 Uhr)	Mindestabstand in m bei Schalleistungspegel:		
		7,9	14,1	25,1
Kleingartenverein	60	7,9	14,1	25,1
Wochenendhäuser	40	79,4	141,3	251,2
Campingplätze	40	79,4	141,3	251,2

Mit den Annahmen: Richtwirkungsmaß  $DI = 0 \text{ dB(A)}$ , Zuschlag Ton- & Informationsgehalt:  $K_T = 0 \text{ dB(A)}$ , Raumwinkelmaß Aufstellung:  $K_0 = 3 \text{ dB(A)}$ , Zuschlag für empf. Zeiten  $K_R = 0 \text{ dB(A)}$ , Nachtreduzierung:  $K_N = 0 \text{ dB(A)}$ , Irrelevanz-Zuschlag:  $K_{irr} = 6 \text{ dB(A)}$   
 Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz - Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA-Lärm

Welche Aufstellgebiete im Planungsgebiet geeignet sind, macht die folgende Abbildung deutlich. Dabei wurden sowohl die vorgeschriebenen Mindestabstände des Schallschutzes als auch ein Maximalabstand von 500 m zur Bebauung berücksichtigt. Grundsätzlich sind in der Stadt Vellmar geeignete Standorte für Luft-Wasser-Großwärmepumpen in der Nähe zu potenziellen Wärmenetzgebieten vorhanden. Die tatsächliche Verfügbarkeit der Flächen muss später gesondert ermittelt werden.

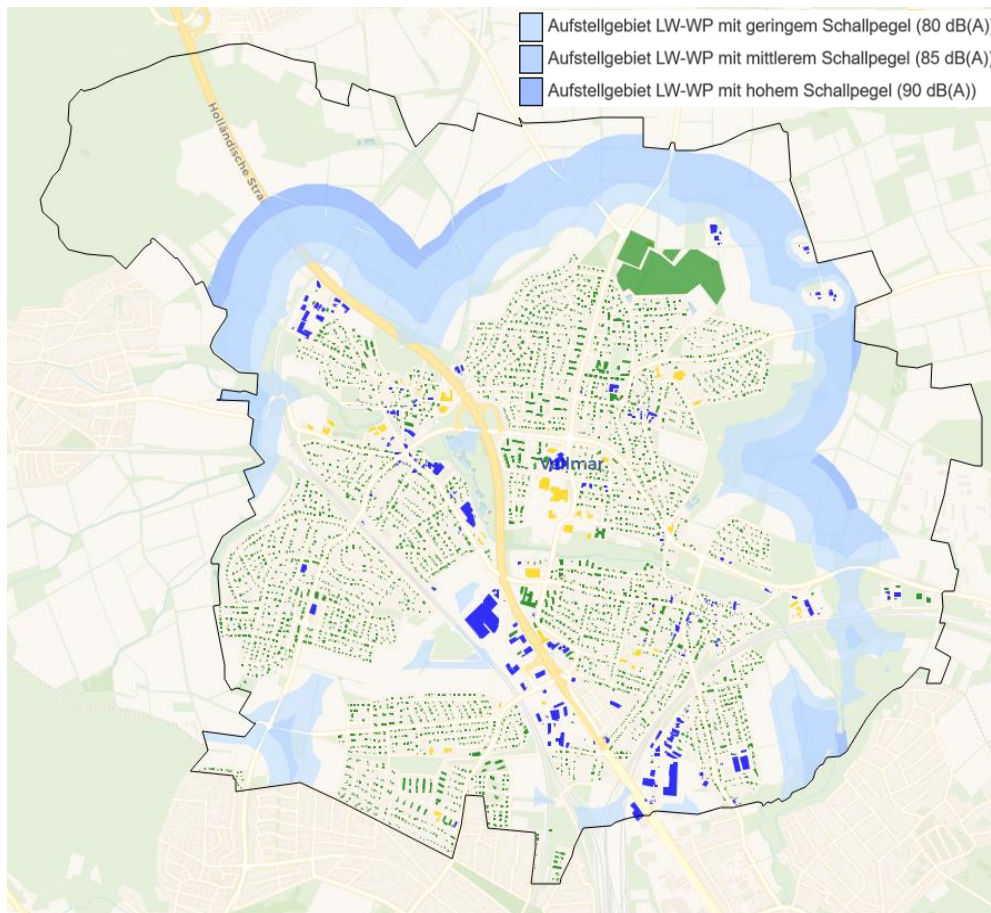


Abbildung 35: Mögliche Aufstellgebiete in Vellmar für Luft-Wasser-Großwärmepumpen unter Einhaltung der Schallimmissionsvorgaben, dargestellt für drei verschiedene Schallemissionspegel.

## 4.7 Abwasser

Für die Potenzialanalyse wurden die kommunalen Abwässer auf ihre energetische Nutzbarkeit hin untersucht. Kläranlagen weisen in der Regel das größte Potenzial als Wärmequelle für Großwärmepumpen auf. In der Stadt Vellmar ist kein Klärwerk vorhanden. Alle Abwässer werden über die Kanalisation in das Kasseler Klärwerk geleitet. Die Einwohnergleichwerte liegen dabei bei 22 271 EW. Kanalquerschnitte größer als DN 800 sind in Vellmar gegeben und somit auch die Optionen zur Wärmeentnahme aus der Kanalisation. Jedoch darf das Abwasser nur um 0,5 Kelvin (DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall 2020) bis vor der Kläranlage abgekühlt werden, damit die Prozesse in der Kläranlage reibungslos verlaufen und die Temperaturen höchstens auf 12 °C sinken (DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall 2020). Diese Einschränkungen führen dazu, dass kein wirtschaftliches Potenzial bei der Nutzung von Abwasser ausgewiesen werden kann.

## 4.8 Solarthermie und Photovoltaik

Große solarthermische Anlagen sind eine bewährte Technologie, die bei geringem Energiebedarf hocheffizient Wärme für Wärmenetze zur Verfügung stellen kann. Hierfür werden überwiegend Flachkollektoren eingesetzt. Das Wärmeangebot solarthermischer Anlagen unterliegt tageszeitlichen und saisonalen Schwankungen. Voraussetzung sind geeignete Flächen in der Nähe der Wärmenetze. Meist empfiehlt sich eine Kombination mit Kurzzeit- oder Saisonspeichern.

Photovoltaik bietet eine gute Möglichkeit, Großwärmepumpen zu unterstützen und den Wärmepreis zu senken. Sie hat zusätzlich den Vorteil, dass Überschüsse ins Stromnetz abgegeben werden können.

In der Potenzialanalyse geht es vorrangig um die Ermittlung geeigneter Flächen.

### 4.8.1 Solarthermie

Der Gutachterin lag eine PV-Freiflächen-Studie der Städtische Werke AG, Kassel, für die Stadt Vellmar vor. Darin wurden bereits geeignete Nutzungsflächen für Freiflächen-Photovoltaik und Freiflächen-Solarthermie entlang der Bahntrasse nordwestlich und östlich von Vellmar identifiziert. Die Areale sind in der folgenden Abbildung eingezeichnet. Insgesamt stehen damit 88 Hektar zur Verfügung. Die Flächen in Vellmar-West wurden hier nicht mitberücksichtigt, da diese als Vorranggebiet für besondere Klimafunktionen ausgewiesen sind.

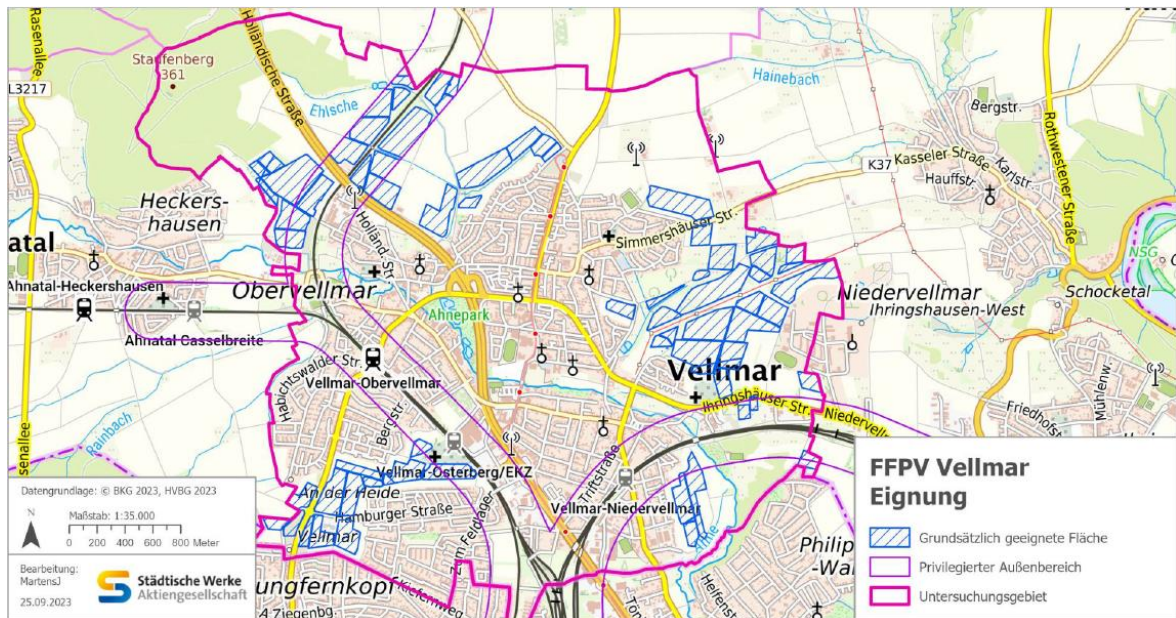


Abbildung 36: Potenzielle Flächen für Freiflächen-Solarthermieanlagen oder Photovoltaik

Bei Nutzung der gesamten Flächen kann ein sehr hohes solarthermisches Potenzial erschlossen werden, dessen Ertrag den sommerlichen Bedarf der Stadt Vellmar übertrifft. Die Flächen wurden nach Priorität kategorisiert und ausgewertet. Die Ergebnisse der Auswertung des Potenzials finden sich in Tabelle 16.

Grundsätzlich sollte die Installationsfläche das 1,5- bis 3-fache der Kollektorfläche betragen. So können größere Abstände zwischen den Kollektorreihen die tolerierte Verschattung reduzieren und die Effizienz erhöhen. Die Verfügbarkeit von Flächen hängt zudem von konkurrierenden Nutzungsarten wie Wohnraum oder Landwirtschaft ab.

Wenn eine Solarthermieanlage auf die Sommerlast ausgelegt wird, sollte sie so dimensioniert werden, dass Wärmeüberschüsse an einstrahlungsreichen Tagen im Sommer gering gehalten oder vermieden werden.

Damit die Wärme der Sonne auch in der Nacht zur Verfügung steht, sind Tagesspeicher üblich. Aufgrund der geringen Wärmeüberschüsse und der relativ kurzen Speicherdauer erreichen die Anlagen hohe spezifische Erträge und dementsprechend geringe solare Wärmegestehungskosten. Allerdings sind die solaren Deckungsraten des Wärmebedarfs durch solche Speicher je nach saisonaler Lastverteilung auf 5 % bis etwa 15 % begrenzt, sodass der größte Teil der Wärme von weiteren Wärmeerzeugern bereitgestellt werden muss. Die konkreten Vorteile der Nutzung von Tagesspeichern hängen somit stark von den Bedingungen des Einzelfalls ab.

Um die im Sommer produzierte Wärme auch im Winter nutzen zu können, sind saisonale Wärmespeicher notwendig. Diese unterscheiden sich deutlich in Konstruktion und Speichervolumen von Kurzzeitspeichern. Aufgrund der längeren Speicherdauer liegen die Speicher- verluste je nach Bauweise und Anzahl der Speicherzyklen zwischen 10 % und 30 %.

Ein optimaler Betrieb ist gegeben, wenn die Speichertemperaturen möglichst gering ausfallen, wodurch die Wärmeverluste reduziert und höhere spezifische Erträge der Solarthermieanlage erzielt werden.

Damit sind solare Deckungsraten des Wärmebedarfs mit Werten von über 30 % erreichbar. Unter idealen Voraussetzungen auch von deutlich über 50 %. Welche Deckungsrate angestrebt wird, muss individuell nach ökologischen und ökonomischen Kriterien festgelegt werden.

Durch die zentrale Installation einer großen Solarthermie-Freiflächenanlage verringern sich die spezifischen Investitionskosten (Universität Kassel Januar 2022), da die spezifischen Installationskosten bei einer größeren Freifläche geringer ausfallen.

Das theoretische und technische Potenzial ist in den folgenden Tabellen dargestellt:

Tabelle 16: Theoretisches Potenzial Solarthermie

Priorität	Flächengröße in ha	Kollektorfläche brutto auf Frei- fläche in m <sup>2</sup>	Theoretisches Potenzial bei solarem Ertrag von	
			350 kWh/m <sup>2</sup> Kollektorfläche in GWh/a	550 kWh/m <sup>2</sup> Kollektorfläche in GWh/a
Hoch	20	98.100	34	54
Mittel	25	125.400	44	69
Niedrig	43	215.850	76	119
Gesamt	88	439.350	154	242

Beispielhaft werden die zwei Varianten erläutert:

- **Auslegung der Solarthermieanlage auf die Schwachlastperiode im Sommer**

Diese Variante beinhaltet einen Tagesspeicher und erzielt relativ hohe spezifische Solarerträge von 550 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Da der Bedarf hier nur im Sommer gedeckt wird und dann sehr gering ist, werden pro Jahr Deckungsraten von durchschnittlich zwischen 10 % und 15 % erreicht.

- **Auslegung einer Solarthermieanlage mit Saisonspeicher zur Erreichung hoher solarer Deckungsraten**

Diese Variante beinhaltet einen Saisonspeicher und erzielt mittlere spezifische Solarerträge von 350 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Da eine größere Kollektorfläche verbaut wird, können die Bedarfe auch in den Übergangszeiten wie Herbst und Frühling gedeckt werden. Je nach Größe eines Saisonspeichers können auch Teile des Wärmebedarfs im Winter gedeckt werden.

Die genannten spezifischen solaren Erträge können in Abhängigkeit von den mittleren Wärmenetztemperaturen schwanken. Auf eine niedrige Rücklauftemperatur im Wärmenetz ist zu achten. Das Ziel ist eine jährliche, mittlere Rücklauftemperatur von unter 50 °C im Wärmenetz. Denn mit steigender mittlerer Kollektortemperatur – abhängig von den Rücklauftemperaturen im Wärmenetz und im Speicher – nehmen die spezifischen Solarerträge ab.

## 4.8.2 Photovoltaik

In Tabelle 17 wird das theoretische Potenzial für Photovoltaik dargestellt. Dieses basiert auf der Annahme, dass pro Hektar Landfläche 1 MW<sub>Peak</sub> installiert werden kann, sofern die Fläche vollständig nutzbar ist. Je MW<sub>Peak</sub> installierter Leistung wird ein Ertrag von circa 1 000 MWh/a erwartet (C.A.R.M.E.N. e. V. - Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk 2023).

Für Vellmar wurde zudem die Nutzung von Agrar-Photovoltaik (Agri-PV) für die ausgewiesenen Flächen mitbetrachtet. Agri-PV bezeichnet eine Technologie, bei der PV-Anlagen und landwirtschaftliche Nutzung auf einer Fläche kombiniert werden. Die PV-Anlage wird über ein Montagesystem in einer bestimmten Höhe installiert, sodass landwirtschaftliche Maschinen, Viehzucht und der Anbau von Pflanzen darunter Platz finden. Die genutzten PV-Paneele sind durchsichtig, sodass keine Totalverschattung vorhanden ist, jedoch Pflanzen vor zu starker Sonneneinstrahlung geschützt werden können. Hier wird angenommen, dass 0,35 MW<sub>Peak</sub> pro Hektar installiert werden können (ISE - Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme 2025). Die Ergebnisse finden sich in folgender Tabelle.

Tabelle 17: Theoretisches Potenzial Photovoltaik

Priorität	Flächen- größe in ha	Potenzial Installierte Leistung in MW <sub>peak</sub>		Potenzial Ertrag in GWh/a	
		Freiflächen-PV	Agri-PV	Freiflächen-PV	Agri-PV
Hoch	34	20	7	20	7
Mittel	44	25	9	25	9
Niedrig	76	43	15	43	15
Gesamt	154	88	31	88	31

## 4.9 Biomasse

Biomasse umfasst prinzipiell alle organischen Stoffe – pflanzliche und tierische –, die zur Erzeugung von Wärmeenergie genutzt werden können. Bei der Potenzialanalyse wurden die lokalen Biomasseangebote auf dem beplanten Gebiet fokussiert.

Für die Erhebung des lokalen Biomassepotenzials wurde die Studie „Innovative Konzepte und Geschäftsmodelle für zukunftsfähige Bioenergiedörfer – klimafreundlich, demokratisch, bürgernah“ herangezogen. In dieser Studie wurden verschiedenste Potenziale der Biomasse unter anderem für den gesamten Landkreis Kassel erhoben. Biomassepotenziale, die sich ausschließlich auf das beplante Gebiet beziehen, lagen nicht vor. Diese sind in folgender Tabelle in der Einheit tausend Tonnen Frischmasse (t FM/a) und tausend Tonnen Trockensubstrat (t TS) aufgeführt.

Tabelle 18: Biomassepotenziale des Landkreises Kassel

Biomasse	Potenziale
Rapsstroh	21.686 t FM /a
Körnermaisstroh	440 t FM /a
Gras aus Dauergrünlandflächen	160.557 t FM /a
Großvieheinheiten umgerechnet in Biogas	12.026.752 m <sup>3</sup> /a
Garten-/Parkabfälle	8.672 t FM /a
Biotonne	42.462 t FM /a
Restholz unter stärkerer Berücksichtigung des Naturschutzes (WEHAM-Szenario)	46.326 t TS /a
Restholz mit Holznutzungsmaximierung im Vordergrund (WEHAM-Szenario)	61.573 t TS /a

## 4.10 Unvermeidbare Abwärme

Unvermeidbare Abwärme wird in § 3 Abs. 1 Nr. 13 WPG definiert. Demnach zählen dazu zum Beispiel unvermeidbare Nebenprodukte aus industrieller Produktion, Stromerzeugung oder Wärmepotenziale aus der Abfall- und Klärschlammverbrennung. Die dargestellten Potenziale stammen entweder aus eigenen Erhebungen oder wurden im Marktstammdatenregister recherchiert. Eine weitere Quelle war die Plattform für Abwärme (§ 17 EnEFG).

### 4.10.1 Industrielle Abwärme - Direktabfrage

Die Stadt Vellmar ist nicht durch Industrie geprägt. Dennoch wurden drei Unternehmen für die Direktabfrage identifiziert. Zur Datenerfassung wurde ein Fragebogen erstellt, der an die Unternehmen versandt wurde. Die Teilnahme war freiwillig. Kein Unternehmen hat einen Fragebogen zurückgeschickt.

### 4.10.2 Auswertung der Plattform für Abwärme

Die Abwärmemengen wurden auf der bundesweiten Plattform für Abwärme am 15.1.2025 erstmals veröffentlicht (BfEE - Bundesstelle für Energieeffizienz 2024). Die Online-Plattform verzeichnet über 20 000 Abwärmepotenziale von über 2 600 Firmen. Für Vellmar gibt es keine Einträge.

### 4.10.3 Klärschlammverbrennung

Die thermische Behandlung des Klärschlammes ist in Deutschland der vorherrschende kommunale Entsorgungsweg für Klärschlamm. Durch die Verbrennung (Mono- oder Mitverbrennung) entsteht ein beträchtliches Abwärmepotenzial. Mit der Neufassung der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 3.10.2017 ist geregelt, dass zukünftig in allen Kläranlagen eine Phosphorrückgewinnung ab einem Phosphorgehalt von 20 Gramm oder mehr je Kilogramm Trockenmasse erfolgen muss. Daher werden neue Anlagen zur Monoverbrennung

von Klärschlamm relevanter und sollten mit Blick auf Wärmepotenziale weiterhin betrachtet werden. In Vellmar wird keine Kläranlage betrieben, und es ist aktuell auch keine geplant, sodass hier kein Potenzial vorliegt.

#### 4.10.4 Sperrmüll

Der in Vellmar anfallende Sperrmüll und das Altholz werden in der benachbarten Großstadt Kassel gesammelt und im Müllheizkraftwerk Kassel verbrannt. Aus diesem Grund liegen keine Potenziale für Vellmar vor.

### 4.11 Weitere Potenziale

#### 4.11.1 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) werden in einem Kraftwerk gleichzeitig elektrische und thermische Energie erzeugt. Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden die mit erneuerbaren Energieträgern (Biogas, Biomasse, Reststoffe) betriebenen KWK-Anlagen sowie die potenziell umrüstbaren Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) in Vellmar betrachtet. Dazu wurde das Marktstammdatenregister mit Stand vom 1.7.2025 herangezogen. Auf dem Planungsgebiet sind drei Erzeugeranlagen mit einer thermischen Leistung von insgesamt 1,2 MW installiert. Die elektrische Leistung beträgt 0,67 MW. Die folgende Abbildung schlüsselt die Energieträger und ihr Volumen getrennt nach elektrischer und thermischer Leistung auf und setzt die Anzahl der Erzeugeranlagen ins Verhältnis. Es wurden nur KWK-Anlagen mit Leistungen größer 50 kW betrachtet. Die zwei größten KWK-Anlagen werden mit Biomasse betrieben und haben zusammen eine thermische Leistung von 1,0 MW. Darunter ist das Kraftwerk BHKW Palm mit der höchsten thermischen Leistung von 581 kW.

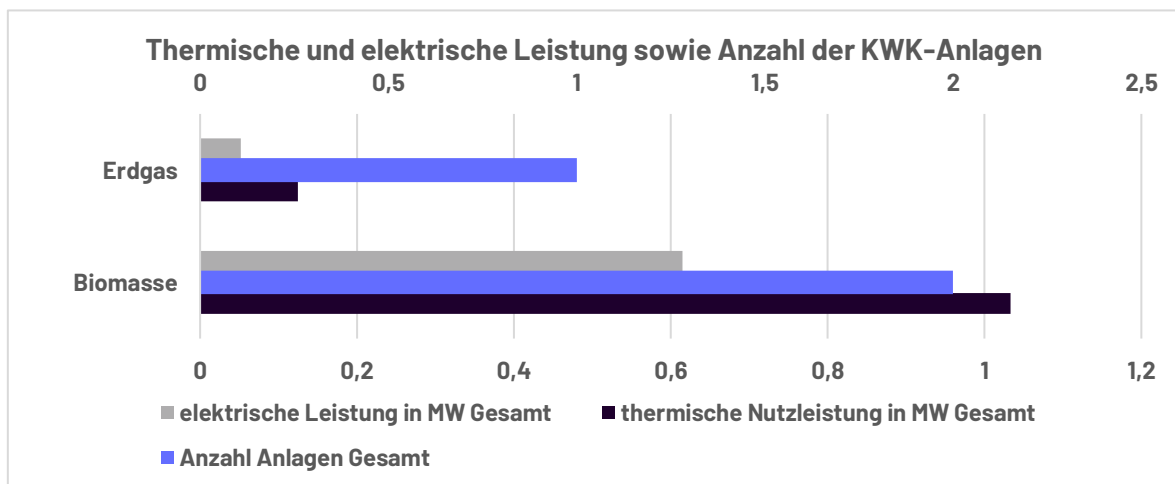


Abbildung 37: Thermische und elektrische Leistung sowie Anzahl der KWK-Anlagen nach Marktstammdatenregister

In folgender Abbildung sind die Standorte aller Stromerzeugungsanlagen in Vellmar dargestellt. Hierzu zählen sowohl KWK-Anlagen als auch Generatoren, die mit Heizöl betrieben werden. Die Leistungskategorie ist markiert sowie der Brennstoff farblich differenziert.

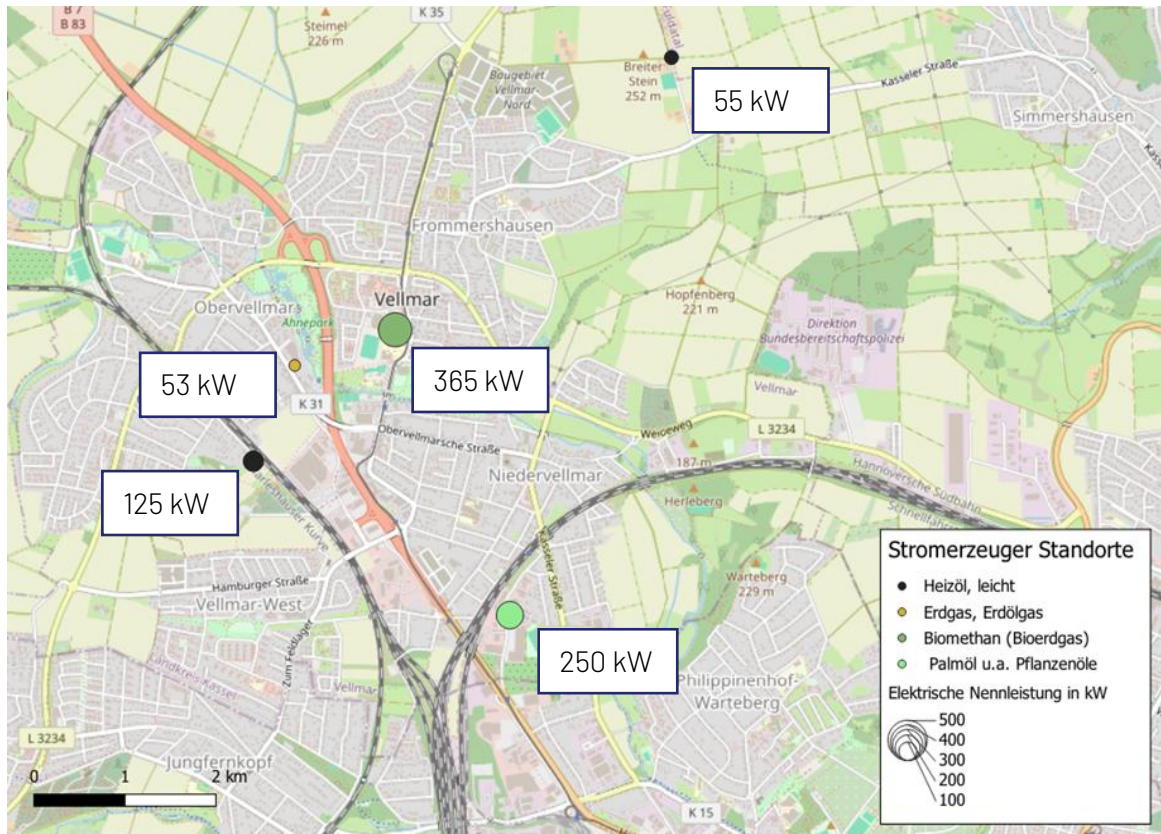


Abbildung 38: Stromerzeugende Anlagen aus Marktstammdatenregister nach elektrischer Leistung für Vellmar

In der folgenden kartografischen Abbildung sind außerdem Anlagen in Vellmar dargestellt, die nur Strom erzeugen und keine Wärme auskoppeln. Das betrifft die beiden Anlagen mit Heizöl.



Abbildung 39: Stromerzeugende Anlagen mit und ohne Wärmeauskopplung aus Marktstammdatenregister nach thermischer Nutzleistung

Die Biogasanlage am Breiten Stein ist in den beiden vorausgegangenen Grafiken nicht aufgezeigt, da die Anlage auf dem Gemarkungsgebiet von Fuldata steht. Diese Anlage ist angedacht zur Erzeugung der Wärme für die Mehrparteiengebäude des Neubaugebiets Vellmar-Nord. Das Wärmepotenzial der Biogasanlage wird in der Wärmeplanung des Neubaugebiets berücksichtigt (vgl. Kapitel 3.7.4).

#### 4.11.2 Grüner Wasserstoff und andere synthetische Gase

Nach Auskunft des Netzbetreibers sind keine Vorhaben zur Nutzung von grünem Wasserstoff oder synthetischen Gasen für das Netzgebiet in Vellmar beabsichtigt. Daher ist hier kein Potenzial festzustellen.

Die Bundesnetzagentur hat den Aufbau des nationalen Wasserstoffkernnetzes am 22.10.2024 genehmigt (Bundesnetzagentur 2024). Die Werne-Eisenach-Leitung des Fernleitungsnetzes soll laut der technischen Machbarkeitsstudie in der Nähe von Vellmar entlangführen. Nach Aussage des Gasverteilnetzbetreibers ist keine Verteilung, Erzeugung oder Speicherung von Wasserstoff zur dezentralen Wärmeerzeugung in Vellmar geplant.

#### 4.11.3 Großwärmespeicher

Großwärmespeicher sind als Potenzial relevant, weil sie in Wärmenetzen mit hohem Anteil erneuerbarer Wärme den zeitlichen Versatz zwischen Wärmeangebot und -nachfrage überbrücken können. Großwärmespeicher werden nach ihrer Speicherdauer in kurzfristige

(mehrere Stunden oder Tage), mittelfristige (mehrere Wochen) und langfristige (saisonale) Speicher unterteilt.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal von Großwärmespeichern ist ihre Bauform. Dabei sind vier Typen definiert:

- **Behälterspeicher:** Meist ein zylindrischer Stahlbetonbehälter, der von außen gedämmt und mit Wasser gefüllt ist, welches die Wärme speichert. Behälterspeicher haben ein Volumen von bis zu 50 000 m<sup>3</sup>. Temperaturen von über 100 °C sind möglich. Ergänzend kann ein Druckspeicher eingesetzt werden, um höhere Temperaturen und Speichervolumina zu realisieren. Behälterspeicher haben eine hohe Lade- und Entladekapazität bei geringen Verlusten.
- **Erdbeckenspeicher:** Sind entweder große abgedeckte Erdbecken mit geringer Bautiefe oder flächensparende Stahl-Beton-Tanks mit größerer Bautiefe. Als Speichermedium dienen Wasser, ein Wasser-Kies- oder ein Wasser-Erdreich-Gemisch. Der Flächenbedarf hängt von der Beschaffenheit des Untergrunds und dem Böschungswinkel ab. Wärmepumpen unterstützen die Entladung des Speichers, sodass das untere Temperaturniveau sinkt. Erdbeckenspeicher zeichnen sich durch signifikante Skaleneffekte und hohe Lade- und Entladekapazitäten aus.
- **Aquifer-Speicher:** Sind natürliche im Untergrund vorhandene Gesteinskörper mit wassergefüllten Hohlräumen, in denen Wärme gespeichert werden kann. Eine Erschließung ist häufig unsicher und kostenintensiv.
- **Erdsonden-Wärmespeicher:** Speichern Wärme in Tiefen von etwa 400 m, bei geringeren Temperaturen. Sie eignen sich eher für Netze mit niedriger Vorlauftemperatur.

Eine Bewertung der Potenziale ist jeweils im Zusammenhang mit der kompletten netzgebundenen Wärmeerzeugung für ein betrachtetes Gebiet vorzunehmen, da sich die technischen und wirtschaftlichen Einsatzbedingungen eines Speichers aus dem jeweiligen Gesamtsystem ergeben. Hier spielt vor allem das gewählte Erzeugerportfolio eine maßgebliche Rolle. Insbesondere wenn die Erzeugung auf stark schwankenden Wärmequellen aufbaut (das kann z. B. bei industrieller Abwärme der Fall sein) oder der saisonale Erzeugungslastgang stark vom Wärmebedarfslastgang abweicht (z. B. bei der Solarthermie) können Großwärmespeicher eine wichtige Rolle im Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit oder der Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung spielen.

## 4.12 Fazit der Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse nach § 16 WPG wurde zunächst die Wärmebedarfsentwicklung der Stadt Vellmar bis zum Zieljahr 2045 geschätzt. Dabei wurde auch das Potenzial der Wärmebedarfsreduktion bis zum Zieljahr ermittelt. Anschließend wurden die Potenziale für erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme untersucht. In diesem Rahmen wurde unter anderem ein Flächenscreening für das Planungsgebiet durchgeführt.

Für Wohn- und Nicht-Wohngebäude ergab sich für den Wärmebedarf eine Einsparung bis zum Zieljahr 2045 von etwa 23 %. Für öffentliche Gebäude wurden etwa 24 % berechnet. Es wurden keine Gebäude als Industriegebäude klassifiziert.

Für die Nutzung von erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme bestehen in Vellmar unterschiedliche Potenziale. Schwerpunkte, die später auch im Ausbauszenario für die Wärmenetze eine besondere Rolle spielen, liegen bei Luftwärmepumpen und einer Kombination von Großwärmepumpen mit Erdwärmesondenfeldern.

Tabelle 19: Potenziale für erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme

Wärmequelle	Einschätzung oder Potenzial in GWh/a
Oberflächennahe Geothermie	23
Tiefe Geothermie	Vorhanden; gegebenenfalls vertiefende Studie notwendig
Grundwasser	Vorhanden; gegebenenfalls vertiefende Studien notwendig
Oberflächengewässer	Kein Potenzial
Umgebungsluft	Vorhanden, flächenspezifisch
Abwasser	Kein Potenzial
Solarthermie/Photovoltaik	ca. 150–240 / ca. 30–90
Biomasse	Nur geringfügiges Potenzial
Unvermeidbare Abwärme	Kein Potenzial
Grüner Wasserstoff und andere synthetische Gase	Kein Potenzial für Verteilnetz; ggf. Anschluss an überregionale Transportleitung

Insgesamt wurden in der Potenzialanalyse umfangreiche Quellen für die Versorgung Vellmars mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme identifiziert. Diese zeigen in Bezug auf die ermittelte Wärmebedarfsentwicklung die Möglichkeit auf, den zukünftigen Wärmebedarf vollständig mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme zu decken. Vor allem Groß-Luftwärmepumpen und Geothermie können potenziell in Vellmar genutzt werden.

## 5 Eignung für Wärmenetze

Das Planungsgebiet wurde nach § 18 Abs. 1 WPG in einem mehrstufigen Verfahren auf die Eignung für Wärmenetze im Zieljahr geprüft. Zuerst wurden verschiedene Ausbauszenarien für Wärmenetze entwickelt. Als Indikatoren für eine wirtschaftliche Erschließbarkeit wurden zunächst die angestrebten Wärmelinienichten zugrunde gelegt (vgl. Kapitel 5.1). Im nächsten Schritt wurden voraussichtliche Investitions- und Betriebskosten der Wärmenetze für die verschiedenen Ausbauszenarien kalkuliert (vgl. Kapitel 5.2).

Zur Vereinfachung des Verfahrens wurde entschieden, für alle Ausbauvarianten vorläufig mit den gleichen Indikatoren und pauschalen Erzeugungskosten zu arbeiten und erst nach der Priorisierung der Netzausbauszenarien das ortsangepasste Erzeugerportfolio (vgl. Kapitel 5.4) detailliert zu entwickeln.

In Kapitel 5.2 und 5.3 werden die Ergebnisse des Kostenvergleichs der Wärmegestehungskosten für die Netzausbauszenarien mit den Kosten für dezentrale Alternativen der Wärmeerzeugung vorgestellt. Auf dieser Basis erfolgte eine wirtschaftliche Priorisierung der Varianten.

Für die Beschreibung des Zielszenarios (vgl. Kapitel 7) wurden gemäß § 18 Abs. 1 WPG Satz 2 die folgenden Kriterien berücksichtigt:

- Geringe Wärmegestehungskosten
- Geringe Realisierungsrisiken
- Hohe Versorgungssicherheit
- Geringe kumulierte Treibhausgasemissionen

## 5.1 Entwicklung von Netzausbauszenarien

Die Entwicklung von Ausbauszenarien für Wärmenetze erfolgte nach Straßenzügen. Die Wärmebedarfe der Gebäude im Zieljahr des jeweiligen Straßenzugs wurden dabei zusammengefasst. Anschließend wurden die Wärmelinienichten für die Straßenzüge berechnet. Das ist die Wärmemenge der Abnehmer pro Trassenmeter Leitungsnetz (Straßenlänge plus Hausanschlusslänge). Dabei wurden je nach Gebäudetyp und Wärmebedarf unterschiedliche Anschlussraten angenommen:

- **Öffentliche Gebäude: 100 % Anschlussquote.** Bei Gebäuden im Eigentum der Stadt wird vermutet, dass dort ein besonderes Anschlussinteresse besteht, um den Wärmenetzausbau zu fördern.
- **Gebäude ab 100 MWh/a: 80 % Anschlussquote**
- **Gebäude mit weniger als 100 MWh/a: 60 % Anschlussquote.** Es ist anzunehmen, dass Eigentümer von Gebäuden mit geringem Wärmebedarf mehr Optionen für die Einzelversorgung durch Wärmepumpen haben und sich dies auf die Anschlussraten reduzierend auswirken kann.

Zur Berechnung von Wärmelinienichten auf Straßenzugebene wurden die Wärmebedarfe und Hausanschlussleitungslängen mit den Anschlussraten multipliziert.

Die Auswahl der Straßenzüge für einen potenziellen Wärmenetzausbau basiert auf einem numerischen Optimierungsalgorithmus auf Basis der Graphentheorie. Der Algorithmus bewertet alle Straßenzüge nach einer vorgegebenen minimalen Wärmelinienichte (Grenz-wärmelinienichte) und maximiert den potenziellen Wärmeabsatz bei möglichst minimalen Leitungslängen. Die Straßenzüge werden dazu nicht einfach über die Grenzwärmelinienichte ausgewählt, sondern der Algorithmus ermittelt direkt ein zusammenhängendes Wärmenetz. Insgesamt wurden sieben Varianten für den Wärmenetz-ausbau mit Variation der Grenzwärmelinienichte von 800 kWh/(m·a) bis 1750 kWh/(m·a) erstellt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 20 aufgeführt. Zusätzliche Anschlüsse an das bestehende Wärmenetz im Zentrum Vellmars in einer Entfernung von maximal 40 m werden dabei als Verdichtung kategorisiert.

Tabelle 20: Kenngrößen für Netzausbauvarianten

Ausbau- variante in kWh/(m·a)	Grenzwert Wärmelinien- dichte in kWh/(m·a)	Trassenlänge (Transport und Hausanschlüsse) in km	Wärmebedarf 2045 in GWh/a	Durchschnittl. Wärmelinien- dichte in kWh/(m·a)
800	800	35.2	25.7	730
900	900	19.5	17.0	876
1.000	1.000	11.2	11.5	1.024
1.125	1.125	7.5	8.7	1.157
1.250	1.250	4.3	6.2	1.458
1.500	1.500	0.8	2.4	2.830
1.750	1.750	0.8	2.4	2.830

Tabelle 21: Kenngrößen für Verdichtung

Indikator	Wert
Trassenlänge (v. a. Hausanschlüsse)	0,283 km
Wärmebedarf 2045	0,75 GWh/a
Durchschnittliche Wärmelinien- dichte	2.765 kWh/(m· a)

## 5.2 Kalkulation der voraussichtlichen Wärmegestehungskosten

Nach § 18 Abs. 1 WPG sind die Wärmegestehungskosten als Vollkosten der Wärmeversorgung zu verstehen. Sie setzen sich aus den Kosten für das Leitungsnetz (Transportleitungen, Hausanschlussleitungen und Hausanschlussstationen) und den Kosten für die Wärmeerzeugung zusammen. Wie in Kapitel 6 erläutert, wurden in der ersten Phase zur Vereinfachung für alle Ausbauszenarien der Wärmenetze die gleichen pauschalen Erzeugungskosten angenommen. Gleichzeitig werden Wärmeverluste von 15 % für jedes Netz mitbetrachtet.

Zur Berechnung der Investitionskosten für die Trassen und Hausanschlussleitungen wurde eine Näherungsgleichung verwendet, die in Abbildung 41 ablesbar ist. Für die Hausanschlussstationen wurde die Kostenfunktion aus Abbildung 42 herangezogen. Angenommen wurde weiterhin eine BEW-Förderung Modul 2 in Höhe von 40 %. Weitere Annahmen sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 22: Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Ausbauvarianten

Annahme	Wert
Kalkulatorischer Zinssatz	8 %
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
BEG -Förderung (Hausanschlussleitungen und -stationen)	40 % bezogen auf Invest vor BEG-Förderung
Betriebskosten Netz (Hausanschlussleitung und Trasse)	1 %/a bezogen auf Invest vor Förderung
Betriebskosten Hausanschlussstationen	0,3 %/a bezogen auf Invest vor Förderung
Preis Strom	200 €/MWh, keine Preissteigerung real
Preis Biomasse	40 €/MWh, 1 %/a Preissteigerung real
Preis Gas	90,6 €/MWh, keine Preissteigerung real (zzgl. CO <sub>2</sub> -Bepreisung)
Stromerlös PV-Netzeinspeisung	62 €/MWh, konstant
Verwaltungs- und Vertriebskosten	5 %/a

Durch die angenommenen Volllaststunden von 1 600 h/a konnte für jedes Gebäude die erforderliche Heizleistung berechnet werden. Darüber hinaus wurde der Normdurchmesser (DN) der Hausanschlussleitung mithilfe des folgenden Liniendiagramms bestimmt. In Abbildung 41 ist die Kostenfunktion für die Hausanschlussleitungen dargestellt. Die spezifischen Kosten der Wärmeübergabestation wurden anhand der ermittelten Leistung sowie der Kostenfunktion aus Abbildung 42 berechnet. Dort ist der Zusammenhang zwischen der Leistung der Wärmeübergabestationen und den angenommenen spezifischen Kosten dargestellt.

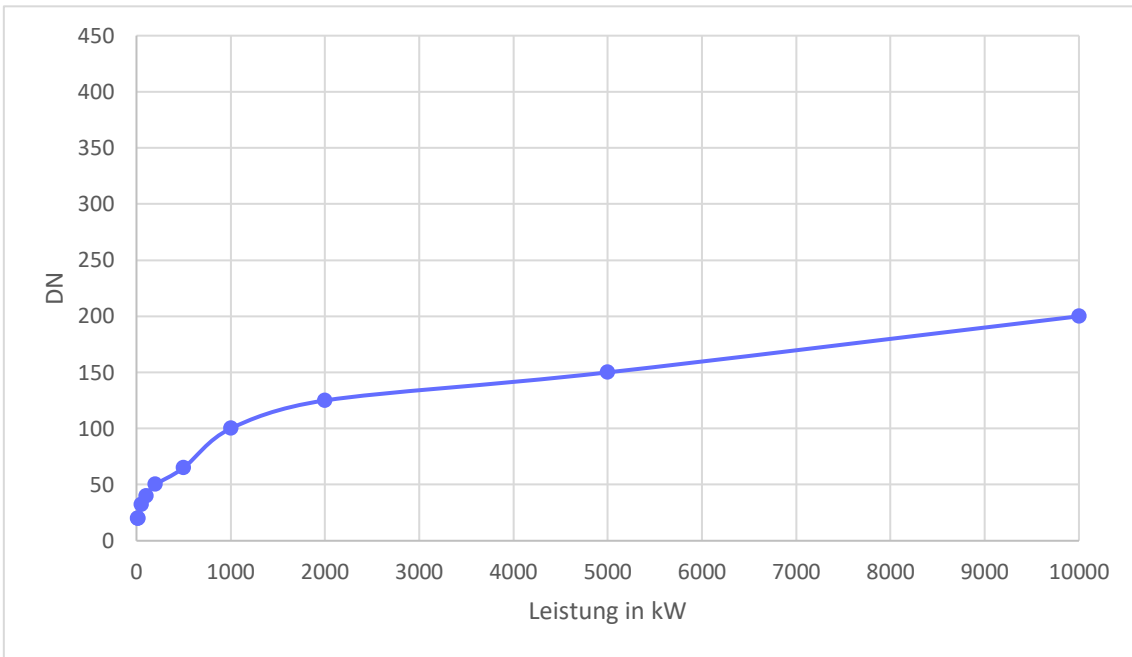


Abbildung 40: Zusammenhang zwischen Leistung und Normdurchmesser für Hausanschlussleitungen

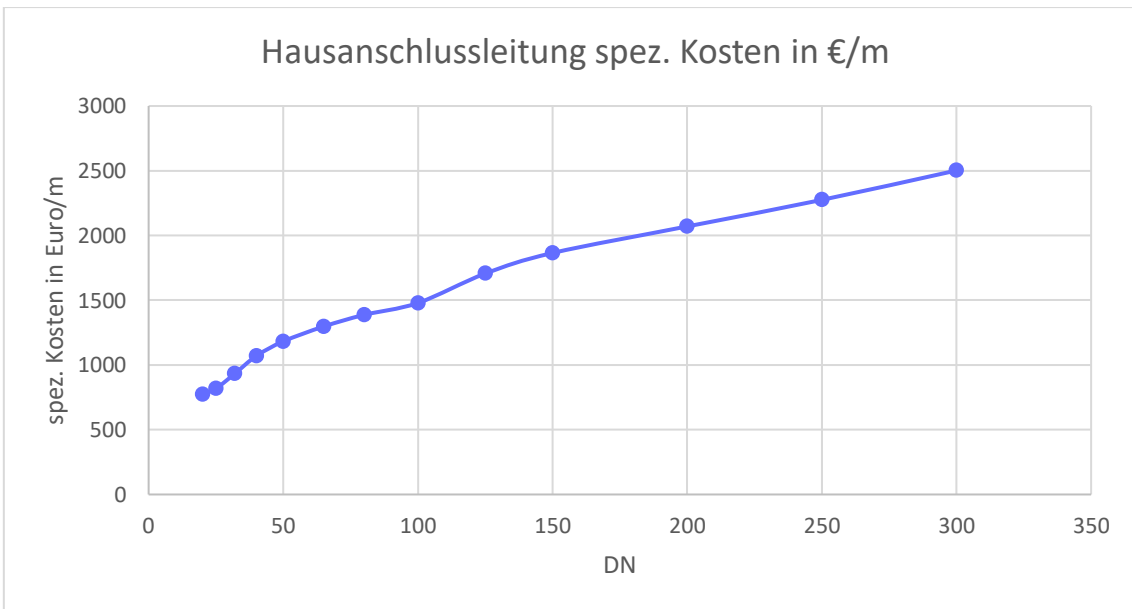


Abbildung 41: Kostenannahmen der Hausanschlussleitungen in Abhängigkeit der Nennweite

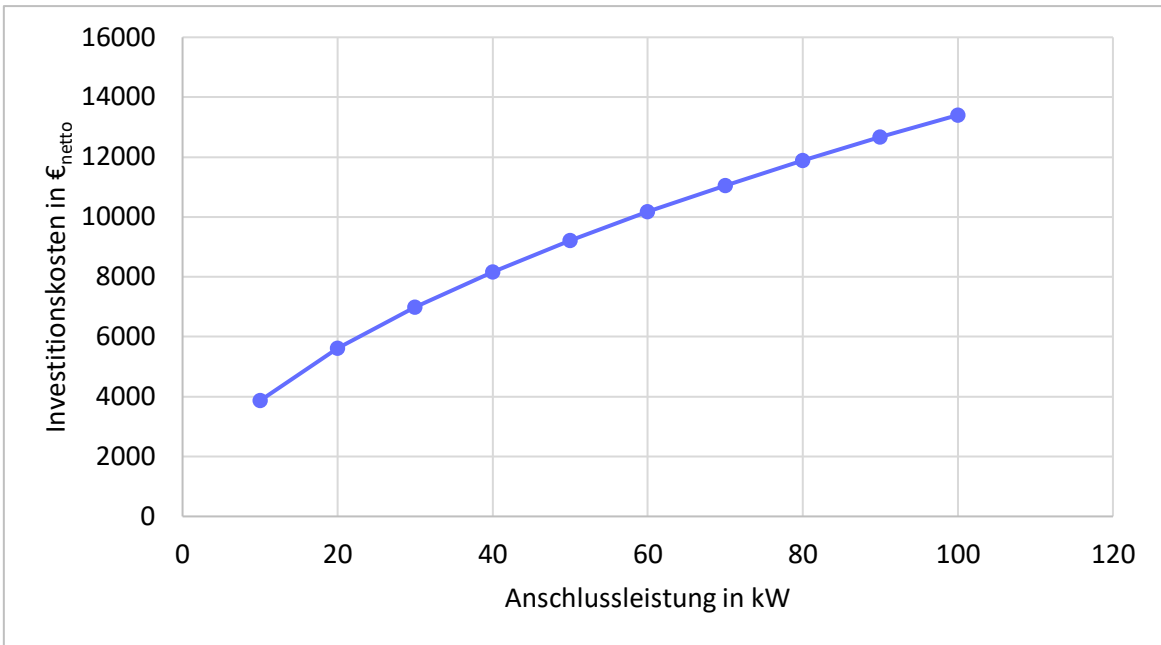


Abbildung 42: Kostenannahmen für Hausanschlussstationen in Abhängigkeit der Anschlussleistung

Da der Standort der Wärmeerzeuger für das Wärmenetz in diesem Schritt noch nicht feststeht, kann weder eine Netzsimulation durchgeführt noch können Rohrquerschnitte berechnet werden. Folglich können auf dieser Grundlage die Trassenkosten nicht bestimmt werden. Aus diesem Grund wurde die folgende Grafik herangezogen, die den Zusammenhang zwischen der Wärmelinienichte und den spezifischen Trassenkosten aufzeigt.

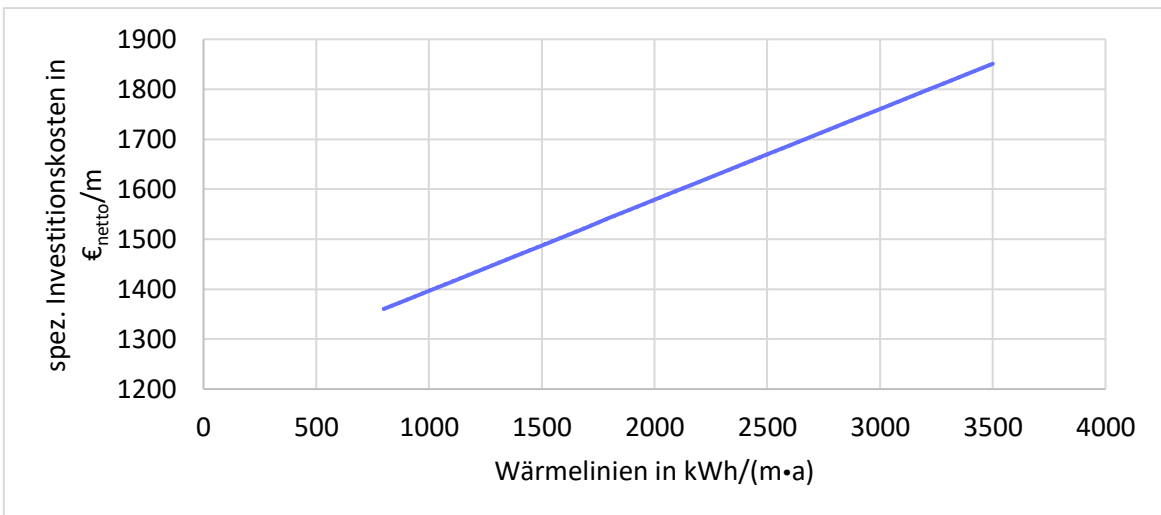


Abbildung 43: Zusammenhang zwischen Wärmelinienichte und spezifischen Kosten für die Wärmenetz-Trasse

Die ermittelten Kosten für die verschiedenen Netzausbauszenarien sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Hierbei wurden die Preise aus Sicht potenzieller Wärmenetz-kunden berechnet, sodass eine BEG-Förderung für den Hausanschluss berücksichtigt wurde. Diese wurde mit 41 % angenommen. Das entspricht dem Fördersatz nach BEG für das Jahr 2029 ohne Einkommensbonus (Stand: Januar 2026).

Netto-Investitionskosten in Mio. €	Netzausbauszenarien in kWh/(m-a)						
	800	900	1.000	1.125	1.250	1.500	1.750
Hausanschlussleitungen	9,1	4,6	2,5	1,6	0,6	0,0	0,0
Transportleitungen	42,7	24,1	14,2	9,6	5,7	1,3	1,3
Hausanschlussstationen	6,4	3,7	2,2	1,5	0,7	0,1	0,1
<b>Summe</b>	<b>58,2</b>	<b>32,4</b>	<b>18,9</b>	<b>12,7</b>	<b>7,0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>
Förderung Hausanschlussleitung und Hausstation BEG 41 %	6,4	3,4	1,9	1,3	0,5	0,1	0,1
Förderung Trasse BEW 40 %	17,1	9,6	5,7	3,9	2,3	0,5	0,5
<b>Summe nach Förderung</b>	<b>34,7</b>	<b>19,4</b>	<b>11,3</b>	<b>7,6</b>	<b>4,2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>

Tabelle 23: Ergebnisse der Kostenkalkulation der Netzausbauszenarien

Unter Berücksichtigung der Wärmebedarfe aus Tabelle 20 sowie unter der vorläufigen Annahme von Erzeugungskosten in Höhe von 90 €/MWh ergeben sich die folgenden Wärmegestehungskosten.

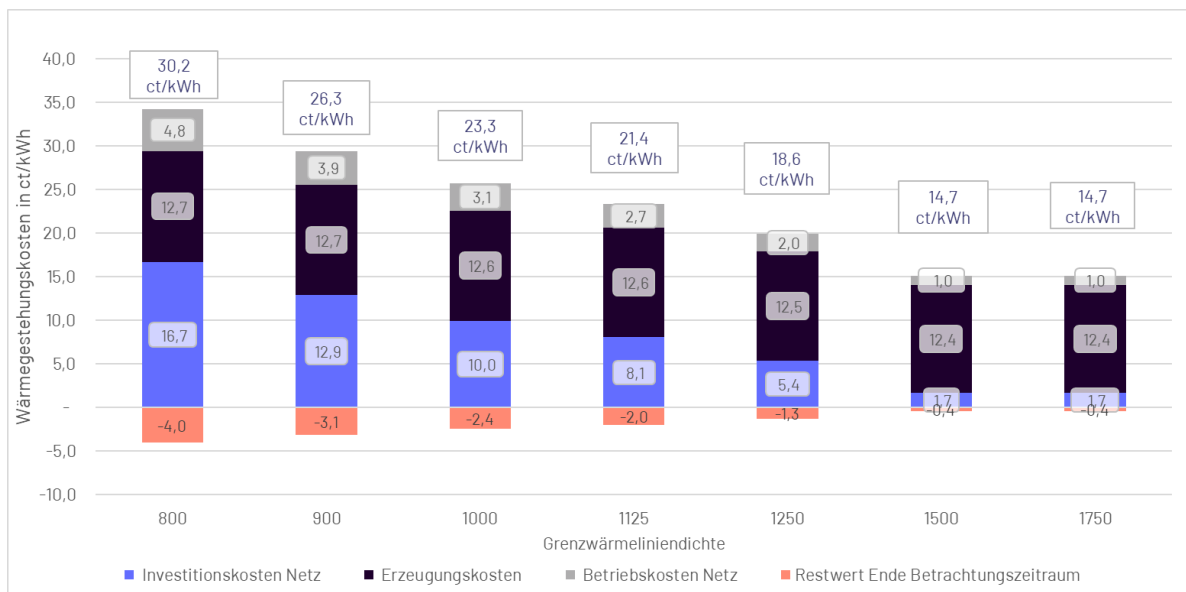


Abbildung 44: Wärmegestehungskosten bei angenommenen 90 €/MWh Erzeugungskosten

### 5.3 Vergleich zu Wärmegestehungskosten dezentraler Wärmeversorgung

Bevor die Berechnung der Wärmegestehungskosten der dezentralen Wärmeerzeugung weiter unten dargelegt wird, soll hier auf einige Aspekte und Rahmenbedingungen hingewiesen werden. Ein Wärmenetz ist für potenzielle Kunden vor allem dann attraktiv, wenn die Wärmepreise des Netzes nicht höher sind als die Kosten einer dezentralen Wärmeerzeugung. Wettbewerbsfähige Wärmegestehungskosten für Wärmenetze sind daher eine wesentliche Voraussetzung, um ausreichende Absatzmengen und damit die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen zu erzielen.

Der Anreiz zum Anschluss an ein Wärmenetz liegt für Kunden nicht allein in konkurrenzfähigen Wärmepreisen, sondern auch in weiteren Vorteilen gegenüber dezentralen Lösungen. (LEA - LandesEnergieAgentur Hessen 2025). Zu nennen sind: keine Schallemissionen, reduzierter Platzbedarf, eine Entlastung bei den Anschaffungskosten, ein geringerer Aufwand für Wartung und Instandhaltung sowie eine höhere Versorgungssicherheit.

Auch wenn sich Wärmenetze technisch und wirtschaftlich sinnvoll entwickeln lassen, wird es perspektivisch Quartiere und Gebiete geben, die nicht durch ein Wärmenetz erschlossen werden können und daher eine dezentrale Wärmeversorgung der Gebäude oder Gebäudeblöcke erfordern.

Dafür stehen gemäß § 71 GEG ab 1.7.2028 nur noch bestimmte Optionen zur Verfügung. Eine Heizungsanlage darf „zum Zweck der Inbetriebnahme in einem Gebäude nur eingebaut oder aufgestellt werden, wenn sie mindestens 65 Prozent der mit der Anlage bereitgestellten Wärme mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme...“ erzeugt. Gleiches gilt für Heizungsanlagen, die in ein sogenanntes Gebäudenetz einspeisen. Die künftig maßgeblichen dezentralen Technologien sind:

- Luft-Wasser-Wärmepumpe (L/W-WP)
- Sole-Wasser-Wärmepumpe (S/W-WP)
- Holzpelletkessel

Diese Heizungssysteme werden bereits heute häufig mit PV-Anlagen oder Solarthermieanlagen kombiniert. Das wichtigste Förderprogramm für den Einbau solcher Heizungsanlagen ist die Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG). Die aktuellen Rahmenbedingungen sind in folgender Tabelle aufgeführt.

Tabelle 24: Annahmen für Förderung des Heizungstauschs nach BEG, Stand 1.12.2025

<b>Aktuelle Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)</b>	
Grundförderung	30 % Investitionskostenzuschuss
Klimabonus	2024 und 2025 = 25 %
	2026 = 20 %
	ab 2027 = -3 % p/a
	ab 2031 = 0
Wärmepumpen-Effizienzbonus	5 % bei S/W-Wärmepumpen und W/W-Wärmepumpen
Maximalwert förderfähige Kosten	30.000 € für die 1. Wohneinheit
	15.000 € für die 2. bis 6. Wohneinheit
	8.000 € ab der 7. Wohneinheit

Die Versorgungsoptionen mittels dezentraler L/W- oder S/W-Wärmepumpen werden in Kapitel 6 dargestellt.

Der Einsatz von Wasserstoff im Haushaltsbereich zur Bereitstellung von Raumwärme und Trinkwarmwasser wird hingegen als ökonomisch nicht sinnvoll eingeschätzt. Im Zuge der Dekarbonisierung wird Wasserstoff von konkurrierenden Anwendungsfeldern wie beispielsweise der Industrie, der Stahlproduktion oder dem Fernverkehr stark nachgefragt werden. Es ist daher sehr unwahrscheinlich, dass Wasserstoff zur Versorgung der Einzelgebäude mit Raumwärme in Vellmar zur Verfügung steht. Ebenso wenig ist eine flächendeckende Umstellung der Gasverteilnetze auf Wasserstoff zu erwarten.

### Berechnung der Wärmegestehungskosten

Zur Berechnung der Kosten für dezentrale Wärmeerzeuger diente der Technikkatalog zur Wärmeplanung (BMWK - Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz 2024) als Grundlage. Daraus wurden auch die Investitionskostenannahmen, die Reduktion spezifischer Investitionskosten bis 2045 sowie die Leistungssteigerung der Wärmepumpen bis 2045 entnommen. Bei dezentralen Wärmepumpen zur Versorgung von Einzelgebäuden wurden die folgenden mittleren Jahresarbeitszahlen angesetzt:

- 2,9 bei L/W-Wärmepumpen
- 4,0 bei S/W-Wärmepumpen

Die Wärmegestehungskosten wurden nach der Annuitätenmethode der VDI 2067 berechnet (VDI - Verein Deutscher Ingenieure 2012) und für einen Zeitraum von 20 Jahren ermittelt. Die wichtigsten Annahmen waren:

- Kalkulatorischer Zinssatz (nominal): 3,5 %/a
- Inflationsrate: 2 %/a (auch für Stromkosten)

- Preissteigerung für Holzpellets (real): 1 %/a
- CO<sub>2</sub>-Preissteigerung nach Technikkatalog
- Strompreis: 30 ct/kWh netto (eigene Annahme auf Basis aktueller Strompreise)
- Pellets: 8,7 ct/kWh netto (C.A.R.M.E.N. e. V - Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk 2023)

Die Wärmegestehungskosten für dezentrale Wärmeerzeuger wurden unter Berücksichtigung der BEG-Förderung berechnet. Der Einkommensbonus wurde dabei vernachlässigt, da dieser nur selten einlösbar sein wird. Gleiches gilt für den Maximalwert der förderfähigen Kosten. Hier fehlten Informationen zur Anzahl der Wohneinheiten pro Gebäude. Angenommen wurde ein durchschnittlicher Klimabonus von 15 % (vgl. Tabelle 24).

Abbildung 45 vergleicht die Wärmegestehungskosten verschiedener dezentraler Erzeuger bei einer thermischen Heizleistung von 12 kW. Bei Pelletkesseln zeigt sich, dass die potenziellen Einsparungen bei den Bedarfskosten durch den Einsatz einer Solarthermieanlage mit Vakuumröhrenkollektoren die zusätzlichen Investitionskosten nicht kompensieren. Im Gegensatz dazu wirkt sich der Betrieb von Öl- und Gaskesseln wirtschaftlich günstiger aus.

Auch bei Luft/Wasser- oder Sole/Wasser-Wärmepumpen amortisiert sich eine zusätzlich kombinierte Solarthermieanlage nicht. Wird bei den Varianten jedoch eine PV-Anlage integriert, ergibt sich ein relevantes Kosteneinsparpotenzial. Dieses resultiert aus dem reduzierten Strombezug für den Betrieb der Wärmepumpe oder den Haushaltsstrom sowie aus den Erlösen durch die Netzeinspeisung. Die günstigste Variante stellt somit die Kombination aus Wärmepumpe und PV-Anlage dar. Die höchsten Wärmegestehungskosten weist der Gaskessel ohne Solarthermie auf.

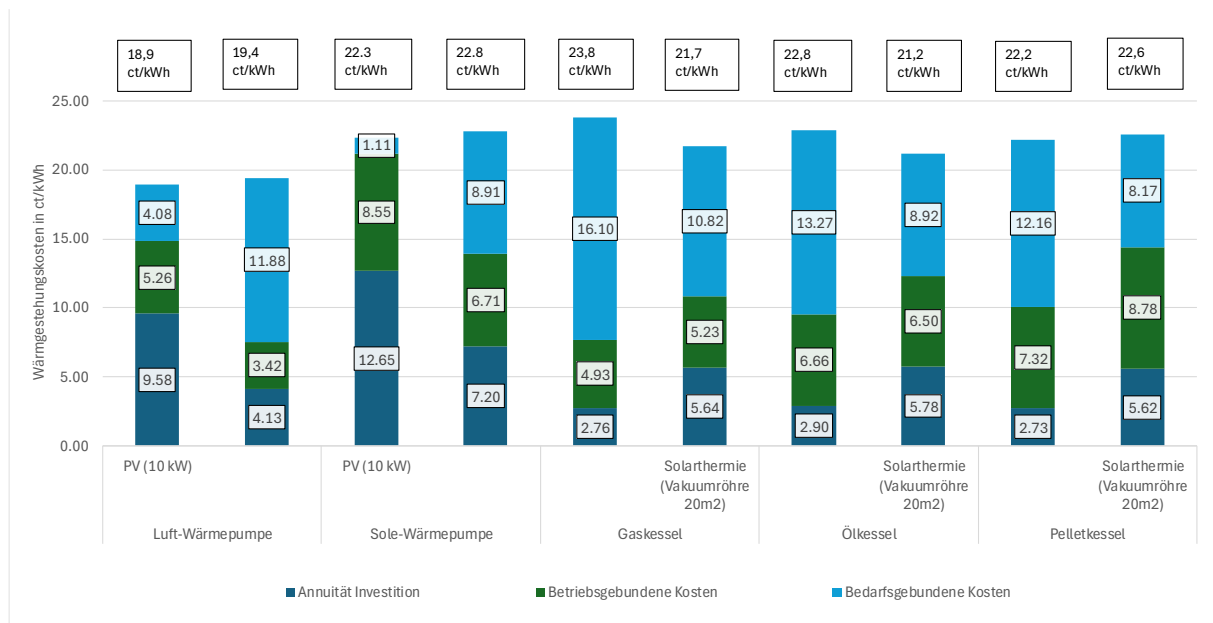


Abbildung 45: Netto-Wärmegestehungskosten für eine Heizleistung von 12 kW für dezentrale Wärme-erzeugungstechnologien

Generell ist darauf hinzuweisen, dass es aufgrund der Komplexität der in dieser Kalkulation zu berücksichtigenden Parameter in der Praxis zu einer größeren Bandbreite der Wärmege-  
stehungskosten kommen wird. Deutliche Varianzen ergeben sich etwa aus der Preisspanne  
bei den Investitionskosten und der angenommenen Strompreisentwicklung. Folglich wird es  
sowohl Gebäude geben, die zu niedrigeren Kosten versorgt werden können, als auch solche,  
bei denen höhere Kosten anfallen. Der vorliegende Kostenvergleich dient daher vor allem einer  
groben Orientierung im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Varianten.

Ergänzend ist zu beachten, dass sich die Werte in Abbildung 45 auf Ein- und Zweifamilien-  
häuser beziehen. Bei Mehrfamilienhäusern wäre die Variantenvielfalt noch einmal größer, da  
diese stark von den gebäudespezifischen Rahmenbedingungen abhängt. So erfordert eine  
Versorgung über Gasetagen- oder Einzelraumheizungen andere infrastrukturelle Voraus-  
setzungen als ein Gebäude, das bereits über einen zentralen Gas- oder Ölkessel im Keller  
versorgt wird.

Mit Blick auf die Kostenannahmen bedeutet eine Wärmepumpenlösung für Mehrfamilien-  
häuser zwar höhere absolute Kosten, gleichzeitig ergibt sich ein deutlich niedrigerer  
spezifischer Preis pro kWh. Da Mehrfamilienhäuser häufig in verdichteten Gebieten liegen,  
sind die Aufstellbedingungen für Wärmepumpen oft herausfordernder oder nur mit teuren  
Schallschutzmaßnahmen realisierbar. Insgesamt ist jedoch davon auszugehen, dass Mehr-  
familienhäuser mit dezentralen Wärmeversorgungsanlagen etwas geringere spezifische  
Wärmege-  
stehungskosten pro kWh erzielen als Ein- oder Zweifamilienhäuser.

Aufgrund der Vielfalt der Versorgungsvarianten und der Dynamik im Energiesektor sind die  
Wärmege-  
stehungskosten der dezentralen Wärmeversorgung mit Unsicherheiten behaftet.  
Bevor endgültige Investitionsentscheidungen über einen Wärmenetzausbau getroffen wer-  
den, sollten die lokalen Rahmenbedingungen noch einmal ortsspezifisch untersucht werden.  
Dies kann zum Beispiel über eine BEW-Machbarkeitsstudie oder eine BEW-Trans-  
formationsplanung erfolgen.

## 5.4 Wärmeerzeugungsvarianten

Auf Grundlage des Kostenvergleichs zwischen den ermittelten Wärmege-  
stehungskosten der  
verschiedenen Wärmenetzvarianten (in Kapitel 5.2) und den in Kapitel 5.3 berechneten Werten  
für dezentrale Erzeugungsoptionen wurde das Wärmenetzausbauszenario mit einer Grenz-  
wärmelinien-  
dichte von 1 250 kWh/(m·a) zunächst als prioritäre Variante ausgewählt. Damit ist  
die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit des Wärmenetzes gegenüber dezentralen Wärme-  
versorgungs-  
optionen sehr aussichtsreich. Das favorisierte Wärmenetz weist folgende  
Indikatoren auf:

Tabelle 25: Zusammenfassung der vorläufigen Wirtschaftlichkeit nach Betrachtung der Ausbauvarianten

Indikatoren	Wert
Netzausbau (Trasse + Hausanschlussleitung)	4,3 in km
Gesamtlänge Netz	4,9 in km
Wärmebedarf des Netzes 2045 in	6,2 GWh/a
Anteil am Gesamtwärmebedarf 2045	10 %
Investition Ausbau	7,0 Mio. €
Investition Ausbau nach Förderung	4,1 Mio. €

Für diese Variante wurden im dritten Schritt mehrere Erzeugerkonzepte entwickelt und detailliert berechnet. Die so kalkulierten Erzeugungskosten wurden anschließend mit den zuvor pauschal angenommenen Kosten verglichen, um erforderliche Anpassungen des Netzausbauszenarios zu prüfen. Zusätzlich wurde der automatisiert ermittelte Trassenverlauf durch manuelle Anpassungen weiter optimiert. Dieser Iterationsprozess wurde so lange wiederholt, bis ein Netz- und Erzeugungskonzept vorlag, das die festgelegten Wirtschaftlichkeitskriterien erfüllte.

Nachdem das Netzausbauszenario und verschiedene Erzeugervarianten entwickelt worden waren, wurden diese anhand der Bewertungskriterien aus § 18 Abs. 1 WPG miteinander verglichen. Als Resultat liegt ein priorisiertes Erzeugerkonzept für das Ziel-Wärmenetz vor.

Das Vorgehen zur Entwicklung des Erzeugerportfolios für das priorisierte Wärmenetz wird in den folgenden Kapiteln ausführlich erläutert.

### 5.4.1 Erzeugerauslegung

Es wurden vier verschiedene Erzeugerkonzepte für eine netzgebundene Wärmeversorgung genauer betrachtet. Als mögliche Grundlasterzeuger kamen entweder eine Luftwärmepumpe oder ein Biomassekessel (mit Holzverbrennung) zum Einsatz.

In allen Varianten ist ein Gasspitzenlastkessel vorgesehen, der so dimensioniert wurde, dass er im Notfall den gesamten Bedarf des Wärmenetzes decken könnte. Entsprechend dem Redundanzprinzip würden bei der Realisierung mehrere Gaskessel installiert, für die Erzeugersimulation ist eine Verteilung der Gesamtleistung auf mehrere Kessel jedoch nicht nötig.

Die Erzeugerkonzepte wurden so ausgelegt, dass der Gaskessel maximal 10 % des Jahreswärmebedarfs abdeckt. Spätestens ab 2045 muss auch der Gaskessel entweder ersetzt oder auf erneuerbare Brennstoffe umgestellt werden.

Zusätzlich wurde in einer Variante eine Kombination aus Luftwärmepumpe und PV-Anlage berücksichtigt. Die PV-Anlage wurde so dimensioniert, dass im Sommer keine Ertragsüberschüsse entstehen.

Tabelle 26: Zusammenfassung der Erzeugerauslegung für vier Varianten mit Kennwerten

Leistung	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Gaskessel in kWth	6.000	6.000	6.000	6.000
Biomassekessel in kWth	2.200	-	1.000	1.000
Luftwärmepumpe in kWth	-	2.200	1.250	1.250
Photovoltaik in kWp	-	-	-	850
Speicher in m <sup>3</sup>	1.000	1.000	1.000	1.000
Anzahl Heizzentralen	1	1	1	1

In Abbildung 46 wird der simulierte Erzeugermix im Jahr 2034 für alle vier Varianten anteilig dargestellt. Zu diesem Zeitpunkt wäre das Wärmenetz fertiggestellt und der Wärmebedarf am höchsten.

In Variante 1 liefert ein Biomassekessel 90 % der benötigten Wärme. In Variante 2 übernimmt dies eine Luftwärmepumpe. Variante 3 und 4 bestehen aus einem Erzeugungsmix: Die Luftwärmepumpe erzeugt etwa 65 % und der Biomassekessel 25 % der benötigten Wärme. Zwischen Variante 3 und 4 bestehen aus Sicht der Wärmeerzeugung kaum Unterschiede. In Variante 4 unterstützt jedoch eine PV-Anlage die Luftwärmepumpe, sodass sich bei den Wärmemengen im Ausbauzustand nur geringe Unterschiede zwischen den Varianten 3 und 4 zeigen (vgl. Abbildung 46). Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung spielt die Unterstützung jedoch eine Rolle. In der Simulation sind 15 % Wärmeverluste des Netzes inbegriffen.

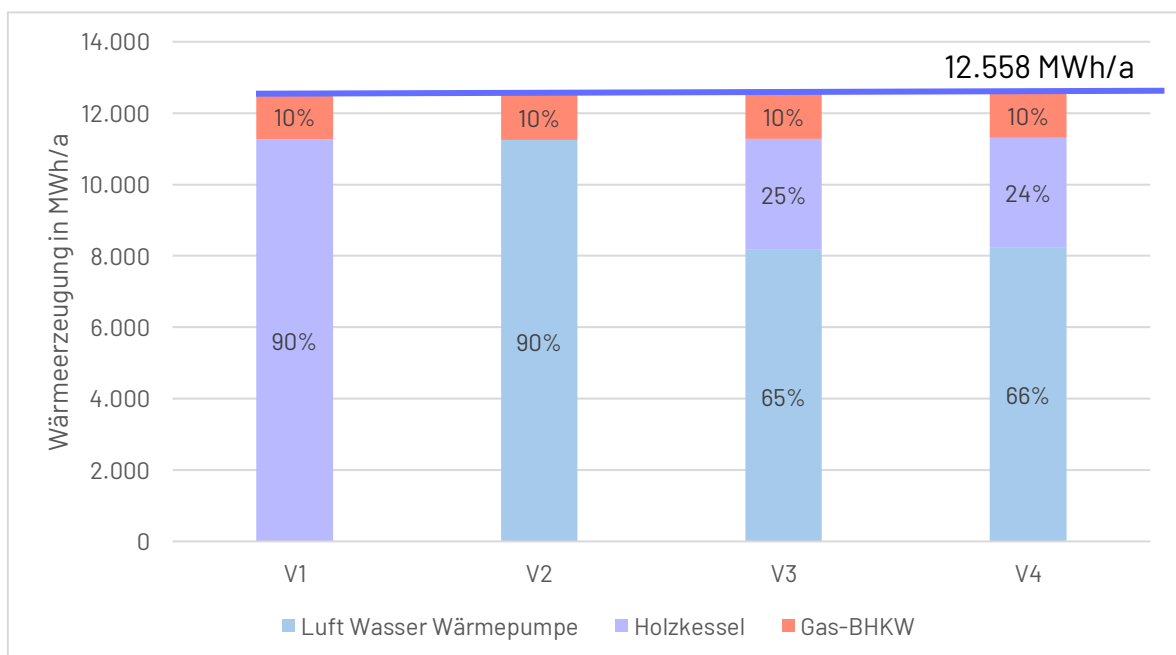


Abbildung 46: Anteile der Wärmeerzeuger an der Wärmeerzeugung aller Varianten

## 5.4.2 Simulation der Lastgänge

Für die vier verschiedenen Erzeugerauslegungen wurden im nächsten Schritt die Jahreslastgänge simuliert. Diese zeigen, welchen Wärmeanteil jede Erzeugungseinheit zu welchem Zeitpunkt bereitstellt, und bilden eine wichtige Grundlage für die Kostenkalkulation dar. Dabei wurden sowohl technisch-wirtschaftliche Faktoren als auch gesetzliche Vorgaben (WPG, GEG) sowie förderrechtliche Anforderungen nach BEW berücksichtigt.

### Variante 1: Biomassekessel und Gaskessel

Das Ergebnis der stündlichen Jahressimulation für Variante 1 ist in Abbildung 47 verdichtet dargestellt. Der Gaskessel muss in der Lage sein, 100 % der Wärmeerzeugung zu übernehmen. Im Oktober ist ein dreiwöchiger Wartungszeitraum für den Holzkessel vorgesehen. Der Gas-Spitzenlastkessel kann im Sommer gewartet werden. Es ist ein Tagesspeicher eingeplant, sodass Wärme gespeichert wird, wenn die Erzeugung den Wärmebedarf übersteigt. Die gespeicherte Wärme kann am folgenden Tag aus dem Speicher gezogen werden.

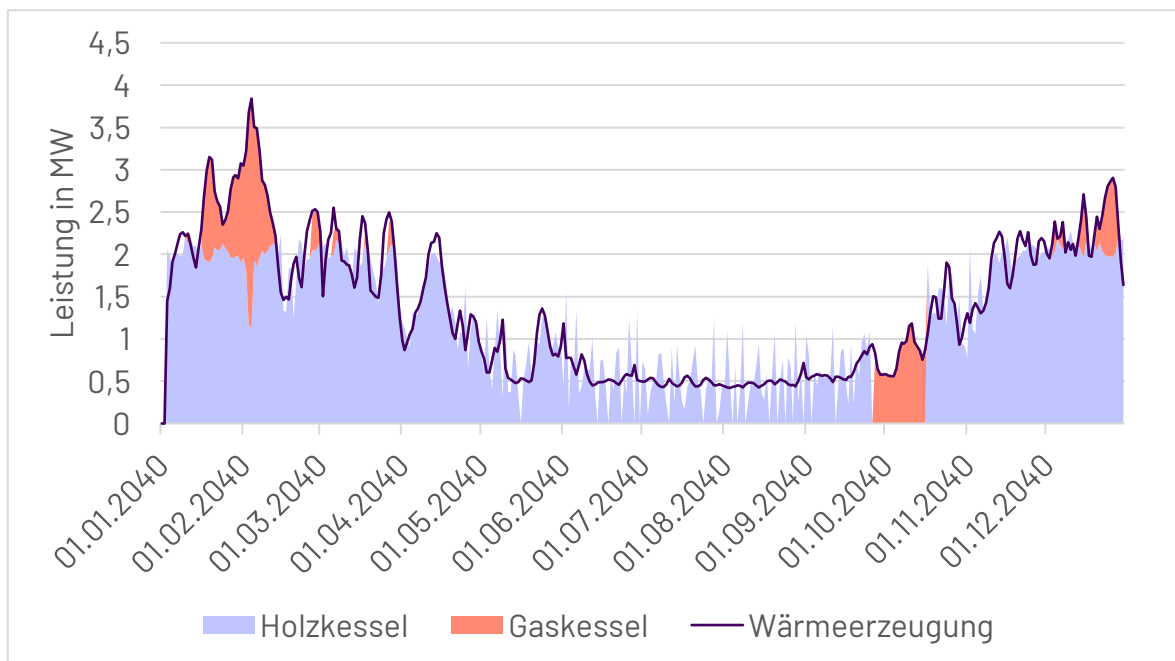


Abbildung 47: Simulationsergebnis Variante 1; Jahresverlauf der Wärmeerzeugung

### Variante 2: Luftwärmepumpe und Gaskessel

In Abbildung 48 ist der simulierte Jahresverlauf der Wärmeerzeugung für Variante 2 zu sehen. Der Gaskessel muss auch hier in der Lage sein, 100 % der Wärmeerzeugung zu übernehmen. Im Oktober ist ein dreiwöchiger Wartungszeitraum für die Wärmepumpe vorgesehen. Der Gas-Spitzenlastkessel kann im Sommer gewartet werden, wenn seinerseits keine Wärmeerzeugung nötig ist. Es ist ein Tagesspeicher eingeplant, sodass bei einer höheren Erzeugung als dem Wärmebedarf Wärme gespeichert werden kann. Diese kann am folgenden Tag wieder aus dem Speicher entnommen werden. Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe beträgt 2,2.

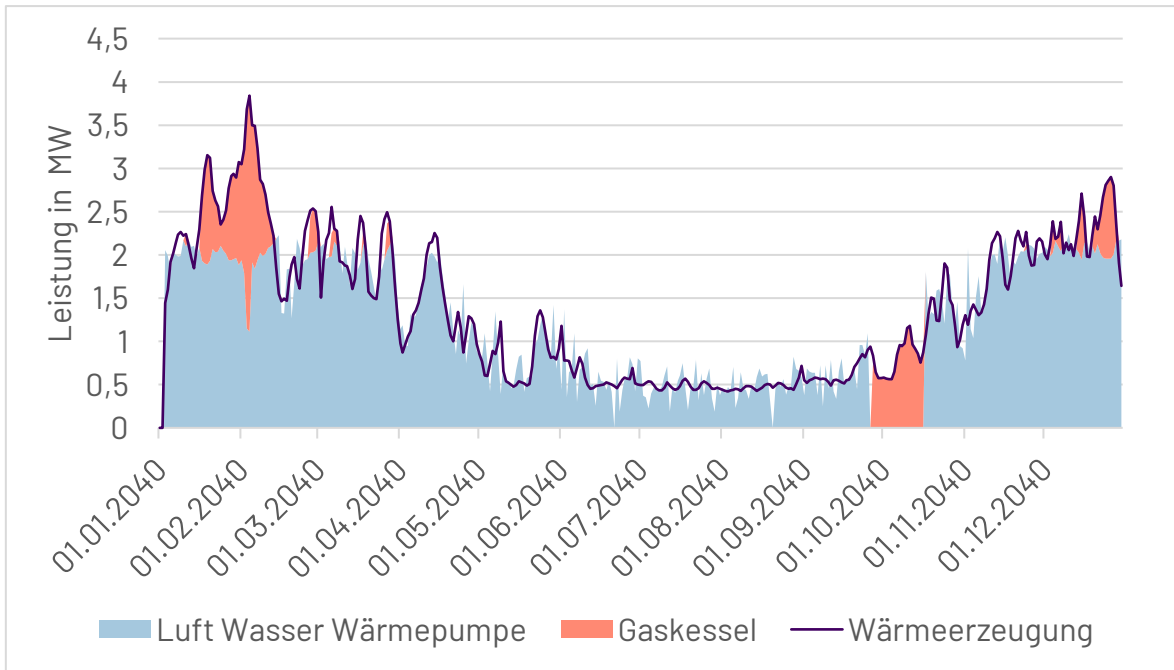


Abbildung 48: Simulationsergebnis Variante 2; Jahresverlauf der Wärmeerzeugung

### Variante 3: Luftwärmepumpe mit Biomassekessel und Gaskessel

In Abbildung 49 ist der Jahresverlauf der simulierten Wärmeerzeugung für Variante 3 dargestellt. Für die Wärmepumpe wird mit einer dreiwöchigen Wartungspause im Oktober gerechnet, während für den Holzkessel eine dreiwöchige Wartungspause im September angenommen wird. Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe beträgt 2,37.

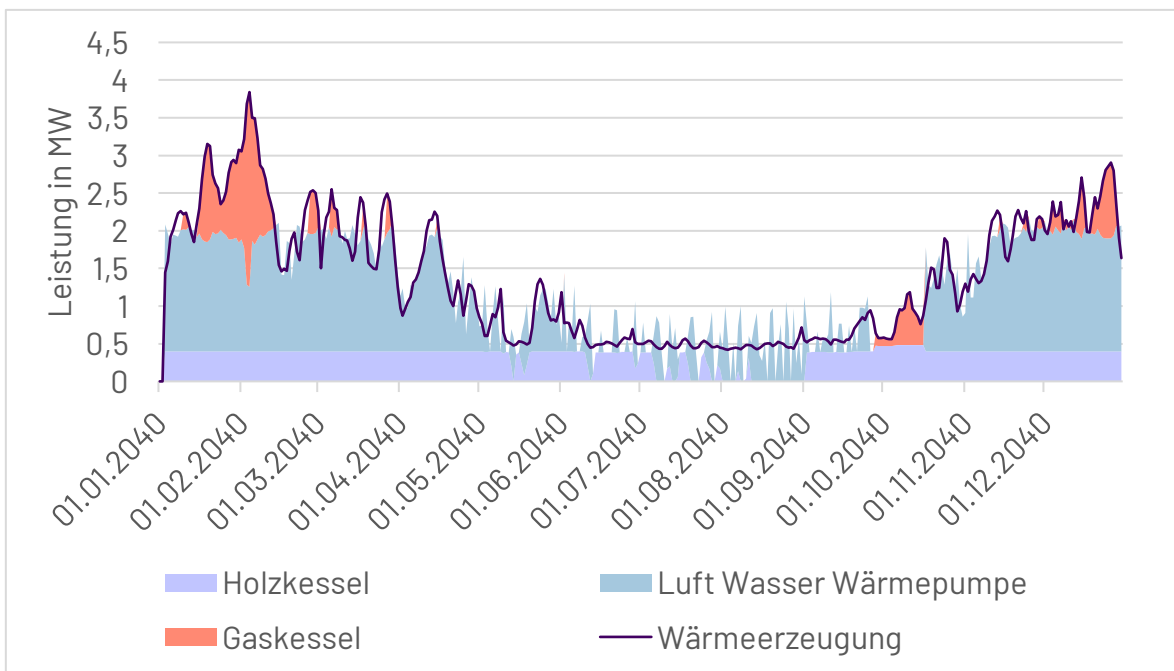


Abbildung 49: Simulationsergebnis Variante 3; Jahresverlauf der Wärmeerzeugung

## Variante 4: Luftwärmepumpe, unterstützt durch PV, mit Biomassekessel und Gaskessel

Für die Luftwärmepumpe wird eine dreiwöchige Wartungspause im Oktober berücksichtigt. Der Gas-Spitzenlast- sowie der Holzessel können im Sommer gewartet werden. Durch die PV-Anlage wird der Holzessel im Vergleich zu Variante 3 im Sommer kaum benötigt. Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe beträgt 2,37.

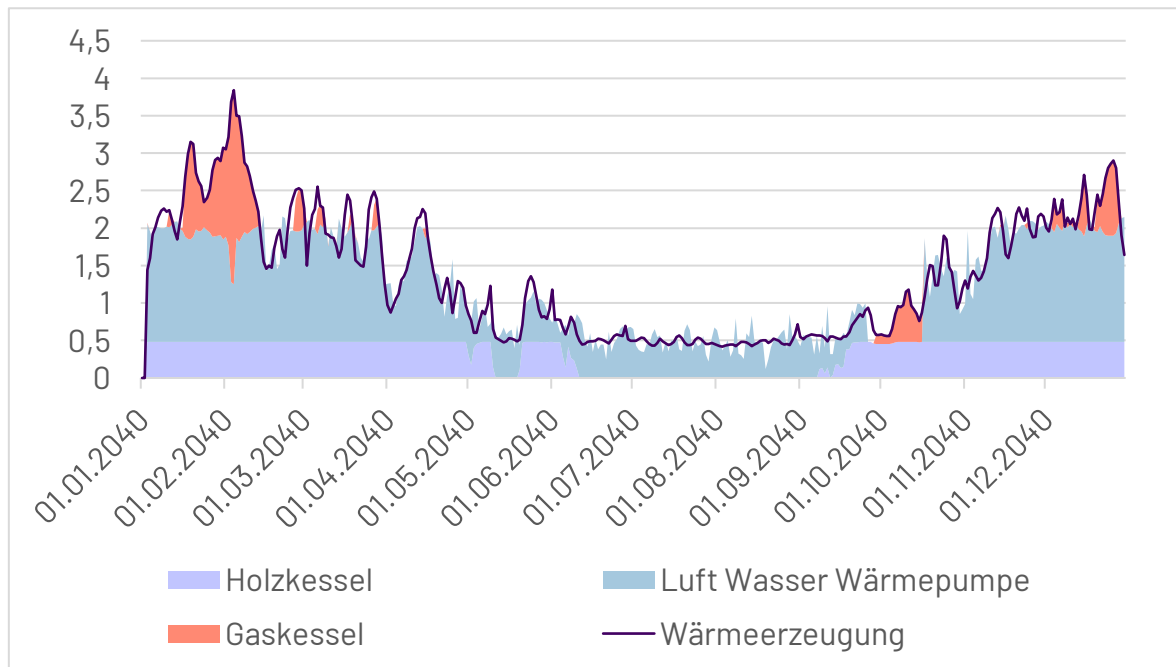


Abbildung 50: Simulationsergebnis Variante 4; Jahresverlauf der Wärmeezeugung

### 5.4.3 Kostenannahmen

Im nächsten Schritt wurden die erwartbaren Investitionskosten für Verteilung und Erzeugung für alle Ausbauvarianten ermittelt. Hierfür wurden Kostenfunktionen aus der Literatur sowie Erfahrungswerte aus der Kommune und aus vergleichbaren Projekten herangezogen. Die ermittelten Investitionskosten sind inklusive der ausgewiesenen Fördersummen in Tabelle 27 aufgeführt.

Die BEW-Förderung – Modul 2 sieht für den Neubau oder die Transformation bestehender Wärmenetze aktuell (Stand: Januar 2026) einen Zuschuss von 40 % der förderfähigen Investitionskosten vor. Fossil befeuerte Kessel sind in den beschriebenen Erzeugervarianten daher nicht förderfähig.

Zusätzlich zu den Investitionskostenzuschüssen können für Solarthermie und Wärmepumpen Betriebskostenförderungen über einen Zeitraum von bis zu 10 Jahren in Anspruch genommen werden (BEW-Förderung – Modul 4). Für solarthermische Anlagen beträgt die Förderung 1 ct/kWh<sub>th</sub> (Wärmeoutput). Bei Wärmepumpen wurde die Jahresarbeitszahl zur Berechnung der Förderung verwendet. Daraus ergibt sich eine Förderung von umgerechnet 11 bis 14 ct/kW<sub>hel</sub> (Strominput).

Zur Ermittlung der Investitionskosten der Kommune wird der Anschlusskostenbeitrag für den Hausanschluss mitbetrachtet und von den Investitionskosten abgezogen. Die Kalkulation bildet die Kosten eines Wärmenetzbetreibers ab.

Tabelle 27: Investitionskosten netto, Fördersumme und Anschlusskostenbeitrag für die Wärmeerzeugungsvarianten

Investition in Tausend €	Variante 1 Holzkessel + Gaskessel	Variante 2 L/W-Wärme- pumpe + Gas- kessel	Variante 3 L/W-Wär- mepumpe + Biomasse + Gaskessel	Variante 4 L/W-Wär- mepumpe + Biomasse + Gaskessel + PV
Wärmenetz inkl. Hausan- schluss	7.019	7.019	7.019	7.019
Heizzentrale	1.000	1.000	1.000	1.000
Biomassekessel	1.870	-	850	850
Gaskessel	786	786	786	786
Luftwärmepumpe	-	2.860	1.625	1.625
Photovoltaik	0	0	0	1.761
Speicher	700	700	700	700
Planung	968	1.067	1.028	1.204
Unvorhergesehenes	484	533	514	602
<b>Summe</b>	<b>12.827</b>	<b>13.965</b>	<b>13.522</b>	<b>15.548</b>
Anschlusskostenbeitrag	- 1.518	- 1.518	- 1.518	- 1.518
BEW-Förderung	- 4.311	- 4.746	- 4.577	- 4.577
<b>Summe Rest</b>	<b>6.998</b>	<b>7.701</b>	<b>7.427</b>	<b>9.453</b>

Die Investitionskosten der Erzeugungsvarianten liegen vor Förderung zwischen 12,8 Mio. € und 15,5 Mio. €. Unter Berücksichtigung der Förderung sowie des Anschlusskostenbeitrags betragen die Investitionskosten auf Seiten eines Wärmenetzbetreibers zwischen 7,4 Mio. € und 9,5 Mio. €.

Zur Berechnung der Wärmegestehungskosten wurden mithilfe der LCOH-Methode die jährlichen Kosten berechnet und durch den jährlichen Wärmeabsatz geteilt. Die Kalkulation berücksichtigt einen Ausbau entsprechend der in der Einleitung zu Kapitel 5.4 beschriebenen Annahmen. Die Berechnung erfolgte über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 8 %/a als Gesamtkapitalverzinsung. Für alle Komponenten wurden Annahmen zu jährlichen Betriebskosten sowie technischen Nutzungsdauern getroffen, um Reinvestitionen und Restwerte zu berücksichtigen. Zudem wurde eine Inflationsrate von 2 %/a angesetzt. Für Energieträger wurden individuelle Preissteigerungen angenommen. Die Stromkosten wurden mit 200 €/MWh<sub>el</sub> zu Beginn des Betrachtungs-

zeitraums angesetzt, wobei über die Inflation hinaus keine Preisänderungen angenommen wurden. Für Gas wurden im ersten Jahr Kosten von 90,6 €/MWh<sub>th</sub> angesetzt. Als zusätzliche Preissteigerung wurde bei Gas nur die CO<sub>2</sub>-Bepreisung über die Inflation hinaus berücksichtigt. Für überschüssigen PV-Strom wurde ein Erlös aus der Netzeinspeisung in Höhe von 62 €/MWh kalkuliert.

#### 5.4.4 Ergebnisse Wirtschaftlichkeit

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsrechnung sind in folgender Abbildung dargestellt.

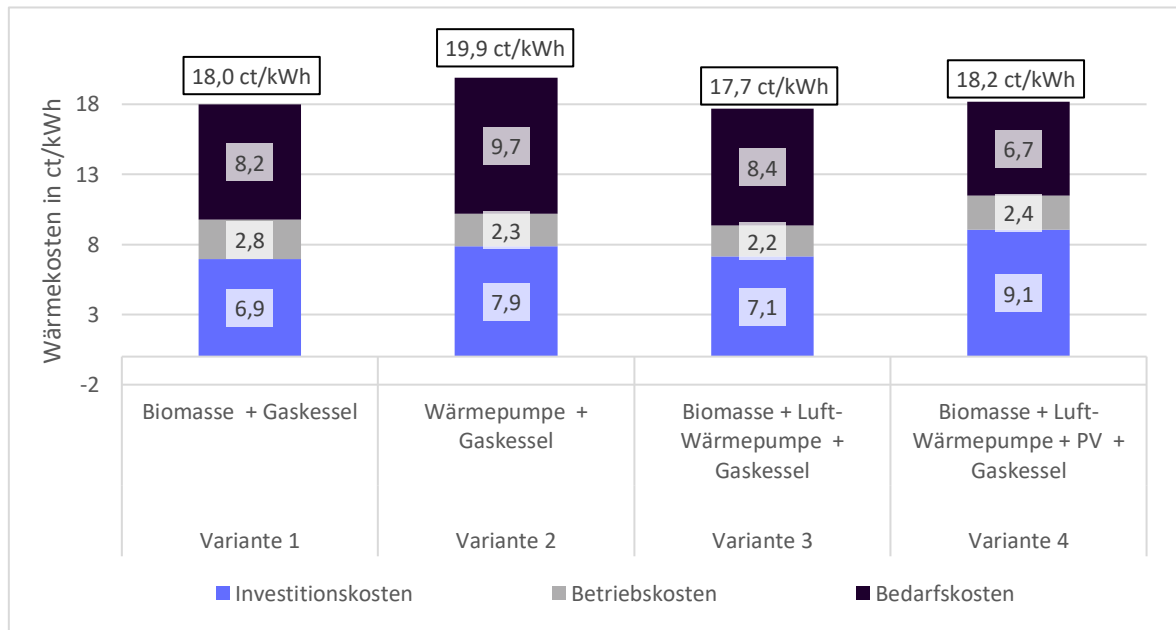


Abbildung 51: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung; Wärmegestehungspreis der verschiedenen Varianten

Zunächst ist festzustellen, dass Variante 3 (Holzkessel mit Luftwärmepumpe) die kostengünstigste Option darstellt. Bei Variante 4 (Holzkessel mit Luftwärmepumpe und PV-Unterstützung) zeigt sich, dass die geringeren Bedarfskosten die höheren Investitionskosten der PV-Anlage nicht kompensieren können. Als teuerste Option erweist sich die Erzeugervariante 2 mit Luftwärmepumpe und Gaskessel. Variante 1 liegt mit Wärmegestehungskosten von 18 ct/kWh in einem ähnlichen Kostenbereich wie die Varianten 3 und 4. Zwar sind die Investitionskosten dieser Variante etwas günstiger, jedoch fallen bei der Nutzung eines Biomassekessels deutlich höhere Betriebskosten an. In dieser Variante besteht eine hohe Sensitivität zur Preisentwicklung der Biomasse und damit eine höhere Unsicherheit in der Kostenentwicklung im Vergleich zu den Varianten mit Großwärmepumpen.

#### 5.4.5 Bewertungskriterien für die Wärmeerzeugungsvarianten

Zur Einteilung der Quartiere der Stadt Vellmar in zentrale und dezentrale Teilgebiete wurden die vier in § 18 Abs. 1 Satz 3 WPG definierten Kriterien herangezogen. Die Bewertung erfolgt zunächst für die Wärmenetzvarianten. Gemäß § 18 Absatz 1 WPG wurden dabei folgende Kriterien berücksichtigt:

- die voraussichtlichen Wärmegestehungskosten,
- die Realisierungsrisiken,
- die Versorgungssicherheit und
- die kumulierten Treibhausgasemissionen.

### **Wärmegestehungskosten für die Wärmenetzeignungsgebiete**

Wie in Kapitel 5.4.4 dargelegt, liegen die Varianten 1, 3 und 4 auf einem vergleichbaren Kosteniveau und sind gleichzeitig deutlich günstiger als Variante 2. Maßgeblich für die Auswahl des wirtschaftlichsten Erzeugerkonzepts ist insbesondere die Erwartung hinsichtlich der zukünftigen Preisentwicklung von Biomasse und Strom. Sofern davon ausgegangen wird, dass die Preise für Biomasse stärker oder die Preise für Strom weniger stark steigen als in diesem Gutachten angenommen, kann sich eine abweichende wirtschaftliche Beurteilung ergeben. Da der Kostenabstand zwischen den jeweils vergleichbaren Varianten (1, 3 und 4) weniger als 1 ct/kWh beträgt, können diese Varianten als wirtschaftlich nahezu gleichwertig betrachtet werden.

### **Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit für die Wärmenetzeignungsgebiete**

Der Bau aller vier Erzeugungsvarianten ist mit vergleichsweise geringen Errichtungsrisiken verbunden.

Mit Blick auf die Verfügbarkeit der Energieträger ist festzustellen, dass regional oder deutschlandweit verfügbare Biomasse nur begrenzt vorhanden ist. Aufgrund künftig zahlreicher konkurrierender Nutzungsansprüche, insbesondere auch hinsichtlich der verfügbaren Flächen, kann hier langfristig ein höheres Verfügbarkeitsrisiko als beim Energieträger Strom entstehen. Dieses Risiko dürfte sich jedoch weniger auf die Versorgungssicherheit als vielmehr wirtschaftlich in Form steigender Preise auswirken. Insgesamt ist davon auszugehen, dass potenzielle Knappheiten bei Biomasse eher in einem längerfristigen Zeithorizont auftreten, während diese beim Strom eher aktuell oder in der nahen Zukunft zu erwarten sind. Ursache hierfür ist die anstehende Elektrifizierung der Sektoren Mobilität und Wärme, die möglicherweise schneller voranschreitet als der erforderliche Ausbau des Stromnetzes. Zudem kann die derzeit noch unzureichende Ausbaugeschwindigkeit bei erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen kurz- bis mittelfristig ein begrenzender Faktor sein. In Variante 3 besteht das Erzeugerportfolio aus zwei unterschiedlichen Wärmeerzeugern. Dadurch wird sowohl bei einem Ausfall einzelner Erzeugungskomponenten als auch bei der Verfügbarkeit der eingesetzten Energieträger eine erhöhte Sicherheit erreicht.

### **Kumulierte Treibhausgasemissionen für die Wärmenetzeignungsgebiete**

Der Unterschied der zwischen 2025 und 2045 emittierten kumulierten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmenetzvarianten ist in Abbildung 52 dargestellt. Die Differenzen zwischen den Erzeugerkonzepten sind sehr gering, da immer vom gleichen Netzausbau ausgegangen wird und sich der Treibhausgasausstoß nur geringfügig unterscheidet. Das Wärmenetz deckt im

Zielzustand 2045 etwa 10 % des Gesamtwärmebedarfs der Stadt Vellmar. Der überwiegende Teil der Treibhausgasemissionen ist daher der dezentralen Wärmeversorgung zuzuordnen. Ein Teil der bestehenden dezentralen Wärmeerzeuger wird durch den Anschluss an das auszubauende Fernwärmenetz abgelöst. Es ist erwartbar, dass die verbleibenden dezentralen Öl-, Biomasse- und Gaskessel bis 2045 zu einem großen Teil durch dezentrale Wärmepumpen ausgetauscht werden. Stromdirektheizungen werden in dieser Annahme nicht ersetzt.

Da die Veränderung der dezentralen Wärmeversorgung in allen Varianten identisch ist, beeinflussen ausschließlich die jeweiligen Erzeugungsvarianten des Wärmenetzes die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen. Variante 4 weist mit rund 365 000 t die geringsten kumulierten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf. Der Unterschied zur emissionsintensivsten Variante 1 beträgt jedoch lediglich 0,4 %. Die kumulierten Treibhausgasemissionen stellen somit kein maßgebliches Entscheidungskriterium für die Auswahl der zu präferierenden Wärmeversorgungsvariante für das Wärmenetz dar.

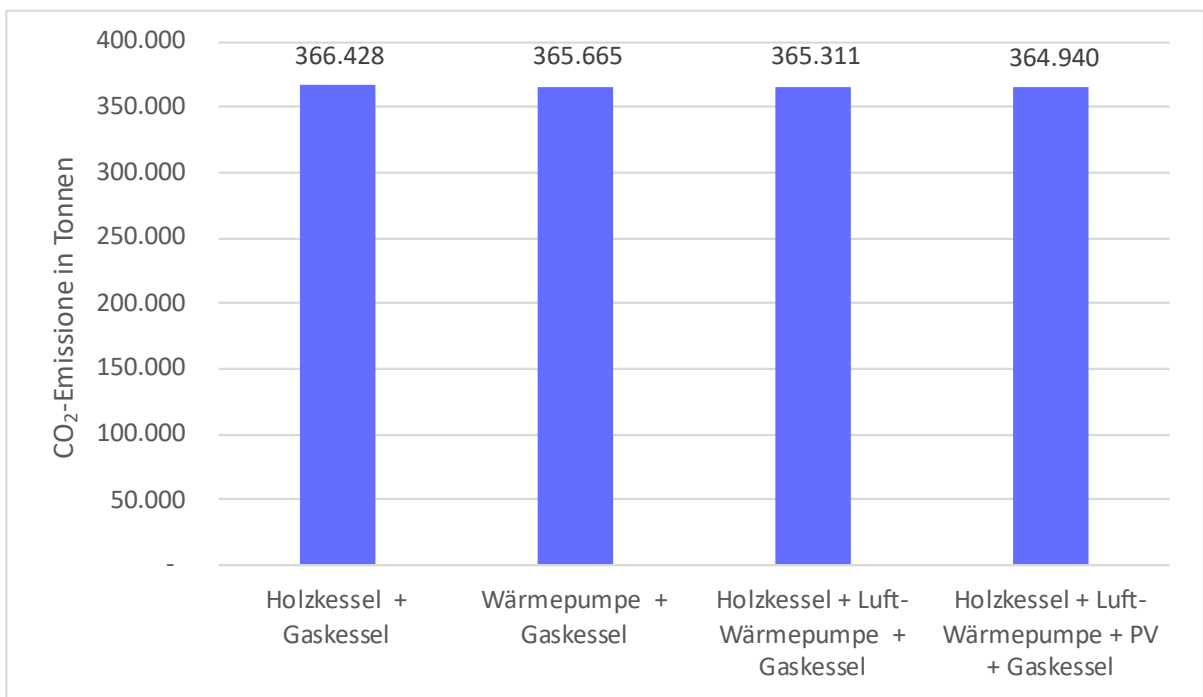


Abbildung 52: Kumulierte Treibhausgasemissionen zwischen 2025 und 2045 bei unterschiedlichen Wärmeerzeugungsvarianten

### Festlegung des Zielszenarios für die zentrale Wärmeversorgung

Die Bewertung und die zunächst vorläufige Festlegung des Netzausbauszenarios erfolgten bereits in der Einleitung zu Kapitel 5.4. Dort wurde das Szenario bevorzugt, das aus wirtschaftlicher Sicht einen maximalen Netzausbau ermöglicht. Für dieses Szenario wurden anschließend in Kapitel 5.4.1 vier Erzeugervarianten konzipiert.

Auf Basis der im vorangegangenen Kapitel erläuterten Bewertung der Erzeugervarianten wird die Erzeugervariante 3 empfohlen. Diese weist die geringsten Erzeugungskosten auf und bietet aufgrund der Kombination zweier Wärmeerzeugungstypen die höchste Versorgungs-

sicherheit. Hinsichtlich der übrigen Bewertungskriterien werden die vier im Detail untersuchten Erzeugervarianten als nahezu gleichwertig eingeschätzt.

#### 5.4.6 Zeitliche Umsetzung des Wärmenetzausbaus

Für die gemäß § 18 Abs. 3 WPG vorgegebene Einteilung des beplanten Gebiets nach den Betrachtungszeitpunkten 2030, 2035 und 2040 ist die Entwicklung eines zeitlichen Verlaufs des Wärmenetzausbaus notwendig. An diesen Verlauf ist auch der Ausbaupfad des Erzeugerportfolios anzupassen. Im Folgenden wird der zeitliche Ausbaupfad für das in den vorangegangenen Kapiteln entwickelte Netzausbau- und Erzeugerkonzept erläutert.

In Abbildung 53 ist die angenommene zeitliche Entwicklung des Wärmebedarfs für das Wärmenetz dargestellt. Dieser umfasst den Wärmebedarf der potenziellen Anschlussnehmer zuzüglich angenommener Wärmeverluste von 15 %. Es wird davon ausgegangen, dass der Netzausbau in den Jahren 2030 bis 2034 erfolgt und in diesem Zeitraum ein deutlicher Zuwachs der Wärmenetzanschlüsse realisiert werden kann. Der Anschluss wirkt dabei der Reduktion des Wärmebedarfs entgegen (vgl. Kapitel 4.1). Die daraus resultierende Entwicklung des Wärmeabsatzes im Wärmenetz zeigt folgende Abbildung.

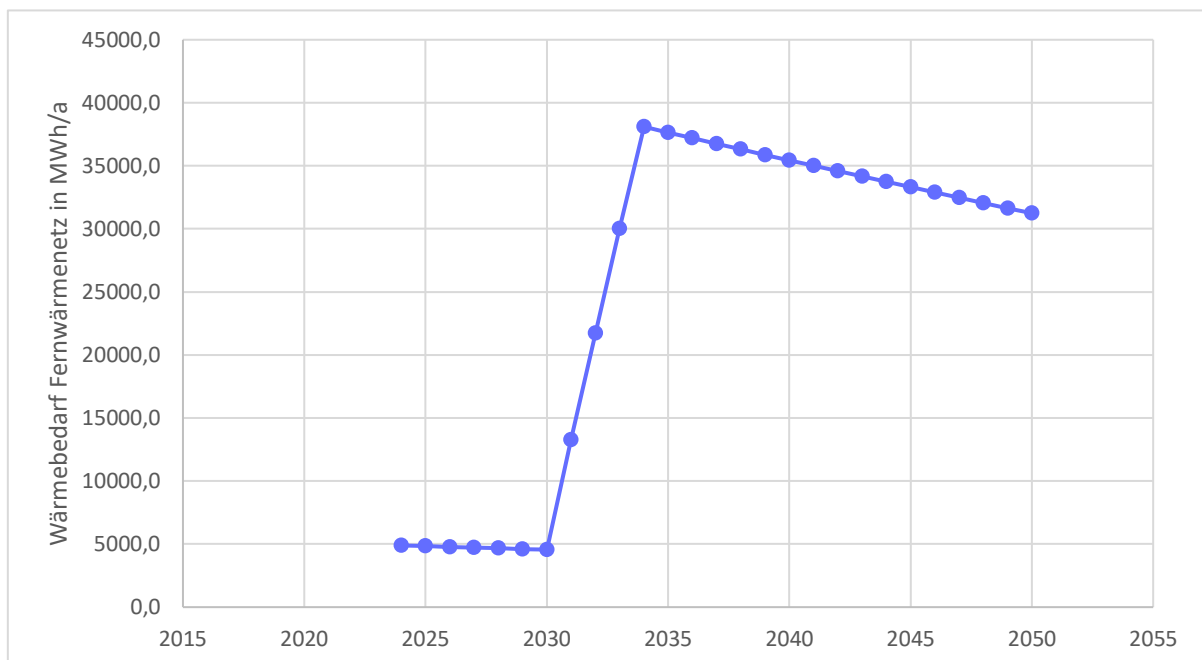


Abbildung 53: Wärmeabsatz im Wärmenetz im Zeitverlauf

In folgender Abbildung ist der angenommene Zubau von Wärmeerzeugungsleistung für das Wärmenetz in der Erzeugungsvariante 3 dargestellt. Ab 2030 sorgt der Holzkessel für die Erzeugung der Wärme. Dessen Leistung ist ab dem Jahr 2032 nicht mehr ausreichend, sodass ergänzend eine Luftwärmepumpe installiert wird.

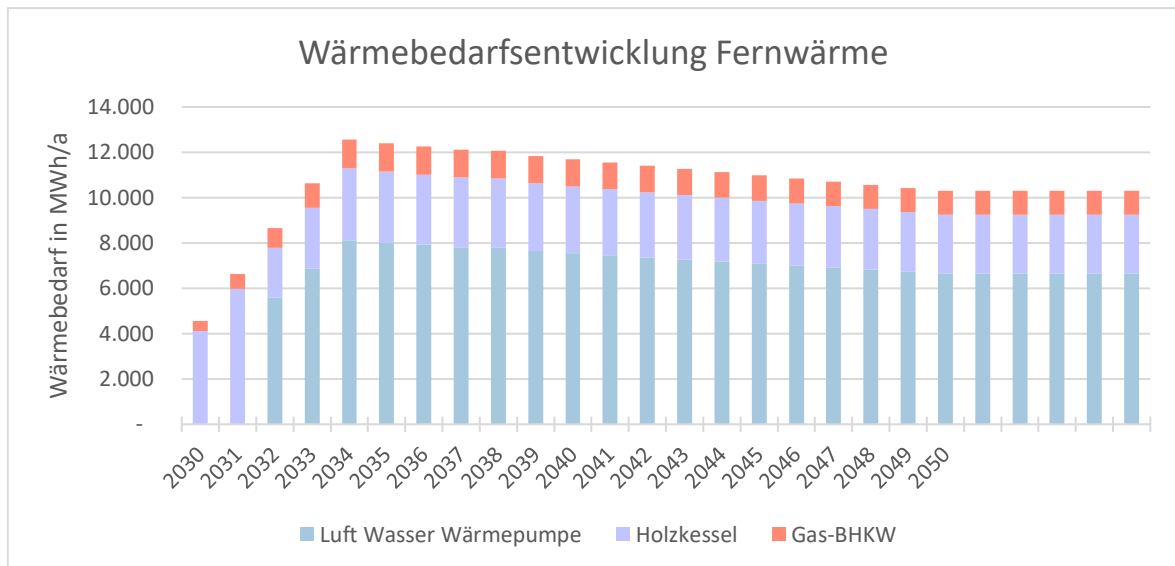


Abbildung 54: Zu- und Abbau von Wärmeerzeugungsleistung im Zeitverlauf

## 5.5 Insellösungen für Wärmenetze

Zusätzlich zu dem im vorangegangenen Kapitel beschriebenen zentralen Wärmenetzsystem können für weitere Stadtteile kleinere leitungsgebundene Wärmeversorgungssysteme (sogenannte „Inselwärmenetze“) in Betracht gezogen werden. Voraussetzung hierfür sind neben einer ausreichend hohen Wärmedichte auch geeignete Flächen für die Errichtung der Erzeugungsanlagen.

Aufgrund des räumlichen Zusammenhangs zwischen Potenzialflächen für Geothermie auf naheliegenden städtischen Grundstücken und einem erhöhten Wärmebedarf wurde für den Stadtteil Vellmar-West das Potenzial für ein kleineres Wärmenetz untersucht. Die Betrachtung erfolgte nach demselben methodischen Ansatz wie in Kapitel 5.4. Hierfür wurden drei Wärmenetzvarianten mit unterschiedlichen Ausbaustufen entwickelt. Die zugrunde gelegten Grenzwärmelinien dichten lagen hier bei 1 000 kWh/(m·a), 1 250 kWh/(m·a) und 1 500 kWh/(m·a). Das betrachtete Netz liegt im Umfeld von Mehrfamilienhäusern. Auf Basis der beschriebenen Annahmen wurden für jede Netzvariante zwei Erzeugerkonzepte entwickelt. Das erste Konzept basiert auf oberflächennaher Geothermie, während das zweite Konzept die Wärmeversorgung mittels des Energieträgers Biomasse vorsieht. Da dieses Wärmenetz kleiner als das Wärmenetz in der Innenstadt ist, werden hier Wärmeverluste von 10 % angenommen. Daraus ergibt sich für das Jahr 2030 die in Abbildung 55 dargestellte erforderliche Wärmeerzeugung.

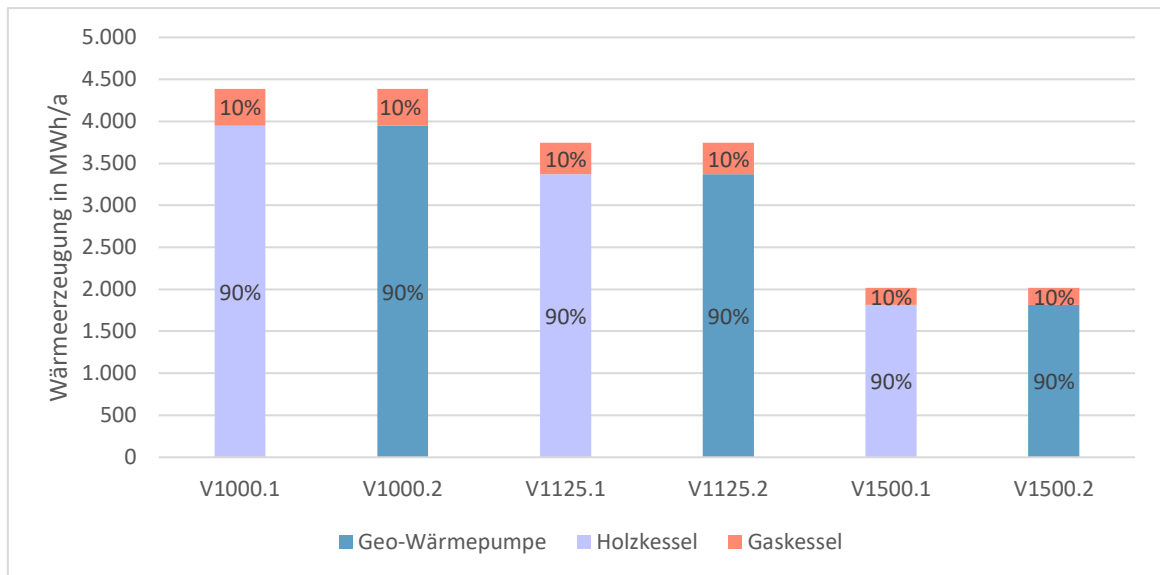


Abbildung 55: Wärmeerzeugung für das potenzielle Nahwärmenetz in Vellmar-West

Als wirtschaftlichste Wärmenetzvariante hat sich die Variante 1500 kWh/(m·a) erwiesen. Tabelle 28 zeigt die ermittelten Projektionen für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 für die Netzausbauvariante 1500 kWh/(m·a). Darauf aufbauend wurde die Wärmelinienlänge des potenziellen Wärmenetzes berechnet. Hierfür wurde eine Anschlussrate von 60 % angenommen. Die zur Versorgung benötigte Netzlänge wurde einschließlich der Hausanschlüsse auf 650 m ermittelt. Daraus ergibt sich für die Netzausbauvariante eine durchschnittliche Wärmelinienlänge von 2 509 kWh/(m·a).

Tabelle 28: Wärmebedarf für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 für ein potenzielles Wärmenetz im Stadtteil Vellmar-West bei einer angenommenen Anschlussrate von 60 %

	2030	2035	2040	2045
Wärmebedarf gesamt in GWh/a	1,9	1,8	1,7	1,5

Es zeigt sich, dass die für den Stadtteil berechneten Wärmelinienlängen vergleichsweise hoch ausfallen. Dies deutet darauf hin, dass der wirtschaftliche Betrieb eines Wärmenetzes grundsätzlich möglich ist. Tabelle 29 zeigt die Auslegung der verschiedenen Netzausbauvarianten.

Tabelle 29: Auslegungsgrößen für betrachtetes Inselnetz in Vellmar-West

	Variante 1000.1 Biomasse	Variante 1000.2 Geothermie	Variante 1125.1 Biomasse	Variante 1125.2 Geothermie	Variante 1500.1 Biomasse	Variante 1500.2 Geothermie
Gaskessel in kW <sub>th</sub>	2.500	2.500	2.000	2.000	1.500	1.500
Biomassekessel in kW <sub>th</sub>	800	-	700	-	400	-
Geo-Wärmepumpe in kW <sub>th</sub>	-	800	-	700	-	400
Speicher in m <sup>3</sup>	250	250	250	250	100	100
Anzahl Heizzentralen	1	1	1	1	1	1
Solarthermie-Absorber in m <sup>2</sup>	-	9.800	-	8.300	-	4.500
Anzahl Sonden	-	18	-	16	-	9
Nötige Fläche in Hektar	-	0,72	-	0,64	-	0,36

Zur Berechnung der Wärmegestehungskosten wurden mithilfe der LCOH-Methode die jährlichen Kosten ermittelt und durch den jährlichen Wärmeabsatz dividiert. Die Berechnung erfolgte für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 8 %/a als Gesamtkapitalverzinsung. In Abbildung 56 sind die Wärmepreise der beiden Erzeugervarianten für die Netzausbauvariante mit einer Wärmelinien-dichte von 1 500 kWh(m·a) dargestellt. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt, dass mit diesem Konzept für den Stadtteil Vellmar-West Wärmepreise erzielt werden können, die gegenüber der dezentralen Wärmeerzeugung wettbewerbsfähig sind.

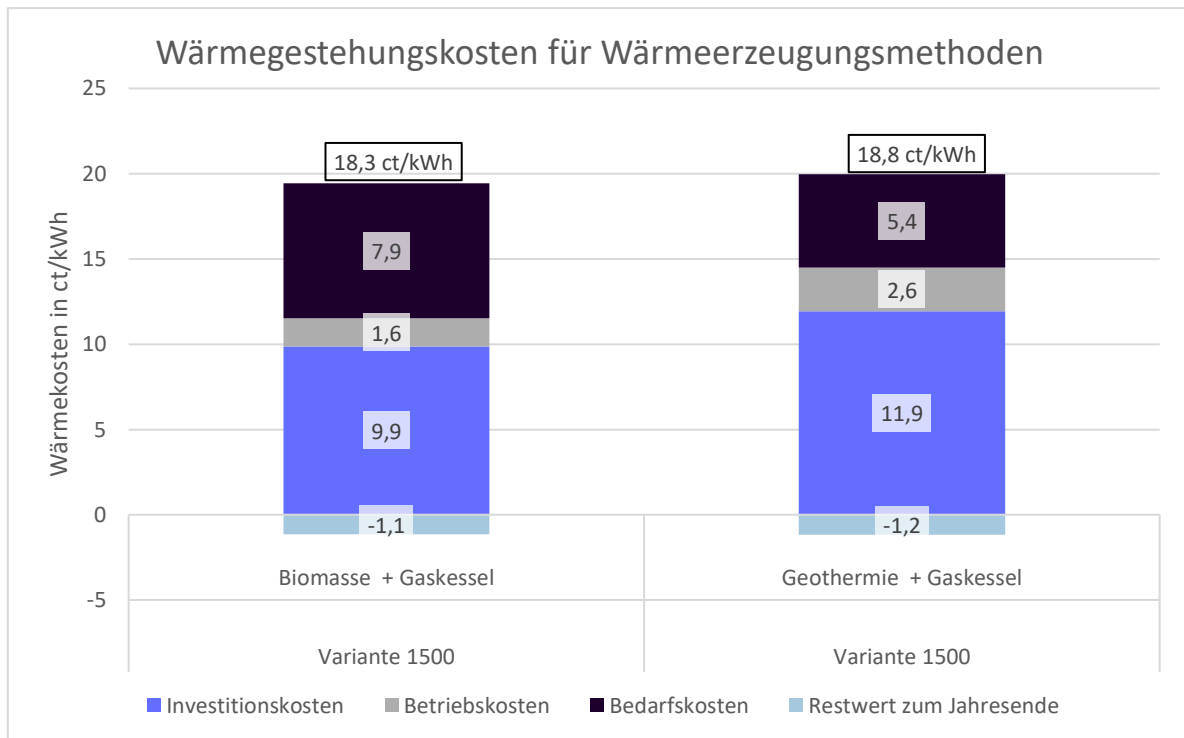


Abbildung 56: Wärmegestehungskosten für das potenzielle Wärmenetz in Vellmar-West

Gleichzeitig grenzt der Stadtteil Vellmar-West an das Stadtgebiet der Stadt Kassel. Da auf beiden Seiten der Stadtteilgrenze potenzielle Wärmenetzgebiete liegen und in Vellmar-West die Umsetzung eines wirtschaftlich wettbewerbsfähigen Wärmenetzes möglich erscheint, wird das potenzielle Gebiet in Kapitel 7.1 als Prüfgebiet definiert. Die Möglichkeiten einer Zusammenarbeit wurden am 4.12.2025 mit der Städtische Werke AG, Kassel, erörtert. Weitere Gespräche wurden vereinbart.

## 5.6 Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG

Grundlage für die Festlegung der Eignungsstufen für Wärmenetze ist das in den vorangegangenen Kapiteln beschriebene Ausbaukonzept. Auf dieser Basis wurde folgende Systematik definiert:

Baublöcke werden den Kategorien „wahrscheinlich geeignet“ oder „sehr wahrscheinlich geeignet“ für die Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz zugeordnet, sofern im Zieljahr mindestens 25 % ihres Wärmebedarfs über das zukünftige Wärmenetz gedeckt werden.

Baublöcke, deren Wärmebedarf im Zieljahr zu weniger als 25 % durch ein Wärmenetz gedeckt wird, werden grundsätzlich als „wahrscheinlich ungeeignet“ oder „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ klassifiziert. Diese Einordnung gilt sowohl für Gebiete, die bereits aktuell an ein Wärmenetz angeschlossen sind, als auch für Gebiete, die erst zukünftig ein Wärmenetz erhalten sollen.

Eine Besonderheit ergibt sich für Baublöcke, bei denen der erwartete Anteil der Wärmeversorgung über ein Wärmenetz zwar unter 25 % liegt, deren Wärmebedarfsdichte jedoch mindestens 415 MWh/(ha·a) beträgt. Diese Baublöcke werden ebenfalls als

„wahrscheinlich geeignet“ für eine Versorgung durch ein Wärmenetz eingestuft. Der Hintergrund ist, dass gemäß dem Leitfaden zum WPG bei einer Wärmebedarfsdichte von mindestens 415 MWh/(ha·a) grundsätzlich von einer Wärmenetzeignung im Bestand ausgegangen wird. Gleichzeitig sehen die in dieser Wärmeplanung entwickelten Ausbauszenarien für diese Gebiete entweder keinen Wärmenetzausbau oder lediglich einen Ausbau vor, der zu einem Wärmebedarfsanteil mit Wärmenetzen von weniger als 25 % führt. Bei künftig veränderten Rahmenbedingungen – insbesondere wirtschaftlicher Art – kann sich jedoch ein stärkerer Netzausbau ergeben, sodass der Wärmebedarfsanteil bereits bei geringen Änderungen auf 25 % oder mehr steigen könnte. Vor diesem Hintergrund erschien es nicht sachgerecht, diese Baublöcke als „wahrscheinlich ungeeignet“ für eine Wärmeversorgung zu klassifizieren. Erst wenn sowohl der Wärmenetzanteil unter 25 % liegt als auch die Wärmebedarfsdichte unter 415 MWh/(ha·a) sinkt, ist es – auch bei leicht veränderten Rahmenbedingungen – wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich, dass keine Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz in relevantem Umfang erfolgen wird. Die folgende Tabelle stellt die genannten Grenzwerte sowie die daraus abgeleitete Zuordnung der Eignungsstufen im Überblick dar.

Tabelle 30: Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG

Baublöcke	Fernwärmeanteile nach Netzausbau-szenario in %	Verknüpfung	Wärmebedarfsdichte (WBD) in MWh/(ha-a)
Sehr wahrscheinlich geeignet	≥ 75	-	-
Wahrscheinlich geeignet	≥ 75 und < 25	oder	≥ 415
Wahrscheinlich ungeeignet	≥ 25 und > 10	und	< 415
Sehr wahrscheinlich ungeeignet	≥ 0 und < 10	und	< 415

Die hier dargestellten Anteile am Wärmebedarf beziehen sich jeweils auf den Wärmebedarf innerhalb eines Baublocks ohne industrielle Verbraucher. Auch die zugrunde gelegte Wärmebedarfsdichte wurde ohne Industrie berechnet.

Für die Stadt Vellmar zeigt sich zwischen der Straße L3368 und der Frommershäuser Straße eine hohe Wärmenetzeignung (vgl. Abbildung 57). Das eröffnet die Option, die Mehrfamilienhäuser im Neubaugebiet Vellmar-Nord perspektivisch in Verlängerung an das zentrale Wärmenetz anzuschließen. Für diese Bereiche wird empfohlen, den Ausbau eines Wärmenetzes voranzutreiben.

Darüber hinaus zeigt sich auch in Vellmar-West im Bereich der großen Mehrfamilienhäuser am und um den Reinstahlring eine erhöhte Wärmenetzeignung.

Für beide Gebiete kann als nächster Schritt die Beantragung einer Förderung für eine BEW-Machbarkeitsstudie erfolgen. Alternativ ist zu prüfen, ob die hessische Förderung für den Bau und Ausbau von Wärmenetzen in Betracht kommt (zur möglichen Vorgehensweise s. Kapitel 9.3).

Für alle weiteren Gebiete, in denen kein Anschluss an ein Wärmenetz vorgesehen ist, die jedoch eine „wahrscheinliche“ oder „sehr wahrscheinliche“ Wärmenetzeignung aufweisen, kann der Zusammenschluss weniger Gebäude zu einem Gebäudenetz eine geeignete Option darstellen. Von einem Gebäudenetz wird gesprochen, wenn weniger als 17 Gebäude und weniger als 100 Wohneinheiten versorgt werden.

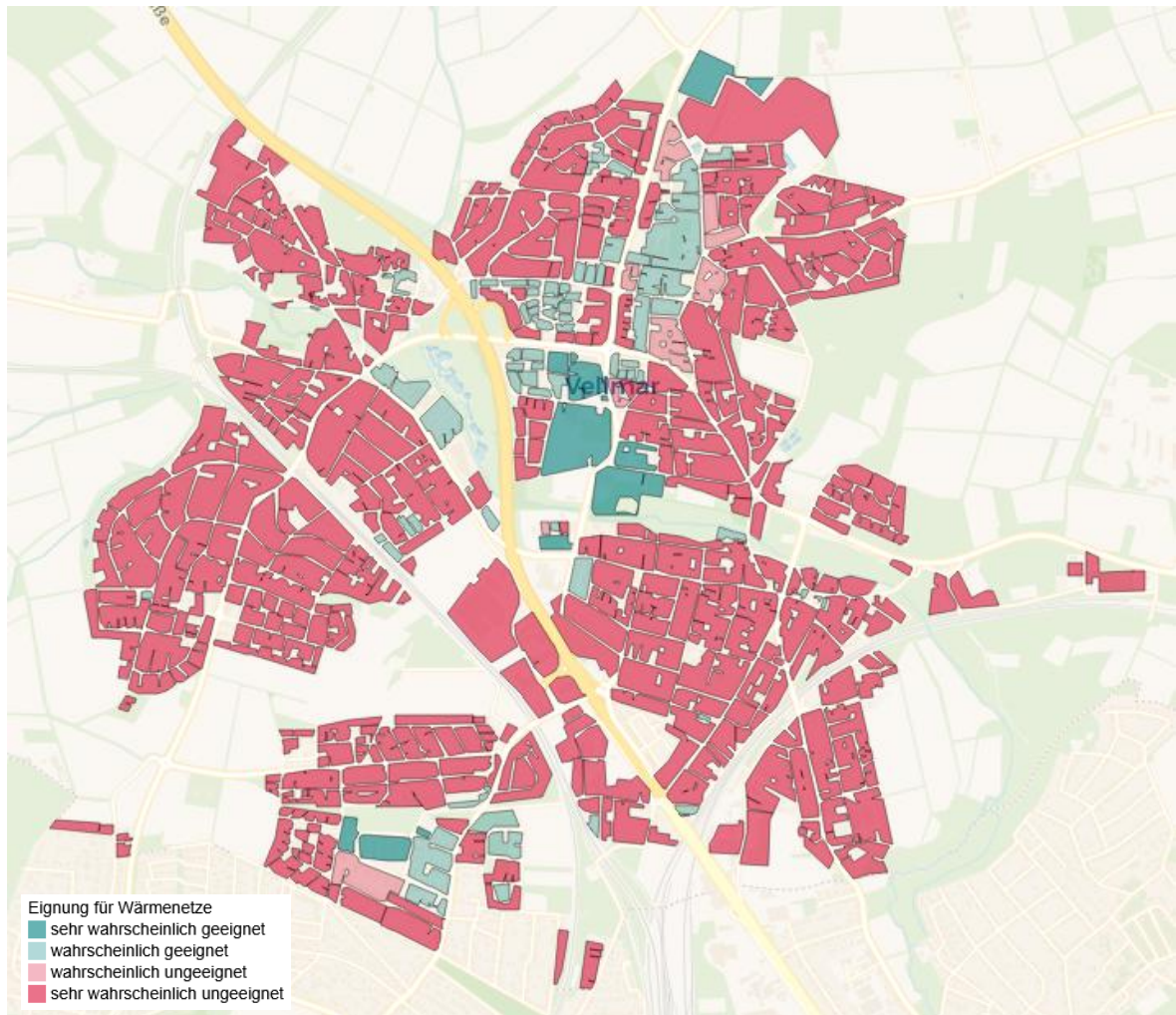


Abbildung 57: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit Wärmenetzen nach Baublöcken im Zielszenario gemäß § 19 WPG

## 6 Eignung für dezentrale Wärmeerzeugung

Zur Identifikation von Gebieten, in denen dezentrale Wärmeversorgungskonzepte für eine zukünftige dekarbonisierte Wärmeversorgung umsetzbar sind, wurden mögliche Wärmequellen für die Versorgung von Einzelgebäuden untersucht. Betrachtet wurden dabei Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) und Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) mit Erdwärmesonden (EWS). Die Analysen erfolgten gebäudescharf.

### 6.1 Luft-Wasser-Wärmepumpen zur Einzelgebäudeversorgung

Als wesentlicher einschränkender Faktor für den Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) wurde die Einhaltung der Schallimmissionsvorgaben berücksichtigt. Die angewendete Methodik orientiert sich dabei an Greif (2023). Im Folgenden werden das Vorgehen und die Ergebnisse beschrieben.

## 6.1.1 Datengrundlage und Vorgehen

Die Heizleistung wurde auf Grundlage der im Wärmetlas ausgewiesenen Wärmebedarfe unter Berücksichtigung der typischen Vollaststunden des jeweiligen Gebäudetyps berechnet. Der Schalleistungspegel  $L_{w,aeq}$  der Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) lässt sich über den in Abbildung 58 gezeigten Zusammenhang bestimmen. Die dort zugrunde gelegte Funktion orientiert sich an den emissionsärmsten Wärmepumpen der jeweiligen Leistungsklasse.

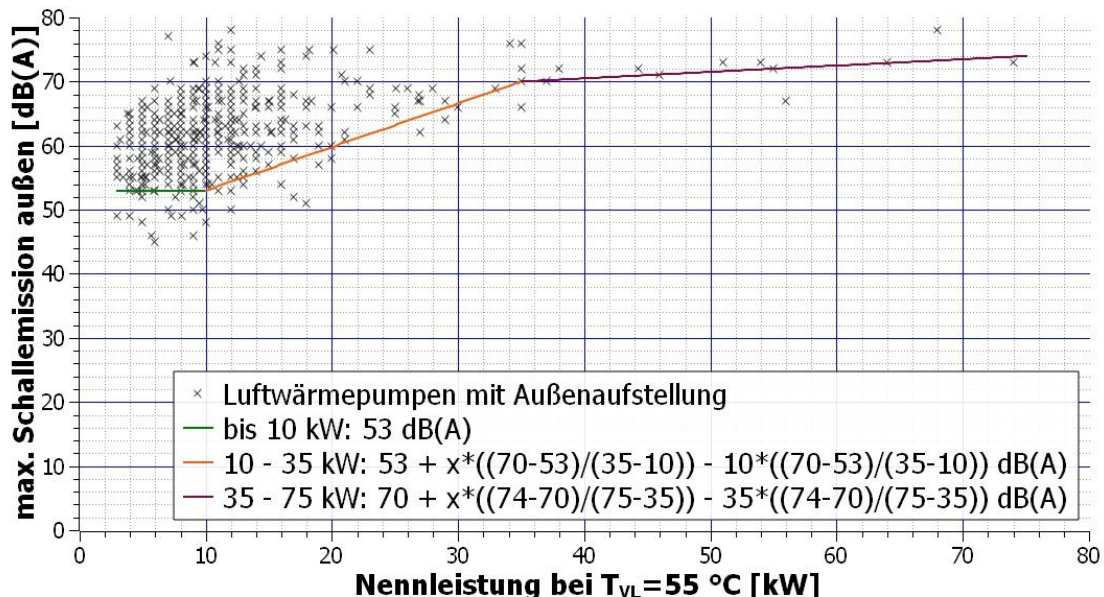


Abbildung 58: Zusammenhang zwischen der Schalleistung von L/W-Wärmepumpen und der Heizleistung, basierend auf Datenblattwerten aus der GET-Produktdatenbank (Amt der Salzburger Landesregierung - Lebensgrundlagen und Energie, 2023).

Nach dem Leitfaden Schall des BWP gilt für den Mindestabstand  $s_m$  zum Nachbargebäude unter Einhaltung der Schallimmissionsschutzvorgaben folgender Zusammenhang:

$$s_m = 10^{\frac{L_{w,aeq} - L_r + K_T + K_0 - 11 \text{ dB(A)} + K_R + K_{\text{Nacht}} + K_{\text{Irrelevanz}}}{20}}$$

Die verwendeten Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 31: Parameter zur Berechnung des notwendigen Mindestabstands zur Einhaltung der Immissionsschutzvorgaben

Kennwert	Annahmen
$L_{w,aeq}$	Schalleistungspegel der L/W-WP nach Herstellerangabe
$L_r$	Grenzwert für Schalleistungspegel; Annahme: 35 dB(A). Entspricht dem Grenzwert für reine Wohngebiete im Nachtbetrieb.
$K_T$	Zuschlag für die Ton- und Informationshaltigkeit gemäß Herstellerangabe; Annahme: 0 dB(A)
$K_0$	Raumwinkelmaß aus der Aufstellungssituation;

	Annahme: 6 dB(A). Entspricht einer Aufstellung an einer Wand.
$K_R$	Zuschlag für Zeiten mit erhöhter Empfindlichkeit (Tagbetrieb); Annahme: 0 dB(A)
$K_{Nacht}$	Annahme für Leistungsabsenkung von Wärmepumpen im Nachtbetrieb; Annahme: -2 dB(A)
$K_{Irrelevanz}$	Der Nachweis für die Gesamtbelastung entfällt, wenn der maßgebliche Immissionsrichtwert der TA-Lärm um mindestens 6 dB(A) unterschritten wird (sogenannter Irrelevanz-Wert); Annahme: 6 dB(A)

In folgender Abbildung ist der Zusammenhang zwischen Mindestabstand und Schallleistungsdruck der L/W-WP unter den zuvor genannten Annahmen dargestellt.

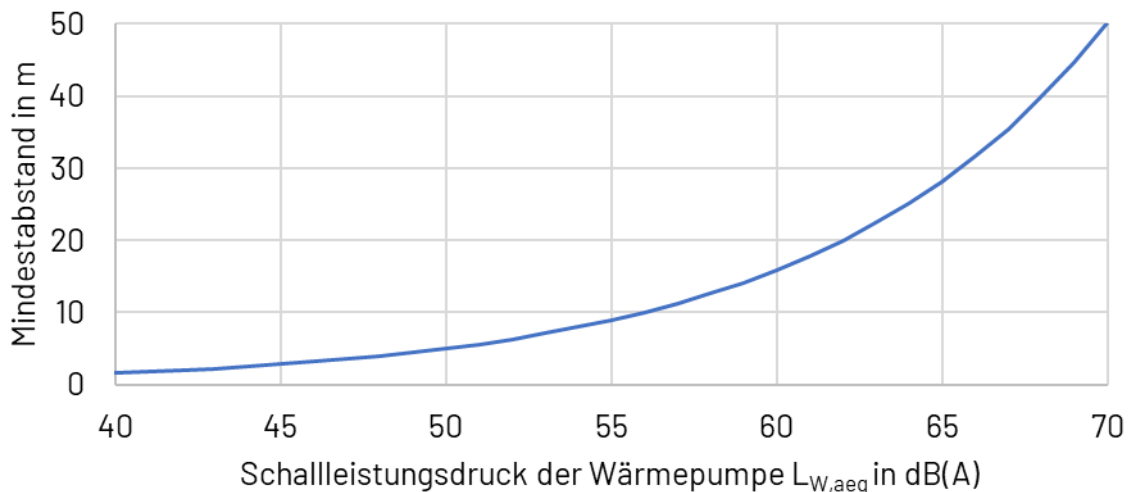


Abbildung 59: Mindestabstand zwischen L/W-WP und Nachbargebäuden zur Einhaltung der Schallimmissionsvorgaben über dem Schallleistungsdruck der Wärmepumpe

Als möglicher Aufstellbereich für Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) wurde ein Ring mit einem Mindestabstand von 1 m und einem maximalen Abstand von 3 m um das Gebäude innerhalb des zugehörigen Flurstücks definiert. Wie in Abbildung 60 (links) dargestellt, wurde dann um die benachbarten Gebäude ein Puffer mit dem zuvor ermittelten Mindestabstand  $s_m$  gelegt. Sofern nach Abzug der Puffer innerhalb des definierten Aufstellbereichs eine ausreichend große Fläche verbleibt, wird das betreffende Gebäude als für eine Versorgung mit einer L/W-WP geeignet eingestuft.

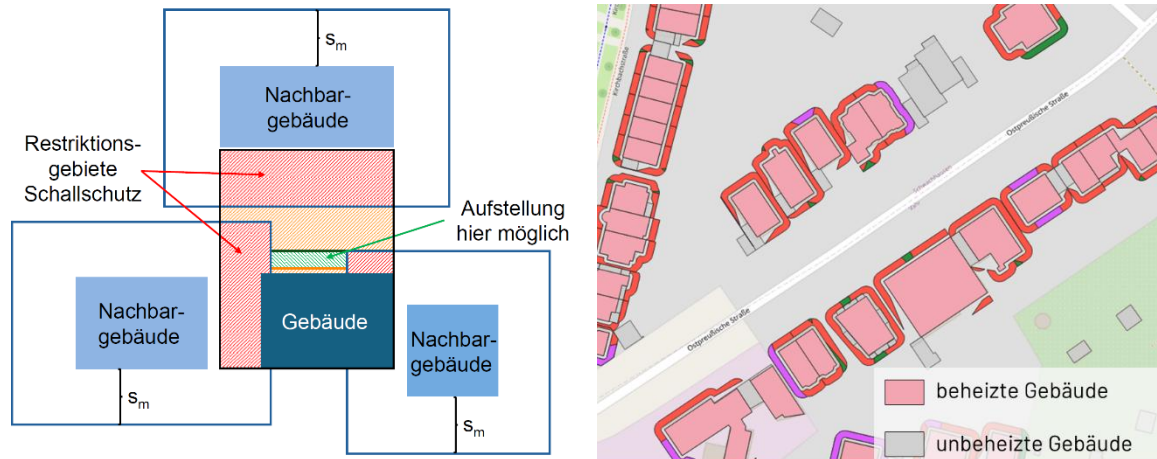


Abbildung 60: (links) Bestimmung des potenziellen Aufstellgebiets der L/W-Wärmepumpe unter Berücksichtigung der Mindestabstände und unter Einhaltung der Schallimmissionsgrenzwerte; (rechts) Ausschnitt aus dem Wärmetlas mit möglichen Installationsorten der L/W-Wärmepumpe bei aktuellem Gebäudezustand (violett) sowie im Sanierungsfall (grün)

Sofern bei der Berechnung der aktuellen Heizleistung innerhalb des definierten Aufstellbereichs keine ausreichend große Fläche zur Verfügung stand, wurde die Wärmepumpenleistung iterativ so lange reduziert, bis ein geeigneter Aufstellbereich entstand. Die Reduktion erfolgte dabei bis zu einem minimalen Wert von 50 % der aktuellen Heizleistung. Das Ergebnis dieses Vorgehens ist beispielhaft in Abbildung 60 (rechts) dargestellt. Die Methode vernachlässigt die Abschattung des Schalls durch das Gebäude selbst. Dieser Effekt ist gesondert zu prüfen.

## 6.1.2 Ergebnisse

In Abbildung 61 ist der mit der zuvor beschriebenen Methode ermittelte Anteil des Wärmebedarfs des Stadtgebiets Vellmar dargestellt, der potenziell über Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) versorgt werden kann. Industrie- und große GHD-Unternehmen (> 1 GWh/a) wurden in dieser und den folgenden Darstellungen nicht berücksichtigt, da hier Prozesswärmebedarfe zu vermuten sind, die möglicherweise nicht durch Wärmepumpen gedeckt werden können. Im unsanierten Zustand können 60 % des Wärmebedarfs über L/W-Wärmepumpen gedeckt werden. Bei Annahme einer Sanierung mit einer Reduktion des jeweiligen Gebäudewärmebedarfs auf mindestens 50 % steigt dieser Anteil auf 75 %.

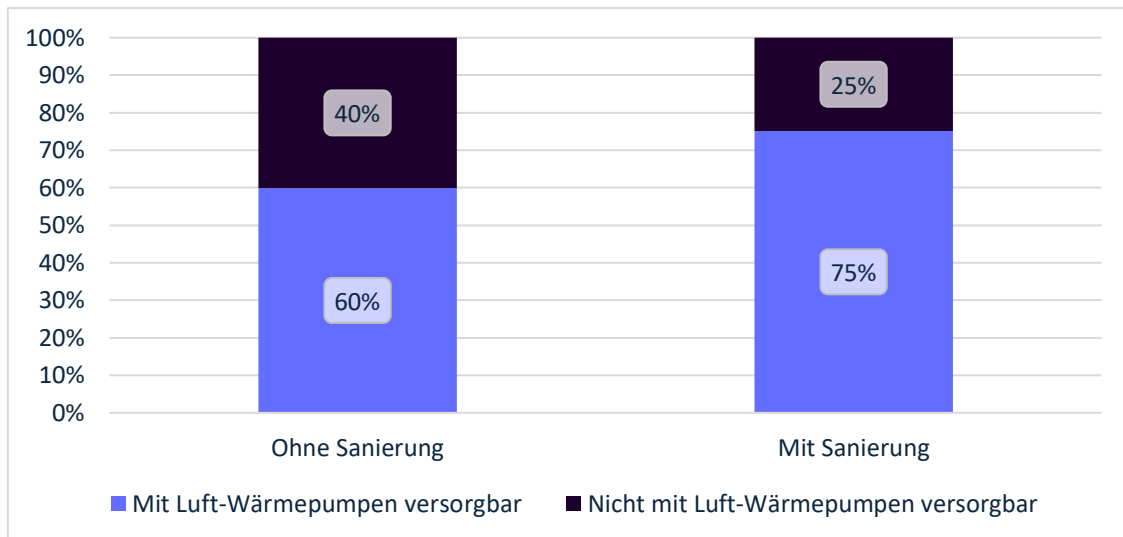


Abbildung 61: Anteil des Wärmebedarfs, der mit und ohne Sanierung über L/W-Wärmepumpen gedeckt werden kann

Die potenzielle Deckung des Wärmebedarfs über dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpe (L/W-WP) in den Baublöcken der Stadt Vellmar ist in Abbildung 62 für den heutigen Wärmebedarf und in Abbildung 63 für einen um bis zu 50 % reduzierten Wärmebedarf infolge energetischer Sanierungen dargestellt. In den äußeren Stadtgebieten können große Anteile des Wärmebedarfs über dezentrale L/W-WP gedeckt werden. Im dicht bebauten Stadtzentrum ist das Potenzial für dezentrale L/W-WP hingegen geringer, was sich in den blauen und grünen Bereichen widerspiegelt. In diesen Quartieren ist der Bedarf an einer Wärmeversorgung über Wärmenetze größer.

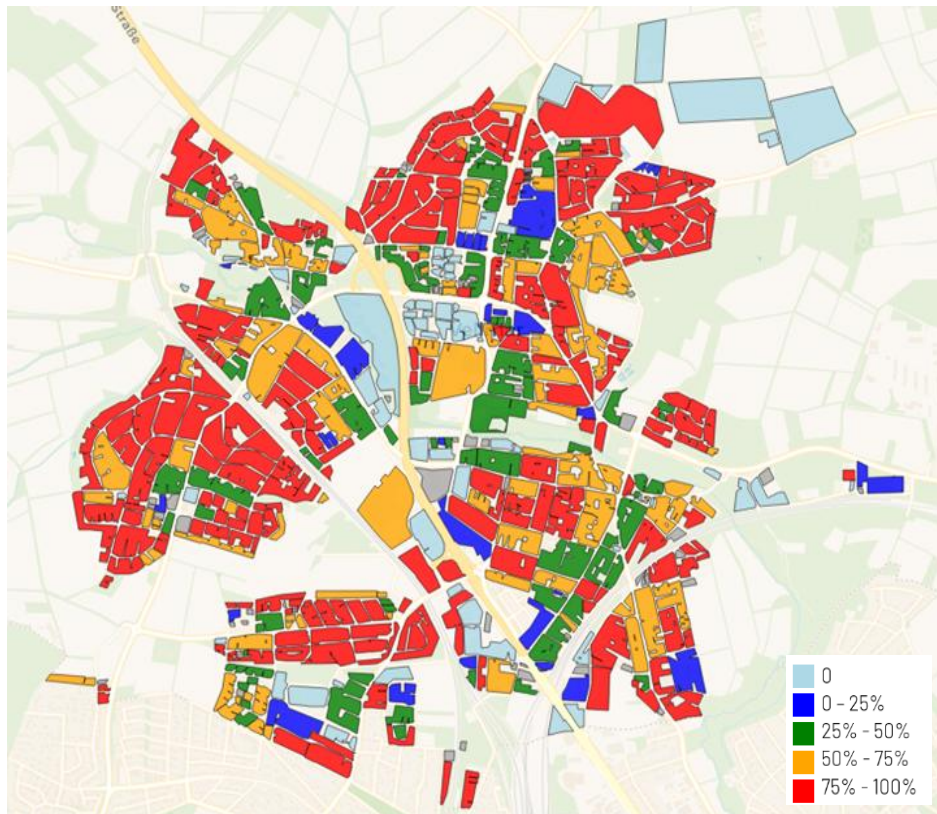


Abbildung 62: Mögliche Deckungsanteile durch dezentrale L/W-Wärmepumpen in den Baublöcken beim heutigen Wärmebedarf

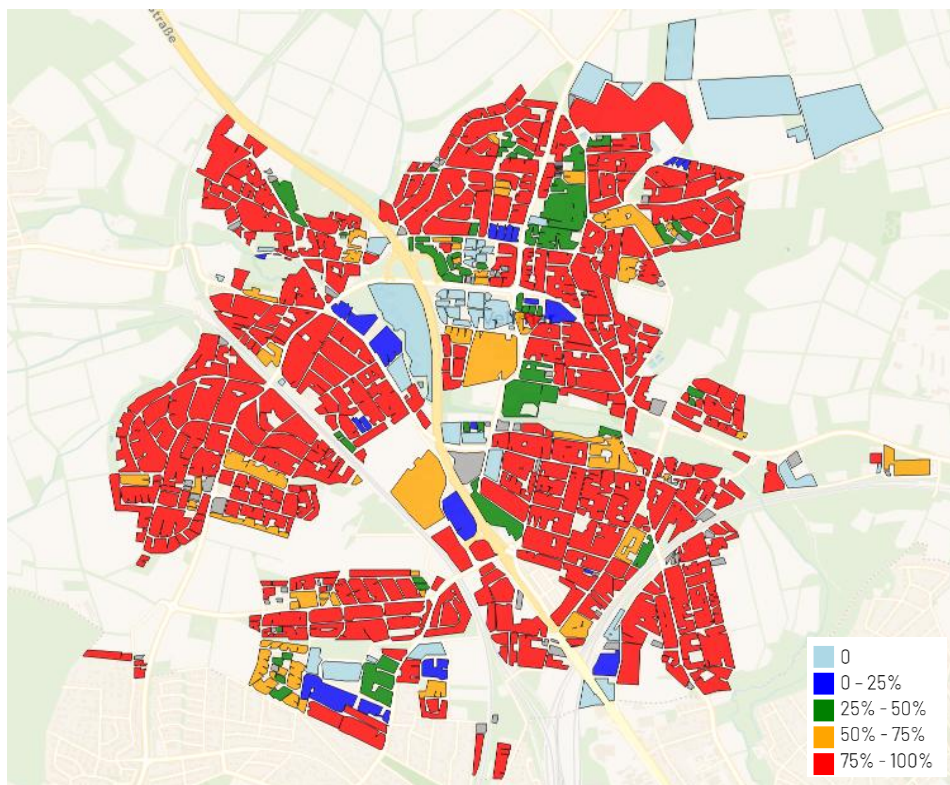


Abbildung 63: Mögliche Deckungsanteile des Wärmebedarfs durch dezentrale L/W-Wärmepumpen in den Baublöcken von Vellmar bei Berücksichtigung einer Sanierung mit einer Reduktion auf mindestens 50 % des heutigen Wärmebedarfs

## 6.2 Wärmepumpen mit Erdwärmesonden zur Einzelgebäudeversorgung

Neben den Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) wurden auch Sole-Wasser-Wärmepumpe (S/W-WP) mit Erdwärmesonden (EWS) als Wärmeerzeuger für die dezentrale Wärmeversorgung untersucht. Hierbei wurden sowohl die Untergrundeigenschaften als auch das verfügbare Platzangebot auf den jeweiligen Grundstücken berücksichtigt. Die angewendete Methode sowie die Ergebnisse werden im Folgenden beschrieben.

### 6.2.1 Datengrundlage und Vorgehen

Die einzelnen Schritte der angewendeten Methode zur Ermittlung des Potenzials von Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) mit Erdwärmesonden (EWS) sind in Abbildung 64 dargestellt. Grundlagen für die Auslegung kleiner Erdwärmesondenanlagen mit einer Heizleistung bis 30 kW sind in der Richtlinie VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrunds – Blatt 2“ (2019) aufgeführt.



Abbildung 64: Fließschema zur Ermittlung des Potenzials für oberflächennahe Geothermie mit S/W-WP und EWS für Einzelgebäude

## Schritt 1: Anzahl möglicher Sonden pro Grundstück

Datengrundlage waren die Gebäude und Grundstücke aus dem Wärmeeratlas. Es wurde ein Mindestabstand von 2 m zum Gebäude (inkl. unbeheizter Nebengebäude) sowie ein Mindestabstand von 5 m zur Grundstücksgrenze (Empfehlung VDI 4640: mind. 10 m Abstand zwischen Nachbaranlagen) berücksichtigt. Mithilfe eines Algorithmus wurden auf der restlichen Grundstücksfläche automatisiert möglichst viele Sonden platziert (vgl. Abbildung 65). Dabei wurde ein Mindestabstand von 6 m zwischen den Sonden angesetzt. Die ermittelte Sondenanzahl wurde pauschal um 50 % reduziert, um zu berücksichtigen, dass aufgrund nicht erfasster Hindernisse (Bäume, Teiche, Pools etc.) nicht die gesamte Fläche nutzbar ist. Diese Annahme wurde stichprobenartig anhand von Luftbildern überprüft.



Abbildung 65: Darstellung der Platzierung von EWS auf den Grundstücken eines Beispielgebiets: Platzierungsbereich auf den Grundstücken (hellgrün); Sondenstandorte (blaue Punkte)

## Schritt 2: Entzugsleistung pro Sonde

Die mögliche Entzugsleistung pro Sonde hängt primär von der Sondenlänge und der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds ab. Das Potenzial wurde für eine Sondenlänge von 100 m berechnet.

Eine wesentliche Randbedingung für den Betrieb von Erdwärmesonden ist eine minimale Fluidtemperatur von  $-3^{\circ}\text{C}$  am Sondereintritt. In der VDI 4640 sind Tabellenwerte zur spezifischen Entzugsleistung pro Sondenmeter für Anlagen mit bis zu 5 Sonden und einer Heizleistung von bis zu 30 kW enthalten. Um auch größere Anlagen berücksichtigen zu können, wurde mithilfe des Tools GEO-HANDlight (Hochschule Biberach 2022) die spezifische Entzugsleistung für Anlagen mit bis zu 25 Sonden in einer Standardanordnung berechnet.

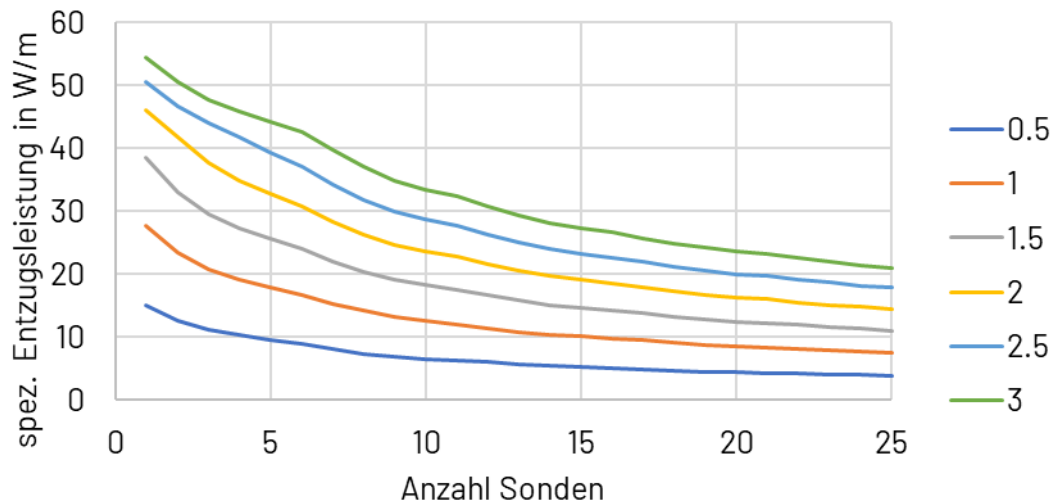


Abbildung 66: Spezifische Entzugsleistung nach Sondenanzahl für unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten, berechnet mit GEO-HANDlight für die Vor-Ort-Untergrundeigenschaften in Vellmar mit Wasser und Frostschutzmittel als Fluid

Zur Abschätzung der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds wurden die im Geologie-Viewer im Stadtgebiet Vellmar verzeichneten Bohrungen ausgewertet (vgl. Abbildung 67). Den einzelnen Bohrungen wurden auf Grundlage der jeweiligen Gesteinsschichtung mittlere Wärmeleitfähigkeiten für einen trockenen Untergrund zugeordnet. In der Praxis ist der Untergrund in der Regel zumindest teilweise wassergesättigt, wodurch sich die Wärmeleitfähigkeit erhöht. Die hier verwendeten Werte können daher als konservative Schätzung angesehen werden. Die mittlere Wärmeleitfähigkeit über eine Bohrtiefe von 100 m beträgt für Vellmar 1,76 W/(m·K).



## 6.2.2 Ergebnisse

In Abbildung 69 ist der über Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) mit Erdwärmesonden (EWS) versorgbare Anteil des Wärmebedarfs dargestellt, der mithilfe der zuvor beschriebenen Methode ermittelt wurde. Industrie- und große GHD-Unternehmen (> 1GWh/a) wurden in dieser und den folgenden Darstellungen nicht berücksichtigt. Dort werden Prozesswärmebedarfe vermutet, die möglicherweise nicht durch Wärmepumpen gedeckt werden können. Im unsanierten Zustand können rund 27 % des Wärmebedarfs der betrachteten Gebäude über S/W-WP gedeckt werden. Bei energetischer Sanierung mit einer Reduktion des jeweiligen Gebäude-Wärmebedarfs auf mindestens 50 % steigt dieser Anteil auf etwa 53 %.

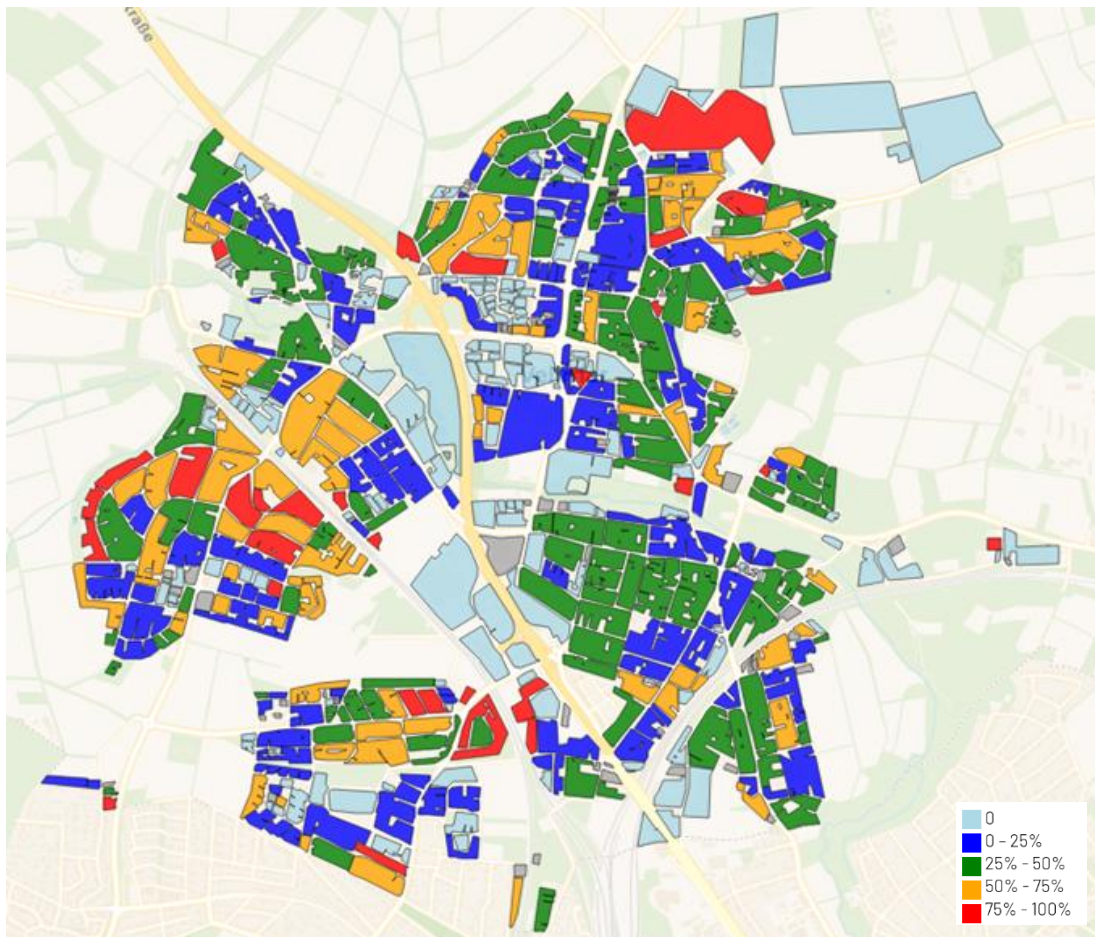


Abbildung 68: Mögliche Deckungsanteile durch dezentrale S/W-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden in den Baublöcken bei heutigem Wärmebedarf.

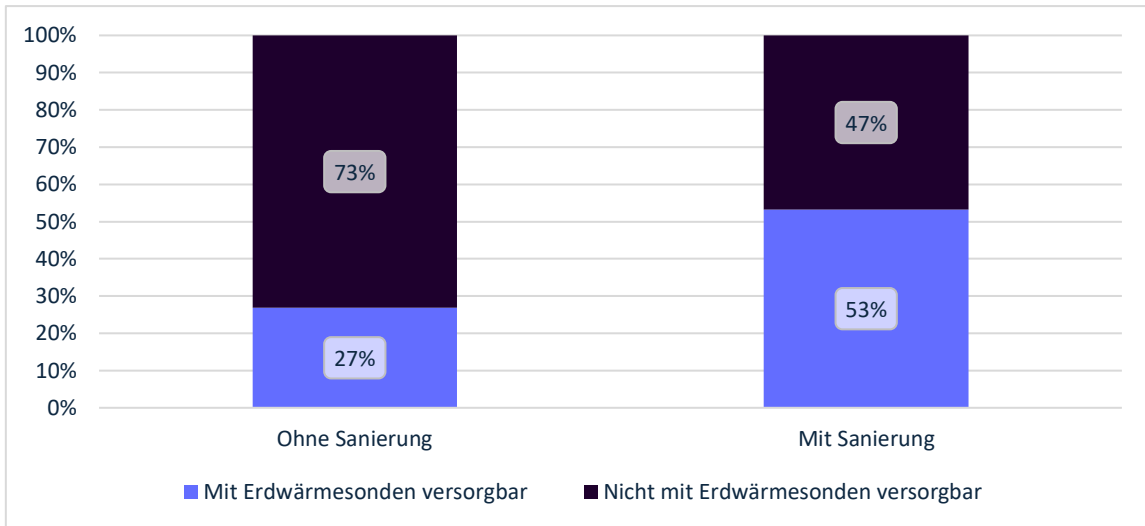


Abbildung 69: Anteil des Wärmebedarfs, der mit und ohne Sanierung durch S/W-WP mit Erdwärmesonden gedeckt werden kann

Die mögliche Deckung des Wärmebedarfs über dezentrale S/W-WP mit Erdwärmesonden in den Baublöcken ist in Abbildung 68 für den heutigen Wärmebedarf und in Abbildung 70 für einen infolge energetischer Sanierungen um bis zu 50 % reduzierten Wärmebedarf dargestellt.

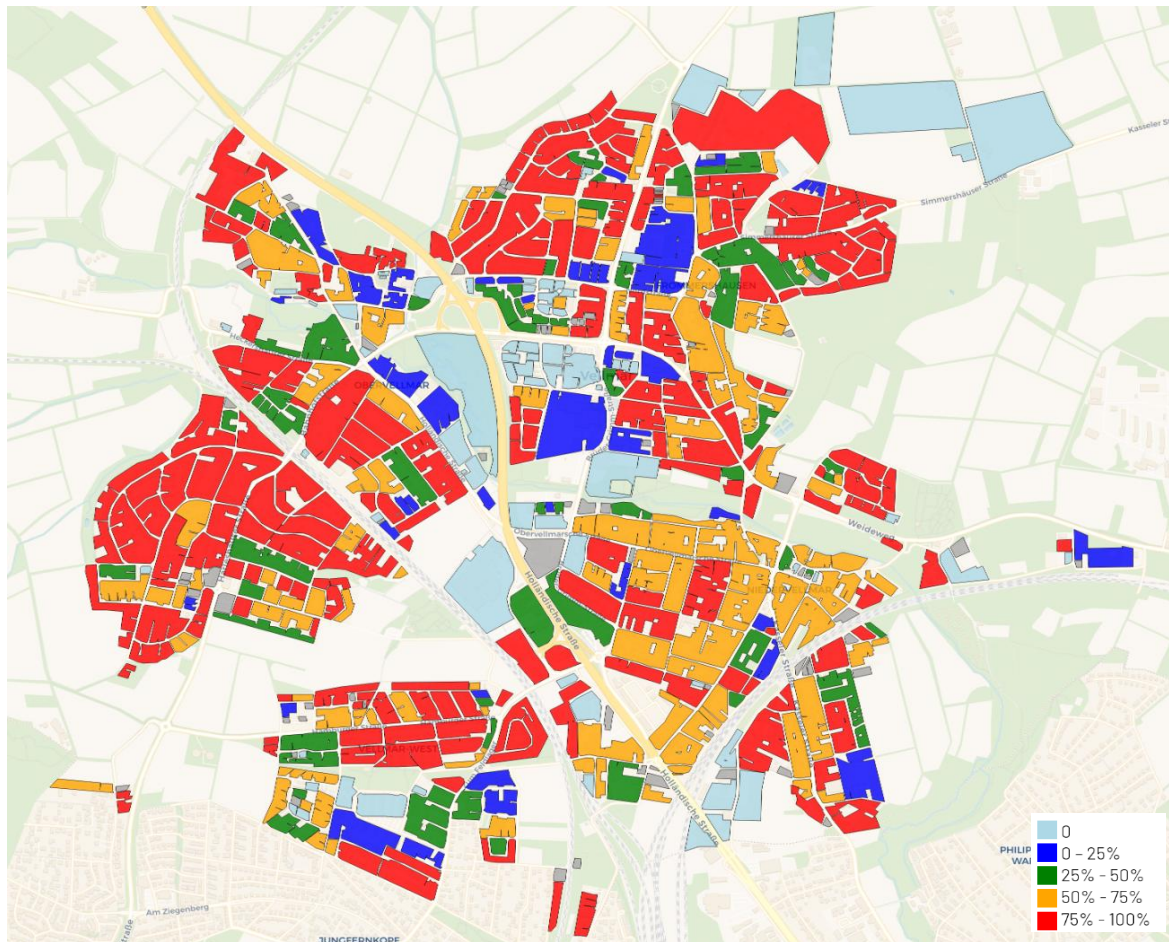


Abbildung 70: Mögliche Deckungsanteile durch dezentrale S/W-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden in den Baublöcken bei Berücksichtigung einer Sanierung auf mindestens 50 % des heutigen Wärmebedarfs

### 6.3 Fazit zur Eignung für eine Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen

Voraussetzung für die Eignung von Einzelgebäuden zur Deckung des Wärmebedarfs durch dezentrale Wärmepumpen ist entweder

- die Einhaltung der Vorgaben zu Schallemissionen bei Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) oder
- eine ausreichend große Grundstücksfläche, um eine hinreichende Anzahl von Erdwärmesonden für den Einsatz von Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) installieren zu können.

Die dafür notwendigen Analysen wurden auf Basis des Wärmetlas gebäudescharf durchgeführt. Zusätzlich wurde ebenfalls gebäudescharf untersucht, inwieweit sich die Eignung für eine Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen verbessert, wenn von einer Wärmebedarfsreduktion um bis zu 50 % ausgegangen wird. Dabei wurde nicht geprüft, ob eine derartige Bedarfsreduktion in den einzelnen Gebäuden technisch tatsächlich realisierbar ist.

Bei den S/W-WP wurde die Möglichkeit einer thermischen Regeneration des Untergrunds durch sommerliche Wärmeeinträge, zum Beispiel aus solarthermischen Anlagen, nicht berücksichtigt. Dadurch ließe sich die erforderliche Anzahl an Sonden deutlich reduzieren. Ein zusätzlicher Vorteil von Erdwärmesondenanlagen besteht in der Möglichkeit zur passiven Gebäudekühlung im Sommer, die ebenfalls zur Regeneration des Untergrunds beiträgt.

Insgesamt zeigt sich, dass das Potenzial für eine Versorgung mit dezentralen L/W-WP bezogen auf den aktuellen Wärmebedarf und ohne den Einsatz von Schallschutzhauben aufgrund der Bebauungsstruktur in der Stadt Vellmar auf etwa 60 % begrenzt ist. Unter Berücksichtigung künftig zu erwartender Wärmebedarfsrückgänge sowie bei Einbindung von Schallschutzhauben würde sich dieses Potenzial deutlich erhöhen. Allerdings ist zu beachten, dass der Einsatz von Schallschutzmaßnahmen für die Gebäudeeigentümer mit zusätzlichen Kosten verbunden ist. In diesen Fällen steigt die Wettbewerbsfähigkeit von Wärmenetzen, sofern diese zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten ausgebaut werden kann.

Das Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs mit S/W-WP fällt im Vergleich zu L/W-WP deutlich geringer aus. Wesentlicher begrenzender Faktor sind die häufig zu kleinen Grundstücksgrößen, die eine Installation einer ausreichend großen Anzahl von Erdwärmesonden nicht zulassen.

Besonders Gebiete, in denen der Einsatz von L/W-WP nur mit aufwändigen Schallschutzmaßnahmen möglich ist und gleichzeitig auch S/W-WP nur eingeschränkt geeignet sind, weisen eine grundsätzlich hohe Attraktivität für wärmenetzbasierte Versorgungslösungen auf.

## **6.4 Eignungsstufen für dezentrale Wärmeerzeugung gemäß § 19 WPG**

Zur Ermittlung von Eignungsstufen für die dezentrale Wärmeversorgung werden die Ergebnisse der vorangegangenen Kapitel genutzt. Die Bewertung bezieht sich somit ausschließlich auf die Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen. Für weitere dezentrale Wärmeversorgungsoptionen erfolgt keine vergleichbar differenzierte Analyse. Pelletkessel sind grundsätzlich immer dann einsetzbar, wenn ein ausreichend großer Keller für die Heizung, das Pelletlager und die zugehörigen Nebenanlagen oder alternativ eine ausreichend große Aufstellfläche auf dem Grundstück vorhanden ist.

Die Kategorien „wahrscheinlich geeignet“ oder „sehr wahrscheinlich geeignet“ für die dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen wurden für Baublöcke gewählt, deren Wärmebedarf im Zielszenario zu mindestens 50 % durch Wärmepumpen gedeckt werden kann. Baublöcke, deren Wärmebedarf im Zielszenario zu weniger als 50 % über ein Wärmenetz versorgt werden kann, wurden als „wahrscheinlich ungeeignet“ oder „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ kategorisiert.

Die Kategorisierung folgt den Grenzwerten aus Tabelle 32. Dabei wurde insbesondere die Möglichkeit einer Aufstellung auf dem Grundstück nach den in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Methodiken ausgewertet. Die individuelle Eignung der gebäudeinternen Hydraulik und der erforderlichen Vorlauftemperaturen muss von einem Fachunternehmen geprüft werden.

Tabelle 32: Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für die Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen gemäß § 19 WPG

Baublöcke	Anteil der Wärmeversorgung durch dezentrale Wärmepumpen in %
Sehr wahrscheinlich geeignet (SWG)	≥ 75
Wahrscheinlich geeignet (WG)	≥ 50 und < 75
Wahrscheinlich ungeeignet (WU)	≥ 25 und < 50
Sehr wahrscheinlich ungeeignet (SWU)	≥ 0 und < 25

Insgesamt weisen sehr viele Gebiete eine hohe Eignung für eine dezentrale Versorgung mit L/W- oder auch S/W-Wärmepumpen (vgl. Abbildung 71) auf. Insbesondere im Stadtzentrum im Bereich Mittelring und in Vellmar-West im Umfeld des Reinstahlrings bestehen jedoch Baublöcke, in denen eine Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen häufig eher schwierig ist. Ursache hierfür ist die verdichtete Bebauung. Gleichzeitig verfügen diese Gebiete jedoch vielfach über eine hohe Wärmenetztauglichkeit (vgl. Abbildung 57).

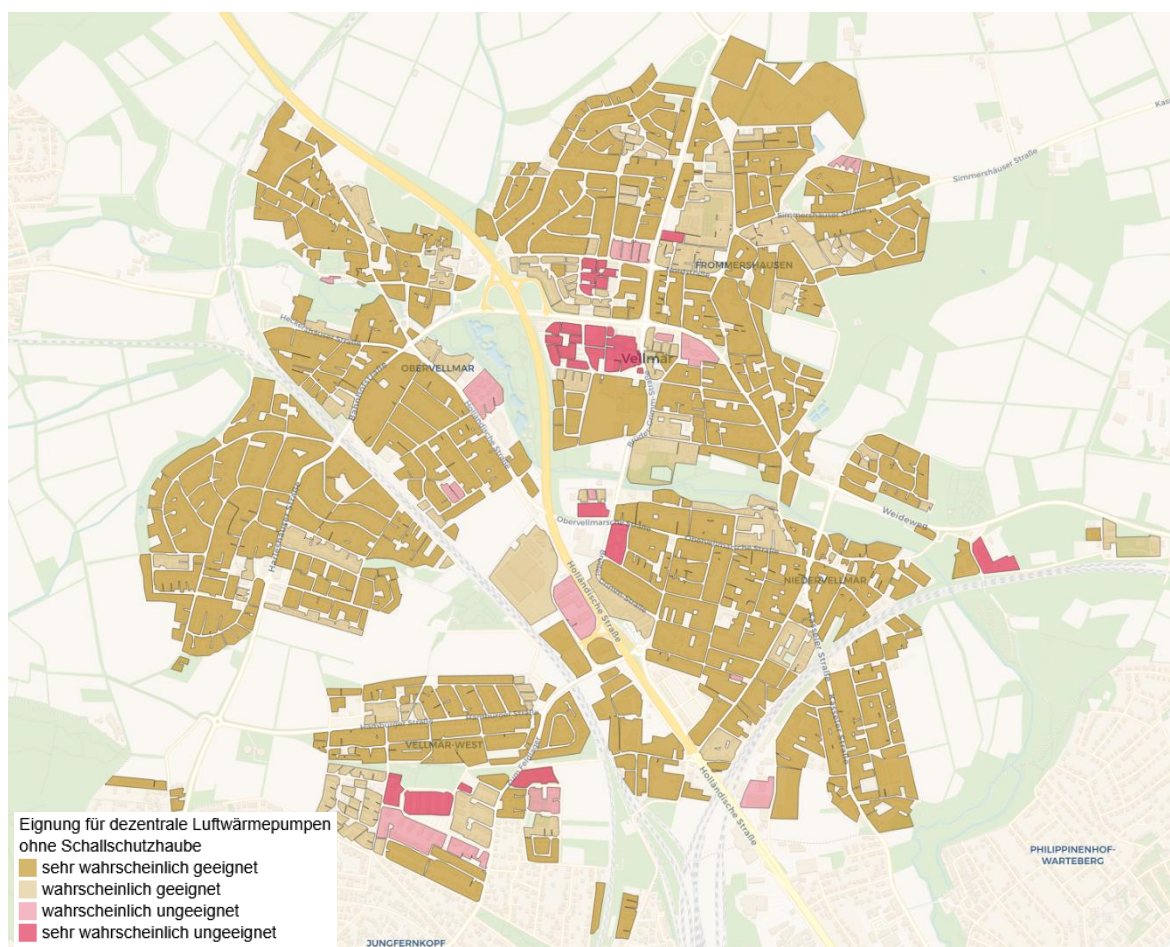


Abbildung 71: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Wärmepumpen nach Baublöcken im Zielszenario gemäß § 19 WPG

Anzumerken ist, dass in Gebieten, in denen eine Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen nur eingeschränkt möglich ist, grundsätzlich die Möglichkeit besteht, durch den Einsatz von Schallschutzhauben die Verwendung von Luftwärmepumpen zu ermöglichen. Dadurch entstehen allerdings Zusatzkosten. In diesen Fällen ist eine Versorgung über ein Wärmenetz daher häufig wirtschaftlicher.

## **6.5 Bewertungskriterien für dezentrale Versorgung gemäß § 18 Absatz 1 WPG**

Analog zur Bewertung der Eignung für Wärmenetze sind auch die dezentralen Versorgungsoptionen anhand der vier in § 18 Abs. 1 Satz 3 WPG definierten Kriterien zu beurteilen. Dabei geht es sowohl um den Vergleich dezentraler Versorgungsoptionen untereinander als auch mit der Versorgung über ein Wärmenetz.

### **Vergleich zwischen zentraler und dezentraler Versorgung**

Der Vergleich zwischen zentraler und dezentraler Wärmeversorgung erfolgte bereits in Kapitel 5.3. Ein Wärmenetz wurde dementsprechend nur in den Gebieten entwickelt, in denen es zu geringeren Wärmegestehungskosten für die Kunden führt als eine dezentrale Wärmeversorgung. Dabei wurde insbesondere der Vergleich mit L/W-Wärmepumpen herangezogen, da diese als tendenziell kostengünstigste dezentrale Versorgungsoption betrachtet wird. Wird allein das Kostenkriterium zugrunde gelegt, ist dem Wärmenetz in diesen Gebieten daher der Vorzug zu geben.

Auch hinsichtlich der Versorgungssicherheit bietet ein Wärmenetz Vorteile. In der Wärmeerzeugung besteht in der Regel eine technische Redundanz, sodass selbst beim Ausfall des größten Wärmeerzeugers eine vollständige Versorgung auch an sehr kalten Tagen sichergestellt werden kann. Eine dezentrale Wärmeversorgung verfügt üblicherweise nicht über eine solche Redundanz, sodass beim Ausfall des Wärmeerzeugers keine Wärmebereitstellung möglich ist.

Für das vorgeschlagene Wärmenetz werden keine besonderen Realisierungsrisiken gesehen. Gleiches gilt für dezentrale Wärmepumpen in Gebieten, für die in den vorangegangenen Kapiteln eine überwiegende Eignung nachgewiesen werden konnte (gebietsbezogener Wärmeversorgungsanteil von mehr als 50 %). In Gebieten mit stärker verdichteter Bebauung bestehen demgegenüber erhöhte Realisierungsrisiken für dezentrale Wärmepumpen. Häufig ist dort aufgrund begrenzter Grundstücksflächen eine Installation nicht möglich. Als Alternative können in solchen Fällen Pelletkessel in Betracht gezogen werden, die jedoch entweder ausreichend Platz im Keller benötigen oder eine geeignete Aufstellfläche für einen Pelletspeicher auf dem Grundstück erfordern.

Insgesamt führt diese Bewertung zu der Empfehlung, in den Gebieten, für die in Kapitel 5.6 eine Wärmenetzeignung festgestellt wurde, ein Wärmenetz als präferierte Versorgungsoption vorzusehen. Dies gilt auch dann, wenn in diesen Gebieten zusätzlich eine hohe Eignung für dezentrale Wärmepumpen gemäß den Kapiteln 6.1 oder 6.2 nachgewiesen werden konnte.

## Voraussichtliche Wärmegestehungskosten dezentraler Versorgungsoptionen

Der Kostenvergleich erfolgte ebenfalls bereits in Kapitel 5.3. Unter den getroffenen Annahmen erweist sich die Luft-Wasser-Wärmepumpe (L/W-WP) als kostengünstigste dezentrale Versorgungsoption. Im Vergleich zu erdwärmegekoppelten Wärmepumpen ist jedoch zu beachten, dass diese insbesondere aufgrund der höheren Anfangsinvestitionen teurer sind. Dieser Kostennachteil wird über die Betriebsdauer zumindest teilweise durch geringere Bedarfskosten (des Strombezugs) kompensiert. Je nach angenommener Entwicklung des Strompreises kann sich daher auch eine abweichende wirtschaftliche Bewertung ergeben. Zudem weisen Wärmepumpen insgesamt eine höhere Planungssicherheit auf, da stärker steigende Strompreise aufgrund des besseren Wirkungsgrades dieser Wärmepumpen einen geringeren Einfluss auf die resultierenden Wärmeversorgungskosten haben. Bei Kesseln mit fester Biomasse besteht demgegenüber ebenfalls eine ausgeprägte Abhängigkeit von der zukünftigen Preisentwicklung des eingesetzten Energieträgers.

## Realisierungsrisiko

Hinsichtlich des Realisierungsrisikos werden zwischen den verschiedenen Varianten der dezentralen Wärmeversorgung mit Wärmepumpen keine Unterschiede gesehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass eine Eignung für L/W-Wärmepumpen bzw. S/W-Wärmepumpen in den Kapiteln 6.1 bzw. 6.2 nur für solche Gebiete festgestellt wurde, in denen die dort durchgeführten Analysen eine technische Umsetzbarkeit nachweisen. Ähnliches gilt für Kessel mit fester Biomasse. Sofern auf dem Grundstück oder im Keller hinreichend Platz für die Heizungsanlage und die Lagerung des Brennstoffs zur Verfügung steht, sind keine besonderen Realisierungsrisiken zu erwarten.

## Versorgungssicherheit

Für alle dezentralen Wärmeversorgungssysteme gilt, dass bei einem Ausfall der jeweiligen Anlage während der Dauer der Reparatur keine Wärmeversorgung für das jeweilige Gebäude zur Verfügung steht. Zwar kann dieses Risiko durch den Einsatz einer zweiten Erzeugungsanlage reduziert werden, dies wäre jedoch mit erheblichen Zusatzkosten verbunden. Ein systematischer Unterschied hinsichtlich der Versorgungssicherheit zwischen den verschiedenen dezentralen Anlagentypen wird daher nicht gesehen.

## Kumulierte Treibhausgasemissionen

In Abbildung 72 sind die anlagenbezogenen spezifischen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) bis zum Jahr 2045 dargestellt. Bei den Wärmepumpen ergibt sich im Zeitverlauf eine Reduktion der spezifischen Emissionen aufgrund des angenommenen steigenden Anteils erneuerbarer Energien im Strommix. Diese Annahmen wurden der Treibhausgasbilanz zugrunde gelegt (vgl. Kapitel 7.2).

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass Zielszenarien, die zu einem schnelleren Austausch von Heizungen auf Basis fossiler Energieträger durch GEG-konforme Heizsysteme führen, beim Kriterium der kumulierten Treibhausgasemissionen Vorteile aufweisen. Dies spricht tendenziell für den Ausbau von Wärmenetzen, da diese häufig das Potenzial besitzen,

den Umstieg von Öl- oder Gaskesseln zu beschleunigen. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass über Wärmenetze einerseits wettbewerbsfähige Wärmeversorgungspreise angeboten werden können und andererseits durch geeignete Kommunikationsmaßnahmen die Anschlussbereitschaft an ein Wärmenetz erhöht und beschleunigt wird.

Zur Berechnung der Emissionen wird für Luft-Wasser-Wärmepumpen ein COP von 2,9 und für die Geothermie-Wärmepumpen ein COP von 4 angesetzt. Der Nutzungsgrad für die übrigen Wärmeerzeuger wird mit 85 % angenommen. Die höchsten Emissionen bis 2045 entstehen bei der Nutzung von Heizöl, gefolgt von Erdgas.

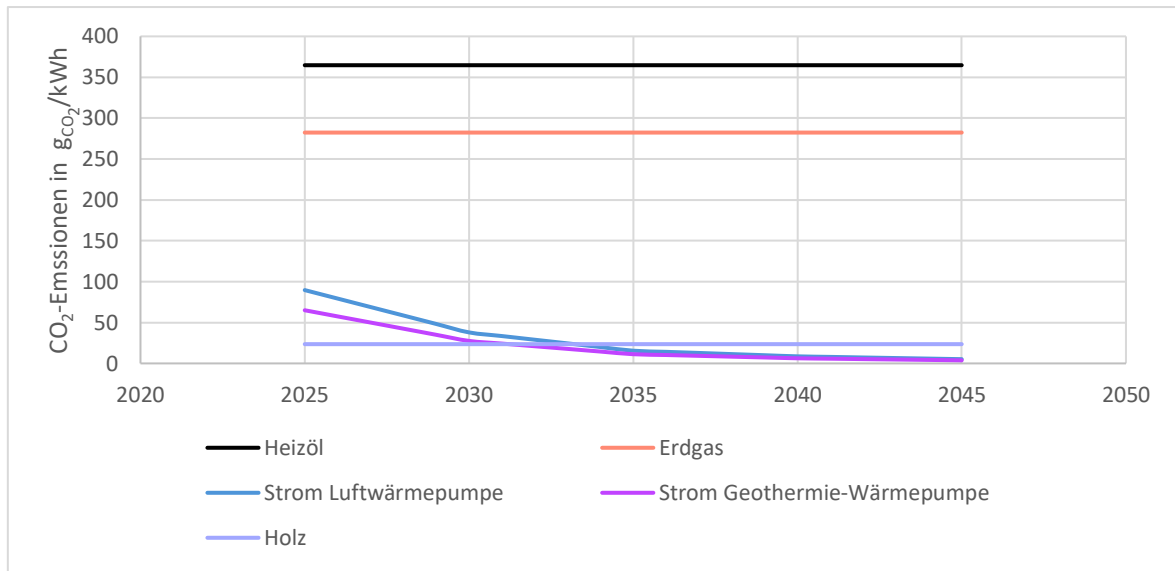


Abbildung 72: Spezifische THG-Emissionen bis 2045 für Energieträger zur dezentralen Wärmezeugung

## 7 Zielszenario

Mit der Erstellung des Zielszenarios wird das geplante Gebiet in Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt. Ziel dieser Einteilung ist es, die Erkenntnisse aller vorangegangenen Schritte der Wärmeplanung zu einem konsistenten Zielbild zusammenzufassen.

Die planungsverantwortliche Stelle stellt dabei für jedes geplante Teilgebiet dar, welche Wärmeversorgung für das jeweilige Gebiet besonders geeignet ist. Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete können gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 14 WPG sein:

- ein Wärmenetzgebiet (§ 3 Abs. 1 Nr. 18 WPG),
- ein Wasserstoffnetzgebiet (§ 3 Abs. 1 Nr. 23 WPG),
- ein Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung (§ 3 Abs. 1 Nr. 6 WPG) oder
- ein Prüfgebiet (§ 3 Abs. 1 Nr. 10 WPG).

Die Einteilung des geplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete erfolgt gemäß § 18 Abs. 3 WPG für die Betrachtungszeitpunkte 2030, 2035 und 2040. Zu den zentralen Ergebnissen zählen insbesondere:

- die Zuordnung aller Teilgebiete zu einer priorisierten Wärmeversorgungsart,
- die erwartete zeitliche Entwicklung des Ausbaus der zentralen (leitungsgebundenen) Wärmeversorgung,
- die Identifikation von Prüfgebieten, für die noch keine priorisierte Wärmeversorgungsart definiert wird, sowie
- die Beschreibung des beplanten Gebiets insgesamt anhand der Indikatoren gemäß Anlage 2(zu § 23) WPG Abschnitt III.

Zusätzlich erfolgt in diesem Kapitel die kartografische Darstellung von Gebieten mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial bezogen auf die Raumwärme gemäß § 18 Abs. 5 WPG.

## **7.1 Einteilung des Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete**

Gemäß § 18 Abs. 1 Satz 2 stellt die planungsverantwortliche Stelle mit dem Ziel einer möglichst kosteneffizienten Versorgung der jeweiligen Teilgebiete differenziert für die Betrachtungszeitpunkte 2030, 2035 und 2040 dar, welche Wärmeversorgungsart sich für das jeweilige Teilgebiet besonders eignet. Als besonders geeignet gelten Wärmeversorgungsarten, die im Vergleich zu den jeweils anderen in Betracht kommenden Wärmeversorgungsoptionen geringe Wärmegestehungskosten, geringe Realisierungsrisiken, ein hohes Maß an Versorgungssicherheit sowie geringe kumulierte Treibhausgasemissionen bis zum Zieljahr aufweisen. Auf dieser Grundlage wird das Stadtgebiet in drei verschiedene Kategorien eingeteilt. Die daraus resultierende Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete zeigt die folgende Abbildung.

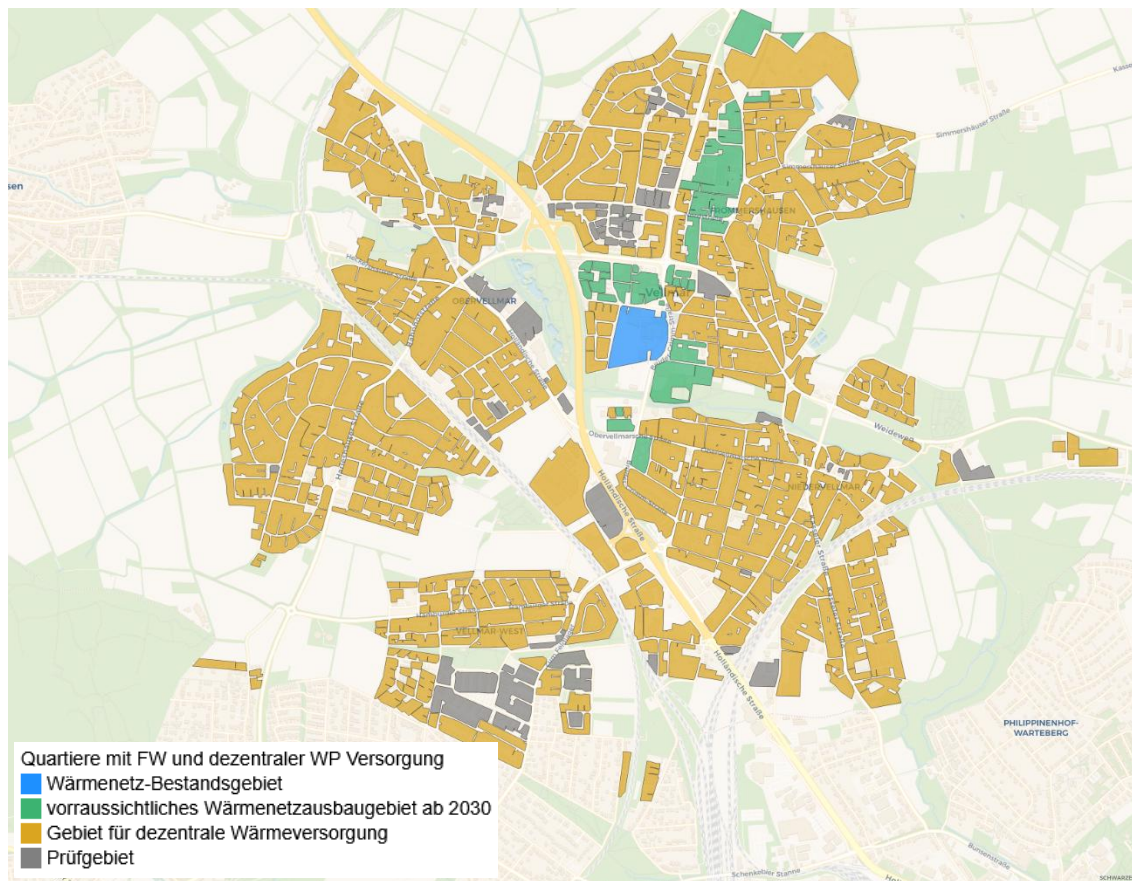


Abbildung 73: Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete gemäß § 18 WPG

## Wärmenetzgebiete

Die in Kapitel 5.1 beschriebenen Netzausbauszenarien für Wärmenetzgebiete wurden zunächst maßgeblich auf Grundlage einer wirtschaftlichen Bewertung entwickelt. Zentrales wirtschaftliches Beurteilungskriterium war dabei, inwieweit der Netzausbau zu Wärmegestehungskosten (in ct/kWh) realisiert werden kann, die unterhalb eines definierten anlegbaren Preises liegen. Als anlegbarer Preis wurde der jeweils geringste Wärmepreis einer dezentralen Wärmeerzeugung angesetzt (vgl. Kapitel 5.2 und 5.3). Der Netzausbau wurde dementsprechend so konzipiert, dass die auf Basis der Gesamtkosten der ausgebauten Netze erzielbaren Wärmepreise für die Kunden unterhalb oder nur geringfügig oberhalb des anlegbaren Preises liegen.

Die weiteren Bewertungskriterien (geringe Realisierungsrisiken, ein hohes Maß an Versorgungssicherheit und geringe kumulierte Treibhausgasemissionen) wurden für die Kategorien zentrale Wärmeerzeugung, Wärmenetz und dezentrale Versorgung getrennt betrachtet:

- In Kapitel 5.4.5 erfolgte eine Bewertung der verschiedenen Erzeugungsvarianten für das Wärmenetz.
- Für die Wärmenetze wurden die Realisierungsrisiken insbesondere durch die Annahme realistisch umsetzbarer jährlicher Ausbauraten der Leitungsnetzkilometer begrenzt.

- Die Kriterien für Realisierungsrisiken und damit implizit die Versorgungssicherheit im Hinblick auf den Einsatz dezentraler Wärmepumpen wurden in Kapitel 6 ausführlich berücksichtigt.

Auf Basis dieser Bewertungen wurde festgelegt, dass die als „wahrscheinlich“ oder „sehr wahrscheinlich“ für eine Versorgung mit einem Wärmenetz klassifizierten Gebiete (vgl. Kapitel 5.6) im Bereich um den Mittlering und entlang der Frommershäuser Straße als Wärmenetzgebiete ausgewiesen werden. In diesen Bereichen stellen Wärmenetze die gemäß § 18 Abs. 1 WPG vorgegebene „möglichst kosteneffiziente Versorgung“ dar und sollten daher priorisiert werden.

## Prüfgebiete

Baublöcke wurden als Prüfgebiete definiert, wenn diese aufgrund einer hohen Wärmebedarfsdichte grundsätzlich als wahrscheinlich geeignet für eine Versorgung mit einem Wärmenetz erscheinen (vgl. Abbildung 57), jedoch nicht von dem verwendeten Algorithmus als Wärmenetz identifiziert wurden (vgl. Kapitel 5.1). Diese Gebiete können entweder über ein Inselnetz (vgl. Kapitel 5.5) versorgt werden oder im Zuge der Ausführungsplanung eines größeren Wärmenetzes mitbetrachtet werden.

Darüber hinaus werden auch solche Gebiete als Prüfgebiete definiert, die sowohl hinsichtlich der Wärmenetzeignung als auch hinsichtlich der Eignung für eine dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen als „wahrscheinlich“ oder „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ bewertet wurden. Das betrifft jedoch einen sehr geringen Anteil von Vellmar. Für diese Quartiere, die weder an ein Wärmenetz angeschlossen werden können noch geeignete Voraussetzungen für den Einsatz einer Wärmepumpe haben, besteht die Möglichkeit eines Zusammenschlusses mehrerer Gebäude zu einem Gebäudenetz. Von einem Gebäudenetz wird gesprochen, wenn weniger als 17 Gebäude und weniger als 100 Wohneinheiten über ein gemeinsames Netz versorgt werden. Auch Biomassekessel bieten in diesen Gebieten eine Möglichkeit zur dezentralen Versorgung.

## Gebiete für dezentrale Versorgung

Gebiete für die dezentrale Versorgung werden auf Basis der Auswertung in Kapitel 6.4 als „wahrscheinlich“ oder „sehr wahrscheinlich geeignet“ für eine dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen klassifiziert (L/W-WP oder S/W-WP). Gleichzeitig kommen Wärmenetze in diesen Gebieten nicht oder nur eingeschränkt in Betracht. Für diese Gebiete wird daher empfohlen, die Wärmeversorgung vorrangig über dezentrale Wärmeerzeugungssysteme wie Wärmepumpen, Biomassekessel oder andere sicherzustellen.

## 7.2 Energieträgerbilanz und Treibhausgasemissionen

Für die Stadt Vellmar ist auf Grundlage des Zielszenarios eine klimaneutrale Wärmeversorgung möglich. Diese kann zu einem relevanten Anteil über eine netzgebundene Wärmeversorgung realisiert werden. Gleichzeitig wird der Anteil der Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) an der Wärmeerzeugung als sehr hoch eingeschätzt, da das lokale Potenzial gegeben ist. Der Anteil der Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) im Zielszenario wird hingegen als gering

bewertet. Zwar weist diese Technologie hohe Leistungszahlen und damit eine hohe Effizienz auf, ist jedoch im Vergleich zu alternativen Technologien mit deutlich höheren Investitionskosten verbunden.

Für das entwickelte Zielszenario und den zugrundeliegenden zeitlichen Umstellungspfad werden im Folgenden die Energieträgerbilanz und die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) dargestellt.

Beim Ausbau des Wärmenetzes ist zwischen den Jahren 2030 und 2034 ein deutlicher Zuwachs erkennbar. Da das betreffende Ausbaugbiet derzeit einen Großteil seines Wärmebedarfs über Erdgas deckt, wird beim Wärmenetzausbau zunächst vor allem Erdgas verdrängt. Für die Jahre 2028 bis 2030 ist ein geringer Anteil der Wärmenetzversorgung ausgewiesen. Dieser bezieht sich auf das geplante Wärmenetz in Vellmar-Nord. Ab 2031 wird damit gerechnet, dass dieses Netz mit dem ausgebauten Wärmenetz der Innenstadt verbunden werden kann. Aus diesem Grund geht der Wärmebedarf des Wärmenetzes Vellmar-Nord in den Gesamtwärmebedarf des Wärmenetzes über. Insgesamt wird angenommen, dass durch den Ausbau dezentraler Wärmepumpen sowie der Fernwärmeversorgung die Energieträger Heizöl und Erdgas bis zum Jahr 2045 verdrängt werden. Der Wechsel der Wärmeerzeuger hin zu dezentralen Wärmepumpen sowie der damit verbundene Zuwachs klimaneutraler Wärmeversorgungseinheiten wurden für den Zeitraum vom Ausgangszustand 2034 bis zum Zielbild 2045 linear angenommen. Nicht näher spezifizierte Wärmeerzeuger werden in der Bilanz als Ölkessel berücksichtigt. Die Anzahl der Biomassekessel nimmt bis 2045 zu, da nicht alle dezentralen Wärmeerzeuger durch Wärmepumpen ersetzt werden können.

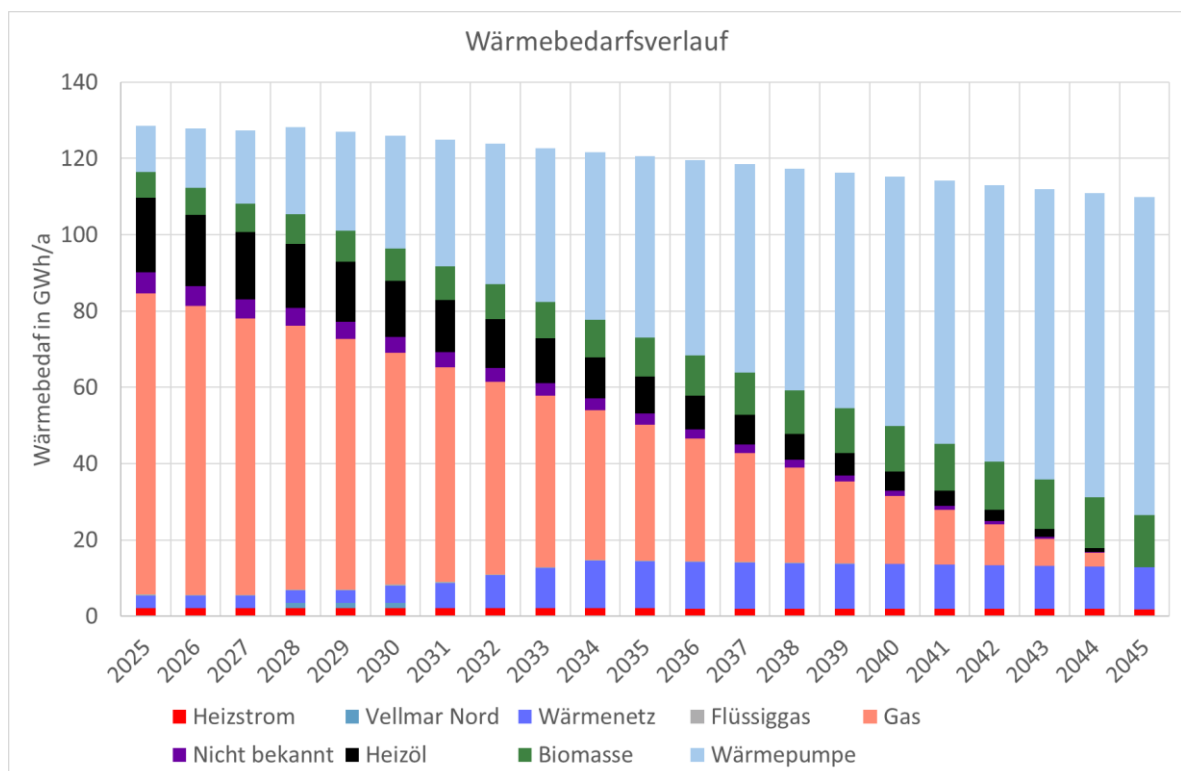


Abbildung 74: Entwicklung der Wärmebedarfsdeckung für das geplante Gebiet bis 2045

Der Verlauf der spezifischen Treibhausgasemissionen der unterschiedlichen Energieträger sowie des Wärmenetzes ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Treibhausgasbilanzierung basiert auf den Annahmen des Technikkatalogs für die kommunale Wärmeplanung (BMWK - Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz 2024). Dabei werden auch die vorgelagerten Emissionen (Vorkette) der Energieträger, insbesondere aus Transport und Bereitstellung, berücksichtigt. In der Abbildung ist deutlich erkennbar, dass die spezifischen Treibhausgasemissionen des Wärmenetzes ab dem Jahr 2030 sinken, nachdem der Holzkessel die Wärmeerzeugung übernimmt (vgl. Abbildung 54). Ab 2032 steigen die Emissionen zunächst an, da das Wärmeerzeugerportfolio um eine Luftwärmepumpe erweitert wird (vgl. Abbildung 54).

In der Folge sinken die spezifischen Emissionen erneut, da der Strommix – wie in Abbildung 75 dargestellt – zunehmend dekarbonisiert wird. Im Jahr 2045 verringern sich die Treibhausgasemissionen des Wärmenetzes ein weiteres Mal, wenn Erdgas vollständig durch Biogas substituiert wird. Eine Verbesserung der Emissionsbilanz des Wärmenetzes kann dadurch erreicht werden, wenn bereits zu Beginn des Ausbaus Biogas aus der nahegelegenen Biogasanlage auf der Gemarkung Fuldata eingesetzt wird.

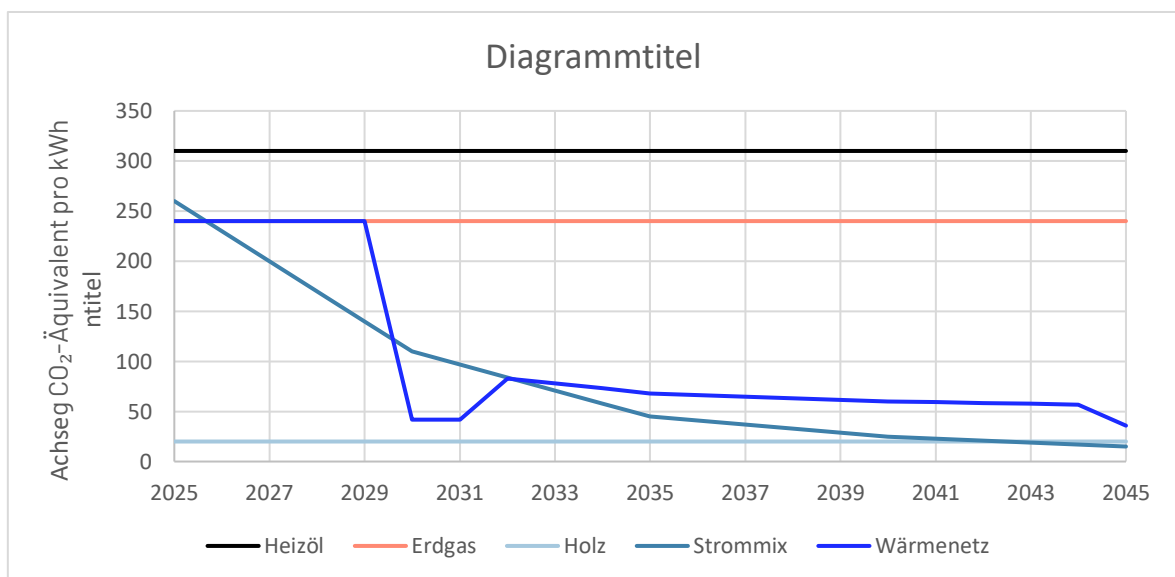


Abbildung 75: Spezifische Treibhausgasemissionen der Energieträger bis 2045 inkl. Vorkettenemissionen

Parallel zur Umstellung auf andere Energieträger nimmt der Gesamtwärmebedarf infolge der Wärmebedarfsreduktion (vgl. Kapitel 4.1) ab, wodurch auch die Treibhausgasemissionen insgesamt sinken.

Daraus ergibt sich die folgende Abbildung, die den Verlauf der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2045 darstellt.

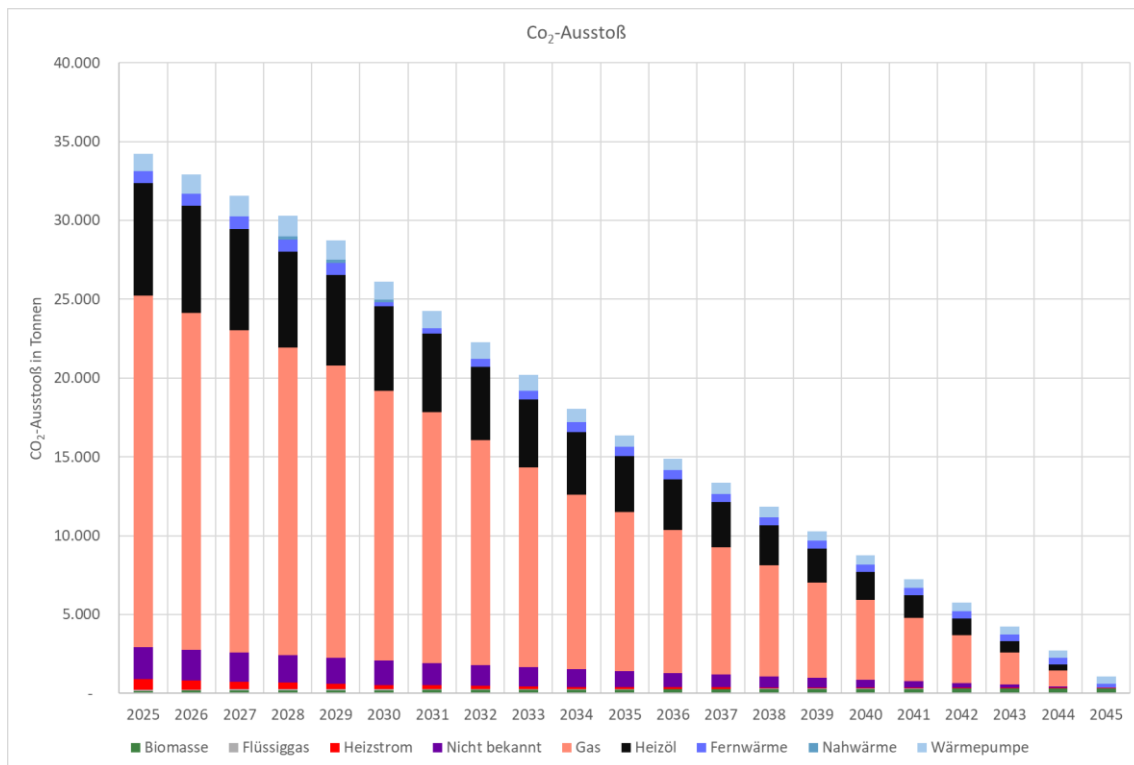


Abbildung 76: Verlauf der Treibhausgasemissionen für das geplante Gebiet bis 2045 inkl. Vorkettenemissionen

### 7.3 Kennzahlen für das Zielszenario

Im Zielszenario beschreibt die planungsverantwortliche Stelle gemäß § 17 Abs. 1 WPG für das geplante Gebiet als Ganzes anhand der in Anlage 2 WPG (zu § 23) Abschnitt III definierten Indikatoren die langfristige Entwicklung der Wärmeversorgung. Diese muss im Einklang mit der Einteilung des geplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete nach § 18 WPG, der Darstellung der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr nach § 19 WPG sowie mit den Zielen des WPG stehen.

Die Beschreibung erfolgt anhand der in der folgenden Tabelle dargestellten Indikatoren. Diese werden für das geplante Gebiet als Ganzes jeweils für die Jahre 2030, 2035 und 2040 sowie für das Zielszenario angegeben. Um vergleichbare Kennzahlen darstellen zu können, wird der Begriff der Endenergie hier so definiert, dass die Energiemenge angegeben wird, die in den jeweiligen Wärmeerzeugungsanlagen eingesetzt wird. Für Wärmenetze ist damit nicht die an den Hausübergabestationen abgegebene Wärmemenge dargestellt, sondern zum Beispiel im Fall von Großwärmepumpen der eingesetzte Strom.

Tabelle 33: Indikatoren für das Zielszenario und die Betrachtungsjahre 2030, 2035 und 2040

Kennzahl	Bestand	2030	2035	2040	Ziel-szenario
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor HH in GWh/a	91	83	79	75	70
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor GHD in GWh/a	5,2	4,8	4,5	4,3	4,0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor öff. Gebäude in GWh/a	3,6	3,3	3,1	2,9	2,7
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor Industrie in GWh/a	0	0	0	0	0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Erdgas in GWh/a	106	72	42	21	0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Strom in GWh/a	2,6	12	19	25	32
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Heizöl in GWh/a	27	18	12	6	0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Biomasse in GWh/a	7	10	12	14	16
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger synthetische Gase in GWh/a	0	0	0	0	0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Abfall KWK in GWh/a	0	0	0	0	0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Kohle in GWh/a	0	0	0	0	0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Kohle KWK in GWh/a	0	0	0	0	0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Klärschlamm KWK in GWh/a	0	0	0	0	0
Endenergieverbrauch (Nah- und Fernwärmenetze in GWh/a (Anteil am Gesamtverbrauch für Wärme)	4,9 17 %	8,5 17 %	8,0 25 %	7,6 29 %	7,0 29 %
Endenergieverbrauch für Wärmenetze Energieträger Erdgas in GWh/a (Anteil an Endenergieverbrauch Wärmenetze in %)	4,9 100 %	1,5 74 %	1,4 0 %	1,3 0 %	0 0 %
Endenergieverbrauch für Wärmenetze Energieträger Erdgas KWK in	4,9	0	0	0	0

GWh/a (Anteil an Endenergieverbrauch Wärmenetze in %)	100 %	74 %	0 %	0 %	0 %
Endenergieverbrauch für Wärmenetze Energieträger Strom in GWh/a (Anteil an Endenergieverbrauch Wärmenetze in %)	0 0 %	0 0 %	7,5 68 %	7,1 68 %	6,6 69 %
Endenergieverbrauch für Wärmenetze Energieträger Öl in GWh/a (Anteil an Endenergieverbrauch Wärmenetze in %)	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %
Endenergieverbrauch für Wärmenetze Energieträger Biomasse in GWh/a (Anteil an Endenergieverbrauch Wärmenetze in %)	0 0 %	3,7 26 %	3,5 32 %	3,3 32 %	3 31 %
Endenergieverbrauch für Wärmenetze Energieträger Kohle KWK in GWh/a (Anteil an Endenergieverbrauch Wärmenetze in %)	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %
Endenergieverbrauch für Wärmenetze Energieträger synthetische Gase in GWh/a (Anteil an Endenergieverbrauch Wärmenetze in %)	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %
Endenergieverbrauch für Wärmenetze Energieträger Abfall KWK in GWh/a (Anteil an Endenergieverbrauch Wärmenetze in %)	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %
Endenergieverbrauch für Wärmenetze Energieträger Klärschlamm KWK in GWh/a (Anteil an Endenergieverbrauch Wärmenetze in %)	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %
Anzahl der Gebäude mit Wärmenetzanschluss (Anteil an der Gebäudegesamtheit)	7 0,1 %	364 7 %	416 8 %	520 10 %	676 13 %
Endenergieverbrauch Gasnetze in GWh/a (Anteil am Gesamtverbrauch für Wärme)	118 76 %	71 56 %	42 44 %	21 28 %	0 0 %
Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss (Anteil an der Gebäudegesamtheit)	4.113 79 %	3.031 58 %	2.381 46 %	1.515 29 %	0 0 %

Treibhausgasemissionen Wärmeversorgung in t <sub>CO2-eq</sub> /a	34.200	26.100	16.400	8.700	1.100
--	--------	--------	--------	-------	-------

## 7.4 Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial

Gemäß § 18 Abs. 5 WPG soll die planungsverantwortliche Stelle beplante Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial darstellen. Ziel dieser Erfassung ist es, Teilgebiete zu identifizieren, bei denen Maßnahmen zur Reduktion des Endenergiebedarfs besonders geeignet sind, eine zügige Transformation zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung zu unterstützen. Für diese Gebiete können im Rahmen der Umsetzungsmaßnahmen nach § 20 WPG gezielt Projektskizzen erarbeitet werden.

Die Identifizierung dieser Teilgebiete erfolgte auf Grundlage der gebäudespezifischen und baublockbezogenen Wärmebedarfe aus dem Wärmeatlas (vgl. Kapitel 3.7.11).

Auf Basis dieser Daten ergeben sich zunächst Indikationen zu potenziellen gebäudespezifischen Einsparpotenzialen beim Wärmebedarf. In Kombination mit dem absoluten baublockbezogenen Wärmebedarf des jeweiligen Gebiets kann beurteilt werden, ob dort insgesamt ein erhöhtes Energieeinsparpotenzial besteht.

Gebiete, die zwar hohe gebäudespezifische Einsparpotenziale aufweisen, jedoch gleichzeitig nur ein geringes absolutes Einsparpotenzial besitzen – etwa aufgrund einer geringen Bebauungsdichte –, wurden nicht als Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial ausgewiesen. Gleiches gilt für Gebiete mit hohem absolutem, gebietsspezifischem Wärmebedarf, jedoch gleichzeitig geringen gebäudespezifischen Einsparpotenzialen. Letzteres ist dann der Fall, wenn zwar eine hohe Bebauungsdichte vorliegt, gleichzeitig aber bereits ein hoher Anteil der Gebäude (weitgehend) energetisch saniert ist. Diese Systematik wird in folgender Abbildung veranschaulicht.

Gebäudebezogenes Einsparpotenzial	Hoch		Teilgebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial
	Niedrig		
		Niedrig	Hoch
Absoluter Wärmebedarf im Baublock			

Abbildung 77: Kriterien für Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial

Das gebäudebezogene Einsparpotenzial wurde als relative Differenz zum aktuellen Wärmebedarf ermittelt. Das Reduzierungspotenzial ergibt sich aus der Differenz zwischen dem aktuellen Wärmebedarf und dem gemittelten Wärmebedarf sanierter Gebäudetypen gemäß Maßnahmenpaket 2 des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH (IWU - Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2015). Für die Stadt Vellmar liegt keine gebäudescharfe Datengrundlage zur Kategorisierung von Gebäudetypen unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Baualters vor. Die räumliche Auflösung der Zensusdaten in den Kapiteln 3.7.1 und 3.7.2 reicht hierfür nicht aus. Darum wurden die spezifischen Wärmebedarfe für sanierte Wohngebäudetypen des IWU gemittelt und mit einem Wert von  $51 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  angesetzt.

Das Maßnahmenpaket 2 des IWU beschreibt eine ambitionierte energetische Sanierung, die vom IWU als „zukunftsweisend“ bezeichnet wird. Während beim sogenannten Energieeffizienz-Niveau 1 („konventionell“) die Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung 2014 eingehalten werden, orientiert sich das Energieeffizienz-Niveau 2 („zukunftsweisend“) an den zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der Deutschen Wohngebäudetypologie (IWU - Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2015) technisch und baupraktisch realisierbaren Maßnahmen. Die beiden Wärmeschutzniveaus werden vom IWU abhängig vom Gebäudetyp unterschiedlich definiert.

Für jeden Baublock wurden die prozentualen Einsparpotenziale bezogen auf den gesamten Wärmebedarf ermittelt. Diese ergeben sich aus der Differenz zwischen dem gesamten Wärmebedarf eines Baublocks und dem Wärmebedarf aller Gebäude desselben Baublocks im vollsanierten Zustand, dividiert durch den gesamten Wärmebedarf. Gebäude, deren aktueller Wärmebedarf unterhalb des gebäudespezifischen Wärmebedarfs gemäß IWU-Maßnahmenpaket 2 liegt, wurden dabei nicht berücksichtigt. Anschließend wurden die Baublöcke anhand ihrer prozentualen Einsparpotenziale in absteigender Reihenfolge sortiert.

Statistische Baublöcke mit einer niedrigen Bebauungsdichte von weniger als  $1,5 \text{ MWh}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  wurden im Ranking nachrangig behandelt und wegen ihrer geringen Relevanz für die absoluten Einsparpotenziale nicht auf der Karte dargestellt. Dies erfolgte unter anderem auch deshalb, weil viele dieser Baublöcke eine große Flächenausdehnung aufweisen und den visuellen Eindruck der Karte überproportional prägen würden.

Die statistischen Blöcke wurden anschließend nach ihrem prozentualen Einsparpotenzial absteigend klassifiziert, bis die kumulierte absolute Einsparung dieser Blöcke einen Anteil von 1 % der gesamten absoluten Einsparung aller Baublöcke erreicht. Danach beginnt die nächste Klasse, die bis zu einem kumulierten Anteil von 5 % der gesamten absoluten Einsparung reicht. Diese und die weiteren Klassen von Sanierungsgebieten sind in Abbildung 78 dargestellt.

Ziel dieses Vorgehens ist es, jene Baublöcke in den Karten zu identifizieren, die ortsspezifisch ein außergewöhnlich hohes gebäudespezifisches und baublockbezogenes Energieeinsparpotenzial aufweisen.

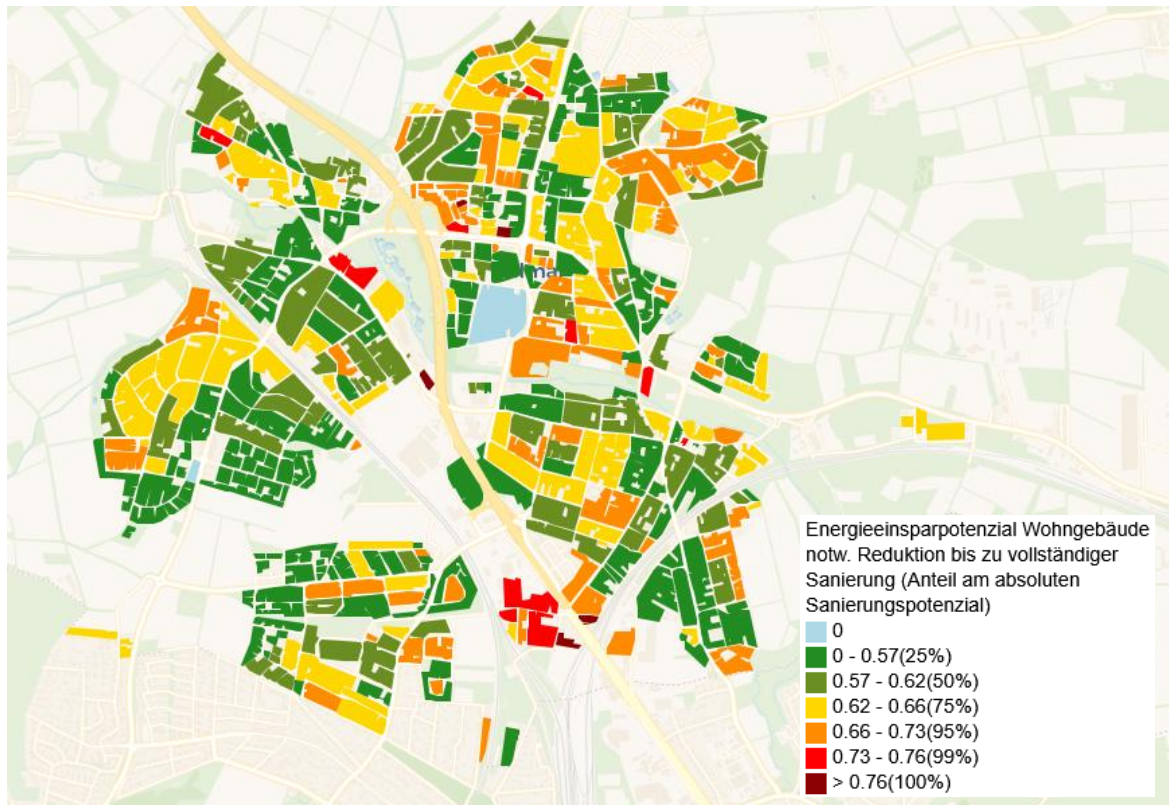


Abbildung 78: Relatives Energieeinsparpotenzial in statistischen Baublöcken

Die dargestellte Karte weist Gebiete in verschiedenen Perzentilintervallen entsprechend ihres Einsparpotenzials aus. Dabei ist das 1 %-Perzentil dunkelrot und das 5 %-Perzentil hellrot markiert. Diese Gebietskategorien können als Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial interpretiert werden. Dem liegt das Verständnis zugrunde, dass diese Teilgebiete jene Bereiche abbilden, die hinsichtlich des erzielbaren Einsparpotenzials besonders auffällig sind.

Grundsätzlich könnten auch die orange- und gelbfarbenen Gebiete als Teilgebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial betrachtet werden, da sie hinsichtlich ihres Einsparpotenzials in der oberen Hälfte der Verteilung liegen. Die Festlegung auf das obere 5 %-Perzentil folgt jedoch der Einschätzung, dass sich gegebenenfalls besondere zu entwickelnde Maßnahmen zur Energieeinsparung zunächst auf Gebiete mit einem sehr hohen, überdurchschnittlichen Einsparpotenzial konzentrieren sollten. In diesen Gebieten ist nicht nur auf vergleichsweise kleiner Fläche eine besonders hohe absolute Einsparung erzielbar, sondern es ist auch wahrscheinlich, dass die dort eingesetzten Mittel – etwa zur energetischen Gebäudesanierung – eine besonders hohe Wirkung entfalten.

## 7.5 Auswirkungen auf das Stromnetz

Zur Ermittlung der Auswirkungen des Zielszenarios auf das Stromnetz wurden auf Grundlage der in Kapitel 7.3 dargestellten geplanten Wärmeerzeugung durch zentrale und dezentrale Wärmepumpen stündliche und tägliche Lastgänge berechnet. Dabei wurden die aus den jeweiligen Quelltemperaturen resultierenden Arbeitszahlen der Luftwärmepumpen

berücksichtigt. Die daraus resultierenden Stromlastgänge für die einzelnen Betrachtungszeitpunkte sowie für das Zieljahr sind in Abbildung 79 dargestellt.

Im das Stadtgebiet insgesamt steigt der jährliche Strombedarf auf 87 GWh/a an. Die zusätzliche Lastspitze durch den Betrieb der Wärmepumpen beträgt im Tagesmittel 12 MW und im Stundenmittel 17 MW.

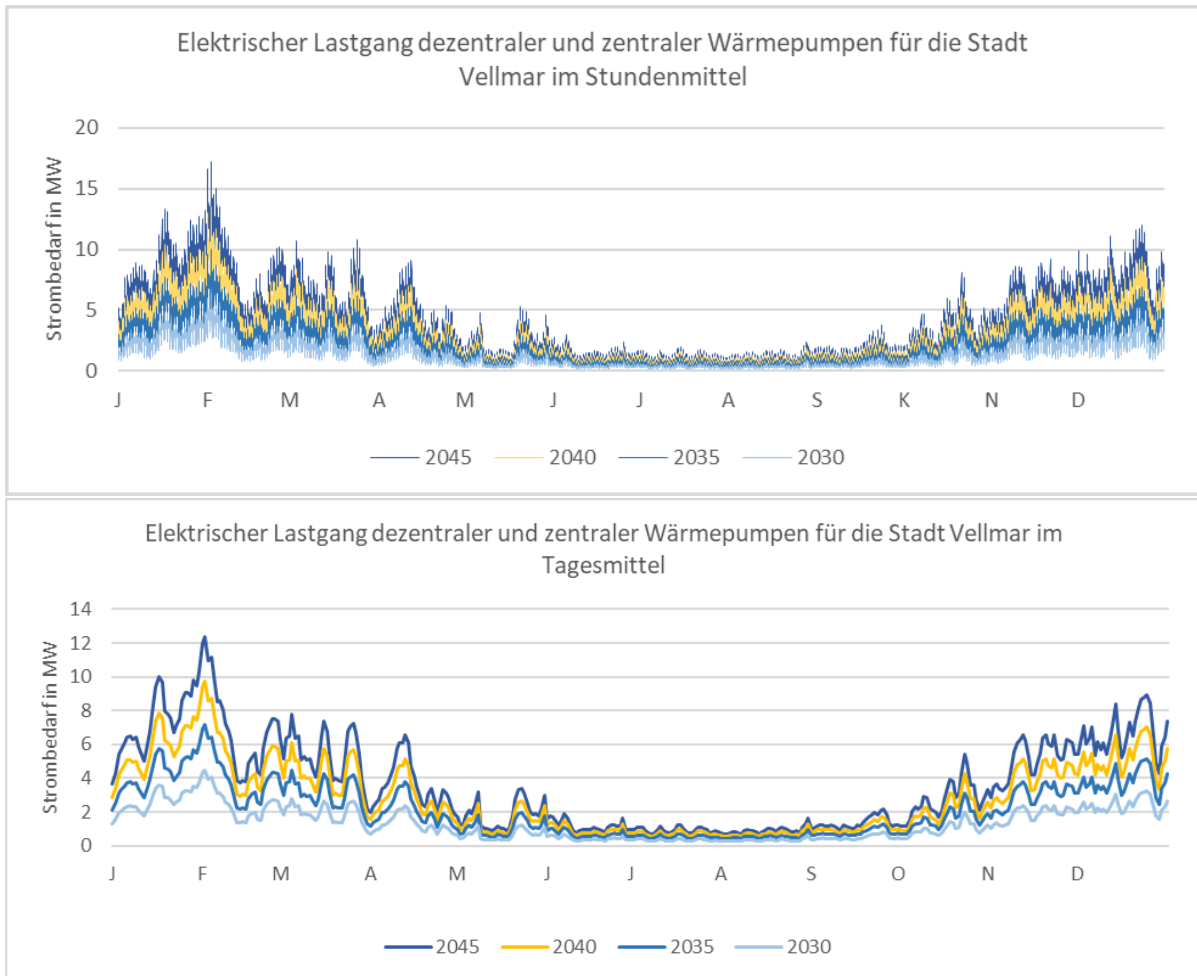


Abbildung 79: Entwicklung elektrischer Lastgänge zur Deckung des Strombedarfs für die Betrachtungszeitpunkte 2030 bis 2045

Tabelle 34: Auswirkungen des Zielszenarios auf das Stromnetz, Zahlen für die Betrachtungszeitpunkte 2030 bis 2045

Jahr	2030	2035	2040	2045
Strombedarf in GWh/a	12	18	25	32
Bedarfsanteil Strom zentrale Wärmepumpen in %	0 %	19 %	14 %	11 %
Bedarfsanteil Strom dezentrale Wärmepumpen in %	100 %	81 %	86 %	89 %
Lastspitze Tagesmittel in MW	4	7	10	12
Lastspitze Stundenmittel in MW	6	10	13	17

## 8 Öffentlichkeits- und Stakeholderbeteiligung

Während des Projektverlauf fanden am 17.3.2025 und am 21.10.2025 interfraktionelle Sitzungen für die Mitglieder der Stadtverordnetenversammlung und den Magistrat der Stadt Vellmar statt. Ziel dieser Veranstaltungen war es, über die geplanten Inhalte und den aktuellen Stand der kommunalen Wärmeplanung zu informieren und die Bedeutung des Beschlusses der Wärmeplanung zu erläutern.

Im Projektverlauf wurden zudem mehrere Gespräche mit der Städtische Werke AG, Kassel und der EAM GmbH & Co. KG geführt. Ziel dieser Abstimmungen war die Auslotung einer möglichen Zusammenarbeit bei der Planung und Umsetzung eines Wärmenetzes einschließlich der zugehörigen Wärmeerzeugung.

Am 2.4.2025 fand eine öffentliche Bürgerinformationsveranstaltung in der Mehrzweckhalle Vellmar statt. Inhalt der Veranstaltung war die Information sowie die Diskussion der Zwischenergebnisse der Wärmeplanung mit den Bürgerinnen und Bürgern. Ziel der Veranstaltung war es, eine breite Unterstützung und Akzeptanz für die Wärmewende in der Bewohnerschaft zu fördern und so eine gemeinsam getragene Umsetzung zu ermöglichen. Die Veranstaltung umfasste eine Kombination aus Kurzvorträgen, interaktiven Beteiligungsformaten an Infoständen verschiedener Energieakteure und einer Energieberatungsbörse. An der Veranstaltung nahmen rund 50 Bürgerinnen und Bürger teil.



Abbildung 80: Impressionen aus der Bürgerinformationsveranstaltung in Vellmar am 2.4.2025

Eine weitere öffentliche Veranstaltung fand am 30.10.2025 statt. Der Schwerpunkt lag dabei auf der Vorstellung und Diskussion des geplanten Zielszenarios sowie der vorgesehenen Umsetzungsstrategie. Qoncept Energy GmbH präsentierte die Inhalte und Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung. An dieser Veranstaltung nahmen etwa 75 Bürgerinnen und Bürger teil.



Abbildung 81: Impressionen aus der Bürgerinformationsveranstaltung vom 30.10.2025

Im Anschluss an die Vorträge hatten die Teilnehmenden bei beiden Terminen die Möglichkeit, sich individuell mit den anwesenden Energieexperten auszutauschen und sich über energetische Gebäudesanierung, Förderungsmöglichkeiten sowie zu individuellen Optionen der Wärmeversorgung zu informieren. Die Informationsstände waren besetzt durch:

- Qconcept Energy GmbH (als Erstellerin der kommunalen Wärmeplanung)
- EAM GmbH (als Strom- und Gasnetzbetreiberin)
- LandesEnergieAgentur Hessen – LEA (als Ansprechpartnerin zu Energieberatung der LEA)
- Stadt Vellmar
- Fachinnung Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik Kassel
- Verbraucherzentrale Hessen

## 9 Umsetzungsstrategie

In diesem Kapitel werden die zentralen Schritte der Umsetzungsstrategie und die wesentlichen Elemente des Maßnahmenkatalogs zur Erreichung des Zielszenarios und damit einer klimaneutralen Wärmeversorgung dargestellt.

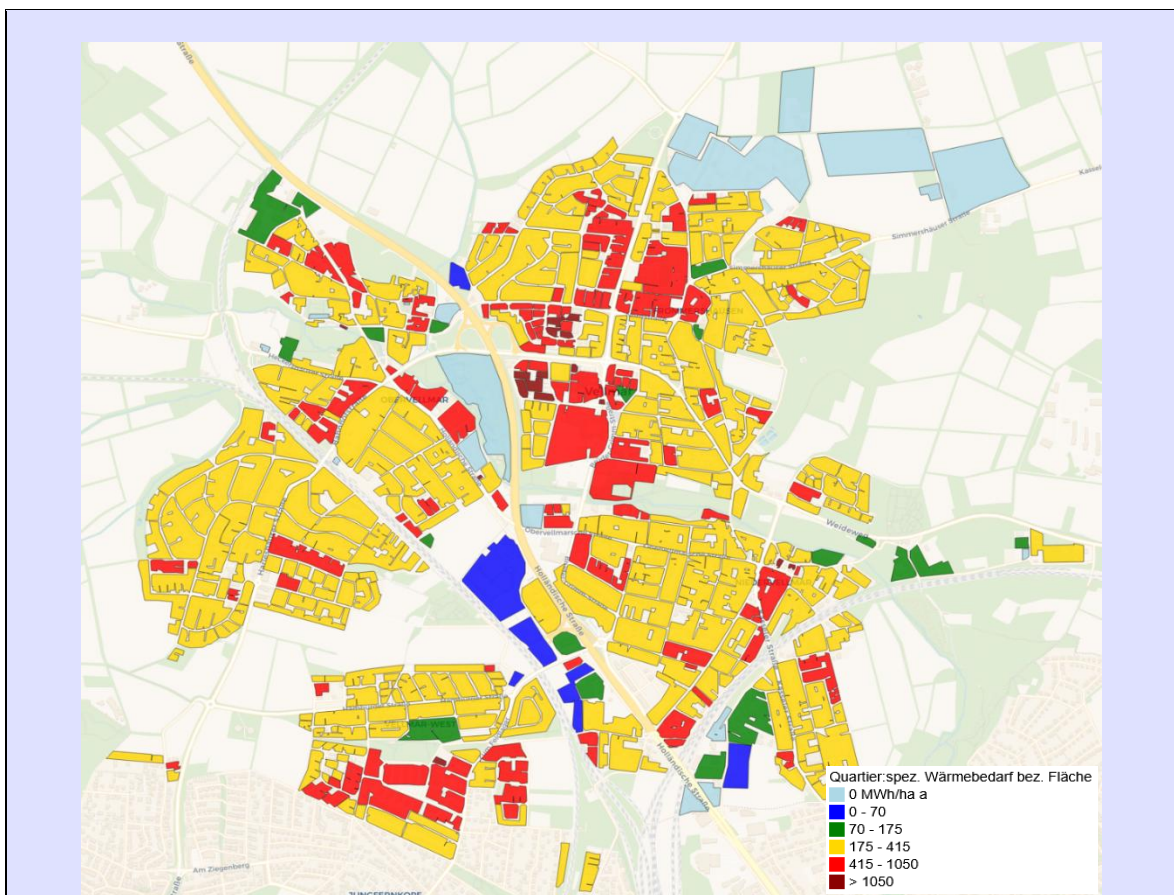
### 9.1 Übersicht über die Umsetzungsstrategie

Aus der vorliegenden kommunalen Wärmeplanung ergeben sich insgesamt die folgenden Maßnahmen für die Umsetzungsstrategie:

1. Flächendeckende aufsuchende Energieberatung
2. Nutzung ergänzender Informationsangebote zum Austausch dezentraler Wärmeherzeugungsanlagen
3. Gewinnung eines oder mehrerer Umsetzungspartner für den Auf- oder Ausbau von Wärmenetzen

4. Unterstützung eines zukünftigen Umsetzungspartners beim Auf- beziehungsweise Ausbau von Wärmenetzen
5. Weitere energetische Optimierung der stadteigenen Gebäude der Stadt Vellmar
6. Synchronisierung der Infrastrukturprojekte
7. Prüfung der Anwendungsmöglichkeiten des Förderprogramms KfW 432 – Energetische Stadtsanierung
8. Regelmäßige Aktualisierung des Wärmeatlas und der Wärmebedarfsentwicklung

## 9.2 Flächendeckende aufsuchende Energieberatung



Wärmeatlas für Vellmar, Darstellung des spezifischen Wärmebedarfs in  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  im Jahr 2022 auf Baublockebene

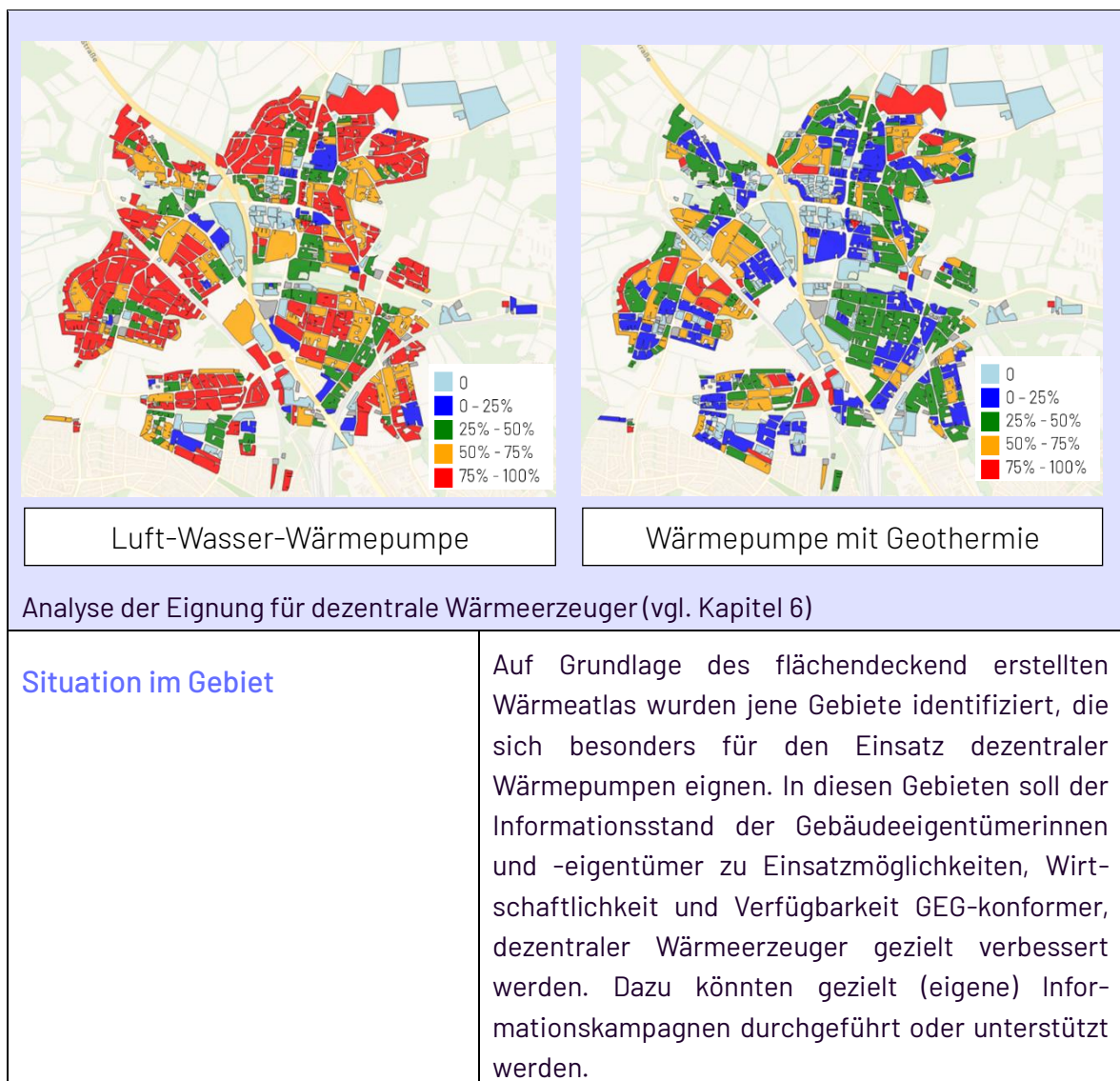
### Situation im Gebiet

Im Rahmen der Wärmeplanung wurde ein flächendeckender Wärmeatlas erstellt. Zudem zeigt die Wärmeplanung, welche Gebiete sich besonders für die Erschließung mit einem Wärmenetz eignen. Neben der Umstellung der Wärmeerzeugung auf erneuerbare Technologien spielt vor allem die Steigerung der Energieeffizienz von Bestandsgebäuden sowie die Ablösung fossiler dezentraler Wärmeerzeuger durch

	GEG-konforme Technologien eine zentrale Rolle, um die Klimaneutralität im Wärmesektor zu erreichen.
Eignungsgebiete	Zentrale und dezentrale Wärmeversorgungsgebiete
Ziele / Planungen	Die in der Potenzialanalyse der Wärmeplanung ermittelten Wärmebedarfsreduzierungen im Gebäudebestand, insb. im Sektor Haushalte, sollen durch geeignete Maßnahmen zur energetischen Sanierung und Effizienzsteigerung mindestens erreicht und möglichst übertroffen werden.
Maßnahmenvorschläge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung öffentlich geförderter Maßnahmen zur aufsuchenden Energieberatung, wie z. B. durch die LEA Hessen.</li> <li>• Priorisierung von Gebieten mit besonderem Beratungsbedarf auf Basis des Wärmeplans.</li> <li>• Ergreifen von Maßnahmen zur Ausweitung der aufsuchenden Energieberatung, insb. in den priorisierten Gebieten.</li> </ul>
Treibhausgasminderung	Die in der Potenzialanalyse (s. dort) angegebenen THG-Einsparungen durch Wärmebedarfssenkung aufgrund von Sanierungsraten und Sanierungseffizienz sollten mindestens erreicht oder sogar übertroffen werden.
Kosten und Finanzierung	Zunächst sollten kostenlose Beratungsangebote genutzt werden. Wenn sich zeigt, dass diese Maßnahmen nicht in ausreichendem Umfang zu den angestrebten Effekten führen, sollten ggf. weitere, kostenpflichtige Maßnahmen geprüft werden.
Nächste Schritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit der durch die LEA Hessen geförderten aufsuchenden Energieberatung wurde bereits im September 2023 begonnen. Bisher wurden 200 kostenlose aufsuchende Energieberatungen realisiert. Ende des Jahres 2025 wurden weitere 100 kostenlose aufsuchende Energieberatungen angeboten.</li> <li>• Nach Abschluss dieser Maßnahme (im 2. Quartal 2026) sollte diese evaluiert werden. Auf dieser Grundlage ist dann zu prüfen, ob und ggf. welche weiteren Maßnahmen ergriffen werden sollten.</li> </ul>
Verantwortlich	Klimaschutzmanagement der Stadt Vellmar

<b>Wichtige Akteure</b>	Stadtverwaltung, LEA Hessen, ausgewählte Energieberater/-innen, Gebäudeeigentümer/-innen
<b>Sonstiges</b>	Begleitende Öffentlichkeitsarbeit zur kontinuierlichen Bekanntmachung des Angebots, mit dem Ziel, die Reichweite und Inanspruchnahme der aufsuchenden Energieberatung messbar zu erhöhen.
<b>Priorität / Umsetzungsbeginn</b>	Die Priorität der Maßnahmen ist hoch. Die 3. Runde der Maßnahme startete im 4. Quartal 2025. Fortführung bis mindestens 2. Quartal 2026.

### 9.3 Nutzung ergänzender Informationsangebote zum Austausch dezentraler Wärmeerzeugungsanlagen



<b>Eignungsgebiete</b>	Zentrale und dezentrale Wärmeversorgungsgebiete, wobei der Schwerpunkt der Informations- und Beratungsmaßnahmen auf Gebieten liegen sollte, die nicht für ein Wärmenetz geeignet sind. In den Wärmenetzgebieten sollte demgegenüber eher über die Möglichkeiten, Voraussetzungen und Chancen eines Anschlusses an ein Wärmenetz informiert werden.
<b>Ziele / Planungen</b>	Die Gebäudeeigentümer sollen bei der Umstellung auf GEG-konforme Wärmeerzeugung beratend und informierend unterstützt werden, damit der Umstellungsprozess beschleunigt werden kann.
<b>Maßnahmenvorschläge</b>	<p>Durchführung einer gemeinsamen Info-Veranstaltung, z. B. in Kooperation mit Heizungsherstellern, der Fachinnung Heizung-, Sanitär- und Klimatechnik, den Schornsteinfegern, der Handwerkskammer sowie regionalen Sanitär- und Heizungsfachbetrieben.</p> <p>Ziel der Veranstaltung ist die Information über unterschiedliche Heizungsoptionen, verfügbare GEG-konforme Technologien sowie über die Angebots- und Beratungsleistungen der Firmen. Ergänzend kann die lokale bzw. regionale Wirtschaftsförderung eingebunden werden, um die vorhandene Angebotspalette und individuelle Beratungsangebote vorzustellen.</p>
<b>Treibhausgasminderung</b>	Beitrag zu schnellerer Umstellung auf GEG-konforme Heizungen und damit THG-Reduktion.
<b>Kosten und Finanzierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es entstehen lediglich Kosten für Raummiete und ggf. Catering.</li> </ul>
<b>Nächste Schritte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontaktaufnahme mit relevanten Akteuren zur Prüfung der Teilnahmebereitschaft.</li> <li>• Konzeption, Terminierung und Durchführung einer entsprechenden Infoveranstaltung</li> </ul>
<b>Verantwortlich</b>	Klimaschutzmanagement der Stadt Vellmar
<b>Wichtige Akteure</b>	Siehe Rubrik „Maßnahmenvorschläge“

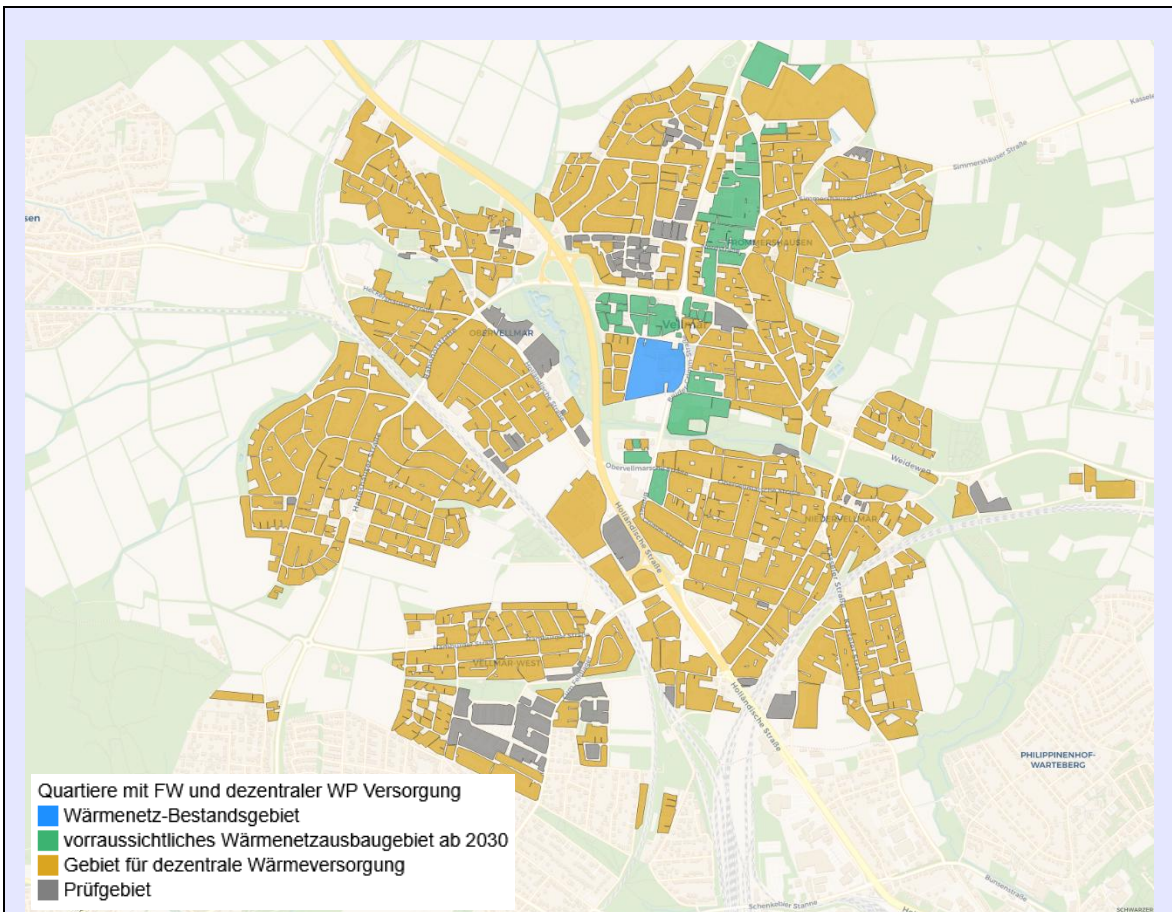
### Priorität / Umsetzungsbeginn

Die Priorität der Maßnahmen ist hoch.

Die Umsetzung sollte nach Abschluss der Evaluation der aufsuchenden Energieberatung (vgl. Kapitel 9.2) erfolgen. Zudem sollten bis dahin möglichst ein oder mehrere Umsetzungspartner für den Auf- und Ausbau von Wärmenetzen (vgl. Kapitel 9.4) gefunden worden sein, um die Wahrscheinlichkeit der Umsetzung von Wärmenetzprojekten zu erhöhen.

Eine entsprechende Veranstaltung könnte erstmalig im Jahr 2027 durchgeführt und dann im Abstand von ein oder zwei Jahren wiederholt werden.

## 9.4 Gewinnung eines oder mehrerer Umsetzungspartner für den Auf- und Ausbau von Wärmenetzen



Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete (vgl. Abbildung 73)

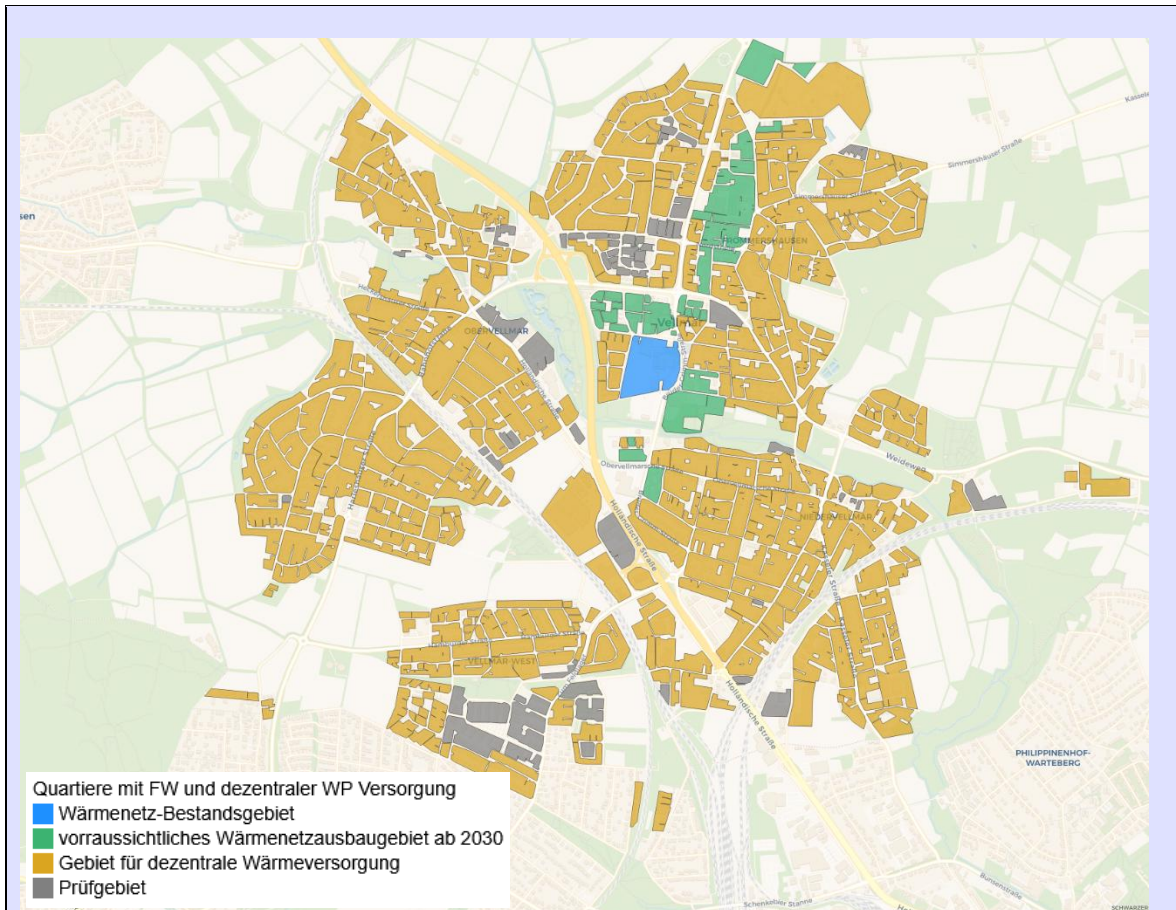
### Situation im Gebiet

In Vellmar wird aktuell ein kleines Wärmenetz im Stadtzentrum betrieben. Im Zielszenario der

	<p>Wärmeplanung wird von einem deutlichen Ausbau dieses Wärmenetzes ausgegangen. Dabei ist auch zu klären, ob das bereits geplante Wärmenetz für das Neubaugebiet Vellmar-Nord an das bestehende Netz angebunden werden soll.</p> <p>Zusätzlich wird der Aufbau eines weiteren Wärmenetzes (oder zumindest eines Gebäudenetzes) in Vellmar-West vorgeschlagen. Dieses Netz könnte perspektivisch auch auf den Stadtteil Jungfernkopf der Stadt Kassel ausgedehnt werden.</p> <p>Im Rahmen der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung wurden dazu mehrere Gespräche sowohl mit der EAM GmbH &amp; Co. KG als auch der Städtische Werke AG, Kassel, geführt. Es wären aber auch andere Umsetzungspartner denkbar.</p>
<b>Eignungsgebiete</b>	Zentrale Wärmeversorgungsgebiete gemäß Zielszenario
<b>Ziele / Planungen</b>	Ziel ist die Gewinnung mindestens eines oder mehrerer Umsetzungspartner für den Auf- und Ausbau von Wärmenetzen
<b>Maßnahmenvorschläge</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortführung der bereits laufenden Gespräche mit der EAM GmbH &amp; Co. KG.</li> <li>• Fortführung der bereits laufenden Gespräche mit der Städtische Werke AG, Kassel.</li> <li>• Ansprache weiterer potenzieller Kooperations- und Umsetzungspartner.</li> </ul>
<b>Treibhausgasminderung</b>	Das Potenzial zur Treibhausgasminderung wurde in Kapitel 7.2 dargestellt.
<b>Kosten und Finanzierung</b>	Gegebenenfalls Kosten für die externe Beratung zur Suche nach Umsetzungspartnern.
<b>Nächste Schritte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung des Bedarfs an externer Unterstützung (z. B. juristisch, strategisch, kaufmännisch o. a.) bei der Suche nach Umsetzungspartnern.</li> <li>• Ausschreibung und Auswahl von externen Beratern.</li> <li>• Durchführen weiterer Gespräche mit potenziellen Umsetzungspartnern.</li> </ul>
<b>Verantwortlich</b>	Magistrat der Stadt Vellmar

Wichtige Akteure	Stadtverwaltung, externe Dienstleister, mögliche Umsetzungspartner
Priorität / Umsetzungsbeginn	Die Priorität der Maßnahme ist sehr hoch. Die bereits begonnen Aktivitäten sollten im Jahr 2026 fortgeführt werden.

## 9.5 Unterstützung eines zukünftigen Umsetzungspartners beim Aufbeziehungsweise Ausbau von Wärmenetzen



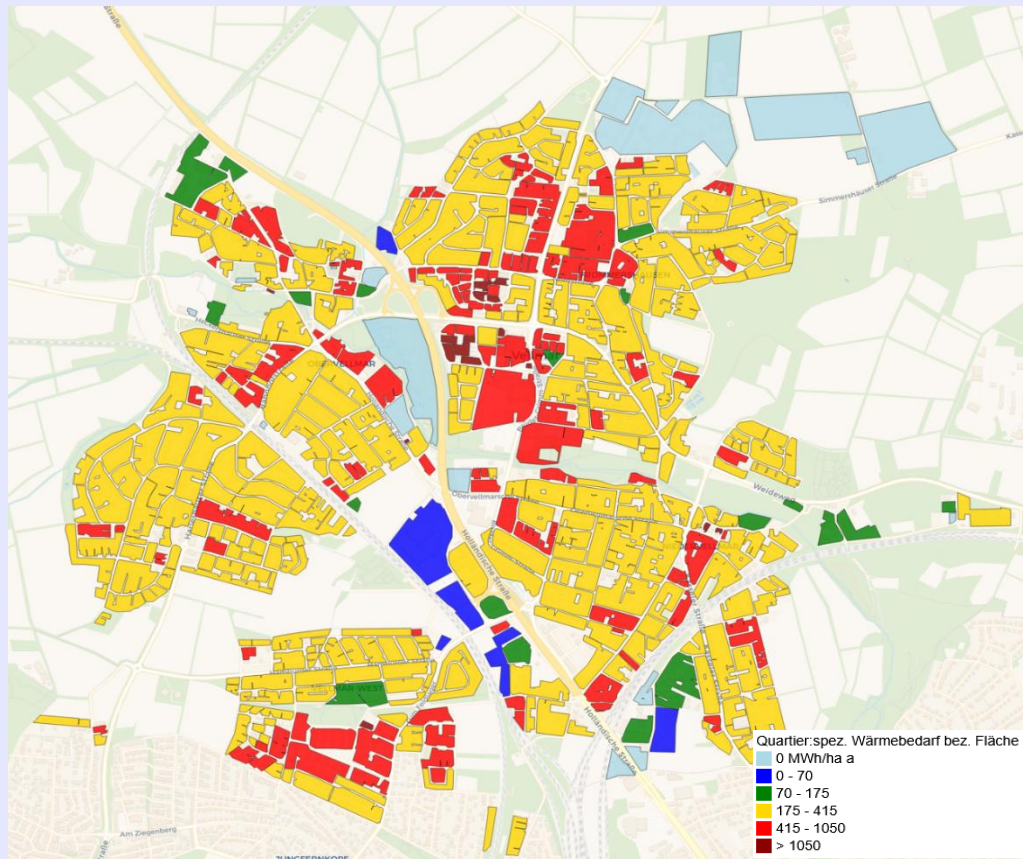
Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete (vgl. Abbildung 73)

Situation im Gebiet	<p>In Vellmar wird aktuell ein kleines Wärmenetz im Stadtzentrum betrieben. Im Zielszenario der Wärmeplanung wird von einem deutlichen Ausbau dieses Wärmenetzes ausgegangen. Dabei ist noch zu klären, ob das bereits geplante Wärmenetz für das Neubaugebiet Vellmar-Nord an das bestehende Netz angebunden werden soll.</p> <p>Zusätzlich wird der Aufbau eines weiteren Wärmenetzes (oder zumindest eines Gebäudenetzes)</p>
---------------------	--

	<p>in Vellmar-West vorgeschlagen. Dieses Netz könnte perspektivisch auch auf den Stadtteil Jungfernkopf der Stadt Kassel ausgedehnt werden.</p> <p>Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden mehrere Gespräche sowohl mit der EAM GmbH &amp; Co. KG als auch der Städtische Werke AG, Kassel, zum Auf- bzw. Ausbau dieser Wärmenetze geführt. Es wären aber auch andere Umsetzungspartner denkbar.</p>
Eignungsgebiete	Zentrale Wärmeversorgungsgebiete gemäß Ziel-szenario
Ziele / Planungen	<p>Sobald Umsetzungspartner für den Auf- und Ausbau von Wärmenetzen gefunden wurden, muss die Stadtverwaltung den Umsetzungsprozess aktiv begleiten (z. B. durch die Einräumung von Wege-rechten, die Abstimmung von Infrastrukturplanungen oder die Bereitstellung von Grundstücken für Erzeu-gungsanlagen).</p> <p>Ziel ist es, den Umsetzungsprozess zu beschleunigen und gleichzeitig sicherzustellen, dass die Belange der Stadt Vellmar und ihrer Bürgerinnen und Bürger angemessen berücksichtigt werden.</p>
Maßnahmenvorschläge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erarbeitung der Themen, die beim Auf- und Ausbau von Wärmenetzen für die Stadtverwaltung zu be-rücksichtigen sind.</li> <li>• Austausch mit anderen Städten und Gemeinden, die bereits vergleichbare Wärmenetzprojekte mit Umsetzungspartnern realisiert und begleitet ha-ben.</li> <li>• Prüfung und Nutzung kostenfreier Beratungsange-bote z. B. LEA Hessen, dem Kompetenzzentrum kommunale Wärmewende (KWW) Halle, dem Hessi-schen Städte- und Gemeindebund, der Landesar-beitungs-gemeinschaft Energiegenossenschaften Hessen (LaNEG) oder dem Deutschen Genossen-schafts- und Raiffeisenverband e. V. (DGRV).</li> <li>• Regelmäßige Information der Öffentlichkeit über den Stand der Maßnahmen zum Auf- und Ausbau von Wärmenetzen mit dem Ziel, langfristig eine hohe Anschlussquote zu erzielen.</li> </ul>

Treibhausgasminderung	Das Potenzial für die Treibhausgasminderung durch diese Maßnahme wurde in Kapitel 7.2 dargestellt.
Kosten und Finanzierung	Gegebenenfalls Kosten für die externe Beratung zur Begleitung des Umsetzungsprozesses, sofern die kostenfreien Unterstützungsangebote nicht ausreichend sind.
Nächste Schritte	Aktive Suche nach Umsetzungspartnern für den Auf- und Ausbau von Wärmenetzen (vgl. Kapitel 9.4)
Verantwortlich	Magistrat der Stadt Vellmar
Wichtige Akteure	Stadtverwaltung, Anbieter kostenloser Beratungsleistung für die Stadt Vellmar (s. o.), externe Dienstleister, potenzielle Umsetzungspartner.
Priorität / Umsetzungsbeginn	Die Priorität der Maßnahmen ist sehr hoch. Sobald klar ist, dass es einen oder mehrere Umsetzungspartner gibt, sollte mit der Umsetzung begonnen werden. Der Start könnte in der zweiten Jahreshälfte 2026 oder im Jahr 2027 erfolgen.

## 9.6 Weitere energetische Optimierung der stadteigenen Gebäude der Stadt Vellmar

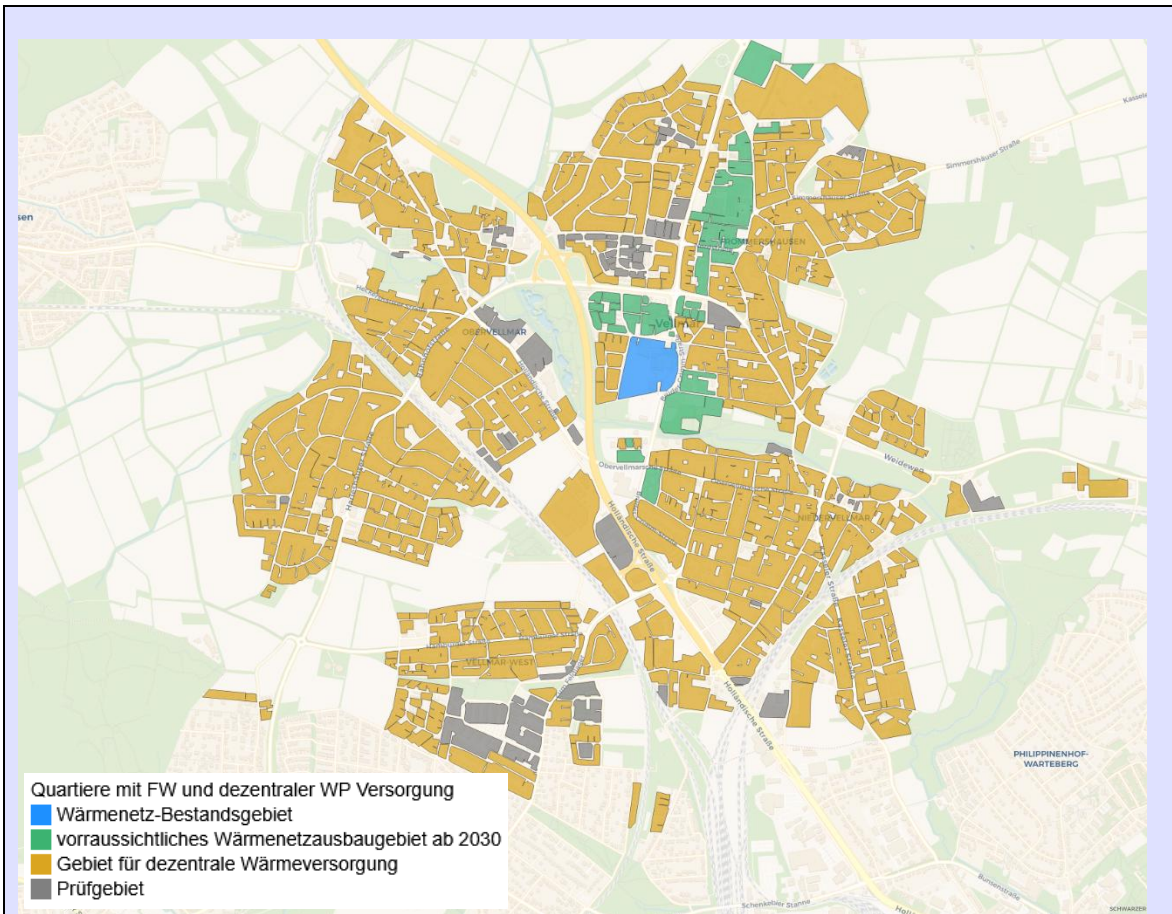


Wärmeatlas für Vellmar, Darstellung des spezifischen Wärmebedarfs in kWh/(m<sup>2</sup>·a) im Jahr 2022 auf Baublockebene

<p><b>Situation im Gebiet</b></p>	<p>Die Stadt Vellmar verfügt über eine große Anzahl eigener Immobilien. Die Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz im Bestand spielt eine wesentliche Rolle für das Erreichen der Klimaneutralität im Wärmesektor.</p> <p>Grundsätzlich werden bei Gebäudesanierungen bereits Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz durchgeführt.</p>
<p><b>Eignungsgebiete</b></p>	<p>Zentrale und dezentrale Wärmeversorgungsgebiete gemäß Zielszenario</p>
<p><b>Ziele / Planungen</b></p>	<p>Ziel ist es, die Treibhausgasemissionen der stadteigenen Gebäude durch kontinuierliche Effizienzsteigerungen und Sanierungsmaßnahmen systematisch zu reduzieren.</p>
<p><b>Maßnahmenvorschläge</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Festlegung konkreter Ziele für die Senkung der Treibhausgasemissionen in den stadteigenen Gebäuden.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse der im aktuellen Gebäudesanierungsprogramm enthaltenen Maßnahmen hinsichtlich ihrer konkreten Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen.</li> <li>• Prüfung zusätzlicher Optimierungsmaßnahmen zur Reduzierung der im Zusammenhang mit der Nutzung der stadteigenen Gebäude entstehenden Treibhausgasemissionen.</li> <li>• Stärkere Ausrichtung der Gebäudesanierung auf Maßnahmen mit hohem Beitrag zur Treibhausgasminde- rung.</li> </ul>
<b>Treibhausgasminde- rung</b>	Die Treibhausgasminde- rung ergibt sich aus den konkret geplanten und umgesetzten Maßnahmen und muss für diese jeweils separat ermittelt werden.
<b>Kosten und Finanzierung</b>	<p>Im Rahmen der Vorbereitung und Beschlussfassung von Maßnahmen zur Gebäudesanierung werden standardmäßig maßnahmenbezogene Kostenschätzungen erstellt.</p> <p>Die Finanzierung kann über eine Kombination aus Förderprogrammen (BEG, Klimaschutzrichtlinie, Mittel aus dem Europäischen Fond für regionale Entwicklung – EFRE u. a.) sowie aus eigenen Haushaltsmitteln der Stadt Vellmar erfolgen.</p>
<b>Nächste Schritte</b>	Siehe Maßnahmenvorschläge
<b>Verantwortlich</b>	Stadtverwaltung
<b>Wichtige Akteure</b>	Stadtverwaltung, Nutzer der jeweiligen stadteigenen Gebäude
<b>Priorität / Umsetzungsbe- ginn</b>	<p>Die Priorität der Maßnahmen ist hoch, da energetische Gebäudesanierungen einen wesentlichen Beitrag zur Treibhausgasminde- rung und zur Erreichung der Klima- schutzziele leisten.</p> <p>Die Maßnahme könnte im 2. Quartal 2026 starten und jährlich fortgeschrieben werden.</p>

## 9.7 Synchronisieren der Infrastrukturprojekte



Einteilung des geplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete (vgl. Abbildung 73)

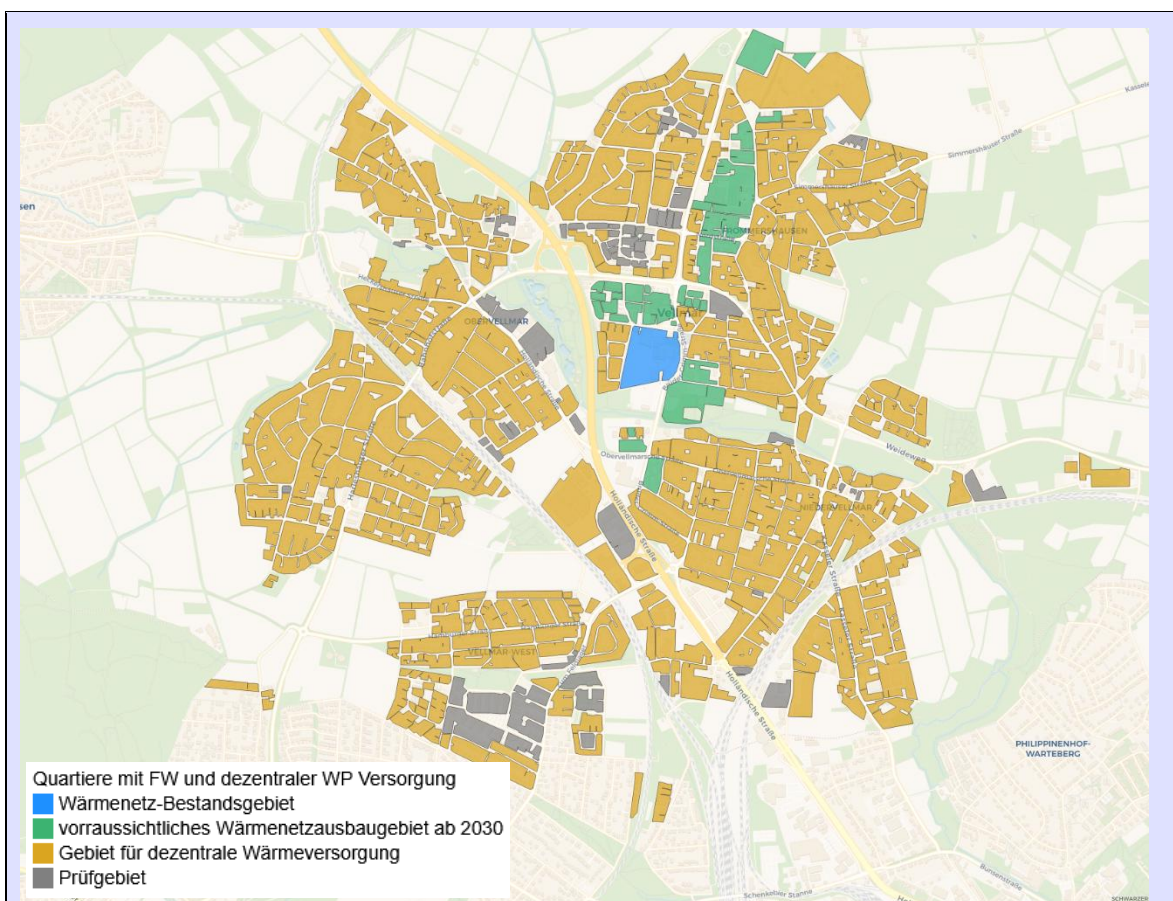
<p><b>Situation im Gebiet</b></p>	<p>Das bestehende Wärmenetz im Stadtzentrum Vellmar soll gemäß Zielszenario deutlich ausgebaut werden. Es gibt Überlegungen, das bereits geplante Wärmenetz für das Neubaugebiet Vellmar-Nord an dieses Netz anzubinden. Darüberhinaus wird der Aufbau eines Wärmenetzes bzw. eines Gebäudenetzes in Vellmar-West vorgeschlagen, das auf den Kasseler Stadtteil Jungfernkopf ausgedehnt werden könnte.</p> <p>In diesem Zusammenhang sind verschiedene Infrastrukturmaßnahmen vorgesehen. Ohne abgestimmte Planung besteht das Risiko paralleler Baumaßnahmen und unnötiger Mehrkosten. Eine frühzeitige Synchronisierung der Infrastrukturmaßnahmen ist daher erforderlich.</p>
<p><b>Eignungsgebiete</b></p>	<p>Zentrale Wärmeversorgungsgebiete gemäß Zielszenario</p>

Ziele / Planungen	<p>Ziel ist es, die Tiefbaumaßnahmen für den Aus- und Aufbau von Wärmenetzen sowie für neue zentrale Erzeugungsanlagen mit anderen Infrastrukturprojekten zu koordinieren.</p> <p>Durch diese Koordination sollen Kosten gesenkt und die Belastungen durch die Bauprojekte für Anlieger und andere Betroffene minimiert werden.</p>
Maßnahmenvorschläge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse der in den kommenden etwa 10 Jahren erwarteten oder bereits geplanten Infrastrukturmaßnahmen (z. B. Verkehrswege, Kanalbau, Baumaßnahmen der Leitungsträger)</li> <li>• Prüfung, inwieweit diese Baumaßnahmen mit potenziellen Baumaßnahmen für den Ausbau von Wärmenetzen koordiniert werden können.</li> <li>• Zeitliche und fachliche Abstimmung mit den jeweils für die Baumaßnahmen verantwortlichen Stellen.</li> </ul>
Treibhausgasminderung	<p>Es ergibt sich keine unmittelbare Treibhausgasminderung. Durch mögliche Kostensenkungen kann jedoch ein attraktiverer Wärmeversorgungspreis erreicht werden. Dies kann die Umstellung von Heizungssystemen auf GEG-konforme Varianten beschleunigen und mittelbar zu einer Reduzierung von Treibhausgasen führen.</p>
Kosten und Finanzierung	<p>Für die Umsetzung der o.g. Maßnahmen entsteht vorrangig interner Aufwand innerhalb der Verwaltung.</p>
Nächste Schritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung geplanter Infrastrukturprojekte, bei denen Synergien zum Auf- und Ausbau von Wärmenetzen möglich sind.</li> <li>• Durchführung von Gesprächen mit den für die jeweiligen Baumaßnahmen Verantwortlichen.</li> </ul>
Verantwortlich	Magistrat der Stadt Vellmar
Wichtige Akteure	Stadtverwaltung, Umsetzungspartner für Wärmenetze, Leitungsträger, Straßenbaulastträger
Priorität / Umsetzungsbeginn	Die Priorität der Maßnahmen ist hoch.

Erste Anfragen an die Verantwortlichen der relevanten Baumaßnahmen sowie Analyse eigener geplanter oder geprüfter Infrastrukturmaßnahmen sollten im Jahr 2026 erfolgen.

Sobald Klarheit über den zeitlichen Rahmen des Auf- oder Ausbaus von Wärmenetzen besteht, sind die Abstimmungen zwischen den beteiligten Akteuren zu koordinieren.

## 9.8 Prüfung der Anwendungsmöglichkeiten des Förderprogramms KfW 432 – Energetische Stadtsanierung



Wärmeversorgungsgebiete in Vellmar

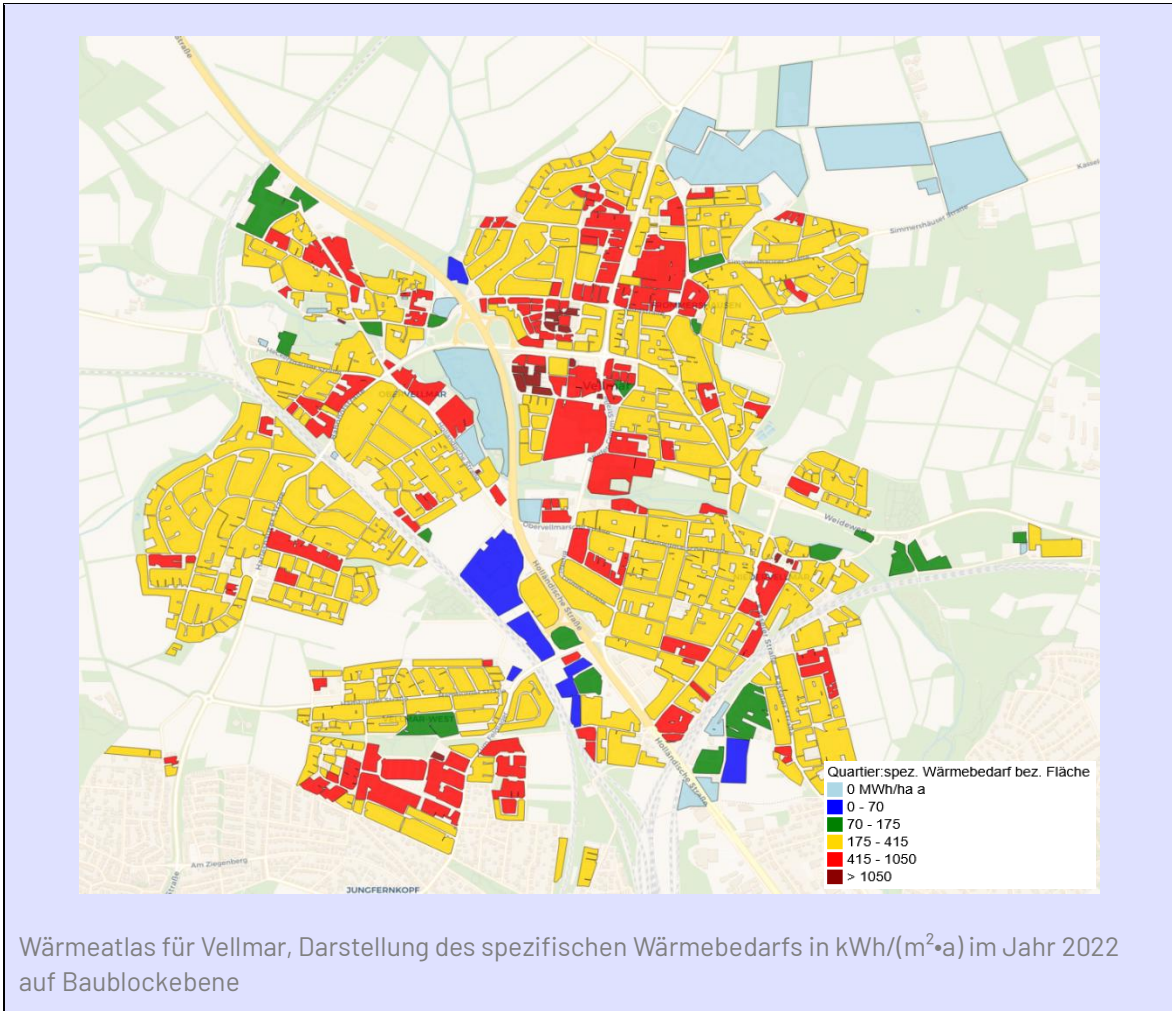
### Situation im Gebiet

Im Rahmen der Wärmeplanung wurde ein flächen-deckender Wärmeatlas erstellt. Zudem zeigt die Wärmeplanung auf, welche Gebiete sich besonders für die Erschließung mit einem Wärmenetz oder für eine dezentrale Versorgung eignen. Neben der Umstellung der Wärmeerzeugung auf erneuerbare Technologien

	spielt vor allem die Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz in Bestandsgebäuden sowie die Ablösung fossiler dezentraler Wärmeerzeuger durch GEG-konforme Technologien eine zentrale Rolle, um die Klimaneutralität im Wärmesektor zu erreichen.
Eignungsgebiete	Gesamtes Stadtgebiet Vellmar
Ziele / Planungen	<p>Das Förderprogramm KfW 432 dient der finanziellen Förderung von Quartierskonzepten sowie eines lokalen Sanierungsmanagements. Neben der Erstellung integrierter Konzepte werden auch Personal- und Sachkosten für ein Sanierungsmanagement gefördert (75 % für alle Kommunen und 90 % für finanzschwache Kommunen).</p> <p>Ziel ist es, dieses Förderprogramm für die Umsetzung von Maßnahmen aus der Umsetzungsstrategie der kommunalen Wärmeplanung sowie für weitere Maßnahmen der Energiewende zu nutzen.</p> <p>Förderfähig sind zudem Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel, zur Entwicklung grüner Infrastruktur und klimafreundlicher Mobilität.</p> <p>Es sollte geprüft werden, inwieweit die Förderinhalte zu einem integrierten Gesamtkonzept für ausgewählte Quartiere kombiniert werden können.</p>
Maßnahmenvorschläge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung, für welche Quartiere das Förderprogramm sinnvoll sein kann. Quartiere können individuell festgelegt werden, müssen aber unterhalb der Ebene eines Stadtteils definiert sein. Es ist möglich, parallel mehrere Förderanträge für unterschiedliche Quartiere zu stellen. Diese Gebiete sollten sich strukturell unterscheiden.</li> <li>• Prüfung der förderrechtlichen Rahmenbedingungen des Programms KfW 432.</li> <li>• Vorbereitung und Einreichung eines entsprechenden Förderantrags, sofern dies inhaltlich und finanziell sinnvoll erscheint.</li> </ul>
Treibhausgasminderung	Das Potenzial für die Treibhausgasminderung hängt von den ausgewählten Quartieren sowie von Art und Umfang der beantragten Maßnahmen ab. Das entsprechende Minderungspotenzial kann ermittelt werden, sobald die Maßnahmen konkret definiert sind.

<p>Kosten und Finanzierung</p>	<p>Förderanträge können durch die Stadt Vellmar in Eigenleistung erstellt werden. Bei externer Unterstützung sind Kosten von etwa 5 T€ pro Antrag zu erwarten; bei mehreren parallelen Anträgen sind Synergieeffekte möglich. Die Kosten trägt die Stadt Vellmar als Antragstellerin.</p> <p>Bewilligte Fördermittel können an privatwirtschaftliche oder gemeinnützige Akteure weitergegeben werden (z. B. Stadtwerke, Wohnungsunternehmen, Eigentümergemeinschaften oder Bürgerenergiegenossenschaften).</p>
<p>Nächste Schritte</p>	<p>Siehe Maßnahmenvorschläge</p>
<p>Verantwortlich</p>	<p>Magistrat der Stadt Vellmar</p>
<p>Wichtige Akteure</p>	<p>KfW, Stadtverwaltung, Umsetzungspartner für die Wärmenetze, Wohnungsunternehmen oder Eigentümergemeinschaften in Vellmar und ggf. weitere Stakeholder</p>
<p>Priorität / Umsetzungsbeginn</p>	<p>Die Priorität der Maßnahmen ist sehr hoch, da die verfügbaren Fördermittel begrenzt sind und die Vergabe nach der Reihenfolge der Antragstellung erfolgt.</p> <p>Die Maßnahme baut auf den Ergebnissen der kommunalen Wärmeplanung auf und könnte unmittelbar zu Beginn des Jahres 2026 gestartet werden.</p>

## 9.9 Regelmäßige Aktualisierung Wärmeatlas und Wärmebedarfsentwicklung



Wärmeatlas für Vellmar, Darstellung des spezifischen Wärmebedarfs in kWh/(m<sup>2</sup>·a) im Jahr 2022 auf Baublockebene

<p>Situation im Gebiet</p>	<p>Im Rahmen der Wärmeplanung wurde ein Wärmeatlas erstellt. Dieser wurde durch die Qoncept Energy GmbH digital so aufgebaut, dass eine regelmäßige Aktualisierung möglich ist. Gesetzlich ist eine Aktualisierung alle 5 Jahre vorgeschrieben.</p>
<p>Eignungsgebiete</p>	<p>Gesamtes Stadtgebiet</p>
<p>Ziele / Planungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmäßige Erfassung veränderter Wärmebedarfe</li> <li>• Vorprüfung von Anpassungsbedarfen im Ziel-szenario sowie des zeitlichen Umsetzungskonzepts</li> </ul>

Maßnahmenvorschläge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmäßige Erhebung der Inputdaten des Wärmeatlases (z. B. alle zwei Jahre)</li> <li>• Aktualisierung des Wärmeatlas und der Wärmebedarfsentwicklung</li> <li>• Grobprüfung möglicher Anpassungsbedarfe im Zielszenario sowie in der zeitlichen und inhaltlichen Umsetzungsplanung</li> <li>• Bei festgestelltem Anpassungsbedarf sollte die Aktualisierung der Wärmeplanung oder von Teilen der Wärmeplanung vorgezogen werden.</li> </ul>
Treibhausgasminderung	Es ergibt sich keine unmittelbare Treibhausgasminderung. Treibhausgasminderungen können sich ergeben, wenn erkennbar wird, dass Maßnahmen schneller umgesetzt werden können oder sollten.
Kosten und Finanzierung	Es entsteht vorrangig interner Verwaltungsaufwand. Sofern zusätzliche externe Unterstützung für Aktualisierung oder Grobprüfung erforderlich ist, sollte mit Kosten im niedrigen fünfstelligen Bereich gerechnet werden.
Nächste Schritte	Siehe Maßnahmenvorschläge
Verantwortlich	Magistrat der Stadt Vellmar
Wichtige Akteure	Stadtverwaltung, Datenlieferanten für die Inputdaten des Wärmeatlas (insb. Gas- und Wärmenetzbetreiber und Schornsteinfeger)
Priorität / Umsetzungsbeginn	Die Priorität der Maßnahmen ist mittel. Erste Aktualisierung des Wärmeatlas ab 2027.

## 10 Verstetigungsstrategie

Die kommunale Wärmeplanung entwickelt ein Zielbild für eine weitgehend klimaneutrale Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045. Ergänzend dazu wird mit der Umsetzungsstrategie ein Maßnahmenkonzept zur Erreichung dieses ambitionierten Ziels definiert. Während die erste Erarbeitung von Zielbild, Strategien und Maßnahmen zeitlich befristet ist, stellt deren Umsetzung eine kontinuierliche Aufgabe dar. Diese muss daher dauerhaft in den bestehenden Organisationsstrukturen der beteiligten Akteure – insbesondere der Kommunalverwaltung

und gegebenenfalls von Energieversorgern oder Wohnungsbaugesellschaften – verankert werden.

Ein wesentlicher Bestandteil einer Verstetigungsstrategie ist zunächst die Festlegung klarer organisatorischer Zuständigkeiten für:

- die Gesamtkoordination der Maßnahmenumsetzung,
- das Controllingkonzept (Überwachung der Maßnahmenumsetzung, Kontrolle der Zielerreichung, Einleitung zusätzlicher Maßnahmen, wenn bei Bedarf) und
- die Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung (mindestens alle fünf Jahre gemäß WPG).

Diese Aufgaben sollten möglichst an einer zentralen Stelle innerhalb der Kommunalverwaltung gebündelt werden. Da es sich um übergreifende planerische Aufgaben mit starken Bezügen zur Stadtentwicklung handelt, erfolgt die organisatorische Verortung häufig im Baubeziehungsweise Planungsamt. Alternativ kommt auch das Umweltamt in Frage aufgrund der hohen Relevanz von Treibhausgasen oder anderen Luftschadstoffen für den Klimaschutz. Oder das Hauptamt, insbesondere weil eine enge Koordination mehrerer Fachämter erforderlich ist.

Die erste Erstellung der kommunalen Wärmeplanung wurde in der Stadt Vellmar über den Fachbereich 3 – Stadtentwicklung und Umwelt und hier insbesondere über das Klimaschutzmanagement erarbeitet. Es wird empfohlen, auch die weiteren Aktivitäten zur Umsetzung der Maßnahmenplanung und zur Fortschreibung der Wärmeplanung dort anzusiedeln. Ergänzend sollte in regelmäßigen Abständen über den Stand und den Fortschritt der Maßnahmen in einer verwaltungsinternen Abstimmungsrunde berichtet werden. Diese Runde sollte die an der Umsetzung der in Kapitel 9 beschriebenen Maßnahmen beteiligten Verwaltungseinheiten einbeziehen. Ein Turnus von ein bis zwei Sitzungen pro Jahr erscheint hierfür ausreichend.

Im Rahmen der Verstetigungsstrategie sollte zudem ein verbindlicher Rhythmus zur Aktualisierung des Wärmealas festgelegt werden. Dabei müssen die neuen Verbrauchs-, Schornsteinfeger- und ALKIS-Daten eingepflegt werden sowie die Wärmebedarfe aus Neubau- oder Nachverdichtungsgebieten berücksichtigt werden. Daraus wird die Wärmebedarfsentwicklung abgeleitet. Es wird empfohlen, diese Aktualisierung alle zwei bis drei Jahre vorzunehmen. Ziel ist eine regelmäßige Grobprüfung, ob sich die für die Einteilung der Stadt Vellmar in Wärmeversorgungsgebiete relevanten Rahmenbedingungen wesentlich verändert haben. Sollte dies der Fall sein, ist zu prüfen, ob eine vorgezogene Fortschreibung der Wärmeplanung oder eine Anpassung einzelner Maßnahmen der Umsetzungsstrategie zügiger erforderlich ist.

Darüber hinaus sollte kontinuierlich erfasst werden, ob nach Abschluss des Wärmeplanungsprojekts neue Potenziale für erneuerbare Wärmequellen (erneuerbare Energien oder Abwärme) bekannt werden. In Vellmar betrifft dies zum Beispiel die Biogasanlage an der Grenze zur Gemarkung Fuldata, deren Betreiber im Rahmen der Wärmeplanung signalisiert hatte, dass eine Erweiterung der Anlage aus seiner Sicht grundsätzlich möglich wäre.

Neben der Gesamtkoordination sind auch die Zuständigkeiten für die Umsetzung der Einzelmaßnahmen eindeutig festzulegen. Im Rahmen eines strukturierten Projektmanagements sollten für jede Maßnahme Ziele, Meilensteine und Zeitpläne sowie Teilschritte definiert und festgehalten werden. Erste Hinweise hierzu sind in den Projektskizzen in Kapitel 9 enthalten.

Zusätzlich zu den verwaltungsinternen Strukturen empfehlen wir, ein begleitendes Gremium zu etablieren, in dem sich die für die Umsetzung der Maßnahmen relevanten Akteure regelmäßig abstimmen. Zentrale Inhalte dieses Austauschs sind:

- der Umsetzungsstand der definierten Maßnahmen,
- die Erreichung von Zielen und Zwischenzielen,
- die Entwicklung zusätzlicher Maßnahmen sowie
- die Planung und Durchführung der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung.

Dieser Austausch kann beispielsweise im bestehenden Klimaschutzbeirat erfolgen. Alternativ ist auch ein regelmäßiges Format mit den wichtigsten Stakeholdern (Energieversorger, Leitungsträger, Straßenbaulastträger o. a.) denkbar. Dadurch kann sichergestellt werden, dass alle relevanten Akteure frühzeitig eingebunden sind und koordiniert am Wärmenetzausbau und an der effizienten Umsetzung der beschlossenen Maßnahmen mitwirken.

## 11 Controllingkonzept

Das Controllingkonzept umfasst folgende zentrale Schwerpunkte:

- Erfolgskontrolle über die Zielerreichung (inhaltlich, zeitlich und wirtschaftlich),
- Monitoring der Maßnahmenplanung und -umsetzung aus der Umsetzungsstrategie und
- Koordination der Entwicklung gegensteuernder Maßnahmen, sofern die Einzelmaßnahmen nicht, nicht vollständig oder nicht zeitgerecht umgesetzt werden oder die damit angestrebten Ziele absehbar (zeitlich) nicht erreicht werden.

Aufgrund der Größe der Stadt Vellmar wird empfohlen, die Verantwortung für das Controllingkonzept bei derselben Verwaltungseinheit zu verankern wie die Zuständigkeit für die Gesamtkoordination der Maßnahmenumsetzung und die Verstetigungsstrategie.

Die Erfolgskontrolle der übergeordneten inhaltlichen Ziele, insbesondere der Reduzierung der Treibhausgasemissionen über die Betrachtungszeitpunkte bis zur Klimaneutralität im Jahr 2045, kann im Rahmen der regelmäßigen Aktualisierung des Wärmeatlas sowie bei der turnusmäßigen Aktualisierung der Wärmeplanung nach fünf Jahren erfolgen.

Das Controlling des Maßnahmenplans und der Maßnahmenumsetzung (inhaltlich, zeitlich und hinsichtlich der Einhaltung wirtschaftlicher Vorgaben bzw. vereinbarter Budgets) sollte im Rahmen der jeweiligen Projektsteuerung etabliert werden. Zudem sollte ein übergreifendes Berichtswesen zum Stand aller Maßnahmen der Umsetzungsstrategie etabliert werden. Dieses sollte einen strukturierten Überblick über den Umsetzungsstand der einzelnen

Maßnahmen sowie über die jeweilige Zielerreichung geben. Als Grundlage können die in Kapitel 9 dargestellten Projektskizzen dienen. Es wird empfohlen, diesen Bericht einmal jährlich zu erstellen.

## 12 Zusammenfassung

Die kommunale Wärmeplanung für die Stadt Vellmar wurde im Zeitraum von Oktober 2024 bis Dezember 2025 erarbeitet. Zum Zeitpunkt des Projektstarts bestand für die Stadt Vellmar noch keine Verpflichtung zur Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung. Diese ergab sich erst mit dem Inkrafttreten der Hessischen Verordnung zur kommunalen Wärmeplanung im November 2025. Dennoch orientiert sich der vorliegende Wärmeplan nicht nur an den Vorgaben des Hessischen Energiegesetzes (HEG), sondern weitgehend auch an den Anforderungen des Wärmeplanungsgesetzes (WPG).

Im Rahmen der Eignungsprüfung wurden zunächst Gebiete identifiziert, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Versorgung über Wärmenetze geeignet sind. Trotz dieser Ergebnisse wurde auf eine vereinfachte Wärmeplanung für einzelne Teilgebiete verzichtet. Stattdessen wurden alle Gebiete in den weiteren Projektschritten umfassend betrachtet.

Die Eignung für eine Versorgung der einzelnen Wohngebäuden über ein Wasserstoffnetz kann für Vellmar nahezu ausgeschlossen werden. Zwar verläuft ein Strang des geplanten und genehmigten Wasserstoffkernnetzes in der Nähe des Stadtgebiets Vellmar, eine Verteilung von Wasserstoff zur dezentralen Wärmeerzeugung ist jedoch nach Aussage des Gasverteilnetzbetreibers derzeit in Vellmar nicht vorgesehen.

Das wichtigste Ergebnis der Bestandsanalyse ist ein gebäudescharfer Wärmeatlas. Der Wärmeatlas der Stadt Vellmar basiert auf den Gas- und Wärmezählerdaten des Jahres 2022. Ergänzt wurden zudem Schornsteinfegerdaten, Daten aus dem Amtlichen Liegenschaftskataster (ALKIS) sowie Infrastrukturdaten etwa zu Gas-, Wärme-, Strom- und Abwassernetzen.

Auf dieser Grundlage wurden die bestehende Beheizungsstruktur abgebildet und eine Treibhausgasbilanz erstellt. Die bestehenden Wärmeversorgungsinfrastrukturen wurden ebenfalls im GIS-Format erfasst und abgebildet. Die Bestandsanalyse zeigt, dass der Wärmebedarf der Stadt Vellmar aktuell nahezu vollständig fossil gedeckt wird. Daraus resultieren Treibhausgasemissionen von rund 38 000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Jahr. Die Abnehmerstruktur ist durch rund 91 % Haushalte, 5 % öffentliche Gebäude und 4 % Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) geprägt.

In der Potenzialanalyse wurde zunächst die zukünftige Wärmebedarfsentwicklung untersucht. Hierbei wurde zwischen Haushalten, öffentlichen Gebäuden, Industrie und dem Sektor GHD unterschieden. Insgesamt wird ein Wärmebedarfsrückgang von rund 9 % bis 2030 und um rund 23 % bis 2045 prognostiziert.

Weiterhin wurden die Potenziale erneuerbarer Energien für die zentrale und dezentrale Wärmeversorgung in Vellmar ermittelt. Geeignete Standorte zur Aufstellung von Groß-Luftwärmepumpen in der Nähe des bestehenden Wärmenetzes wurden identifiziert. Eine Nutzung erscheint daher interessant. Gleiches gilt für die Nutzung von oberflächennaher Geothermie, für die geeignete Flächen bestimmt wurden.

Die aus der Studie der Städtische Werke AG hervorgehenden Freiflächen für Photovoltaik und Solarthermie bieten ein sehr großes Potenzial zur Wärmeerzeugung für ein zentrales Wärmeversorgungssystem. Diese weisen für Freiflächen-Solarthermie je nach Auslegung auf sommerliche Schwachlast oder die Übergangszeit ein Potenzial von 154 bis 252 GWh/a auf. Diese Potenziale fallen jedoch überwiegend im Sommer an und sind daher nur begrenzt nutzbar. Der Wärmebedarf ist zu dieser Zeit über das Jahr betrachtet am geringsten, sodass das solarthermische Potenzial nicht vollständig ausgeschöpft werden kann. Auf den Flächen können bis zu 88 GWh/a Strom mit 88 MW<sub>Peak</sub> Freiflächen-PV bereitgestellt werden. Bei Nutzung von Agri-PV können 31 GWh/a Strom mit 31 MW<sub>Peak</sub> erzielt werden.

Ungenutzte Abwärmepotenziale aus erneuerbaren Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen bestehen derzeit nicht. Biomassepotenziale wurden auf Basis der Studie „Innovative Konzepte und Geschäftsmodelle für zukunftsfähige Bioenergiedörfer – klimafreundlich, demokratisch, bürgernah“ für den Landkreis Kassel ausgewertet. Demnach finden sich verschiedene biogene Brennstoffe in dem Landkreis, in dem auch Vellmar liegt. Ein Wärmepotenzial für Vellmar kann hierzu allerdings nicht exakt quantifiziert werden. Besonders vielversprechend gilt die Nähe zur Biogasanlage auf der Gemarkung Fuldata. Hierzu existieren bereits Bestrebungen, zusätzliche Abwärme aus der Anlage für das Neubaugebiet Vellmar-Nord zu verwenden. Tiefengeothermie kann ab einer Tiefe von 3 000 m genutzt werden. Aufgrund der Erschließungsrisiken wurde Tiefengeothermie nicht weiterverfolgt.

Auf der Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse erfolgte im nächsten Schritt eine umfassende Bewertung der Eignung verschiedener Wärmeversorgungsarten mit Schwerpunkt auf der Wirtschaftlichkeit. Hier spielt insbesondere die Wettbewerbsfähigkeit des erzielbaren Wärmeversorgungspreises in ct/kWh eine zentrale Rolle.

Für die Wärmenetzeignung wurden zunächst auf Basis der Auswertung der Wärmebedarfsdichten potenzielle Trassenverläufe berechnet und Wärmelinien dichten für das Zielszenario 2045 ausgewertet. Insgesamt wurden sieben Ausbauvarianten untersucht. Präferiert wurde das Szenario mit einer Grenzwärmelinien dichte von 1 250 kWh/(m·a), das einen Netzausbau im Stadtzentrum Vellmars sowie entlang der Frommershäuser Straße bis Vellmar-Nord vorsieht. Für dieses Ausbauszenario wurden vier Erzeugerkonzepte entwickelt und verglichen. Diese umfassen einen Mix aus Luft-Großwärmepumpe und Biomassekessel. Diese Grundlast-erzeuger wurde in Variantenbetrachtungen miteinander kombiniert. In einer Variante wurde die Wärmepumpe durch einer PV-Anlage ergänzt. So wurden vier verschiedene Wärmeerzeugerportfolios zunächst hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der zentralen Wärmenetzsysteme miteinander verglichen. Es zeigte sich, dass in der Variante mit einer Wärmepumpe als Grundlast-erzeuger der teuerste Wärmepreis zu verzeichnen ist. Die drei übrigen Wärmeerzeugerszenarien erzielen wirtschaftlich wettbewerbsfähige Wärmegestehungskosten im Vergleich zu dezentralen Wärmeversorgungs-lösungen. Unter Berücksichtigung der weiteren in § 18 WPG vorgegebenen Bewertungskriterien wie Versorgungssicherheit, Realisierungsrisiko und kumulierte Treibhausgasemissionen, wurde eine Kombination aus Luft-Großwärmepumpen und Biomassekessel als Vorzugsvariante identifiziert. Auf Basis dieses Wärmenetzausbauszenarios könnten etwa 10 % des Gesamt-wärmebedarfs von Vellmar durch ein Wärmenetz gedeckt werden.

Der Stadtteil Vellmar-West wurde gesondert betrachtet, da dort hohe Wärmebedarfsdichten in Bereichen mit großen Mehrparteiengebäuden bestehen, die sich von umliegenden Quartieren deutlich unterscheiden. Dazu wurden Wärmepreise für zwei verschiedene Erzeugungsvarianten kalkuliert. Mit der Variante Grundlasterzeugung über Biomasse wird ein geringerer Wärmepreis erreicht. Die kalkulierten Wärmepreise liegen im wettbewerbsfähigen Bereich zur dezentralen Erzeugung. Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung fanden Gespräche zwischen der Stadt Vellmar und der Städtische Werke AG, Kassel statt, bezüglich einer gemeinsamen Wärmenetzstrategie an der Stadtgrenze zwischen Vellmar-West und Kassel. Aufgrund der Ergebnisse und der Gespräche wurde ein Teil von Vellmar-West als Prüfgebiet für ein potenzielles Fernwärmenetz definiert.

Die übrigen Bereiche in den Stadtteilen von Vellmar werden dagegen überwiegend als dezentral zu versorgende Gebiete eingeschätzt. Allerdings bestehen auch dort teilweise Wärmebedarfsdichten, die für kleinere Wärmenetze oder sogenannte Gebäudenetze geeignet sein können. Diese könnten eher von Energiegenossenschaften, Wohnungsbaugesellschaften oder Eigentümergemeinschaften realisiert werden. Durch die kleinteilige Struktur und spezifischen Besonderheiten wäre die Wärmeversorgung mit der eher standardisierten Vorgehensweise etablierter Netzbetreiber in der Regel nur schwer rentabel umzusetzen.

Im Rahmen der Analysen von dezentralen Wärmeversorgungslösungen wurden Luftwärmepumpen und Sole-Wasser-Wärmepumpen als die zukünftigen Haupttechnologien detailliert untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass bis zu 60 % des aktuellen Wärmebedarfs der Gebäude mit dezentralen L/W-Wärmepumpen versorgt werden kann. Dieses Potenzial wurde kartografisch auf Gebäude- und Quartiersebene erfasst. Bei dezentraler Nutzung oberflächennaher Geothermie mit Erdwärmesonden bis zu einer Tiefe von 100 m in Kombination mit einer S/W-Wärmepumpe können 27 % des Wärmebedarfs der Stadt Vellmar gedeckt werden. Bezugsjahr des Wärmebedarfs war jeweils das Jahr 2022. Mit zunehmender Gebäudesanierung steigen die Deckungsanteile weiter.

Mit Blick auf die Wärmegestehungskosten von dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen stellt die Luft-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit Photovoltaik die wirtschaftlichste Option dar.

Auf Basis aller Analysen wurde ein Zielszenario entwickelt, das die Anteile der Wärmeversorgungsarten, der Energieträger sowie den Verlauf der Treibhausgasemissionen bis zur Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 anhand von Kennzahlen beschreibt.

Bei Umsetzung des Zielszenarios können die Treibhausgasemissionen im Wärmesektor bis 2045 um rund 97 % reduziert werden.

Darauf aufbauend wurde eine Wärmewendestrategie mit einem Maßnahmenkatalog entwickelt. Schwerpunkte liegen insbesondere in den Handlungsfeldern energetische Gebäudesanierung, Heizungsmodernisierung und Ausbau von Wärmenetzen. Zu den Maßnahmen wurden erste Projektskizzen mit Einstufung ihrer Priorität erarbeitet.

Abschließend wurden eine Verstetigungsstrategie und das Controllingkonzept erarbeitet. Die Verstetigungsstrategie soll sicherstellen, dass die entwickelten Maßnahmen als kontinuierliche Aufgabe in der Stadtverwaltung verankert werden. Das Controllingkonzept dient der

Überprüfung, ob der eingeschlagene Weg zur Erreichung der Klimaneutralität in der Wärmeversorgung bis 2045 weiterhin zielführend ist. Auf dieser Basis können fundierte Entscheidungen getroffen werden, um gegebenenfalls korrigierende Maßnahmen einleiten zu können und das Ziel effizienter oder schneller zu erreichen.

Die durchgeführte kommunale Wärmeplanung zeigt insgesamt, dass eine klimaneutrale Wärmeversorgung für die Stadt Vellmar bis zum Jahr 2045 technisch und wirtschaftlich realisierbar ist. Zentrale Bausteine sind der gezielte Ausbau von Wärmenetzen, die breite Nutzung dezentraler Wärmepumpen sowie eine konsequente energetische Sanierung des Gebäudebestands.

## Abkürzungsverzeichnis

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
ATKIS	Amtliches Topografisch-Kartografisches Informationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BFD5L	Bodenfunktionsbewertung
BfEE	Bundesstelle für Energieeffizienz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
bwp	Bundesverband Wärmepumpe e. V.
COP	Coefficient of Performance / Leistungskennzahl der Wärmepumpe
EFH	Einfamilienhaus
EWS	Erdwärmesonden
GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)
GeotIS	Geothermisches Informationssystem
GHD	Gewerbe / Handel / Dienstleistungen
GIS	Grafisches Informationssystem
GrwV	Grundwasserverordnung
HAST	Hausanschlussstationen
HBO	Hessische Bauordnung
HH	Haushalte
HEG	Hessisches Energiegesetz
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
JAZ	Jahresarbeitszahl

K	Kelvin
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW(h)el	Kilowatt(stunden) elektrisch
kW(h)th	Kilowatt(stunden) thermisch
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LW Grünland	Landwirtschaftliches Grünland
L/W(-WP)	Luft-Wasser(-Wärmepumpe)
LCOH	Levelized Cost of Heat, Deutsch: Wärmegestehungskosten
LEA Hessen	LandesEnergieAgentur Hessen
LoD	Level of Detail
MFH	Mehrfamilienhaus
MW(h)el	Megawatt(stunden) elektrisch
MW(h)th	Megawatt(stunden) thermisch
OGewV	Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer
PV	Photovoltaik
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance / Leistungskennzahl der Wärmepumpe über eine gesamte Heizperiode
SRm	Schüttraummeter
S/W(-WP)	Sole-Wasser(-Wärmepumpe)
TA-Lärm	Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm)
THG	Treibhausgase
TWW	Trinkwarmwasserunterstützung
UVP-V Bergbau	Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung bergbaulicher Vorhaben
VAwS	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WP	Wärmepumpe

WPG-E	Entwurf eines Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz - WPG)
WRG	Wärmerückgewinnung
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
ZFH	Zweifamilienhaus

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Teilgebiete mit geringer Wärmebedarfsdichte, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz geeignet sind (blaue und grüne Einfärbungen) .....	9
Abbildung 2: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Gas am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme .....	14
Abbildung 3: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über Wärmenetze am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme.....	15
Abbildung 4: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Biomasse am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme .....	15
Abbildung 5: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Heizöl am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme .....	16
Abbildung 6: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Flüssiggas am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme .....	16
Abbildung 7: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über aktuell unbekannte Energieträger (vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse) am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme.....	17
Abbildung 8: Darstellung der Anteile überwiegender Energieträger eines Baublocks am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme .....	17
Abbildung 9: Treibhausgasemissionen bei der Wärmeerzeugung im Jahr 2022 .....	18
Abbildung 10: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Gaskessel).....	19
Abbildung 11: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Wärmenetz bzw. Hausübergabestation) .....	20
Abbildung 12: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Heizölkessel).....	20
Abbildung 13: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Biomassekessel und andere Biomassefeuerstätten, wie Kaminöfen u. ä.).....	21
Abbildung 14: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Flüssiggaskessel).....	21

Abbildung 15: Baublockbezogene Darstellung der Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger, einschließlich Hausübergabestationen, nach Art der Wärmeerzeuger (Unbekannt - vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse).....	22
Abbildung 16: Baublockbezogene Darstellung der überwiegenden dezentralen Wärmeerzeuger nach Anzahl .....	22
Abbildung 17: Baublockbezogene Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps .....	24
Abbildung 18: Baublockbezogene Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude .....	25
Abbildung 19: Standortbezogene Darstellung bestehender sowie bekannter potenzieller Großverbraucher von Wärme, Gas oder Wasserstoff (gemäß § 7 Abs. 3 Nr. 3 WPG).....	26
Abbildung 20: Lage des bestehenden Wärmenetzes „Ahnatalschule“ .....	27
Abbildung 21: Flächenhafte (baublockbezogen) Darstellung der Quartiere der geplanten Wärmeversorgung durch Wärmenetze auf Quartiersebene .....	28
Abbildung 22: Flächenhafte Lage (baublockbezogen) bestehender Gasnetze und -leitungen (ab mindestens 50 % Anteil an der Wärmeversorgung) .....	29
Abbildung 23: Abwassernetze und -leitungen (größer DN 800 in Rot).....	30
Abbildung 24: Standorte der Wärmeerzeuger, die in ein Wärmenetz einspeisen (Quelle: Angaben der Netzbetreiber).....	31
Abbildung 25: Baublockbezogene Darstellung der Wärmeverbrauchsdichten in MWh/(ha·a).....	35
Abbildung 26: Straßenabschnittsbezogene Darstellung der Wärmelinienindichten in Kilowattstunden pro Meter und Jahr .....	36
Abbildung 27: Wärmeeinwendungen und Treiber des Sektors Haushalte (links), des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD, rechts) und Industrie (rechts).....	37
Abbildung 28: Wärmebedarfsreduktion von 2022 bis 2045 differenziert nach Sektoren (HH: Haushalte; AME: Öffentliche Gebäude; GHD: Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) .....	39
Abbildung 29: Hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung für das geplante Gebiet.....	40
Abbildung 30: Positivauswahl (links) und Ausschlussgebiete (rechts) für die Suche nach geeigneten Flächen für Erdwärmesondenfelder in der Stadt Vellmar .....	41

Abbildung 31: Links: Überlagerung von Positivauswahl, Eignung mit Einschränkung und Ausschlussgebieten. Rechts: Flächen für Sondenfelder nach Verschneidung ....	42
Abbildung 32: Flächen für Erdwärmesondenfelder in der Stadt Vellmar nach Art der Fläche in Hektar .....	42
Abbildung 33: HLNUG-Planungskarte zur Nutzung des Untergrunds und zu möglichen Risiken (orange: vermutlich erhöhter geothermischer Gradient, Temperatur in Thermalwasseraufstiegsgebieten in 3 000 m Tiefe 110 bis 120 °C .....	44
Abbildung 34: Auszug aus GeotIS mit Darstellung der untersuchungswürdigen Gebiete für Geothermie.....	44
Abbildung 35: Mögliche Aufstellgebiete in Vellmar für Luft-Wasser-Großwärmepumpen unter Einhaltung der Schallimmissionsvorgaben, dargestellt für drei verschiedene Schallemissionspegel. ....	47
Abbildung 36: Potenzielle Flächen für Freiflächen-Solarthermieanlagen oder Photovoltaik.....	49
Abbildung 37: Thermische und elektrische Leistung sowie Anzahl der KWK-Anlagen nach Marktstammdatenregister .....	53
Abbildung 38: Stromerzeugende Anlagen aus Marktstammdatenregister nach elektrischer Leistung für Vellmar .....	54
Abbildung 39: Stromerzeugende Anlagen mit und ohne Wärmeauskopplung aus Marktstammdatenregister nach thermischer Nutzleistung .....	55
Abbildung 40: Zusammenhang zwischen Leistung und Normdurchmesser für Hausanschlussleitungen.....	61
Abbildung 41: Kostenannahmen der Hausanschlussleitungen in Abhängigkeit der Nennweite .....	61
Abbildung 42: Kostenannahmen für Hausanschlussstationen in Abhängigkeit der Anschlussleistung .....	62
Abbildung 43: Zusammenhang zwischen Wärmelinienendichte und spezifischen Kosten für die Wärmenetz-Trasse.....	62
Abbildung 44: Wärmegestehungskosten bei angenommenen 90 €/MWh Erzeugungskosten .....	63
Abbildung 45: Netto-Wärmegestehungskosten für eine Heizleistung von 12 kW für dezentrale Wärmeerzeugungstechnologien.....	66
Abbildung 46: Anteile der Wärmeerzeuger an der Wärmeerzeugung aller Varianten ..	69

Abbildung 47: Simulationsergebnis Variante 1; Jahresverlauf der Wärmeerzeugung .	70
Abbildung 48: Simulationsergebnis Variante 2; Jahresverlauf der Wärmeerzeugung .	71
Abbildung 49: Simulationsergebnis Variante 3; Jahresverlauf der Wärmeerzeugung .	71
Abbildung 50: Simulationsergebnis Variante 4; Jahresverlauf der Wärmeerzeugung	72
Abbildung 51: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung; Wärmegestehungspreis der verschiedenen Varianten .....	74
Abbildung 52: Kumulierte Treibhausgasemissionen zwischen 2025 und 2045 bei unterschiedlichen Wärmeerzeugungsvarianten .....	76
Abbildung 53: Wärmeabsatz im Wärmenetz im Zeitverlauf .....	77
Abbildung 54: Zu- und Abbau von Wärmeerzeugungsleistung im Zeitverlauf .....	78
Abbildung 55: Wärmeerzeugung für das potenzielle Nahwärmenetz in Vellmar-West	79
Abbildung 56: Wärmegestehungskosten für das potenzielle Wärmenetz in Vellmar-West .....	81
Abbildung 57: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit Wärmenetzen nach Baublöcken im Zielszenario gemäß § 19 WPG .....	84
Abbildung 58: Zusammenhang zwischen der Schalleistung von L/W-Wärmepumpen und der Heizleistung, basierend auf Datenblattwerten aus der GET-Produktdatenbank (Amt der Salzburger Landesregierung - Lebensgrundlagen und Energie, 2023). .....	85
Abbildung 59: Mindestabstand zwischen L/W-WP und Nachbargebäuden zur Einhaltung der Schallimmissionsvorgaben über dem Schalleistungsdruck der Wärmepumpe .....	86
Abbildung 60: (links) Bestimmung des potenziellen Aufstellgebiets der L/W-Wärmepumpe unter Berücksichtigung der Mindestabstände und unter Einhaltung der Schallimmissionsgrenzwerte; (rechts) Ausschnitt aus dem Wärmetlas mit möglichen Installationsorten der L/W-Wärmepumpe bei aktuellem Gebäudezustand (violett) sowie im Sanierungsfall (grün).....	87
Abbildung 61: Anteil des Wärmebedarfs, der mit und ohne Sanierung über L/W-Wärmepumpen gedeckt werden kann .....	88
Abbildung 62: Mögliche Deckungsanteile durch dezentrale L/W-Wärmepumpen in den Baublöcken beim heutigen Wärmebedarf .....	89

Abbildung 63: Mögliche Deckungsanteile des Wärmebedarfs durch dezentrale L/W-Wärmepumpen in den Baublöcken von Vellmar bei Berücksichtigung einer Sanierung mit einer Reduktion auf mindestens 50 % des heutigen Wärmebedarfs .....	89
Abbildung 64: Fließschema zur Ermittlung des Potenzials für oberflächennahe Geothermie mit S/W-WP und EWS für Einzelgebäude .....	90
Abbildung 65: Darstellung der Platzierung von EWS auf den Grundstücken eines Beispielgebiets: Platzierungsbereich auf den Grundstücken (hellgrün); Sondenstandorte (blaue Punkte) .....	91
Abbildung 66: Spezifische Entzugsleistung nach Sondenanzahl für unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten, berechnet mit GEO-HANDlight für die Vor-Ort-Untergrundeigenschaften in Vellmar mit Wasser und Frostschutzmittel als Fluid .....	92
Abbildung 67: Bohrungen im Stadtgebiet Vellmar mit gemittelter Wärmeleitfähigkeit über 100 m Bohrtiefe aus HLNUG (2025). .....	93
Abbildung 68: Mögliche Deckungsanteile durch dezentrale S/W-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden in den Baublöcken bei heutigem Wärmebedarf. ....	94
Abbildung 69: Anteil des Wärmebedarfs, der mit und ohne Sanierung durch S/W-WP mit Erdwärmesonden gedeckt werden kann .....	95
Abbildung 70: Mögliche Deckungsanteile durch dezentrale S/W-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden in den Baublöcken bei Berücksichtigung einer Sanierung auf mindestens 50 % des heutigen Wärmebedarfs .....	96
Abbildung 71: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Wärmepumpen nach Baublöcken im Zielszenario gemäß § 19 WPG .....	98
Abbildung 72: Spezifische THG-Emissionen bis 2045 für Energieträger zur dezentralen Wärmeerzeugung .....	101
Abbildung 73: Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete gemäß § 18 WPG .....	103
Abbildung 74: Entwicklung der Wärmebedarfsdeckung für das geplante Gebiet bis 2045 .....	105
Abbildung 75: Spezifische Treibhausgasemissionen der Energieträger bis 2045 inkl. Vorkettenemissionen .....	106
Abbildung 76: Verlauf der Treibhausgasemissionen für das geplante Gebiet bis 2045 inkl. Vorkettenemissionen .....	107
Abbildung 77: Kriterien für Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial .....	110

Abbildung 78: Relatives Energieeinsparpotenzial in statistischen Baublöcken .....	112
Abbildung 79: Entwicklung elektrischer Lastgänge zur Deckung des Strombedarfs für die Betrachtungszeitpunkte 2030 bis 2045.....	113
Abbildung 80: Impressionen aus der Bürgerinformationsveranstaltung in Vellmar am 2.4.2025 .....	114
Abbildung 81: Impressionen aus der Bürgerinformationsveranstaltung vom 30.10.2025 .....	115

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erhobene Daten auf Grundlage der Anlage 1 WPG (zu § 15) .....	11
Tabelle 2: Aktueller jährlicher Endenergiebedarf (2022) für Wärme in Gigawattstunden (GWh/a) nach Energieträgern und Endenergiesektoren .....	13
Tabelle 3: Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme, aufgeschlüsselt nach Energieträgern und der Wärmeversorgungsart in dezentraler oder netzgebundener Versorgung .....	13
Tabelle 4: Anzahl und Art dezentraler Wärmeerzeuger einschließlich Hausübergabestationen (Wärmenetz) im Bestandsjahr 2022 .....	18
Tabelle 5: Daten zu Wärmepumpen und Heizstromanlagen.....	23
Tabelle 6: Anzahl von Gebäuden je Gebäudetyp für Vellmar.....	24
Tabelle 7: Daten zu den Wärmenetzen in Vellmar.....	26
Tabelle 8: Strukturdaten des Gasversorgungsnetzes in Vellmar .....	29
Tabelle 9: Wärmeerzeuger mit Einspeisung in ein Wärmenetz (Quelle: Angaben der Netzbetreiber).....	31
Tabelle 10: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019). .....	34
Tabelle 11: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmelinien-dichte (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019). .....	35
Tabelle 12: Studien zur Wärmebedarfsentwicklung bezüglich der Sanierungseffizienz .....	38
Tabelle 13: Wärmebedarfsreduktion bis zu den Betrachtungszeitpunkten nach Sektoren in Prozent.....	38
Tabelle 14: Freiflächenfindung für zentrale oberflächennahe Geothermie: Zuordnung der Flächenkategorien .....	41
Tabelle 15: Mindestabstände zu Schutzobjekten in Metern nach Schalleistungspegel der Wärmepumpe gemäß Leitfaden Schall sowie Immissionsgrenzen Nacht nach der TA-Lärm .....	46
Tabelle 16: Theoretisches Potenzial Solarthermie .....	50
Tabelle 17: Theoretisches Potenzial Photovoltaik .....	51

Tabelle 18: Biomassepotenziale des Landkreises Kassel .....	52
Tabelle 19: Potenziale für erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme .....	57
Tabelle 20: Kenngrößen für Netzausbauvarianten.....	59
Tabelle 21: Kenngrößen für Verdichtung .....	59
Tabelle 22: Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Ausbauvarianten .....	60
Tabelle 23: Ergebnisse der Kostenkalkulation der Netzausbauszenarien.....	63
Tabelle 24: Annahmen für Förderung des Heizungstauschs nach BEG, Stand 1.12.2025 .....	65
Tabelle 25: Zusammenfassung der vorläufigen Wirtschaftlichkeit nach Betrachtung der Ausbauvarianten .....	68
Tabelle 26: Zusammenfassung der Erzeugerauslegung für vier Varianten mit Kennwerten .....	69
Tabelle 27: Investitionskosten netto, Fördersumme und Anschlusskostenbeitrag für die Wärmeerzeugungsvarianten.....	73
Tabelle 28: Wärmebedarf für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 für ein potenzielles Wärmenetz im Stadtteil Vellmar-West bei einer angenommenen Anschlussrate von 60 % .....	79
Tabelle 29: Auslegungsgrößen für betrachtetes Inselnetz in Vellmar-West.....	80
Tabelle 30: Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG .....	83
Tabelle 31: Parameter zur Berechnung des notwendigen Mindestabstands zur Einhaltung der Immissionsschutzvorgaben .....	85
Tabelle 32: Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für die Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen gemäß § 19 WPG.....	98
Tabelle 33: Indikatoren für das Zielszenario und die Betrachtungsjahre 2030, 2035 und 2040 .....	108
Tabelle 34: Auswirkungen des Zielszenarios auf das Stromnetz, Zahlen für die Betrachtungszeitpunkte 2030 bis 2045 .....	113

## Literaturverzeichnis

- BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. *VNBdigital*. 2. 4 2025. <https://www.vnbdigital.de/> (Zugriff am 12. 03. 2025).
- BDI - Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. „Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft.“ 21. 10. 2021. <https://bdi.eu/de/publications/klimapfade-2-0-ein-wirtschaftsprogramm-fuer-klima-und-zukunft> (Zugriff am 06.10.2024).
- BfEE - Bundesstelle für Energieeffizienz. *Plattform für Abwärme*. 2024. [https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform\\_fuer\\_Abwaerme/plattform\\_fuer\\_abwaerme\\_node.html](https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html) (Zugriff am 20. 05. 2025).
- BMI - Bundesministerium des Innern. *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm)*. 31. 03 2025.
- BMWK - Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. „Technikkatalog Wärmeplanung.“ August 2024.
- Bundesnetzagentur. „Genehmigung eines Wasserstoff-Kernnetzes.“ Oktober 2024. [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/\\_DL/Genehmigung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/_DL/Genehmigung.pdf?__blob=publicationFile&v=6).
- BWP - Bundesverband Wärmepumpe e. V. „Leitfaden Schall.“ Februar 2023. [https://www.waermepumpe.de/verband/publikationen/fachpublikationen/?tx\\_bwppageflip\\_pi1%5Baction%5D=show&tx\\_bwppageflip\\_pi1%5Bbook%5D=92&tx\\_bwppageflip\\_pi1%5Bcontroller%5D=Book&type=1107386203&cHash=0a38f37683115adf2d7ec3a65db2ae3f#27](https://www.waermepumpe.de/verband/publikationen/fachpublikationen/?tx_bwppageflip_pi1%5Baction%5D=show&tx_bwppageflip_pi1%5Bbook%5D=92&tx_bwppageflip_pi1%5Bcontroller%5D=Book&type=1107386203&cHash=0a38f37683115adf2d7ec3a65db2ae3f#27) (Zugriff am 04.05.2024).
- C.A.R.M.E.N. e. V - Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk. *Marktpreisvergleich Preisentwicklung bei Heizöl, Erdgas, Holzpellets und Hackschnitzel*. Oktober 2023. <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreisvergleich/> (Zugriff am 23. 05. 2025).
- C.A.R.M.E.N. e. V. - Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk . „Freiflächen-Photovoltaikanlagen.“ März 2023. [https://www.carmen-ev.de/wp-content/uploads/2025/05/Leitfaden\\_Freiflaechenanlagen.pdf](https://www.carmen-ev.de/wp-content/uploads/2025/05/Leitfaden_Freiflaechenanlagen.pdf).
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. „DWA-Regelwerk Merkblatt DWA-M 114. Abwasserwärmenutzung.“ Hennef: DWA, April 2020.

- Greif, Simon. „Räumlich hoch aufgelöste Analyse des technischen Potenzials von Wärmepumpen zur dezentralen Wärmeversorgung der Wohngebäude in Deutschland.“ München: TUM, 2023.
- Hessisches Statistisches Landesamt. *statistik.hessen.de*. Mai 2023.  
<https://statistik.hessen.de/presse/79-prozent-der-hessischen-haushalte-heizen-mit-gas-oder-oel> (Zugriff am 02. 09. 2025).
- HLNUG - Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. *Geologie Viewer*. 2025. <https://www.hlnug.de/themen/geologie/erdwaerme-geothermie> (Zugriff am 13. 06. 2025).
- Hochschule Biberach. „GEO-HANDlight V5.0 - Auslegung von Erdwärmesondenanlagen.“ 2022. <https://innosued.de/energie/geothermie-software-2/> (Zugriff am 17. 01. 2025).
- Ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. „EnEff: Wärme - netzgebundene Nutzung industrieller Abwärme (NENIA).“ Blömer et al. Januar 2019.  
[https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Schlussbericht\\_EnEffW%C3%A4rme-NENIA.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Schlussbericht_EnEffW%C3%A4rme-NENIA.pdf).
- ISE - Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme. „Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende.“ Juni 2025.  
<https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/agri-photovoltaik-chance-fuer-landwirtschaft-und-energiewende.html>.
- IWU - Institut Wohnen und Umwelt GmbH. „Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden.“ 10. 02. 2015.  
[https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/episcopes/2015\\_IWU\\_LogaEtAl\\_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/episcopes/2015_IWU_LogaEtAl_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf).
- LEA - LandesEnergieAgentur Hessen. „Leitfaden zur Planung und Errichtung von Wärmenetze. Perspektiven für die Wärmewende.“ 23. 04. 2025.  
[https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2025/4427\\_LEA\\_LeitfadenWarmentze\\_BF\\_070425.pdf](https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2025/4427_LEA_LeitfadenWarmentze_BF_070425.pdf).
- Miocic, Johannes M. et.al. „Fast calculation of the technical shallow geothermal energy potential of large areas with a steady-state solution of the finite line source.“ *Geothermics*, Nr. 116 (2024).
- Statistisches Bundesamt. *Zensus22*. 20. 11. 2025.  
<https://ergebnisse.zensus2022.de/datenbank/online/statistic/3000G/table/3000G-1009/table->

toolbar#filter=JTdCJTlyaGikZUVtcHR5Q29scyUyMiUzQWZhbHNIJTJDJTlyaGikZUVtcHR5Um93cyUyMiUzQWZhbHNIJTJDJTlyY2FwdGlvbiUyMiUzQSU1QiU3QiUyMnZhcmlhYmxlSWQIMjIIM0EIMjIzMDAwRyU (Zugriff am 6. 10 2025).

Universität Kassel. „Impulspapier Solarthermie - Solare Nahwärme.“ Herausgeber: LEA - LandesEnergieAgentur Hessen GmbH. Januar 2022.  
[https://www.solare-prozesswärme.info/wp-content/uploads/2022/06/LEA\\_ImpulspapierSolarthermie-SolareNahwarme.pdf?x88189](https://www.solare-prozesswärme.info/wp-content/uploads/2022/06/LEA_ImpulspapierSolarthermie-SolareNahwarme.pdf?x88189).

VDI - Verein Deutscher Ingenieure e. V. . „VDI 4640 Blatt 2 - Thermische Nutzung des Untergrunds - Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen.“ Düsseldorf, 2019.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure. „VDI 2067 Blatt 1 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung.“ Düsseldorf, 2012.

**Dieser Bericht wurde erstellt von:**

Qoncept Energy GmbH  
Universitätsplatz 12  
34127 Kassel  
[www.qoncept-energy.de](http://www.qoncept-energy.de)  
[info@qoncept-energy.de](mailto:info@qoncept-energy.de)

**Im Auftrag von:**

Stadt Vellmar  
Der Magistrat  
Rathausplatz 1  
34246 Vellmar

Kassel, im Januar 2026