

herzo



STADT  
HERZOGENAURACH

zeitgeist  
engineering



©Kubick

# Kommunale Wärmeplanung der Stadt Herzogenaurach



**Auftraggeberin:**



STADT  
HERZOGENAURACH

Stadt Herzogenaurach

Marktplatz 11

91074 Herzogenaurach

Ansprechperson: Frau Dr. Mignon Ramsbeck-Ullmann

Klimaschutzbeauftragte

Kontakt: [umwelt@herzogenaurach.de](mailto:umwelt@herzogenaurach.de)

Telefon: +49 (0) 9132 / 901-246

**Auftragnehmerin:**



zeitgeist engineering gmbh

Äußere Sulzbacher Straße 29

90491 Nürnberg

Ansprechpersonen: Katharina Will & Christian Raab

Kontakt: [christian.raab@ib-zeitgeist.de](mailto:christian.raab@ib-zeitgeist.de)

Telefon: +49 (0) 911 21707 402

Förderkennzeichen: 67K27403

Bewilligungszeitraum: 01.09.2024 - 31.03.2026

Projektstart: 16.04.2025

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## 1 Zusammenfassung

Die **kommunale Wärmeplanung** ist ein informelles Planungsinstrument der Kommune zur Gestaltung der langfristigen Wärmeversorgung. Sie soll als Grundlage für weitere Schritte wie z.B. Machbarkeitsstudien oder energetische Quartierskonzepte dienen. Inhalt der Wärmeplanung ist eine Bestands- und Potenzialanalyse des Sektors Wärme, die Einteilung der Gemeinde in Wärmeversorgungsgebiete, ein schrittweises Aufzeigen des Pfades hin zum Ziel der Klimaneutralität 2040 sowie die Skizzierung von ersten Umsetzungsmaßnahmen, welche der Wärmeplanung folgen sollen, einschließlich der Betrachtung von zwei Fokusgebieten.

Um Zeit und Kapazitäten zu sparen, wird den oben genannten Punkten eine **Eignungsprüfung** von Teilgebieten außerhalb der Kernstadt vorangestellt. Hierbei wird untersucht, ob eine leitungsgebundene Wärmeversorgung (mittels Wärme-, Biomethan- oder Wasserstoffnetz) anhand von ersten Abschätzungen der Bedarfe und Potenziale von vornherein ausgeschlossen werden kann. Gegebenenfalls wird für diese Gebiete eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt. Die Kernstadt mit dem Stadtteil Niederndorf und der Herzo Base sowie die außenliegenden Ortsteile Haundorf, Hauptendorf, Steinbach und Zweifelsheim werden einer erweiterten Wärmeplanung unterzogen. Die übrigen außenliegenden Ortsteile werden aufgrund fehlender Potenziale und Bedarf als Gebiete mit ausschließlich dezentraler Wärmeversorgung ausgewiesen.

In der **Bestandsanalyse** im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wird die aktuelle Situation in der Wärme- und Stromversorgung aufgezeigt. Dazu wird die Flächennutzung sowie Siedlungsstruktur, die bestehenden Energieversorgungsanlagen und -netze und die Verteilung der Wärmeerzeuger analysiert. Darauf basierend wird eine Energie- und Treibhausgasbilanz erstellt. Das bebaute Gebiet umfasst circa 24 Prozent der Stadtfläche. Die Mehrheit der Wohnbebauung stammt aus der Zeit ab den 1950er Jahren. Die Stromerzeugung vor Ort erfolgt durch ca. 2.000 PV-Anlagen (meist kleiner als 100 kWp) mit ca. 29.800 MWh pro Jahr, zwei Windenergieanlagen mit ca. 4.700 MWh/a sowie durch mehrere fossil oder mit Biomethan betriebene KWK-Anlagen, die ca. 89.500 MWh pro Jahr erzeugen. Darüber hinaus existieren weitere kleine Stromerzeugungsanlagen (wie z.B. Wasserkraftanlagen). Das Gasnetz umfasst den ganzen Kernort inklusive der Stadtteile Niederndorf und der Herzo Base sowie die außenliegenden Ortsteile Haundorf, Hauptendorf und Steinbach. Im Innenstadtgebiet existiert ein mit Biomasse und Erdgas betriebenes Wärmenetz, in Zweifelsheim ein kleines Nahwärmenetz. Im Bereich Wohnen & Kleinverbraucher stammt 77 Prozent der erzeugten Energiemenge für Raumwärme und Warmwasser aus Erdgas und Heizöl, 12 Prozent aus Biomasse. Bei Industrie & Großgewerbe wird 81 Prozent der Wärme (inklusive Prozesswärme) durch die Verbrennung von Erdgas gewonnen, 17 Prozent der Energie wird aus dem Wärmenetz bereitgestellt. Raumwärme und Warmwasser zur Versorgung von Öffentlichen Einrichtungen wird zu 76 Prozent aus Erdgas erzeugt, 19 Prozent stammen aus dem Wärmenetz. 79 Prozent des Strombezugs aus dem Stromnetz ist auf den Bereich Industrie & Großgewerbe zurückzuführen, 19 Prozent auf Wohnen & Kleinverbraucher und 3 Prozent auf die Öffentlichen Einrichtungen. Insgesamt summiert sich der thermische Endenergieverbrauch aller Verbrauchergruppen im Stadtgebiet auf circa 354.200 MWh pro Jahr; der elektrische Endenergieverbrauch, bezogen aus dem Stromnetz, auf 157.200 MWh pro Jahr. Dies entspricht einem Ausstoß von 104.700 bzw. 70.600 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Jahr.

In der **Potenzialanalyse** im Zuge der Kommunalen Wärmeplanung werden die möglichen Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Wärme und erneuerbaren Stroms aufgezeigt. Dazu werden zuerst Ausschlussgebiete für die Nutzung erneuerbarer Energieanlagen identifiziert und das Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet. Danach werden alle möglichen Potenziale für erneuerbare Erzeugung in den Sektoren Wärme und Strom ermittelt.

Entlang des Flusses Mittlere Aurach sind Überschwemmungsgebiete vorhanden. Es sind einige größere Landschaftsschutzgebiete sowie ein Trinkwasserschutzgebiet im Westen der Kernstadt vorhanden. Die Altstadt ist sowohl ein Ensemble- als auch ein Bodendenkmal und viele Gebäude stellen Baudenkmäler dar. Die Betrachtung des Energieeinsparpotenzials durch Sanierung ergibt bei der Mehrheit der Baublöcke Werte von über 20 Prozent. Als mögliche Quellen erneuerbarer Wärme werden unter anderem die Potenziale von Biomasse, oberflächennaher Geothermie, Solarthermie, Außenluft, Abwärme und Umweltwärme (Luft und Gewässer) betrachtet. Insgesamt ergibt sich ein ungenutztes Potenzial von 484.000 MWh pro Jahr, wobei das Potenzial der Umweltwärme nicht komplett quantifizierbar ist und somit noch zusätzlich zur Verfügung steht. Das ungenutzte Potenzial von Photovoltaik, Wind und KWK zur Erzeugung erneuerbaren Stroms im Stadtgebiet beläuft sich auf 260.800 MWh<sub>el</sub> pro Jahr.

Eine **Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse ergibt**, dass die Potenziale an erneuerbarer Wärme größer sind als die aktuellen Verbräuche auf dem Stadtgebiet. Hierbei ist zu beachten, dass es sich lediglich um Energiemengen handelt. Parameter wie Temperatur und Verfügbarkeit der Energiequellen müssen zusätzlich betrachtet werden. Im Bereich Strom übersteigt das Potenzial ebenfalls den aktuellen Verbrauch, es handelt sich auch hier um eine bilanzielle Betrachtung.

Auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse wird die Stadt Herzogenaurach hinsichtlich der **Eignung** verschiedener **Wärmeversorgungsgebiete** untersucht, wobei für alle Baublöcke die Wahrscheinlichkeit einer Eignung für die Versorgung durch ein Wärmenetz, eine dezentrale Wärmeversorgung sowie eine Wasserstoffnetzeignung bewertet wird; eine Biometanetznutzung konnte dabei nicht untersucht werden (davon ausgenommen ist eine Biometanbeimischung ins bestehende Erdgasnetz). Eine Wärmenetzeignung besteht in weiten Teilen der Kernstadt, der Herzo Base und Hauptendorf. Eine dezentrale Wärmeversorgung ist grundsätzlich in allen Gebieten und Gebäuden möglich, wenngleich die Altstadt und einige Industriegebiete eine geringere Eignung aufweisen als die anderen Baublöcke. Die Herzo Werke GmbH hat die Stadt hinsichtlich Wasserstoffnetzeignung untersucht und entsprechend Gebiete in der Kernstadt, Hauptendorf und Steinbach sowie das Industriegebiet Kuhwasen ausgewiesen.

Eine beispielhafte zukünftige Versorgung wird für ein dezentrales im außenliegenden Ortsteil Hammerbach und für ein Gebiet mit Wärmenetzeignung in Niederndorf im Rahmen zweier **Fokusgebiete** dargestellt. In **Niederndorf** wird ein Wärmenetz mit Fokus auf das Schulareal und die umliegende Wohnbebauung weiter untersucht. Eine Versorgung mittels Luft- und Erdwärme mit Wärmepumpe und Spitzenlast Biomethan werden geprüft. Nach ersten groben Berechnungen liegen die Verbraucherpreise um die 19,7 ct pro kWh netto und damit im wirtschaftlich konkurrenzfähigen Rahmen. Im zweiten Fokusgebiet wird das dezentrale Wärmeversorgungsgebiet **Hammerbach** auf eine mögliche Umstellung hin zur klimaneutralen Wärmeversorgung untersucht. Hierbei werden die ungefähren Gesamtkosten der

Heizungsumstellung und die Wärmegestehungskosten verschiedener dezentraler Heizungs-technologien aufgezeigt. Insgesamt kumulieren sich die Kosten des Heizungstausches im Gebiet mit circa 270 Gebäuden auf ungefähr 11,6 Mio. €. Unter Einhaltung der Potenziale wird zudem die Energieträgerverteilung und die dadurch emittierten Treibhausgasemissionen in dem Stadtgebiet bis zum Zieljahr 2040 aufgezeigt. Mit 18,2 ct/kWh netto weist die Luft-Wärmepumpe die geringsten spezifischen Wärmegestehungskosten auf, gefolgt vom Pelletkessel mit 21,8 ct/kWh.

Im Kapitel des **Zielszenarios** werden vier unterschiedliche Entwicklungspfade der Energieträgerverteilung im Wärmesektor bis zum Jahr 2040 untersucht und gegenübergestellt. Zunächst wird ein Szenario unter der Annahme erstellt, dass ab 2035 Wasserstoff in ausreichenden Mengen und zu konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung steht, was die Umstellung des städtischen Gasnetzes zur Folge hat. Anschließend wird ein Alternativszenario untersucht, bei dem Wasserstoff nur für Prozesswärmeerzeugung und für die Spitzenlast in der Fernwärme genutzt werden kann. Aus diesen beiden Szenarien ergeben sich jeweils unterschiedliche Wärmeversorgungsgebiete für die Stadt. Eine Energie- und Treibhausgasbilanz der Jahre 2030, 2035 und 2040 zeigt auf, wie sich die benötigten Energiemengen, die eingesetzten Energieträger und dadurch verursachten Emissionen in den einzelnen Verbrauchergruppen bis zum Zieljahr entwickeln können. Ergänzend werden in separaten Kapiteln die zukünftige Entwicklung der Fernwärme sowie des Gas- und Stromnetzes diskutiert.

In einem separaten **Maßnahmenkatalog** werden der Stadt Herzogenaurach aufbauend auf den Erkenntnissen der kommunalen Wärmeplanung insgesamt 15 Maßnahmen vorgeschlagen, die im Anschluss an die Wärmeplanung angestoßen werden sollten. Die Maßnahmen umfassen unter anderem Vorschläge zum Ausbau und zur Erweiterung von Wärmenetzen, zur energetischen Sanierung sowie strategische und organisatorische Handlungsansätze, die jeweils in Form von Steckbriefen näher erläutert werden.

Darüber hinaus werden für die Stadt Herzogenaurach in einem separaten Bericht **strategische Maßnahmen** erarbeitet, die den gezielten Einsatz des kommunalen Wärmeplans unterstützen. Mithilfe einer Verstetigungsstrategie, eines Controlling-Konzepts sowie einer Kommunikationsstrategie wird aufgezeigt, wie der Wärmeplan innerhalb der Kommune zur Umsetzung und Bewertung der empfohlenen Maßnahmen genutzt werden kann. Spätestens nach fünf Jahren ist eine Fortschreibung des Wärmeplans erforderlich.

## Inhalt

1	Zusammenfassung.....	3
2	Ergänzende Anmerkung zum Stand des Gebäudeenergiegesetzes im März 2026.....	15
3	Eignungsprüfung .....	16
3.1	Ausgangslage .....	16
3.1.1	Gesetzliche Vorgaben .....	16
3.1.2	Einordnung Rolle des Energieträgers Wasserstoff .....	16
3.1.3	Prüfgebiete.....	17
3.1.4	Einteilungskriterien .....	18
3.2	Ergebnis Eignungsprüfung .....	19
3.2.1	Wärmebedarfsdichte und Potenziale.....	19
3.2.2	Ergebnisse Eignungsprüfung .....	21
3.3	Weiteres Vorgehen .....	22
3.3.1	Erweiterte Wärmeplanung .....	22
3.3.2	Verkürzte Wärmeplanung.....	23
3.4	Zukünftige Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung.....	23
3.4.1	Energetische Sanierung .....	23
3.4.2	Erfüllungsoptionen der 65-Prozent-Regelung nach GEG .....	23
3.4.3	Potenziale für dezentrale Wärmeversorgung.....	24
4	Bestandsanalyse .....	31
4.1	Datengrundlagen und Verbrauchergruppen .....	31
4.1.1	Datengrundlagen.....	31
4.1.2	Verbrauchergruppen .....	31
4.2	Flächennutzung und Siedlungsstruktur .....	32
4.2.1	Flächennutzung.....	32
4.2.2	Siedlungsstruktur .....	33
4.3	Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze .....	36
4.3.1	Energieerzeugungsanlagen.....	36
4.3.2	Analyse dezentraler Wärmeerzeuger .....	40
4.3.3	Versorgungsnetze der Wärmeversorgung .....	43
4.3.4	Stromversorgungsnetze .....	44
4.3.5	Abwasserkanalnetz .....	45
4.4	Energiebilanz Wärme.....	46
4.4.1	Methodik Energiebilanz des IST-Zustands .....	46

4.4.2	Wohnen & Kleinverbraucher.....	50
4.4.3	Industrie & Großgewerbe .....	51
4.4.4	Öffentliche Einrichtungen .....	52
4.4.5	Zusammenfassung Energiebilanz Wärme .....	54
4.5	Wärmebedarf auf Baublockebene .....	55
4.5.1	Absoluter Wärmebedarf .....	56
4.5.2	Wärmebedarf pro Baublockfläche .....	57
4.5.3	Wärmelinienindichte.....	58
4.6	Energiebilanz Strombezug .....	59
4.6.1	Methodik .....	59
4.6.2	Zusammenfassung Energiebilanz Stromverbrauch .....	60
4.7	Treibhausgasbilanz Wärme und Strom .....	61
5	Potenzialanalyse .....	65
5.1	Datengrundlage .....	65
5.2	Schutzgebiete und Denkmalschutz .....	65
5.2.1	Schutzgebiete .....	65
5.2.2	Denkmalschutz.....	66
5.3	Energieeinsparpotenzial durch Sanierung.....	67
5.3.1	Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden.....	67
5.3.2	Effizienzsteigerung in industriellen Prozessen.....	69
5.4	Potenziale erneuerbarer Wärme .....	70
5.4.1	Umweltwärme .....	70
5.4.2	Oberflächennahe Geothermie .....	75
5.4.3	Solarthermie.....	81
5.4.4	Biomasse .....	83
5.4.5	Abwärme.....	91
5.4.6	Zentrale Wärmespeicher .....	92
5.4.7	Sonstige .....	93
5.4.8	Zusammenfassung Potenzial erneuerbare Wärme.....	95
5.5	Potenziale erneuerbarer Strom .....	96
5.5.1	Photovoltaik .....	96
5.5.2	Windenergie .....	99
5.5.3	KWK-Anlagen .....	100
5.5.4	Sonstige .....	100
5.5.5	Zusammenfassung Potenzial Strom.....	100

6	Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse .....	102
7	Wärmeversorgungsgebiete .....	103
7.1	Wärmenetzeignung .....	104
7.1.1	Kriterien Wärmenetzeignung .....	104
7.1.2	Ergebnis Wärmenetzeignung .....	105
7.2	Eignung dezentrale Wärmeversorgung .....	106
7.2.1	Kriterien dezentrale Wärmeversorgung .....	106
7.2.2	Ergebnis dezentrale Wärmeversorgung .....	107
7.3	Biomethanetzeignung .....	108
7.4	Wasserstoffnetzeignung .....	108
7.4.1	Kriterien Wasserstoffnetzeignung .....	108
7.4.2	Ergebnis Wasserstoffnetzeignung .....	109
8	Fokusgebiet Niederndorf .....	114
8.1	Ausgangssituation .....	114
8.1.1	Auslegung Wärmenetz .....	116
8.1.2	Annahmen Berechnung .....	118
8.1.3	Ergebnisse Simulation Wärmenetz .....	119
8.2	Alternative Wärmeversorgung .....	121
9	Dezentrales Fokusgebiet Hammerbach .....	122
9.1	Beschreibung der Bestandssituation .....	122
9.2	Entwicklung zur Treibhausgasneutralität bis 2040 .....	124
9.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines konkreten Versorgungsfalls .....	127
10	Zielszenario .....	130
10.1	Entwicklung des Wärmeverbrauchs .....	130
10.2	Entwicklung bestehendes Wärmenetz .....	132
10.3	Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial .....	132
10.4	Methodik Wärmeversorgung Zielszenario .....	133
10.5	Szenario 1 .....	135
10.5.1	Wärmeversorgungsgebiete 2040 .....	135
10.5.2	Wärmeverbrauch und Energieträgerverteilung bis 2040 .....	136
10.5.3	Energie- und Treibhausgasbilanz bis 2040 .....	139
10.5.4	Entwicklung Fernwärme .....	141
10.5.5	Gegenüberstellung Zielszenario und Potenzialanalyse .....	142
10.6	Szenario 2 .....	143
10.6.1	Wärmeversorgungsgebiete 2040 .....	143

10.6.2	Wärmeverbrauch und Energieträgerverteilung bis 2040 .....	145
10.6.3	Energie- und Treibhausgasbilanz 2040 .....	146
10.6.4	Entwicklung Fernwärme .....	147
10.6.5	Gegenüberstellung Zielszenario und Potenzialanalyse .....	148
10.7	Vergleich der Szenarien und Bestimmung des Zielszenarios .....	149
10.8	Entwicklung Erdgasnetz .....	149
10.9	Ausblick Strom .....	150
10.10	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beispielhafter dezentraler Versorgungsfälle .....	150
11	Umsetzungsstrategie und Maßnahmen .....	153
12	Literaturverzeichnis .....	159
13	Transparenz zu unterschiedlichen fachlichen Herangehensweisen und Einschätzungen im Planungsprozess .....	165
14	Hinweise .....	168

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wärmelinien dichte auf Baublockebene, konkrete Potenziale und bestehende Infrastruktur .....	20
Abbildung 2: Ergebnis der Eignungsprüfung.....	22
Abbildung 3: Erste Informationen zur potenziellen Nutzung von Geothermie am Beispiel Dondörflein [7].....	25
Abbildung 4: Nutzungsmöglichkeiten oberflächennaher Geothermie in den einzelnen Prüfgebieten .....	26
Abbildung 5: Dezentrales Potenzial Luft-Wärmepumpe.....	27
Abbildung 6: Absoluter Flächenbedarf und Potenzialfläche für die Bereitstellung fester Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen im Stadtgebiet Herzogenaurach [8] .....	29
Abbildung 7: Flächennutzung auf dem Stadtgebiet Herzogenaurach.....	33
Abbildung 8: Siedlungsentwicklung der Stadt Herzogenaurach .....	34
Abbildung 9: Baublöcke unterschieden nach Nutzungsarten .....	35
Abbildung 10: Baublöcke unterschieden nach überwiegendem Gebäudetyp .....	36
Abbildung 11: Standorte größerer Energieerzeugungsanlagen .....	37
Abbildung 12: Standorte größerer Energieerzeugungsanlagen .....	38
Abbildung 13: Elektrische Leistungen und Erträge nach Marktstammdatenregister .....	40
Abbildung 14: Auswertung Kaminkehrer-Daten Zentralheizungen .....	41
Abbildung 15: Auswertung der Kaminkehrer-Daten auf Baublockebene.....	42
Abbildung 16: Auswertung Zensus 2022 Wärmepumpen und Stromspeicherheizungen .....	43
Abbildung 17: Leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Baublöcken .....	44
Abbildung 18: Stromversorgungsnetze auf dem Stadtgebiet .....	45
Abbildung 19: Kanalnetz mit Durchmesser größer/ gleich 800 mm, Kläranlage und Abwasserbecken.....	46
Abbildung 20: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Wohnen & Kleinverbraucher ...	51
Abbildung 21: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie & Großgewerbe .....	52
Abbildung 22: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch der Öffentlichen Einrichtungen.....	53
Abbildung 23: Prozentualer Energieverbrauch für Heiz- und Prozesswärme.....	54
Abbildung 24: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen .....	54
Abbildung 25: Absoluter jährlicher Wärmebedarf .....	56
Abbildung 26: Absoluter jährlicher Wärmebedarf (Heatmap) ohne Einheit.....	57
Abbildung 27: Jährlicher Wärmebedarf pro Baublockfläche.....	58
Abbildung 28: Wärmelinien dichten in Herzogenaurach.....	59
Abbildung 29: Prozentualer Strombezug aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen .....	60
Abbildung 30: Endenergieverbrauch thermisch und elektrisch.....	63
Abbildung 31: CO <sub>2</sub> -Äquivalente resultierend aus dem Endenergieverbrauch.....	63
Abbildung 32: Schutzgebiete auf dem Stadtgebiet .....	66
Abbildung 33: Ensemble-, Boden- und Baudenkmäler .....	67
Abbildung 34: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung.....	68
Abbildung 35: Potenzial zur Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion Haushalte & Kleinverbraucher.....	69

Abbildung 36: Mögliche Standorte für Flusswärmepumpen .....	72
Abbildung 37: Potenzialanalyse Luftwärmepumpen für Wohngebäude und Kleinverbraucher.....	73
Abbildung 38: Potenzial Umweltwärme .....	75
Abbildung 39: Wärmequellen bebautes Gebiet in Herzogenaurach (mit Außenorten) .....	76
Abbildung 40: Deckungsgrad Geothermie auf bebautem Gebiet (Kernstadt und Außenorte von Herzogenaurach) .....	78
Abbildung 41: Potenzielle Geothermie-Freiflächen .....	79
Abbildung 42: Potenzial oberflächennaher Geothermie .....	81
Abbildung 43: Potenzielle Solarthermie-Freiflächen in näherer Umgebung von bebauten Gebieten .....	82
Abbildung 44: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen .....	83
Abbildung 45: Potenzial aus Biomasse. Aufgeteilt in Biogas und Energieholz .....	88
Abbildung 46: Holzeinschlag und Schadholzanteil [45].....	89
Abbildung 47: Potenzialanalyse Abwärme.....	92
Abbildung 48: Potenzielle Standorte zentraler Wärmespeicherung .....	93
Abbildung 49: Temperaturverteilung in 250 m unter NHN [7].....	95
Abbildung 50: Zusammenfassung Potenziale erneuerbarer Wärme .....	96
Abbildung 51: PV-Potenzialflächen im Stadtgebiet .....	98
Abbildung 52: Potenzielle Standorte Windenergieanlagen. ....	99
Abbildung 53: Zusammenfassung Potenzial Strom .....	101
Abbildung 54: Gegenüberstellung Verbrauch und Potenzial von Wärme und Strom.....	102
Abbildung 55: Schematische Darstellung der Kategorien und Kriterien .....	104
Abbildung 56: Eignung der Stadt für ein Wärmenetz .....	106
Abbildung 57: Eignung der Stadt für eine dezentrale Wärmeversorgung.....	108
Abbildung 58: Eignung der Stadt für ein Wasserstoffnetz.....	110
Abbildung 59: Mögliches Wärmenetz Niederndorf .....	115
Abbildung 60: Benötigte Wärmeleistung (einschl. Verluste) des Quartiers in kW mit Jahresdauerlinie.....	116
Abbildung 61: Schematische Darstellung der Energieflüsse mit dem Simulationstool nPro [52] .....	117
Abbildung 62: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger und Monat.....	120
Abbildung 63: Wärmebedarf und CO <sub>2</sub> -Äq. Emissionen für das Netzeignungsgebiet bis zum Zieljahr 2040. ....	121
Abbildung 64: Dezentrales Fokusgebiet Hammerbach .....	123
Abbildung 65: Anzahl verbauter Heizsysteme .....	124
Abbildung 66: Zusammensetzung des Erzeugungsmixes nach Heizungsanzahl bis 2040..	125
Abbildung 67: Wärmebedarfe (oben) und CO <sub>2</sub> -Emmissionen (unten) bis 2040.....	126
Abbildung 68: Vergleich spez. Nettowärmegestehungskosten für ausgewählte Wärmeversorgungsvarianten .....	129
Abbildung 69: Entwicklung des Wärmeverbrauchs mit 1,5 Prozent Sanierungsrate .....	131
Abbildung 70: Wärmebedarf auf Baublockebene für das Jahr 2040 .....	131
Abbildung 71: Gebiete mit erhöhten Energieeinsparpotenzial.....	133
Abbildung 72: Entwicklung des CO <sub>2</sub> -Preises (Non-ETS) [57].....	134
Abbildung 73: Wärmeversorgungsgebiete 2040 für das Zielszenario 1 .....	136

Abbildung 74: Zielszenario der Energieträgerverteilung private Haushalte & Kleingewerbe Szenario 1 .....	137
Abbildung 75: Zielszenario der Energieträgerverteilung Industrie & Großgewerbe Szenario 1.....	138
Abbildung 76: Zielszenario der Energieträgerverteilung Öffentliche Einrichtungen Szenario 1.....	139
Abbildung 77: Treibhausgasbilanz der Sektoren bis zum Jahr 2040 Szenario 1 .....	140
Abbildung 78: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen für das Jahr 2040 Szenario 1 .....	141
Abbildung 79: Entwicklung Fernwärme Szenario 1 .....	142
Abbildung 80: Wärmeversorgungsgebiete 2040 für das Zielszenario 2 .....	144
Abbildung 81: Zielszenario der Energieträgerverteilung private Haushalte & Kleingewerbe Szenario 2 .....	145
Abbildung 82: Zielszenario der Energieträgerverteilung Öffentliche Einrichtungen Szenario 2.....	146
Abbildung 83: Treibhausgasbilanz der Sektoren bis zum Jahr 2040 Szenario 2 .....	147
Abbildung 84: Ausbau Fernwärme Szenario 2.....	148
Abbildung 85: Vergleich Wärmegestehungskosten für verschiedene dezentrale Wärmeversorgungsvarianten .....	152

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prüfgebiete mit Nummerierung, Bezeichnung und Einwohnerzahl [2] .....	18
Tabelle 2: Prüfgebiete mit Nummerierung, Bezeichnung und Ergebnis der Eignungsprüfung .....	21
Tabelle 3: Erfüllungsoptionen 65-Prozent-Regelung nach GEG für dezentrale Heizungen ...	24
Tabelle 4: Datengrundlagen der Bestandsanalyse .....	31
Tabelle 5: Flächen nach Nutzungsart auf dem Stadtgebiet der Stadt Herzogenaurach .....	32
Tabelle 6: Therm. und elektr. Leistungen bzw. Energiemengen der Wärmenetze und Stromerzeugungsanlagen .....	39
Tabelle 7: Auswertung Kaminkehrer-Daten Zentralheizungen .....	41
Tabelle 8: Auswertung Kaminkehrer-Daten Einzelraumfeuerstätten .....	41
Tabelle 9: Angenommene Leistung der einzelnen Energieträger .....	48
Tabelle 10: Thermischer Endenergieverbrauch des Bereichs Wohnen & Kleinverbraucher .....	50
Tabelle 11: Thermischer Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe .....	51
Tabelle 12: Thermischer Endenergieverbrauch der öffentlichen Einrichtungen .....	52
Tabelle 13: Kennwerte der Energiebilanz Wärme .....	55
Tabelle 14: Strombezug aufgeteilt auf Verbrauchergruppen .....	60
Tabelle 15: Stromeinspeisung aufgeteilt auf Energieerzeuger .....	61
Tabelle 16: Kennwerte der Energiebilanz Strombezug .....	61
Tabelle 17: CO <sub>2</sub> -Äquivalente der Energieträger .....	62
Tabelle 18: Kennwerte der Treibhausgasbilanz .....	64
Tabelle 19: Datengrundlagen der Potenzialanalyse .....	65
Tabelle 20: Potenzial Umweltwärme .....	74
Tabelle 21: Potenzial Wärme oberflächennaher Geothermie .....	80
Tabelle 22: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen .....	82
Tabelle 23: Potenzialanalyse Biogas .....	84
Tabelle 24: Potenziale Energieholz (ohne Abzug aktueller Verbrauch) .....	87
Tabelle 25: Potenzial Biomasse (Biogas und feste Biomasse) .....	87
Tabelle 26: Potenzial Klärschlammverbrennung .....	90
Tabelle 27: Thermisches Potenzial KWK-Anlagen .....	91
Tabelle 28: Potenzialanalyse Abwärme .....	92
Tabelle 29: Potenzial elektrischer Ertrag Photovoltaik .....	98
Tabelle 30: Elektrisches Potenzial Windenergieanlagen .....	99
Tabelle 31: Elektrisches Potenzial KWK-Anlagen .....	100
Tabelle 32: Wärmebedarf und Anzahl Gebäude .....	116
Tabelle 33: Zentrale Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	118
Tabelle 34: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung .....	118
Tabelle 35: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Niederndorf .....	119
Tabelle 36: Durchschnittliche Leistung und Gesamtkosten netto von neuen Heizungsanlagen nach Austausch .....	127
Tabelle 37: Gegenüberstellung Verbrauch 2040 und lokales Potenzial Szenario 1 .....	142
Tabelle 38: Gegenüberstellung Verbrauch 2040 und lokales Potenzial Szenario 2 .....	148

Tabelle 39: Umsetzungsmaßnahmen Stadt Herzogenaurach.....	154
Tabelle 40: Legende Maßnahmenkatalog .....	156

## 2 Ergänzende Anmerkung zum Stand des Gebäudeenergiegesetzes im März 2026

Die Kommunale Wärmeplanung in Herzogenaurach wurde auf Basis des am 01.01.2024 in Kraft getretenen Gebäudeenergiegesetzes erstellt, welches u.a. die im Weiteren genauer beschriebene die 65-Prozent-Regelung für neue Heizungen (§71 Absatz 1 GEG) enthält. Das Ende Februar 2026 veröffentlichte Eckpunktepapier des Gebäudemodernisierungsgesetzes [1] kündigt starke Änderungen an wie z.B. den Wegfall der 65-Prozent-Regelung und eine verbindliche Bioanteil-Beimischung bei Öl und Gas ab 2029. Da das Gesetz zum Abschluss des Förderzeitraums der Kommunalen Wärmeplanung in Herzogenaurach noch nicht verabschiedet ist, wurden diese Anpassungen nicht berücksichtigt. Bei der Fortschreibung der Kommunalen Wärmeplanung muss die aktuelle Gesetzeslage neu evaluiert werden.

## 3 Eignungsprüfung

### 3.1 Ausgangslage

Zu Beginn wird der Ablauf der Eignungsprüfung aufgezeigt. Die Rolle des Energieträgers Wasserstoff wird diskutiert, die Prüfgebiete definiert und die Kriterien der Eignungsprüfung aufgelistet.

#### 3.1.1 Gesetzliche Vorgaben

Um den aktuell in der Erstellung befindlichen kommunalen Wärmeplan der Stadt Herzogenaurach mit den geltenden Anforderungen an eine Wärmeplanung zu versehen, werden die Vorgaben des seit dem 01.01.2024 in Kraft getretenen Wärmeplanungsgesetzes (WPG) mitberücksichtigt. Daher wird zu Beginn der Planung die Gemeinde auf Teilgebiete geprüft, bei welchen eine Wärmeversorgung durch ein Wärme-, Biomethan- oder Wasserstoffnetz mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht in Frage kommt (§14 WPG).

Die im Gesetzestext gelisteten Kriterien zur Eignungsprüfung sind in Kapitel 3.1.4 beschrieben. Falls für ein Teilgebiet eine leitungsgebundene Versorgung ausgeschlossen wird, kann eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden, außer es handelt sich um ein Gebiet mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial (§18 Absatz 5 WPG). Dazu zählen Sanierungsgebiete (§136 Baugesetzbuch) und Gebiete mit einem hohen Anteil an Gebäuden mit einem hohen spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme.

Alle fünf Jahre, aber spätestens bis Ende 2030, soll der Wärmeplan fortgeschrieben werden (§25 WPG). Im Zuge der Fortschreibung werden die Teilgebiete erneut auf eine leitungsgebundene Wärmeversorgung überprüft.

Für Bürgerinnen und Bürger, die in einem Teilgebiet mit einer verkürzten Wärmeplanung wohnen, ist anzunehmen, dass sie sich in Zukunft eigenständig um die Einhaltung der 65-Prozent-Regelung (§71 Absatz 1 Gebäudeenergiegesetz) kümmern müssen. Dennoch sind auch in diesen Gebieten Wärmenetze (insbesondere kalte Nahwärme) nicht komplett ausgeschlossen und mit Gebäudenetzen steht eine weitere Alternative zur einzelnen Wärmeversorgung jedes Gebäudes zur Verfügung.

#### 3.1.2 Einordnung Rolle des Energieträgers Wasserstoff

Im Folgenden wird aus Sicht der Herzo Werke GmbH die Perspektive von grünem Wasserstoff für die Stadt Herzogenaurach dargestellt (Stellungnahme Herzo Werke GmbH vom 09.09.2025).

Die Stadt ist wirtschaftlich stark durch die international tätigen Unternehmen adidas, PUMA und insbesondere Schaeffler geprägt. Gerade die Schaeffler AG könnte in den kommenden Jahren einen hohen Bedarf an grünem Wasserstoff für ihre industriellen Prozesse entwickeln. Darüber hinaus engagiert sich Schaeffler selbst in der Entwicklung von Schlüsseltechnologien zur Produktion von grünem Wasserstoff, insbesondere im Bereich der industriellen Fertigung von Brennstoffzellen-Stacks. Für den Standort Herzogenaurach bedeutet dies zweierlei: Zum einen entsteht ein lokaler Markt für Wasserstoff durch die Nutzung in den eigenen Produktionsprozessen. Zum anderen wird durch die Ansiedlung von Forschung, Entwicklung und Serienfertigung ein industrielles Ökosystem aufgebaut, in dem die Nachfrage nach Wasserstoff

für Test- und Optimierungsprozesse kontinuierlich wachsen wird. Neben diesem großen industriellen Abnehmer wird auch auf Seiten kleinerer Gewerbe- und Industriebetriebe ein wachsendes Interesse an grünem Wasserstoff erwartet. Sobald eine verlässliche und wettbewerbsfähige Versorgung zur Verfügung steht, werden sich auch diese Kundengruppen verstärkt an den Markt anbinden.

Die Versorgung Herzogenaurachs mit grünem Wasserstoff soll dabei auf zwei komplementären Säulen beruhen:

- Anbindung an das überregionale Wasserstoffnetz:  
Die Open Grid Europe plant, eine der drei durch das Herzogenauracher Umland verlaufenden Gasleitungen perspektivisch auf den Transport von Wasserstoff umzustellen. Nach aktuellem Stand ist bis etwa 2035 mit einer Anbindung zu rechnen. Damit eröffnet sich für Herzogenaurach die Möglichkeit, Teil des nationalen Wasserstoffkernnetzes zu werden und den Zugang zu überregional produzierten Mengen zu sichern.
- Lokale Erzeugung aus erneuerbaren Energien:  
Parallel zur überregionalen Anbindung wird die lokale Erzeugung von Wasserstoff entscheidend sein. Bereits genehmigte Windparks sowie bestehende Photovoltaik-Freiflächenanlagen schaffen die Grundlage für eine regionale, erneuerbare Stromproduktion. Diese Erzeugungsanlagen speisen in das Umspannwerk Burgstall ein, das als zentraler Knotenpunkt für die lokale Energiewende fungiert.

Direkt am Standort Burgstall plant die Herzo Werke GmbH zunächst den Bau einer Heizzentrale für das zukünftige Fernwärmenetz, das insbesondere den Süden Herzogenaurachs mit klimafreundlicher Wärme versorgen wird. In einem zweiten Ausbauschnitt soll hier ein Elektrolyseur errichtet werden, der überschüssigen erneuerbaren Strom nutzt, um kosteneffizient grünen Wasserstoff zu erzeugen. Die Abwärme des Elektrolyseurs kann dabei unmittelbar oder über den Einsatz von Großwärmepumpen in das Fernwärmenetz eingespeist werden. Diese Kopplung von Strom-, Wärme- und Wasserstoffsektor ermöglicht nicht nur eine Steigerung der Energieeffizienz, sondern schafft auch wirtschaftliche Synergien und erhöht die Versorgungssicherheit.

Durch diese Kombination aus überregionaler Anbindung und lokaler Produktion wird eine resiliente und zukunftsorientierte Wasserstoffinfrastruktur für Herzogenaurach aufgebaut. Sie dient sowohl den Großabnehmern wie Schaeffler, die auf grüne Prozessenergie angewiesen sein könnte, als auch kleineren Gewerbebetrieben und perspektivisch weiteren kommunalen Anwendungen. Damit leistet Herzogenaurach einen wesentlichen Beitrag zur Transformation hin zu einer klimaneutralen Industrie- und Versorgungsstruktur und stärkt zugleich seine Position als Innovationsstandort in der Metropolregion Nürnberg.

### 3.1.3 Prüfgebiete

Die umliegenden bebauten Gebiete der Stadt Herzogenaurach werden in insgesamt zehn Teilgebiete eingeteilt. Einzelne Höfe oder Siedlungen mit weniger als 5 beheizten Gebäuden werden nicht betrachtet. Tabelle 1 listet die Teilgebiete mit der zugeordneten Nummer, Bezeichnung und der im Teilgebiet befindlichen Einwohnerzahl auf. In Abbildung 2 sind die Teilgebiete kartografisch abgebildet. Die Kernstadt von Herzogenaurach mit dem angrenzenden Niederndorf und der Herzo Base, welche alle über ein Bestandswärmenetz verfügen,

werden im Zuge der Eignungsprüfung nicht untersucht. Hier ist eine erweiterte Wärmeplanung festgeschrieben.

Tabelle 1: Prüfgebiete mit Nummerierung, Bezeichnung und Einwohnerzahl [2]

Nummer	Bezeichnung	Einwohnerzahl (Januar 2025)
1	Beutelsdorf	306
2	Burgstall	221
3	Dondörflein	28
4	Hammerbach	836
5	Haundorf	776
6	Hauptendorf	1023
7	Höfen	210
8	Steinbach	87
9	Welkenbach	359
10	Zweifelsheim	135

### 3.1.4 Einteilungskriterien

Wie in Kapitel 3.1 bereits erwähnt, gibt das Wärmeplanungsgesetz Kriterien zur Eignungsprüfung vor. Im Folgenden werden die Kriterien zur Bewertung einer Wärmeversorgung mittels **Wärmenetz** aufgezählt:

- Art der Siedlungsstruktur
- Wärmenetz vorhanden bzw. Entfernung zum nächsten Wärmenetz
- Konkretes Abwärmepotenzial vorhanden
- Konkretes Potenzial Wärme aus Erneuerbaren Energien vorhanden
- Stromnetz Hoch- / Mittelspannung vorhanden
- Vorläufige Ermittlung spezifischer Wärmebedarf in kWh/(a\*m<sup>2</sup>) (anhand der Daten des Wärmekatasters des Kurzgutachtens Bayern [3])

Die Bewertung einer Wärmeversorgung mittels eines **Biomethan- oder Wasserstoffnetzes** erfolgt unter Berücksichtigung folgender Kriterien:

- Art der Siedlungsstruktur
- Stromnetz Hoch- / Mittelspannung vorhanden
- Gasnetz vorhanden bzw. Entfernung zum nächsten Gasnetz
- Konkrete Anhaltspunkte für eine dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Biomethan/Wasserstoff vorhanden
- Vorläufige Ermittlung spezifischer Wärmebedarf in kWh/(a\*m<sup>2</sup>) (anhand der Daten des Wärmekatasters des Kurzgutachtens Bayern)

Zudem werden die Teilgebiete auf potenzielle städtebauliche Sanierungsmaßnahmen sowie auf einen hohen Anteil an Gebäuden mit hohem spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme überprüft.

Jedes Teilgebiet wird nach diesen Kriterien bewertet und mit einer Punktzahl von 0, 1.5 oder 3 versehen. Wenn z.B. in einem Gebiet ein Wärmenetz vorhanden ist, gibt es für die Kategorie „Wärmenetz vorhanden bzw. Entfernung zum nächsten Wärmenetz“ 3 Punkte. Das in

unmittelbarer Nähe gelegene Gebiet ohne Wärmenetz erhält 1.5 Punkte. Gebiete fernab von Wärmenetzen erhalten keinen Punkt.

Alle einzelnen Kriterien der Wärmenetz- bzw. Biomethan-/Wasserstoffnetz-Bewertung werden gewichtet und erhalten am Ende eine Gesamtpunktzahl. Diese Gewichtung ist so ausgelegt, dass ein Gebiet höchstens 3 Punkte in einer Bewertung erlangen kann. Wenn z.B. ein Gebiet in der Kategorie Siedlungsstruktur 3 Punkte erhält und diese Kategorie mit einer Gewichtung von 10 Prozent in die Berechnung eingeht, bringt es dem Gebiet einen Wert von 0.3 in der Netz-Gesamtwertung.

Wenn die Gesamtzahl eines Gebietes den Wert 2 überschreitet, ist eine Wahrscheinlichkeit einer Wärmeversorgung durch ein Wärme- oder Biomethan-/Wasserstoffnetz gegeben. Für Gebiete, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Wärmeversorgung durch ein Wärme- oder Biomethan-/Wasserstoffnetz eignen, findet eine verkürzte Wärmeplanung statt. Falls für ein Gebiet eine der drei Möglichen leitungsgebundener Wärmeversorgungsarten zutrifft, wird eine erweiterte Wärmeplanung durchgeführt.

Zudem spielen die lokalen Gegebenheiten eine Rolle in der Eignungsprüfung. Neben den zwei genannten Kriterien „städtebauliche Sanierungsmaßnahmen“ sowie „hoher Anteil an Gebäuden mit hohem spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme“ können schon in Planung befindlichen Projekte (z.B. Bau eines Wärmenetzes) oder ein großes Interesse eines bestimmten Gebietes an ein solches Projekt zu einer erweiterten Wärmeplanung führen. Somit fließen die lokalen Interessen in die theoretische Bewertung ein.

## 3.2 Ergebnis Eignungsprüfung

### 3.2.1 Wärmebedarfsdichte und Potenziale

Anhand des Wärmekatasters des Kurzgutachtens Bayern, welche der Kommune vom Landesamt für Statistik Bayern übermittelt wurde, wird die Wärmebedarfsdichte jedes Prüfgebiets ermittelt. Dieser Wert gibt eine erste Einschätzung, ob ein Wärmenetz in Erwägung zu ziehen ist oder nicht. Zudem sind die Werte nicht als feste Grenzen zu betrachten, sondern lediglich Anhaltspunkte. Wenn eine kostengünstige Energiequelle vorhanden ist, kann ein Wärmenetz auch mit sehr geringer Wärmebedarfsdichte wirtschaftlich sein. Andersherum ist in einem Gebiet mit hohem Bedarf ein Wärmenetz nicht automatisch wirtschaftlich, wenn keine kostengünstige Wärmequelle vorhanden ist.

Aus diesem Grund wird in der Eignungsprüfung nicht nur der Bedarf untersucht, sondern auch die konkreten Potenziale für ein Wärme-, Wasserstoff- oder Biomethanetz. Konkrete Potenziale sind vor allem bestehende Biogasanlagen, bestehende oder konkret geplante Heizwerke oder ungenutzte Abwärme der Industrie. Bei bestehender Nutzung oder Stauung von Flusswasser ist ein Fließgewässer generell auch als Wärmequelle zu sehen.

Abbildung 1 zeigt die Wärmebedarfsdichte auf Baublockebene und die konkreten Potenziale auf. Die Abstufung und Bewertung der Wärmebedarfsdichten [4] ist als Richtwert zu verstehen, bei entsprechenden Potenzialen oder hohem Anschlussinteresse kann ein Netz gegebenenfalls auch mit anderen Werten sein.



### 3.2.2 Ergebnisse Eignungsprüfung

Abbildung 2 zeigt das Ergebnis der Eignungsprüfung kartografisch auf. Alle blau dargestellten Gebiete werden einer verkürzten Wärmeplanung unterzogen. Für die grün gefärbten Teilgebiete wird eine erweiterte Wärmeplanung durchgeführt. Die Bezeichnungen der einzelnen Prüfgebiete sowie die Ergebnisse der Eignungsprüfung mit Begründung sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 2: Prüfgebiete mit Nummerierung, Bezeichnung und Ergebnis der Eignungsprüfung

Nummer	Bezeichnung	Ergebnis	Begründung
1	Beutelsdorf	Verkürzt	Geringe WBD, keine konkreten Potenziale
2	Burgstall	Verkürzt	Geringe WBD, keine konkreten Potenziale
3	Dondörflein	Verkürzt	Geringe WBD, keine konkreten Potenziale
4	Hammerbach	Verkürzt	Geringe WBD, keine konkreten Potenziale
5	Haundorf	Erweitert	Geringe WBD
6	Hauptendorf	Erweitert	Geringe WBD
7	Höfen	Verkürzt	Geringe WBD, keine konkreten Potenziale
8	Steinbach	Erweitert	Geringe WBD
9	Welkenbach	Verkürzt	Geringe WBD, keine konkreten Potenziale
10	Zweifelsheim	Erweitert	Bestehendes Nahwärmenetz, Biogasanlage

Einige Gebiete fallen aufgrund einer niedrigen Wärmebedarfsdichte (WBD) und des fehlenden konkreten Potenzials heraus.

In den Ortsteilen Haundorf, Hauptendorf und Steinbach liegt ein Gasnetz vor. In Zweifelsheim gibt es ein kleines Nahwärmenetz, dessen genauer Trassenverlauf zum Zeitpunkt der Eignungsprüfung nicht bekannt ist. Ansonsten gibt es in den Prüfgebieten keine Netzinfrastruktur (Wärme- bzw. Gasnetz), die für eine spätere Versorgung genutzt werden kann. Konkrete Potenziale von Abwärme und erneuerbarer Wärme gibt es nur wenige. In Zweifelsheim kann das übrige Potenzial, der bereits in das Nahwärmenetz einspeisenden Biogasanlage geprüft werden. In Hauptendorf stellt möglicherweise die Mittlere Aurach eine potenzielle Wärmequelle dar, macht jedoch eine Querung der Gleise der stillgelegten Bahntrasse erforderlich. In Steinbach gibt es ein fossiles BHKW, das gegebenenfalls hinsichtlich nicht genutzten Potenzials und einer Brennstoffumrüstung untersucht werden kann. Die Wärmebedarfsdichten sind allerdings in allen geprüften Ortsteilen sehr niedrig, bis auf Hauptendorf liegen sie bei weniger als 17,5 kWh/m<sup>2</sup>/a.

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wird auf Grundlage der obenstehenden Aspekte in den Ortsteilen Haundorf, Hauptendorf, Steinbach und Zweifelsheim eine erweiterte Wärmeplanung durchgeführt. Für alle anderen untersuchten Ortsteile wird eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt.

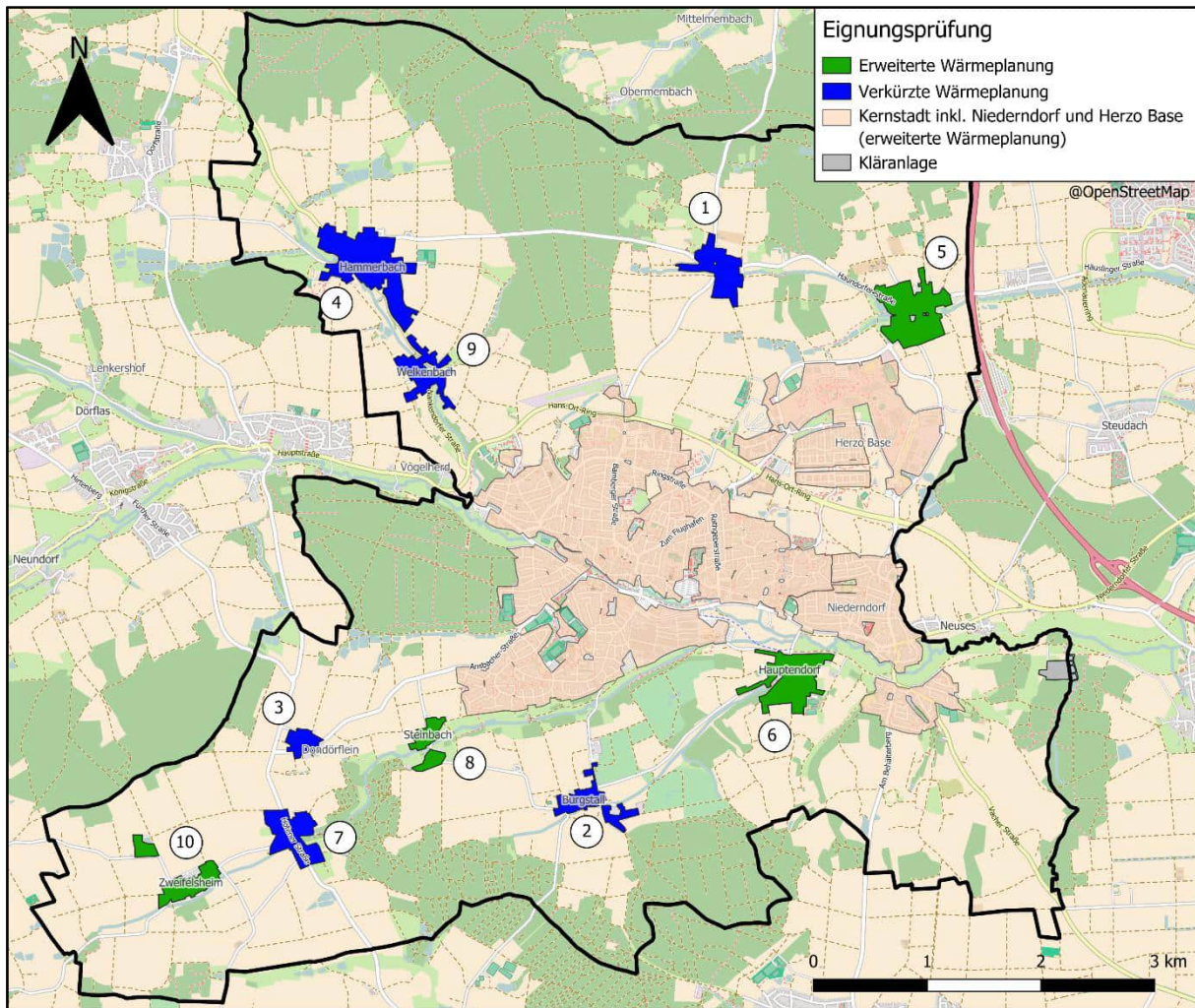


Abbildung 2: Ergebnis der Eignungsprüfung

### 3.3 Weiteres Vorgehen

#### 3.3.1 Erweiterte Wärmeplanung

Für eine erweiterte kommunale Wärmeplanung ist eine detaillierte Bestands- und Potenzialanalyse vorgesehen. Die Wärmebedarfe sowie potenzielle Quellen von Wärme aus erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme werden ermittelt. Die Kommune wird in Wärmeversorgungsgebiete mit zentraler oder dezentraler Wärmeversorgung eingeteilt. Dadurch werden der Kommune Empfehlungen gegeben, in bestimmten Gebieten eine tiefgreifendere Analyse zu einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung durchzuführen. Unter Berücksichtigung des Zieljahres 2040 wird schrittweise ein Fahrplan aufgezeigt, wie die Stadt Herzogenaurach klimaneutral werden kann. Weiterhin werden erste Umsetzungsmaßnahmen skizziert und zwei Fokusgebiete genauer untersucht und damit die nächsten Schritte für die Kommune nach Beendigung der Wärmeplanung dargelegt.

### 3.3.2 Verkürzte Wärmeplanung

Eine verkürzte Wärmeplanung beinhaltet keine detaillierte Bestands- und Potenzialanalyse. Das Teilgebiet wird als voraussichtliches Gebiet für eine dezentrale Wärmeversorgung eingeordnet. Lediglich sind Potenziale zu ermitteln, die für eine dezentrale Wärmeversorgung in Betracht kommen. Bei der nächsten Fortschreibung des Wärmeplans wird erneut jedes Teilgebiet auf eine zentrale Wärmeversorgung untersucht. Gegebenenfalls haben sich ein oder mehrere Kriterien geändert, was dann auf ein anderes Ergebnis schließen lässt. Für Bürgerinnen und Bürger ist jedoch derweil davon auszugehen, dass sich in Teilgebieten einer verkürzten Wärmeplanung eigenständig um die Einhaltung der 65-Prozent-Regelung nach dem Gebäudeenergiegesetz [5] gekümmert werden muss. Im nachfolgenden Kapitel werden die Möglichkeiten der zukünftigen dezentralen Wärmeversorgung sowie die Potenziale erneuerbarer Energien auf dem Gebiet der Kommune aufgezeigt.

Zu erwähnen ist, dass die Einordnung eines Teilgebietes als Gebiet mit verkürzter Wärmeplanung auf Abschätzungen anhand von groben Wärmebedarfs- und Wärmepotenzialwerten beruht. Das bedeutet, dass die Umsetzung eines Wärmenetzes auch bei verkürzter Wärmeplanung nicht kategorisch auszuschließen ist. Jedoch benötigt es für eine mögliche Umsetzung die Initiative und die Ambitionen der Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer, ein Wärmenetz, möglicherweise im Rahmen einer Genossenschaft, zu errichten und zu betreiben.

## 3.4 Zukünftige Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung

Jedes Gebäude ist individuell und bedarf daher einer Einzelbetrachtung. Im Folgenden werden Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung aufgezeigt, es handelt sich jedoch um eine generelle Nennung von Potenzialen und dient nur der ersten Einschätzung. Für tiefergehende Empfehlungen ist eine Energieberatung notwendig.

### 3.4.1 Energetische Sanierung

Grundsätzlich ist zu empfehlen, vor dem Heizungstausch eine Energieberatung durchführen zu lassen. Diese wird staatlich bezuschusst (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle [6]). Eine Energieberatung für ein Einfamilienhaus wird (Stand: Juli 2025) mit 50 Prozent (max. 650 €) gefördert (da Änderungen möglich sind, sollten die aktuell geltenden Förderbedingungen vor Beantragung geprüft werden). In den meisten Fällen wird eine (Teil-) Sanierung vor dem Austausch der Heizung vorgeschlagen.

### 3.4.2 Erfüllungsoptionen der 65-Prozent-Regelung nach GEG

Ab dem 01.07.2028 werden in Herzogenaurach (als Kommune mit weniger als 100.000 Einwohnern) die Regelungen der Gebäudeenergiegesetz-Novelle (GEG) vom 01.01.2024 in Kraft treten. Diese beinhaltet u.a. die 65-Prozent-Regelung für neue Heizungen. Dies bedeutet, dass neu eingebaute Heizungen mindesten 65 Prozent ihrer Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme bereitstellen müssen (§71 Absatz 1 GEG). Tabelle 3 listet die Erfüllungsoptionen für dezentrale Heizungen auf. Bei Unklarheiten zwecks der genauen eigenen Versorgungsoptionen sollte eine individuelle Beratung durchgeführt werden.

Tabelle 3: Erfüllungsoptionen 65-Prozent-Regelung nach GEG für dezentrale Heizungen

Technologie	Anmerkung
Wärmepumpe	Bei vollständiger Deckung des Wärmebedarfs. Sole-Wasser, Wasser-Wasser, Luft-Wasser, Luft-Luft.
Stromdirektheizung	Sehr hohe Anforderung an baulichen Wärmeschutz.
Solarthermische Anlage	Deckungsanteil von 65 Prozent in der Regel nicht möglich. Ergänzung von weiteren erneuerbaren Energien nötig.
Feste Biomasse	Aufgrund begrenzter Verfügbarkeit nur für bestimmte Anwendungsfälle zu empfehlen (siehe Kapitel 3.4.3).
Wärmepumpen-Hybridheizung	Wärmepumpe im Vorrangbetrieb. Fossile Spitzenlasthersteller müssen Brennwertkessel sein.
Solarthermie-Hybridheizung	Mindestaperturfläche beachten. Anteil ergänzender Brennstoff mind. 60 Prozent Biomasse oder grüner oder blauer Wasserstoff.
Gas- und Ölheizung	Vor 01.07.2028 Einbau neuer Anlagen weiterhin erlaubt. Ab 2029 steigender Anteil an bereitgestellter Wärme aus Biomasse oder grünem oder blauem Wasserstoff notwendig. Beratungspflicht vor Einbau.

Die oben stehenden Technologien erfüllen die Anforderungen der 65-Prozent-Regelung des GEG automatisch (vereinfachtes Verfahren im Bestand). Dezentrale handbestückte Einzelfeuerungsanlagen können pauschal mit einem Wert von 10 Prozent am Nutzwärmebedarf angerechnet werden. Kommt eine anderweitige Konstellation an Wärmeerzeugern zum Einsatz, ist der voraussichtliche Anteil erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung durch Berechnung zu bestimmen. Hierbei wird softwarebasiert ein Modell des zu betrachtenden Gebäudes erstellt sowie ein Profil des Wärmebedarfs ermittelt. Dies ist von einer Fachkraft durchzuführen. Für die Nutzung von H<sub>2</sub>-ready Heizungen ist laut §71k GEG ein verbindlicher Fahrplan des Gasnetzbetreibers zur Umrüstung auf Wasserstoff notwendig. Dieser liegt in Herzogenaurach zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Berichts noch nicht vor. Weitere Informationen sowie der vollständige Gesetzestext sind auf der Internetseite der Bundesregierung zu finden. [6]

### 3.4.3 Potenziale für dezentrale Wärmeversorgung

#### Geothermie:

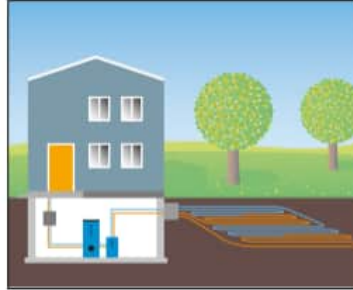
Erdwärme stellt ein großes Potenzial der zukünftigen Wärmeversorgung dar. Mittels einer Wärmepumpe können die Bodentemperaturen auf Raumheizungsniveau gebracht werden. Die höheren Temperaturen des Erdreiches gegenüber der Außenluft im Winter reduzieren die nötige Strommenge einer erdwärmebetriebenen Wärmepumpe gegenüber einer Luft-Wärmepumpe. Oberflächennahe Geothermie (bis 400 m Tiefe) kann auf drei verschiedene Arten genutzt werden. Erdwärmekollektoren werden flächendeckend direkt unter der Oberfläche eingebracht. Für Erdwärmesonden werden vertikale Bohrungen durchgeführt (50 – 300 m Tiefe). Bei Grundwasserwärmepumpen wird Grundwasser gefördert und ausgekühlt. Im Umwelt-Atlas des Bayerischen Landesamt für Umwelt [7] können für jedes Grundstück in der Stadt Herzogenaurach erste Informationen zur möglichen Nutzung von Geothermie gefunden werden (siehe Abbildung 3).

## Ersteinschätzung für oberflächennahe Entzugssysteme am Standort

Erdwärmesonde:  
möglich



Erdwärmekollektor:  
möglich



Grundwasserwärmepumpe:  
möglich (Einzelfallprüfung)



## Standortauskunft Erdwärmekollektoren



Herzogenaurach  
UTM-Koordinaten (Zone 32):  
Ostwert: 633.330  
Nordwert: 5.490.977



Abbildung 3: Erste Informationen zur potenziellen Nutzung von Geothermie am Beispiel Dondörflin [7]

Abbildung 4 zeigt welche Arten von oberflächennaher Geothermie in den jeweiligen Prüfgebieten mit dezentraler Wärmeversorgung laut Umwelt-Atlas möglich sind. Trinkwasserschutzgebiete führen meistens zum Ausschluss von Nutzung geothermischer Energie (sind jedoch immer im Einzelfall mit der zuständigen Wasserschutzbehörde abzuklären). Mit diesen Erkenntnissen werden die Aussagen des Umwelt-Atlas mit Hilfe von Farben in Abbildung 4 in Relation gesetzt. Grün markiert sind Potenziale, welche eine höhere Realisierungswahrscheinlichkeit haben. Gelb dargestellt sind Potenziale mit hohen Genehmigungshürden. Dennoch sind diese nicht grundsätzlich auszuschließen. Für Grundwasserwärmepumpen müssen gewisse hydrologische Gegebenheiten vorherrschen, weswegen diese Technologie nicht überall sinnvoll einsetzbar ist.

Prüfgebiete		Nutzungsmöglichkeiten oberflächennahe Geothermie		
Nummer	Bezeichnung	Erdwärmekollektoren	Erdwärmesonden	Grundwasserwärmepumpen
1	Beutelsdorf	Nutzung möglich	Nutzung möglich	Möglich (Einzelfallprüfung)
2	Burgstall	Nutzung möglich	Nutzung möglich	Möglich (Einzelfallprüfung)
3	Dondörflein	Nutzung möglich	Nutzung möglich	Möglich (Einzelfallprüfung)
5	Hammerbach	Nutzung möglich	Nutzung möglich	Möglich (Einzelfallprüfung)
6	Haundorf	Nutzung möglich	Nutzung möglich	Möglich (Einzelfallprüfung)
7	Hauptendorf	Nutzung möglich	Nutzung möglich	Möglich (Einzelfallprüfung)
8	Höfen	Nutzung möglich	Nutzung möglich	Möglich (Einzelfallprüfung)
9	Steinbach	Nutzung möglich	Nutzung möglich	Möglich (Einzelfallprüfung)
10	Welkenbach	Nutzung möglich	Nutzung möglich	Möglich (Einzelfallprüfung)
11	Zweifelsheim	Nutzung möglich	Nutzung möglich	Möglich (Einzelfallprüfung)

Abbildung 4: Nutzungsmöglichkeiten oberflächennaher Geothermie in den einzelnen Prüfgebieten laut Umwelt-Atlas [7]

### Solarenergie:

Photovoltaik und Solarthermie können eine finanziell rentable Ergänzung zur Strom- und Wärmeversorgung sein. Laut dem Energie-Atlas Bayern werden zurzeit auf dem Gebiet der Stadt Herzogenaurach lediglich circa 14,5 Prozent des Potenzials von PV-Anlagen auf Dachflächen genutzt [8].

### Umgebungsluft:

Außenluft stellt für dezentrale (als auch zentrale) Wärmeversorgungs-lösungen ein großes Potenzial dar. Aufgrund der natürlichen Zirkulation von Luft, ist dieses Potenzial theoretisch annähernd unbegrenzt. Daher geht es bei dieser Potenzialanalyse nicht um die Ermittlung einer konkreten Energiemenge, sondern um die Wahrscheinlichkeit der Eignung zur Nutzung einer Luftwärmepumpe.

Diese Analyse wird auf Flurstücksebene untersucht. Es wird untersucht, wie viel unbebaute Fläche auf einem Grundstück noch zur Verfügung steht, welches ungefähre Baualter das Gebäude hat und wie groß die Wohnfläche des zu versorgenden Gebäudes ist. Somit kann grob abgeschätzt werden, ob Mindestabstände aufgrund des Lärmschutzes eingehalten werden können. Je mehr unbebaute Fläche auf dem Flurstück verfügbar ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass der benötigte Abstand zur Verringerung der Schall-Immissionen zu den Wohngebäuden eingehalten werden kann. Des Weiteren verringert ein guter Gebäudestandard und ein niedriger Wärmebedarf die Schall-Emissionen aufgrund der geringeren benötigten Leistung. Dies wird anhand der Baualtersklassen und der Grundstücksfläche des Gebäudes abgeschätzt. Abbildung 5 zeigt die Wahrscheinlichkeit zur potenziellen Nutzung einer dezentralen Luftwärmepumpe für die Wohnbebauung. Ob eine Luft-Wärmepumpe tatsächlich eine wirtschaftliche Option zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser ist, muss in einer detaillierten Betrachtung (Energieberatung) eingeordnet werden.

Hierbei werden lediglich Wohngebäude und Kleinverbraucher betrachtet, da in Industrie- und Gewerbegebieten Schall-Immissionen eine kleinere Rolle in der Genehmigung spielen. Es sei zudem erwähnt, dass hier ein erster Anhaltspunkt geliefert werden soll. Auch in Gebieten mit geringer Wahrscheinlichkeit kann unter Umständen eine Luftwärmepumpe eine Option zur Wärmegewinnung sein. Aufgrund neuer Technologien und innovativer Lösungen wird das Einhalten des Schallschutzes eine immer geringere Herausforderung.

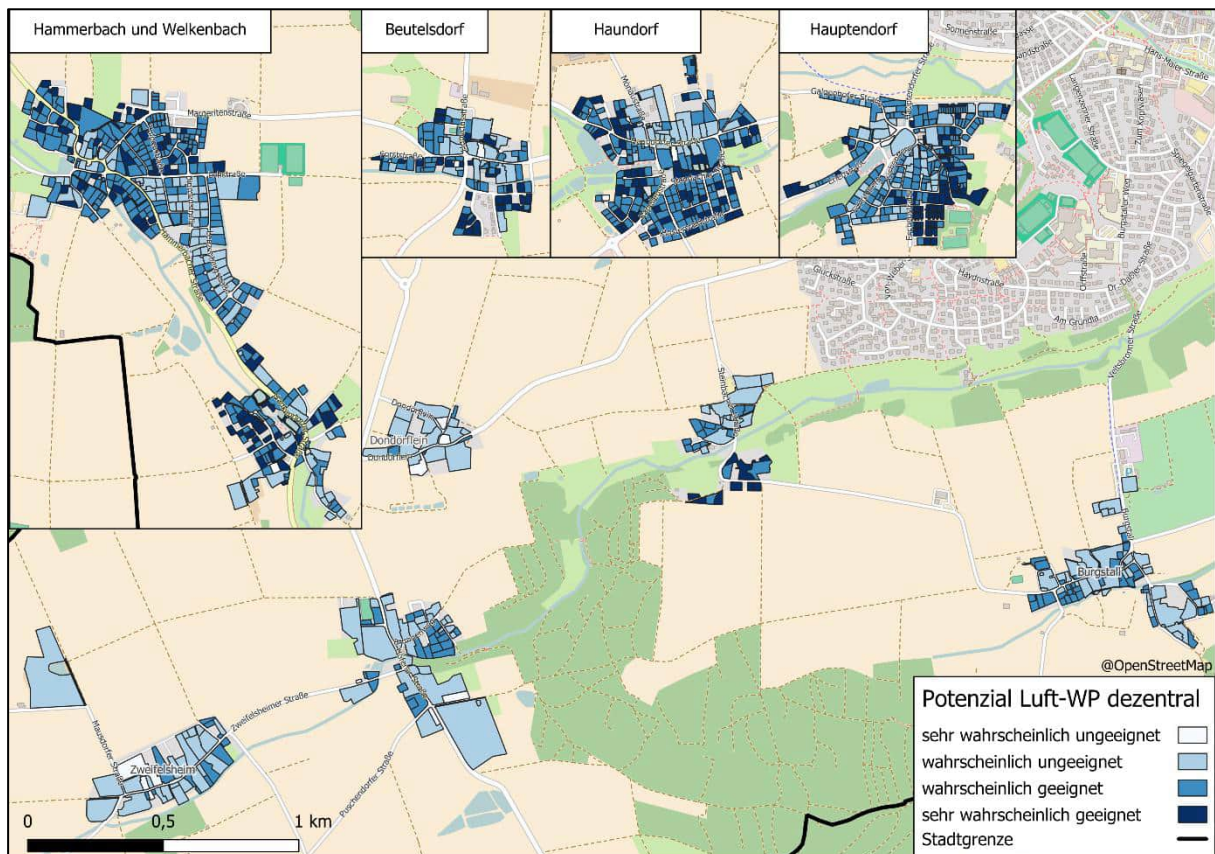


Abbildung 5: Dezentrales Potenzial Luft-Wärmepumpe

## Feste Biomasse:

Heizungsanlagen zur Nutzung fester Biomasse erfüllen die 65-Prozent-Regelung des GEG, wenn sie der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen entsprechen. Allerdings ist es bei der Wärmebereitstellung auf Basis der Verbrennung von Biomasse grundsätzlich essenziell, die Ressource ausschließlich in nachwachsendem Ausmaß sowie durch regionalen Bezug zum Einsatz zu bringen. Als zur Verfügung stehendes Potenzial kann dabei der jährliche Aufwuchs innerhalb des Gemeindegebiets betrachtet werden. Für eine nachhaltige energetische Verwertung von Holz können fünf Grundregeln herangezogen werden:

- Vermeidung von Energieverbrauch (Dämmung)
- Verhältnismäßige Ertüchtigung bestehender Wärmeverteilsystemen in Gebäuden (Vergrößerung von Heizkörpern im Bestand, Großflächige Wärmeübertragung im Neubau, Hydraulischer Abgleich)
- Grundsätzlich: Bevorzugung verbrennungsfreier Energieerzeugung
- Vorrang stofflicher Verwertung von Holz (falls möglich)
- Nutzung effizienter und emissionsarmer Anlagen für die Verbrennung von Holz

Werden diese Grundregeln beachtet und besteht aufgrund der Rahmenbedingungen vor Ort keine Möglichkeit auf eine verbrennungsfreie Wärmebereitstellung zurückzugreifen, kann der regionale Bezug von Waldresthölzern und Koppelprodukten des Holzverarbeitenden Gewerbes als nachhaltig betrachtet werden.

Die Technologie der Holzvergasung bietet die Möglichkeit die thermische Verwertung von Holz mit der Kraft-Wärme-Kopplung zu verbinden und so neben Wärme auch Strom bereitzustellen. Einen Nachteil dieser Technologie stellen die miteinhergehenden Anforderungen an den eingesetzten Brennstoff dar. Um einen stabilen parallelen Prozess der Verbrennung und Vergasung innerhalb des Reaktors sicherzustellen, sind durch den Brennstoff in jedem Fall gewisse Grenzwerte der Stückigkeit, des Feingutanteils, des Fremdanteils und des Wassergehalts einzuhalten. Diesen Anforderungen steht der Vorrang der stofflichen Verwertung qualitativ hochwertiger Hölzer gegenüber, welche so als Ersatz für energieintensive Baustoffe und gleichzeitig als Kohlenstoffsенke dienen. Noch schwerwiegender ist dieser Gegensatz bei der gezielten Holzernte für die Produktion von Holz-Pellets, an deren Ausgangsmaterial ebenfalls entsprechende Anforderungen gestellt werden. Des Weiteren ist beim Einsatz von Holzpellets vor dem Hintergrund zentralisierter Produktionsstätten der Aspekt des regionalen Bezugs in Frage zu stellen.

Zur vorläufigen Bewertung des Biomassepotenzials für das Stadtgebiet Herzogenaurach soll an dieser Stelle anhand der Verwendungsarten zwischen Kleinf Feuerungsanlagen und Heizwerke differenziert werden.

Im Rahmen der Betrachtung des Biomassepotenzials für Kleinf Feuerungsanlagen (vorzüglich im Bereich der privaten Anlagennutzung bis 100 kW) zeigt Abbildung 6 den absoluten Flächenbedarf von Biomasse für Kleinf Feuerungsanlagen (grünes Rechteck) für das Stadtgebiet (rote Fläche). Nicht impliziert ist hierbei der Einsatz von Biomasse für Heizwerke.

Mit Biomasse ist hier ausschließlich Holz gemeint (Waldholz, Industrie(rest)holz, Sägenebenprodukte, Holz aus Kurzumtriebsplantagen, Flur- und Siedlungsholz). Diese Graphik entstammt dem Energie-Atlas-Bayern [8] und basiert auf der Potenzialabschätzung von Energieholz aus Waldbestand der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Dieses Potenzial wird einer statistischen Berechnung der aktuellen Wärmeversorgung gegenübergestellt. Im weiteren Verlauf der Wärmeplanung werden diese Potenziale und Bedarfe genauer untersucht. Aufgrund von unterschiedlichen Betrachtungsweisen bzw. der Genauigkeit der Datengrundlagen können die Ergebnisse voneinander abweichen. Zudem wird in den weiteren Untersuchungen das Energieholz-Potenzial der umliegenden Kommunen mitbetrachtet, um die überregionale Nutzung von Biomasse und dessen Potenzial zu berücksichtigen.

Das gepunktete grüne Rechteck zeigt die Potenzialfläche der Biomasse für Kleinf Feuerungsanlagen im Stadtgebiet auf. Es ist zu erkennen, dass die Bedarfsfläche für Biomasse die Größe der Potenzialfläche überschritten hat.

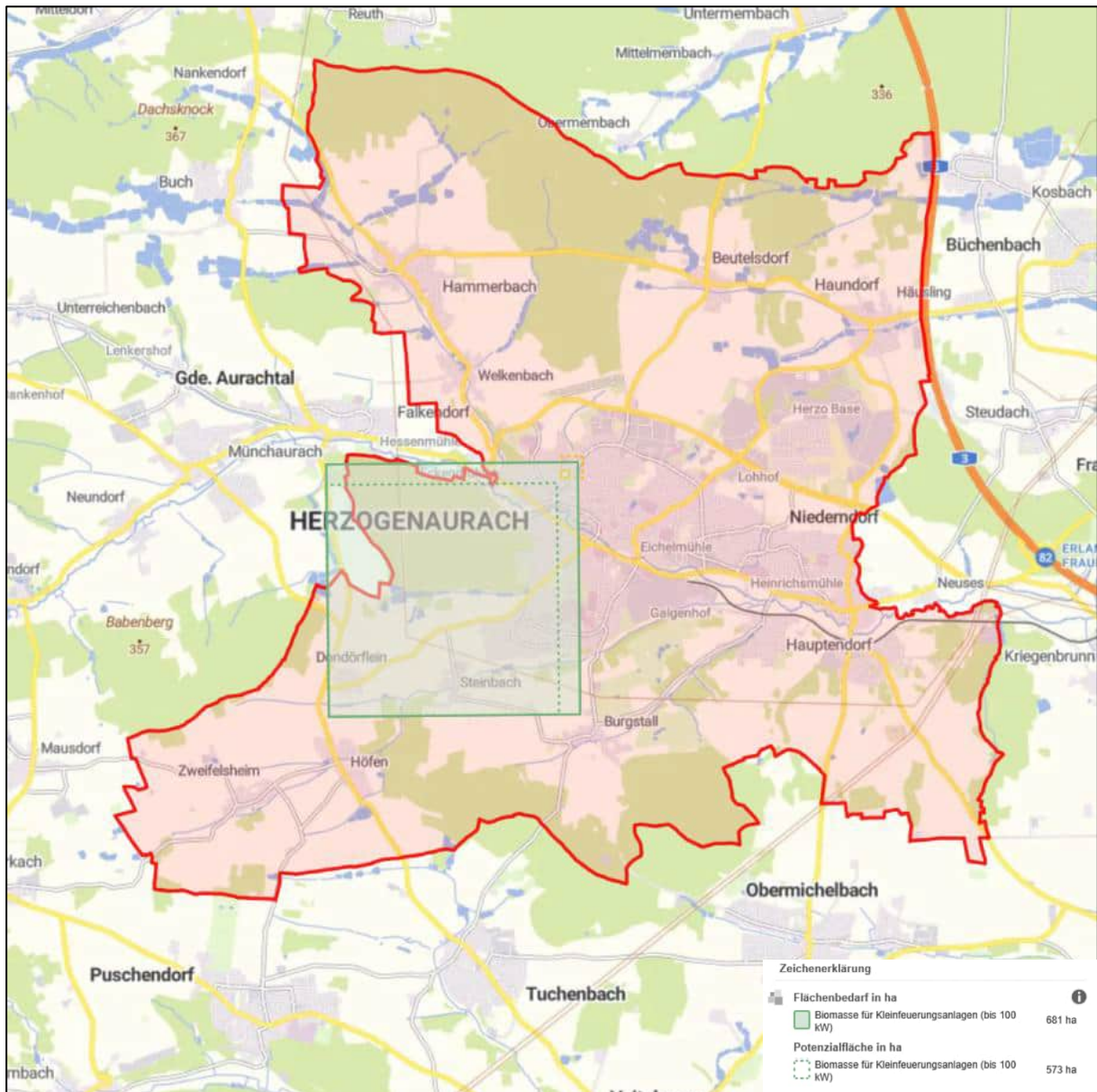


Abbildung 6: Absoluter Flächenbedarf und Potenzialfläche für die Bereitstellung fester Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen im Stadtgebiet Herzogenaurach [8]

Überdies soll an dieser Stelle nun noch eine Einschätzung über das Biomasse-Potenzial für Heizwerke im Stadtgebiet Herzogenaurach wiedergegeben werden.

Auf Grundlage des einschlägigen Gutachtens „Brennstoffpotenzial Biomasse-HKW Herzogenaurach“ der eta Energieberatung GmbH aus dem Jahr 2023 im Auftrag der Herzo Werke GmbH [9] werden zusammenfassend die folgenden Aspekte herausgestellt:

- Untersuchung des Aufkommens von Waldrestholz und Landschaftspflegematerial in einem Radius von 100 km um den Standort im Rahmen der Überlegungen zum Bau eines Biomasse-Heizwerks mit einer Feuerungswärmeleistung von 12 MW.
- Hauptquelle ist Waldrestholz inkl. Rinde aus Industrie- und Stammholznutzung mit knapp 70 Prozent Anteil am Gesamtpotenzial. Landschaftspflegematerial kann mit gut 1/3 zur Brennstoffversorgung beitragen.
- Die Ausgangslage für den Bau eines neuen Biomasse-HKW in der Region ist als durchaus positiv zu bewerten. Durch Gespräche mit potenziellen Brennstofflieferanten, v.a. mit den bayerischen Staatsforsten, lassen sich die Ergebnisse der Potenzialermittlung bestätigen.
- Die Bayerischen Staatsforsten sehen die zukünftige Brennstoffversorgung für das geplante Heizkraftwerk als realisierbar an.

Im Rahmen der Potenzialstudie wurde detailliert untersucht, ob ein Biomasseheizkraftwerk mit einer Feuerungswärmeleistung von 12 MW realisiert werden könnte. Die Überlegungen zum Bau eines Biomasseheizkraftwerks in diesem Leistungsbereich sind inzwischen aber obsolet. Im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze werden momentan Transformationspläne für das bestehende Fernwärmenetz in Herzogenaurach als auch für ein neu zu bauendes Fernwärmenetz im Süden von Herzogenaurach entwickelt. Hierbei soll auch ein Teil der Wärme mittels Hackschnitzelheizungen erzeugt werden. Nach aktuellem Planungsstand liegen die Hackschnitzelfeuerungen in Summe in einem Bereich von voraussichtlich 6 bis 7 MW Feuerungswärmeleistung.

Das Potenzial an Biomasse für die Stadt Herzogenaurach bzgl. Kleinf Feuerungsanlagen sowie Heizwerke wird nun in der darauffolgenden Potenzialanalyse mit dem Bedarf aus der Bestandsanalyse gegenübergestellt. Dadurch kann eine Aussage getroffen werden, wie stark der Zuwachs an Biomasseheizungen bis 2040 sein darf, um eine nachhaltige Verwendung der Ressource Holz sicherzustellen.

## 4 Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse werden die aktuelle Energieversorgung, die dazugehörige Infrastruktur und die bestehenden Energieerzeugungsanlagen untersucht. Zudem wird eine Treibhausgasbilanz für die Sektoren Wärme und Strom erstellt.

### 4.1 Datengrundlagen und Verbrauchergruppen

In diesem vorgelagerten Kapitel werden die Datengrundlagen der Bestandsanalyse sowie die Einteilung der Verbrauchergruppen dargestellt und genauer erläutert.

#### 4.1.1 Datengrundlagen

Für die Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung sind Daten externer Akteure eine Grundvoraussetzung. In Tabelle 4 sind tabellarisch die Quellen der jeweiligen Daten für die verschiedenen Abschnitte der Bestandsanalyse aufgelistet.

*Tabelle 4: Datengrundlagen der Bestandsanalyse*

Kapitel	Datengrundlage
Gebäude- und Siedlungsstruktur	ALKIS, Stadt Herzogenaurach, Bayern-Atlas, Zensus 2022, Kurzgutachten Bayern (STMWI)
Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze	Energie-Atlas Bayern, Marktstammdatenregister, Herzo Werke GmbH, lokale Akteure, Kurzgutachten Bayern
Energiebilanz Wärme	Energie-Atlas Bayern, Kkehrbuchdaten der Stadt Herzogenaurach, Fragebogen Industrie & Großgewerbe, Stadt Herzogenaurach, Herzo Werke GmbH
Energiebilanz Strombezug	Stadt Herzogenaurach, Herzo Werke GmbH, Energie-Atlas-Bayern, Marktstammdatenregister, Fragebogen Industrie & Großgewerbe
Treibhausgasbilanz Wärme und Strom	Leitfaden und Technikkatalog Wärmeplanung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, Emissionsfaktoren aus weiteren Literaturquellen
Raumwärme- und Warmwasserbedarf auf Baublockebene	Stadt Herzogenaurach, lokale Akteure, Fragebogen Industrie & Großgewerbe, Energienutzungsplan Herzogenaurach, Kurzgutachten Bayern (STMWI)

#### 4.1.2 Verbrauchergruppen

Die Verbraucher auf dem Stadtgebiet werden im Zuge der Bestandsanalyse in drei Verbrauchergruppen eingeteilt:

- Wohnen & Kleinverbraucher
- Industrie & Großgewerbe
- Öffentliche Einrichtungen

Diese Unterteilung geht auf die von den Energieversorgungsunternehmen zur Verfügung gestellten Daten zurück. Die tatsächlichen Verbrauchswerte für Strom und Gas werden in Großkunden und Jahreskunden aufgeteilt. Somit sind Industrie & Großgewerbe separat aufgelistet und lassen sich von privaten Haushalten und kleineren Gewerbebetrieben unterscheiden. Die

möglichen Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Wärmesektors sind bei Kleingewerbe und privaten Haushalten miteinander vergleichbar, da hier die Wärmeverbräuche in einer ähnlichen Größenordnung liegen und Prozesswärme keine Rolle spielt. Die Daten der Verbrauchergruppe Öffentliche Einrichtungen basieren auf den gebäudescharfen tatsächlichen durch die Stadt übermittelten Verbräuchen und lassen sich somit von den anderen beiden Verbrauchergruppen differenzieren. Die Abgrenzung dieser Verbrauchergruppe ist außerdem sinnvoll, da der Kommune bei eigenen Gebäuden und öffentlichen Verbrauchern andere Handlungsmöglichkeiten als den privaten Verbrauchern zur Verfügung stehen.

Unter Öffentlichen Einrichtungen werden grundsätzlich alle Gebäude und Infrastruktur zusammengefasst, die sich im Eigentum der Kommune, des Landes oder des Bundes befinden. In Herzogenaurach werden neben den kommunalen Liegenschaften auch die staatlichen Schulen zu den Öffentlichen Einrichtungen gezählt.

Die Kategorie Wohnen & Kleinverbraucher umfasst neben privaten Haushalten und Kleingewerbe unter anderem auch Wohn- und Pflegeheime, private Schulen, Sportvereine und kirchliche Einrichtungen.

## 4.2 Flächennutzung und Siedlungsstruktur

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wird die Flächennutzung und die Siedlungsstruktur auf dem Stadtgebiet untersucht. Diese Daten sind unter anderem für die Potenzialanalyse von Bedeutung.

### 4.2.1 Flächennutzung

Durch Auswertung der von der Kommune zur Verfügung gestellten ALKIS-Daten wird ein Überblick über die Flächennutzung auf dem Stadtgebiet geschaffen. Abbildung 7 zeigt kartografisch die Flächennutzung im Stadtgebiet.

Landwirtschaft nimmt etwas weniger als die Hälfte der Fläche ein. Circa ein Viertel des Stadtgebietes ist mit Wald bedeckt. Der Rest der Fläche wird überwiegend für Siedlung und Verkehr genutzt. In Tabelle 5 sind die Flächen nach Nutzungsart in Hektar und prozentual zum gesamten Stadtgebiet aufgelistet.

Tabelle 5: Flächen nach Nutzungsart auf dem Stadtgebiet der Stadt Herzogenaurach [10]

Nutzungsart	Fläche [ha]	Fläche [%]
Wald	1.218	25,6
Landwirtschaft	2.147	45,1
Siedlungs- und Verkehrsfläche	1.142	24,0
Sonstiges Gebiet	255	5,3
<b>Gesamtes Gebiet</b>	<b>4.762</b>	<b>100,0</b>

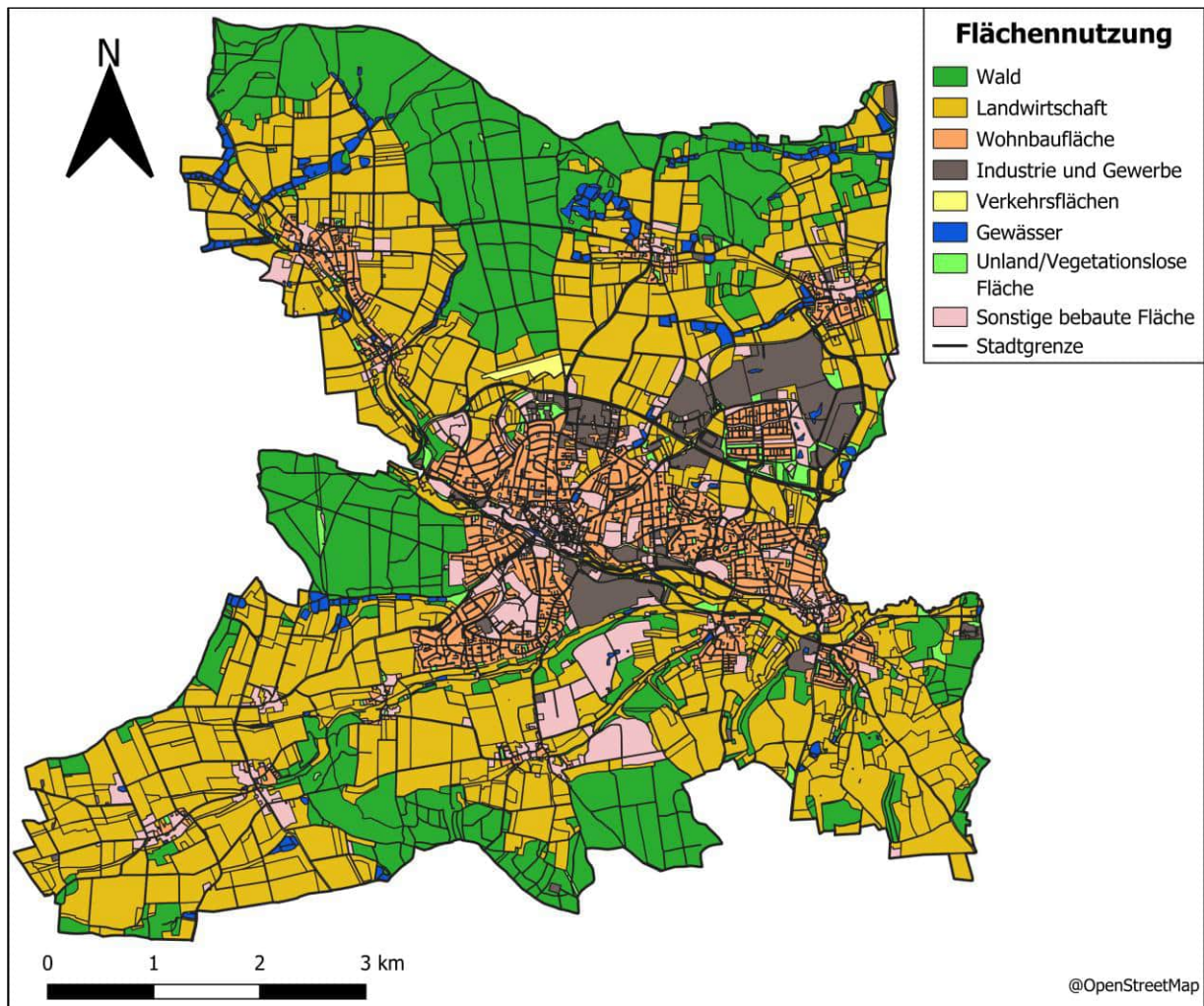


Abbildung 7: Flächennutzung auf dem Stadtgebiet Herzogenaurach

## 4.2.2 Siedlungsstruktur

Zum Zwecke des Datenschutzes und der besseren Veranschaulichung wird das bebaute Gebiet in kleinere Baublöcke eingeteilt. Die Einteilung verläuft größtenteils entlang von Straßen oder natürlichen Grenzen, wie zum Beispiel Flüssen. Es wird versucht, möglichst Gebiete mit gleicher Größe und gleicher Baualtersklassen zu definieren. Bei Industrie und verwinkelten Bebauungsgebieten können die Größe der unterschiedlichen Baublöcke variieren.

In Abbildung 8 ist die Siedlungsentwicklung aufgezeigt. Diese wurde anhand von durch die Stadt zur Verfügung gestellten Plänen, des "Kurzgutachten Bayern" [3] und des Zeitreise-Tools des Bayernatlas [11] erstellt. Die historische Altstadt geht bis ins Mittelalter zurück. Der Großteil der Siedlungen entstand ab den 1950er Jahren, wobei der Ausbau bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt kontinuierlich andauert hat. Die Herzo Base stellt den neuesten Stadtteil dar.

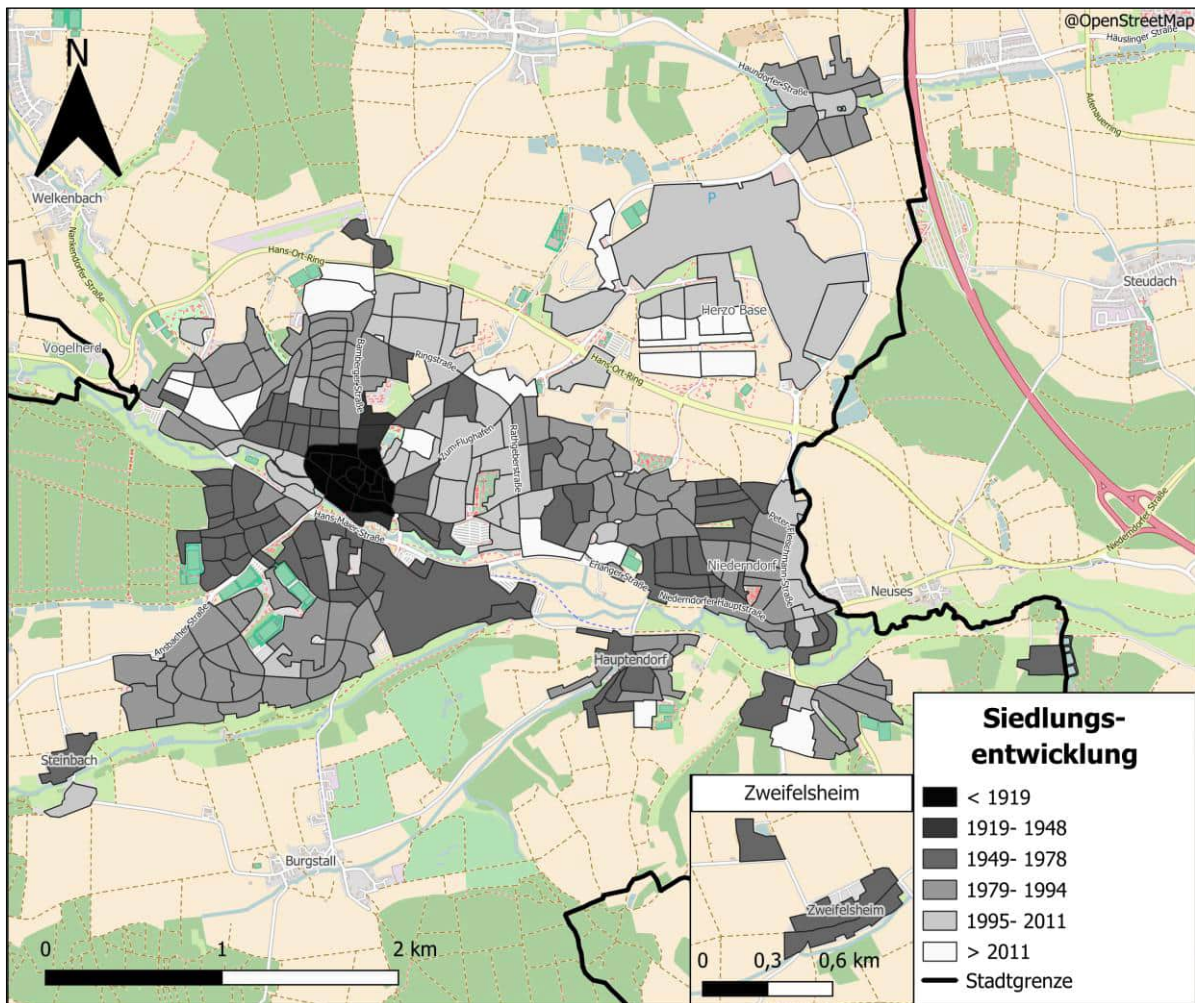


Abbildung 8: Siedlungsentwicklung der Stadt Herzogenaurach

In Abbildung 9 sind die Baublöcke nach ihrer Hauptnutzung eingeteilt. Dabei wird unterschieden zwischen:

- **Wohngebiet** (vorwiegend privat genutzte Häuser oder Wohnungen)
- **Industrie & Gewerbe** (Fabriken, Werkstätten, Geschäfte, Dienstleistungsbetriebe)
- **Öffentliche Gebäude** (Schulen, Kindergärten, Kirchen, Rathäuser, Krankenhäuser, Polizei usw.)
- **Mischgebiet** (Flächen, auf denen verschiedene Nutzungen eng beieinander liegen)

Ein Mischgebiet liegt vor, wenn zum Beispiel im selben Block sowohl Wohnhäuser als auch kleinere Gewerbebetriebe oder öffentliche Einrichtungen stehen, ohne dass eine Nutzung eindeutig dominiert.

Gewerbe- und Industriegebiete befinden sich vorwiegend im Norden sowie im Südosten der Stadt. Ansonsten bestehen die meisten Flächen aus Wohngebieten. Öffentliche Einrichtungen können sowohl in klar ausgewiesenen „Öffentliche“-Blöcken als auch in Mischgebieten bzw. vereinzelt in Wohngebieten zu finden sein.

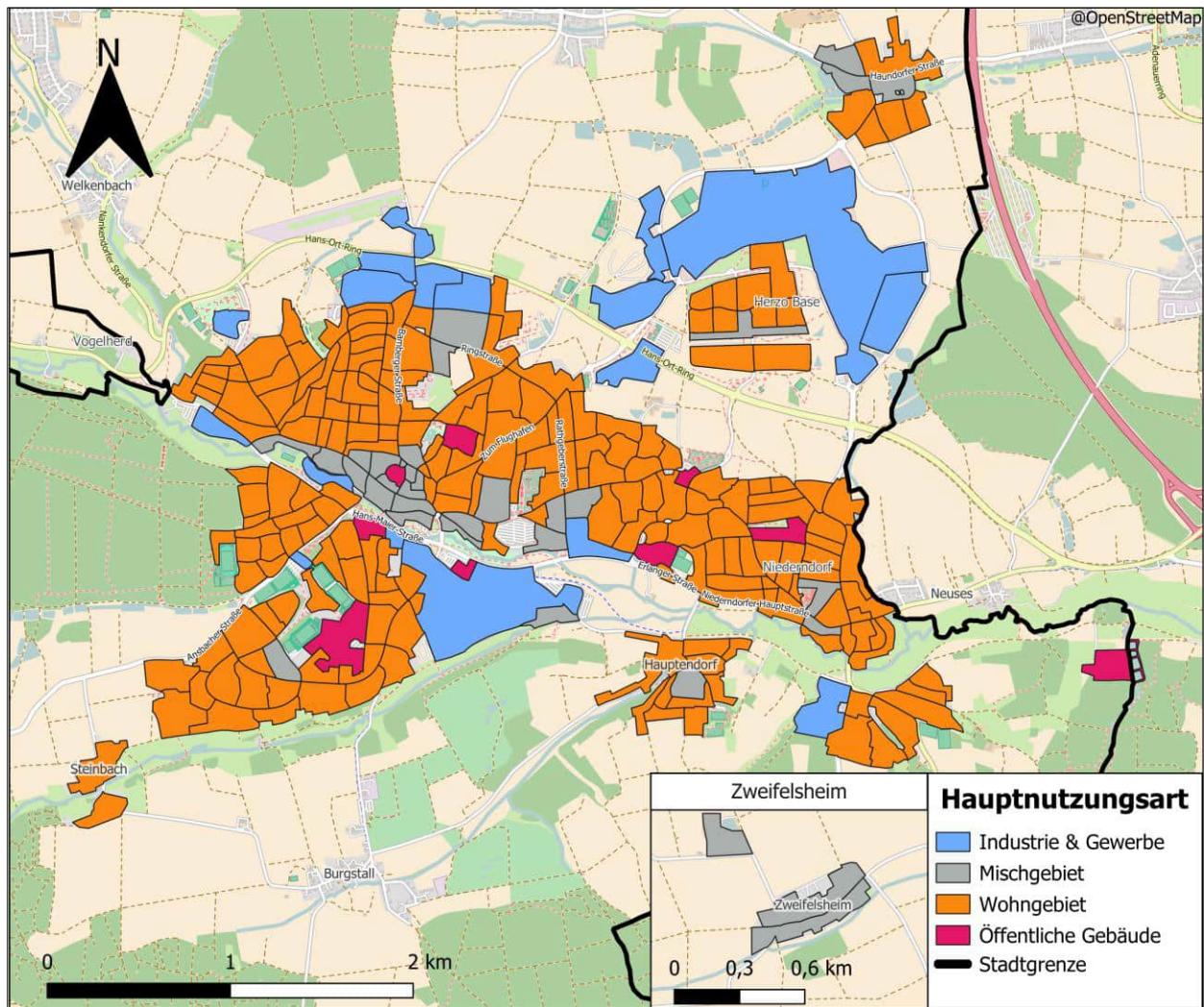


Abbildung 9: Baublöcke unterschieden nach Nutzungsarten

Abbildung 10 zeigt, welche Gebäudetypen in den einzelnen Baublöcken überwiegen. Die Kategorien lauten:

- **EFH (Einfamilienhäuser)**
- **MFH (Mehrfamilienhäuser)**
- **Industrie und Großgewerbe** (Fabrikhallen, Produktionsstandorte, Bürokomplexe)
- **GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen)**
- **Sonstige** (hierunter fallen öffentliche Gebäude, da sie keinem einheitlichen Gebäudetyp entsprechen)

Wohngebiete wurden in „EFH“ und „MFH“ unterteilt, Industrie- und Gewerbeflächen in „Industrie“ und „GHD“. Öffentliche Gebäude sind in der Legende als „Sonstige“ zusammengefasst. In Mischgebieten wurde jeweils der jeweilige Gebäudetyp farblich markiert, der zahlenmäßig am meisten vertreten ist – meist sind das EFH, MFH oder GHD. Da in Mischgebieten jedoch unterschiedliche Bautypen oft ungefähr gleich stark vorkommen, lässt die Bezeichnung „überwiegend“ dort keine ganz genaue Festlegung zu.

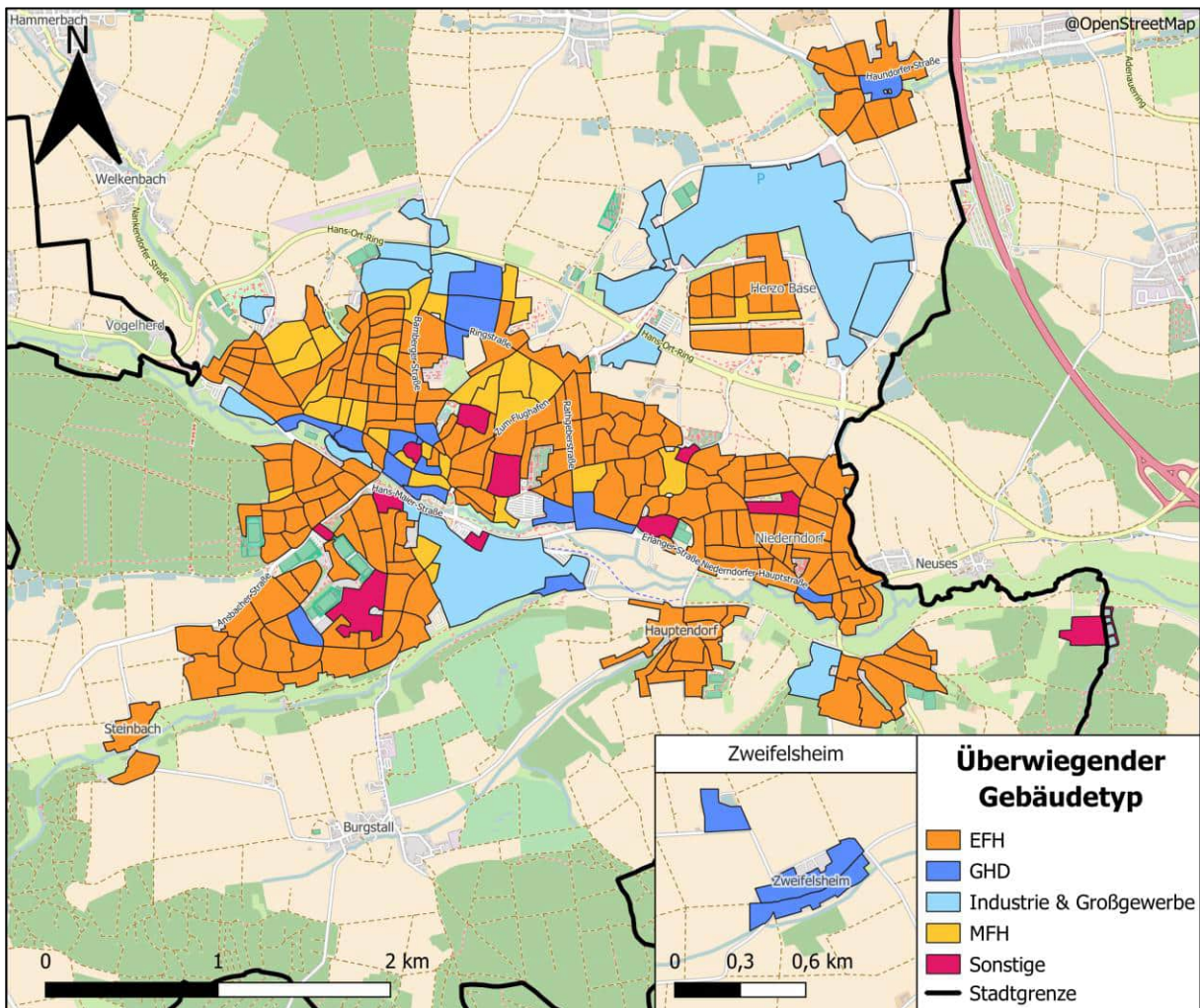


Abbildung 10: Baublöcke unterschieden nach überwiegendem Gebäudetyp

### 4.3 Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze

Für die Potenzialanalyse sowie die Planung der zukünftigen Energieversorgung ist die Beschreibung der Ist-Situation der erste Schritt. Daher werden im folgenden Kapitel die auf dem Stadtgebiet bestehenden Energieerzeugungsanlagen sowie die Energieinfrastruktur untersucht.

#### 4.3.1 Energieerzeugungsanlagen

Die Bestandsanalyse zu Energieerzeugungsanlagen basiert auf den Daten des Marktstammdatenregisters [12] sowie des Energie-Atlas-Bayern [8]. Die größten Energieerzeugungsanlagen sowie die größeren PV-Anlagen sind in Abbildung 11 und Abbildung 12 eingezeichnet.

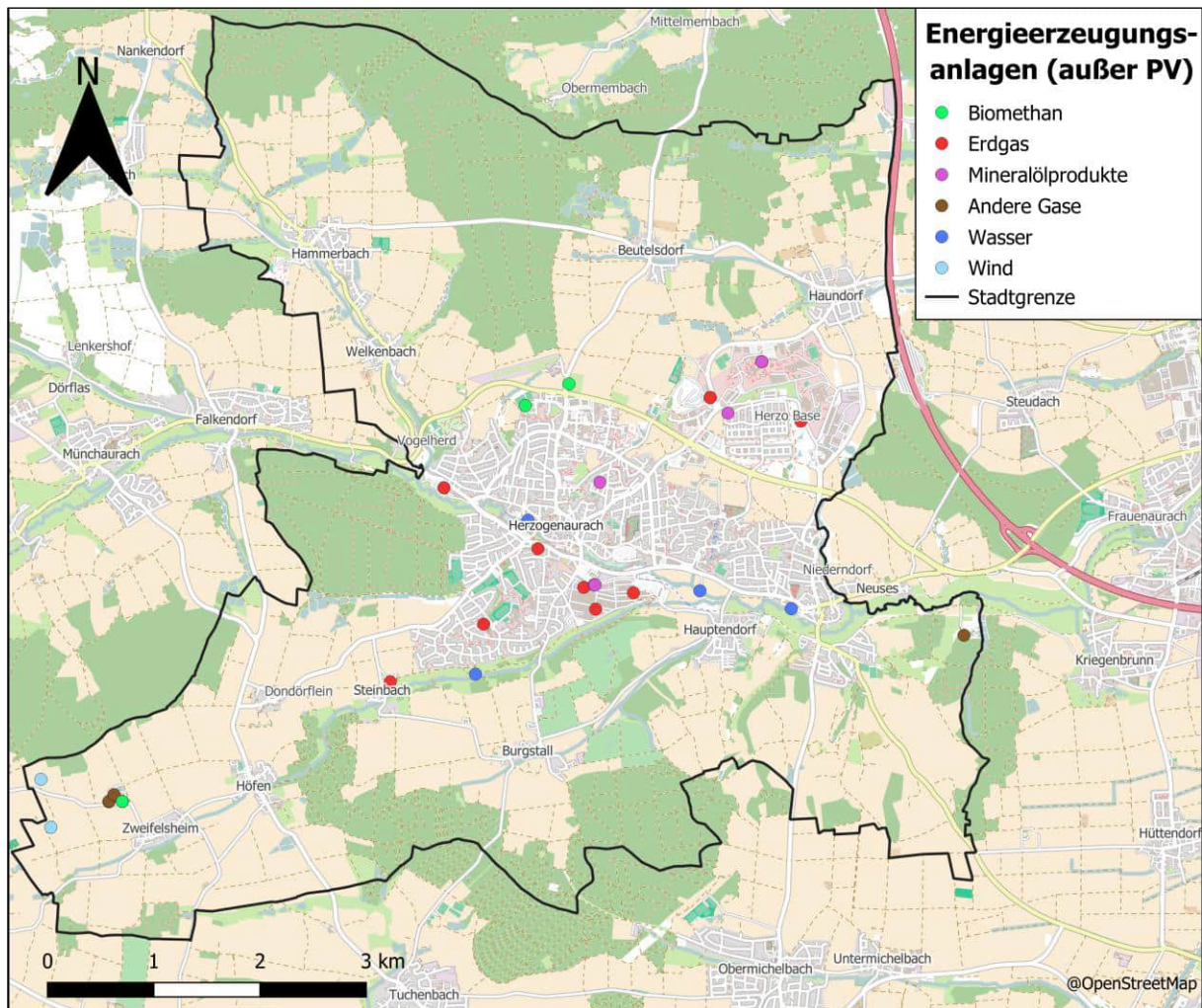


Abbildung 11: Standorte größerer Energieerzeugungsanlagen

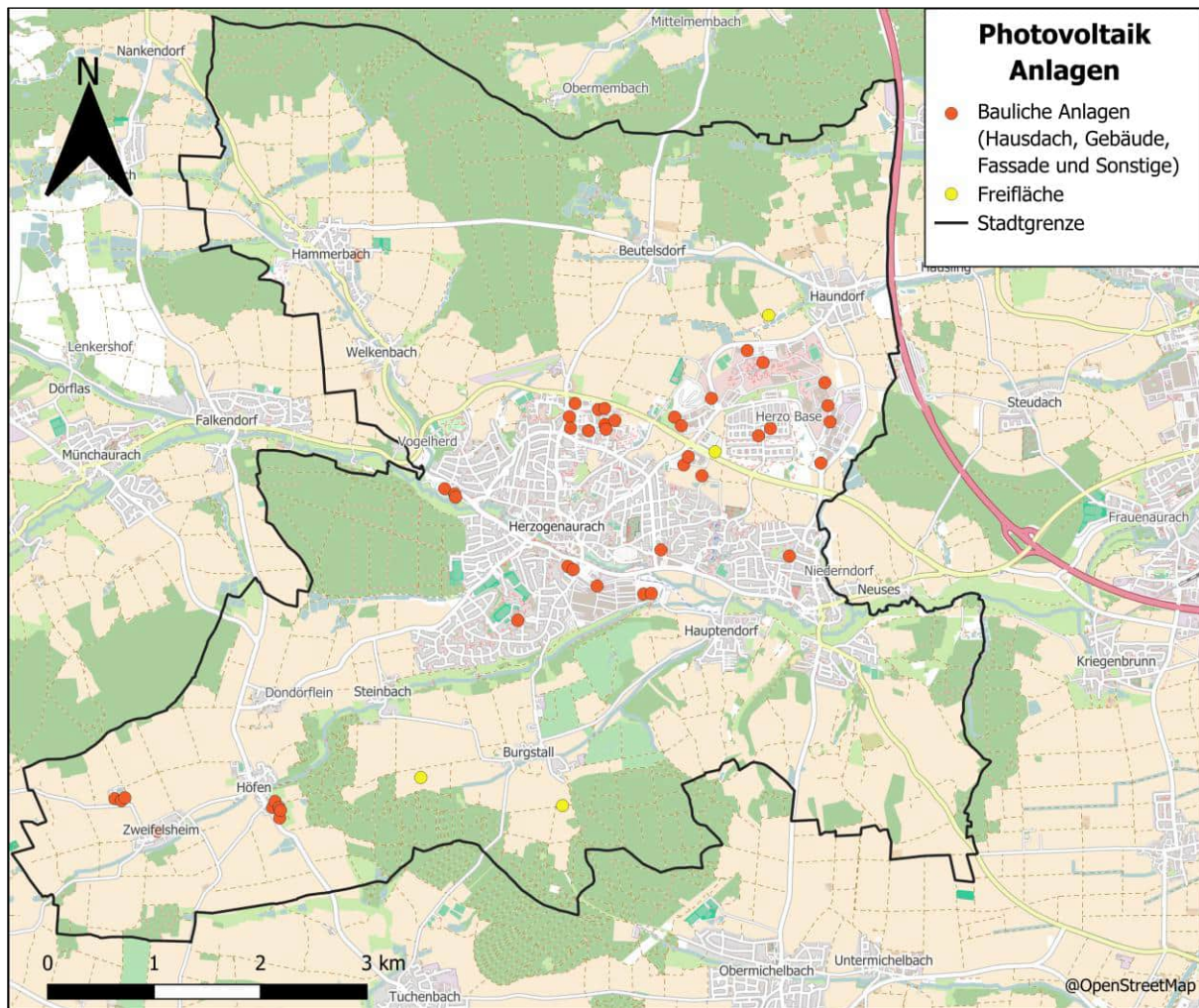


Abbildung 12: Standorte größerer Energieerzeugungsanlagen

Auf dem Stadtgebiet sind ca. 2.000 PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 31,5 MW installiert. Dabei handelt es sich um Aufdachanlagen auf Wohn- und Industriegebäuden oder Balkonsolaranlagen sowie mehrere PV-Freiflächenanlagen. Bei den meisten Anlagen beträgt die installierte Leistung pro Anlage weniger als 100 kWp. Südlich und westlich des Ortsteils Burgstall sind seit Kurzem zwei große Freiflächen der Herzo Werke GmbH mit zusammen insgesamt 13,2 MW in Betrieb. Darüber hinaus sind mehrere größere Anlagen in Planung (wie zum Beispiel 8,8 MW westlich von Haundorf, wovon 5,6 MW bereits gebaut sind). Im Süden des Stadtgebiets werden 2 Windkraftanlagen betrieben. Das Wärmenetz in der Kernstadt wird durch 4 Blockheizkraftwerke und 3 Gaskessel, welche als Energieträger Biomethan und Erdgas verwenden, und sich an zwei Standorten im Norden des Stadtgebiets befinden, gespeist. In Zweifelshaus gibt es ein kleines mit Biogas betriebenes Wärmenetz. Es gibt insgesamt 49 fossile Blockheizkraftwerke mit einer gesamten elektrischen Leistung von 16,9 MW sowie 9 Biogas-BHKWs mit einer Leistung von 3,4 MW. Es wird jeweils eine Volllaststundenzahl von 4.500 Stunden pro Jahr angenommen [13]. Zudem sind vier kleinere Laufwasserkraftwerke im Stadtgebiet vorhanden. Anlagen in Planung sind nicht in den aufgeführten Leistungen bzw. Energiemengen enthalten oder in den Abbildungen eingezeichnet.

Tabelle 6 listet die thermische und elektrische Leistung sowie die jährlich erzeugte Wärme- und Strommengen aller Energieerzeugungsanlagen nach Marktstammdatenregister und Angaben des Wärmenetzbetreibers Herzo Werke GmbH auf.

*Tabelle 6: Therm. und elektr. Leistungen bzw. Energiemengen der Wärmenetze und Stromerzeugungsanlagen nach Marktstammdatenregister*

Erzeugungsart	Thermische Leistung [MW]	Erzeugte Wärmemenge [MWh/a]	Elektrische Leistung [MW]	Erzeugte Strommenge [MWh/a]
Wärmenetz-zentralen <small>(Erdgas &amp; Biomethan)</small>	18,2	38.271	k.A.	15.400
Photovoltaik	-	-	31,5	29.800
Windenergie	-	-	2,4	4.700
Biomasse (Biogas)	k.A.	k.A.	1,4	1.800
Wasserkraft	-	-	0,8	3.200
Fossile Energieträger	k.A.	k.A.	15,6	72.300
Stromspeicher	-	-	9,4	-

Zum Zeitpunkt der Datenauswertung wurde das Wärmenetz in Herzogenaurach aus zwei Heizzentralen gespeist.

Die Wärmeerzeugung im Rahmen des Wärmenetzes erfolgt auf Grundlage von drei erdgasbetriebenen Kesselanlagen mit einer Nennwärmeleistung von insgesamt 15 MW (Wärmenetz-zentrale 1). Zudem stehen in Wärmenetz-zentrale 1 drei Blockheizkraftwerke zu Verfügung. Zusammen mit einem extern zugeschalteten Blockheizkraftwerk in Wärmenetz-zentrale 2 ergibt sich die Wärmeleistung der vier Blockheizkraftwerke zu insgesamt 3,15 MW. Die Blockheizkraftwerke werden aktuell mit Erdgas sowie bilanziellem Biomethan betrieben.

Die Netzverluste bezogen auf die Einspeisemenge belaufen sich im Durchschnitt auf ca. 12 Prozent. Zusätzlich ist ein Pufferspeicher mit einem Volumen von 160 m<sup>3</sup> vorhanden.

Der 2025 fertiggestellte BEW-Transformationsplan sieht eine Erweiterung des bestehenden Wärmenetzes sowie die Umstellung der Nutzung von fossilen Energieträgern hin zu nachhaltigen Energieträgern vor.

Abbildung 13 zeigt graphisch die installierte elektrische Leistung und den anhand von exemplarischen Volllaststunden berechneten elektrischen Ertrag auf dem Gebiet der Stadt Herzogenaurach.

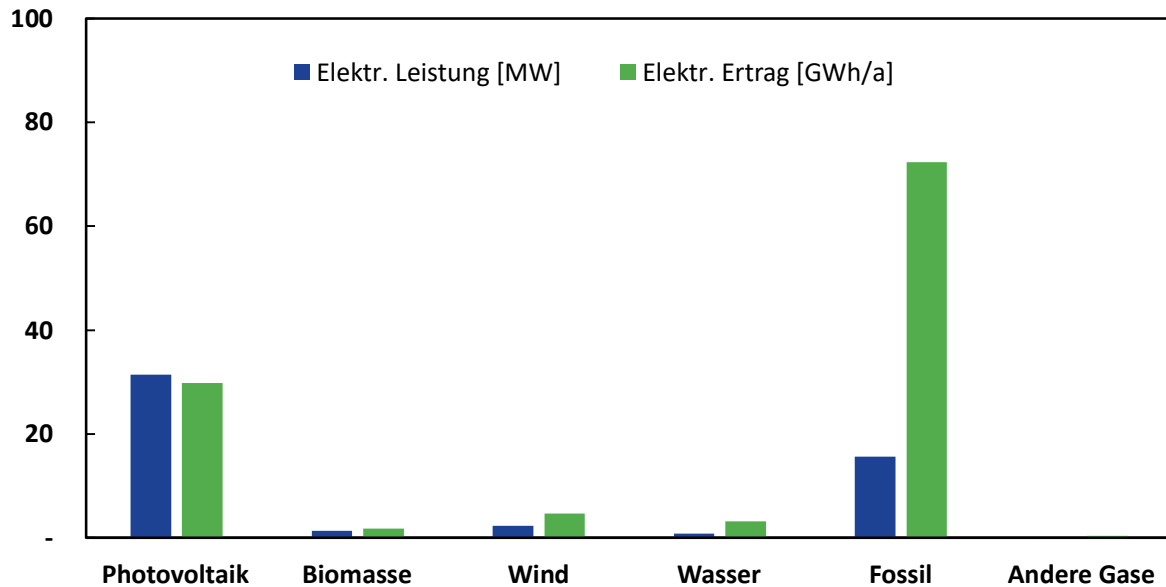


Abbildung 13: Elektrische Leistungen und Erträge nach Marktstammdatenregister

#### 4.3.2 Analyse dezentraler Wärmeerzeuger

Zur Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger werden die Kaminkehrer-Daten, welche durch das Bayerische Landesamt für Statistik bereitgestellt werden, ausgewertet. Es sind alle Heizungen kleiner 100 kW Nennleistung dargestellt, um große industrielle Anlagen zur Prozesswärmebereitstellung auszuklammern. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass kleinere industrielle Anlagen weiterhin enthalten sind. Daher weichen diese Leistungen von den für die Energiebilanz der Haushalte & Kleingewerbe angenommenen Werte ab. Für eine bessere Vergleichbarkeit in Bezug auf die Fortschreibungen des Wärmeplans sind hier die Rohdaten der Kkehrbuchdaten aufgelistet. Zusätzlich werden die (Nah)wärmeanschlüsse und die Anzahl der Wärmepumpen und Stromheizungen mitbetrachtet. Abbildung 14 zeigt graphisch die relative Anzahl der Zentralheizungen von Gebäuden aufgeteilt nach Energieträger inklusive der Übergabestationen des Wärmenetzes in Herzogenaurach auf. Die absoluten Werte sind in Tabelle 7 dargestellt. Etwas mehr als die Hälfte der Anlagen sind gasbefeuert. Tabelle 8 zeigt die absoluten Werte der Einzelraumfeuerstätten. Hier überwiegt der Energieträger der festen Biomasse insbesondere Scheitholzöfen. Die Datengrundlage der Kkehrbuchdaten lässt lediglich eine Abschätzung des durchschnittlichen Alters über alle dezentralen Wärmeerzeugeranlagen zu. Das durchschnittliche Alter einer dezentralen Wärmeerzeugeranlage in Herzogenaurach beträgt 19,7 Jahre. Damit sollte ein Großteil der Heizungen in den nächsten 10 – 15 Jahren getauscht werden müssen, wobei einzelne Ausreißer hier mitbetrachtet sind. Somit ist diese Einschätzung mit Unsicherheiten behaftet.

Zusätzlich zu den Kkehrbuchdaten werden die Ergebnisse des Zensus 2022 ausgewertet. Ein Vergleich der Zentralheizungen nach Energieträgern ist aufgrund der abweichenden Datengrundlage des Zensus nicht möglich. Die Gesamtzahl der Zentralheizungen weicht im Zensus im Vergleich zu den Kaminkehrer-Daten um ca. 27 Prozent ab. Diese Abweichung stammt

unter anderem daher, dass im Zensus nur bewohnte Gebäude betrachtet werden, womit die Anzahl der Heizungen geringer ist als in den Kkehrbuchdaten.

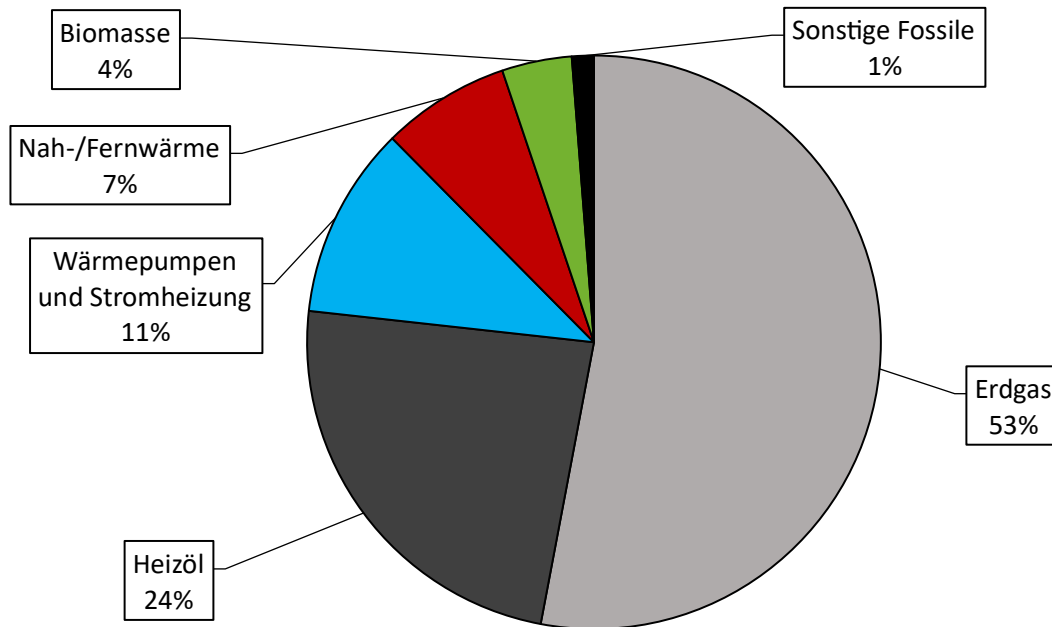


Abbildung 14: Auswertung Kaminkehrer-Daten Zentralheizungen

Tabelle 7: Auswertung Kaminkehrer-Daten Zentralheizungen

Energieträger	Anzahl Anlagen	Mittlere Leistung [kW]
Erdgas	3.684	23,9
Heizöl	1.653	26,6
Biomasse	274	26,1
Sonstige Fossile	86	26,1
Nah-/Fernwärme	503	46,6
Wärmepumpen und Stromheizung	754	2,6

Tabelle 8: Auswertung Kaminkehrer-Daten Einzelraumfeuerstätten

Energieträger	Anzahl Anlagen	Mittlere Leistung [kW]
Scheitholz	3.347	8,2
Pellets	45	8,7
Hackschnitzel	0	-
Sonstige Biomasse	5	11,7
Kohle	17	5,9

Abbildung 15 zeigt die Kaminkehrer-Daten auf die jeweiligen Baublöcke aufgeteilt. Hierbei handelt es sich um den Anteil der Energieträger an der Anzahl an Wärmeerzeuger im Baublock. Die Leistung kann hier durch die geringe Datenqualität der Ausgangsdaten nicht dargestellt werden. Auch sind hier Einzelraumheizungen mit betrachtet, was die hohe Zahl an fester

Biomasse in den außenliegenden Ortsteilen erklärt. Da die Kaminkehrer-Daten lediglich straßenzugsweise vorhanden sind, hat die Graphik eine gewisse Ungenauigkeit. Dennoch lässt sich die Heizstruktur sowie der Versorgungsbereich der Nahwärme der Stadt Herzogenaurach erkennen.

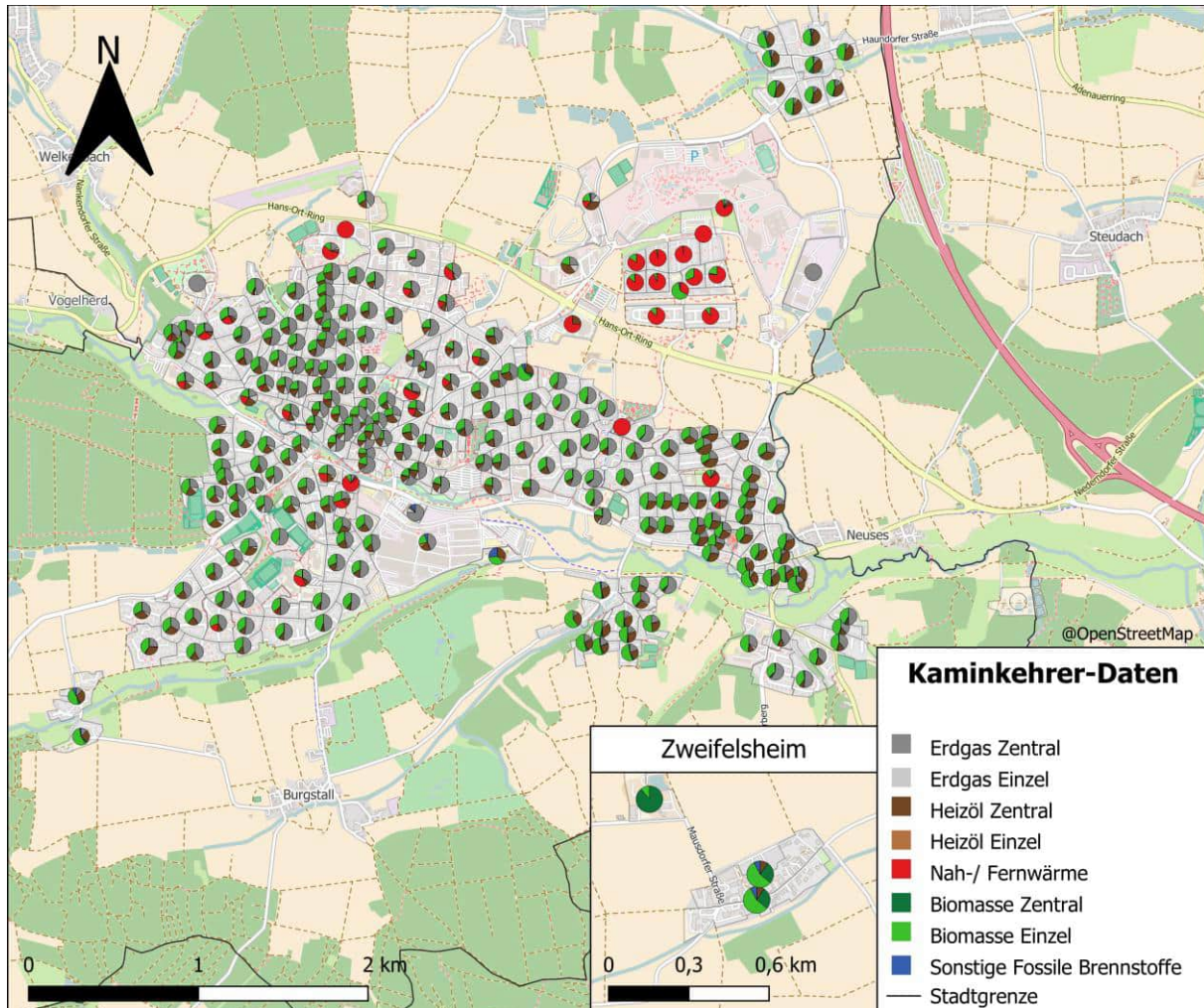


Abbildung 15: Auswertung der Kaminkehrer-Daten auf Baublockebene. Hier dargestellt ist der Anteil der jeweiligen Energieträger an der Anzahl der im Baublock eingesetzten dezentralen Wärmeerzeuger mit Hausanschlüssen der Nahwärme.

Zur Darstellung von Gebieten mit hohem Anteil an Wärmepumpen und Stromspeicherheizung werden die Daten des Zensus 2022 ausgewertet. Diese liegen in einer Auflösung von 100x100 Metern vor. Abbildung 16 zeigt das Ergebnis der Auswertung. Von dem Stromversorger wurden die Stromverbräuche auf die ganze Stadt bezogen aufsummiert, aufgeteilt in Tarif- und Sondervertragskunden, sowie den Absatz an Heizstrom. Die Anzahl der Heizstromtarife liegt nicht vor. Es ist zu sehen, dass sich die Verwendung strombasierter Heizungen über das ganze Stadtgebiet verteilt. In Zweifelsheim liegt keine bekannte Nutzung vor. Dennoch ist die Anzahl an Wärmepumpen und Stromheizungen mit einem Anteil von 7 Prozent an den dezentralen Wärmeerzeugern gering.

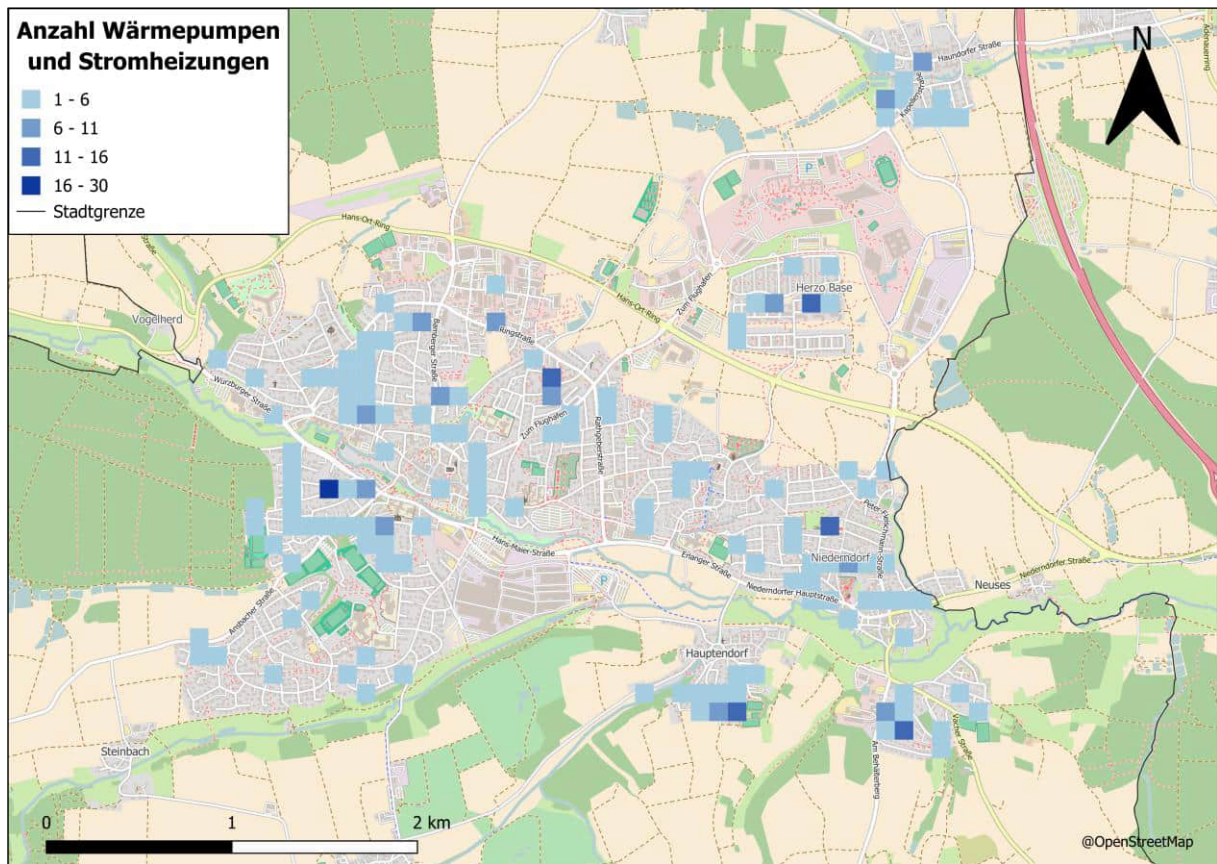


Abbildung 16: Auswertung Zensus 2022 Wärmepumpen und Stromspeicherheizungen

### 4.3.3 Versorgungsnetze der Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung eines Gebäudes kann laut Wärmeplanungsgesetz zentral oder dezentral erfolgen. Eine zentrale Wärmeversorgung liegt vor, wenn ein Gebäude entweder an einem Wärme- oder einem Gasnetz angeschlossen ist. Falls keine leitungsgebundene Energieversorgung vorhanden ist, handelt es sich um eine dezentrale Wärmeversorgung. Abbildung 17 zeigt die leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Baublöcken auf. In der Kernstadt von Herzogenaurach, der Herzo Base sowie den Ortsteilen Haundorf, Hauptendorf und Steinbach gibt es in nahezu allen Baublöcken ein umfassendes Gasnetz. In Teilen der Kernstadt sowie der Herzo Base ist ein Wärmenetz verbaut, welches von zwei Standorten aus durch die Verbrennung von Biomethan und Erdgas versorgt wird. Betreiber sind die Herzo Werke GmbH. Des Weiteren gibt es ein Nahwärmenetz in Zweifelsheim betrieben von der Heintl und Sohn GbR. Jedoch sind in den markierten Baublöcken nicht alle Gebäude auch an die existierenden Netze angeschlossen. In den anderen außenliegenden Ortsteilen gibt es keine Wärme- und Gasnetze.

Das bestehende Wärmeverteilungsnetz der Herzo Werke GmbH hat eine Gesamtlänge von 21,5 km. Davon sind 18,0 km Verteilleitungen und 3,5 km Hausanschlussleitungen. Es handelt sich bei dem Bestandwärmenetz um ein heißes Wärmenetz mit einer definierten Auslegungs-Netztemperatur von 102/60 °C (Spreizung 42 K). Der Vorlaufdruck direkt an der Wärmenetz-zentrale liegt bei ca. 7,5 bar. Es sind 500 Netzanschlüsse realisiert.

Die aktuelle Gesamtlänge des seit 1977 bestehenden Erdgasnetzes beträgt ca. 148 km. Die Druckebenen sind 2,4 bar und 23 mbar, zurzeit existieren 3.570 Anschlüsse. Die bislang höchste gemessene Jahreshöchstlast beträgt 100 MW.

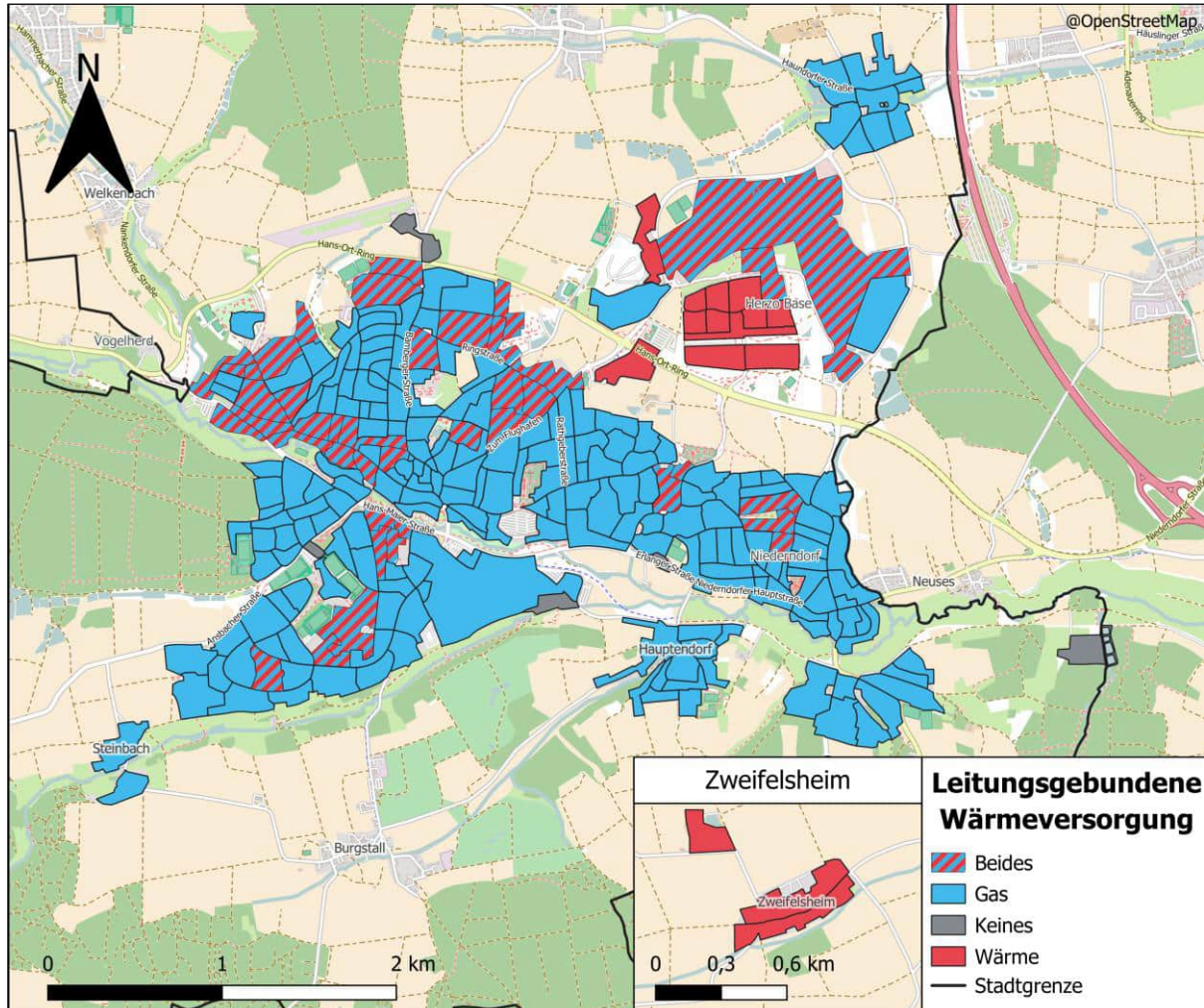


Abbildung 17: Leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Baublöcken

#### 4.3.4 Stromversorgungsnetze

Es ist wichtig, den Sektor Wärme nicht einzeln zu betrachten. Die Idee der Sektorenkopplung sollte bei jedem Energiekonzept mitbedacht werden. Da voraussichtlich in naher Zukunft die Nutzung von Strom zur Wärmeengewinnung stärker in Anspruch genommen wird (primär durch den Einsatz von Wärmepumpen), ist in Abbildung 18 das Hochspannungs-Stromnetz im Betrachtungsgebiet dargestellt. Da die Stromversorgung zur kritischen Infrastruktur gehört, sind hier lediglich die im Energie-Atlas Bayern [8] aufgezeichneten Stromtrassen dargestellt. Der Kommune liegen die Verläufe der Mittelspannungsleitungen als auch der Standorte der Trafos vor. Im Süden der Kernstadt befindet sich ein Umspannwerk.

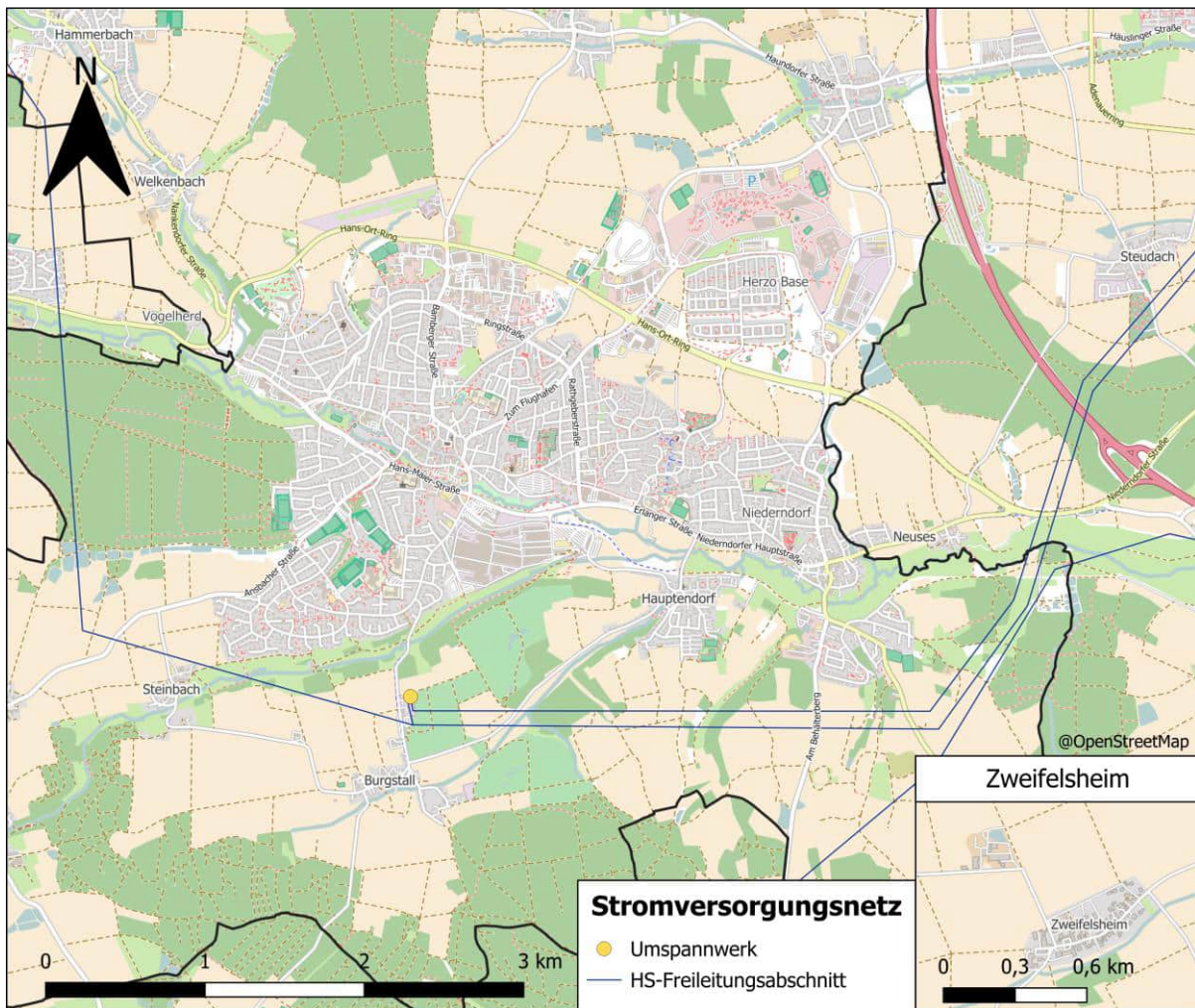


Abbildung 18: Stromversorgungsnetze auf dem Stadtgebiet

#### 4.3.5 Abwasserkanalnetz

Abwärme aus Abwasser stellt ein großes Potenzial dar. Allerdings muss dafür ein bestimmter Volumenstrom gegeben sein. Daher wird in Abbildung 19 nur das Kanalnetz mit einem Durchmesser von größer als 800 mm angezeigt. Zudem sind der Standort der Kläranlage und der Abwasserbecken zu sehen. Bei den hier betrachteten Kanälen handelt es sich um Mischwasserkanäle. Leitungen für ausschließlich Regenwasser werden nicht aufgezeigt, da ein konstanter Volumenstrom für die Gewinnung von Wärme aus Abwasser notwendig ist.

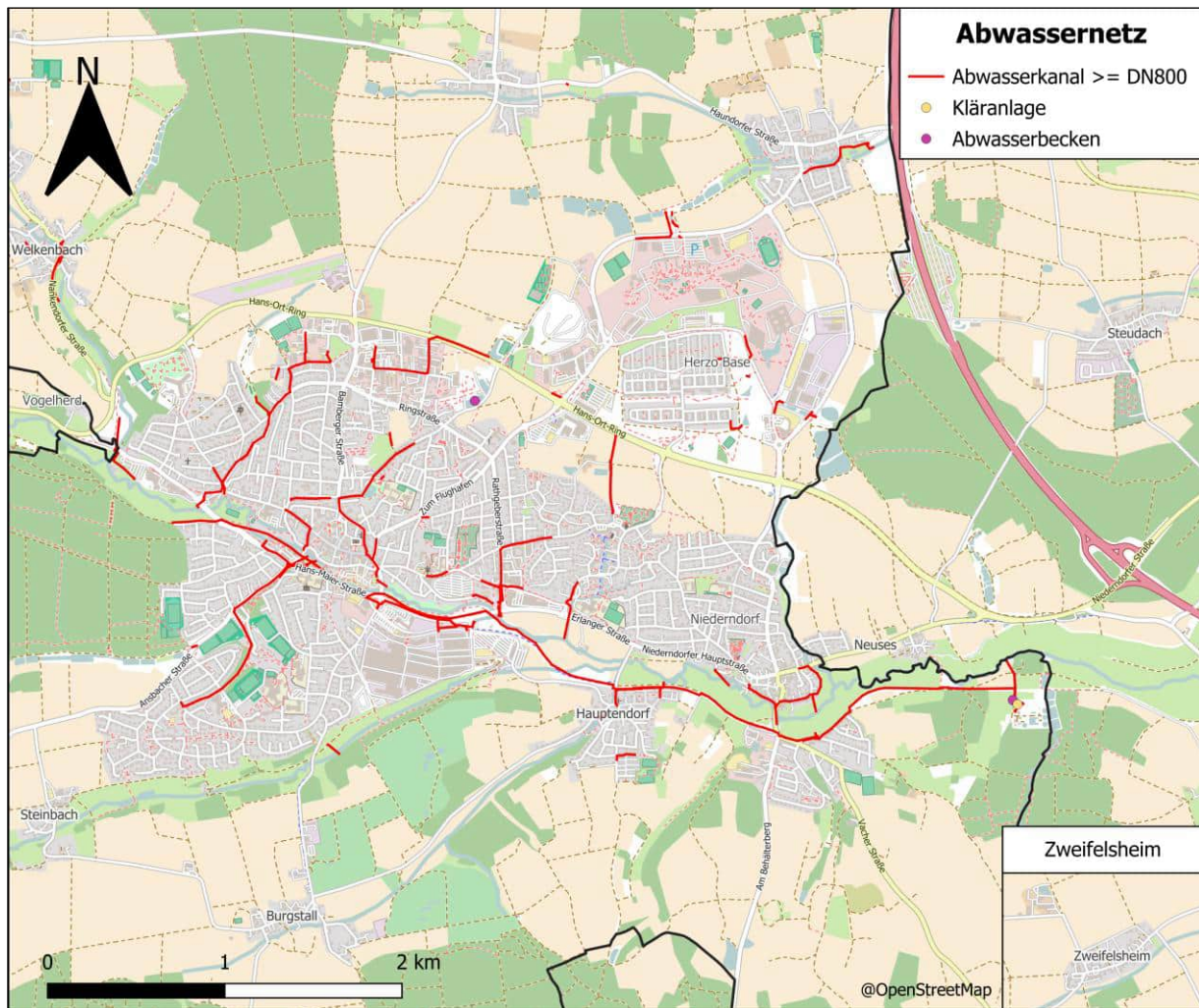


Abbildung 19: Kanalnetz mit Durchmesser größer/ gleich 800 mm, Kläranlage und Abwasserbecken

## 4.4 Energiebilanz Wärme

Im Folgenden werden die Wärmeverbräuche für die verschiedenen Verbrauchergruppen analysiert. Zuerst wird die Methodik der Energiebilanz erläutert.

### 4.4.1 Methodik Energiebilanz des IST-Zustands

Für die Analyse der bestehenden Wärmeerzeugungsstruktur und der jährlichen Wärmeverbräuche werden sowohl die Daten der Kaminkehrer, übermittelt durch das Landesamt für Statistik, sowie die durch die Netzbetreiber Herzo Werke GmbH übergebenen Erdgas-, Wärmenetz- und Stromverbräuche ausgewertet. Die tatsächlichen Verbräuche des Energieversorgers liegen aufsummiert und in Kundengruppen aufgeteilt vor (Sondervertragskunden und Tarifikunden). Dabei werden die Tarifikunden der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher zugewiesen und die Sondervertragskunden auf Öffentliche Einrichtungen (anhand der von der Kommune übergebenen tatsächlichen Verbrauchswerte der Gebäude) und Industrie & Großverbraucher aufgeteilt. Es werden zusätzlich die Fragebögen der Industrie ausgewertet. Eine separate Betrachtung von Raumwärme und Warmwasserbereitung ist aufgrund der Datenlage nicht möglich.

Da es sich bei den Jahren 2022 und 2023 um energetische Krisenjahre mit abweichendem Verbrauchsverhalten handelt und 2023 darüber hinaus ein überdurchschnittlich warmes Jahr war [14], während 2021 ein überdurchschnittlich kaltes Jahr darstellte [15], wird bei den Verbrauchsdaten soweit möglich auf die Mittelwerte der Jahre 2020 und 2024 zurückgegriffen. In der Nah- und Fernwärme wird aufgrund des starken Zubaus in den letzten Jahren der Wert des Jahres 2024 verwendet.

Bei den Kkehrbuchdaten werden für jede Straße folgende Angaben aufgeführt:

- Gesamtanzahl der Heizungen
- Durchschnittsalter der Heizungen
- Mittlere Nennwärmeleistung aller Anlagen
- Anteil fossiler Energieträger
- Anzahl der Zentral- und Einzelraumheizungen (Etagenheizungen zählen zu Zentralheizungen)
- Anzahl der Anlagen in den folgenden Energieträgern:
  - Gase
  - Heizöl
  - Feste Biomasse
  - Sonstige fossile Energieträger

Ebenfalls aufgeführt aber nicht mitbetrachtet sind die Anlagen in folgenden beiden Energieträgerkategorien: Sonstige Erneuerbare Energien, für die eine Gesamtanzahl von 7 auf dem gesamten Stadtgebiet angegeben ist, und „Sonstige (Keine Zuordnung nach 1. BImSchV, Keine Angaben etc.)“, für welche eine Gesamtzahl von 0 angegeben ist.

Aus Datenschutzgründen werden Straßen in den Kaminkehrer-Daten, in denen nur eine oder zwei Anlagen eines Energieträgers vorkommen, teilweise verschlüsselt. Das bedeutet, dass neben dem betroffenen Energieträger auch andere Werte der Straße wie z.B. die Gesamtanzahl der Heizungen und die Anzahl der Zentralheizungen verschlüsselt werden, so dass nicht auf den zu schützenden Wert zurückgeschlossen werden kann. Um die Daten dennoch auswerten zu können, müssen Annahmen für das verschlüsselte Energieträgerfeld getroffen werden und damit dann die anderen Felder berechnet werden, was zwangsläufig zu Ungenauigkeiten führt.

Aus den Kkehrbuchdaten geht nicht hervor, wie sich die Anlagen pro Energieträger jeweils auf Zentral- und Einzelraumheizungen aufteilen. Unter anderem nicht angegeben sind die jeweilige mittlere Leistung jedes Energieträgers, da lediglich ein Gesamtwert pro Straße für alle Energieträger zusammen aufgelistet ist. Daher werden folgende Annahmen für die mittlere Leistung der Energieträger über alle Straßen gemittelt getroffen:

Tabelle 9: Angenommene Leistung der einzelnen Energieträger

Haushalte & Kleingewerbe	Energieträger	Leistung [kW]
Zentralheizung	Feste Biomasse [16]	21,6
	Gas	18,1
	Öl	25,0
	Sonstige Fossile	30,0
Einzelraumheizung	Feste Biomasse	8,0
	Gas	18,1
	Öl	10,0
	Sonstige Fossile	15,0

Hierbei wird für zentrale Biomasseanlagen auf den im Biomasseatlas angegebenen Mittelwert der seit 2001 durch das Marktanreizprogramm geförderter Biomasseheizungen in der Kommune zurückgegriffen [16]. Die Werte für Öl, Sonstige Fossile und Einzelraumheizung Biomasse basieren auf Erfahrungswerten. Die Werte für Gasheizungen sind für beide Heizungstypen gleich, da eine Unterscheidung aufgrund der Kehr buchdaten nicht möglich ist und der Leistungswert als Stellschraube verwendet wird, um insgesamt eine ähnliche mittlere Leistung zu erhalten wie in den Kehr buchdaten. Dafür wird zuerst ein Leistungswert für Gas ausgerechnet, indem die tatsächlichen Gasverbräuche der Standardkunden durch die Anlagenanzahl in der Kategorie Wohnen & Kleinverbraucher sowie die hier im Allgemeinen verwendete Vollbenutzungsstundenzahl von 1200 h/a geteilt und mit einem Kesselwirkungsgrad von 90 Prozent (Erfahrungsmittelwert Wirkungsgrad Verbrennungsheizung zur Berücksichtigung der auftretenden Bereitstellungsverluste – bei den Kaminkehrer-Daten wird die Nennleistung angegeben) multipliziert wird. Dieser Wert wird anschließend mit dem mittleren Wert aus den Straßen der Verbrauchsgruppe Wohnen & Kleinverbraucher verglichen. Danach kann der berechnete Wert noch minimal nach oben oder unten korrigiert werden, um die reale Situation vor Ort abzubilden. Die Volllaststundenzahl wird so angesetzt, dass multivalente Systeme wie z.B. eine Zentralheizung in Verbindung mit Kaminen, Solarthermie, Brauchwasserwärmepumpe etc. berücksichtigt sind. Der Gasverbrauch, errechnet durch die Kaminkehrer-Daten für die Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher, weicht durch diese Berechnungsmethode um < 1 Prozent von den tatsächlichen Verbräuchen der Energieversorger ab. Die mit den oben aufgelisteten Annahmen errechnete mittlere Nennleistung aller Wärme erzeuger für die Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher weicht zur angegebenen mittleren Nennleistung der Kaminkehrer-Daten um 11,4 Prozent ab. Dies ist anhand der Überdimensionierung der Anlagen und der steigenden durchschnittlichen Außentemperatur zu erklären. Somit ist die Richtigkeit der Ergebnisse der Energiebilanz durch Auswertung der Kehr buchdaten sichergestellt.

Da in den Kaminkehrer-Daten sämtliche dezentralen Wärme erzeuger im Stadtgebiet aufgelistet sind, müssen diese zunächst aufbereitet werden, um sie in die verschiedenen Verbrauchergruppen differenziert auswerten zu können. Dafür werden die Straßen nacheinander einzeln betrachtet und bestimmt, welche Verbrauchergruppen jeweils vorliegen. Für die Öffentlichen Einrichtungen liegt dafür eine Liste der Stadt einschließlich Adressen vor. Industrielle Großverbraucher werden bereits im Rahmen der Akteursbeteiligung ermittelt und um Teilnahme an einer Umfrage für Industrieunternehmen gebeten, in der unter anderem der Wärme- und

Stromverbrauch abgefragt wird. Darüber hinaus kann auch eine hohe durchschnittliche Leistung der Heizungsanlagen in einer Straße auf industrielle Verbraucher hinweisen. Häufig liegt eine Mischnutzung der Straßen vor.

Zunächst werden die Straßen mit industriellen Verbrauchern untersucht. Dafür wird im Falle von Mischnutzung abgeschätzt, wie viele Gebäude und damit Heizungsanlagen den jeweiligen Verbrauchergruppen zugeordnet werden können. Bezüglich der Aufteilung der eingesetzten Energieträger müssen ebenfalls Annahmen getroffen werden. So werden zum Beispiel Zentral- und Einzelfeuerungsanlagen Biomasse in der Regel dem Bereich Wohnen & Kleinverbraucher zugeordnet (z.B. Pelletheizungen und Kamine), während der Energieträger Sonstige Fossile überwiegend der Industrie zugewiesen wird. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Prozesswärme mehrheitlich mit Erdgas erzeugt wird. Die installierte Leistung von Biomasse, Heizöl und Sonstige Fossile aufgeteilt in Zentral- und Einzelraumheizung werden errechnet, indem die jeweilige Anlagenzahl mit der entsprechenden Leistung aus Tabelle 9 multipliziert wird. Im Bereich Wohnen & Kleingewerbe wird nach derselben Vorgehensweise verfahren. Anlagen der Industrie und öffentlicher Einrichtungen müssen abgezogen werden.

Aus der errechneten Leistung wird der Verbrauch dann anhand eines angenommenen Kesselwirkungsgrades von 90 Prozent und einer Volllaststundenzahl von 1200 h/a bestimmt. Da industrielle Prozesse sehr heterogen sind und der Einsatz von Energieträgern von Prozess zu Prozess stark schwanken kann, ist eine pauschale Annahme von Volllaststunden für die Industrie schwierig. Allerdings wird davon ausgegangen, dass die Prozesswärme überwiegend mit Erdgas erzeugt wird. Es wird angenommen, dass die restlichen Energieträger (sofern im Fragebogen durch die Unternehmen nicht anders angegeben) mehrheitlich zur Erzeugung von Raumwärme eingesetzt werden und damit eine einheitliche Volllaststundenzahl mit den anderen Verbrauchergruppen von 1200 h/a angesetzt werden kann. Die einzige Ausnahme stellen die Einzelraumheizungen Biomasse dar, die mit einer niedrigeren Volllaststundenzahl betrieben werden, es wird der Wert von 570 h/a verwendet [17]. Die Volllaststundenzahl wird so angenommen, dass multivalente Systeme wie z.B. eine Zentralheizung in Verbindung mit Kaminen, Solarthermie, Brauchwasserwärmepumpe etc. berücksichtigt sind.

Für die öffentlichen Einrichtungen liegen über die Stadt die tatsächlichen Verbrauchsdaten vor, so dass nicht auf andere Datenquellen zurückgegriffen werden muss.

Die Wärmeverbräuche aus dem Energieträger Gas und Wärme werden jeweils anhand der von dem Energieversorger übermittelten Verbräuche abgeleitet.

Zur Berechnung der durch Wärmepumpen bereitgestellten Energie wird auf die durch die Herzo Werke GmbH übermittelten Heiz- und Wärmepumpen-Stromverbräuche (nicht unterteilt in Wärmepumpen und Stromdirektheizung; Mittelwert der Jahre 2020 und 2023) sowie die Zahlen des Zensus 2022 zurückgegriffen [18]. Sondervertragskunden sind hier nicht enthalten. Im Zensus sind die in Herzogenaurach zum Heizen verwendete Energieträger verzeichnet, wobei immer der überwiegend genutzte Energieträger pro Gebäude aufgezeigt wird. Daraus wird die Anzahl von „Solar-/ Geothermie, Wärmepumpen“ vollständig übernommen, da davon ausgegangen wird, dass Solarthermie in den seltensten Fällen überwiegend zum Beheizen eines Gebäudes eingesetzt wird. Außerdem aufgeführt ist die Anzahl der Stromheizungen (ohne Wärmepumpe). Aus diesen Werten lassen sich die jeweiligen Anteile der Energieerzeuger ermitteln. Diese können dann, im Fall der Wärmepumpe zusätzlich mit der

Jahresarbeitszahl, mit dem Heizstromverbrauch multipliziert werden, um die erzeugte Wärmemenge zu enthalten. Die installierte Leistung kann durch die Division des Stromverbrauchs mit einer angenommenen Volllaststundenzahl von 1500 h berechnet werden. Aus der eingesetzten Strommenge können die anfallenden Emissionen berechnet werden. In Herzogenaurach entfallen 69 Prozent der strombezogenen Heizungen auf Wärmepumpensystem und 31 Prozent auf eine Direktstromwärmeversorgung.

Die jährlich durch Solarthermie erzeugte Wärmemenge wird errechnet mittels der im Energie-Atlas Bayern [8] verzeichneten jährlichen Wärmezeugung durch Solarthermie multipliziert mit dem Anteil der Verbrauchergruppen aus dem Solaratlas [19]. Zudem fließen die Energieverbräuche des Wärmenetzbetreibers, aufgeteilt in die einzelnen Verbrauchergruppen, in die Energiebilanz mit ein. Somit liegen die Wärmeverbräuche aufgeteilt nach Energieträgern und Verbrauchergruppen für das ganze Stadtgebiet vor. Diese werden in den folgenden Unterkapiteln aufgelistet.

#### 4.4.2 Wohnen & Kleinverbraucher

Tabelle 10 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern von der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher auf. In Abbildung 20 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

*Tabelle 10: Thermischer Endenergieverbrauch des Bereichs Wohnen & Kleinverbraucher. Aufgeteilt auf Energieträger*

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	91.000
Heizöl	65.000
Sonstige Fossile	4.600
Biomasse	24.900
Wärmepumpen und Stromheizung	6.900
Nah-/Fernwärme	8.800
Solarthermie	2.200
<b>Gesamt</b>	<b>203.400</b>

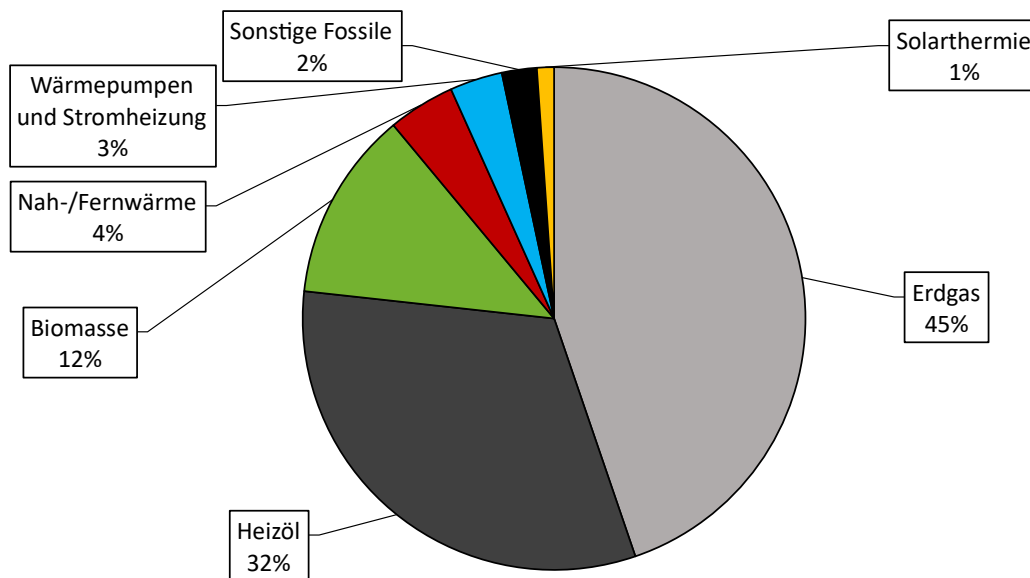


Abbildung 20: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Wohnen & Kleinverbraucher

Zu erkennen ist, dass Erdgas und Heizöl zusammen 77 Prozent der bereitgestellten Energie für Raumwärme und Warmwasser in dieser Verbrauchergruppe darstellt. Biomasse hat einen Anteil von 12 Prozent am Energieverbrauch, Nah- und Fernwärme von 4 Prozent. Wärmepumpen und Speicherheizungen, Sonstige Fossile und Solarthermie stellen den übrigen Verbrauch dar.

#### 4.4.3 Industrie & Großgewerbe

Tabelle 11 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern von Industrie & Großgewerbe auf. In Abbildung 21 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 11: Thermischer Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe. Aufgeteilt auf Energieträger

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	114.400
Heizöl	600
Sonstige Fossile	200
Biomasse	< 100
Wärmepumpen und Stromheizung	2.000
Nah-/Fernwärme	24.700
Solarthermie	< 100
<b>Gesamt</b>	<b>142.100</b>

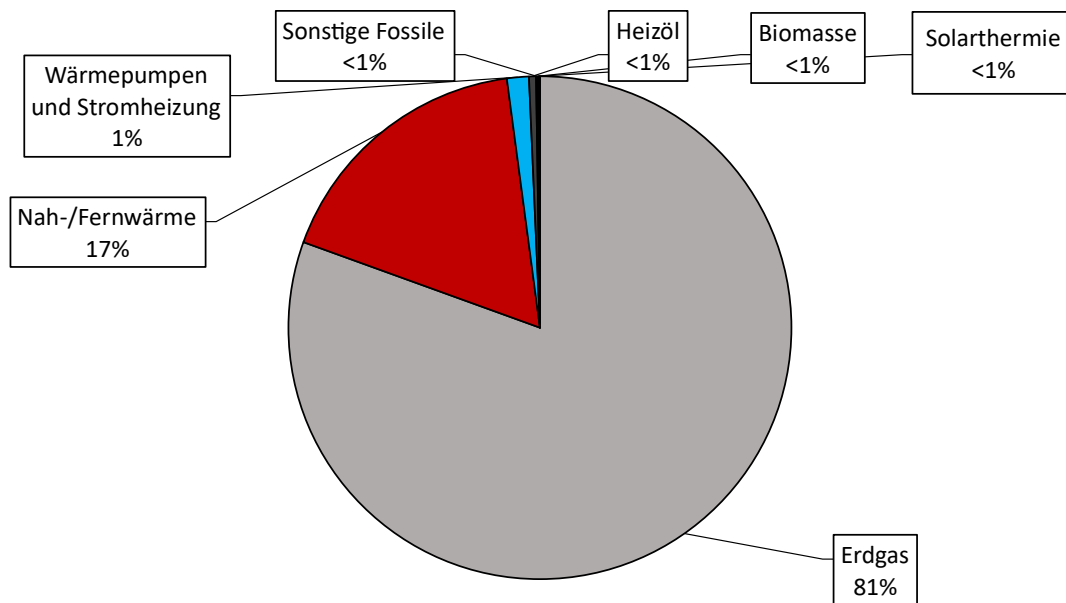


Abbildung 21: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie & Großgewerbe

Mit 81 Prozent stellt Erdgas den mit Abstand größten Anteil am Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe dar. Dies liegt daran, dass in der Industrie ein Teil der Wärmeerzeugung auf Prozesswärme zurückzuführen ist. Nah- und Fernwärme steht mit 17 Prozent an zweiter Stelle. Wärmepumpen und Stromheizung, Heizöl, Sonstige Fossile, Solarthermie und Biomasse stellen nur einen geringfügigen Anteil dar.

Eine klare Bestimmung des Anteils von Raumwärme und Prozesswärme lässt sich nicht vornehmen. Bei den im Rahmen der Wärmeplanung befragten Unternehmen, machte Prozesswärme jedoch eher einen untergeordneten Anteil aus.

#### 4.4.4 Öffentliche Einrichtungen

Tabelle 12 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern der Öffentlichen Einrichtungen auf. In Abbildung 22 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 12: Thermischer Endenergieverbrauch der öffentlichen Einrichtungen. Aufgeteilt auf Energieträger

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	6.600
Heizöl	100
Sonstige Fossile	<100
Biomasse	200
Nah-/Fernwärme	1.700
Solarthermie	<100
<b>Gesamt</b>	<b>8.700</b>

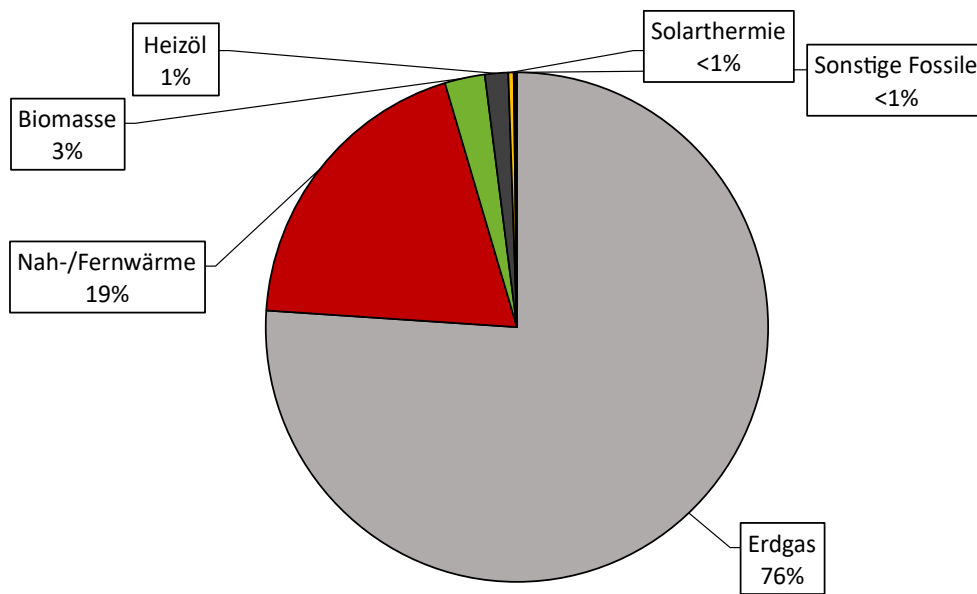


Abbildung 22: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch der Öffentlichen Einrichtungen. Aufgeteilt auf Energieträger

Erdgas stellt mit 76 Prozent den größten Anteil am Verbrauch der öffentlichen Einrichtungen dar, gefolgt von Nah- und Fernwärme mit 19 Prozent und Biomasse mit 3 Prozent. Die übrigen Energieträger liegen bei 1 Prozent und weniger. Weitere Energieträger werden nach derzeitigem Wissensstand nicht eingesetzt.

## 4.4.5 Zusammenfassung Energiebilanz Wärme

In Abbildung 23 ist die prozentuale Verteilung des Energiebedarfs von Raumwärme, Warmwasserbereitstellung und Prozesswärme aufgeteilt auf die drei Verbrauchergruppen zu sehen. Wohnen & Kleinverbraucher ist mit 57 Prozent des Gesamtwärmebedarfs die größte Verbrauchsgruppe. Es folgt Industrie & Großgewerbe mit 40 Prozent, öffentliche Einrichtungen liegen bei 3 Prozent.

Abbildung 24 zeigt die bereitgestellten Energiemengen je Energieträger für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen auf. Mit zusammen 77 Prozent stellen Erdgas und Heizöl den Großteil des Verbrauches dar. Wärmepumpen und Stromheizung haben einen Anteil von 11 Prozent, Nah- und Fernwärme von 7 Prozent, Biomasse von 7 Prozent, die anderen Energieträger machen zusammen 5 Prozent aus.

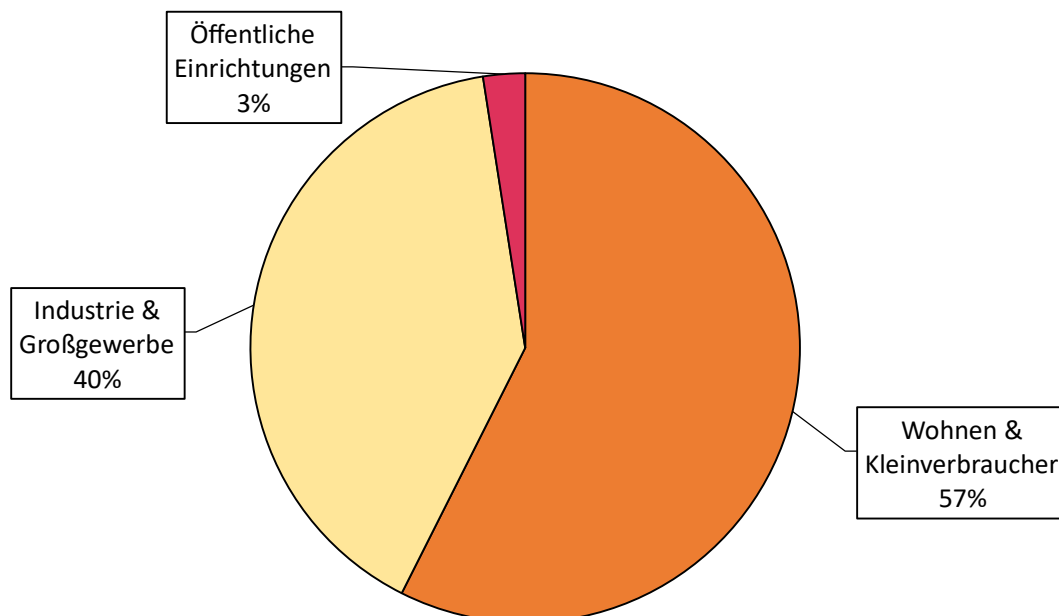


Abbildung 23: Prozentualer Energieverbrauch für Heiz- und Prozesswärme. Aufgeteilt auf Verbrauchergruppen

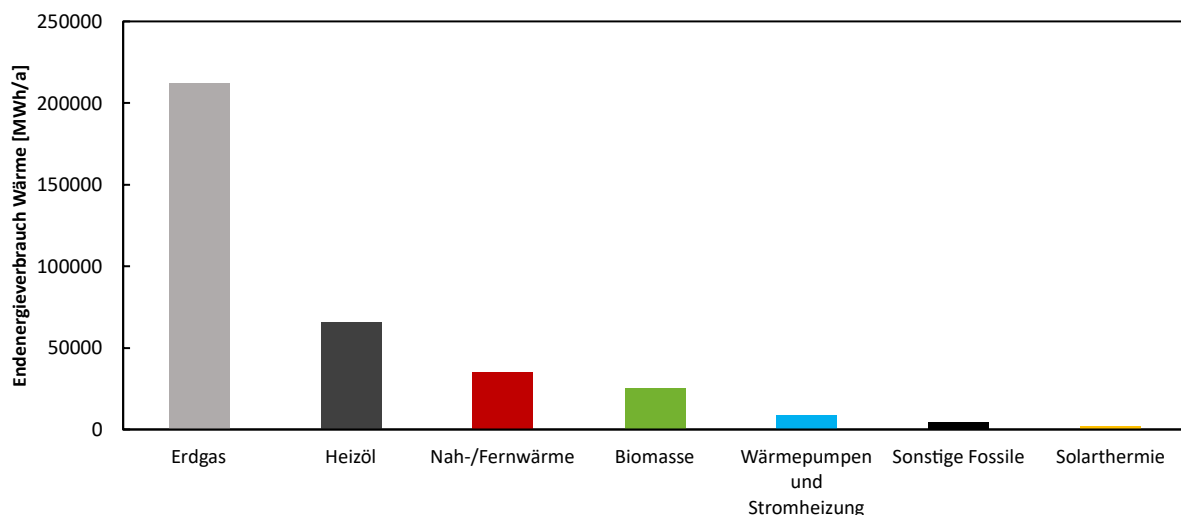


Abbildung 24: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen

Tabelle 13 listet die Kennwerte der Energiebilanz Wärme auf. Wie auch die Energiebilanz des Strombezugs und die Treibhausgasbilanz sollen diese einheitlichen Kennwerte einen Vergleichswert für die nächste Fortschreibung der Wärmeplanung darstellen. Somit kann die Ist-Situation und der Fortschritt in der Wärmewende auf dem Stadtgebiet überprüft und beurteilt werden. Außerdem können Trends bei der Nutzung von KWK-Anlagen und dem Ausbau von Wärmenetzen festgestellt werden. [4]

Tabelle 13: Kennwerte der Energiebilanz Wärme

Kennzahl	Wert	Einheit
Endenergieverbrauch Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	7.800,0	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Wärme Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	350,0	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro m <sup>2</sup> Wohnfläche	159,0	kWh/(a*Einwohner*m <sup>2</sup> )
Endenergieverbrauch Wärme Industrie & Großgewerbe pro Einwohner	5.400,0	kWh/(a*Einwohner)
Einsatz erneuerbarer Energien (im Bereich Wärme) Wohnen & Kleinverbraucher pro Kopf	1.300,0	kWh/(a*Einwohner)
Anteil erneuerbarer Energien Wohnen & Kleinverbraucher an lokaler Wärmeerzeugung	19,0	%
Installierte thermische KWK-Leistung pro Kopf	0,5	kW/Einwohner
Anzahl Hausanschlüsse Wärmenetz	500,0	-
Anzahl Hausanschlüsse Gasnetz	3.570,0	-
Länge Wärmenetzleitung	21.500,0	m
Länge Gasnetzleitung	148.400,0	m

Die Kennzahl für den flächenbezogenen Endenergieverbrauch Wärme wird anhand der Einwohnerzahl der Stadt und der durchschnittlichen Wohnfläche in Bayern pro Person von 48,8 m<sup>2</sup> berechnet [20]. Da hier auch der Energieverbrauch der Kleinverbraucher miteinbezogen ist, ist der Wert höher als bei einer ausschließlichen Betrachtung der Wohngebäude.

#### 4.5 Wärmebedarf auf Baublockebene

Da aus den Wärmeerzeugerleistungen der Kaminkehrer-Daten, welche straßenzugsweise vorliegen, nicht auf den Wärmebedarf eines einzelnen Gebäudes geschlossen werden kann, wird ein gebäudescharfes Wärmekataster erstellt. Als Basis dient das Wärmekataster aus dem Kurzgutachten, teils ergänzt durch das Wärmekataster des Energienutzungsplanes [21]. Die vorhandenen tatsächlichen Verbrauchsdaten aus der Befragung der Industrie und der Öffentlichen Einrichtungen werden zusätzlich eingepflegt. Mit einer Abweichung von 2,2 Prozent zu den Ergebnissen der Energiebilanz stellt das Wärmekataster den Energieverbrauch für Wärme der Stadt Herzogenaurach ausreichend exakt dar.

Wie bereits erwähnt wird die Stadt aus Datenschutzgründen und zur besseren Veranschaulichung in Baublöcke aufgeteilt. Die Bedarfe der einzelnen Gebäude in einem Baublock werden aufsummiert. Größere Industriegebiete/ Gewerbe werden zudem in separate Blöcke eingeteilt,

damit diese die Werte der Haushalte nicht verfälschen. Baublöcke mit nur einem Abnehmer werden zusätzlich aus Datenschutzgründen in den Karten unkenntlich gemacht.

## 4.5.1 Absoluter Wärmebedarf

Abbildung 25 zeigt in Baublöcken aufgeteilt den absoluten jährlichen Wärmebedarf auf.

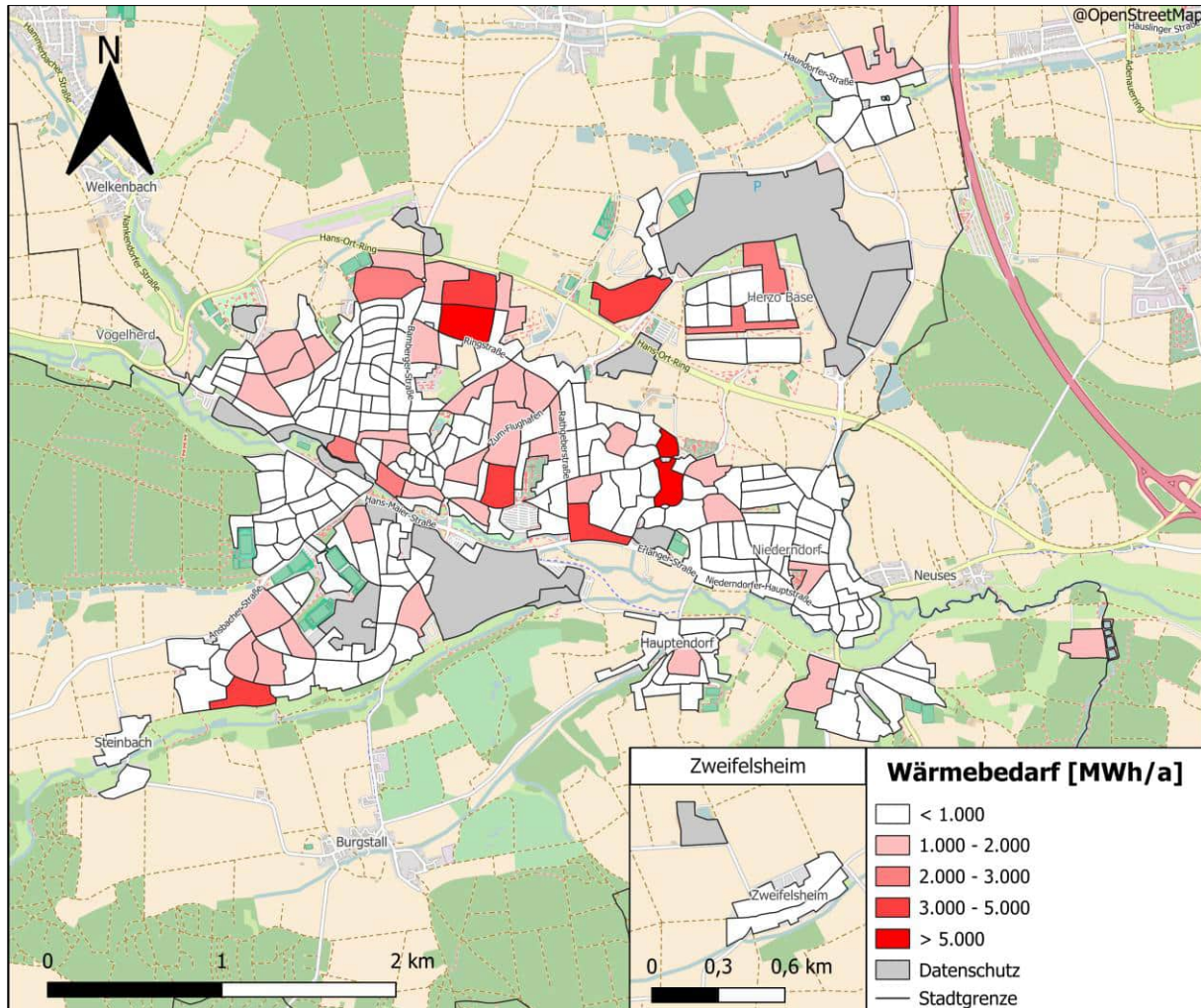


Abbildung 25: Absoluter jährlicher Wärmebedarf

Je dunkler das Rot der Fläche, desto größer ist der absolute Wärmebedarf. Es ist zu sehen, dass die Teile der Innenstadt, die Industriegebiete und die Baublöcke, in denen die großen Schulen liegen, einen hohen Wärmebedarf aufweisen. Dies ist nicht überraschend, da entweder eine hohe Bebauungsdichte oder hohe individuelle Wärmebedarfe in diesen Blöcken vorliegen. Da die Werte nicht relativiert sind, hängt die Größe des Wärmebedarf jedoch stark von der Größe des Baublockes ab, was auch daran zu sehen ist, dass die kleineren Baublöcke tendenziell die niedrigsten Wärmebedarfe haben. Dennoch ist es möglich, mit dieser Karte schnell und einfach Gebiete, und somit auch Großverbraucher, mit einem hohen Wärmebedarf zu identifizieren.

Alternativ kann der absolute Wärmebedarf auch als Heatmap dargestellt werden. Je dunkler die Farbe in Abbildung 26 desto höher der Wärmebedarf.

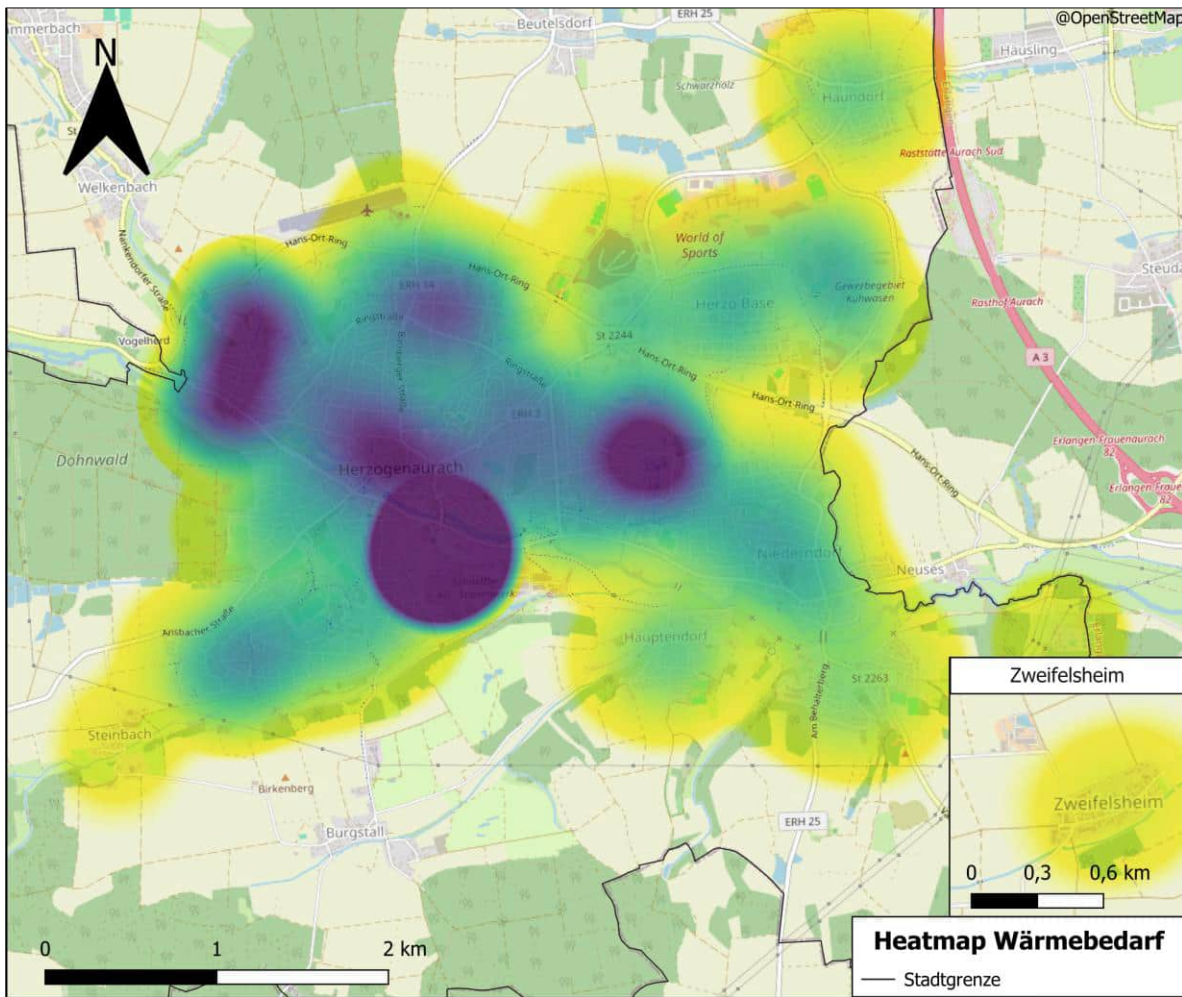


Abbildung 26: Absoluter jährlicher Wärmebedarf (Heatmap) ohne Einheit

#### 4.5.2 Wärmebedarf pro Baublockfläche

In Abbildung 27 ist der jährliche Wärmebedarf pro Baublockfläche zu sehen. Die Wärmedichte entsteht, indem der Wärmebedarf aller Gebäude eines Baublocks auf die Fläche des Baublockes bezogen wird, wodurch sich je Baublock ein Wert in MWh pro Jahr und Hektar ergibt. Die Intervalle orientieren sich am Leitfaden des Bundes. Sie können eine erste Orientierung zur Wärmenetzsignung liefern [22]. Je geringer die Wärmedichte, desto weniger wirtschaftlich lohnend ist ein Wärmenetz in den meisten Fällen. Es ist zu erkennen, dass auch hier die Innenstadt und die Industrie einen hohen Wert aufweisen. In den Siedlungsgebieten haben die meisten Baublöcke einen ähnlichen Wert, da sich die Bedarfe von Wohnhäusern nur in geringem Maße unterscheiden. Vereinzelt sind Siedlungsgebiete mit höherer Wärmedichte vorhanden, was auf einen höheren Verbrauch oder eine höhere Bebauungsdichte hinweist. Ein paar Baublöcke sind aus Datenschutz-Gründen ausgegraut.

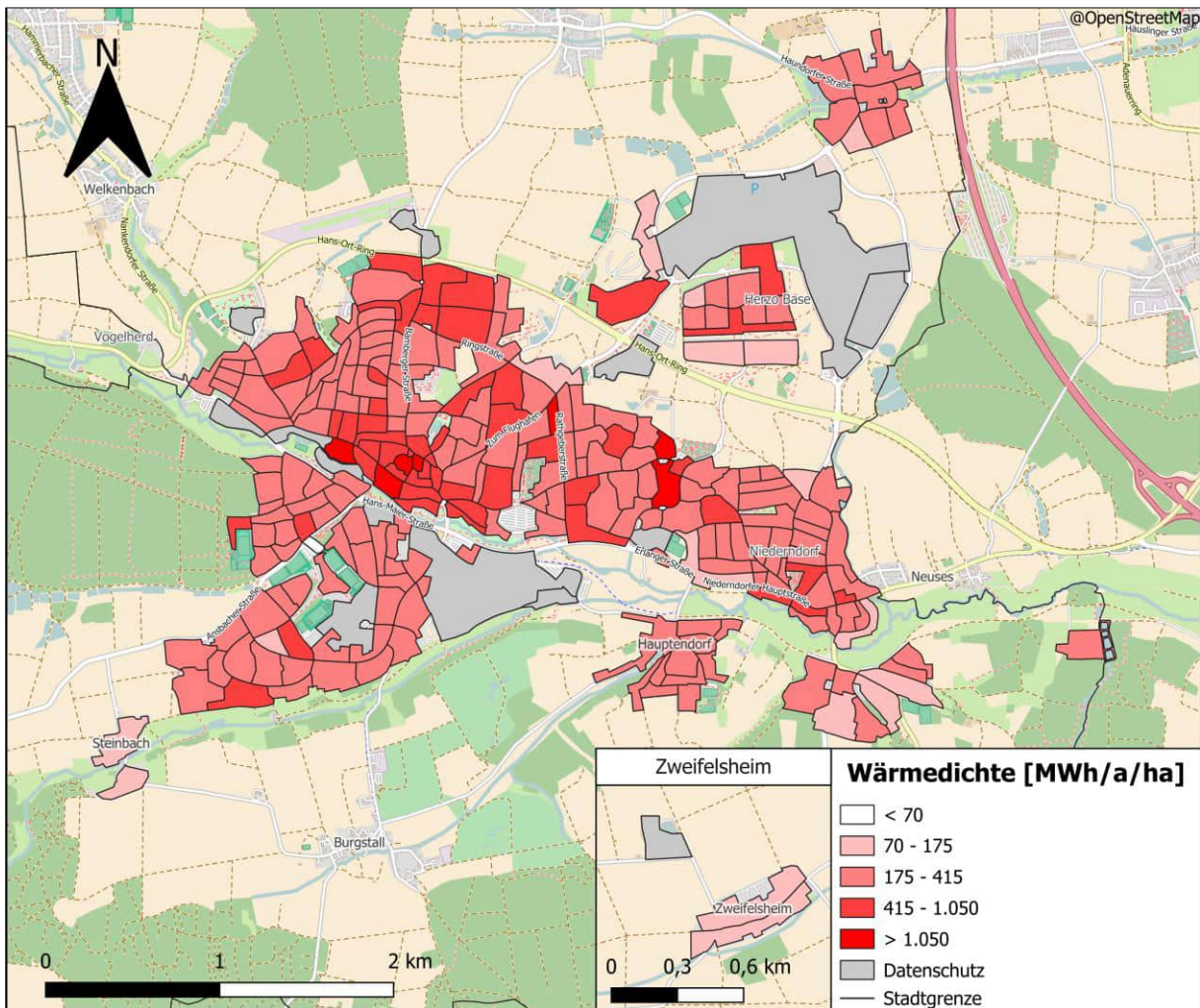


Abbildung 27: Jährlicher Wärmebedarf pro Baublockfläche

### 4.5.3 Wärmelinienichte

Ein Kriterium zur ersten Einschätzung der Eignung für die Versorgung mit einem konventionellen Wärmenetz stellt die Wärmelinienichte (mit der Einheit kWh pro Jahr und Meter) dar. Hiermit lassen sich grob die Wärmemengen für einen Straßenabschnitt abschätzen, welche durch ein Wärmenetz zur Verfügung gestellt werden müssten.

Je höher dieser Wert ist, umso geringer sind die anteiligen Wärmeverluste während des laufenden Betriebs eines Wärmenetzes und umso wirtschaftlicher ist der Leitungsbau.

Abbildung 28 zeigt die vorläufigen Wärmelinienichten für das Stadtgebiet Herzogenaurach auf.

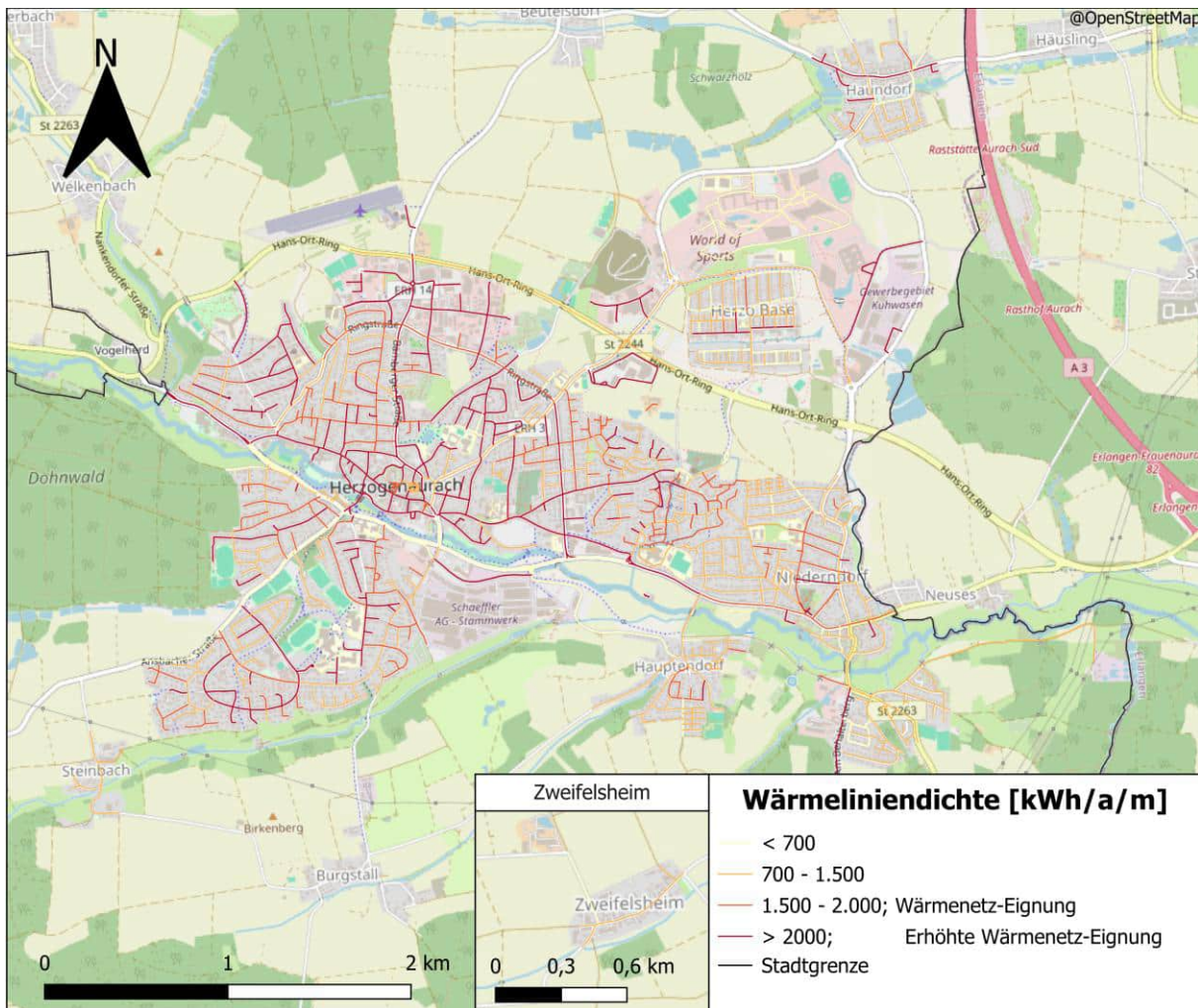


Abbildung 28: Wärmelinien-dichten in Herzogenaurach

Straßenabschnitte mit kleineren Häusern und geringer Dichte weisen einen geringeren Wert bzgl. der Wärmelinien-dichte auf. In Straßenzügen mit Großverbrauchern und dichter Mehrfamilienhausbebauung zeichnet sich ein erhöhter Wert ab. Wie auch bei den Wärmedichten sind die Wärmelinien-dichten in vier Stufen eingeteilt.

Rein auf Grundlage des Indikators Wärmelinien-dichte kann laut einschlägiger Literatur [22] ein heißes Wärmenetz ab einer WLD  $> 1.500 \text{ kWh/a/m}$  als sinnvoll umsetzbar eingeschätzt werden. In diesem Kontext kann eine detailliertere Evaluierung angemessen sein.

## 4.6 Energiebilanz Strombezug

Ziel der Sektorenkopplung ist es unter anderem, die Verknüpfung von Wärme und Strom weiter voranzureiben und so die Auslastung elektrischer, regenerativer Erzeugungskapazitäten zu optimieren. Daher wird für die Wärmeplanung auch eine Energiebilanz des Strombezuges aufgestellt.

### 4.6.1 Methodik

Die Stromverbräuche der Jahre 2020 und 2023, übermittelt durch die Herzo Werke GmbH, werden gemittelt und in die verschiedenen Verbrauchergruppen aufgeteilt. Übergeben wurde

die Summe für private Haushalte sowie die Summe für Gewerbe & Industrie. Erstere wird der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher zugewiesen, letztere wird in Kommunale Liegenschaften, deren tatsächlicher Verbrauch bekannt ist, und Industrie & Großverbraucher aufgeteilt. Der Stromverbrauch für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen wird nicht mitberücksichtigt, da dieser schon in der Wärmebilanz verrechnet ist. Aus diesem Grund wird diese Strommenge von der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher abgezogen.

#### 4.6.2 Zusammenfassung Energiebilanz Stromverbrauch

In Tabelle 14 sind die Stromverbrauchsdaten des Energieversorgers für das ganze Stadtgebiet Herzogenaurach, aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen, aufgelistet. Nicht einberechnet ist eigenerzeugter Strom wie z.B. von einer PV-Anlage. Abbildung 29 zeigt den prozentualen Stromverbrauch aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen.

Tabelle 14: Strombezug aufgeteilt auf Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Stromverbrauch [MWh/a]
Industrie & Großgewerbe	124.200
Wohnen & Kleinverbraucher	30.700
Öffentliche Einrichtungen	2.400
<b>Gesamt</b>	<b>157.200</b>

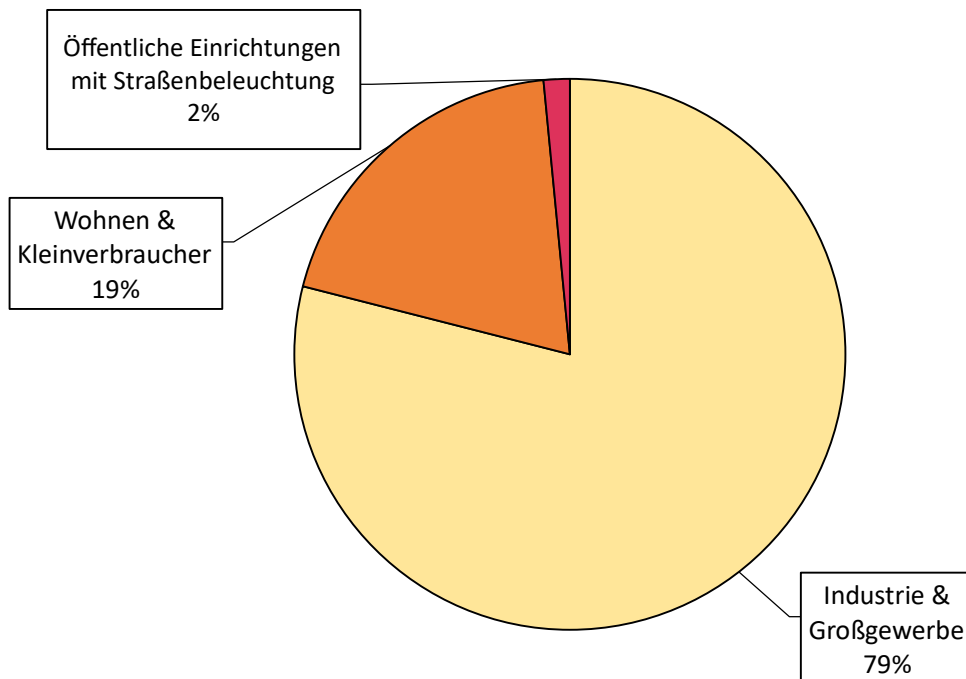


Abbildung 29: Prozentualer Strombezug aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen

Industrie & Großgewerbe macht 79 Prozent des Stromverbrauchs in Herzogenaurach aus, Wohnen & Kleinverbraucher 19 Prozent und die Öffentlichen Einrichtungen inklusive Straßenbeleuchtung circa 2 Prozent.

In Tabelle 15 ist die durchschnittliche Stromeinspeisung der verschiedenen Energieerzeuger für die Jahre 2020 und 2024 aufgelistet. Der bilanzielle Anteil erneuerbarer Energien an der lokalen Stromerzeugung liegt bei circa 35 Prozent. In diesem Rahmen haben Photovoltaik

einen Anteil von 23 Prozent und fossile Energiequellen einen Anteil von 60 Prozent an der Stromerzeugung (siehe Abbildung 13).

Tabelle 15: Stromeinspeisung aufgeteilt auf Energieerzeuger

Energieerzeuger	Stromeinspeisung [MWh/a]
Einspeisung aus EEG + DV	29.500
Einspeisung aus KWKG	1.700
Sonstige Einspeiser	700
<b>Gesamt</b>	<b>31.900</b>

Bei einer berechneten Erzeugung von 127,6 GWh/a, einem Strombezug aus dem vorgelagerten Netz von 157,2 GWh/a und einer Einspeisemenge von 31,9 GWh/a bleibt eine Differenzmenge von 95,7 GWh/a an Eigenverbrauch bzw. Abregelung übrig.

Unter Annahme, dass lediglich 20 Prozent (Schätzwert) dieser Energiemenge abregelt werden, ergibt sich ein Stromverbrauch summiert für alle Verbrauchergruppen von 233,8 GWh/a für die Stadt Herzogenaurach.

In Tabelle 16 sind die Kennwerte der Energiebilanz des Strombezugs aufgelistet.

Tabelle 16: Kennwerte der Energiebilanz Strombezug

Kennwert	Wert	Einheit
Endenergieverbrauch Strom Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	1.170,0	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Strom Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	330,0	kWh/(a*Einwohner)
Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Stromerzeugung	35,0	%
Installierte elektrische KWK-Leistung pro Kopf	0,4	kW/Einwohner

#### 4.7 Treibhausgasbilanz Wärme und Strom

Für die Treibhausgasbilanz werden die aktuellen Verbräuche für Wärme und Strom mit spezifischen Kennzahlen der CO<sub>2</sub>-Äquivalente versehen. Für einen besseren Vergleich zukünftiger Treibhausgasemissionen sind in Tabelle 17 die spezifischen CO<sub>2</sub>-Äquivalente aufgelistet.

Tabelle 17: CO<sub>2</sub>-Äquivalente der Energieträger

Energieträger	CO <sub>2</sub> -Äquivalente [g/kWh <sub>Endenergie</sub> ]	Literatur
Heizöl	310	[23]
Erdgas	240	ebd.
Flüssiggas	313	[24]
Kohle	415	[23]
Brennholz (unter Annahme von nachhaltiger Forstwirtschaft)	24	[25], Mittlerer Wert Brennholz und Hackschnitzel
Biogas	137	[23]
Solarthermie	0	[23]
Strom-Mix (2023)	449	[26]
Wärmepumpe (Luft & Geothermie (Berücksichtigung JAZ und Strom-Mix))	145 bzw. 118	Eigene Berechnung (JAZ 3,1 & 3,8 und Strommix)
Fern-/ Nahwärme	0	Herzo Werke GmbH (Berechnung nach Stromgutschrift-Methode)
Sonstige Fossile	320	Eigene Annahme

Für die Fern- / Nahwärme ist das THG-Äquivalent auf Grundlage des Bilanzierungsverfahrens der Stromgutschrift-Methode (nach AGFW-Regelwerk - FW 309) ausgewiesen.

Da in den Kkehrbuchdaten nicht zwischen verschiedenen Biomasse-Energieträgern wie Pellets, Stückholz, Hackschnitzel etc. unterschieden wird, wird für die Biomasse ein einheitlicher Wert angenommen, der einen mittleren Wert der Energieträger Brennholz und Hackschnitzel darstellt [25]. Es wird in diesem Fall von einer nachhaltigen Forstwirtschaft ausgegangen, bei der freiwerdende Emissionen durch Nachwachsen des Waldes wieder gebunden werden. Bei der Verwendung nicht nachhaltiger Biomasse können die freiwerdenden Emissionen von Holz mit bis zu 385 g/kWh deutlich über diesem Wert liegen [27]. Die in den Kaminkehrer-Daten aufgeführte Kategorie Sonstige Fossile umfasst verschiedene fossile Energieträger, wie z.B. Kohle und Flüssiggas. Es wurde ein einheitlicher Wert von 320 g/kWh angenommen, der sich zwischen Kohle, Erdgas und Heizöl bewegt.

In Abbildung 30 sind die untersuchten Endenergieverbräuche pro Verbrauchergruppe von Wärme und Strom aufsummiert dargestellt. Ausgehend von den Verbräuchen werden die CO<sub>2</sub>-Äquivalente berechnet.

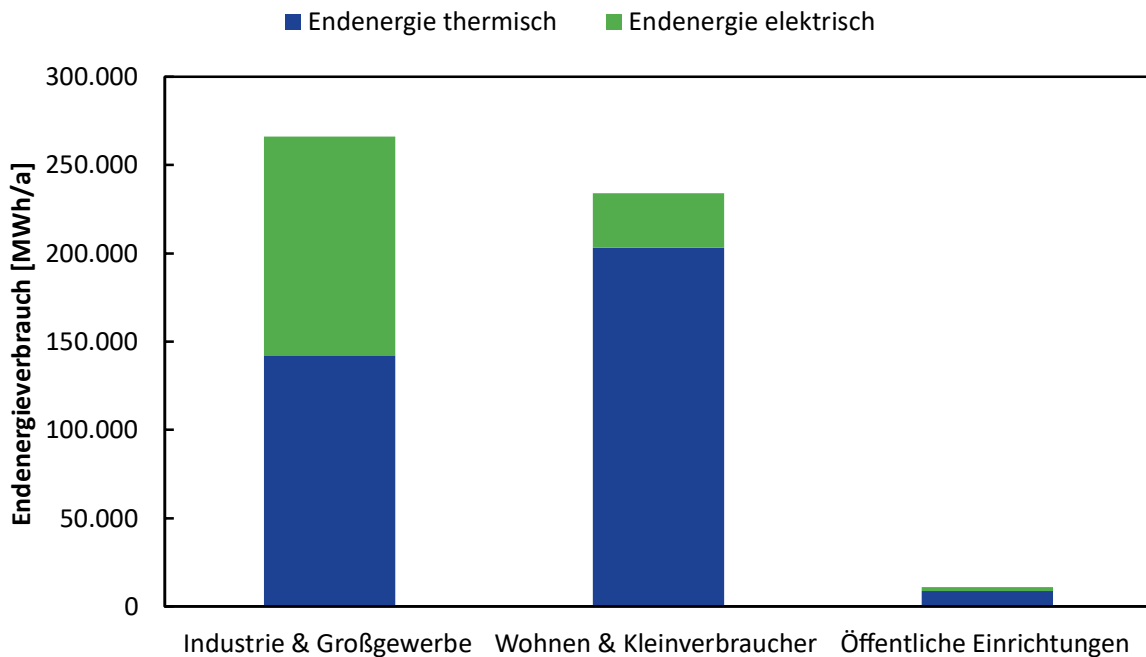


Abbildung 30: Endenergieverbrauch thermisch und elektrisch des ganzen Stadtgebiets. Aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen

Abbildung 31 zeigt die Treibhausgasbilanz für das ganze Stadtgebiet aufgeteilt auf Verbrauchergruppen für den Wärme- und Stromverbrauch. Aufgrund des hohen Strombedarfs hat der Bereich Industrie & Großgewerbe auch den höchsten Treibhausgaswert der Verbrauchergruppen, auch wenn die Emissionen im Wärmebereich nur leicht über dem Sektor Wohnen & Kleinverbraucher sind. Insgesamt werden auf dem Stadtgebiet jährlich 175.200 t CO<sub>2</sub>-äq. in den Sektoren Wärme und Strom emittiert.

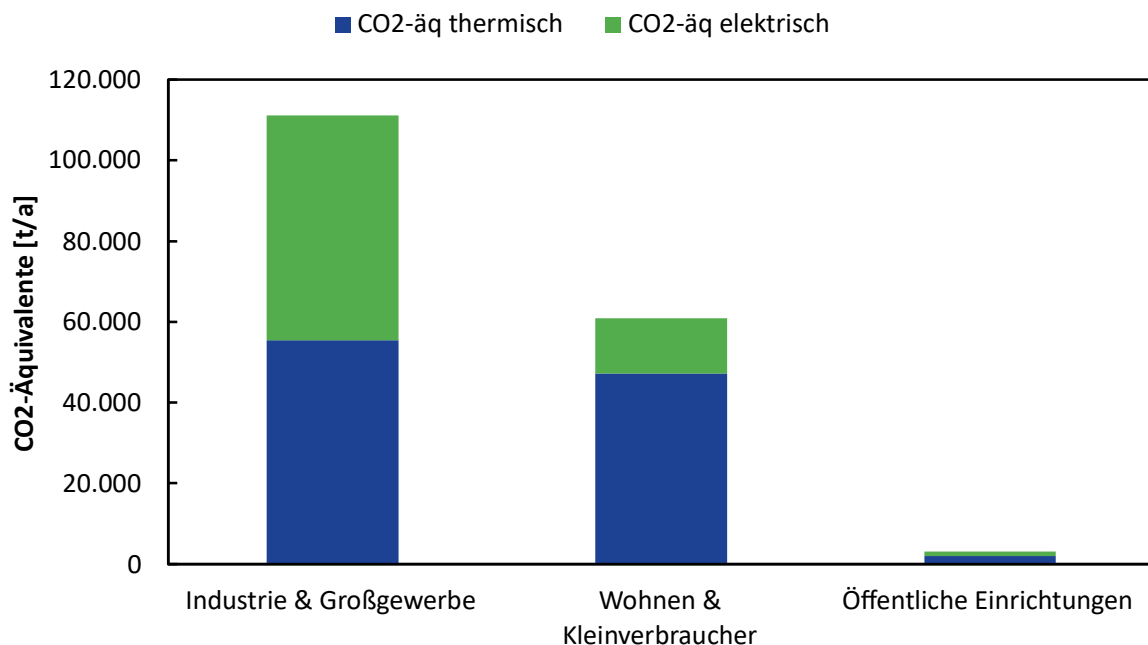


Abbildung 31: CO<sub>2</sub>-Äquivalente resultierend aus dem Endenergieverbrauch. Für das ganze Stadtgebiet aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen

Tabelle 18 listet die Kennwerte der Treibhausgasbilanz auf. Somit können Fortschreibungen des Wärmeplans mit der aktuellen Situation verglichen werden.

Tabelle 18: Kennwerte der Treibhausgasbilanz

Kennwert	Wert	Einheit
THG-Emissionen Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	1,80	t <sub>CO2-äq.</sub> /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Wärme Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	0,08	t <sub>CO2-äq.</sub> /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Wärme Industrie & Großgewerbe pro Einwohner	2,12	t <sub>CO2-äq.</sub> /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Strom Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	0,53	t <sub>CO2-äq.</sub> /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Strom Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	0,04	t <sub>CO2-äq.</sub> /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Strom Industrie & Großgewerbe pro Einwohner	2,13	t <sub>CO2-äq.</sub> /(a*Einwohner)

## 5 Potenzialanalyse

Das Ziel der Stadt Herzogenaurach sowie das des Freistaates Bayern ist es, bis 2040 klimaneutral zu werden. Dafür müssen fossile Energieträger durch erneuerbare Energien ausgetauscht werden. Um mögliche Erfüllungsoptionen aufzuzeigen, wird in diesem Kapitel eine Potenzialanalyse für erneuerbare Wärme sowie Strom auf dem Stadtgebiet durchgeführt.

### 5.1 Datengrundlage

In Tabelle 19 sind die Datengrundlagen der einzelnen Abschnitte für die Potenzialanalyse aufgelistet.

Tabelle 19: Datengrundlagen der Potenzialanalyse

Kapitel	Datengrundlage
Schutzgebiete und Denkmalschutz	Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bayern-Atlas [11]
Energieeinsparpotenziale durch Sanierung	Leitfaden Wärmeplanung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Fragebogen Industrie & Großgewerbe
Potenzial erneuerbarer Wärme	ALKIS, Energie-Atlas-Bayern, Umweltatlas-Bayern, Fragebogen Industrie & Großgewerbe, Plattform für Abwärme, Kurzgutachten Bayern, Herzo Werke GmbH, Akteure, weitere Literaturquellen
Potenzial erneuerbarer Strom	Energie-Atlas Bayern, Fragebogen Energie & Großgewerbe, Herzo Werke GmbH, Akteure

### 5.2 Schutzgebiete und Denkmalschutz

Um die energetischen Potenziale im Stadtgebiet einschätzen zu können, müssen Ausschlussgebiete, wie Schutzgebiete und Bauten unter Denkmalschutz, mitberücksichtigt werden. So können z.B. Standorte für PV-Freiflächen oder die Ausweisung von Sanierungsgebieten von vorneherein für bestimmte Areale ausgeschlossen werden. Bei denkmalgeschützten Bauwerken kann es zu Einschränkungen in Bezug auf Sanierungen und Aufbau von Solar- oder Photovoltaikanlagen kommen.

#### 5.2.1 Schutzgebiete

Abbildung 32 zeigt die Schutzgebiete auf dem Gebiet der Stadt Herzogenaurach auf. Die Daten stammen aus dem Geodatendienst des Bayerischen Landesamt für Umwelt [28]. Unterteilt werden die Schutzgebiete in Trinkwasserschutz, Fauna-Flora-Habitat, Naturschutz, Landschaftsschutz, Biotop, Ökoflächenkataster und Biosphärenreservat. Zudem werden Überschwemmungsgebiete aufgezeigt. Während in Naturparks, Flora-Fauna-Habitat-Gebieten und Naturschutzgebieten der Bau von Windenergieanlagen und PV-Freiflächen „in der Regel unzulässig“ ist, ist dies in Landschaftsschutzgebieten unter Auflagen und Vorgaben möglich [29]. Für Trinkwasser- und Landschaftsschutzgebiete stellt die Genehmigung der Nutzung von Geothermie eine Herausforderung dar. Diese Gegebenheiten fließen in die Betrachtungen der jeweiligen Potenzialabschätzungen mit ein.

Entlang des Flusses Mittlere Aurach sind Überschwemmungsgebiete vorhanden. Es sind einige größere Landschaftsschutzgebiete sowie ein Trinkwasserschutzgebiet im Westen der Kernstadt vorhanden. Naturschutzgebiete gibt es im Stadtgebiet keine.

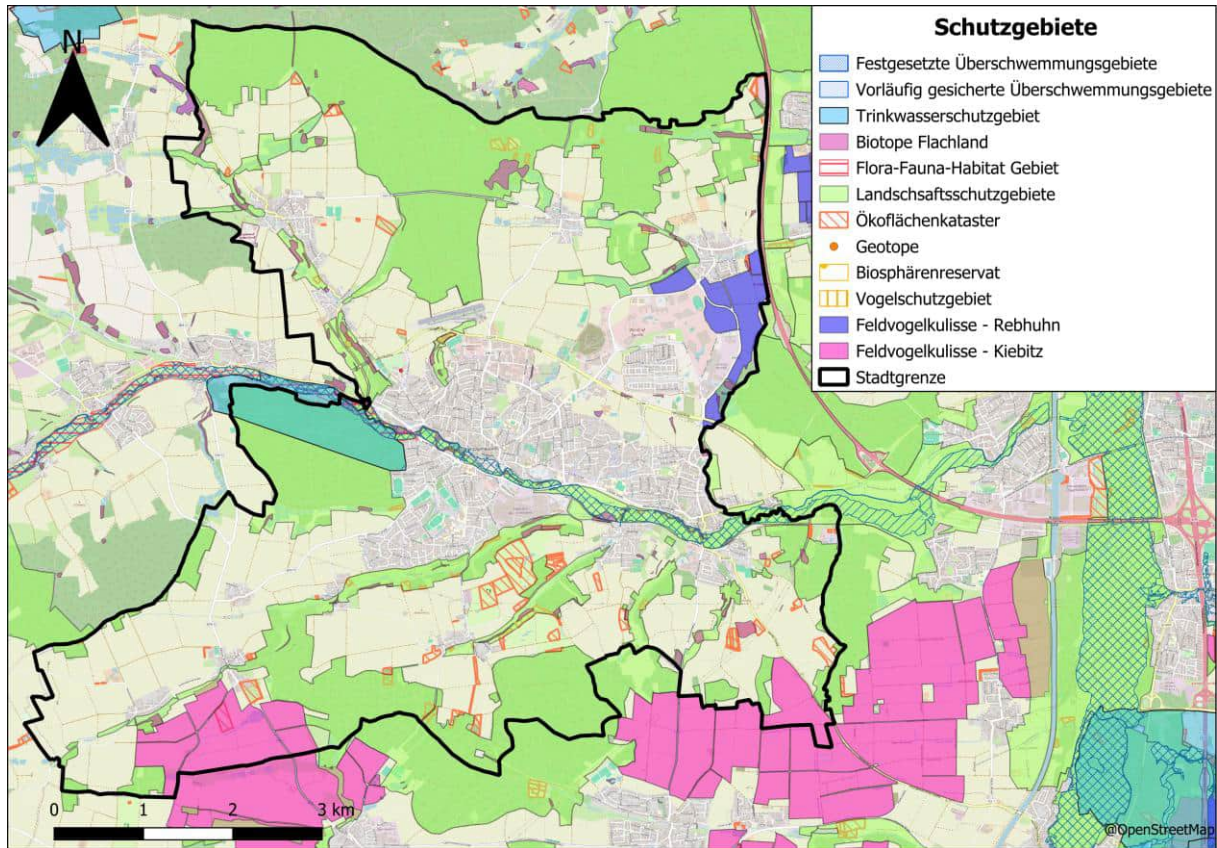


Abbildung 32: Schutzgebiete auf dem Stadtgebiet

## 5.2.2 Denkmalschutz

Abbildung 33 zeigt die Denkmäler im Stadtgebiet auf. Die Altstadt von Herzogenaurach ist sowohl ein Ensemble- als auch ein Bodendenkmal und viele Gebäude stellen Baudenkmäler dar. Ansonsten sind weitere Boden- und Baudenkmäler auf dem Stadtgebiet vorhanden. Bei denkmalgeschützten Bauwerken kann es zu Einschränkungen in Bezug auf Sanierungen und Aufbau von Solar- oder Photovoltaikanlagen kommen. Bodendenkmäler sind bei der Betrachtung von PV- und Geothermie-Freiflächen zu beachten.

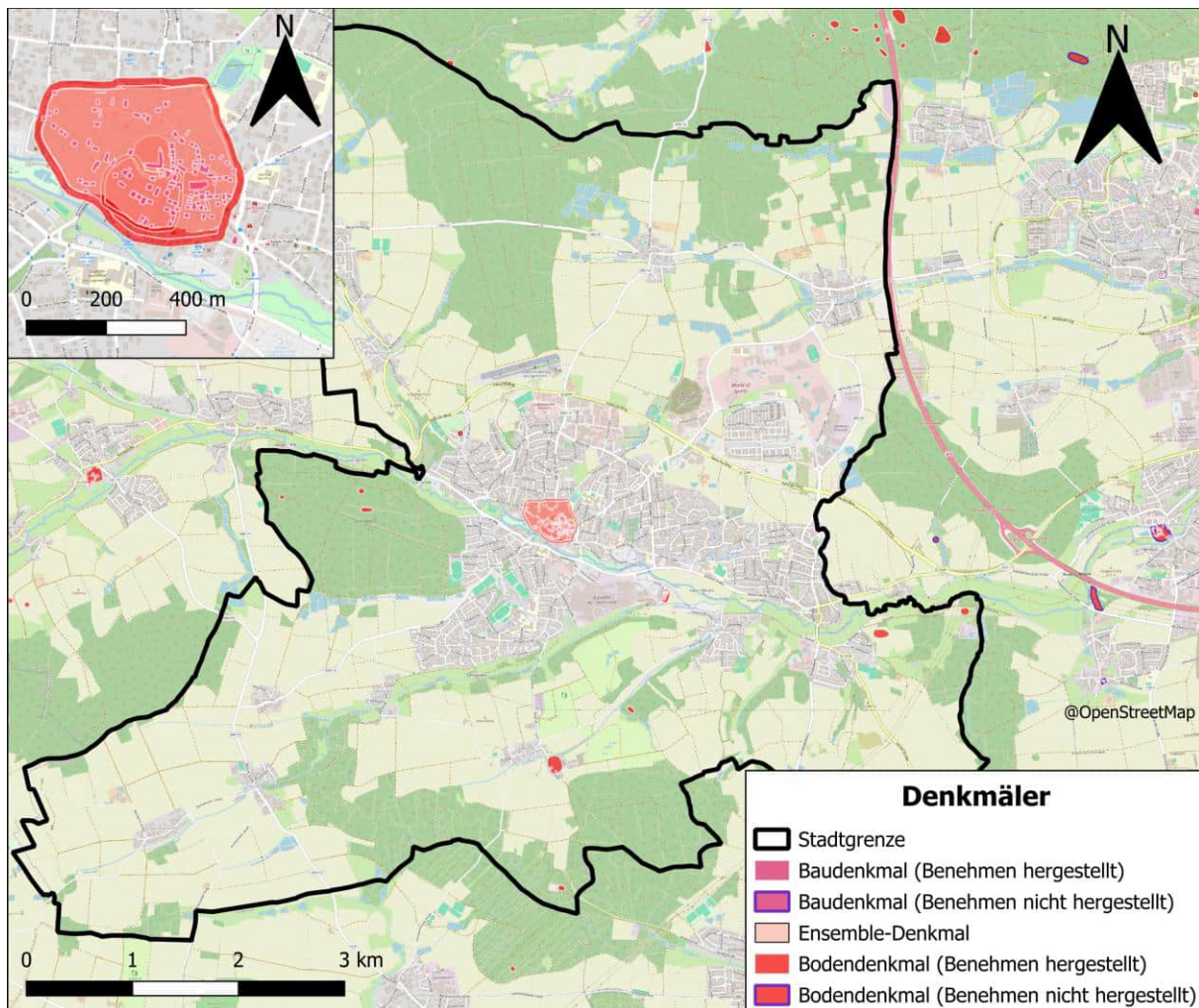


Abbildung 33: Ensemble-, Boden- und Baudenkmäler

## 5.3 Energieeinsparpotenzial durch Sanierung

Das Ersetzen von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Technologien ist ein Baustein zum Gelingen der Wärmewende. Ein weiterer wesentlicher Beitrag kann durch die Reduktion des Energiebedarfs geleistet werden. Daher werden in diesem Kapitel das Potenzial an Wärmebedarfsreduktion der Wohngebäude sowie die mögliche Effizienzsteigerung industrieller Prozesse untersucht.

### 5.3.1 Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden

Für den Bereich Wohnen & Kleinverbraucher ist die Sanierung der Gebäude eine effektive Maßnahme, um den Wärmebedarf zu verringern. Die Betrachtung des Energieeinsparpotenzials durch Sanierung gibt einen ersten Hinweis darauf, in welchen Gebieten der Stadt Sanierungsmaßnahmen eine beachtliche Auswirkung auf die Wärmewende haben können. Diese Analyse richtet sich ausschließlich an die Sanierung von Gebäuden zur Reduktion der Heizwärme. Die Prozesswärme wird hierbei nicht betrachtet.

Das Energieeinsparpotenzial kann mittels der Kennwerte aus dem Technikkatalog des Leitfadens für die Wärmeplanung berechnet werden [30], indem anhand der Siedlungsentwicklung ein repräsentatives Gebäude-Baujahr für jeden Baublock angenommen wird. Die mögliche

Wärmebedarfsreduktion hängt vom Baujahr des Gebäudes ab. Hier wird allerdings nicht davon ausgegangen, dass jedes Haus saniert wird. In Abhängigkeit des Baujahres werden Einsparpotenziale zwischen 0 und 40 Prozent angenommen. Das höchste Potenzial haben Gebäude aus der Nachkriegszeit (1950–1975). Neuere Gebäude haben nahezu kein Einsparpotenzial, dementsprechend fallen die langfristigen Einsparpotenziale für Neubaugebiete oder neuere Baublöcke sehr gering aus. Abbildung 34 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung.

Es ist zu erkennen, dass bei der Mehrheit der Baublöcke ein hohes Energieeinsparpotenzial von über 20 Prozent vorliegt. Das geringste Potenzial besteht in den Gebieten, die vor 1948 oder nach 2000 gebaut wurden, wobei diese nur kleine Flächen im Stadtgebiet einnehmen. Bei Gebäuden, die unter Denkmalschutz stehen, ist eine energetische Sanierung zudem schwierig. Wie viel Energieeinsatz tatsächlich vermieden werden kann, hängt vom Grad der Sanierung sowie der Sanierungsrate ab und kann in dieser Detailebene nur grob abgeschätzt werden. Weiß eingezeichnet sind Industrie- und Gewerbegebiete oder Gebiete, für welche eine Abschätzung der Wärmebedarfsreduktion sehr individuell ist und die im nächsten Kapitel betrachtet wird. Die Kategorie < 10 % ist in Herzogenaurach nicht besetzt.

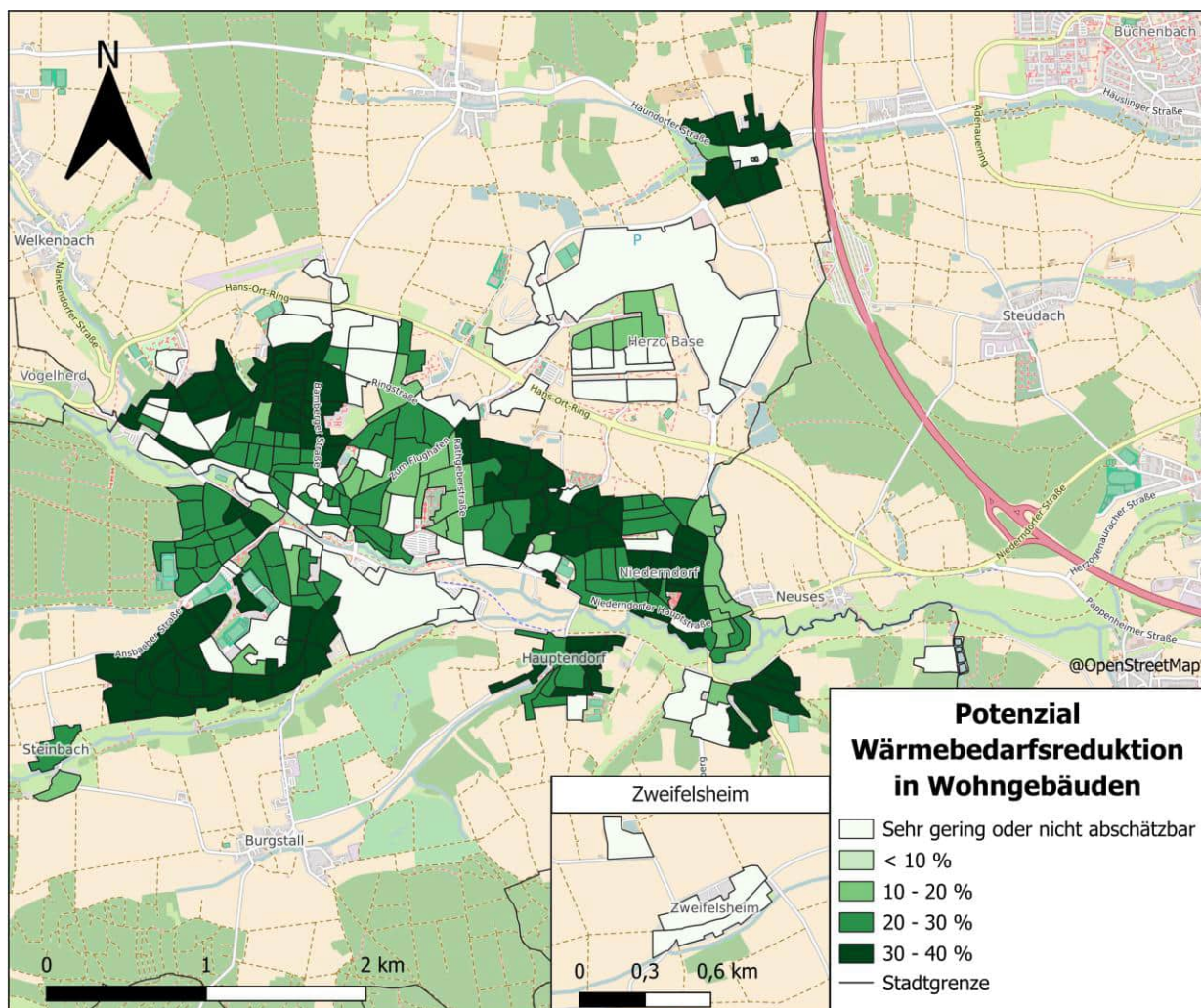


Abbildung 34: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet mittels Technikkatalog des Bundes [30]

Abbildung 35 zeigt das Potenzial zur Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion für die Verbrauchergruppe Haushalte & Kleinverbraucher im Stadtgebiet. Es werden zwei Szenarien mit unterschiedlichen Sanierungsquoten von 1 und 2 Prozent dargestellt. Zusätzlich wird der Bedarfsrückgang aufgrund der steigenden Temperaturen des Klimawandels mitberücksichtigt. Angelehnt an die Studie der Technischen Universität Graz [31] wird in den Jahren 2024–2035 ein Bedarfsrückgang von 0,69 Prozent und in den Jahren 2036 bis 2040 ein Bedarfsrückgang von 0,15 Prozent für Raumwärme und Warmwasser angenommen. Für Baublöcke mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe-Handel-Dienstleistungen wird die Berechnung im nächsten Kapitel vorgestellt, diese werden jedoch mehrheitlich den Kleinverbrauchern zugerechnet. Insgesamt könnten 11 Prozent des jetzigen Bedarfs der Haushalte & Kleingewerbe für Raumwärme und Warmwasser mit einer Sanierungsquote von 1 Prozent eingespart werden. Bei einer Sanierungsquote von 2 Prozent könnten 15 Prozent eingespart werden.

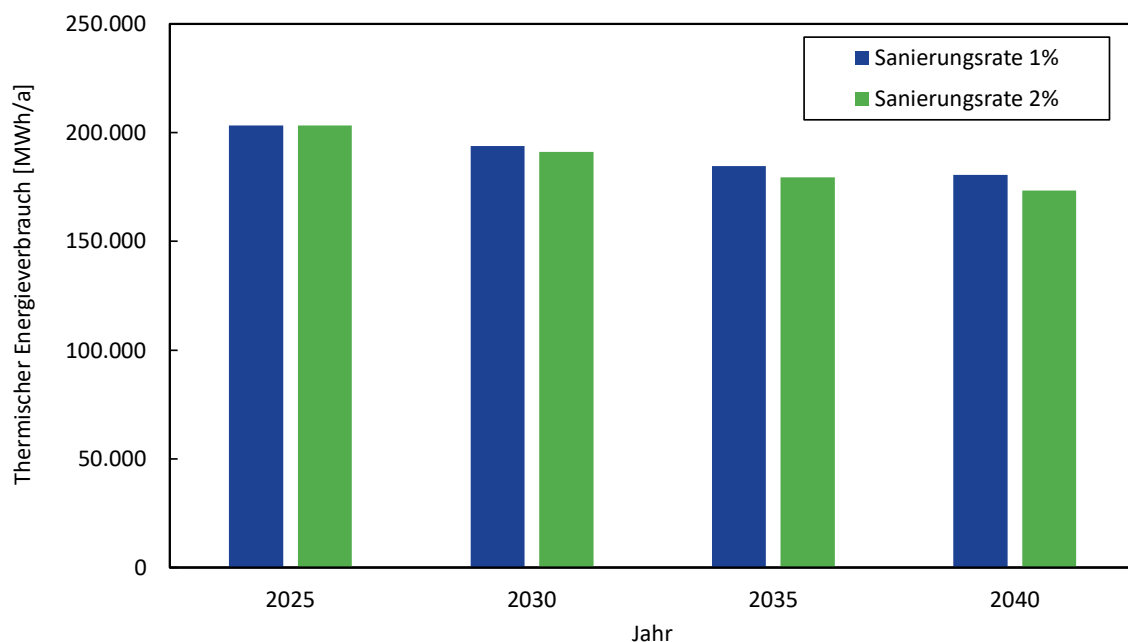


Abbildung 35: Potenzial zur Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion Haushalte & Kleinverbraucher

### 5.3.2 Effizienzsteigerung in industriellen Prozessen

Der zukünftige Energieverbrauch industrieller Prozesse hängt stark von den individuellen Rahmenbedingungen der einzelnen Unternehmen ab – etwa von ihrer wirtschaftlichen Lage, der Investitionsbereitschaft in neue Technologien und Optimierungen oder von möglichen Prozessänderungen wie Erweiterungen oder Outsourcing. Für die Gesamtbetrachtung im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung wird gemäß der Energieeffizienzrichtlinie eine jährliche Reduktion (Raum- und Prozesswärme) von 1,5 Prozent pro Jahr und ab 2028 von 1,9 Prozent pro Jahr angenommen [32].

Es wird angenommen, dass sich der ermittelte Wert auf die Branchen Gewerbe-Handel-Dienstleistungen und Industrie übertragen lässt und bis 2040 so fortgesetzt wird. Damit würde der Wärmebedarf der Verbrauchergruppe Industrie & Großverbraucher von derzeit rund 142.100 MWh pro Jahr bis 2030 um 8,5 Prozent auf etwa 130.100 MWh pro Jahr und bis 2040 um 24,4 Prozent auf 107.400 MWh pro Jahr sinken. Die tatsächliche Reduktion bis 2040 ist von vielen Faktoren abhängig und kann nur schwer vorhergesagt werden.

## 5.4 Potenziale erneuerbarer Wärme

In diesem Kapitel werden die Potenziale erneuerbarer Wärme in Form von oberflächennaher Geothermie, Solarthermie, Biomasse und Abwärme berechnet. Hierbei handelt es sich um das nach derzeitigem technischem Stand realistisch umsetzbare Potenzial.

### 5.4.1 Umweltwärme

Unter dem Begriff Umweltwärme werden in diesem Kapitel das Potenzial an Wärme aus Fließgewässern und der Umgebungsluft betrachtet.

#### Fließgewässer:

Die räumliche Nähe von Herzogenaurach zur durch die Kernstadt fließenden Mittleren Aurach macht eine Betrachtung der Potenziale der Energiegewinnung aus Fließgewässern interessant. Um dieses Potenzial abzuschätzen, werden Daten des Gewässerkundlichen Dienstes Bayern (GKD) [33] verwendet. Direkt in Herzogenaurach liegen keine Messstellen vor, daher wurden für den Abfluss die Werte der Messstelle in Frauenaaurach, ca. 6 km östlich und flussabwärts von Herzogenaurach, verwendet. Da an der Mittleren Aurach keine Temperaturmessung durchgeführt wird, werden hierfür die Temperaturwerte der Aisch an der Messstelle in Rappoldshofen, ca. 16 km nordwestlich, herangezogen. Tendenziell werden die verwendeten Potenziale daher etwas überschätzt.

Unter Berücksichtigung der Mindestabflussmenge (Menge an Wasser, die einem Gewässer dauerhaft verbleiben muss, um die ökologischen Funktionen des Gewässers zu erhalten) bei niedrigem Wasserstand kann (zumindest aufgrund des Wasserstands) dauerhaft ein Volumenstrom von knapp  $0,115 \text{ m}^3/\text{s}$  umgesetzt werden. Diese Berechnung basiert auf den Angaben zu Mittlerem Niedrigwasserabfluss sowie Mittlerem Abfluss des GDK [33]. Die maximale Auskühlung des Flusses nach Durchmischung mit dem zurückgeleiteten, abgekühlten Wasser wird auf eine Temperaturdifferenz von 3 K festgelegt, das Wasser darf aus wasserschutzrechtlichen Gründen außerdem eine Temperatur von  $3^\circ \text{ C}$  nicht unterschreiten. In dieser Untersuchung wurde konservativ eine untere Grenze von  $4^\circ \text{ C}$  festgelegt. Um einen möglichst hohen Einsatzbereich übers Jahr zu generieren, wurde die Leistung des Wärmetauschers nach oben begrenzt. Unter diesen Voraussetzungen könnte eine Energiemenge von 22 GWh pro Jahr aus der Mittleren Aurach entnommen werden. Dieses Potenzial müsste durch Unterstützung einer Wärmepumpe allerdings noch auf ein nutzbares Temperaturniveau gehoben werden. Bei der Annahme einer Jahresarbeitszahl von 3 beträgt die zur Verfügung stehende Energiemenge 33 GWh pro Jahr. Das Ergebnis ist in Tabelle 20 abgebildet.

Hierbei muss beachtet werden, dass dieses Potenzial über das Jahr hinweg nicht konstant anfällt. Schwankungen von Wassertemperaturen und Wassermengen im Fluss machen die Wärmenutzung aus Flusswasser nicht durchgängig grundlastfähig. Die wasserrechtlich vorgeschriebene Mindestwassermenge, die im Fluss verbleiben muss, kann zu weniger Entnahme im Sommer führen, und die wasserrechtlich vorgeschriebene minimale Wassertemperatur, die nicht unterschritten werden darf, kann für Entnahmestopps im Winter sorgen. Wärme aus Fließgewässern dauerhaft autark zu nutzen, wird daher nur in Verbindung mit einem Wärmespeicher oder in Kombination mit einer separaten Wärmequelle (z.B. HKW) zur Spitzenlastkappung empfohlen.

Erwähnt sei außerdem, dass der maximal abzweigbare Volumenstrom in der Auslegung nicht auf die hier angenommenen  $0,115 \text{ m}^3/\text{s}$  beschränkt sein muss, und dieser in der Realität auch gemäß den Umständen geregelt werden kann. So kann z. B. im Winter (bei größeren Wassermengen) ein höherer Volumenstrom abgezweigt werden, um dem Wasser mehr Energie zu entziehen. Eine Erhöhung des Volumenstroms führt allerdings im Sommer dazu, dass schneller die Entnahmegrenzen erreicht sind, was die Einsatzzeiten und damit den Deckungsgrad aufs Jahr gesehen (nicht bilanziell) verringern kann. Dafür kann im Sommer jedoch ein höheres Temperaturgefälle genutzt werden. Durch den niedrigeren Wärmebedarf ist im Sommer keine so hohe Energiemenge nötig.

Ausgesagt werden kann auf jeden Fall, dass die Mittlere Aurach einen Beitrag zur künftigen Wärmeversorgung leisten kann. Da für eine Nutzung des Flusswärme-Potenzials zusätzlich noch weitere infrastrukturelle & ökologische Einschränkungen sowie die Wirtschaftlichkeit und rechtlichen Rahmenbedingungen betrachtet werden müssen, muss das umsetzbare Potenzial allerdings noch eingehender untersucht werden, als das im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung möglich ist.

Im 2025 fertiggestellten Transformationsplan [34] der Herzo Werke GmbH wurde bereits eine tieferegehende Prüfung der Nutzung von Gewässerwärme vorgenommen. In diesem Rahmen ist die Herzo Werke GmbH ebenfalls in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Nürnberg hinsichtlich der zur Genehmigung notwendigen Rahmenbedingungen getreten. Dabei wurde auf den Leitfaden des Bayerischen Landesamt für Umwelt „Wärmegewinnung aus Fließgewässern“ [35] verwiesen. Ermittelt wurde ein für ein Wärmenetz nutzbares Gesamtpotenzial (einschließlich Stromanteil der Wärmepumpe mit einer JAZ von 3) von 34.000 MWh/a. Damit stimmen die Ergebnisse mit den in der Kommunalen Wärmeplanung getroffenen Annahmen überein.

Abbildung 36 zeigt die im Transformationsplan geprüften Standorte sowie bestehende Wasserkraftanlagen und Wehre in Herzogenaurach, an denen bereits ein Eingriff ins Ökosystem vorgenommen wurde und gegebenenfalls auch schon Entnahmebauwerke bestehen [36]. Diese Standorte sollten bei weiteren Untersuchungen zur Nutzung von Flusswärme betrachtet werden.

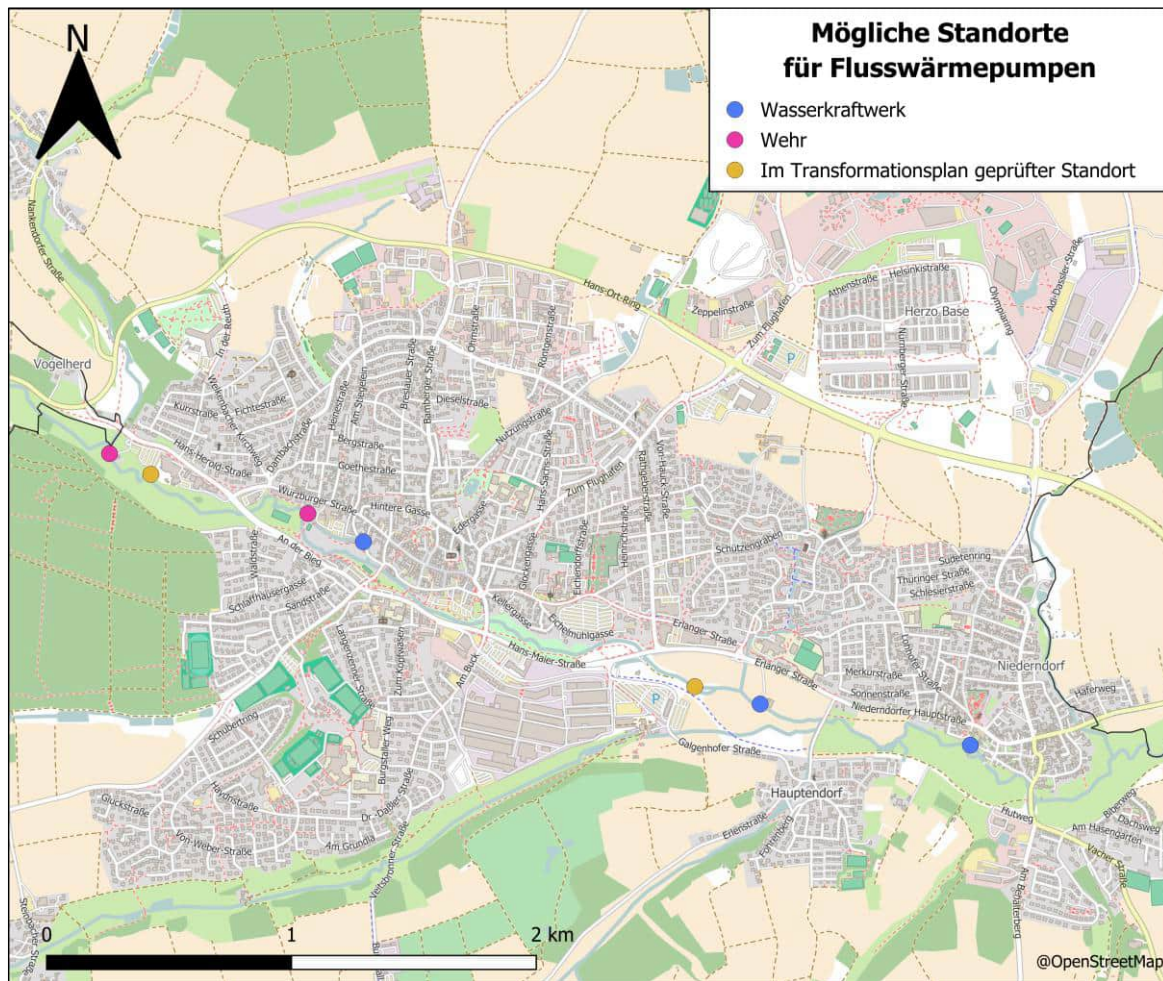


Abbildung 36: Mögliche Standorte für Flusswärmepumpen

## Außenluft:

Außenluft stellt für dezentrale als auch zentrale Wärmeversorgungs-lösungen ein großes Potenzial dar. Aufgrund der natürlichen Zirkulation von Luft, ist dieses Potenzial theoretisch annähernd unbegrenzt. Daher geht es bei dieser Potenzialanalyse in erster Linie nicht um die Ermittlung einer konkreten Energiemenge, sondern um die Wahrscheinlichkeit der Eignung zur Nutzung einer Luftwärmepumpe.

## Dezentrale Wärmelösung:

Untersucht wird, wie viel unbebaute Fläche auf einem Grundstück noch zur Verfügung steht, welches Baualter das bestehende Gebäude ungefähr aufweist und wie groß die zu versorgende Gebäudefläche ist. Auf dieser Grundlage lässt sich grob einschätzen, ob die erforderlichen Mindestabstände im Hinblick auf den Lärmschutz eingehalten werden können. Je mehr unbebaute Fläche auf dem Flurstück verfügbar ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass der benötigte Abstand zur Verringerung der Schall-Immissionen zu den Wohngebäuden eingehalten werden kann. Darüber hinaus beeinflusst auch der Gebäudestandard die Schallemissionen: Ein guter energetischer Zustand reduziert den Heizbedarf und damit die erforderliche Leistung der Wärmepumpe. Diese Einschätzung erfolgt anhand der Baualterklassen. Gleichzeitig gilt: Je größer die zu beheizende Fläche, desto höher ist der Leistungsbedarf – und damit

die erforderliche Leistungsklasse der Wärmepumpe. Durch die Kombination dieser Parameter lässt sich die Wahrscheinlichkeit einer Versorgung des Gebäudes mit einer dezentralen Wärmepumpe grob abschätzen.

Abbildung 37 zeigt die Wahrscheinlichkeit zur potenziellen Nutzung einer dezentralen Luftwärmepumpe für die Verbrauchergruppen Wohnen & Kleinverbraucher sowie Öffentliche Einrichtungen in der Kernstadt sowie den Ortsteilen Herzo Base, Hauptendorf, Haundorf, Steinbach und Zweifelsheim. Für die außenliegenden Ortsteile wurde dieses Potenzial in der Eignungsprüfung dargestellt.

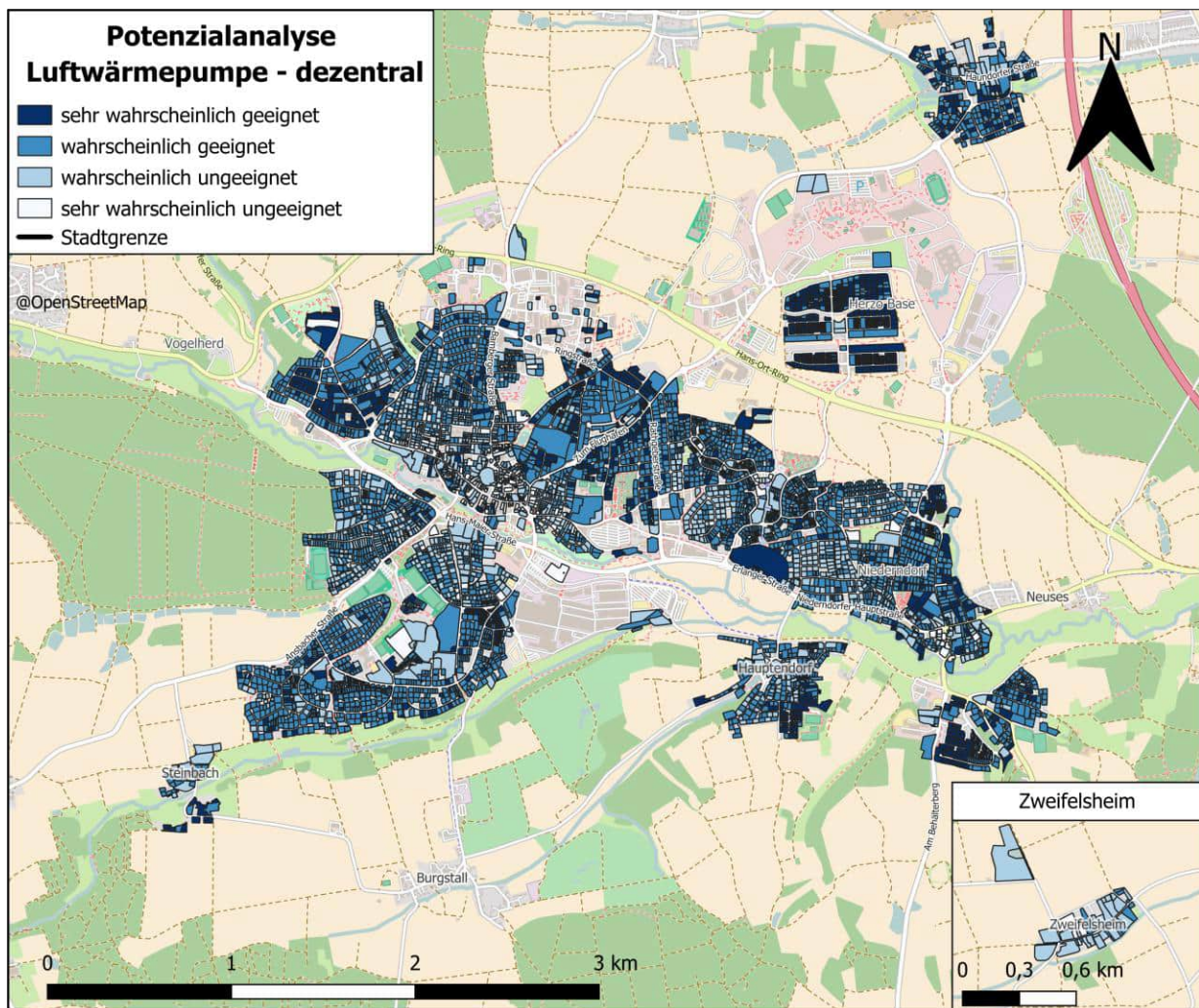


Abbildung 37: Potenzialanalyse Luftwärmepumpen für Wohngebäude und Kleinverbraucher

Hierbei werden lediglich Baublöcke, die überwiegend Wohngebäuden, Kleinverbrauchern und öffentlichen Einrichtungen zuzuordnen sind, betrachtet, da in Industrie- und Gewerbegebieten Schall-Immissionen ein kleinerer Faktor in der Genehmigung spielen. Es sei zudem erwähnt, dass hier ein erster Anhaltspunkt geliefert werden soll. Auch in Gebieten mit geringer Wahrscheinlichkeit kann unter Umständen eine Luftwärmepumpe eine Option zur Wärmegewinnung sein. Aufgrund neuer Technologien und innovativer Lösungen wird das Einhalten des Schallschutzes eine immer geringere Herausforderung.

Es ist zu sehen, dass vor allem in der Altstadt von Herzogenaurach sowie einigen Straßenzügen in Niederndorf nach erster Betrachtung die Nutzung einer Luftwärmepumpe als dezentrale Lösung eher unwahrscheinlich ist. In den meisten Gebieten stellt diese jedoch eine gute Option dar. In den außenliegenden Wohngebieten geringer Dichte, die großteils erst ab den 1980er Jahren entstanden sind, ist die Wärmepumpe teils sogar sehr wahrscheinlich als Wärmelösung geeignet, ebenso wie in Teilen Hauptendorfs und Haendorfs.

#### Zentrale Wärmelösung:

Luftwärmepumpen können nicht nur dezentral eingesetzt, sondern auch zentral in ein Wärmenetz eingebunden werden. Auch hierbei ist auf die Schallemissionen zu achten. Da die Wärme über ein Netz transportiert wird, lassen sich geeignete Standorte identifizieren, von denen aus Gebäude versorgt werden können, die sich nicht für eine dezentrale Luftwärmepumpe eignen. Besonders in Industriegebieten oder am Ortsrand sind die Voraussetzungen für den Bau größerer Luftwärmepumpen meist günstiger. Ein Wärmenetz kann zudem mehrere Baublöcke umfassen, sodass auch die bislang als weniger geeignet eingestuften Quartiere über eine zentrale Luftwärmepumpe versorgt werden könnten. Hierfür sind jedoch vertiefte Analysen erforderlich, die auf den Ergebnissen der Wärmeplanung aufbauen.

In Tabelle 20 ist äquivalent der Wärmebedarf der Wohngebäude, des Kleingewerbes und der öffentlichen Einrichtungen zu sehen, der einem Flurstück mit einer Eignung für Wärmepumpen („sehr wahrscheinlich geeignet“ oder „wahrscheinlich geeignet“) zugewiesen werden kann. Der vorgestellte Ansatz ermöglicht die Abschätzung des Potenzials der dezentralen Luft-Wärmepumpe für die Deckung des Wärmebedarfs im Bereich Wohngebäude, Kleingewerbe und öffentliche Einrichtungen. Die entsprechenden Potenziale sind in Abbildung 38 aufgeführt. Vom Wärmebedarf der Verbrauchergruppen Wohnen & Kleinverbraucher und der Öffentlichen Einrichtungen (203.400 und 8.700 MWh/a) können somit aktuell 87 Prozent durch eine dezentrale Luft-Wärmepumpe versorgt werden. Dieser Wert wird sich aufgrund von Sanierungen und Effizienzsteigerungen der Wärmepumpentechnologien in Zukunft noch erhöhen.

Tabelle 20: Potenzial Umweltwärme

System	Potenzial [MWh/a]
Luft dezentral	184.400
Fließgewässer	33.000
<b>Gesamt</b>	<b>217.400</b>

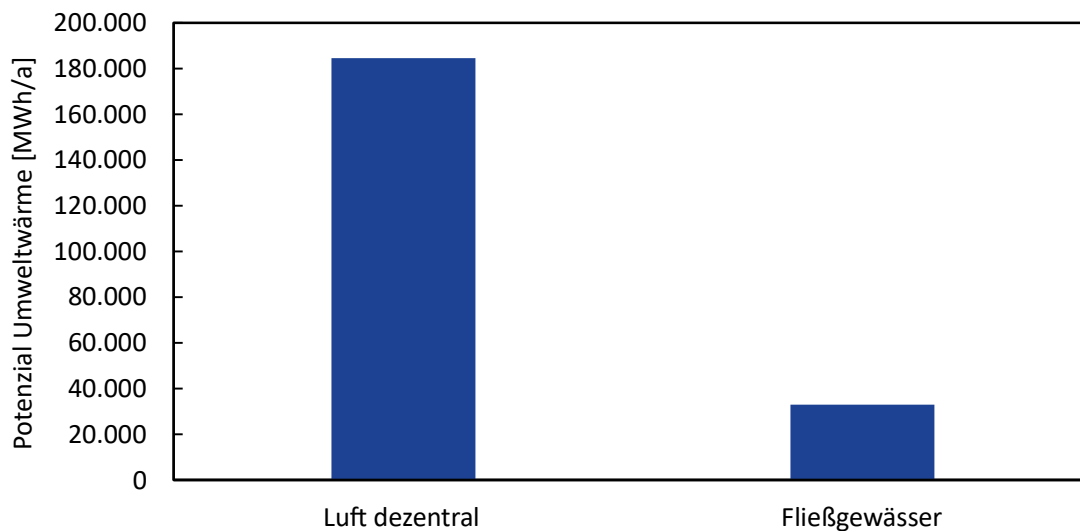


Abbildung 38: Potenzial Umweltwärme

#### 5.4.2 Oberflächennahe Geothermie

Zur Abschätzung des Potenzials erneuerbarer Wärme durch oberflächennahe Geothermie für eine leitungsgebundene und dezentrale Wärmeversorgung wird die mögliche Nutzung und der mögliche Ertrag von Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen (GWWP) auf Freiflächen sowie bebautem Grund innerhalb des Stadtgebietes untersucht. Bestimmte Schutzgebiete aus Abbildung 32 und Bodendenkmäler (siehe Abbildung 33) sind von der Verwendung mit Geothermie grundsätzlich ausgeschlossen. Für Gebiete mit Karstgesteinen kommen nur Erdwärmekollektoren in Frage.

##### Bebautes Gebiet:

Grundlage für die Bewertung der möglichen energetischen Nutzung auf bebautem Gebiet bietet das Kurzgutachten Bayern, welches je Flurstück eine mögliche Entzugsenergie für Erdwärmekollektoren bzw. eine Entzugsleistung für Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen veröffentlicht hat. Zur Abschätzung des Potenzials werden zur Umrechnung der Entzugsleistung in Entzugsenergie 1.500 Volllaststunden und für die Umrechnung der Entzugsenergie in Wärmemengen eine JAZ = 4 für Erdwärmesonden und -kollektoren und eine JAZ = 5 für GWWP angenommen. Der elektrische Anteil der Wärmepumpe ist daher in den ausgewiesenen Wärmemengen bereits enthalten.

Je Flurstück wird jeweils nur das höchste Potenzial betrachtet, auch wenn mehrere Potenziale zur Verfügung stehen. Die Gesamtpotenziale von Erdwärmekollektoren, -sonden und Grundwasserwärmepumpen stehen daher nicht in Konkurrenz zueinander. In Abbildung 39 sind die möglichen Quellen für bebaute Potenzialflächen dargestellt. Es fällt auf, dass Erdwärmekollektoren fast flächendeckend eingesetzt werden können und zusätzlich Erdwärmesonden in vielen Gebieten möglich sind. Das Potenzial für Grundwasserwärmepumpen ist dagegen gering. Flurstücke, die in der Karte nicht dargestellt sind, wurden aufgrund von Überschneidungen mit Ausschlussgebieten oder, weil kein Wärmebedarf bei den Gebäuden vorhanden war, von der Betrachtung ausgeschlossen.

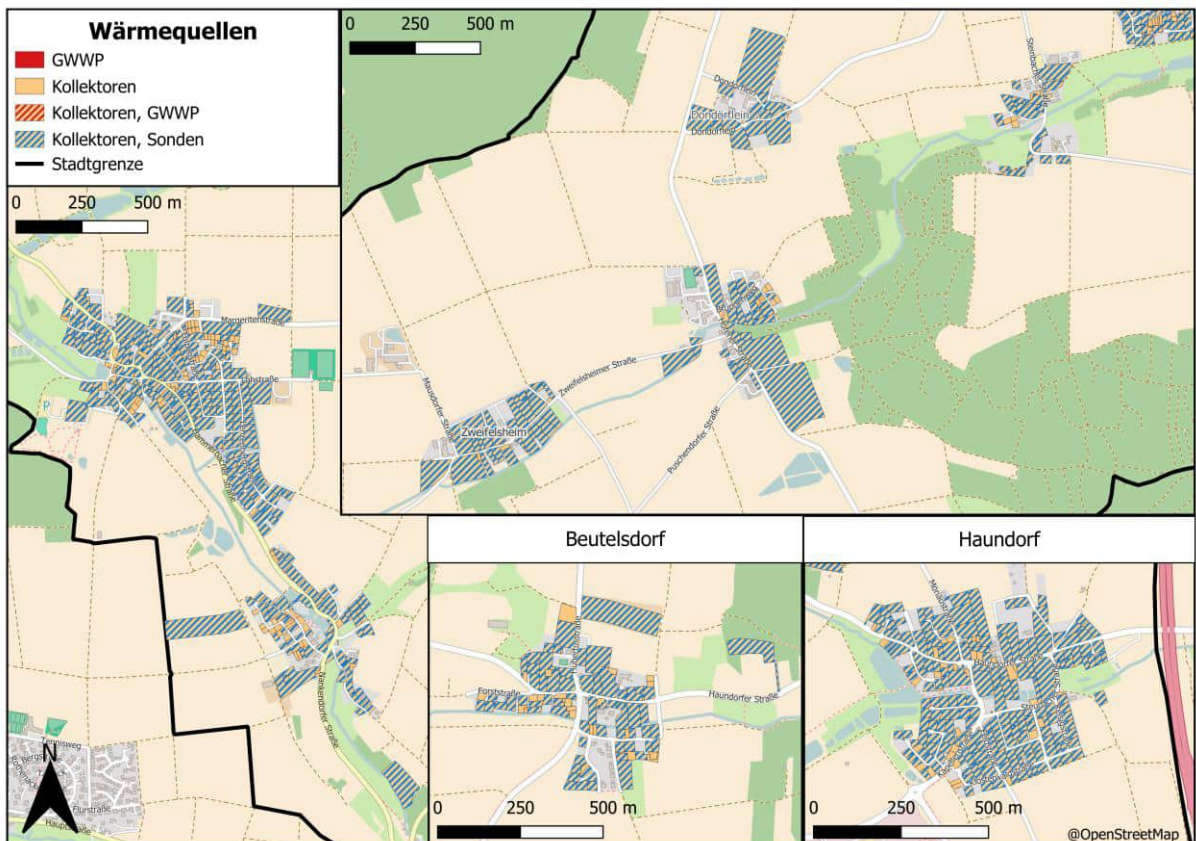
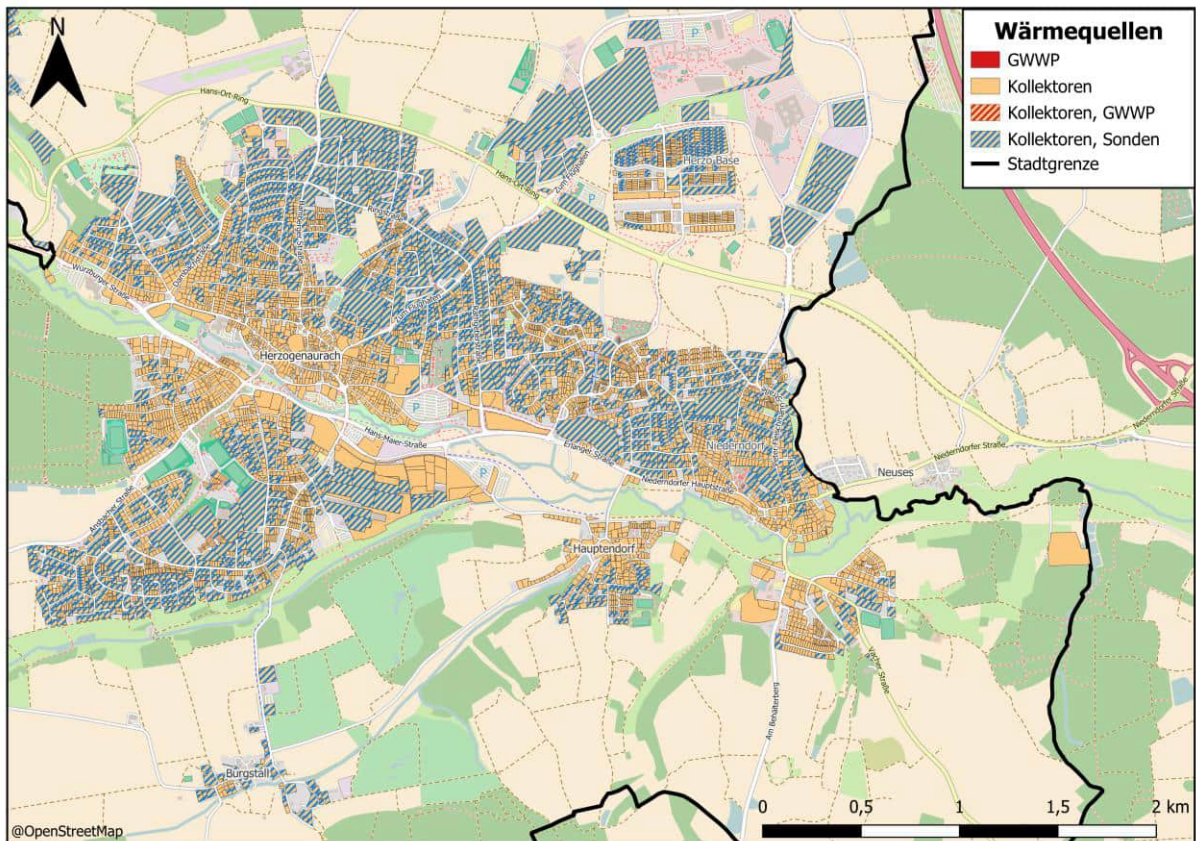


Abbildung 39: Wärmequellen bebautes Gebiet in Herzogenaurach (mit Außenorten)

Das Potenzial je Flurstück wird auf den Wärmebedarf der darauf stehenden Gebäude begrenzt, sodass das Potenzial maximal dem Wärmebedarf der/s Gebäude/s entspricht. Vorsicht geboten ist hier bei Prozesswärme, für deren Erzeugung in der Regel höhere Temperaturen erforderlich sind, und die hier nicht separat ausgewiesen werden kann. Diese spielt in Herzogenaurach jedoch ohnehin nur eine untergeordnete Rolle am industriellen Gesamtverbrauch und wird deswegen nicht separat betrachtet. In Summe ergibt sich ein Potenzial von circa 81.000 MWh/a für Erdwärmekollektoren, 36.100 MWh/a für Erdwärmesonden und kein Potenzial für Grundwasserwärmepumpen.

Um die verfügbaren Potenziale mit den Bedarfen abzugleichen, ist in Abbildung 40 für die bebauten Gebiete der prozentuale Deckungsgrad dargestellt. Er zeigt, zu wie viel Prozent der Bedarf der Gebäude auf dem jeweiligen Flurstück durch das geothermische Potenzial abgedeckt werden könnte. Für den rentablen Einsatz einer Geothermie-Anlage sollte der Deckungsgrad am Wärmebedarf prinzipiell  $> 60$  Prozent sein. Insgesamt liegen in Herzogenaurach hohe Deckungsgrade vor. Generell sind diese am Stadtrand und in den außenliegenden Gebieten höher. In der Altstadt ist das Potenzial für oberflächennahe Geothermie deutlich geringer.

Die hier ausgewiesenen Flächen und Potenziale zeigen nur Richtwerte und unterliegen ggf. Ungenauigkeiten, da flächendeckend Annahmen getroffen wurden und keine Grundstücks-spezifischen Einschränkungen berücksichtigt wurden. Für die konkrete Umsetzung eines solchen Vorhabens sollte daher stets eine Energieberatung hinzugezogen werden.

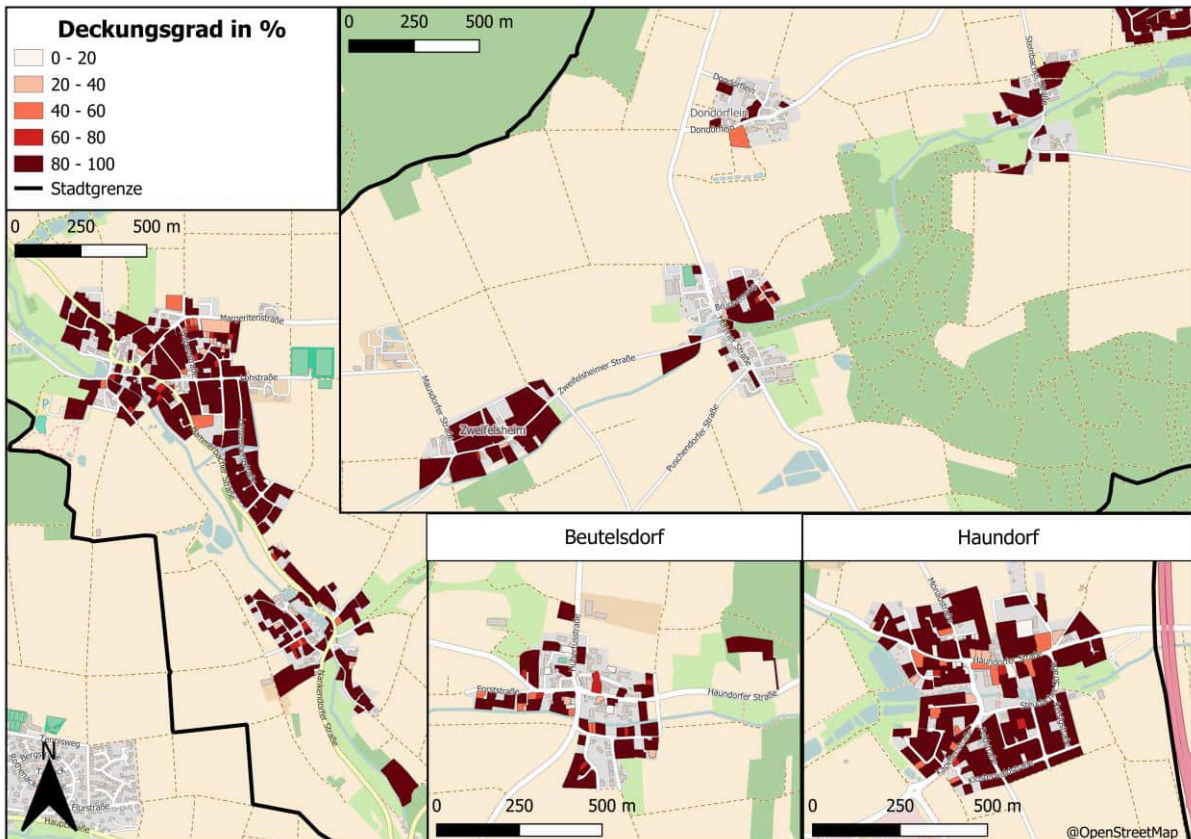
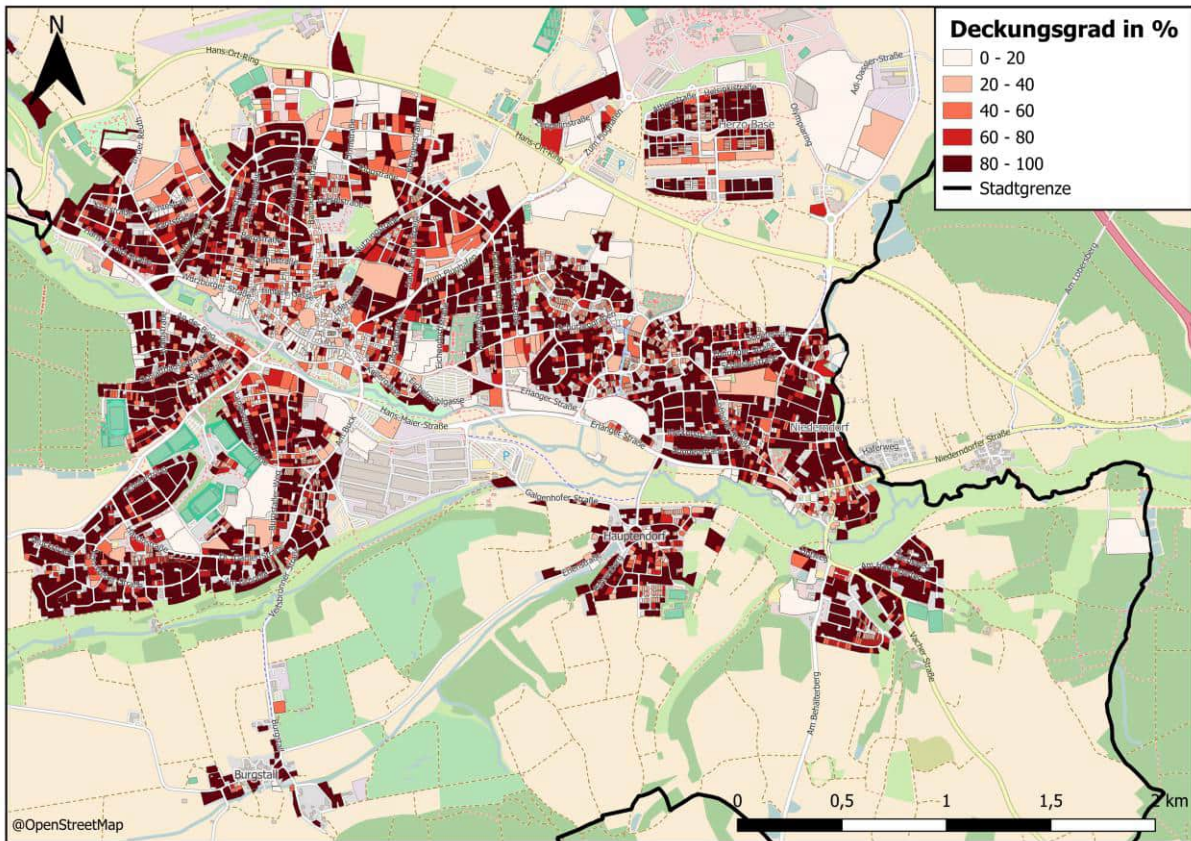


Abbildung 40: Deckungsgrad Geothermie auf bebautem Gebiet (Kernstadt und Außenorte von Herzogenaurach)

## Freiflächen:

Oberflächennahe Geothermie kann nicht nur für einzelne Häuser genutzt werden, sondern auch als Quelle für ein (kaltes) Nahwärmenetz dienen. Daher wird das grobe Potenzial von Freiflächen in näherer Umgebung von bebauten Gebieten, die sich laut Eignungsprüfung für eine erweiterte Wärmeplanung eignen, zur Nutzung geothermischer Energie abgeschätzt. Ortsteile mit verkürzter Wärmeplanung werden hier nicht betrachtet. Aufgrund der großen Menge landwirtschaftlicher Flächen, werden nur Ackerflächen (und keine Grünflächen) als potenzielle Gebiete für Geothermie betrachtet.

In Abbildung 41 sind potenzielle Freiflächen zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie dargestellt. Während Erdwärmekollektoren flächendeckend verwendet werden können, können Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen nur sehr eingeschränkt eingesetzt werden.

Der dargestellte Umfang der Potenziale berücksichtigt die derzeitigen, realen Flächennutzungen. Bei Ausnutzung bestehender oder künftiger Baurechte (z.B. aufgrund von Bebauungsplänen) können sich die Potenzialflächen noch verändern.

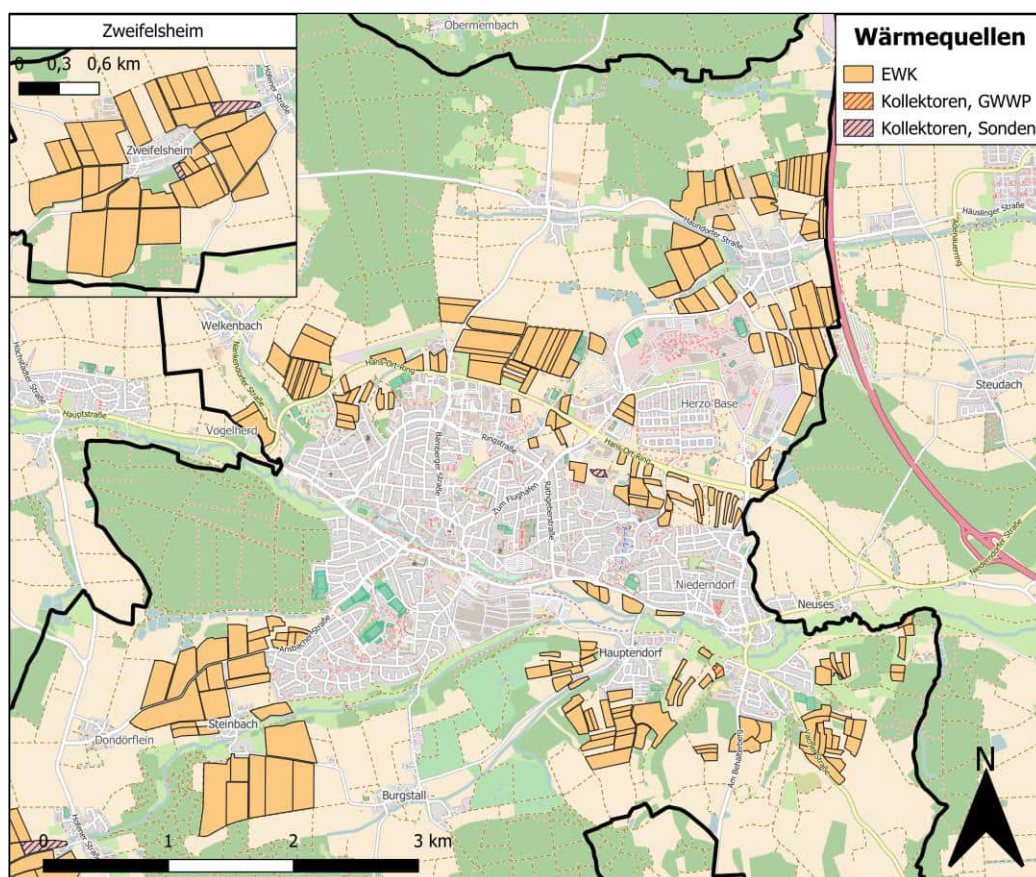


Abbildung 41: Potenzielle Geothermie-Freiflächen

Da die Potenziale des Kurzgutachtens bei großen Flächen auf einen Maximalwert gedeckelt wurden, wurden die Potenziale für Freiflächen gesondert berechnet.

Für Erdwärmekollektoren wurde je Flurstück die vorhandene Bodenart über den Umweltatlas ermittelt und durch diese eine jeweilige Entzugsenergie pro Quadratmeter aus der VDI 4640 entnommen. Durch Einbezug der Flurstückfläche und einer JAZ einer Wärmepumpe von 4 wurde das Potenzial berechnet. Für die Potenziale der GWWP wurde der Wert aus dem Kurzgutachten verwendet. Wie auch bei bebautem Gebiet, wurde in der Gesamtbilanz nur das jeweils höchste Potenzial betrachtet; auch hier stehen die Technologien daher nicht in Konkurrenz zueinander.

Die Summe aus potenziell für oberflächennahe Geothermie verwendbaren Flächen (vgl. Abbildung 41) wurde anschließend auf 2 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche begrenzt, um keine unrealistisch hohen Potenziale auszugeben. Insgesamt ergibt sich daraus ein Potenzial für Erdwärmekollektoren von circa 25.600 MWh/a, die anderen Technologien kommen nicht zum Einsatz.

Abbildung 42 und Tabelle 21 zeigen die Ergebnisse der Potenzialanalyse für Wärme aus oberflächennaher Geothermie graphisch und tabellarisch auf. Da, wie oben bereits erwähnt, jeweils das höchste Potenzial eines Flurstücks verwendet wurde, stehen die aufgezeigten Potenziale nicht in Konkurrenz zueinander. Grundsätzlich könnten alle Geothermie-Arten ca. 42 Prozent des gesamten Wärmebedarfs der Stadt (354.200 MWh/s) decken. Möglicherweise ist jedoch aufgrund der Nutzung einer Freifläche im Rahmen eines Wärmenetzes die Nutzung einer dezentralen Anlage für ein Gebäude nicht mehr erforderlich, da dieses stattdessen ans Wärmenetz angeschlossen wird oder es wird aufgrund des geringeren Deckungsanteils eine alternative Wärmeerzeugungstechnologie gewählt. Daher kann das tatsächlich genutzte Potenzial der Geothermie geringer ausfallen.

Tabelle 21: Potenzial Wärme oberflächennaher Geothermie

System		Potenzial [MWh/a]
Bebautes Gebiet	Erdwärmekollektoren (EWK)	81.000
	Erdwärmesonden (EWS)	36.100
	Grundwasserwärmepumpen (GWWP)	-
Freiflächen	Erdwärmekollektoren (EWK)	25.600
	Erdwärmesonden (EWS)	-
	Grundwasserwärmepumpen (GWWP)	-
<b>Gesamt</b>		<b>142.700</b>

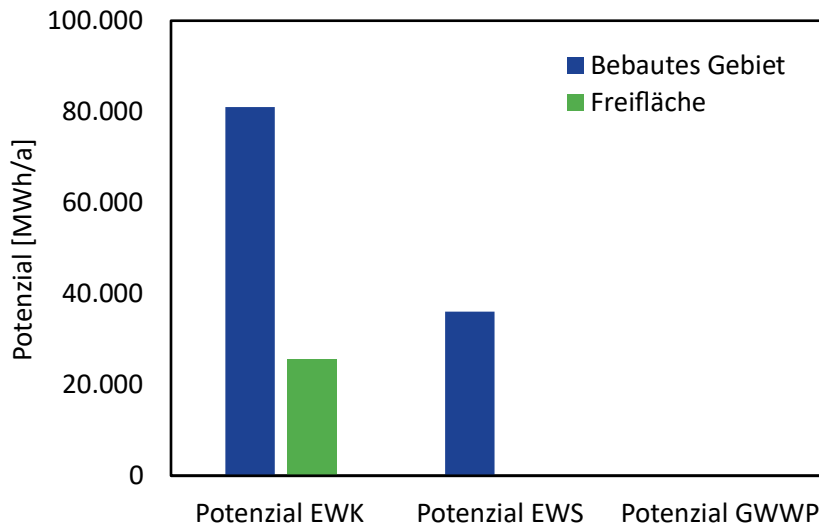


Abbildung 42: Potenzial oberflächennaher Geothermie

### 5.4.3 Solarthermie

Das theoretische Potenzial von Solarthermie ist sehr hoch. Um eine realistische Einschätzung des Potenzials von Solarthermie zu bekommen, werden folgende Schritte unternommen.

#### Solarthermie-Freiflächen:

In Abbildung 43 sind potenzielle Freiflächen für Solarthermie im Stadtgebiet dargestellt. Diese werden anhand der als PV-Freiflächen geeignet eingestuft Flächen aus dem Energie-Atlas Bayern [8] sowie unter Betrachtung der Ausschlusskriterien ermittelt. Da hier, im Gegensatz zur Photovoltaik, die Leitungsverluste die Wirtschaftlichkeit eines Projektes stark beeinflussen, werden nur mögliche Flächen betrachtet, die weniger als 500 m von potenziellen Abnehmern entfernt sind und mindestens eine Fläche von 2.000 m<sup>2</sup> aufweisen. Zudem muss sich die Fläche in der Nähe eines potenziellen Wärmenetzgebiets befinden. Ortsteile mit verkürzter Wärmeplanung werden also nicht betrachtet.

Zur Berechnung des Ertrages der Solarthermie-Freiflächen werden vier existierende Anlagen in Dänemark als Vergleich hergenommen, da es in Deutschland wenige Solarthermie-Freiflächen gibt und die Kennwerte der Anlagen in Dänemark reale Messwerte darstellen [37]. Ein Mittelwert von 220 kWh pro Jahr und Quadratmeter Grundfläche konnte festgestellt werden. Das Potenzial wird mit dem Wärmebedarf der umliegenden Gebiete verglichen und entsprechend begrenzt. Außerdem hat die Stadt Herzogenaurach in einem Kriterienkatalog die Flächen für PV-Freiflächen auf 50 ha beschränkt. Unter der Annahme, dass dies auch für Solarthermische Kollektoren gilt, bleibt eine nutzbare Fläche von ca. 40 ha, welche unter den abgebildeten Flächen ausgewählt werden kann, die jedoch für die Potenzialanalyse auf den Bedarf der angrenzenden Baublöcke beschränkt wurde. Durch Solarthermie-Freiflächen können damit ca. 26,7 GWh Wärme erzeugt werden. Zur kompletten Ausnutzung des Potenzials ist in den meisten Fällen ein auf den Bedarf dimensionierter Wärmespeicher notwendig. Die Flächen befinden sich vor allem im Norden und Südwesten der Stadt. Die Freiflächen stehen gegebenenfalls in Konkurrenz zu Freiflächen mit Geothermie-Kollektoren und PV-Freiflächen.

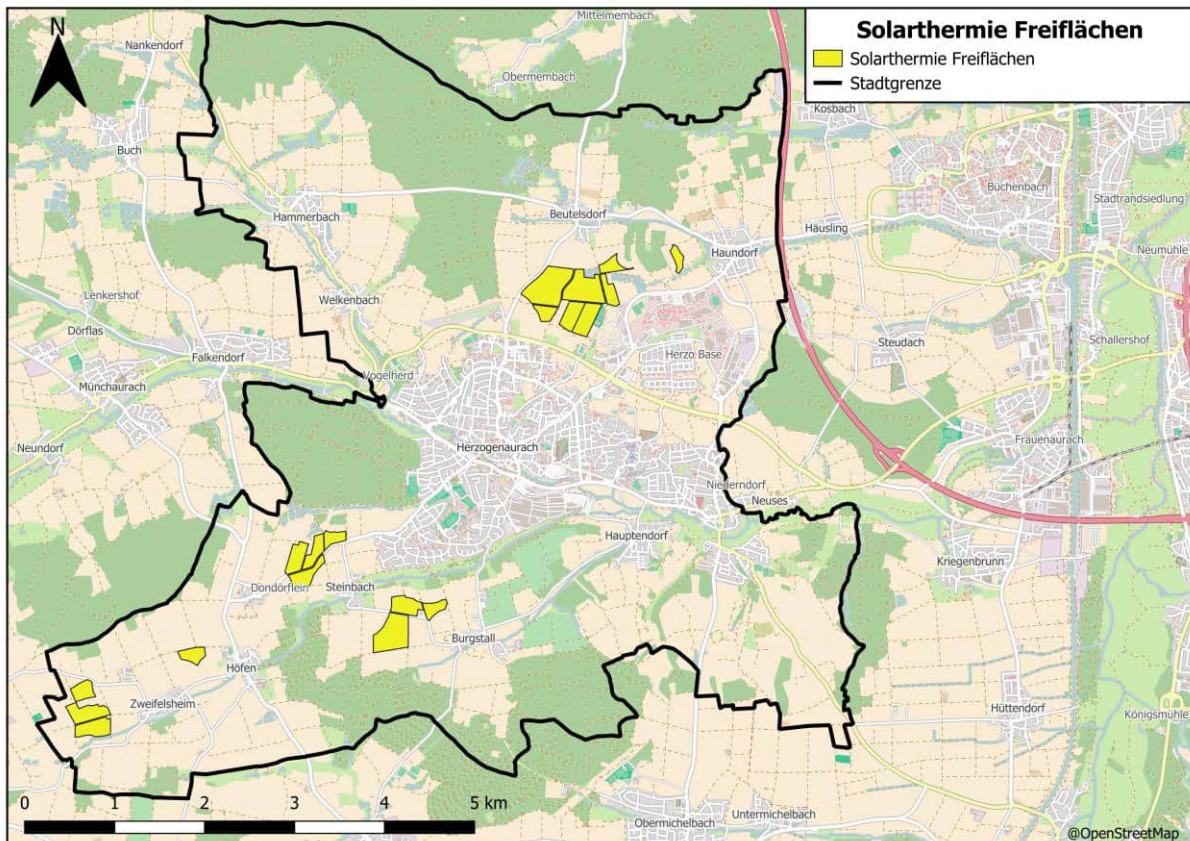


Abbildung 43: Potenzielle Solarthermie-Freiflächen in näherer Umgebung von bebauten Gebieten

### Solarthermie-Dachflächen:

Das Potenzial der Solarthermie-Dachflächen wird mit Hilfe des Energie-Atlas Bayern berechnet [8], in dem jedoch nur das Potenzial der Warmwassererzeugung betrachtet wird. Grundsätzlich steht das Potenzial von Solarthermie und Photovoltaik immer in Konkurrenz zueinander. Neben den bereits jährlich erzeugten Wärmemengen von 2.300 MWh/a kann die Solarthermie auf Dachflächen noch weitere 20.600 MWh/a Wärme liefern, was zusammen ca. 10 Prozent der von den Verbrauchergruppen Wohnen & Kleinverbraucher sowie Öffentliche Einrichtungen benötigten Wärmemenge ausmacht. Tabelle 22 listet die realistischen Potenziale für Solarthermie auf. In Abbildung 44 sind diese graphisch dargestellt.

Tabelle 22: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen

System	Potenzial [MWh/a]
Freiflächen-Solarthermie	26.700
Dachflächen-Solarthermie	20.600
<b>Gesamt</b>	<b>47.300</b>

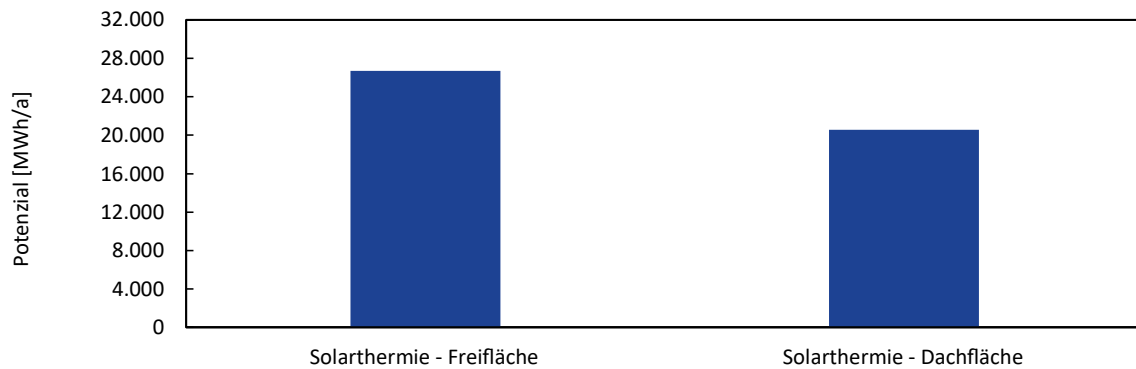


Abbildung 44: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen

#### 5.4.4 Biomasse

Zur Abschätzung des Potenzials für Wärme aus Biomasse werden die Bereiche Biomasse aus Abfällen, Biomasse aus Landwirtschaft und Biomasse aus Waldbestand betrachtet. Es handelt sich hierbei um eine bilanzielle Abschätzung des im Stadtgebiet verfügbaren Potenzials. Vorhandene, außenliegende Potenziale sind nicht Gegenstand dieser Betrachtung. Das heißt, Brennstoffe, die von außen importiert werden, sind zum Beispiel in den Rechnungen nicht enthalten.

##### Biogas:

Für die Abschätzung des Potenzials für Biogas, sowohl thermisch als auch elektrisch, werden die Daten des Energie-Atlas Bayern verwendet [8]. Hier wird das Biogas-Potenzial anhand von den folgenden vier Unterpunkten errechnet. In den Klammern ist der prozentuale Anteil am Gesamtpotenzial für die Stadt Herzogenaurach angegeben.

- Erntehauptprodukte (29,9 Prozent)
- Erntenebenprodukte (21,3 Prozent)
- Organischer Abfall (19,7 Prozent)
- Gülle und Festmist (29,1 Prozent)

Von diesem Potenzial wird die aktuelle auf dem Stadtgebiet verbrauchte Biogasmenge abgezogen, um das übrige Potenzial zu erhalten. Der organische Abfall enthält u.a. kommunales Biogut, kommunales Grüngut, Organik im Hausmüll, gewerbliche organische Abfälle und Landschaftspflegeabfälle. Das thermische Potenzial des Biogases beläuft sich auf ca. 16.900 MWh pro Jahr. Noch nicht eingerechnet ist hier das Potenzial des Klärgases, das im Verlauf des Kapitels noch betrachtet wird.

Aktuell wird auf Grundlage der Daten des Marktstammdatenregisters, der rückgemeldeten Fragebögen und Angaben der Stadt sowie der Herzo Werke GmbH ca. 13.400 MWh<sub>el</sub>/a an Biomethan/Biogas in BHKWs verstromt und insgesamt eine Gesamtenergiemenge von Biomethan von 43.000 MWh/a verbraucht.

Die Herzo Werke GmbH bezieht ihr gesamtes Biomethan bilanziell von einer außerhalb des Stadtgebiets liegenden Biogasanlage, daher wird diese Menge nicht vom lokalen Potenzial abgezogen.

Tabelle 23: Potenzialanalyse Biogas

System	Wert [MWh/a]
Biogasverbrauch BHKW	43.000
Bilanzieller Bezug Biomethan Herzo Werke GmbH	32.000
Lokales Potenzial Biogas	16.900
<b>Übriges lokales Potenzial Biogas</b>	<b>5.900</b>

### Verfügbarkeit Biomethan:

Biomethan gilt gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) als klimaneutraler Energieträger. Heizungsanlagen, die mit Biomethan betrieben werden, erfüllen damit die Anforderung eines Mindestanteils von 65 Prozent erneuerbarer Energien. Die Nutzung von Biomethan kann dabei bilanziell erfolgen. Das bedeutet, dass der GEG-konforme Bezug von Biomethan über einen Herkunftsnachweis des Energieversorgers mit der Jahresschlussrechnung erfolgt, während die physikalische Einspeisung und Entnahme örtlich und zeitlich entkoppelt sein können. So wird beispielsweise Biomethan in Herzogenaurach eingespeist, während an einem anderen Standort in Deutschland ein Abnehmer Erdgas physikalisch aus dem Gasnetz verbraucht, bilanziell aber das Biomethan aus Herzogenaurach über den Gasmarkt bezieht. Im Folgenden werden der potenzielle Biomethanbedarf sowie die Verfügbarkeit deutschlandweit auf Basis von Literaturquellen näher betrachtet.

Im Jahr 2023 wurden in Deutschland 810 TWh Gas verbraucht, davon 333 TWh im Bereich Haushalte und Gewerbe. Dem gegenüber stand eine Biomethanproduktion von nur 10,4 TWh – das entspricht lediglich 1,3 Prozent des Gesamtverbrauchs bzw. 3,1 Prozent des Verbrauchs im Gebäudesektor. Für den künftigen Einsatz in Gasheizungen, die gemäß GEG weiterhin zulässig sind, könnte der Biomethanbedarf bis 2040 auf 13 bis 45 TWh steigen. Gleichzeitig schwanken die Prognosen zum technisch erschließbaren Potenzial zwischen 40 und 200 TWh bis 2045 – je nach Quelle. Dieses Potenzial basiert überwiegend auf Rest- und Abfallstoffen, da der Einsatz von Energiepflanzen zunehmend eingeschränkt wird. Neben dem Wärmemarkt wird auch in der Stromerzeugung und dem Verkehr ein steigender Bedarf an Biomethan erwartet, was einen erheblichen Ausbau der Erzeugungsinfrastruktur erfordern würde. Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen erscheint ein solcher Ausbau jedoch nur schwer realisierbar. [38] [39] [40]

Angesichts des derzeit geringen Anteils von Biomethan am Gesamtgasverbrauch (1,3 Prozent) und eines langfristig realistischen Potenzials von 40 bis 200 TWh pro Jahr sollte Biomethan künftig ausschließlich dort eingesetzt werden, wo es technisch oder wirtschaftlich notwendig ist. Dazu zählen insbesondere die Bereitstellung von Prozesswärme in der Industrie, der flexible Einsatz in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung sowie die Spitzenlastabdeckung in unsanierten Bestandsgebäuden.

### Klärgas:

Das in der Kläranlage anfallende Klärgas (ca. 336.700 m<sup>3</sup> pro Jahr mit einem Energiegehalt von ca. 2.200 MWh) wird bereits nahezu vollständig in einer Mikrogasturbine und einem BHKW vor Ort verbraucht. Ein geringer Überschuss an Klärgas ist gegenwärtig vorhanden.

Die Abwärme der Mikrogasturbine dient der Klärschlamm-trocknung und soll zukünftig ebenfalls noch zur Wärmebereitstellung für den Faulturn und für das Betriebsgebäude (Wärmeschiene) beitragen.

Das vorhandene BHKW hat den Zweck auftretende Klärgasspitzen abzudecken. Im Rahmen der geplanten BHKW-Erneuerung soll hier ebenfalls die Wärmeabgabe in die Wärmeschiene sowie die Klärschlamm-trocknung forciert werden. Somit soll auch der vorhandene Klärgas-überschuss genutzt werden.

Das Potenzial an Klärgas bei der genannten Erzeugung sowie dem vorhandenen bzw. zukünftig geplanten Verbrauch ist demnach ausgeschöpft. In der Potenzialübersicht, die das noch freie Gesamtpotenzial zeigt, ist das Klärgas eingerechnet.

### Energieholz:

Das Gesamtpotenzial für Energieholz wird anhand der Kennzahlen des Berichts bezüglich des Energieholzmarktes in Bayern der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) ermittelt [41]. Da das Gesamtpotenzial im zitierten Bericht lediglich auf Landesebene ausgegeben wird, wird das Potenzial für die Stadt Herzogenaurach anteilig anhand der Einwohnerzahl heruntergerechnet. Somit wird die Transportfähigkeit des Energieträgers Holz mitbetrachtet und auch größere Städte ohne Waldfläche erhalten einen Anteil am bayernweiten Potenzial.

Das Gesamtpotenzial an Energieholz kann in verschiedene Holzsortimente eingeteilt werden, welche wiederum in zentrale und dezentrale Nutzung unterschieden werden. Für eine zentrale Wärmeversorgung - z. B. ein Heizwerk, welches ein Wärmenetz speist – käme eine größere Vielfalt an Energiequellen infrage, für dezentrale Heizungsanlagen ist die Auswahl möglicher Holzsortimente eingeschränkter. Und da auch in Zukunft einige Gebäude dezentral versorgt werden müssen, werden die für dezentrale Heizungen geeigneten Hölzer zu 100 Prozent dem Potenzial für dezentrale Versorgung zugeordnet, auch wenn diese auch in einem Wärmenetz („zentral“) eingesetzt werden könnten.

Im Folgenden wird kurz auf die betrachteten Holzsortimente eingegangen, dann wird das resultierende Potenzial aufgezeigt und kurz diskutiert.

### *Holzsortimente für dezentrales Potenzial:*

Zu den dezentral nutzbaren Holzsortimenten werden zwei verschiedene Kategorien gezählt: Waldholz, welches Scheitholz und Hackschnitzel beinhaltet, und Pellets, produziert aus Sägenebenprodukten. Um das Waldholzpotezial zu berechnen, wurde der Holzzuwachs innerhalb der nächsten 40 Jahre durch das LWF geschätzt und gemittelt. Aktuell werden 37 Prozent des jährlichen Holzeinschlags energetisch genutzt, weswegen auch von dem berechneten Holzzuwachs nur 37 Prozent für die energetische Nutzung angenommen werden. Der Großteil (62 Prozent) des Energieholzes aus dem Forst wird als Scheitholz und weitere 38 Prozent als Hackschnitzel verwertet [41].

Das Pellet-Potenzial wurde anhand der jährlichen Produktion in Bayern berechnet. Da es sich hierbei zum Großteil um eine Resteverwertung der in Sägewerken anfallenden Sägenebenprodukte handelt und über die Nachhaltigkeit der dortigen Holzbezüge keine Aussage getroffen werden kann, ist das Potenzial als kritisch zu betrachten. Gegen eine energetische

Nutzung der dortigen Abfälle an sich ist zwar nichts einzuwenden, jedoch sollte die in den Sägewerken verwertete Holzmenge auch einem nachhaltigen Holzzuwachs gegenübergestellt werden.

#### *Holzsortimente für zentrales Potenzial:*

Für die zentrale Nutzung bleiben noch folgende Holzsortimente übrig: Auf dem Stadtgebiet anfallendes Flur- und Siedlungsholz, Sägenebenprodukte (ausgenommen zur Pellet-Produktion), Kurzumtriebsplantagen und Altholz.

Bei Kurzumtriebsplantagen (KUP) handelt es sich um Ackerflächen, welche mit schnell wachsenden Gehölzen wie der Weide oder Pappel bewirtschaftet werden, und alle paar Jahre als Energiepflanzen maschinell geerntet werden können. Da z. B. Pappeln geringe Ansprüche an die Nährstoffversorgung stellen, können Ackerflächen mit geringer Bodengüte als mögliche Anbauflächen in Frage kommen, welche dann weniger in Konkurrenz zum Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln stehen [41]. Das LWF hat als Gesamtpotenzial für Bayern 180.000 ha Ackerflächen ausgewiesen, dies entspricht rund 8,6 Prozent aller Ackerflächen. Im Jahr 2023 wurden insgesamt 1.479 ha als KUP in Bayern verwendet, was nur rund 0,8 Prozent des ausgewiesenen Potenzials einnimmt. Die für KUP verwendete Fläche ist in den letzten Jahren außerdem konstant geblieben. Dieses Energiepotenzial ist daher noch nicht in großem Maße verfügbar und könnte im Stadtgebiet aktuell daher nur durch eigenen Anbau realisiert werden. Deswegen wurde das KUP-Potenzial als einziges der Holzpotenziale nicht anhand der Einwohnerzahlen auf die Stadt heruntergerechnet, sondern wurde auf maximal 3 Prozent der Stadtfläche begrenzt. Dabei muss zusätzlich beachtet werden, dass das Potenzial in Konkurrenz zu anderer Freiflächennutzung steht (Landwirtschaft, PV-Freifläche, etc.).

Aktuell werden rund 580 ha in Herzogenaurach für den Anbau von Pflanzen zur Grünernte verwendet [10]. Daher würde das ausgewiesene Potenzial von ca. 140 ha 24 Prozent der für Pflanzen zur Grünernte genutzten Fläche ausmachen. Für den Anbau von Maissilage zur Biogaserzeugung liegt der flächenbezogene Energieertrag im Vergleich zu den KUP im gleichen Rahmen [42]. Vergleicht man die THG-Emissionen der Massenerträge von KUP und Maissilage ist mit einem Faktor von 0,1 zu rechnen [43]. Das bedeutet, dass der Anbau von Kurzumtriebsplantagen im Vergleich zur Maissilage mit einem annähernd gleichen Energieertrag lediglich 10 Prozent der THG-Emissionen verursacht. Daher ist aus ökologischer Sicht der Anbau von KUP gegenüber der Maissilage zu bevorzugen. Ökonomische, rechtliche und unternehmerische Aspekte müssen zudem mitbetrachtet werden und können hier nicht detaillierter dargestellt werden.

#### *Berechnetes Gesamtpotenzial:*

Das bayernweite Potenzial aller Holz-Sortimente beträgt knapp 45 TWh/a. In Tabelle 25 sind die Gesamtpotenziale (ohne Abzug der aktuellen Verbräuche) auf die Stadt heruntergerechnet angegeben.

Tabelle 24: Potenziale Energieholz (ohne Abzug aktueller Verbrauch). Bayernweite Potenziale auf die Einwohnerzahl heruntergerechnet.

System	Sortiment	Potenzial [MWh/a]
Dezentral	Waldholz	36.300
	Pellets	14.000
Zentral	Flur- und Siedlungsholz	4.900
	Altholz	6.300
	Sägenebenprodukte	2.400
	Kurzumtriebsplantagen	9.900
<b>Gesamtes Potenzial Energieholz nach LWF</b>		<b>73.800</b>

Da Biomasse ein begrenzter Rohstoff ist, wird das Gesamtpotenzial dem aktuellen Verbrauch gegenübergestellt. Dafür werden die Verbrauchswerte von Biomasse aus der Energiebilanz Wärme für alle Verbrauchergruppen aufsummiert (25.200 MWh/a für feste Biomasse) und vom Gesamtpotenzial abgezogen.

Tabelle 25 listet das noch verfügbare Potenzial von Biogas und Energieholz, abzüglich der aktuell bereits genutzten Mengen, für die Stadt auf. Abbildung 45 zeigt das Ergebnis in graphischer Form. Da die Wärmeversorgung der aktuellen Wärmenetze nicht auf Energieholz beruht, ist dieses Potenzial weiterhin gegeben. Hierbei sei nochmal erwähnt, dass ein großer Anteil dieses Potenzials (> 40 Prozent) auf KUP beruht, dessen Nutzung nicht akut gegeben ist. Der Rest des Potenzials besteht aus Sägenebenprodukten, Altholz sowie Flur- und Siedlungsholz. Das zentrale Potenzial beinhaltet keine Hackschnitzel, da diese der dezentralen Nutzung zugeordnet wurden. Falls ein Wärmenetz mit diesem Energieträger errichtet wird, muss dieses Potenzial daher vom Waldholzpotenzial bei der dezentralen Energieversorgung abgezogen werden.

Tabelle 25: Potenzial Biomasse (Biogas und feste Biomasse)

System	Potenzial [MWh/a]
Biogas (einschl. Klärgas)	8.100
Energieholz zentral	23.500
Energieholz dezentral	25.100
<b>Gesamt</b>	<b>56.700</b>

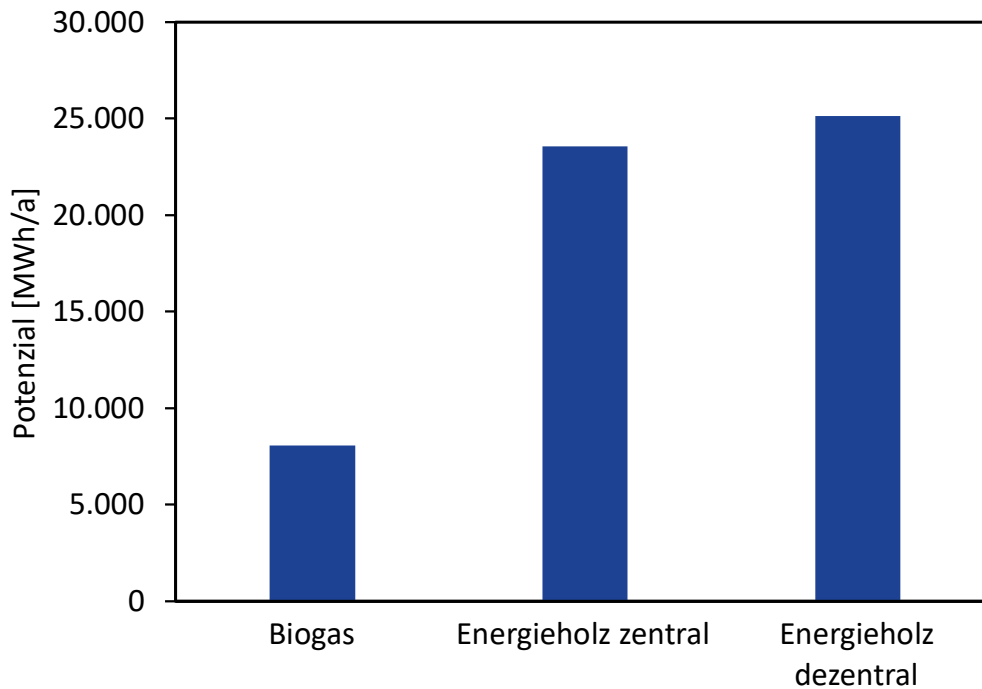


Abbildung 45: Potenzial aus Biomasse. Aufgeteilt in Biogas und Energieholz

### Nachhaltigkeit Energieholzpotenziale:

Die energetische Nutzung von Waldholz wird zunehmend kontrovers diskutiert. Für eine nachhaltige Nutzung des Waldholzes muss zu jeder Zeit sichergestellt werden, dass nicht mehr Holz eingeschlagen wird als zuwächst. Außerdem sollte der begrenzt verfügbare Rohstoff verantwortungsbewusst im Sinne der Kreislaufwirtschaft genutzt werden, also vorrangig mehrmals stofflich verwertet werden, bevor er verbrannt wird. Dem durch das LWF geschätzten jährlichen Zuwachs des Waldes gegenübergestellt wurde in obigem Potenzial nur der direkt energetisch genutzte Teil des Waldholzes (37 Prozent des Einschlags). Sägenebenprodukte und Altholz müssen jedoch auch berücksichtigt werden, sodass dieses Potenzial in den restlichen 63 Prozent des Einschlags, dem stofflich verwerteten Teil des Waldholzes, beinhaltet sein sollte. Bezogen auf den restlichen Einschlag machen Sägenebenprodukte und Altholz knapp 37 Prozent aus (also 23 Prozent vom Gesamteinschlag). Dies bedeutet, dass für das ausgewiesene Gesamtpotenzial von Waldenergieholz, Altholz und Sägenebenprodukte insgesamt 60 Prozent der bayerischen Waldfläche nur für energetische Zwecke genutzt werden würde.

Es ist bei Altholz und Sägenebenprodukten jedoch nicht verifizierbar, welcher Anteil des dafür verwendeten Holzes tatsächlich aus Bayern stammt. Eine nachhaltige Nutzung von fester Biomasse setzt allerdings eine regionale Nutzung des angebauten Holzes voraus. Zudem wird Holz in Zukunft auch in anderen Bereichen mehr zum Einsatz kommen. Die Mengen von Holz als Baustoff als auch der Einsatz von Papier für Verpackungen ist in den letzten Jahren gestiegen und wird sich laut Prognosen weiter erhöhen. [44] Dies sind weitere Indizien, welche für eine Nutzung von Energieholz weit unter den ausgewiesenen Potenzialen für die Wärmeversorgung in der Stadt Herzogenaurach sprechen.

Neben der Nachhaltigkeit ist ein weiterer wichtiger Faktor für eine wirtschaftliche Energieversorgung die Versorgungssicherheit der Energieträger. Abbildung 46 zeigt den Schadholzanteil am Holzeinschlag der letzten Jahre. Es ist zu erkennen, dass dieser in den letzten fünf Jahren teilweise auf fast 50 Prozent gestiegen ist. Aufgrund des Klimawandels werden solche Extremwetterereignisse in Bayern voraussichtlich weiter zunehmen. Wetterextreme und deren Auswirkungen verursachen einen hohen Anteil an unplanbarem Holzeinschlag, welcher Auswirkungen auf die Marktpreise des Energieträgers hat.

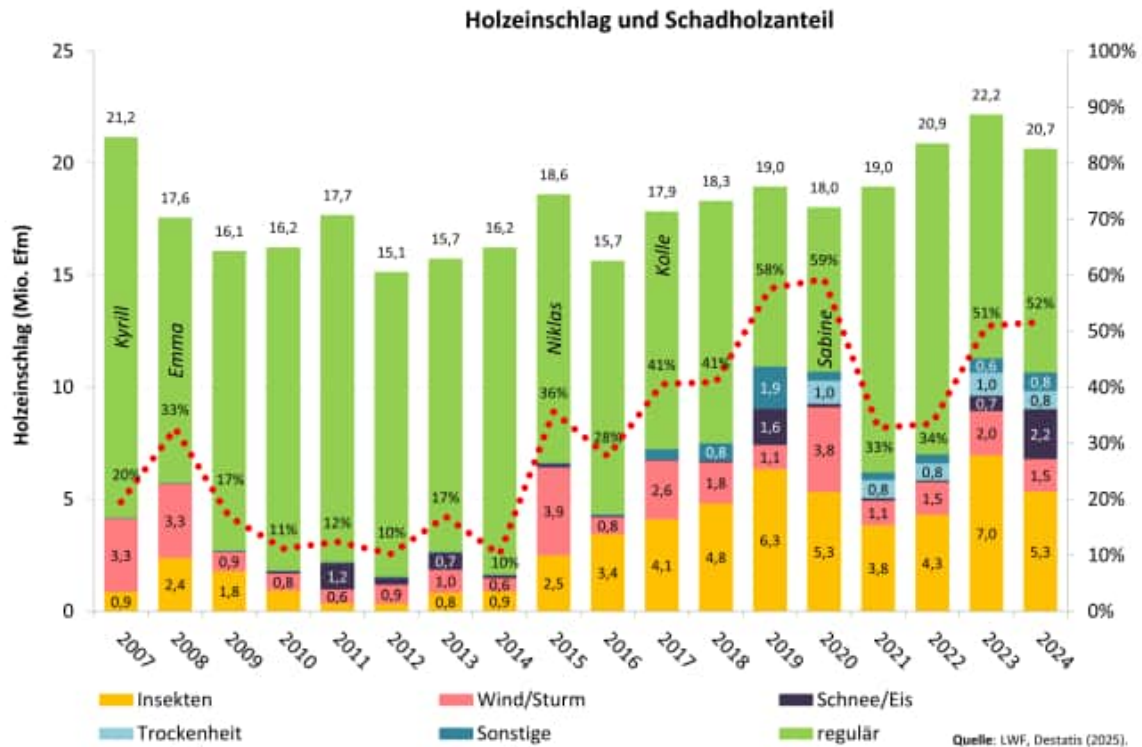


Abbildung 46: Holzeinschlag und Schadholzanteil [45]

Der steigende Anteil des Holzeinschlages verglichen mit dem nachhaltigen Nachwuchs in Verbindung mit dem steigenden Schadholzanteil am Holzeinschlag zeigt, dass der Rohstoff Energieholz für eine nachhaltige und wirtschaftlich planbare Energieversorgung nicht übermäßig vorhanden ist und daher stets überlegt eingesetzt werden sollte.

### Einordnung der Herzo Werke GmbH

Überdies soll an dieser Stelle nun noch eine Einschätzung der Herzo Werke GmbH über das Biomasse-Potenzial für Heizwerke im Stadtgebiet wiedergegeben werden.

Auf Grundlage des einschlägigen Gutachtens „Brennstoffpotenzial Biomasse-HKW Herzogenaurach“ der eta Energieberatung GmbH aus dem Jahr 2023 im Auftrag der Herzo Werke GmbH [9] werden zusammenfassend die folgenden Aspekte herausgestellt:

- Untersuchung des Aufkommens von Waldrestholz und Landschaftspflegematerial in einem Radius von 100 km um den Standort im Rahmen der Überlegungen zum Bau eines Biomasse-Heizwerks mit einer Feuerungswärmeleistung von 12 MW.

- Hauptquelle ist Waldrestholz inkl. Rinde aus Industrie- und Stammholznutzung mit knapp 70 Prozent Anteil am Gesamtpotenzial. Landschaftspflegematerial kann mit gut 1/3 zur Brennstoffversorgung beitragen.
- Die Ausgangslage für den Bau eines neuen Biomasse-HKW in der Region ist als durchaus positiv zu bewerten. Durch Gespräche mit potenziellen Brennstofflieferanten, v.a. mit den bayerischen Staatsforsten, lassen sich die Ergebnisse der Potenzialermittlung bestätigen.
- Die Bayerischen Staatsforsten sehen die zukünftige Brennstoffversorgung für das geplante Heizkraftwerk als realisierbar an.

Im Rahmen dieser Biomasse-Potenzialstudie wurde detailliert untersucht, ob ein Biomasseheizkraftwerk mit einer Feuerungswärmeleistung von 12 MW realisiert werden könnte. Die Überlegungen zum Bau eines Biomasseheizkraftwerks in diesem Leistungsbereich sind inzwischen aber obsolet. Im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze werden momentan Transformationspläne für das bestehende Fernwärmenetz in Herzogenaurach als auch für ein neu zu bauendes Fernwärmenetz im Süden von Herzogenaurach entwickelt. Hierbei soll auch ein Teil der Wärme mittels Hackschnitzelheizungen erzeugt werden. Nach aktuellem Planungsstand liegen die Hackschnitzelfeuerungen in Summe in einem Bereich von voraussichtlich 6 bis 7 MW Feuerungswärmeleistung.

#### Klärschlamm:

Klärschlamm fällt als Nebenprodukt der kommunalen Abwasserreinigung an und enthält organische Substanzen, Nährstoffe wie Phosphor sowie Schwermetalle und Schadstoffe. Derzeit wird ein Großteil des Klärschlammes thermisch verwertet: Der Großteil wird als zusätzlicher Brennstoff z. B. in Kohlekraftwerken oder Zementwerken mitverbrannt, nur ein sehr kleiner Teil (ca. 1 Prozent) wird in speziellen Monoverbrennungsanlagen wiederverwertet. Eine landwirtschaftliche Ausbringung ist stark rückläufig und durch die novellierte Klärschlammverordnung 2017 aufgrund von gesteigener Schadstoffbelastung für Kläranlagen > 100.000 EW ab Januar 2029 nicht mehr zulässig. Die aktuell noch teurere Monoverbrennung wird zukünftig auch vermehrt in den Fokus geraten, da diese die durch die oben genannte Klärschlammverordnung zukünftig geforderte Rückgewinnung von Phosphor ermöglicht. [46]

Um das hohe energetische Potenzial des Klärschlammes zu nutzen, muss dieser in mehreren Schritten entwässert und getrocknet werden. In Herzogenaurach findet die Trocknung und die Weiterverarbeitung des Klärschlammes zu Klärschlampellets auf dem Gelände der Kläranlage statt. Derzeit werden die Pellets an einen externen Versorger übergeben.

Unter Annahme eines Heizwertes von 10  $MJ/kg$  [47] und einem Wirkungsgrad der Anlage von 80 Prozent könnten durch die Monoverbrennung der anfallenden Klärschlampellets in Herzogenaurach knapp 1.100 MWh Energie zurückgewonnen werden. Tabelle 26 listet dieses Potenzial auf.

Tabelle 26: Potenzial Klärschlammverbrennung

System	Potenzial [MWh/a]
Klärschlammverbrennung	1.100

### 5.4.5 Abwärme

Das Potenzial der Abwärme wird separat für die Bereiche Industrie, Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Abwasser betrachtet. Da nicht für jedes Unternehmen Daten zur Verfügung stehen, sind die folgenden Potenziale nicht vollständig und lediglich die bekannten Energiemengen werden aufgelistet.

#### Unvermeidbare Abwärme aus Industrie:

Insgesamt nahmen 3 Firmen in Herzogenaurach an der Befragung für Industrieunternehmen teil. Aufgrund von teilweise unzureichenden Angaben zur Abschätzung des Potenzials, zu geringen Abwärme-Mengen oder nicht möglicher/gewünschter Einspeisung in ein potenzielles Wärmenetz kann kein Potenzial aus unvermeidbarer Abwärme angesetzt werden.

#### Kraft-Wärme-Kopplung:

In Rahmen dieses Kapitels wird das thermische Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen auf Grundlage von im Stadtgebiet erzeugten Biogas aufgezeigt. Als Datengrundlage werden an dieser Stelle der Energie-Atlas Bayern [8], das Marktstammdatenregister sowie direkte Betreiberankünfte herangezogen. In diese Betrachtung fallen nicht die KWK-Anlagen z.B. in Betriebsführung der Herzo Werke GmbH, da hier bereits eine Nutzung der Wärme im Wärmenetz stattfindet.

Die nachfolgende Tabelle zeigt das thermische Potenzial der KWK-Anlagen auf.

*Tabelle 27: Thermisches Potenzial KWK-Anlagen*

Betrachtung	Potenzial [MWh <sub>therm</sub> /a]
KWK-Anlagen	4.000

Das oben ausgewiesene thermische Potenzial beruft sich auf die Pläne eines ortsansässigen Biogasanlagenbetreibers, der gegenwärtig den Bau eines zusätzlichen Satelliten-BHKWs in der Nähe des Stadtgebiets erwägt.

#### Abwasser:

Auf dem Stadtgebiet gibt es eine Kläranlage, deren Abwärme genutzt werden kann. Es gibt zudem einige Kanäle mit einer Größe, für welche die Nutzung der Abwärme möglich wäre. Vor allem im Winter stellt Abwärme aus Abwasser aufgrund der hohen Temperaturen eine gute Quelle für z.B. eine Großwärmepumpe dar. Mit Hilfe des Mindesttrockenabflusses der zwei bekannten Standorte, einem exemplarischen Abflussverlauf über den Tag und einer potenziellen Abkühlung des Wassers von 3 K kann das Potenzial der Abwärme aus Abwasser berechnet werden. Da diese Werte nicht vorliegen, kann für die Abwasserkanäle keine Potenzialabschätzung gemacht werden. Der Verlauf der Kanäle > DN800 ist in der Bestandsanalyse dargestellt.

Anhand der von der Kläranlage gelieferten Daten bezüglich der Abwassermengen und -temperaturen für jeden Tag im Jahr kann ein grobes Potenzial der Abwasserwärmenutzung in Kombination mit einer Wärmepumpe abgeschätzt werden.

Tabelle 28 zeigt die Ergebnisse der Potenzialanalyse zur Gewinnung von Wärme aus unvermeidbarer Abwärme und Abwasser.

Tabelle 28: Potenzialanalyse Abwärme

System	Potenzial [MWh/a]
Industrie	-
KWK-Anlagen	4.000
Abwasser Kläranlage	14.900
<b>Gesamt</b>	<b>18.900</b>

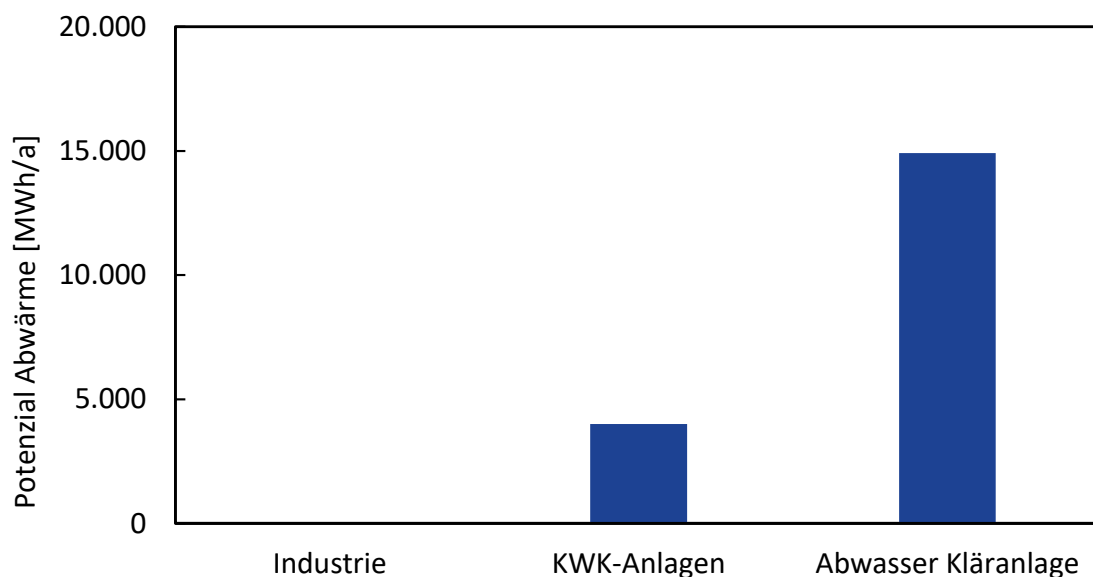


Abbildung 47: Potenzialanalyse Abwärme

#### 5.4.6 Zentrale Wärmespeicher

Zentrale Wärmespeicher, welche u.a. saisonal betrieben werden, dienen der Verschiebung von Potenzialen aus lastärmeren Phasen in Zeiten höheren Bedarfs. Somit lassen sich Potenziale oder Leistungsgrenzen ggf. effektiver nutzen.

Zur Ermittlung möglicher Standorte zentraler Wärmespeicherung werden unbebaute Stellen in der Nähe des bestehenden Wärmenetzes, Ausbaugelände nach den Transformationsplänen der Herzo Werke GmbH sowie Gebiete mit möglicher zukünftiger netzgebundener Wärmeversorgung betrachtet, in deren Umgebung sich nutzbare Wärmequellen befinden. Grundlegend in Frage kommende Flächen werden auf verschiedene Faktoren (Flächengröße, Art der Nutzung, Ausschlussgebiete) geprüft, um die Realisierbarkeit der Nutzung dieser Flächen zu bewerten.

Abbildung 48 zeigt das Ergebnis dieser Untersuchung. Vor allem in unmittelbarer Nähe zu bestehenden und für die Zukunft geplanten Heizzentralen sowie an potenziellen Geothermie- oder Solarthermie-Freiflächen eignet sich der Bau eines zentralen Wärmespeichers.

Hierbei handelt es sich um vereinfachte Überlegungen. Für eine genaue Standortbestimmung sind detaillierte Studien und eine individuelle Abstimmung mit den zuständigen Behörden und Betreibern vonnöten.

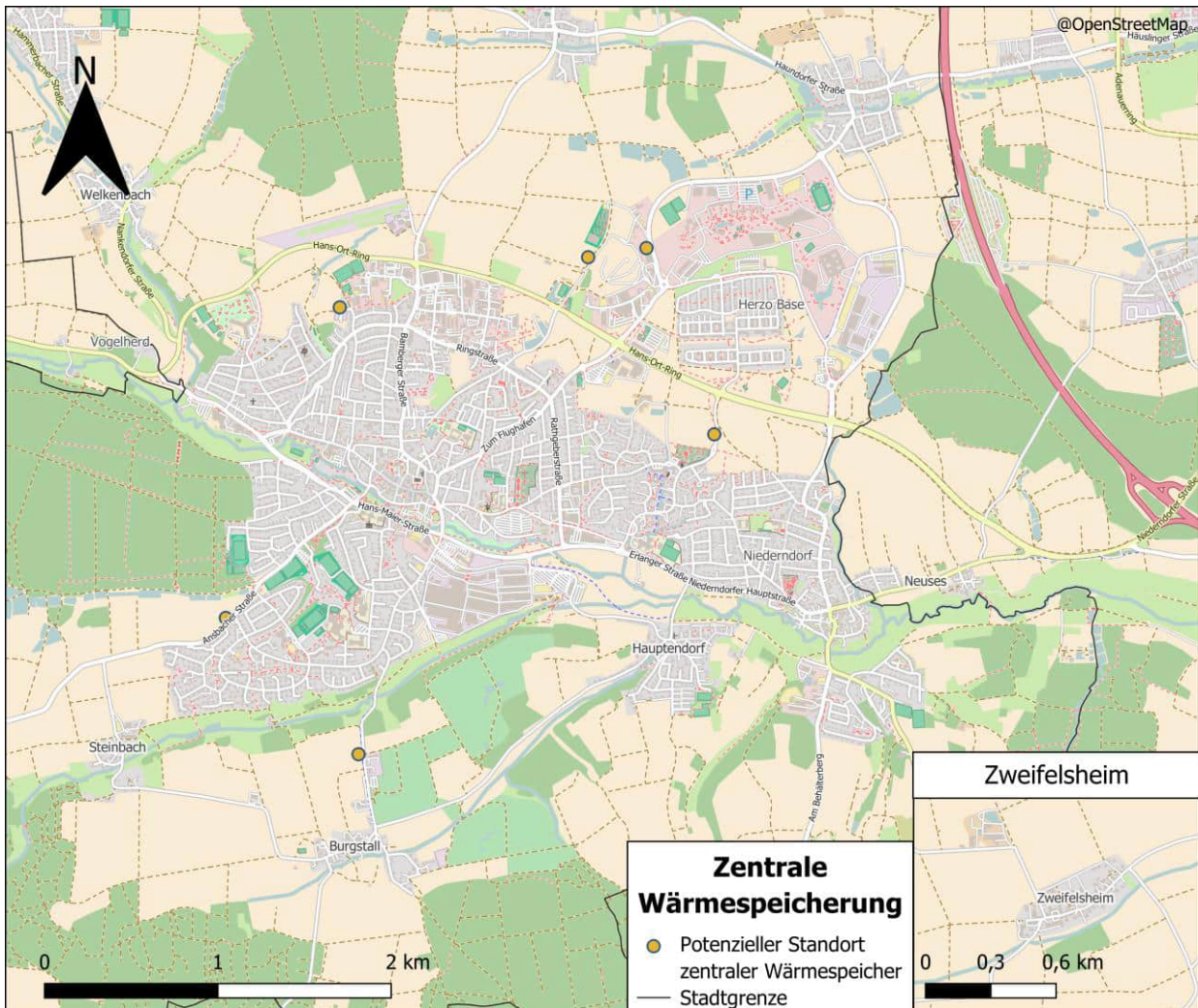


Abbildung 48: Potenzielle Standorte zentraler Wärmespeicherung

### 5.4.7 Sonstige

Weitere mögliche Potenziale für erneuerbare Energien sind Tiefengeothermie und Wasserstoff bzw. synthetische Gase. Anlagen zur thermischen Müllbehandlung sind keine auf dem Stadtgebiet vorhanden.

### Wasserstoff und synthetische Gase:

Auszug aus der Stellungnahme der Herzo Werke GmbH zur Perspektive von grünem Wasserstoff für die Stadt Herzogenaurach (vom 09.09.2025).

Perspektivisch könnte Wasserstoff im Stadtgebiet von Herzogenaurach eine Rolle spielen.

Die Stadt Herzogenaurach ist wirtschaftlich stark durch die international tätigen Unternehmen adidas, PUMA sowie Schaeffler geprägt. Gerade die Schaeffler AG könnte in den kommenden Jahren einen hohen Bedarf an grünem Wasserstoff für ihre industriellen Prozesse entwickeln. Neben den industriellen Großabnehmern wird auch auf Seiten kleinerer Gewerbe- und Industriebetriebe ein wachsendes Interesse an grünem Wasserstoff erwartet. Sobald eine verlässliche und wettbewerbsfähige Versorgung zur Verfügung steht, werden sich auch diese Kundengruppen verstärkt an den Markt anbinden.

Auf Seiten der Wasserstoff-Bereitstellung steht die Anbindung an das überregionale Wasserstoffnetz in Aussicht. Die Open Grid Europe plant, eine der drei durch das Herzogenauracher Umland verlaufenden Gasleitungen perspektivisch auf den Transport von Wasserstoff umzustellen. Nach aktuellem Stand ist bis etwa 2035 mit einer Anbindung zu rechnen [48].

Damit eröffnet sich für Herzogenaurach die Möglichkeit, Teil des nationalen Wasserstoffkernnetzes zu werden und den Zugang zu überregional produzierten Mengen zu sichern.

Parallel zur überregionalen Anbindung wird die lokale Erzeugung von Wasserstoff entscheidend sein. Bereits genehmigte Windparks sowie bestehende Photovoltaik-Freiflächenanlagen schaffen die Grundlage für eine regionale, erneuerbare Stromproduktion. Diese Erzeugungsanlagen speisen in das Umspannwerk Burgstall ein, das als zentraler Knotenpunkt für die lokale Energiewende fungiert.

Die Themen Wasserstoff sowie synthetische Gase werden nun nachfolgend im Kapitel der Zielszenarien detaillierter diskutiert.

### Tiefengeothermie:

Die Tiefengeothermie ermöglicht sowohl die Wärme- als auch die Stromerzeugung. Zur Wärmenutzung wird vor allem die hydrothermale Geothermie eingesetzt, bei der heißes Tiefengrundwasser gefördert und für Fernwärmenetze, industrielle Prozesse oder Gewächshäuser genutzt wird. Eine weitere Möglichkeit ist die petrothermale Geothermie, bei der Wasser in heiße, trockene Gesteine injiziert und über Wärmetauscher genutzt wird. Die Closed-Loop-Geothermie mit einem geschlossenen Kreislauf stellt auch eine Möglichkeit der Tiefengeothermie dar. Für die Stromerzeugung kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz. Der ORC (Organic Rankine Cycle) nutzt geothermisches Wasser ab etwa 100 °C, indem ein organisches Arbeitsmedium verdampft wird, das eine Turbine antreibt. Eine Variante davon ist der Kalina-Prozess, bei dem ein Ammoniak-Wassergemisch für eine höhere Effizienz sorgt. Bei sehr hohen Temperaturen über 150 °C können Dampfturbinen direkt mit Wasserdampf betrieben werden. Oft wird die Kaskadennutzung angewendet, bei der nach der Stromerzeugung die verbleibende Wärme weiter für Heizzwecke genutzt wird, um die Energieeffizienz der Anlage zu maximieren.

Zwar liegt Herzogenaurach in keinem der drei deutschen für hydrothermale Tiefengeothermie bevorzugten Gebiete (Norddeutsches Becken, Süddeutsches Molassebecken, Oberrheingraben), dennoch wird dieses Potenzial im Folgenden eingeordnet. Tiefengeothermie stellt ein mögliches Potenzial sowohl zur Wärme- als auch zur Stromerzeugung dar. Hier soll eine qualitative Aussage getroffen werden, da die Datengrundlage meist noch zu ungenau ist. Hierfür sind weitere Untersuchungen notwendig bzw. Untersuchungsergebnisse, wie z.B. die geophysikalischen Messungen der N-ERGIE per Flugzeug im Gebiet der Stadt Nürnberg, noch ausstehend. Die Temperaturkarten des Bayerischen Geothermie-Atlas (Stand Oktober 2022) zeigen die interpolierte Temperaturverteilung in Tiefen von 250 m bis 4.500 m unter NHN mit einer Standardabweichung von  $\pm 10$  °C. Da keine Extrapolation erfolgt, können scheinbare Temperaturabnahmen mit der Tiefe auftreten. Die Karten dienen zur ersten Einschätzung für geothermische Nutzungsmöglichkeiten, ersetzen jedoch keine standortspezifischen Untersuchungen. Abbildung 49 zeigt die Temperatur in 250 m unter Normalhöhennull. Herzogenaurach liegt in einer Zone ohne Temperaturenaussage. Der nächste Temperaturbereich von 25–30 °C beginnt südöstlich des Stadtgebiets bei Hüttendorf. Eine Aussage über die Temperaturverteilung in tieferen Erdbereichen ist für diesen Standort nicht möglich [7].

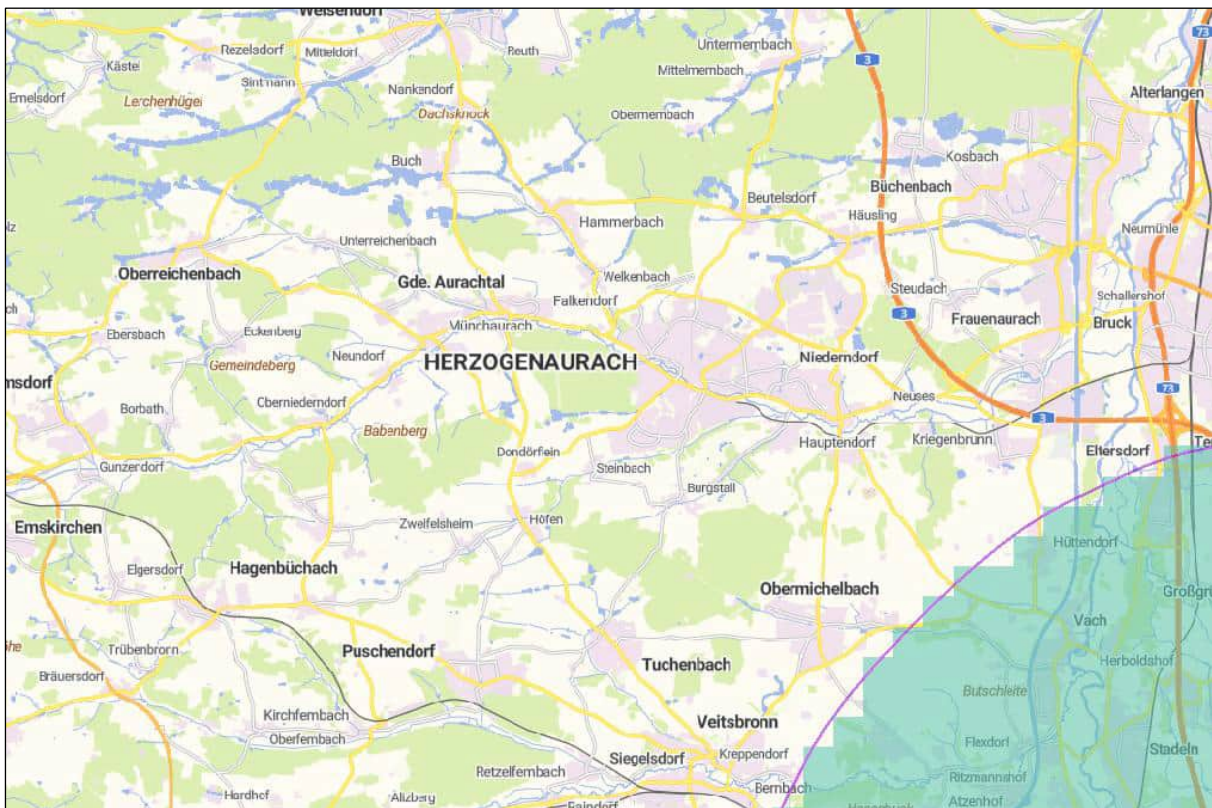


Abbildung 49: Temperaturverteilung in 250 m unter NHN [7].

## 5.4.8 Zusammenfassung Potenzial erneuerbare Wärme

In Abbildung 50 sind die abgeschätzten technisch-realistischen Potenziale für erneuerbare Wärme auf dem Stadtgebiet aufgezeigt, nicht eingerechnet sind die Energiemengen, die schon genutzt werden. Insgesamt ergibt das ein Potenzial von ca. 484.000 MWh pro Jahr. Da Solarthermie und Photovoltaik sowohl auf Dachflächen als auch auf Freiflächen in Konkurrenz

stehen, wird dies in der untenstehenden Graphik berücksichtigt. Somit wird eine doppelte Betrachtung von Potenzialflächen verhindert.

Hierbei handelt es sich jedoch ausschließlich um Energiemengen. Parameter wie Temperatur oder zeitliche Verfügbarkeit der Wärmequelle sind noch nicht berücksichtigt. So variiert vor dem Hintergrund der verfügbaren Potenziale die zu präferierende Anwendung der verschiedenen Quellen. Der begrenzte Rohstoff Biomasse, der die Eigenschaft hat, im Verbrennungsprozess hohe Vorlauftemperaturen generieren zu können, sollte so im Schwerpunkt zur Deckung der Spitzenlast bei sehr niedrigen Außentemperaturen eingesetzt werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit mit erneuerbarem Strom Wasserstoff zu erzeugen, zu speichern und diesen zur Spitzenlastabdeckung einzusetzen. Wenn dieser mit Photovoltaik erzeugt wird, sinkt jedoch das Potenzial *Solarthermie/ PV und Wärmepumpe*.

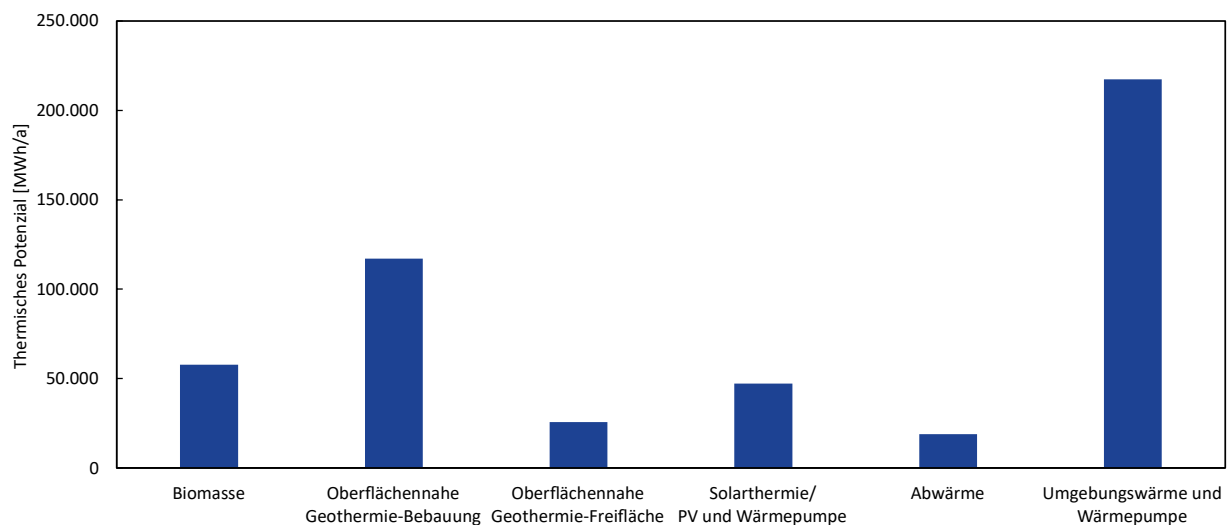


Abbildung 50: Zusammenfassung Potenziale erneuerbarer Wärme

## 5.5 Potenziale erneuerbarer Strom

In diesem Kapitel werden die Potenziale von erneuerbarem Strom in Form von Photovoltaik, Windenergie und Biomasse berechnet.

### 5.5.1 Photovoltaik

Analog zur Potenzialabschätzung der Solarthermie wird auch bei der Photovoltaik in Dach- und Freiflächen unterschieden.

#### Photovoltaik-Freiflächen:

Für die Ermittlung der potenziellen PV-Freiflächen werden die als voraussichtlich bedingt geeignet eingestuft Flächen aus dem Energie-Atlas Bayern [8] herangezogen. Mit einem festgelegten Abstand zu Wohnhäusern und Wald (Schattenwurf) sowie der Aussparung von Bodendenkmälern und der Berücksichtigung von Flurstücksgrenzen und Schutzgebieten werden mögliche Gebiete ermittelt. Um die Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten, werden nur Flächen von einer Größe ab ca. 2,5 ha berücksichtigt. Zudem wird Ackerland vor Grünland als

potenzielle Fläche betrachtet, wobei in Herzogenaurach lediglich Ackerland betrachtet wird. Mit einem durchschnittlichen Erfahrungswert von 1050 kWh pro kWp und Jahr kann das Potenzial an Energie abgeschätzt werden.

Abbildung 51 zeigt die im Stadtgebiet für Freiflächen-PV voraussichtlich geeigneten Flächen basierend auf den oben genannten Kriterien auf. Zudem sind die bestehenden und geplanten Freiflächen sowie die PV-Förderkulisse 500 m Randstreifen eingezeichnet.

Die Stadt Herzogenaurach hat in einem Kriterienkatalog die Flächen für PV-Freiflächen auf 50 ha beschränkt. Nach Abzug der bereits in Betrieb befindlichen Freiflächen wird somit für die potenziellen Energiemengen mit einer Fläche von ca. 39 ha gerechnet. Hinzu kommt eine Begrenzung der Fläche einzelner Anlagen auf max. 10 ha und ein erforderlicher Mindestabstand zur Wohnbebauung von 300 Metern. Die in der Abbildung gezeigten Flächen haben einen Gesamtwert von ca. 177 ha. Zur Ermittlung der geeignetsten Flächen müssen folgende Punkte, welche aus Zeitgründen und einer fehlenden Detailtiefe nicht im Rahmen der Wärmeplanung durchgeführt werden konnten, unternommen werden:

- Abgleich mit bestehenden Ausgleichsflächen (Kommune)
- Klärung der Netzverknüpfungspunkte (Energieversorger)
- Absprache mit den Flurstückseigentümern (Bürgerinnen und Bürger)
- Prüfung der übrigen Bedingungen aus dem Kriterienkatalog (z.B. Landwirtschaftliche Qualität der Böden, Sichtbarkeit u.a.)

Die Freiflächen stehen gegebenenfalls in Konkurrenz zu Freiflächen mit Geothermie-Kollektoren und Solarthermie-Freiflächen. Es sind bereits drei PV-Freiflächen in Betrieb (noch nicht eingerechnet, aber in Karte auf nächster Seite bereits enthalten: Burgstall Süd und Anlage bei Haundorf).

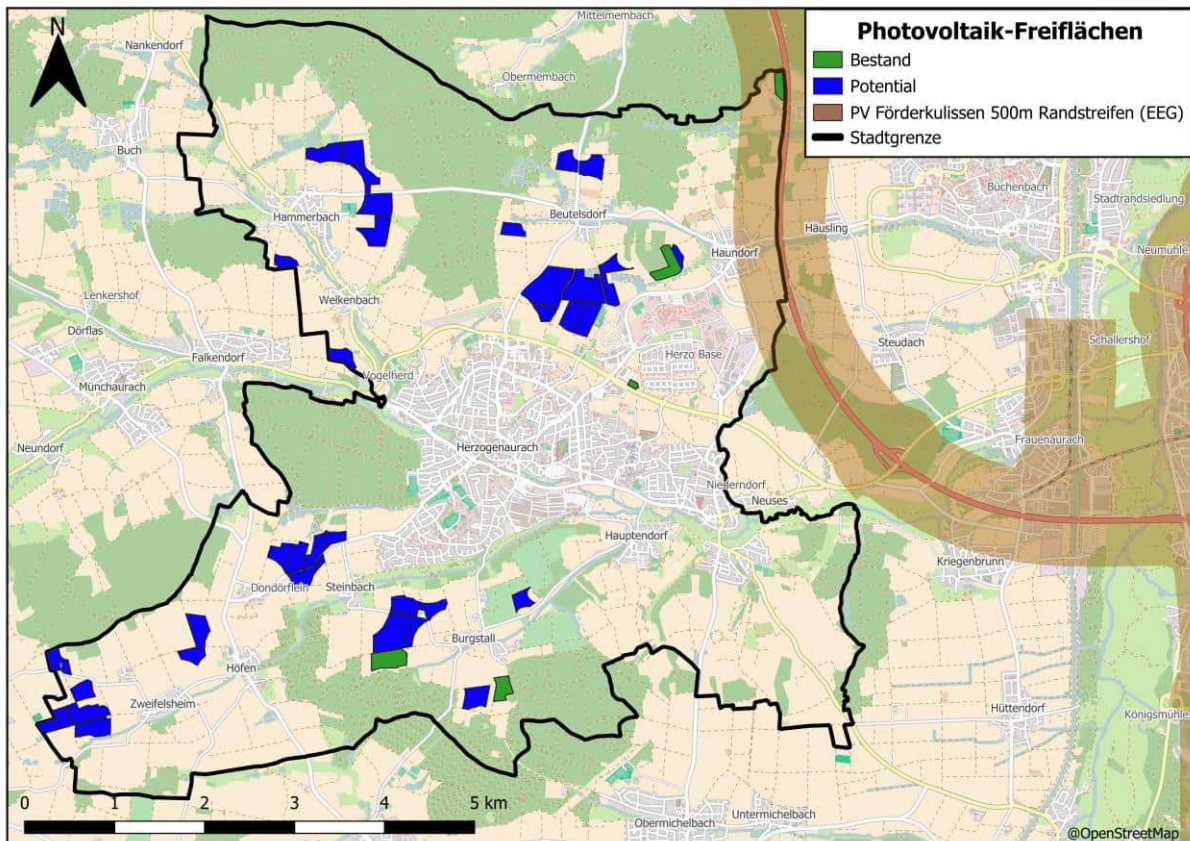


Abbildung 51: PV-Potenzialflächen im Stadtgebiet

### Photovoltaik-Dachflächen:

Das Dachflächenpotenzial für Photovoltaik wird aus dem Energie-Atlas Bayern entnommen [8]. Bereits für PV genutzte Dachfläche wird gegengerechnet. Auch hier steht die Nutzung von PV-Anlagen in Konkurrenz zum Potenzial der Solarthermie.

Tabelle 29 listet die Ergebnisse der Potenzialanalyse für Photovoltaik im Stadtgebiet Herzogenaurach auf. Angegeben wird hier das noch nicht genutzte Potenzial.

Tabelle 29: Potenzial elektrischer Ertrag Photovoltaik

System	Potenzial [MWh <sub>el</sub> /a]
Freiflächen-Photovoltaik	33.100
Dachflächen-Photovoltaik	106.000
<b>Gesamt (noch nicht genutzt)</b>	<b>109.100</b>

Verglichen mit den Daten aus dem Marktstammdatenregister werden aktuell 18 Prozent des Potenzials an Photovoltaik (Dach- und Freifläche) im Stadtgebiet genutzt. Die Potenziale für Dachflächen sind vorbehaltlich einer statischen Prüfung der Dachfläche. Das reale Potenzial kann dementsprechend kleiner ausfallen.

## 5.5.2 Windenergie

Für die Abschätzung des elektrischen Potenzials von Windenergieanlagen wird die Gebietskulisse Windkraft sowie der mittlere Standortertrag aus dem Energie-Atlas Bayern entnommen [8]. Anhand der Gebietskulisse (Stand Ende 2025) und einem Mindestabstand von 1.000 m zu bebauten Gebieten sowie der Wind Vorrang- und Vorbehaltsgebiete werden potenzielle Standorte von Windenergieanlagen auf dem Stadtgebiet erkannt. Ebenfalls betrachtet werden dabei bekannte Standorte von sich in Planung befindlichen Windenergieanlagen wie zum Beispiel der Windpark Römerreuth. Mit einem Abstand von mindestens viermal des Rotordurchmessers zwischen den Windenergieanlagen erhält man zusätzliche neun potenzielle Standorte auf dem Gemeindegebiet. Der Ertrag wird für neue Anlagen anhand eines Anlagen-Mischtyps mit 5 MW Leistung, 148 m Rotordurchmesser und einer Nabenhöhe von 140 m geschätzt. Nach Abzug eines Turbulenzabschlages von 6 Prozent erhält man das elektrische Potenzial.

Die mittlere Standortgüte der Anlagen liegt zwischen 64 und 75 Prozent. Tabelle 30 listet das elektrische Potenzial durch Windenergieanlagen für den oben beschriebenen exemplarischen Anlagentyp auf.

Tabelle 30: Elektrisches Potenzial Windenergieanlagen

Betrachtung	Potenzial [MWh <sub>el</sub> /a]
Windenergieanlagen	109.700

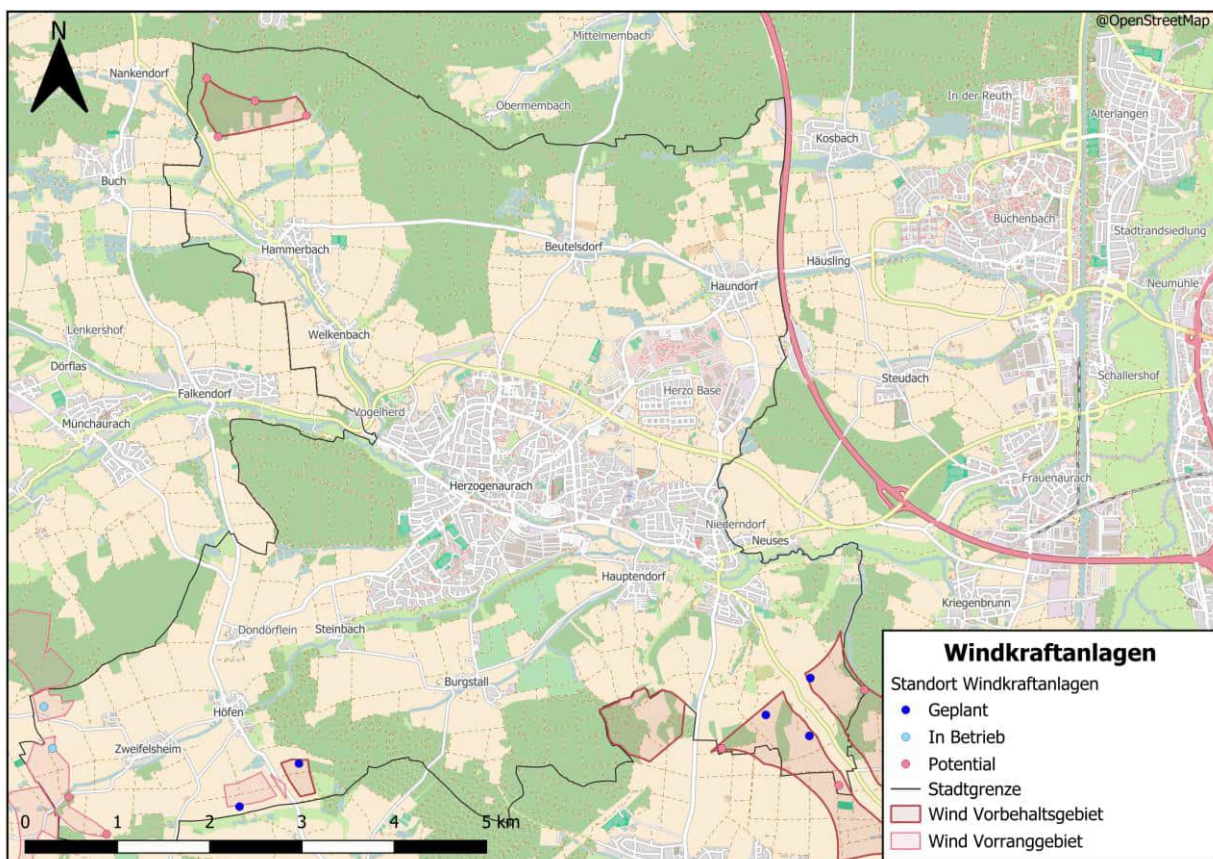


Abbildung 52: Potenzielle Standorte Windenergieanlagen. Hellblau dargestellt sind Anlagen im Betrieb. Dunkelblau dargestellt sind alle zurzeit in Planung befindlichen Standorte. Rosa dargestellt sind weitere mögliche Standorte.

### 5.5.3 KWK-Anlagen

In Rahmen dieses Kapitels wird das elektrische Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen auf Grundlage von lokal erzeugtem Biogas aufgezeigt. Als Datengrundlage werden an dieser Stelle der Energie-Atlas Bayern [8], das Marktstammdatenregister sowie direkte Betriebsauskünfte herangezogen. In diese Betrachtung fallen nicht die KWK-Anlagen z.B. in Betriebsführung der Herzo Werke GmbH.

Tabelle 31 zeigt das elektrische Potenzial der KWK-Anlagen auf.

*Tabelle 31: Elektrisches Potenzial KWK-Anlagen*

Betrachtung	Potenzial [MWh <sub>el</sub> /a]
KWK-Anlagen	4.400

Das oben ausgewiesene Potenzial beruft sich auf die Pläne eines ortsansässigen Biogasanlagenbetreibers, der gegenwärtig den Bau eines zusätzlichen Satelliten-BHKWs in der Nähe des Stadtgebiets erwägt.

### 5.5.4 Sonstige

In Bayern ist der Neubau von Wasserkraftanlagen vor allem an bereits vorhandenen und noch nicht energetisch genutzten Querbauwerken vorgesehen [8]. In Abbildung 36 sind entsprechend mögliche Standorte von Wasserkraftanlagen zu sehen (Wehre). An vier Standorten wird bereits Wasserkraft zur Stromerzeugung genutzt. Für neue Anlagen wären weitere Anforderungen in Bezug auf Natur- und Artenschutz zu erfüllen. Aus diesem Grund wird das Potenzial von Wasserkraftwerken zur Stromerzeugung in Herzogenaurach als nicht vorhanden eingestuft. Das Thema der Tiefengeothermie und des Wasserstoffs wurde bereits im Kapitel „Sonstige“ (2.4.7) des Potenzials der erneuerbaren Wärme diskutiert. Die dort besprochenen Stichpunkte finden auch bei der Stromversorgung Anwendung, wobei hierbei der Wirkungsgrad der Stromerzeugung mitbetrachtet werden muss.

### 5.5.5 Zusammenfassung Potenzial Strom

Das Potenzial zur Erzeugung von elektrischer Energie besteht im Stadtgebiet Herzogenaurach aus Photovoltaik, Biogas aus einer lokalen Biogasanlage und Windenergie mit einer möglichen jährlichen Strommenge von circa 260.800 MWh<sub>el</sub> pro Jahr. Abbildung 53 zeigt aufgeteilt auf die betrachteten Technologien das Potenzial an elektrischer Energie auf dem Stadtgebiet.

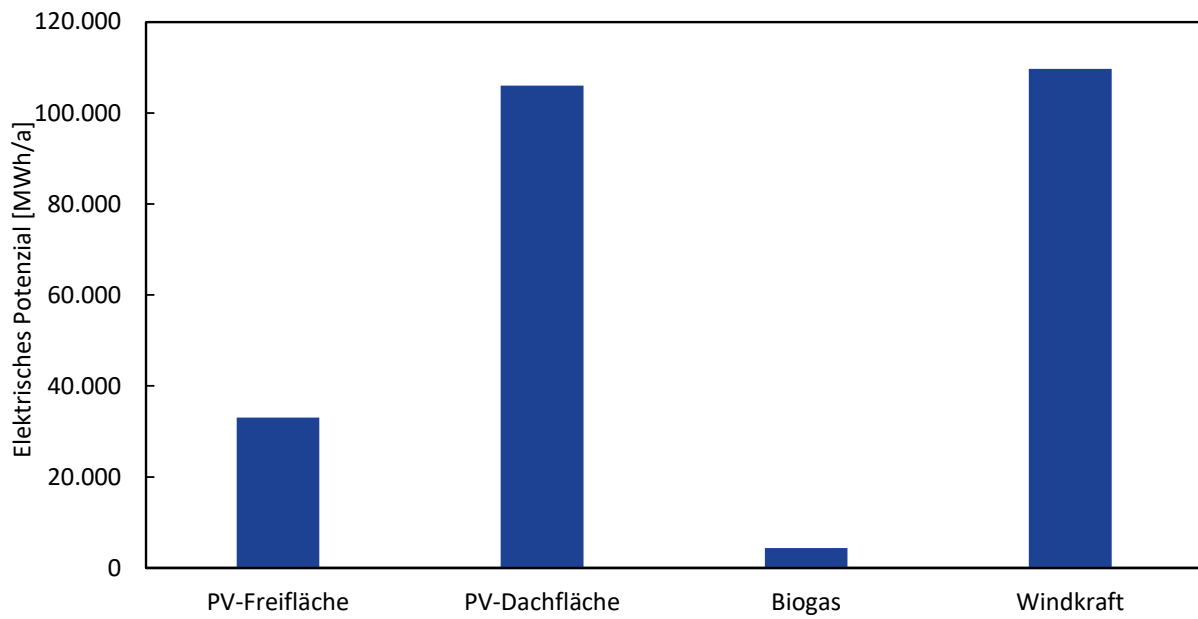


Abbildung 53: Zusammenfassung Potenzial Strom

## 6 Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse

In Abbildung 54 sind die Verbräuche und Potenziale der Sektoren Wärme und Strom gegenübergestellt. Die Verbräuche sind zudem auf die einzelnen Verbrauchergruppen aufgeteilt. Hier werden lediglich Energiemengen verglichen.

Es zeigt sich, dass im Wärmebereich bilanziell mehr erneuerbare Energiepotenziale vorhanden sind als derzeit tatsächlich verbraucht werden. Dabei ist das Potenzial zur Wärmeerzeugung nur eingeschränkt quantifizierbar, da Umweltwärme für zentrale Wärmelösungen schwer abschätzbar ist. Für die praktische Nutzung spielen jedoch sowohl das Temperaturniveau als auch die zeitliche und räumliche Verfügbarkeit eine zentrale Rolle. So lässt sich beispielsweise das Potenzial oberflächennaher Geothermie nur begrenzt zur Deckung des Hochtemperaturbedarfs industrieller Prozesse einsetzen. Der Ersatz von Erdgas durch klimafreundliche Energieträger für industrielle Prozesswärme zählt daher zu den größten Herausforderungen. Eine Elektrifizierung der Prozesse oder die Nutzung von Power-to-X könnte es ermöglichen, den Energiebedarf teilweise lokal zu decken – etwa über Strom aus erneuerbaren Quellen. Andernfalls wird auch künftig ein Import von Energie, zum Beispiel in Form von Wasserstoff oder synthetischen Gasen, notwendig sein.

Im Strombereich ist das Potenzial ungefähr doppelt so groß wie der aktuelle Bedarf. Allerdings ist zu beachten, dass die Verfügbarkeit regenerativer Energiequellen nicht zwangsläufig mit den zeitlichen Lastprofilen des Strombedarfs übereinstimmt. Mit fortschreitender Sektorkopplung wird zudem ein deutlich höherer Strombedarf in den Bereichen Wärme und Mobilität erwartet. Vor diesem Hintergrund gewinnen intelligentes Energiemanagement sowie leistungsfähige Speichertechnologien zunehmend an Bedeutung, um die lokal verfügbaren Potenziale effizient und bedarfsgerecht zu nutzen.

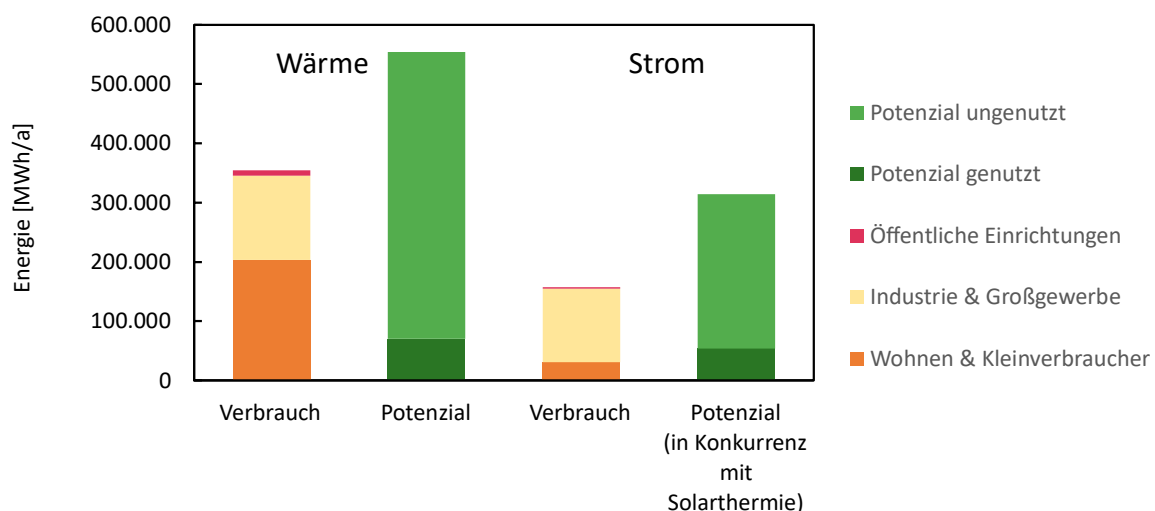


Abbildung 54: Gegenüberstellung Verbrauch und Potenzial von Wärme und Strom

## 7 Wärmeversorgungsgebiete

Auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse wird die Stadt auf die Wahrscheinlichkeit einer Wärmeversorgung mittels Wärmenetz, Wasserstoffnetz, Biomethanetz und dezentraler Wärmeversorgung untersucht. Geprüft werden alle Baublöcke, die nicht bereits in der Eignungsprüfung als wahrscheinlich ungeeignet für eine netzgebundene Versorgung ausgewiesen wurden. Die Betrachtung erfolgt auf Baublockebene und für die aktuelle energetische und politische Situation. Bei Fortschreibung der Wärmeplanung muss diese Einteilung ggf. angepasst werden. In allen als Wärmenetzeignungsgebiet deklarierten Bereichen ist eine weitere Untersuchung zur möglichen Realisierung eines Wärmenetzes sinnvoll. Diese Einordnung ist eine Empfehlung an die Kommune und andere Akteure, entsprechende Gebiete eingehender zu betrachten und weitere Studien durchzuführen. In einem Gebiet, welchem eine Wärmenetzeignung zugesprochen wurde, ist der Bau eines Netzes jedoch nicht garantiert. Dafür sind zuerst weitere Studien und Bemühungen notwendig. Jedoch ist auch in Gebieten mit Eignung einer dezentralen Wärmeversorgung und ohne Wärmenetzeignung der Bau eines Wärmenetzes nicht ausgeschlossen. So kann, ggf. mit Sanierung der Bebauung, ein kaltes Nahwärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen die Effizienz der Wärmebereitstellung verbessern. Die Eignung eines Gebiets zur Nutzung von Wasserstoff muss in Zukunft erneut betrachtet werden, wenn bestimmte Rahmenbedingungen (z.B. Verfügbarkeit von Wasserstoff) besser einzuschätzen sind. Das gleiche trifft für die Eignung zur Versorgung eines Gebietes mittels Biomethan zu.

Die Eignung eines Gebietes für eine bestimmte Wärmeversorgungsart wird anhand von drei Kategorien ermittelt. Je nach Versorgungsart haben die einzelnen Kategorien unterschiedliche Kriterien und Gewichtungen. Hierbei wird sich an den Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes und an den Leitfaden des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) [22] orientiert. Abbildung 55 zeigt schematisch die Kategorien mit deren Kriterien zur Ermittlung der Eignung einer Versorgungsart auf. Welche Kriterien jeweils verwendet werden, wird in den Unterkapiteln beschrieben. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Versorgungsarten ist qualitativ und basiert auf Indikatoren, welche die Wirtschaftlichkeit der Wärmequellen abbilden.

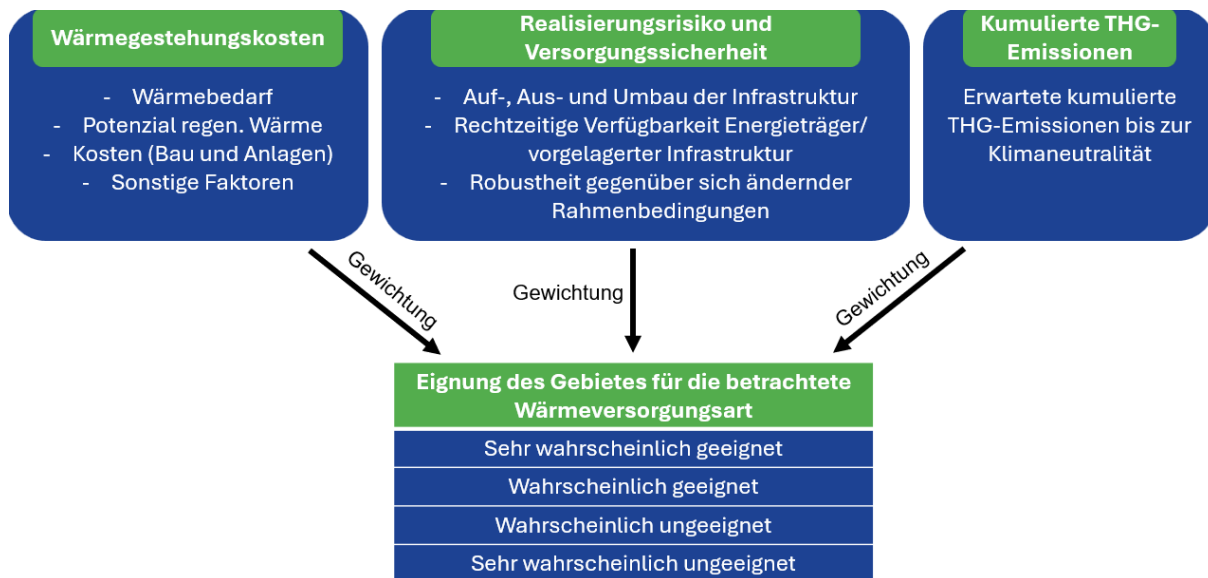


Abbildung 55: Schematische Darstellung der Kategorien und Kriterien zur Ermittlung der Eignung eines Wärme- bzw. Wasserstoffnetzes sowie einer dezentralen Wärmeversorgung

## 7.1 Wärmenetzeignung

Im Folgenden werden die Kriterien und die Ergebnisse der Prüfung der Gebiete auf eine Wärmenetzeignung beschrieben.

### 7.1.1 Kriterien Wärmenetzeignung

Im Zuge der Einteilung der Stadt in Wärmeversorgungsgebiete wird jeder Baublock nach dessen Wärmenetzeignung anhand des vorhandenen Wärmebedarfs, der lokalen erneuerbaren Potenziale für Wärme, der Bau- und Anlagenkosten, der Risiken einzelner Versorgungsvarianten, der kumulierten Treibhausgasemissionen und sonstiger Faktoren ermittelt. Der Großteil der Gewichtung liegt hierbei auf den Wärmegestehungskosten. Im Folgenden sind die einzelnen Kriterien aufgelistet und näher beschrieben.

- **Wärmegestehungskosten:**
  - Wärmebedarf:
    - Wärmebedarfsdichte (bezogen auf die Baublockfläche)
    - Wärmelinien-dichte
    - Sanierungspotenzial auf Basis der Bausubstanz
  - Vorhandenes Potenzial:
    - Bewertung der vorhandenen Wärmequellen nach ihrer Eignung für die Einspeisung in ein Wärmenetz und die damit verbundenen Kosten
  - Bau- und Anlagenkosten:
    - Spezifische Investition für den Aus- oder Umbau des Wärmenetzes
    - Anschaffungskosten der Anlagentechnik
  - Sonstige Faktoren:
    - Vorhandenes oder in unmittelbarer Umgebung befindliches Wärmenetz
    - Vorhandene Ankerkunden/ Großabnehmer (Kommune oder Firma/ Wohnungsgesellschaft mit bekanntem Anschlussinteresse)
    - Alternative Wärmeversorgungsvarianten vorhanden

- **Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit:**
  - o Auf-, Aus- und Umbau der Infrastruktur
  - o Rechtzeitige Verfügbarkeit vorgelagerter Infrastruktur
  - o Robustheit gegenüber sich ändernder Rahmenbedingungen
- **Kumulierte Treibhausgasemissionen:**
  - o Erwartete kumulierte THG-Emissionen bis zur Klimaneutralität

Zudem werden die Anmerkungen der relevanten Akteure (v. a. Energieversorger) in die Einteilung miteinbezogen. Die Abstufung der erreichten Punktzahlen innerhalb der einzelnen Einteilungskriterien wird anhand von Erfahrungswerten und Richtwerten aus der Literatur bestimmt [4, 49, 50, 22].

Bei der Entwicklung dieses Bewertungsverfahrens wurde darauf geachtet, dass Bedarf und Potenzial in gleichem Maße zur Eignung eines Gebietes für ein Wärmenetz mit einfließen. So wird sichergestellt, dass eine Wärmenetzeignung nicht allein anhand eines hohen Bedarfes ausgewiesen wird. Dadurch können lokale Potenziale besser eingesetzt werden und die Abhängigkeit von Energieimporten wird reduziert. Ob im Falle einer Eignung ein heißes oder kaltes Netz besser geeignet ist, muss dann im Einzelfall genauer geprüft werden. Die Prüfung von Finanzierungskosten sowie betriebsgebundenen und verbrauchsgebundenen Kosten gehen an dieser Stelle nicht in die Betrachtung mit ein.

Die in den beiden Transformationsplänen der Herzo Werke GmbH dargelegten Ausbaugebiete wurden in der Kategorie „Vorhandenes oder in unmittelbarer Umgebung befindliches Wärmenetz“ mitaufgenommen.

### 7.1.2 Ergebnis Wärmenetzeignung

Abbildung 56 zeigt die Baublöcke der Kernstadt und der Stadtteile Herzo Base, Haundorf, Hauptendorf, Steinbach und Zweifelsheim mit der jeweils ermittelten Eignung für ein Wärmenetz. In Violett sind die Baublocke mit dem bestehenden Wärmenetz der Herzo Werke GmbH sowie des Nahwärmenetzes in Zweifelsheim eingezeichnet, potenzielle Ausbaugebiete (übermittelt durch die Herzo Werke GmbH sowie das im Folgenden untersuchte Fokusgebiet Niederndorf) in Hellviolett. Da es sich um eine baublockbezogene Darstellung handelt, wird der aktuelle und zukünftig geplante Netzverlauf nicht exakt wiedergegeben. Je dunkler in Rot die übrigen Baublöcke eingefärbt sind, desto wahrscheinlicher geeignet werden die Gebiete eingestuft für die Versorgung durch ein heißes als auch ein kaltes Nahwärmenetz. Die in Hellrot und Weiß eingefärbten Gebiete sind als für ein Wärmenetz (sehr) wahrscheinlich ungeeignet eingestuft. Dies wiederum bedeutet, dass in diesen Baublöcken eine andere Versorgungsform wahrscheinlich geeigneter ist. Aber auch hier können unter bestimmten Gegebenheiten Inselnetze (z.B. fünf Häuser mit gemeinsamer Wärmeversorgung) oder kalte Nahwärmenetze realisiert werden. Ebenso könnte in bestimmten Fällen eine Erweiterung des Bestandnetzes eine wirtschaftliche Option sein. Eine netzgebundene Wärmeversorgung sollte also nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Prüfgebiete, in Grau eingefärbt, weisen darauf hin, dass eine besondere Situation vorliegt bzw. mit den aktuell vorhandenen Daten keine konkrete Einteilung getroffen werden kann. Gebiete mit einem Anschluss- oder Benutzungszwang für eine zentrale Wärmeversorgung liegen nicht vor.

Abhängig vom Bedarf sowie den verfügbaren Wärmequellen gibt es in der Kernstadt sowohl Baublöcke, die als wahrscheinlich geeignet als auch wahrscheinlich ungeeignet eingestuft

werden. Generell ist das Potenzial erneuerbarer Wärme an den Randgebieten höher und diversifizierter (bessere Platzverhältnisse, räumliche Nähe zu potenziellen Standorten für Geothermie- oder Solarthermie-Freiflächen bzw. zur Mittleren Aurach). Auch in innen gelegenen Gebieten besteht zum Teil eine mögliche Eignung. Dies ist dann zumeist auf die hohe Bedarfsdichte sowie die teilweise gegebene Nähe zum Bestandswärmenetz oder zu Ankerkunden gegeben oder aber auch aufgrund der fehlenden Möglichkeit einer dezentralen Alternative. In Gebieten mit höherem Bedarf und vorhandenem Potenzial ist die Wärmenetzeignung als wahrscheinlicher eingestuft. Geringere Wahrscheinlichkeiten zeigen sich eher in den außenliegenden Ortsteilen Haundorf, Hauptendorf und Steinbach, so wie in Teilen der Innenstadt. Eine hohe wahrscheinliche Eignung zeigen die Baublöcke in der Nähe der Kläranlage durch das Wärmepotenzial im Abwasser. Der Baublock der Firma Schaeffler Technologies AG & Co. KG wird als Prüfgebiet ausgewiesen, da hier in weiterführenden Gesprächen mehr Details geklärt werden müssten, bevor diesbezüglich eine Aussage getroffen werden kann.

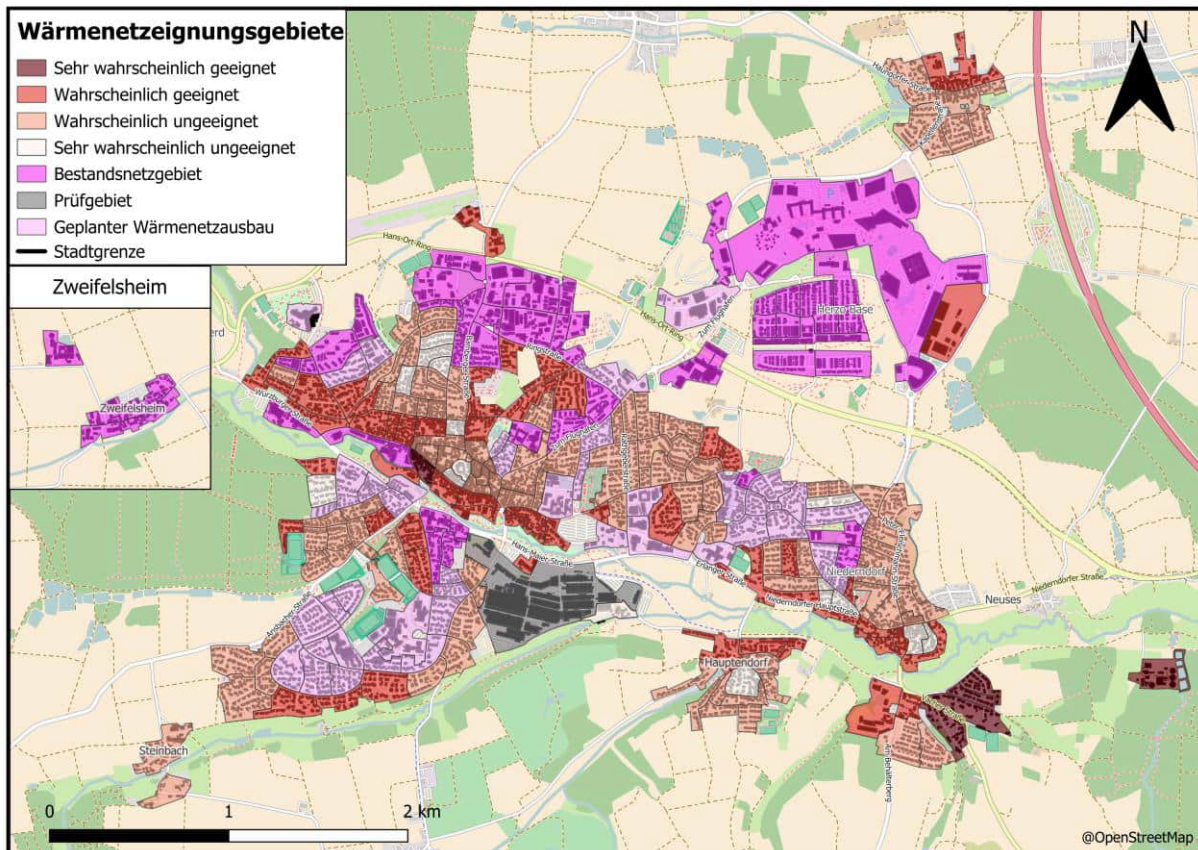


Abbildung 56: Eignung der Stadt für ein Wärmenetz

## 7.2 Eignung dezentrale Wärmeversorgung

Im Folgenden werden die Kriterien und die Ergebnisse der Prüfung der Gebiete auf eine dezentrale Wärmeversorgung beschrieben.

### 7.2.1 Kriterien dezentrale Wärmeversorgung

Im Zuge der Einteilung der Stadt in Wärmeversorgungsgebiete wird zudem jeder Baublock nach dessen Eignung zur dezentralen Wärmeversorgung anhand der potenziellen Ankerkunden, der Eignung für eine Luft- oder Geothermie basierte Wärmeversorgung, der

Anlagenkosten, der Risiken einzelner Versorgungsvarianten und der kumulierten Treibhausgas-Emissionen ermittelt. Der Großteil der Gewichtung liegt hierbei auf den Wärmegestehungskosten und der Versorgungssicherheit. Im Gegensatz zur Untersuchung auf eine Wärmenetzeignung sind hier laut Leitfaden des BMWK weniger Kriterien von Gewicht. Im Folgenden sind die einzelnen Kriterien aufgelistet und näher beschrieben.

- **Wärmegestehungskosten:**
  - o Potenzielle Ankerkunden und Großabnehmer
  - o Potenzial zur Nutzung von Luft- oder Geothermie-Wärmepumpen
  - o Anschaffungskosten der Anlagentechnik
- **Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit:**
  - o Auf-, Aus- und Umbau der Infrastruktur
  - o Rechtzeitige Verfügbarkeit vorgelagerter Infrastruktur
  - o Robustheit gegenüber sich ändernder Rahmenbedingungen
- **Kumulierte Treibhausgasemissionen:**
  - o Erwartete kumulierte THG-Emissionen bis zur Klimaneutralität

Da die Kriterien nicht komplett mit denen der Wärmenetzeignung übereinstimmen, sind Gebiete mit einer Wärmenetzeignung nicht automatisch für eine dezentrale Wärmeversorgung ungeeignet. In einigen Gebieten stellen beide Varianten eine mögliche Wärmeversorgung dar. Zudem soll noch einmal betont werden, dass auch in dezentralen Gebieten eine netzgebundene Wärmeversorgung nicht endgültig ausgeschlossen wird. Vor allem eine Versorgung durch ein kaltes Nahwärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen in den Gebäuden stellt auch für Bestandsbebauung eine effektive Möglichkeit der Wärmebereitstellung dar. Dafür ggf. notwendige Maßnahmen an Gebäuden müssen in weiteren Studien betrachtet werden.

### 7.2.2 Ergebnis dezentrale Wärmeversorgung

Abbildung 57 zeigt das betrachtete Gebiet in Baublöcken mit der jeweiligen Eignung für eine dezentrale Wärmeversorgung. Da hierfür weniger Kriterien als zur Wärmenetzeignung betrachtet werden, sind lediglich zwei Stufen der Eignung vorhanden. Einige Kriterien sind zudem für alle Baublöcke als pauschal angesetzt. Es ist zu sehen, dass lediglich die Altstadt, Teile der Industriegebiete und ein paar Baublöcke in Niederndorf als nur bedingt geeignet eingestuft werden. Alle anderen Gebiete werden als sehr wahrscheinlich deklariert. Welche dezentralen Versorgungsvariante am sinnvollsten sind, muss in detaillierteren Untersuchungen (z.B. mittels Energieberatung) geklärt werden. Auch hier wurde der Baublock der Firma Schaeffler Technologies AG & Co. KG als Prüfgebiet deklariert, weil ohne weitergehende Gespräche keine Aussage über die Eignung getroffen werden kann.

Der Ausbau und die Auslastung des Stromverteilnetzes ist dabei ein entscheidender Faktor, der regelmäßig geprüft werden muss.

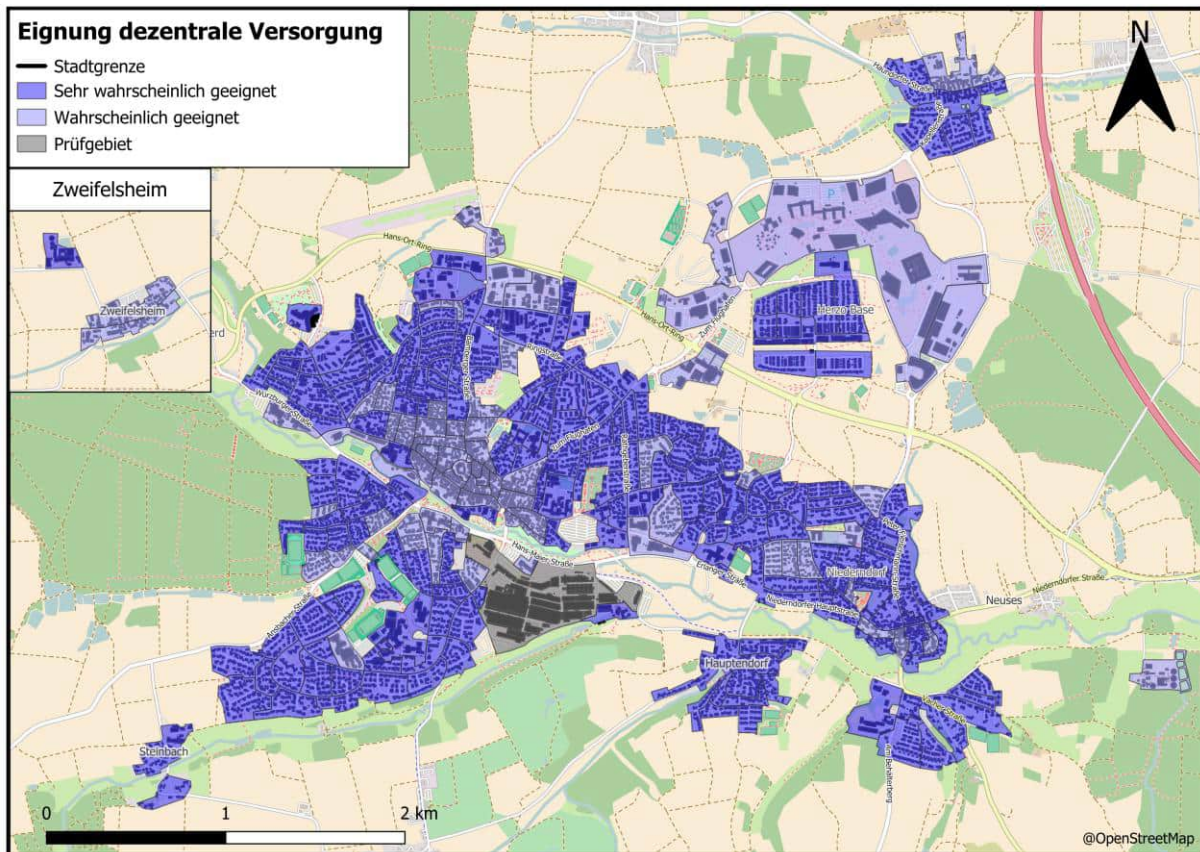


Abbildung 57: Eignung der Stadt für eine dezentrale Wärmeversorgung

## 7.3 Biomethanetzignung

Laut § 28 Wärmeplanungsgesetz müssen für eine Ausweisung einer Biomethaneignung für Gebiete entweder betreffende Netzentwicklungspläne oder eine sichere Zusage des Gasverteilnetzbetreibers zur ausreichenden Verfügbarkeit von Biomethan vorhanden sein. Beides ist im Falle der Stadt Herzogenaurach zum aktuellen Stand (01/2026) nicht der Fall. Daher wird im Zuge der Wärmeplanung keine Biomethanetzignung ausgewiesen.

Dennoch kann Biomethan bilanziell über das bestehende Gasnetz bezogen werden. So planen die Herzo Werke GmbH bilanziell die im Gebäudeenergiegesetz geforderten Anteile an erneuerbaren Gasen bereitzustellen (beginnend mit 15 Prozent in 2029), was beispielsweise mit Biomethan möglich ist (s. nachfolgende Stellungnahme der Herzo Werke GmbH). Dies soll eine Übergangslösung darstellen, bis der Bezug von Wasserstoff über das Wasserstoffkernnetz möglich sein wird (s. nachfolgende Stellungnahme).

## 7.4 Wasserstoffnetzignung

Im Folgenden werden die Kriterien und die Ergebnisse der Prüfung der Gebiete auf eine Wasserstoffnetzignung beschrieben.

### 7.4.1 Kriterien Wasserstoffnetzignung

Im Zuge der Einteilung der Stadt in Wärmeversorgungsgebiete wird jeder Baublock nach dessen Wasserstoffnetzignung anhand des vorhandenen und potenziellen Wasserstoffbedarfs, der vorhandenen Gasinfrastruktur, der erwarteten Preisentwicklung des Wasserstoffs, der

Anlagenkosten, der Risiken einzelner Versorgungsvarianten sowie der kumulierten Treibhausgasemissionen ermittelt. Den Großteil der Gewichtung teilen sich hierbei die Kategorien Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit sowie Wärmegestehungskosten. Nachfolgend sind die einzelnen Kriterien aufgelistet und näher beschrieben.

- **Wärmegestehungskosten:**
  - o Wasserstoffbedarf:
    - Erwarteter Anschlussgrad an ein Wasserstoffnetz
    - Prozesswärmebedarf (> 200 °C oder stofflicher Bedarf)
  - o Vorhandenes oder in unmittelbarer Umgebung befindliches Gasnetz
  - o Preisentwicklung Wasserstoff
  - o Anschaffungskosten der Anlagentechnik
- **Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit:**
  - o Auf-, Aus- und Umbau der Infrastruktur
  - o Rechtzeitige Verfügbarkeit vorgelagerter Infrastruktur
  - o Rechtzeitige Verfügbarkeit Energieträger
  - o Robustheit gegenüber sich ändernder Rahmenbedingungen
- **Kumulierte Treibhausgasemissionen:**
  - o Erwartete kumulierte THG-Emissionen bis zur Klimaneutralität

Hierbei spielt der Prozesswärmebedarf eine wichtige Rolle, da hierfür der Einsatz von Wasserstoff eine gute Alternative zum Erdgas darstellt. Bei der Preisentwicklung von Wasserstoff wird in dieser Auswertung aktuell, übereinstimmend mit dem Leitfaden des BMWK, von einem hohen Preisfad ausgegangen. In der Kategorie Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit werden zudem die Antworten des Gasnetzbetreibers in Bezug auf die zukünftigen Entwicklungen des Gasnetzes und der Verfügbarkeit sowie des Einsatzes von Wasserstoff mit einbezogen. Die Matrix wurde auf alle Baublöcke angewandt, bei denen keine Eignung durch die Herzo Werke GmbH ausgewiesen wurde.

#### 7.4.2 Ergebnis Wasserstoffnetzeignung

Abbildung 58 zeigt die Baublöcke des betrachteten Gebietes mit der jeweils ermittelten Eignung für ein Wasserstoffnetz. Je dunkler das Gelb, desto wahrscheinlicher ist die Eignung für eine Wasserstoffversorgung. Gebiete mit hohem Prozesswärmebedarf und – laut Fragebogen, Interesse an der Nutzung von Wasserstoff – haben eine höhere Eignungswahrscheinlichkeit. Zusätzlich zur Bewertungsmatrix wurde hier die Einschätzung der Herzo Werke GmbH herangezogen und die Baublöcke gekennzeichnet, bei denen von ihnen eine Eignung festgestellt wurde.

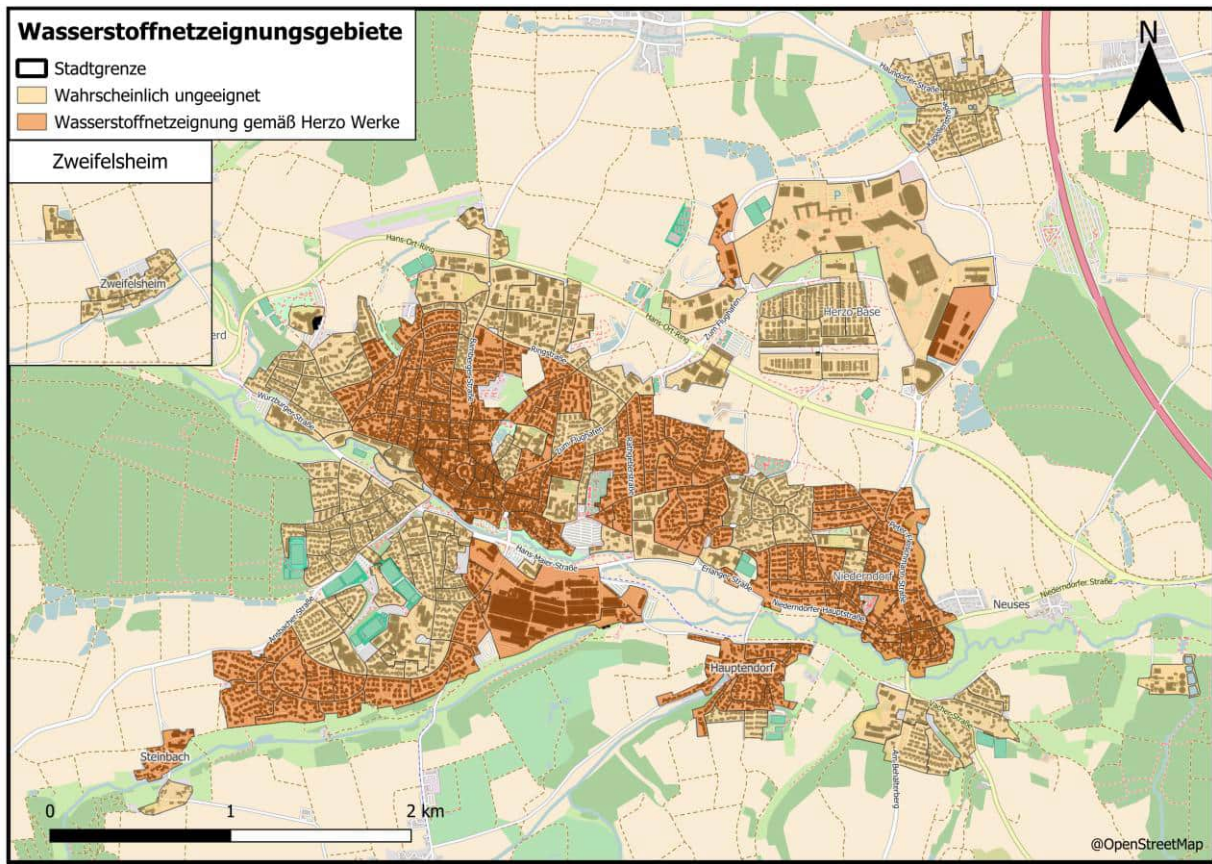


Abbildung 58: Eignung der Stadt für ein Wasserstoffnetz

Laut Leitfaden des BMWK wird es bis zur Phase des Markthochlaufs, welche voraussichtlich bis in die 2040er Jahre andauern wird, merkliche Preisschwankungen und Fluktuationen in der Verfügbarkeit geben [22]. Daher sind die Ergebnisse der Wasserstoffnetzsignung bei der Weiterschreibung der Wärmeplanung noch einmal mit den aktuellen Entwicklungen und Annahmen zu prüfen. Die Einschätzungen der Herzo Werke GmbH sind im Folgenden abgebildet.

Die Herzo Werke GmbH geben zum Einsatz von Wasserstoff folgende Einschätzung ab (12.12.2025):

### **Stellungnahme der Herzo Werke GmbH zur Ausweisung von Wasserstoffnetzgebieten im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung**

#### Rechtliche Rahmenbedingungen:

*Nach § 3 Abs. 1 Nr. 23 WPG ist ein Wasserstoffnetzgebiet ein beplantes Teilgebiet, in dem ein Wasserstoffnetz besteht oder geplant ist und in dem ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wasserstoffnetz zum Zweck der Wärmeerzeugung versorgt werden soll. Wasserstoffnetzgebiete können im Wege der kommunalen Wärmeplanung ausgewiesen werden. Hiervon werden sowohl Erdgasnetze, die für Versorgung mit Wasserstoff umgerüstet werden, als auch neu errichtete Wasserstoffnetze erfasst. Zudem soll künftig ein erheblicher Anteil der Endkunden im betroffenen Gebiet mit Wasserstoff versorgt werden, dies setzt einen erheblichen Anteil der ansässigen Bürger voraus, mehr als der Hälfte der*

*Anwohner im betroffenen Gebiet müsste demnach theoretisch die Möglichkeit offenstehen, sich an das Netz anzuschließen. Bei den Wasserstoffnetzgebieten handelt es sich um voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete deren Einteilung nach § 18 Abs. 1 WPG erfolgt. Eine Einteilung der Gebiete in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete erfolgt für die Betrachtungszeiträume 2030, 2035 und 2040, § 18 Abs. 3 WPG.*

*Das auszuweisende Gebiet muss auch zur Versorgung mit Wasserstoff tatsächlich geeignet sein, dies ist nach § 14 Abs. 3 WPG mit hoher Wahrscheinlichkeit grundsätzlich nicht gegeben, 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 ist oder in dem beplanten Gebiet oder Teilgebiet ein Gasnetz besteht, aber davon ausgegangen werden kann, dass die künftige Versorgung über ein Wasserstoffnetz mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht wirtschaftlich sein wird. Dies gilt es bei der Überlegung für die Ausschreibung eines Wasserstoffnetzgebietes grundsätzlich zu beachten.*

*Hinsichtlich der Umschreibung eines Wasserstoffnetzgebietes in ein anderes Gebiet gilt Folgendes. Der Wärmeplan ist gemäß § 25 WPG spätestens alle 5 Jahre zu aktualisieren und zu überarbeiten. Dabei soll zum einen überlegt werden, ob Prüfgebiete zwischenzeitlich einer bestimmten Versorgungsart zugeordnet werden können, aber auch ob die jeweilige Zuordnung einzelner Teilgebiete zu bestimmten Versorgungsarten weiterhin den Tatsachen entspricht oder ob Infrastrukturmaßnahmen in anderem Umfang stattgefunden haben als geplant, sodass eine erneute Bewertung der Gebietseinteilung nach §§ 18, 19 WPG erforderlich ist.*

*Ein Wechsel von einem Wasserstoffnetzgebiet in ein Wärmeversorgungsgebiet oder in ein anderes Gebiet bleibt somit im Wege Fortschreibung des Wärmeplanes auch nach dessen Veröffentlichung möglich. Mit der Wärmeplanung gehen jedoch gewisse politische Erwartungen, an die sich auch Bürger orientieren, einher, sodass auch die Wahl eines Prüfgebietes sinnvoll sein kann, wenn der Erzeugungs- und Infrastrukturausbau noch nicht absehbar ist.*

#### *Abgrenzung zu Wasserstoffnetzausbaugebieten:*

*Bei der Ausweisung von Wasserstoffnetzausbaugebieten handelt es sich um ein weiteres Instrument des WPG in Verbindung mit dem GEG. Es kann nicht automatisch davon ausgegangen werden, dass Wasserstoffnetzgebiete, die im Rahmen der Wärmeplanung eingeteilt wurden, automatisch Wasserstoffnetzausbaugebieten entsprechen. Letztere werden auf Basis einer eigenständigen Ermessenserwägung ausgewiesen. Dabei sind allerdings die Wärmeplanung und somit auch die Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete zu berücksichtigen. Der Entscheidung über die Ausweisung eines Gebiets als Wasserstoffnetzausbaugebiet gem. § 26 Abs. 1 S. 1 WPG kommt, anders als der Wärmeplanung, eine Außenwirkung zu, da sie Anknüpfungspunkt für die Anwendung der §§ 71 Abs. 8 S. 3 und 71k GEG ist (vgl. § 27 Abs. 1 WPG; BT-Drs. 20/8654, 105). Grundsätzlich ist eine Ausweisungsentscheidung nach § 26 WPG keine Pflicht, sondern eine Ermessensentscheidung der planungsverantwortlichen Stelle.*

### Technische Rahmenbedingungen / Umsetzungskonzept

Von den drei neben Herzogenaurach verlaufenden Pipelines der Open Grid Europe wird eine Pipeline als Teil des deutschlandweiten Kernnetzes ab ca. 2032 – laut Aussage des vorgelagerten Netzbetreibers N-ERGIE Netz GmbH auf dem Netzbetreibertreffen (3. Nov. 2025) – auf Wasserstoff umgestellt. In der Übergangszeit zwischen 2029 und 2032 soll für Kunden ein Gastarif mit 15 % an erneuerbaren Gasen angeboten werden. Dies soll über einen bilanziellen Ansatz realisiert werden. Zum heutigen Stand wird der Ausbau vom Wasserstoffkernnetz bis 2032 von der Open Grid Europe umgesetzt und Herzogenaurach kann am Übergabepunkt zum Ferngasnetzbetreiber einen Wasserstoffanschluss erhalten. Hier steht laut Ausbauplan für Herzogenaurach ab 2035 Wasserstoff zur Verfügung. Ab diesem Zeitpunkt könnte das Erdgasnetz auf Wasserstoff umgestellt werden.

Sobald Wasserstoff in Herzogenaurach verfügbar ist oder produziert wird, kann eine Beimischung von Wasserstoff zu Erdgas entsprechend den Vorgaben im technischen Regelwerk des DVGW erfolgen, ohne dass eine Anpassung der bestehenden Anlagentechnik bei den Hausbesitzern und Firmen notwendig wird. Der Wasserstoff kann ab 2032 über die Pipeline der Open Grid Europe oder früher von vor Ort geplanten Elektrolyseuren ins Erdgasnetz eingespeist werden. Hierzu kann die bestehende Gasregelanlage in Steinbach um eine Gasregelanlage für Wasserstoff sowie eine Vermischungsanlage bzw. Dosieranlage erweitert werden. Ab 2035 soll für die Kunden ein Tarif angeboten werden, der 30 % an erneuerbaren Gasen enthält. Dieser kann einen physisch vorhandenen Anteil an Wasserstoff im bezogenen Gas enthalten als auch einen bilanziellen Anteil an erneuerbaren Gasen. Die Ausprägung der Anteile wird sich an wirtschaftlich, technisch und rechtlichen Randbedingungen orientieren. Ab 2040 wird je nach Entwicklungs- und Ausbaustand eine gänzliche Umstellung vom Erdgasnetz auf Wasserstoff vollzogen oder der Anteil an Wasserstoff im Erdgasnetz weiter erhöht. Den Kunden soll ein Tarif angeboten werden der mind. 60 % (vgl. § 71 Abs. 9 GEG) bzw. 65 % (vgl. § 71f GEG) an erneuerbaren Gasen beinhaltet. Deshalb ist es ab 2037 erforderlich, dass die Heizungsanlage als auch die Hausanschlußleitung bei den Kunden H<sub>2</sub>-ready sind und entsprechende Anforderungen erfüllen.

Perspektivisch soll im Rahmen der Umstellung zu Wasserstoff ein Kernnetz für Herzogenaurach ausgebildet werden. Die voraussichtliche Trassierung kann dem Plan zur Gebietseinteilung hinsichtlich Wärmeversorgung entnommen werden. Das gesamte Gasnetz in Herzogenaurach ist als geschweißtes Stahl- bzw. Polyethylenetz ausgeführt. Das bestehende Gasnetz ist ein Hochdrucknetz und wird derzeit mit 12 bar / 2,5 bar (Stahl) bzw. 2,5 bar (PE) betrieben. Es verfügt zudem über einen kathodischen Korrosionsschutz und besitzt somit eine sehr hohe Lebensdauer und niedrige Betriebskosten. Nach erster vorläufiger Prüfung des eingesetzten Rohrmaterials bzw. Abgleich mit den Ergebnissen aus dem Abschlussbericht des DVGW-Projekts SyWeST H<sub>2</sub> „Stichprobenhafte Überprüfung von Stahlwerkstoffen für Gasleitungen und Anlagen zur Bewertung auf Wasserstofftauglichkeit“ sind die eingesetzten Werkstoffe wasserstofftauglich. Im weiteren Verlauf soll vertieft geprüft werden – entsprechend den Ausführungen des „Technischer Leitfaden für H<sub>2</sub>- Netzinfrastrukturen“ –, ob und in welchen Bereichen das vorhandene Gasnetz H<sub>2</sub>-ready ist. Dem im Bericht vorgeschlagenen mehrstufigen Ansatz auf verschiedenen Ebenen soll als Vorbild bei der Prüfung fungieren. Nach derzeitigem Kenntnisstand wird davon ausgegangen, dass das vorhandene Gasnetz mit kleineren Adaptionen 100 % Wasserstoff (im Endausbau) transportieren kann.

### Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

*Aus derzeitiger Sicht ist eine Preisindikation zu Wasserstoff noch nicht belastbar. Allerdings wird davon ausgegangen, dass aufgrund des Ausbaus des Stromnetzes die Netzentgelte deutlich steigen werden und somit die Stromkosten für den Betrieb von Wärmepumpen sich ebenfalls signifikant erhöhen werden, so dass Wasserstoff sich als Alternative etablieren wird. Ein maßgeblicher Kostentreiber bei der Wasserstoffherstellung stellen wiederum Stromgestehungs- bzw. Strombezugskosten dar. Durch den verstärkten Ausbau von vor Ort geplanten Erneuerbare Energie-Anlagen in der Region Herzogenaurach, wie etwa von Photovoltaik-Freiflächenanlagen und Stromspeicherlösungen zur Speicherung von überschüssig erzeugten, nicht verbrauchten Strom oder Stromzukauf von günstigen „grünen“ Strom, sollen Kostenvorteile erzielt werden. Durch direkte Anbindung der Erneuerbare Energie-Anlagen mit vor Ort geplanten Elektrolyseuren, können nach Maßgabe des gesetzlichen Rahmens, Entlastung von Stromnebenkosten (z. B. durch Vermeidung von Netzentgelten, Abgaben, Umlagen) weitere Einsparungspotentiale ausgeschöpft werden, welche eine Senkung der Herstellungskosten von Wasserstoff ermöglichen können. Saisonale Schwankungen Erneuerbarer Energie-Anlagen können durch Einsatz von Elektrolyseuren als Power-to-Gas-System ausgeglichen werden. So kann bedarfsgerecht Wasserstoff eingesetzt werden. Vor dem bisher skizzierten Hintergrund wird die Perspektive des bestehenden Gasnetzes als vielsprechend eingeschätzt. Zudem bieten verkürzte Abschreibungszeiträume gemäß der von der BNetzA veröffentlichten „Festlegung zur Anpassung von kalkulatorischen Nutzungsdauern und Abschreibungsmodalitäten von Erdgasleitungen“ (KANU 2.0) weitere wirtschaftliche Spielräume. Vor diesem Hintergrund sind zum jetzigen Zeitpunkt auch keine konkreten Stilllegungspläne vorgesehen. Diese wären abhängig von der Entwicklung der Anzahl der Gaskunden in den Bestandsgebieten. In Neubaugebieten für den privaten Bereich ist kein weiterer Ausbau bzw. Erschließung mehr geplant. In neuen Gewerbegebieten wird bedarfsabhängig entschieden.*

## 8 Fokusgebiet Niederndorf

Im Rahmen der Kommunalrichtlinie sind zwei Fokusgebiete im Zuge der kommunalen Wärmeplanung zu erstellen. Fokusgebiete sind Projekte, welche aufgrund ihrer signifikanten Auswirkung auf dem Weg zur Klimaneutralität mit Priorität zu behandeln sind. Hierbei sind zusätzlich konkretere und räumlich verortete Umsetzungspläne zu erarbeiten. Für die Stadt Herzogenaurach werden ein potenzielles Wärmenetzgebiet sowie ein Gebiet mit dezentraler Wärmeversorgung untersucht.

Da die Herzo Werke GmbH im Kernstadtbereich sowie im Süden der Stadt bereits zwei Transformationspläne durchgeführt hat, die auch einen starken Ausbau der Netzinfrastruktur vorsehen, und keine doppelte Betrachtung eines Gebietes stattfinden soll, wurden diese Gebiete als mögliches Fokusgebiet ausgeschlossen. Laut der Untersuchung im vorangegangenen Kapitel weist das Schulareal Niederndorf eine wahrscheinliche Wärmenetzgeignung auf. Darüber hinaus befinden sich in diesem Gebiet bereits zwei Gebäudenetze, deren Zusammenführung und Erweiterung zu einem größeren Netz eine neue Versorgungsvariante eröffnet. Unter Betrachtung der städtischen Liegenschaften der Cunz-Reyther-Grundschule und dem Kinderhort St. Joseph sowie der naheliegenden Montessori-Schule und dem Kinderhaus St. Johannes zeigt sich das Gebiet als geeignetes Fokusgebiet.

### 8.1 Ausgangssituation

Das betrachtete Gebiet besteht aus dem Schulareal und umliegender Wohnbebauung aus Ein- und Mehrfamilienhäusern. Das Schulareal besteht aus der Cunz-Reyther-Grundschule mit zugehöriger Turnhalle, der Montessori-Schule, dem Kinderhort St. Joseph sowie dem Kinderhaus St. Johannes. Die Montessori-Schule wurde im Jahr 2002 errichtet und 2014 erweitert [51]. Beim Hort handelt es sich um ein KfW55 Gebäude aus dem Jahr 2014, das Alter des Kinderhauses ist hingegen nicht bekannt. Die Grundschule wurde im Jahr 1965 errichtet und 1990 erweitert. Im Jahr 2008 erfolgte eine energetische Sanierung. Aktuell wird sie mit einer Pelletheizung beheizt. Da ein Ausbau des Bestandsnetzes in Richtung Niederndorf in den nächsten Jahren nicht vorgesehen ist, wird für dieses Gebiet ein separates Wärmenetz untersucht.

Aktuell gibt es zwei Gebäudenetze im Gebiet. Das erste Netz umfasst die Montessorischule, den Hort, die Kindertagesstätte und ein Wohngebäude, das zweite Netz zwei Wohnblöcke in der Bayernstraße. Diese Netze könnten in ein größeres Nahwärmenetz überführt und die umliegenden Wohngebäude ebenfalls angeschlossen werden, sofern auf Grundlage der gegebenen Rahmenbedingungen eine wirtschaftliche Realisierung möglich ist. Da beide Netze noch mit fossilen Energieträgern versorgt werden, muss die Kommune in naher Zukunft bei ihren Liegenschaften die Umstellung der Wärmeversorgung auf erneuerbaren Energien vollbringen. Trotz energetisch gutem Standard und bereits regenerativer Erzeugung soll die Grundschule an das Netz angeschlossen, um die Synergien des Wärmenetzes zu nutzen.

In Abbildung 59 ist das potenzielle Wärmenetz mit allen betrachteten Gebäuden (dunkleres Grau) sowie der mögliche Leitungsverlauf (je nach Rohrdurchmesser in Grün bis Rot) dargestellt. Im Netzgebiet sind keine großen Höhenunterschiede vorhanden (< zehn Meter). In dunklem Rot ist die angenommene Energiezentrale zu sehen. Beige sind Gebäude ohne Wärmebedarf bzw. außerhalb des Netzgebietes. In dieser Untersuchung wird von einer

Erschließung des kompletten Betrachtungsgebietes ausgegangen, um das grundsätzliche Potenzial der vorhandenen Wärmequelle in Verbindung mit einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung beurteilen zu können. Es ist nicht auszuschließen, dass sich in detaillierteren Studien aufgrund des realen Anschlussinteresses ein abweichendes (Teil)gebiet von Niederndorf als optimales Netzgebiet erweist.

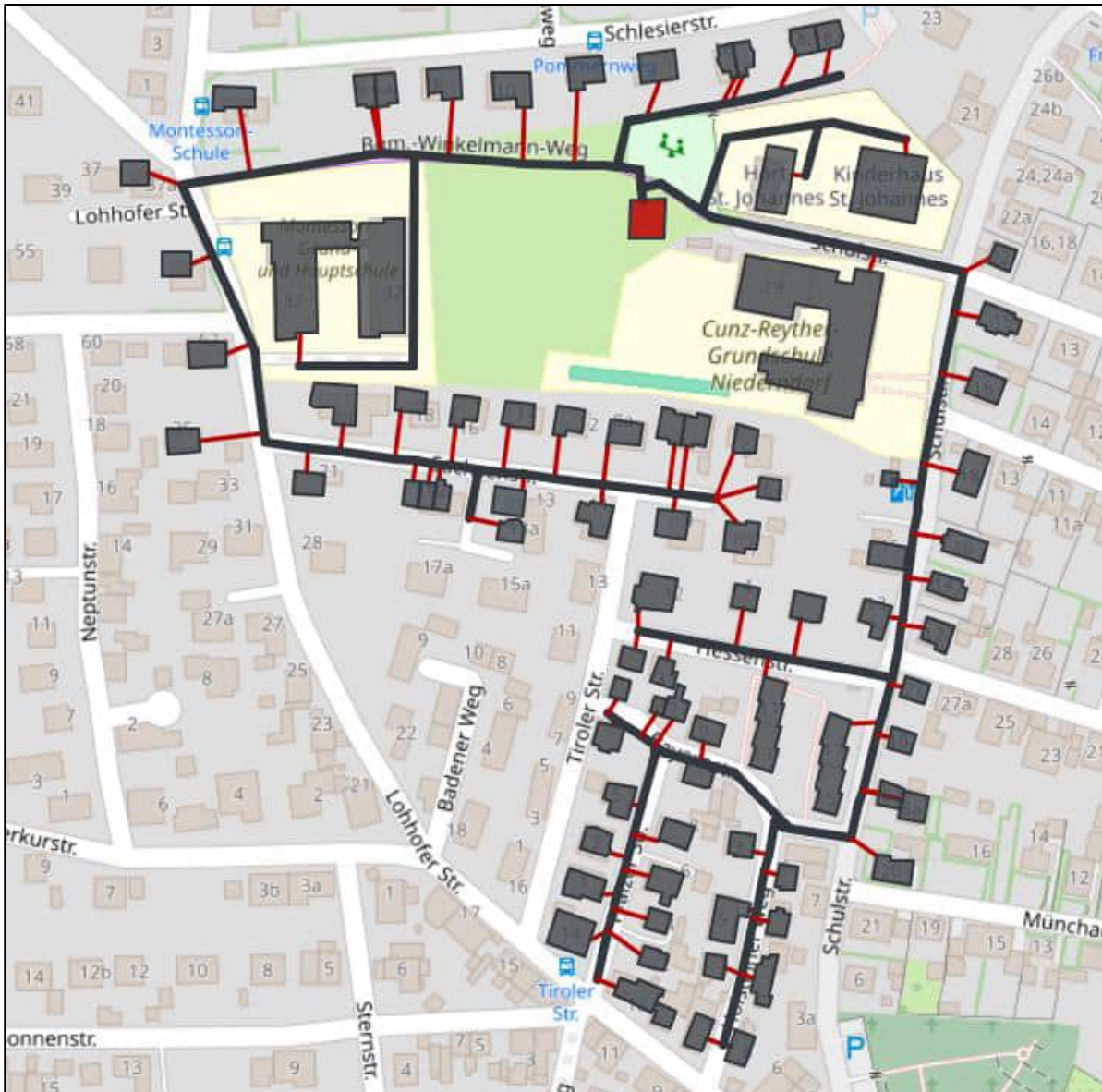


Abbildung 59: Mögliches Wärmenetz Niederndorf mit betrachteten Gebäuden. In Rot ist die mögliche Energiezentrale dargestellt. Graphik erstellt mittels Simulationssoftware nPro [52]

Tabelle 32 listet die Wärmebedarfe und Anzahl der potenziellen Hausanschlüsse im Netzgebiet auf. Die Länge der Verteilungen des Netzes beträgt ungefähr 1,7 Kilometer, hinzu kommen die Hausanschlussleitungen mit ca. 1,0 Kilometer Länge. Der Gesamtwärmebedarf summiert sich auf ungefähr 2,3 GWh/a auf. Insgesamt sind circa 83 Häuser im Netzgebiet vorhanden. Es muss allerdings beachtet werden, dass aneinander liegende Gebäude (z.B. Reihenhäuser oder Wohnblöcke mit mehreren Hausnummern) teils als ein Gebäude erfasst werden. Die Wärmebedarfe basieren auf dem Wärmekataster aus der Bestandsanalyse, welches wenn nötig (bei fehlenden Gebäuden im Kataster) mit dem verwendeten Simulationstool

nPro [52] ergänzt wurde. Tatsächliche Verbräuche der kommunalen Liegenschaften wurden eingepflegt, die Gesamtverbräuche der bestehenden Netze, übermittelt durch die Herzo Werke GmbH, wurden auf die angeschlossenen Gebäude aufgeteilt.

Tabelle 32: Wärmebedarf und Anzahl Gebäude

Abnehmer	Wärmebedarf [MWh/a]	Anzahl Gebäude
Wohnen < 25 MWh/a	800	50
Wohnen 25 – 60 MWh/a	800	27
Wohnen > 60 MWh/a	300	2
Nicht-Wohngebäude	400	4
<b>Gesamt</b>	<b>2.300</b>	<b>83</b>

Es wird von einer Anschlussquote von 100 Prozent ausgegangen. In der Realität wird die tatsächliche Anschlussquote geringer ausfallen, was einen Einfluss auf die spezifischen Wärmegestehungskosten hat. Für eine komplette Betrachtung des Gebietes und zur Veranschaulichung der vorhandenen Quellwärmepotenzials, wird jedoch ein Wärmenetz für alle Gebäude im Gebiet untersucht.

Abbildung 60 zeigt die benötigte Wärmeleistung des Quartiers (hier einschließlich der Verluste in den Leitungen), ermittelt anhand von Standardprofilen. Wärme wird vor allem in den Wintermonaten zur Raumheizung benötigt. Die Spitzen stellen besonders kalte Tage dar. Dennoch ist auch in den Sommermonaten Wärme für Warmwasser erforderlich. Die Jahresdauerlinie gibt an, wie viele Stunden im Jahr eine bestimmte Leistung bereitgestellt werden muss.

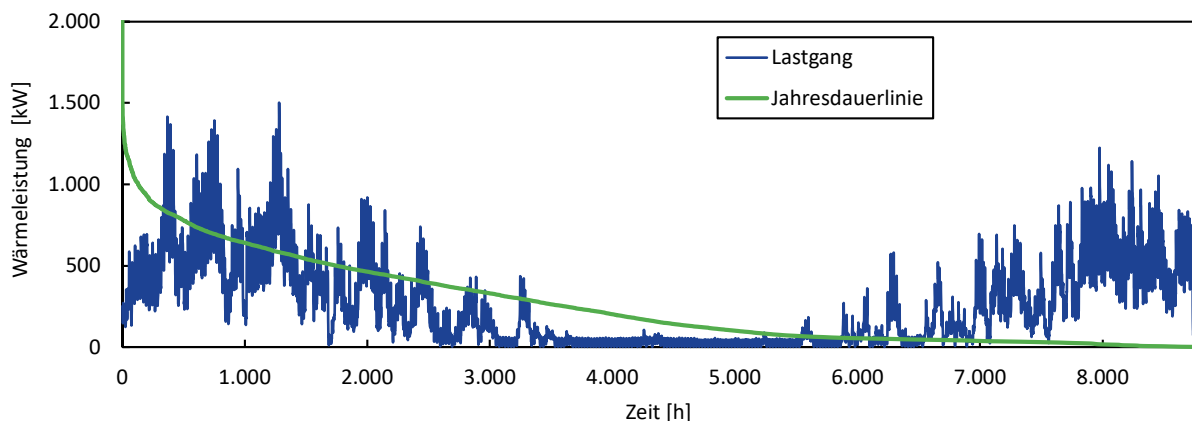


Abbildung 60: Benötigte Wärmeleistung (einschl. Verluste) des Quartiers in kW mit Jahresdauerlinie

### 8.1.1 Auslegung Wärmenetz

Zur Konzeptionierung der Wärmeversorgung des Fokusgebietes Niederndorf über ein Wärmenetz wird das Simulationsprogramm nPro verwendet.

Betrachtet wird an dieser Stelle eine Kombination folgender Wärmequellen:

- Luft-Wärmepumpe
- Erdwärme-Sonden mit Wärmepumpe (mit Regeneration)

- Biomethankessel zur Spitzenlastdeckung

Die optimale Kombination dieser ausgewählten Potenziale wird im Folgenden untersucht.

Erd- und Luftwärme sollen die Hauptquellen des Wärmenetzes darstellen. Nutzung von Biomasse in einem Verbrennungsprozess wird zur Spitzenlastdeckung und als Redundanz vorgesehen. Aus den möglichen Biomassequellen (Hackschnitzel, Pellets und Biomethan) wird in diesem Fall von einem Biomethankessel ausgegangen, da im betrachteten Gebiet ein flächendeckendes Gasnetz vorhanden ist. Übergangsweise kann Erdgas als Spitzenlastabdeckung verwendet werden, bis die Gasversorgung klimaneutral wird oder ggf. die Nutzung von Wasserstoff möglich ist.

Es wird ein Erdwärmesondenfeld unter dem Sportplatz geplant. Wenn die Außentemperatur mindestens 4 Kelvin über der des Erdreichs um die Sonden herum liegt, wird das Erdreich mittels Wärmeentzugs aus der Umgebungsluft regeneriert. Hierfür ist keine Wärmepumpe erforderlich. Die Regeneration ermöglicht eine höhere Wärmebereitstellung in den Wintermonaten.

In Abbildung 61 ist schematisch der Versorgungsfall dargestellt. Gleichzeitig zeigen die Linien bereits mit der jeweiligen Breite die Energiemengen im Jahresverlauf an, ähnlich wie in einem Sankey-Diagramm. In den folgenden Auslegungen wird ausschließlich Strom (für die Energiezentrale), Umweltwärme in Form von Luft und Erdwärme sowie Biomethan zur Wärmebereitstellung betrachtet. Anfänglich kann, bis zur flächendeckenden Verfügbarkeit, Erdgas anstatt Biomethan zur Spitzenlast genutzt werden. Zusätzlich werden in den Gebäuden Pufferwärmespeicher zur Trinkwarmwasserbereitstellung in das System integriert. Angesichts der ermittelten Wärmebedarfe und der verfügbaren Wärmequellen erfolgt die Dimensionierung der einzelnen Wärmeerzeuger unter Berücksichtigung der technisch und wirtschaftlich sinnvoll realisierbaren Größenordnungen. In dieser Betrachtung werden lediglich die Energiemengen zur Wärmebereitstellung betrachtet.

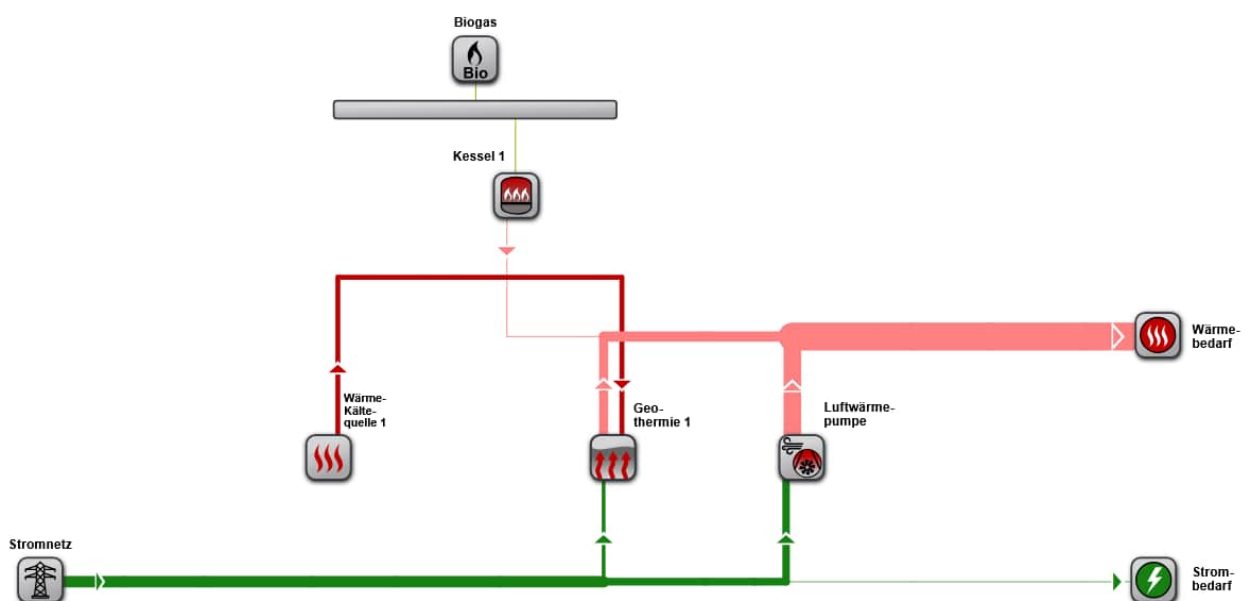


Abbildung 61: Schematische Darstellung der Energieflüsse mit dem Simulationstool nPro [52]

## 8.1.2 Annahmen Berechnung

In diesem Unterkapitel sind alle Annahmen zur Wärmenetzauslegung und zur Kostenrechnung aufgelistet. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der verschiedenen Varianten wird in Anlehnung an das Kurzverfahren nach VDI 2067 [53] mit Netto-Werten durchgeführt. Tabelle 33 zeigt die Parameter für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Wärmebereitstellung. Diese basieren auf aktuellen Marktpreisen und Entwicklungen der letzten Jahre sowie eigenen Annahmen. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird angenommen, dass die BEW-Förderung mit einer Förderquote von 40 Prozent der förderfähigen Investitionskosten und eine Betriebskostenförderung des Wärmepumpenstroms zum Tragen kommen [54].

Tabelle 33: Zentrale Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung

Parameter	Wert
Betrachtungshorizont	20 Jahre
Kalkulatorischer Zinssatz	3 %
Förderung auf Investitionen (BEW)	40 %
Betriebskostenförderung Wärmepumpen (BEW)	Max. 9,2 ct/kWh, max. für 10 Jahre
Lebensdauer Komponenten	20 – 50 Jahre (je nach Technologie)
Wartungskosten	0 – 3 % der Investitionskosten (je nach Technologie)

Die anzusetzenden Größen für die Beurteilung der Nachhaltigkeit eines Wärmenetzes in Niederndorf sind in Tabelle 34 aufgelistet. Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Energieträger stimmen mit den Werten aus der Potenzialanalyse überein.

Tabelle 34: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung

Parameter	Wert
CO <sub>2</sub> -Emissionen Strombezug (2023)	449 g/kWh [26]
CO <sub>2</sub> -Emissionen Biogas (Biomethan)	137 g/kWh [23]

Ergebnis der Betrachtungen sind die Investitionskosten für das Wärmenetz. Diese stellen die Kosten für die Errichtung des gesamten beschriebenen Energiesystems dar (inklusive Hausanschlüsse). Neben der Anschaffung der Komponenten wird auch der Aufwand für Planung, Genehmigungen, Installation und Inbetriebnahme berücksichtigt. Nicht berücksichtigt werden Kosten für Komponenten, die unabhängig vom jeweiligen Energiesystem ohnehin erforderlich wären, darunter etwaige Anpassungen der Warmwasser-Bereitstellung. Die Gesamt-Investitionskosten werden per Annuitätenmethode auf Basis des zugrunde gelegten Kapitalzinseszinses auf die Nutzungsdauer umgelegt, um die jährlichen kapitalgebundenen Kosten zu erhalten. Ein weiteres Ergebnis und wichtiger wirtschaftlicher Faktor sind die Wärmegestehungskosten. Unter diesen Kosten ist der Preis zu verstehen, der unter Berücksichtigung von Errichtung, Wartung, Betrieb und Verbrauch (Strom sowie Brennstoffe) für die Bereitstellung von einer kWh Nutzwärme entsteht. Angegeben werden die Wärmegestehungskosten als Preis pro Wärmemenge. Es ist dabei zu beachten, dass die Betriebskostenförderung nach der Bundesförderung für Effiziente Wärmenetze (BEW) auf max. 10 Jahre beschränkt ist.

### 8.1.3 Ergebnisse Simulation Wärmenetz

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse der Simulation des Wärmenetzes einschließlich der wichtigsten wirtschaftlichen Kennzahlen sowie der emittierten CO<sub>2</sub>-Äquivalente dargestellt.

Tabelle 35 zeigt die wichtigsten Parameter des Netzes. Aus der Strommenge, welche zum Betreiben der Wärmepumpen benötigt wird, sowie dem Biomethanverbrauch lassen sich die Anteile der Wärmebereitstellung der einzelnen Energieträger errechnen. Ebenfalls dargestellt werden die beim Betrieb anfallenden Treibhausgasemissionen sowie die wirtschaftlichen Kennzahlen, allen voran der Endpreis für den Kunden. Der Verbraucherpreis wird anhand der Wärmegestehungskosten plus einer Pauschale für betriebswirtschaftliche Kosten des Betreibers (1 Prozent der Investitionskosten) sowie einer Gewinnmarge (10 Prozent der Wärmegestehungskosten) errechnet. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Kosten lediglich eine Orientierung geben sollen und nach der tatsächlichen Realisierung dieses Netzes die Verbraucherpreise abweichen können.

Tabelle 35: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Niederndorf

Parameter	Wert
Wärmeerzeugung in Energiezentrale [MWh/a]	2.850
Stromverbrauch (Wärme) [MWh/a]	1.150
Biogasverbrauch (Biomethan) [MWh/a]	100
Anteil Wärmebereitstellung Geothermie (mit Wärmepumpe) [%]	33
Anteil Wärmebereitstellung Luftwärme (mit Wärmepumpe) [%]	64
Anteil Wärmebereitstellung Biomethan [%]	3
CO <sub>2</sub> - Äq. Emissionen spezifisch 2025 [g/kWh]	189
CO <sub>2</sub> - Äq. Emissionen absolut 2025 [t/a]	538
Investitionskosten [Mio. €] (ohne Förderung)	6,5
Investitionskosten [Mio. €] (mit Förderung)	4,0
Wärmegestehungskosten (mit Förderung) [ct/kWh]	15,1
<b>Verbraucherpreis (mit Förderung) [ct/kWh]</b>	<b>19,7</b>

Der Anteil der bereitgestellten Wärme durch Luftwärme liegt ungefähr bei 64 Prozent, durch Geothermie bei 33 Prozent und durch Biomethan bei 3 Prozent. Abbildung 62 zeigt den monatlichen Einsatz bereitgestellter Wärme aufgeteilt nach Energieträgern. Von Mai bis September wird die Wärme fast ausschließlich durch die Luftwärmepumpe gedeckt (hohe Außentemperaturen). Die Geothermie kommt vor allen in den Monaten November bis März zum Einsatz und regeneriert in den Sommermonaten. Biomethan wird weitestgehend nur in den Monaten Dezember bis Februar genutzt. Der Verbraucherpreis ist mit netto 19,7 bzw. brutto 23,4 ct pro kWh in einem wirtschaftlich konkurrenzfähigen Rahmen.

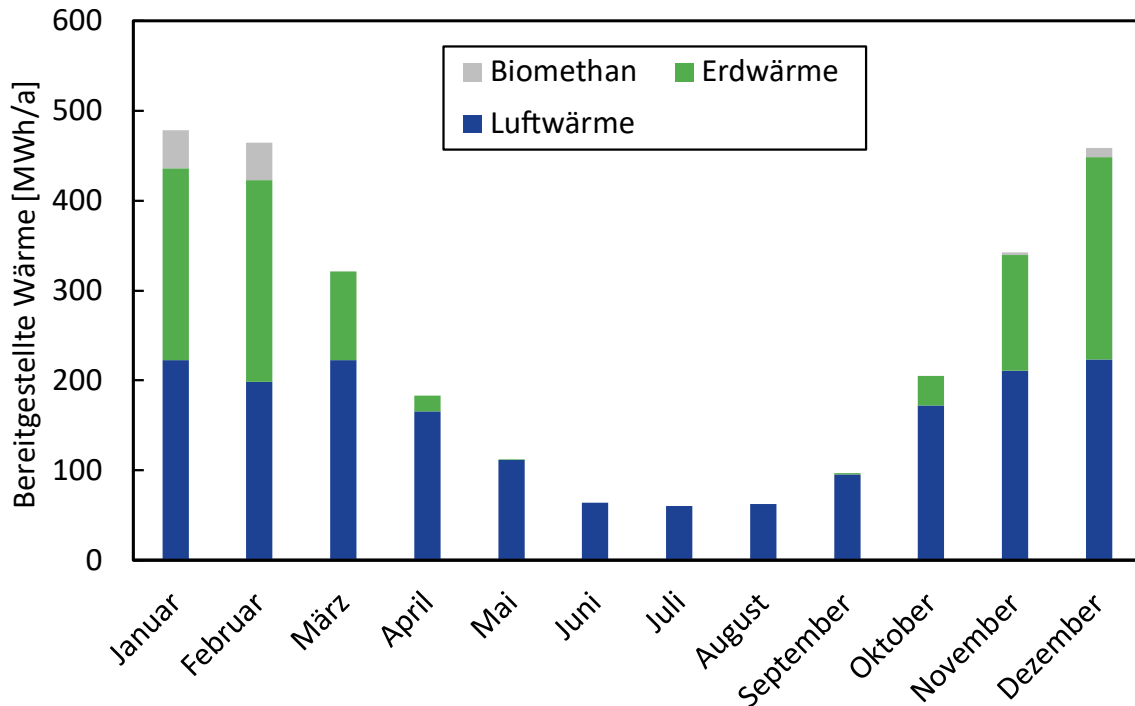


Abbildung 62: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger und Monat

Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Äquivalente der netzgebundenen Wärmeversorgung liegen zum jetzigen Zeitpunkt bei ca. 189 g pro kWh. Damit liegen sie etwas unter den Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung in Niederndorf von 232 g pro kWh - Großteils gedeckt durch Gas und Öl (bezogen auf die mittleren Emissionen der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher nach Treibhausgasbilanz). Die geringe Differenz lässt sich auf die derzeit noch hohen Emissionen des deutschen Strommixes zurückführen. Abbildung 63 zeigt den Verlauf der Treibhausgas-Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung im Vergleich mit dem simulierten Wärmenetz. Zudem ist der gesamte Wärmebedarf der Gebäude dargestellt. Dieser reduziert sich um circa 12 Prozent aufgrund von Sanierungen (Annahme einer Sanierungsquote von 1,5 Prozent) und steigenden Temperaturen im Winter bedingt durch den Klimawandel um durchschnittlich 0,52 Prozent pro Jahr [55]. Dementsprechend nehmen die absoluten Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung ab. Die CO<sub>2</sub>-Äquivalente des Wärmenetzes verringern sich hingegen deutlicher. Dies liegt an den sinkenden Emissionswerten des Energieträgers Strom. Der aktuelle Wert von 449 g pro kWh [56] soll sich bis 2040 auf 32 g pro kWh verringern [57]. Dahingegen bleiben die spezifischen Emissionen der Energieträger Öl, Gas konstant [23], ebenso wie Biomethan. Aufgrund der grauen Emissionen, die auch bei Biomethan und unter Annahme eines regenerativen Strommixes 2040 noch anfallen, bleiben noch Rest-Emissionen im Wärmenetz. Insgesamt könnten mit einem Wärmenetz bis 2040 im Vergleich zu aktuellen Wärmeversorgung 5.300 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden.

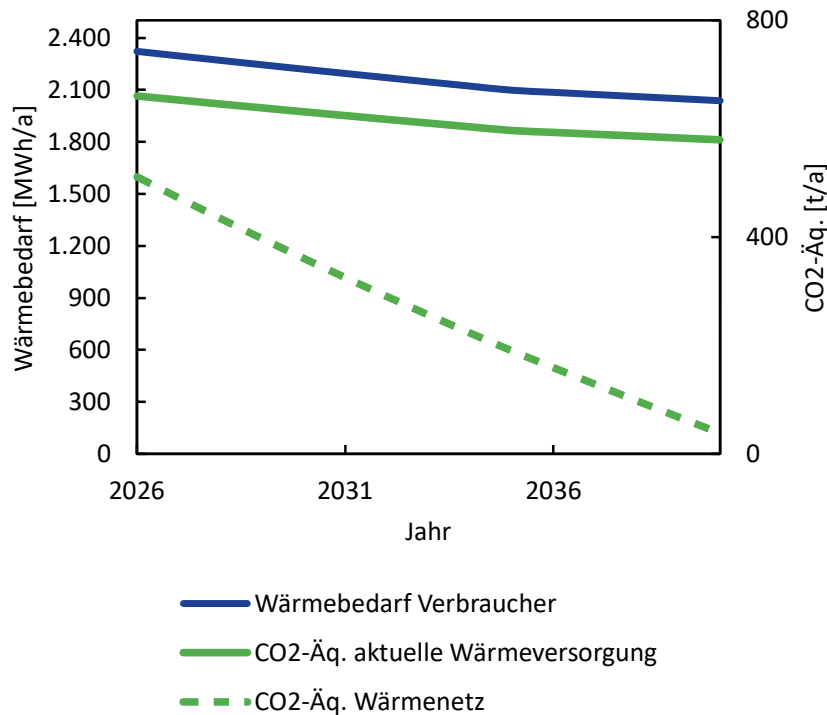


Abbildung 63: Wärmebedarf und CO<sub>2</sub>-Äq. Emissionen für das Netzeignungsgebiet bis zum Zieljahr 2040.

## 8.2 Alternative Wärmeversorgung

Neben der netzgebundenen Versorgung kann das betrachtete Gebiet auch dezentral versorgt werden. Gerade bei den nicht sanierten Wohnhäusern sollte jedoch das Heizsystem für eine Versorgung mittels Luftwärmepumpe optimiert werden (hydraulischer Abgleich, Heizkörper-tausch). Auflagen des Denkmalschutzes müssen beachtet werden. Einzellösungen müssen grundsätzlich individuell betrachtet werden. Hierfür sind Energieberatungen ein erster möglicher Schritt.

## 9 Dezentrales Fokusgebiet Hammerbach

Da auch in Zukunft ein Großteil der Gebäude im Stadtgebiet nicht durch ein Wärmenetz versorgt werden können, ist die Untersuchung eines dezentralen Gebietes bezüglich der Heizungsumstellung bis zum Jahr 2040 sinnvoll. Da es sich hier um dezentrale Potenziale handelt, welche Großteils im gesamten Stadtgebiet ähnlich sind, kann diese Betrachtung in jedem dezentralen Gebiet stattfinden. Als exemplarisches Gebiet, welches besonders die außenliegenden Bereiche der Stadt widerspiegelt, wird der Ortsteil Hammerbach ausgewählt.

In diesem Kapitel wird exemplarisch die zukünftige Wärmeversorgung im außenliegenden Ortsteil Hammerbach genauer untersucht. Für dieses dezentrale Gebiet wird aufgezeigt, wie der Wechsel zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040 ablaufen kann und wie sich die Kosten hierfür belaufen würden. Dabei werden jeweils die Wärmegestehungskosten verschiedener Versorgungsvarianten ermittelt.

Neben der Versorgung durch ein Wärmenetz stellt die dezentrale Wärmeversorgung eines Gebietes eine weitere exemplarische Versorgungsart in der Stadt dar. Um auch dieses Szenario abzubilden, wird ein Stadtgebiet, hier das Gebiet Hammerbach, genauer untersucht. Dafür wird die Bestandssituation detaillierter analysiert, ein Pfad zur Klimaneutralität bis 2040 aufgezeigt sowie Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen verschiedener dezentraler Versorgungsvarianten durchgeführt.

### 9.1 Beschreibung der Bestandssituation

Beim betrachteten Gebiet handelt es sich um mehrere hauptsächlich für den Wohnbau und in geringem Umfang für Gewerbe genutzte Straßenzüge im Nordwesten von Herzogenaurach. Insgesamt gibt es 270 Häuser im betrachteten Areal. Das ausgewählte Gebiet ist in Abbildung 64 dargestellt.

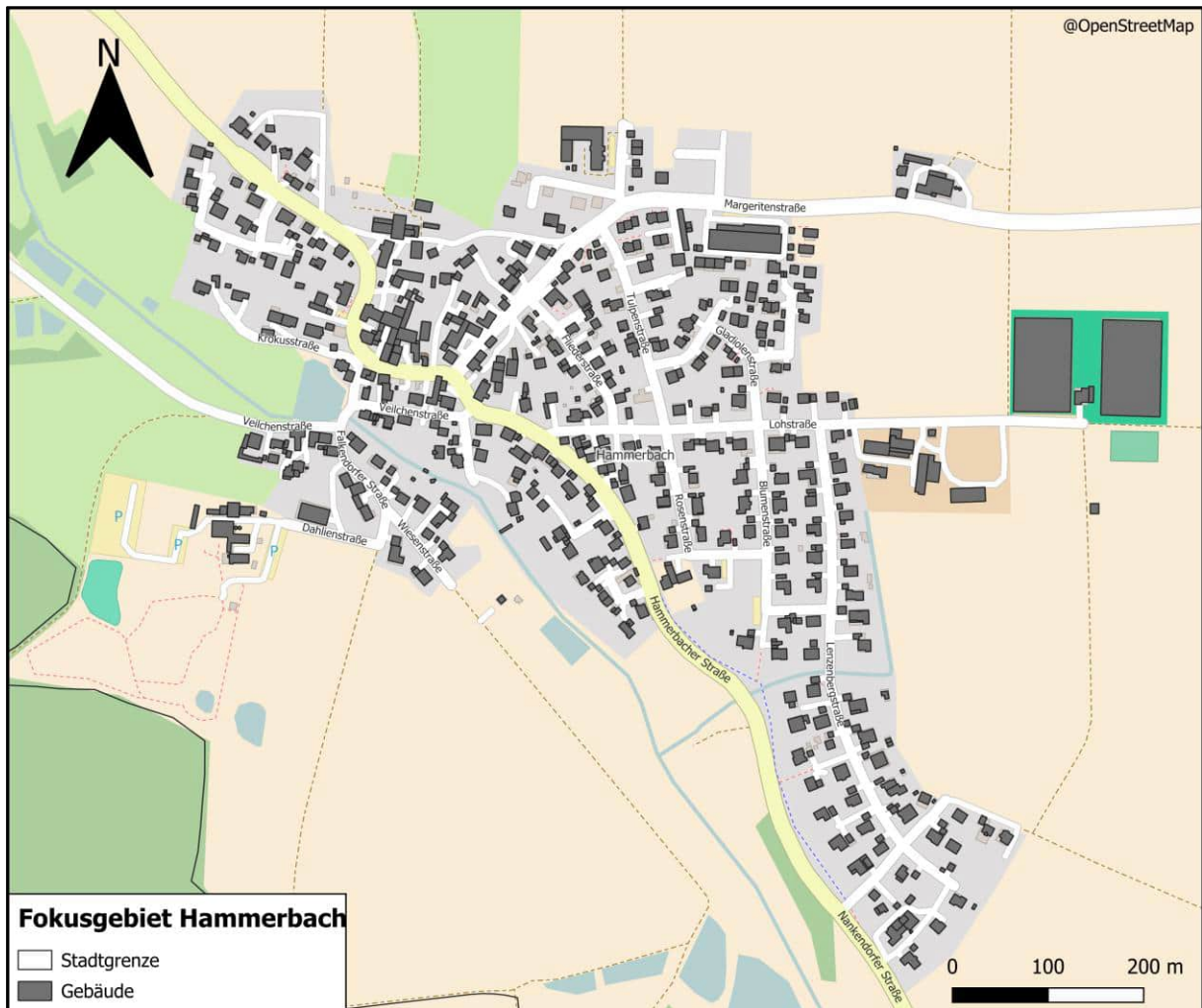


Abbildung 64: Dezentrales Fokusgebiet Hammerbach

Die Wärmeherzeugung durch Zentralheizungen erfolgt zu gut 50 Prozent noch überwiegend mit fossilen Brennstoffen (vorwiegend Öl). Abbildung 65 zeigt die Anzahl der im Gebiet verbauten Heizsysteme. Diese Angaben wurden aus den Daten der Kaminkehrer ermittelt. Da dort Wärmepumpen nicht aufgeführt sind, wird die darin verzeichnete Anzahl an Häusern mit denen des Gebäudekatasters verglichen und angenommen, dass in den Differenzgebäuden Wärmepumpen verbaut sind. Dabei wird von einer durchschnittlich installierten Wärmeleistung von je 12 kW ausgegangen. Es wird weiterhin angenommen, dass es sich hierbei um neugebaute oder sanierte Einfamilienhäuser mit niedrigem Energieverbrauch handelt. In Hammerbach gibt es kein Gasnetz. Bei den aufgeführten Gasheizungen handelt es sich um Anlagen, die Flüssiggas einsetzen. Die durchschnittliche Anlagengröße bzgl. Zentralheizungen beträgt bei den Gasheizungen 18 kW, bei den Ölheizungen 25 kW und bei Biomasse-Heizungen 22 kW.

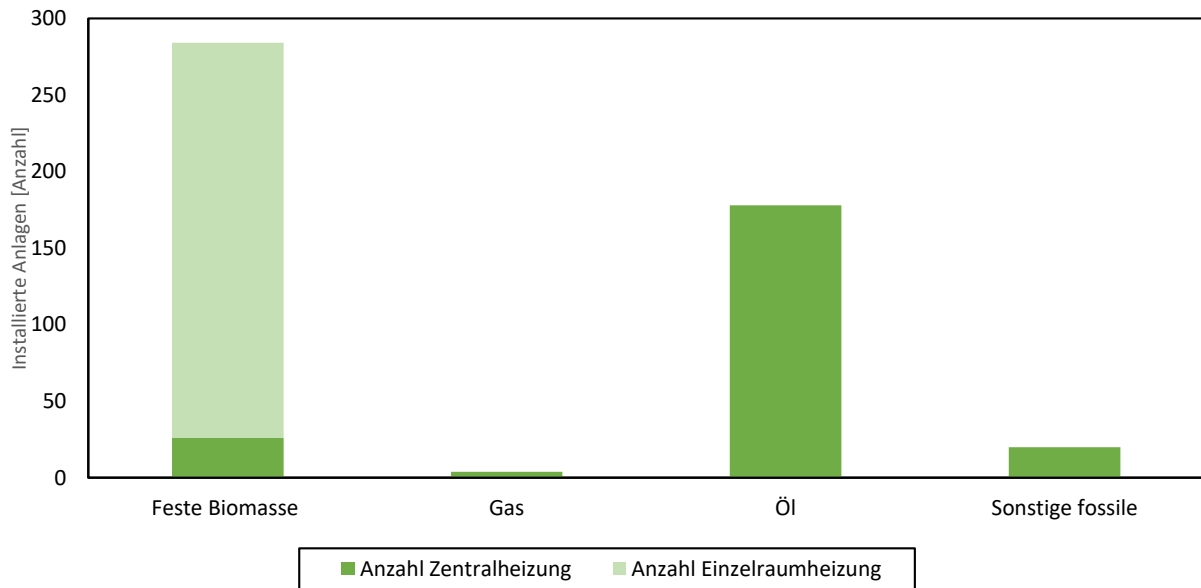


Abbildung 65: Anzahl verbauter Heizsysteme

## 9.2 Entwicklung zur Treibhausgasneutralität bis 2040

Zur Prognostizierung des Heizungsaustauschs bis 2040 spielen ebenso die Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) eine wichtige Rolle. Der Austausch von bestehenden Heizungen soll vorzüglich durch Versorgungsvarianten auf Grundlage von erneuerbaren Energien erfolgen.

Es wird angenommen, dass biomassebefeuerte Anlagen durch Neuere ersetzt (hier wird zur Vereinfachung der nachfolgenden Kostenrechnung einheitlich von Pellet-Heizungen mit zusätzlicher Investition für die Lagerung und in einen 1.500-Liter-Pufferspeicher ausgegangen) und für Ölheizungen Wärmepumpen verbaut werden. Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass es sich hierbei bei 7 Prozent um Sole-Wärmepumpen in Kombination mit einem Erdwärmekollektor oder -sonde handelt. [58] Alle anderen Wärmepumpen nutzen Umgebungsluft als Wärmequelle.

In Abbildung 66 wird die sich ändernde Zusammensetzung des Erzeugungsmixes nach Heizungsanzahl dargestellt. Dabei sind unter Biomasse sowohl Pellet-Heizungen als auch Holzöfen zusammengefasst.

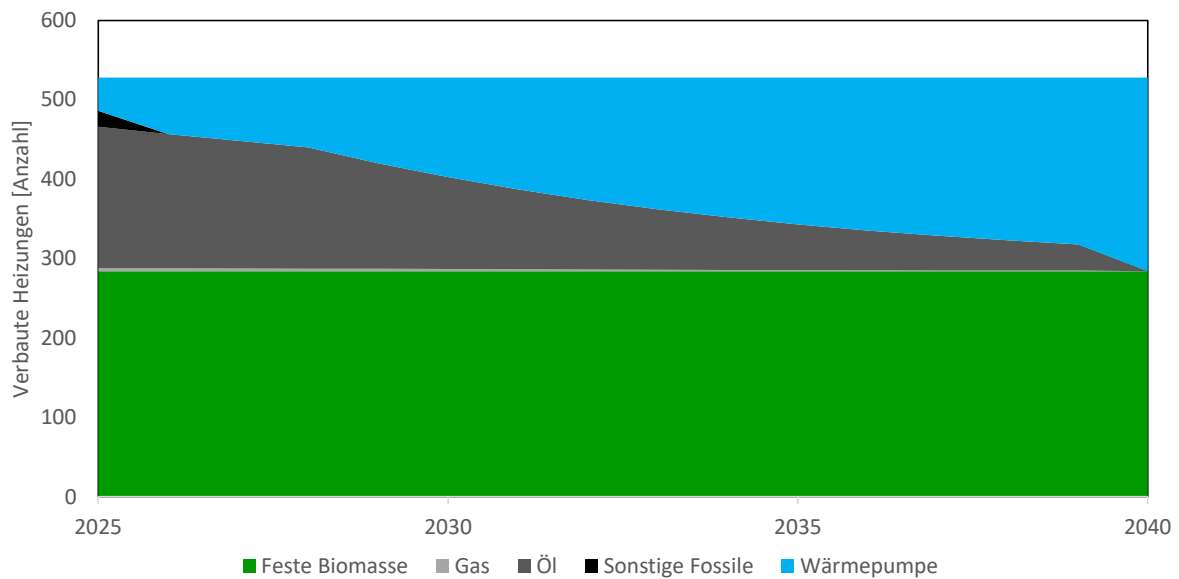


Abbildung 66: Zusammensetzung des Erzeugungsmixes nach Heizungsanzahl bis 2040

In Abbildung 67 wird die erzeugte Wärmemenge nach Energieträgern und die damit verbundenen emittierten CO<sub>2</sub>-Äquivalente bis 2040 betrachtet. Dabei muss zuerst berücksichtigt werden, wie stark sich der Wärmebedarf durch Sanierung und die Folgen des Klimawandels verringert. In der Bestands- und Potenzialanalyse wurde bereits das Sanierungspotenzial der einzelnen Baublöcke ermittelt. Beim betreffenden Gebiet besteht ein mittleres Sanierungspotenzial von 32 Prozent. Die Sanierungsquote wird in Rücksprache mit der Stadt Herzogenaurach zu 1,5 Prozent pro Jahr angenommen. Daraus errechnet sich ein Bedarfsrückgang von 0,48 Prozent pro Jahr. Zusätzlich wird aus einer Studie der TU-Graz [55] abgeleitet, dass für die Jahre 2026 bis 2035 eine Bedarfsreduktion aufgrund des Klimawandels von jährlich 0,69 Prozent und für die Jahre 2036 bis 2040 von 0,15 Prozent gegeben ist.

Darauf aufbauend können die Veränderung der Emissionen anhand der CO<sub>2</sub>-Äquivalente der Energieträger und unter Annahme der veränderten Zusammensetzung des Strommixes aus dem KEA-Technikkatalog [57] in Abbildungen 19 dargestellt werden.

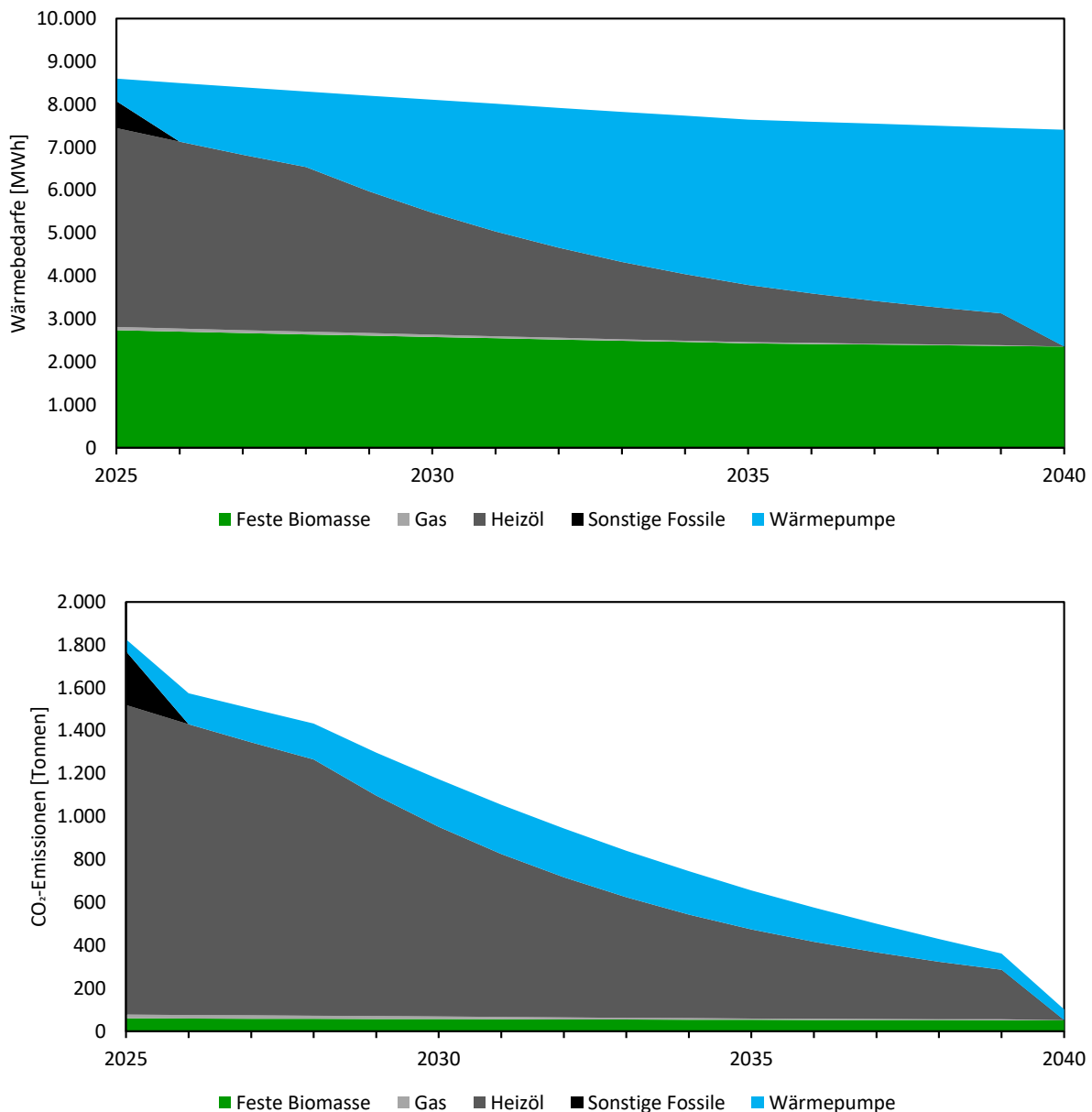


Abbildung 67: Wärmebedarfe (oben) und CO<sub>2</sub>-Emissionen (unten) bis 2040

Für eine überschlägige Betrachtung der Gesamtkosten des Gebiets Hammerbach werden auf Basis des Technikkatalogs des Bundes [23] und aktuellen Herstellerpreisen die Kosten für die neuen Erzeugungsanlagen in der jeweils nächstgrößeren auf dem Markt vorhandenen Leistungsgröße des zu ersetzenden Systems ermittelt. Anschließend werden für jedes Jahr die Anzahl der auszutauschenden Öl- und Biomasseheizungen mit dem Preis der entsprechenden Neuanlagen multipliziert. Die verwendeten Preise und Leistungsgrößen sind in Tabelle 36 hinterlegt. Bei den Preisen für Wärmepumpen, welche die Öl- und Gasheizungen ersetzen, handelt es sich um Mischpreise, die sich zusammensetzen aus 7 Prozent Sole-Wasserwärmepumpen mit Erdwärmekollektor oder -sonde und 93 Prozent Luftwärmepumpen.

Tabelle 36: Durchschnittliche Leistung und Gesamtkosten netto von neuen Heizungsanlagen nach Austausch

Auszutauschender Energieträger	Leistung Durchschnitt Bestand [kW]	Gesamtkosten [€]
Biomasse	22	1.230.000
Heizöl & Sonst. Fossile	25 & 30	10.197.000
Gas	18	198.000
	<u>Summe:</u>	<u>11.625.000</u>

Auf die Berücksichtigung von Preisänderungen aufgrund von Inflation oder sinkender Technologiekosten wird in diesem Betrachtungsschritt verzichtet. Die kumulierten Kosten für den Heizungstausch betragen insgesamt ca. 11,6 Millionen Euro. In diesem Schritt wurde noch keine Förderung berücksichtigt. Aufgrund der komplexen Förderbedingungen, der Länge des betrachteten Zeitraums und der verschiedenen Eigentums- und Wohnverhältnisse im Gebiet, lässt sich nur schwer eine pauschale Aussage treffen. Auf die Möglichkeiten der Förderung nach Gebäudeenergiegesetz wird im anschließenden Kapitel eingegangen.

### 9.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines konkreten Versorgungsfalls

Zur konkreten Betrachtung von Versorgungsfällen und zur differenzierteren Kostenentwicklung werden für den Heizungstausch in einem Referenzgebäude drei verschiedene Technologievarianten untersucht. Für das Gebäude wird die mittlere Leistung der Ölheizungen im betrachteten Gebiet Hammerbach von 25 kW angesetzt. Ausgegangen wird von einem Haus mit zwei Wohneinheiten sowie Radiator-Heizkörpern.

Als mögliche Heizungssysteme werden eine Luftwärmepumpe, eine Sole-Wasserwärmepumpe mit einem Erdwärmekollektor und eine Pelletheizung betrachtet, für die jeweils eine Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 [53] durchgeführt wird. Die Investition umfasst neben der Heizungsanlage auch die notwendige Peripherie (wie z.B. Pufferspeicher, Pumpen etc.), Komponenten wie Pellet-Lager oder Erdwärmekollektoren und Installation. Aufgrund der schwer zu prognostizierenden Preisentwicklung wird keine Preissteigerung/-senkung im Betrachtungszeitraum eingerechnet.

Für die Berechnung wird eine Laufzeit von 20 Jahren und ein Kapitalzinssatz von 3 Prozent hinterlegt. Die Betriebskosten stammen aus dem Technikkatalog des Bundes, für die Kosten für Strom und Pellets werden aktuelle Marktpreise (Neukunden) angesetzt [59]. Für den Energieträger Strom wird wie bei den Investitionskosten ein konstanter Preis angenommen. Aufgrund des zukünftig erhöhten Angebots erneuerbarer Energien mit verringerten Gestehungskosten, soll hier nicht von zunehmenden Kosten ausgegangen werden. Bei den Pellets ist aufgrund der steigenden Nachfrage bei gleichbleibendem Potenzial eine Preissteigerung von 1 Prozent angesetzt. Für die Steigerung der Betriebskosten wird der Wert der Inflationsrate aus dem KEA-Technikkatalog von einem Prozent angesetzt. Der jährliche Wärmeverbrauch wird aus dem Produkt der installierten Leistung und den jährlichen Vollbenutzungsstunden von 1.200 berechnet. Bei der Pelletheizung muss der Wert noch durch den Wirkungsgrad des Kessels dividiert werden, was zu einer größeren Wärmemenge führt als bei den anderen beiden Varianten. Der Strombedarf der Wärmepumpen wird mittels der im Technikkatalog des Bundes angegebenen oder aus Erfahrungswerten abgeleiteten Jahresarbeitszahl ermittelt. Hierbei wird auf den Wert von 2030 zurückgegriffen, da der Großteil der Heizungstausche zwischen 2030 und 2040 stattfinden wird. Es wird stets der Mittelwert der

angegebenen Wertspanne verwendet („Altbau saniert“). Damit ergibt sich für die Luft-Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von 3,12 und für die Sole-Wärmepumpe Werte von 3,96 (Kollektor) und 4,5 (Sonde). Ebenfalls berücksichtigt werden muss die unterschiedliche Nutzungsdauer der einzelnen Komponenten (ebenfalls aus dem Technikkatalog des Bundes entnommen), die im Falle der Luft-Wärmepumpe 18 Jahre, der Sole-Wärmepumpe sowie des Pelletkessels 20 Jahre und des Erdkollektors 50 Jahre beträgt. Für das Pellet-Lager werden ebenfalls 20 Jahre angenommen.

Für den Austausch von Heizungsanlagen kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude in Anspruch genommen werden [60]. Der Grundfördersatz für den Einbau neuer Heizungen in Bestandsgebäuden auf Basis erneuerbarer Energien beträgt derzeit 30 Prozent. Für die Erdwärmepumpenvariante kann zusätzlich der Effizienzbonus von 5 Prozent in Anspruch genommen werden, der für Wärmepumpen gilt, die ihre Wärme aus dem Erdreich oder (Ab-)Wasser beziehen. Bei Biomasseheizungen kann unter Einhaltung eines Emissionsgrenzwerts für Staub ein zusätzlicher pauschaler Zuschlag von 2.500 Euro erfolgen. Nicht alle auf dem Markt befindlichen Heizungen erfüllen diese Bedingung, daher wird dieser Zuschuss im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Auch der Klimageschwindigkeitsbonus, der bis zu weitere 20 Prozent Förderung gewährleisten kann, wird nicht weiter betrachtet, da der Bonus nach 2028 jährlich abnimmt und hier kein konkretes Jahr für den Austausch festgelegt werden soll. Außerdem ist dieser Bonus nur für selbstnutzende Eigentümer anwendbar. Ebenso nicht eingerechnet wird der Einkommensbonus von 30 Prozent, der ebenfalls nur für selbstnutzende Eigentümer gilt und bei dem das zu versteuernde Haushaltseinkommen unter 40.000 Euro pro Jahr liegen muss. Die vorliegenden Fälle sollen eine möglichst breite Allgemeingültigkeit aufweisen, daher wird nur die Förderung betrachtet, die pauschal auf alle Häuser angewandt werden kann, unabhängig der konkreten Wohn- und Eigentumsverhältnisse. Es soll aber darauf hingewiesen werden, dass unter gegebenen Bedingungen erheblich höhere Fördersätze möglich sind. Insgesamt ist der Fördersatz auf 70 Prozent bei max. förderfähigen Ausgaben von 30.000 Euro pro Einfamilienhaus oder die erste Einheit in einem Mehrfamilienhaus begrenzt. Bei Mehrfamilienhäusern erhöhen sich die maximal förderfähigen Kosten mit jeder weiteren Wohneinheit, erst um je 15.000 Euro und ab der 7. Einheit um je 8.000 Euro. Bei den förderfähigen Kosten handelt es sich um Bruttokosten.

Die Förderung wird in der Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 2067 berücksichtigt. Da das Referenzgebäude über zwei Wohneinheiten verfügt, beträgt die maximal förderfähige Summe 45.000 Euro brutto. Bei der Erdwärmepumpe beträgt der Fördersatz maximal 35 Prozent, bei der Luftwärmepumpe und beim Pelletkessel 30 Prozent. Abschließend kann aus den jährlichen Gesamtkosten und dem jährlichen Wärmeverbrauch ein spezifischer Netto-Wärmepreis ermittelt werden, der in Abbildung 20 dargestellt ist.

Die Luftwärmepumpe hat mit 18,2 ct/kWh die niedrigsten Wärmegestehungskosten, gefolgt vom Pelletkessel mit 21,8 ct/kWh, was auf die betreffenden Brennstoffkosten zurückzuführen ist. Sole-Wärmepumpen mit Kollektor bzw. Sonde verzeichnen Wärmegestehungskosten von 21,9 bzw. 23,3 ct/kWh.

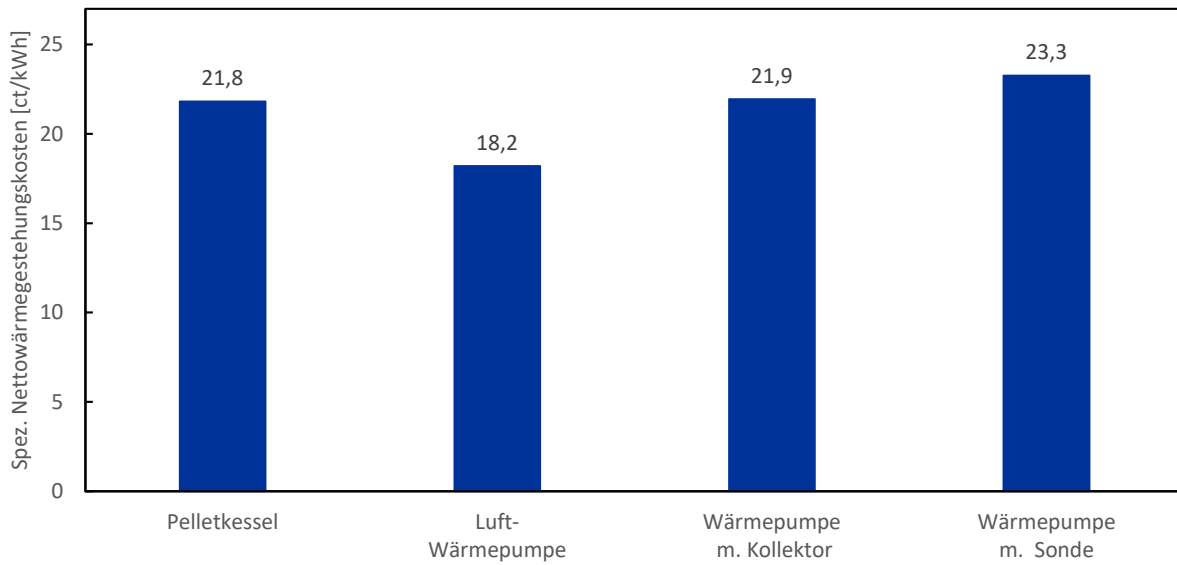


Abbildung 68: Vergleich spez. Nettowärmegestehungskosten für ausgewählte Wärmeversorgungsvarianten

## 10 Zielszenario

Im Zielszenario wird die Entwicklung zentraler Aspekte der Wärmeversorgung in Fünfjahres-schritten bis zum Zieljahr 2040 dargestellt. Aufbauend auf der Bestands- und Potenzialanalyse sowie der Eignung der Wärmeversorgungsgebiete werden mögliche Entwicklungspfade aufgezeigt, wie sich die Wärmeversorgung in der Stadt Herzogenaurach künftig gestalten kann.

Dabei wird der Rückgang des Wärmebedarfs infolge energetischer Sanierungen sowie steigender Außentemperaturen durch den Klimawandel abgeschätzt und Teilgebiete mit besonders hohem Energieeinsparpotenzial identifiziert. Die Entwicklung der Wärmeerzeugung wird differenziert nach Verbrauchergruppen und Energieträgern in zwei unterschiedlichen Szenarien analysiert. Für jedes Szenario erfolgt eine Energie- und Treibhausgasbilanzierung für die Jahre 2025, 2030, 2035 und 2040.

### 10.1 Entwicklung des Wärmeverbrauchs

Für die Erarbeitung des Zielszenarios muss zunächst der zukünftige Wärmeverbrauch ermittelt werden. Dabei spielen für die Raumwärme zwei Faktoren eine wichtige Rolle: der Bedarfsrückgang in Folge von Sanierung und die Einflüsse steigender Temperaturen aufgrund des Klimawandels. Es wird angenommen, dass die Bevölkerung und die Industrie auf gleichem Niveau bleiben.

Für das Zielszenario wird auf die in der Potenzialanalyse errechneten zukünftigen Wärmebedarfe der einzelnen Verbrauchergruppen für Raumwärme und Warmwasser sowie Prozesswärme zurückgegriffen, die sowohl auf Energieeinsparung durch Sanierung als auch auf Bedarfsrückgang aufgrund steigender Durchschnittstemperaturen basieren. In der Potenzialanalyse wurden bei der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher die Sanierungsquoten von 1 Prozent und 2 Prozent betrachtet. Für das Zielszenario wurde nach Rücksprache mit der Stadt Herzogenaurach der Mittelwert von 1,5 Prozent Einsparung angesetzt. Für Industrie & Großverbraucher wird wie in der Potenzialanalyse gemäß der Energieeffizienzrichtlinie eine jährliche Reduktion (Raum- und Prozesswärme) von 1,5 Prozent pro Jahr und ab 2028 von 1,9 Prozent pro Jahr angenommen [32]. Bei den Öffentlichen Einrichtungen wird eine Einsparung von 2 Prozent angesetzt (gemäß Energieeffizienzgesetz [61]).

Damit kann die Energieeinsparung pro Baublock abgeschätzt werden. Zusammen betrachtet wird aus den beiden Einflussfaktoren der abnehmende jährliche Energiebedarf ermittelt.

In Abbildung 69 ist der thermische Energieverbrauch aller Verbrauchergruppen in fünf Jahres-schritten unter der Annahme einer Sanierungsquote von 1,5 Prozent bei Wohnen & Kleinverbrauchern aufgezeigt.

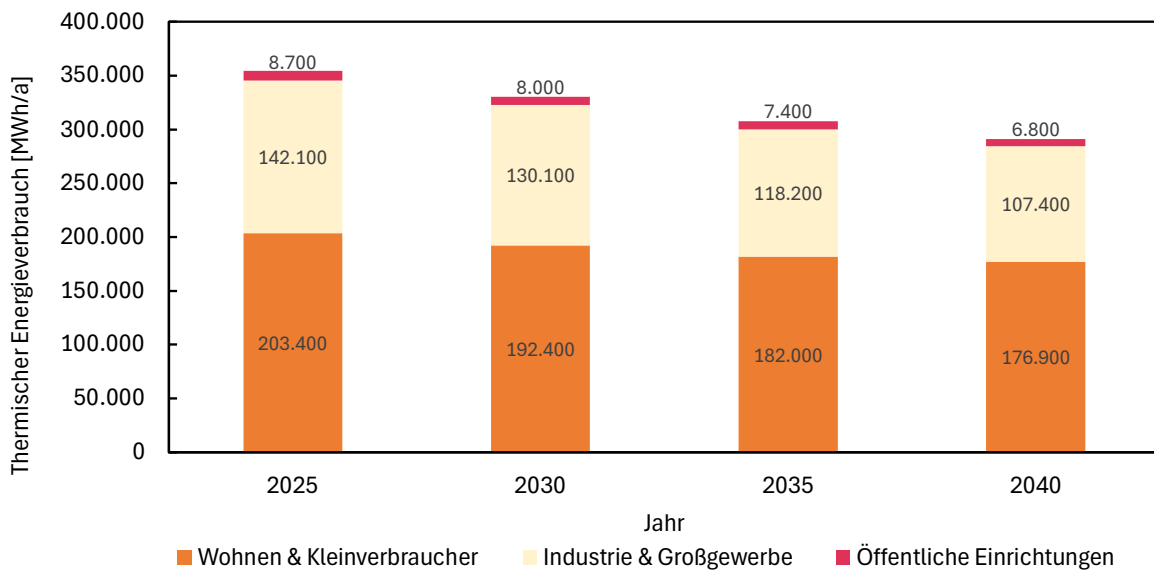


Abbildung 69: Entwicklung des Wärmeverbrauchs mit 1,5 Prozent Sanierungsrate

Abbildung 70 zeigt den prognostizierten Wärmebedarf auf Baublockebene für das Jahr 2040 bei einer Sanierungsrate von 1,5 Prozent. Diese Auswertung ist für alle Jahre bis zum Zieljahr vorhanden. Für Wohngebäude ist diese Schätzung realistischer darzustellen als für die Industrie. Da durch Prozessumstellung oder -verlagerung der benötigte Wärmebedarf sich stark verändern kann, sind Prognosen bis 2040 in diesem Bereich nur bedingt verlässlich. Wie in der Bestandsanalyse sind einige Baublöcke aufgrund des Datenschutzes in Grau dargestellt.

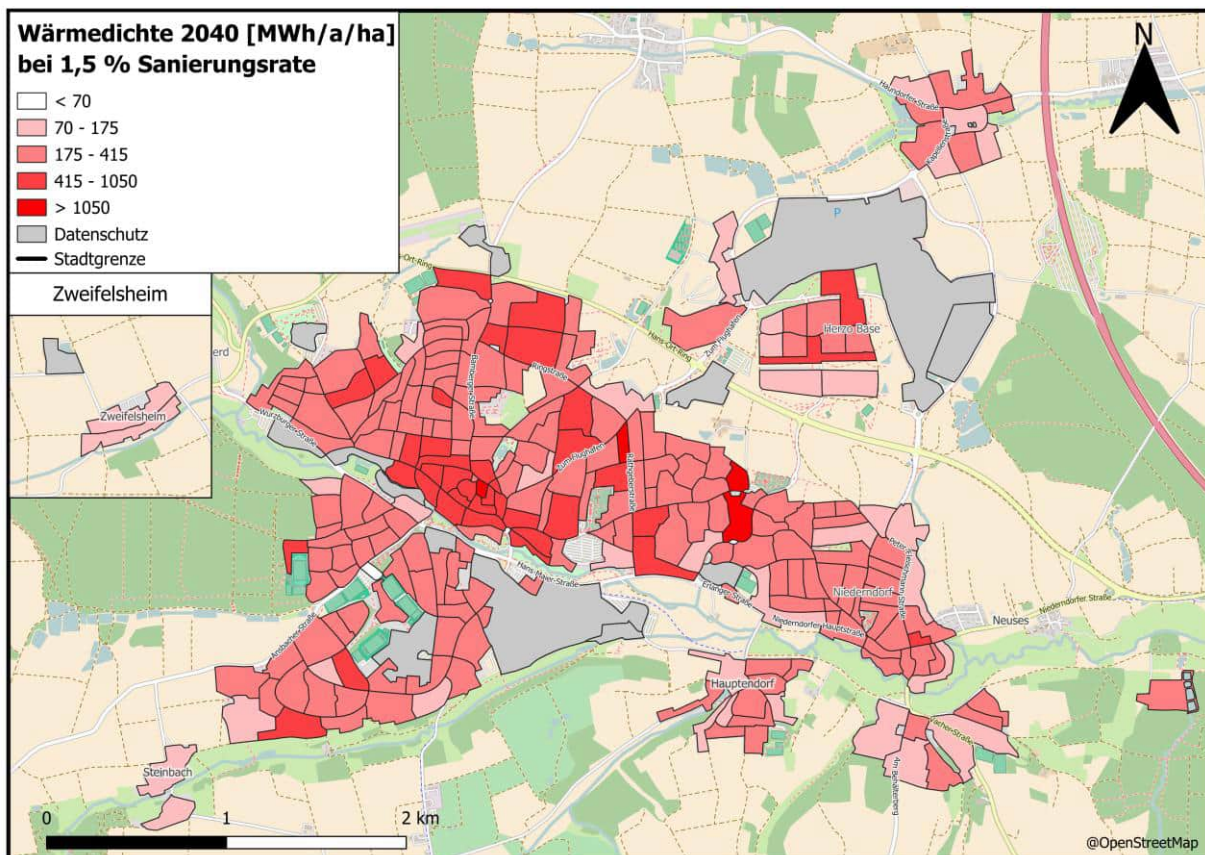


Abbildung 70: Wärmebedarf auf Baublockebene für das Jahr 2040

## 10.2 Entwicklung bestehendes Wärmenetz

Im Rahmen der Akteursbeteiligung fand ein intensiver Austausch mit dem Wärmenetzbetreiber Herzo Werke GmbH statt – insbesondere hinsichtlich der angestrebten Zielzustände sowie des geplanten Ausbaus des bestehenden Wärmenetzes in der Kernstadt von Herzogenaurach. Derzeit (Stand: 03/2026) hat der Wärmenetzbetreiber zwei Transformationspläne für die zukünftige Wärmeversorgung im Rahmen des Modul 1 der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) abgeschlossen. Dabei handelt es sich um das Bestandsnetz in der Kernstadt und um zwei Gebäudenetze im Süden der Stadt, die zu einem größeren Netz ausgebaut werden sollen. Diese Ergebnisse wurden in die nachfolgenden Zielszenarien einbezogen ebenso wie die darüberhinausgehenden Prognosen zur Netzentwicklung bis 2040 durch die Herzo Werke GmbH.

Generell sind Nachverdichtungen im Bestandsnetz vorgesehen, sofern diese technisch und wirtschaftlich realisierbar sind. Eine Erschließung von weiteren Außenorten neben der Herzo Base ist nicht vorgesehen. Der grobe Ausbauplan bis 2040 wurde übermittelt, welcher abhängig von der geplanten Inbetriebnahme in verschiedenen Rottönen in Abbildung 73 als geplantes Wärmenetzgebiet in der Kernstadt eingepflegt ist.

Laut des Transformationsplanes in der Kernstadt soll sich die Anschlussleistung der Endkunden von aktuell ca. 36,5 MW auf 53,8 MW erhöhen. Der durch das Netz gedeckte Wärmebedarf (ohne Netzverluste) vergrößert sich somit von 34.900 MWh/a auf 56.100 MWh/a. Die Leitungslänge (inkl. Hausanschlüsse) wächst von circa 21.500 m auf 34.200 m. Um diese Bedarfe zu decken, soll bis 2040 der Erzeugerpark erweitert werden. Zwei der bestehenden BHKWs werden auf Biomethan umgerüstet ebenso wie zwei bestehende Kessel. Insgesamt stehen 2040 drei BHKWs und zwei Kessel, die mit Biomethan betrieben werden, zur Verfügung. Darüber hinaus werden zwei Biomassekessel, eine Flusswärmepumpe und eine Erdwärmepumpe zum Einsatz kommen. Die beiden Wärmepumpen erzeugen zusammen im Endausbauzustand ca. zwei Drittel der benötigten Wärme. Der bestehende Pufferspeicher von 160 m<sup>3</sup> soll um zwei weitere Speicher mit jeweils 90 m<sup>3</sup> bzw. 95 m<sup>3</sup> ergänzt werden.

Der Transformationsplan des Netzes Süd beschreibt die Erweiterung von 2 Gebäudenetzen mit einer gemeinsamen Trassenlänge von circa 300 m auf ein Wärmenetz mit einer Trassenlänge von circa 7.300 m, das neben Wohngebäuden auch mehrere Großverbraucher enthält, darunter Schulen, ein Hotel und eine KiTa. In der zweiten Ausbaustufe soll das Netz einen Wärmebedarf (ohne Netzverluste) von ca. 9.900 MWh/a abdecken. 2040 besteht der Erzeugerpark voraussichtlich aus einer Geothermie-Anlage mit zwei Wärmepumpen, einem Biome-than- sowie zwei Hackschnitzelkesseln, wobei die Geothermie-Anlage ca. 61 Prozent der Wärme bereitstellt.

Die Herzo Werke GmbH streben für die Jahre 2035 und 2040 den Anschluss weiterer Gebiete an. Hierzu übermittelte Pläne fließen in die Wärmeversorgungsgebiete mit ein.

## 10.3 Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial

Abbildung 71 zeigt Teilgebiete, in denen ein erhöhtes Potenzial zur Reduktion des Wärmeverbrauchs durch energetische Sanierung und weitere Effizienzmaßnahmen besteht. Die Darstellung basiert auf den Ergebnissen der vorangegangenen Potenzialanalyse. Die Karte dient als erster Hinweis, in welchen Bereichen im Rahmen einer Heizungsumstellung eine Sanierung

besonders empfehlenswert erscheint. Auf dieser Grundlage könnten künftig gezielt Sanierungsgebiete ausgewiesen werden. Die in der Karte gesondert gekennzeichneten Sanierungsgebiete (Altstadtkern und Ortskern Niederndorf) wurden bereits in den 1980er und 1990er Jahren schwerpunktmäßig zur Beseitigung städtebaulicher Missstände ausgewiesen. Umfassende energetische Gebäudesanierungen innerhalb dieser Gebiete sind unter anderem auch steuerlich begünstigt.

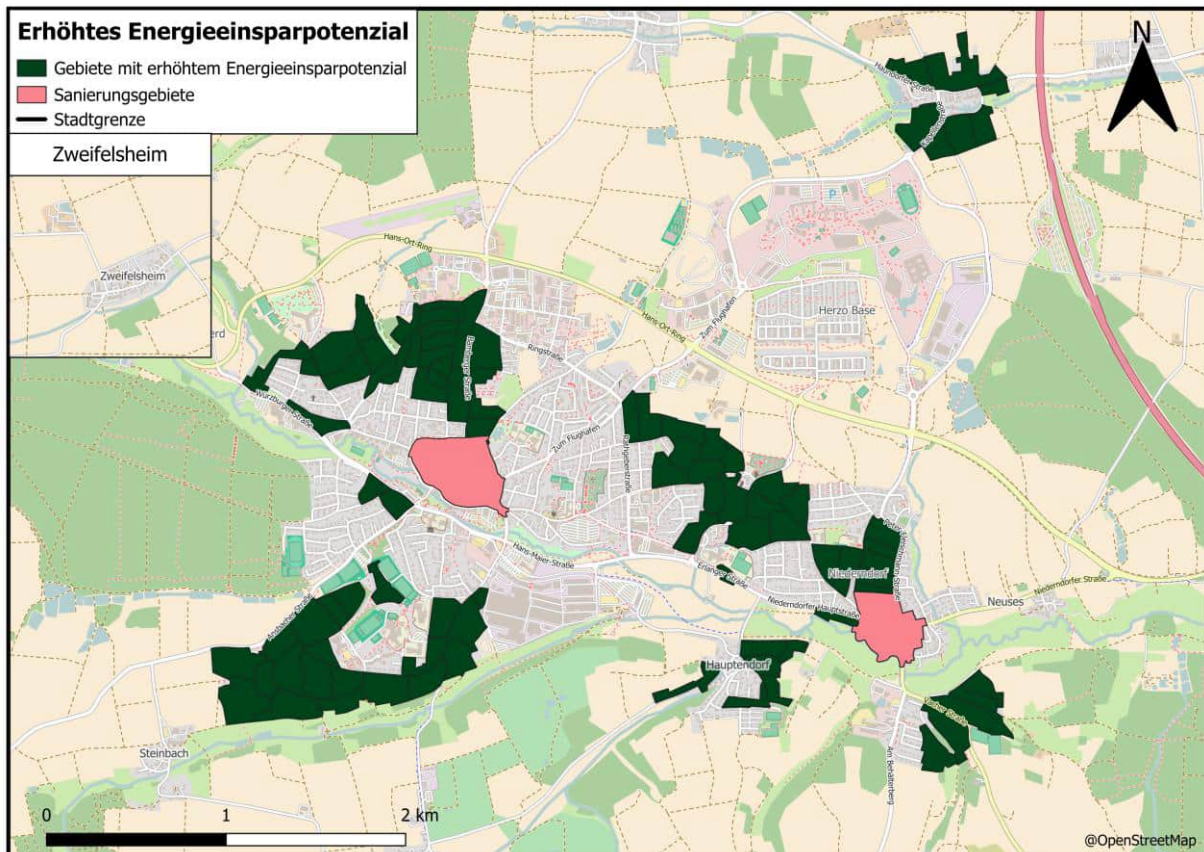


Abbildung 71: Gebiete mit erhöhten Energieeinsparpotenzial

## 10.4 Methodik Wärmeversorgung Zielszenario

Für die Entwicklung der Wärmeerzeugung der einzelnen Verbrauchergruppen bis zum Zieljahr 2040 aufgeteilt nach Energieträgern werden die Daten aus der Bestandsanalyse als Ausgangspunkt verwendet und anhand der Ergebnisse der Potenzialanalyse weiterentwickelt. Da den beiden Szenarien grundsätzlich unterschiedliche Verfügbarkeiten zugrunde liegen, unterscheiden sich die geplanten Wärmeversorgungsgebiete. Hierzu werden die Stellungnahmen des in der Stadt aktiven Energieversorgers Herzo Werke GmbH (v.a. Wärme- und Gasnetzbetreiber) berücksichtigt. Die Annahmen für den Fernwärmenetzausbau beruhen auf Angaben des örtlichen Netzbetreibers wie in Kapitel 10.2 beschrieben. Je nach Szenario wird der zukünftige Wärmeverbrauch der Wärmenetzeignungsgebiete (einschließlich des Fokusgebiets) betrachtet. Anhand der übergebenen Ausbaupläne wurden pro Baublock prozentuale Anschlussquoten angenommen.

Unter dem Begriff „Grüne Gase“ werden Biomethan, Wasserstoff und synthetisches Methan zusammengefasst. In den beiden Szenarien werden unterschiedliche Annahmen zu ihrer Verfügbarkeit getroffen. In Szenario 1 wird gemäß der Stellungnahme der Herzo Werke GmbH

davon ausgegangen, dass ab 2035 ausreichend Wasserstoff aus dem Kernnetz bezogen werden kann, um das Gasnetz in weiten Teilen der Innenstadt und teils in außenliegenden Ortsteilen auf Wasserstoff umzustellen. In Variante 2 wird von einer eingeschränkten Verfügbarkeit und einer erhöhten Kostenstruktur ausgegangen, weswegen Wasserstoff im Bereich der Raumwärme nur begrenzt Anwendung findet. Vorrangig kommt er dort zum Einsatz, wo hohe Temperaturen für Prozesswärme benötigt werden.

Über den Bezug aus dem Kernnetz hinaus streben die Herzo Werke GmbH auch die Erzeugung von grünem Wasserstoff mit erneuerbarem Strom vor Ort an.

Gleichzeitig werden Grüne Gase als flexible und speicherbare Energieträger auch künftig für die Deckung von Spitzenlasten relevant bleiben. In beiden betrachteten Zielszenarien wird ihr Einsatz daher auch im Bereich der Raumwärme aus Wärmenetzen berücksichtigt – insbesondere in Situationen, in denen regenerative Spitzenlastdeckung erforderlich ist.

Da die Kosten der Energieträger maßgeblich den Einsatz in der Wärmeversorgung beeinflussen, wird der CO<sub>2</sub>-Preis bei der Entwicklung der zukünftigen Wärmeerzeugung berücksichtigt. Grundlage hierfür bildet der in Abbildung 72 dargestellte Preisverlauf. Der europäische Emissionshandel (EU-ETS) gilt bislang nur für emissionspflichtige Unternehmen, nicht jedoch für den Gebäudesektor. Daher werden aktuell die Preisprognosen des sogenannten Non-ETS-CO<sub>2</sub>-Preises herangezogen. Ab dem Jahr 2027 soll mit dem EU-ETS 2 ein zweites europäisches Emissionshandelssystem eingeführt werden, das auch Gebäude, Verkehr und weitere bislang nicht erfasste Sektoren einschließt. Dieses wird den bisherigen nationalen Brennstoffemissionshandel ablösen [62]. Die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Wärmeerzeugungskosten sowie notwendige Anpassungen bei Technologien und Energieträgern sind bei der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung zwingend zu berücksichtigen.

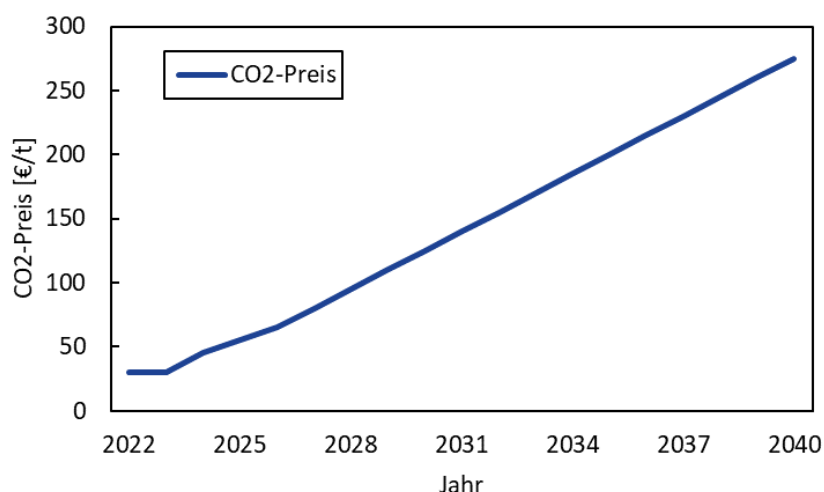


Abbildung 72: Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Preises (Non-ETS) [57]

In den folgenden zwei Zielszenarien werden die jeweils zugrunde gelegten Annahmen zur Entwicklung der Energieträger im Detail beschrieben. Ziel ist es, aufzuzeigen, wie sich unterschiedliche Rahmenbedingungen auf die zukünftige Wärmeversorgung insgesamt – und insbesondere auf die Entwicklung der leitungsgebundenen Wärmeversorgung – auswirken können. In beiden Szenarien wird eine Sanierungsquote von 1,5 Prozent angenommen. In Szenario 1 steht Wasserstoff ab 2035 über das Kernnetz in ausreichender Menge und zu

konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung. In Szenario 2 steht Wasserstoff erst ab 2040 und nur in eingeschränkten Mengen zur Verfügung, weshalb er nur bei Industriekunden mit hohem Prozesswärmebedarf und zur Spitzenlastdeckung in der Fernwärme zum Einsatz kommt.

## 10.5 Szenario 1

Im Folgenden wird eine mögliche Entwicklung der Wärmeerzeuger der einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt. Hierbei handelt es sich um Prognosen. Da die Entwicklung der Wärmeerzeugung von unterschiedlichen Parametern (Kosten, politische Vorgaben, private und wirtschaftliche Interessen) abhängt, kann eine abweichende Entwicklung eintreten. Im Zuge der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung ist dies zu überprüfen.

Im ersten Szenario wird von folgenden Rahmenbedingungen ausgegangen:

1. Ausbau Fernwärme-Bestandsnetz und Netz Süd nach Plänen der Herzo Werke GmbH
2. Umsetzung des Fokusgebiets Niederndorf
3. Sanierungsquote 1,5 Prozent
4. Wasserstoff steht ab 2035 in ausreichender Verfügbarkeit und zu konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung

Der Ausbau des bestehenden Wärmenetzes und des Wärmenetzes Süd sowie deren Energieträgerverteilung bis 2040 gemäß der Transformationspläne der Herzo Werke GmbH wird in beiden Szenarien angenommen. Darüber hinaus wurden weitere durch die Herzo Werke GmbH übermittelte Ausbauggebiete berücksichtigt. Zudem wird das in Kapitel untersuchte Fokusgebiet Niederndorf wie beschrieben umgesetzt. Eine Sanierungsquote von 1,5 Prozent wird angenommen. Der Verlauf der benötigten thermischen Energie bis 2040 aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen ist in Abbildung 69 dargestellt.

### 10.5.1 Wärmeversorgungsgebiete 2040

In Abbildung 73 wird ein mögliches Wärmeversorgungsszenario für die Stadt Herzogenaurach im Zieljahr 2040 auf Basis folgender Grundlagen dargestellt: Analyse zur Wärme- und Wasserstoffnetzeignung und der Eignung für eine dezentrale Wärmeversorgung, Transformationspläne und die darüberhinausgehenden Ausbaupläne des bestehenden Wärmenetzes sowie des Netzes Süd; die Ergebnisse aus den Fokusgebieten. Die Zwischenjahre 2030 und 2035 sind ebenfalls dargestellt. Die Betrachtung erfolgt auf Baublockebene nach der mehrheitlich vorliegenden Versorgungsform, weswegen die Gebietseinteilung von den tatsächlichen Ausbaugebieten abweichen kann.

In Blau dargestellt sind Gebiete, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit dezentral mit Wärme versorgt werden. Wie bereits im Kapitel zur Eignung der Versorgungsarten beschrieben, kann trotzdem eine leitungsgebundene Wärmeversorgung v.a. in Form von kalter Nahwärme oder Gebäudenetzen nicht ausgeschlossen werden. Die abhängig vom geplanten Zieljahr in verschiedenen Rot dargestellten Gebiete sollen voraussichtlich gemäß der Herzo Werke GmbH mehrheitlich mit einem Wärmenetz versorgt werden. Auf Basis der Angaben der Herzo Werke GmbH sind in Orange Gebiete dargestellt, welche unter der Annahme, dass der Anschluss ans Wasserstoffkernnetz bis 2035 erfolgt und ausreichende Mengen Wasserstoff zu konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung stehen, über das bestehende Gasnetz mit Wasserstoff versorgt werden sollen. In Blau-Orange gestreift sind Gebiete gekennzeichnet, die die anteilig

dezentral und mit Wasserstoff versorgt werden sollen. In Pink sind Gebiete des Bestandsnetzes in der Kernstadt aufgezeigt, in Violett das Bestands-Inselnetz in Zweifelsheim.

Es ist zu erkennen, dass das vor allem bis zum Jahr 2030 aber auch in den Jahren 2035 und 2040 ein großflächiger Ausbau des Wärmenetzes stattfinden soll. Die Altstadt sowie zwei Industriegebiete sollen voraussichtlich mit Wasserstoff versorgt werden. Weite Teile der Kernstadt einschließlich Niederndorf sowie Teile von Hauptendorf und Steinbach sind Mischgebiete für Dezentrale Versorgung und Wasserstoff.

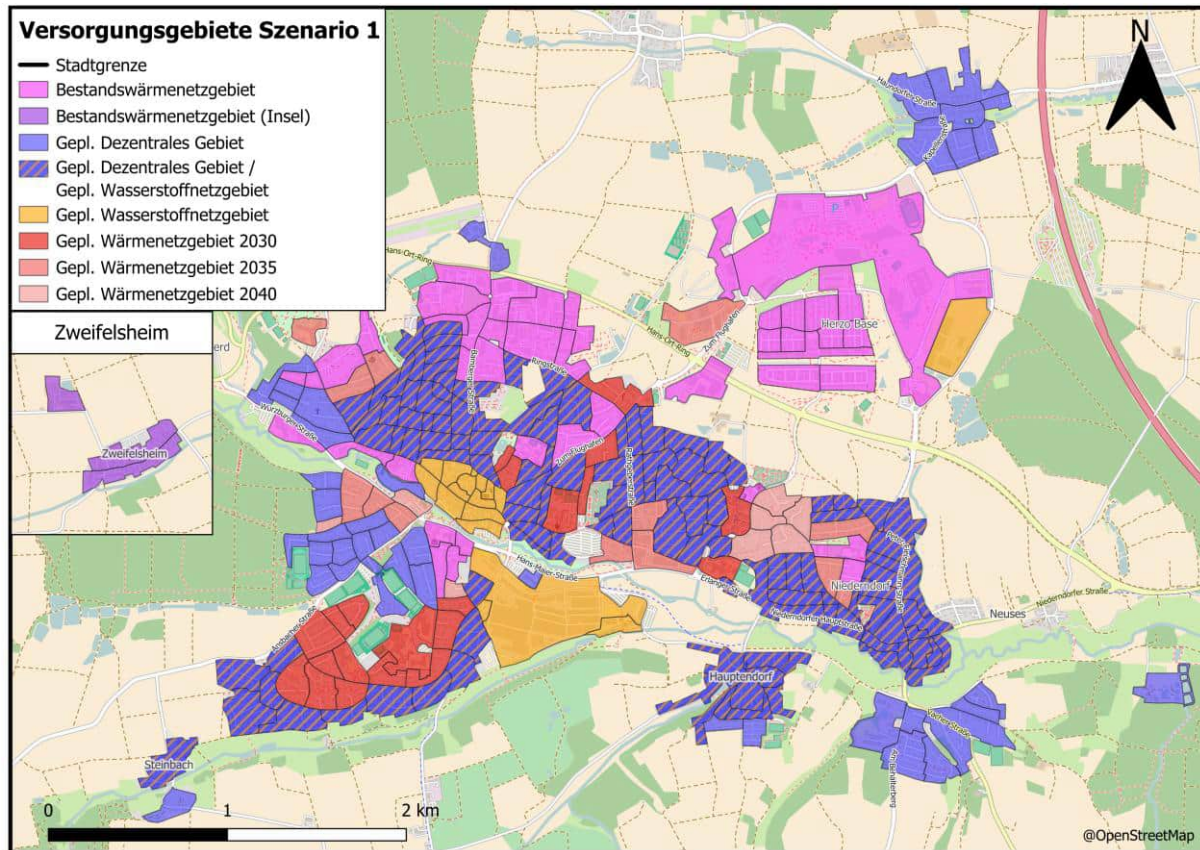


Abbildung 73: Wärmeversorgungsgebiete 2040 für das Zielszenario 1

## 10.5.2 Wärmeverbrauch und Energieträgerverteilung bis 2040

Im Folgenden wird der Wärmeverbrauch aufgeteilt nach Energieträger und Verbraucherguppen bis zum Zieljahr 2040 aufgezeigt.

### Wohnen & Kleinverbraucher

In Abbildung 74 ist die Entwicklung der Wärmeerzeugung der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher zu sehen. Die sinkenden Energieverbräuche sind anhand der Größe der Kreise verdeutlicht.

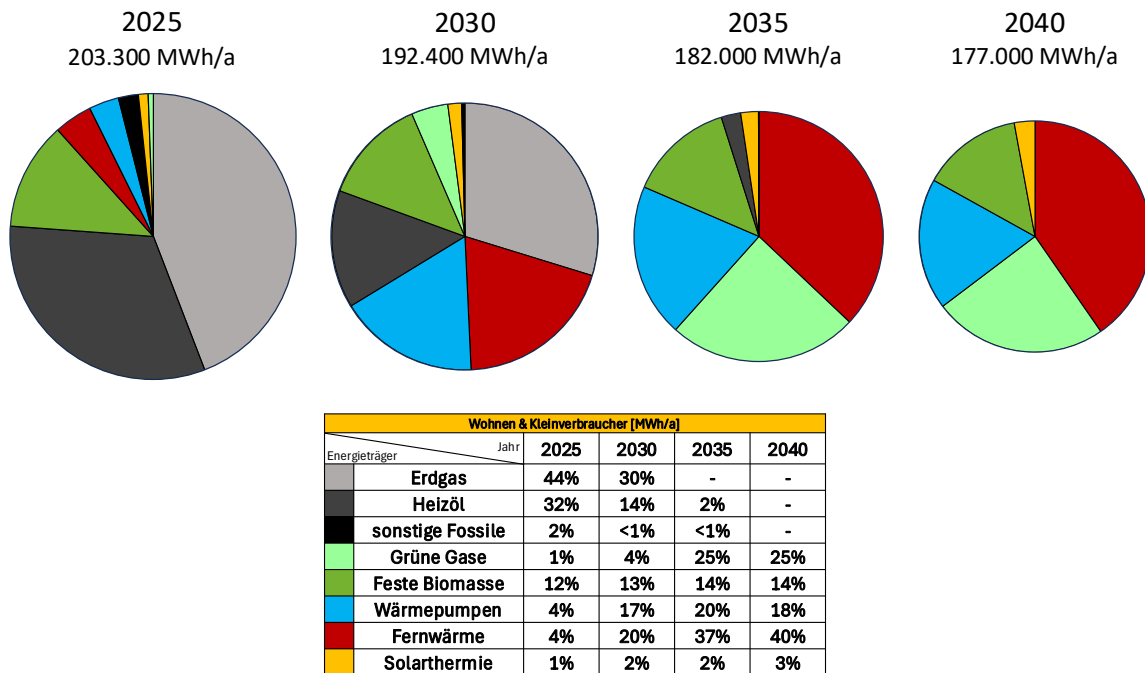


Abbildung 74: Zielszenario der Energieträgerverteilung private Haushalte & Kleingewerbe Szenario 1

Erdgas und Heizöl werden bis zum Jahr 2040 schrittweise aus dem Energiemix verdrängt. Durch den starken Ausbau der Fernwärme findet bereits in den ersten Jahren ein deutlicher Rückgang statt. Ab 2029 wird gemäß der Herzo Werke GmbH ein Anteil von 15 Prozent erneuerbarer Gase im Erdgasnetz angeboten und ab 2035 steht über das Kernnetz Wasserstoff zu konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung. Mit der Umstellung des Erdgasnetzes auf Wasserstoff verschwindet Erdgas 2035 vollständig aus dem Energiemix.

Fernwärme entwickelt sich bis zum Zieljahr 2040 zum wichtigsten Bestandteil der Wärmeversorgung mit einem Anteil von rund 40 Prozent. Grundlage hierfür ist der weiträumige Ausbau des bestehenden Netzes und des Netzes Süd.

Es wird davon ausgegangen, dass der Verbrauch von Biomasse in dieser Verbrauchergruppe konstant bleibt. Bedarfsrückgänge oder Anschlüsse von mit Biomasse beheizten Gebäuden an ein Wärmenetz werden durch Inbetriebnahme neuer Anlagen kompensiert. Solarthermie wird auf knapp 3 Prozent des Gesamtwärmebedarfs ausgebaut. Die entspricht ca. 30 Prozent des Gesamtpotenzials (einschließlich Bestandsanlagen) für Solarthermie, wobei hier im Gegensatz zu dem in der Potenzialanalyse ausgewiesenen Wert die potenzielle Dachfläche um einen Faktor (0,72) reduziert wurde, um Gebäude mit unzureichender Statik sowie denkmalgeschützte Gebäude miteinzubeziehen. Es wird davon ausgegangen, dass die restliche Dachfläche vorwiegend für PV genutzt wird.

Der verbleibende Wärmebedarf wird strombasiert gedeckt. Zum Einsatz kommen Wärmepumpen mit den Quellen Luft, Geothermie oder Wasser sowie in geringem Maße Direktstromheizungen. Diese Technologien erreichen zusammen einen Anteil von etwa 18 Prozent am Wärmeverbrauch der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher im Zieljahr 2040.

## Industrie & Großgewerbe

Bei der Verbrauchergruppe Industrie & Großgewerbe muss der Anteil an Prozesswärme beachtet werden. In Abbildung 75 ist die Entwicklung des Gesamtwärmeverbrauchs abgebildet.

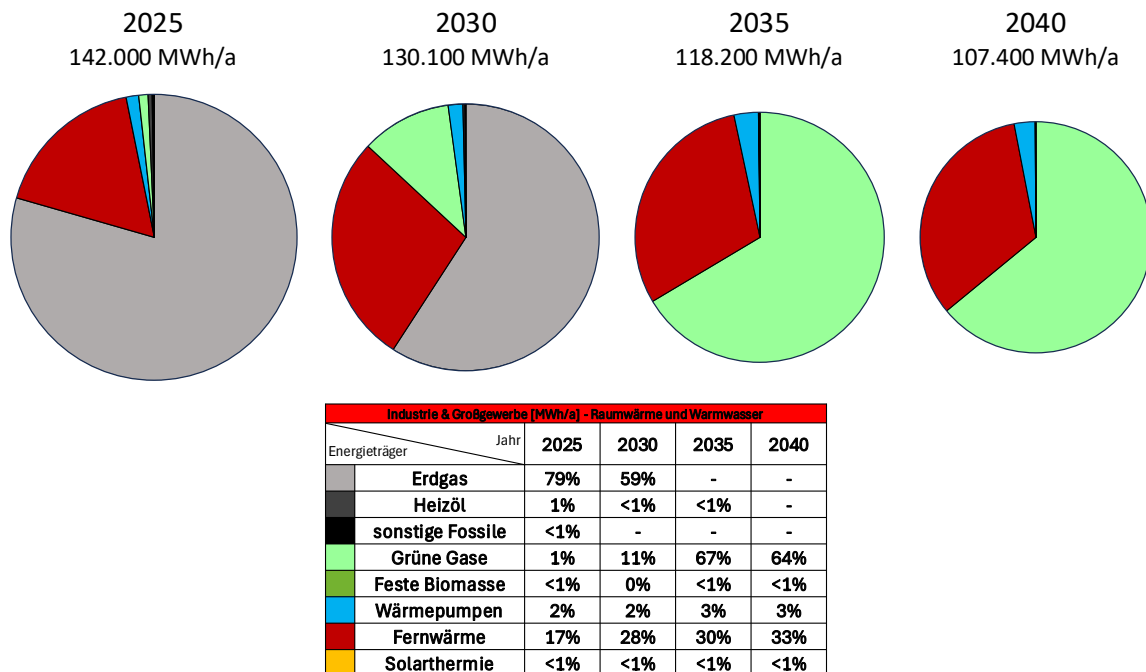


Abbildung 75: Zielszenario der Energieträgerverteilung Industrie & Großgewerbe Szenario 1

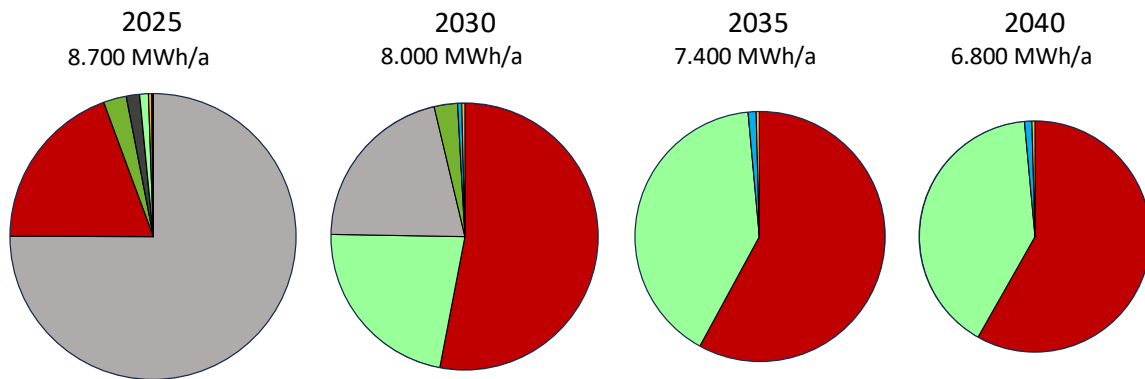
Der derzeit dominierende Energieträger Erdgas, mit einem Anteil von rund 79 Prozent am industriellen Wärmeverbrauch, wird bis zum Jahr 2040 schrittweise vollständig aus dem Energiemix verschwinden. Gemäß der Aussage der Herzo Werke GmbH, dass 2029 ein Anteil von 15 Prozent erneuerbarer Gase im Erdgasnetz angeboten und ab 2035 über das Kernnetz Wasserstoff zu konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung stehen wird, steigt der Anteil an Grünen Gasen bis 2035 stark an.

Die Fernwärme wird stark ausgebaut und nimmt 2040 mit 33 Prozent die zweitwichtigste Rolle unter den Energieträgern ein. Für Industrieflächen wird davon ausgegangen, dass die Mehrzahl der Dachflächen für Photovoltaik-Anlagen genutzt wird, weshalb nicht mit einem Zubau der Solarthermie gerechnet wird.

Der verbleibende Bedarf, insbesondere für Raumwärme und Warmwasser, wird künftig über Wärmepumpensysteme gedeckt. Ob und in welchem Umfang Abwärmenutzung zur Raumheizung in den Unternehmen umgesetzt werden kann, hängt von den jeweiligen Rahmenbedingungen vor Ort ab und erfordert eine betriebsindividuelle Prüfung. Aufgrund dieser Unsicherheiten wird dieser Aspekt in der aktuellen Szenarienbetrachtung nicht weiter berücksichtigt.

## Öffentliche Einrichtungen

Die Entwicklung der Energieträgerverteilung der Öffentlichen Einrichtungen bis zum Zieljahr 2040 ist in Abbildung 76 dargestellt.



Öffentliche Einrichtungen [MWh/a]					
Energieträger	Jahr	2025	2030	2035	2040
	Erdgas	75%	21%	-	-
	Heizöl	2%	-	-	-
	sonstige Fossile	<1%	-	-	-
	Grüne Gase	1%	22%	41%	40%
	Feste Biomasse	3%	3%	-	-
	Wärmepumpen	-	<1%	1%	1%
	Fernwärme	19%	53%	58%	58%
	Solarthermie	0%	<1%	1%	1%

Abbildung 76: Zielszenario der Energieträgerverteilung Öffentliche Einrichtungen Szenario 1

Auch im Bereich der Öffentlichen Einrichtungen stellen Erdgasheizungen derzeit die dominierende Wärmeversorgungstechnologie dar. Dieser Anteil wird bis zum Jahr 2040 schrittweise auf null zurückgehen.

Bereits heute hat Fernwärme einen Anteil von rund 19 Prozent am Wärmeverbrauch kommunaler Liegenschaften. Dieser Anteil soll bis 2040 deutlich ausgebaut werden. Der Fokus der künftigen Wärmeversorgung liegt klar auf einer weiteren Einbindung kommunaler Gebäude in das bestehende Wärmenetz, sodass im Zieljahr ein Fernwärmeanteil von etwa 58 Prozent erwartet wird. Ein Teil des bislang eingesetzten Erdgases wird voraussichtlich künftig durch Grüne Gase ersetzt werden, etwa die Hälfte des vorhandenen Anteils von Grünen Gasen 2040 macht jedoch die Kläranlage aus, bei der zukünftig die Nutzung von Klärgas statt Erdgas angenommen wird. Da es sich um prozessbedingte Wärme handelt und keine Aussage über mögliche Einsparpotenziale getroffen werden kann, wird dieser Bedarf als konstant angenommen.

Für Solarthermie wird kein weiterer Zubau angenommen, da die verfügbaren Flächen vorzugsweise für PV-Anlagen verwendet werden. Die restlichen Gebäude im kommunalen Bestand sollen künftig durch Wärmepumpensysteme beheizt werden.

### 10.5.3 Energie- und Treibhausgasbilanz bis 2040

Für die Treibhausgasbilanz werden je Verbrauchergruppe die erzeugten Wärmemengen jedes Energieträgers mit den entsprechenden CO<sub>2</sub>-Äquivalenten multipliziert und aufaddiert. Dabei ist zu beachten, dass sich der Fußabdruck des Stroms und der Fernwärme über den Betrachtungszeitraum verändert. Durch die Dekarbonisierung der Stromerzeugung sinken die vom Strommix verursachten Emissionen bis 2040 auf weniger als ein Zehntel des heutigen Wertes. Dies beeinflusst auch die Fernwärmeerzeugung durch den für die Wärmepumpen benötigten Strom. Synthetisches Methan und Wasserstoff, enthalten in der Kategorie Grüne Gase, haben,

auch wenn sie mittels Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugt werden, höhere Treibhausgasemissionen als der Strommix, da ein entsprechender Energieeinsatz für die Gewinnung erforderlich ist und Umwandlungsverluste eintreten. Es ist zu beachten, dass jeder betrachtete Energieträger aufgrund grauer Emissionen auch 2040 noch nicht vollständig treibhausgasneutral ist.

In Abbildung 77 ist die Entwicklung der Treibhausgasbilanz aus dem beschriebenen Zielszenario dargestellt. Dabei wird deutlich, dass zum heutigen Zeitpunkt die Bereiche Industrie & Großgewerbe sowie private Haushalte & Kleingewerbe aufgrund der hohen erzeugten Wärmemengen die meisten Emissionen verursachen. Entsprechend bringen diese Verbrauchergruppen die größte absolute Reduktion an Emissionen mit sich.

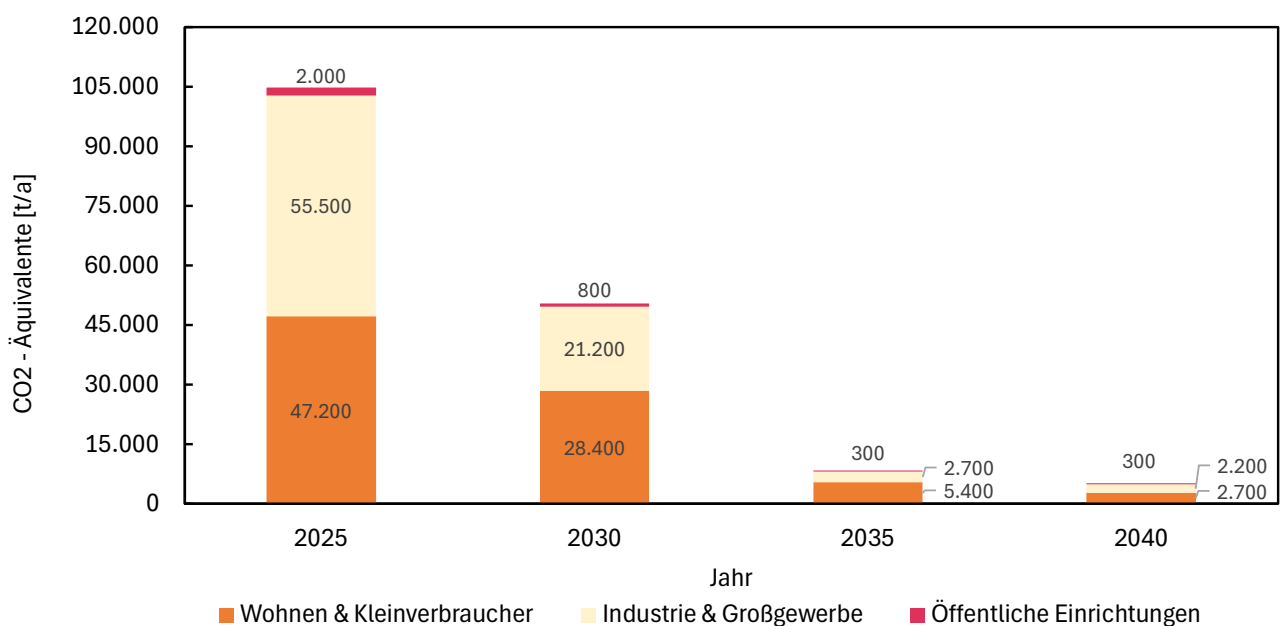


Abbildung 77: Treibhausgasbilanz der Sektoren bis zum Jahr 2040 Szenario 1

Abbildung 78 zeigt die Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen für das Jahr 2040 auf. Für dezentrale Gebiete werden Wärmepumpen in Zukunft die größte Rolle im Sektor Wärme darstellen, was mit dem Ziel der Sektorenkopplung übereinstimmt. Aber auch in Wärmenetzen oder der Industrie sind Wärmepumpen eine Möglichkeit der Wärmebereitstellung. Da von der Herzo Werke GmbH eine Umstellung des Gasnetzes auf Wasserstoff einschließlich der Versorgung großer Unternehmen geplant wird, wird eine hohe Menge an Grünen Gasen benötigt. Die Fernwärme wird ausgebaut, was unter anderem mit den Zielen der Bundesregierung übereinstimmt. Die restliche Wärmemenge wird durch Solarthermie und feste Biomasse bereitgestellt. Dieses Szenario stimmt mit dem Ziel der Wärmewende überein. Alle Energiequellen können regenerativ betrieben werden. Insgesamt fallen in diesem Szenario 2040 noch 5.200 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente an Emissionen an. Das sind 95 Prozent weniger im Vergleich zur aktuellen Situation.

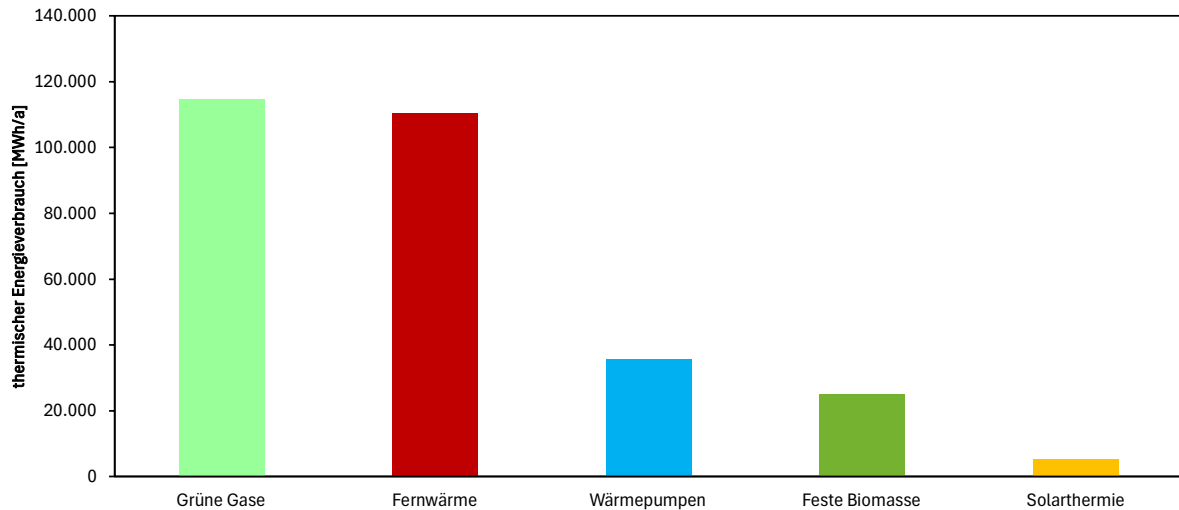
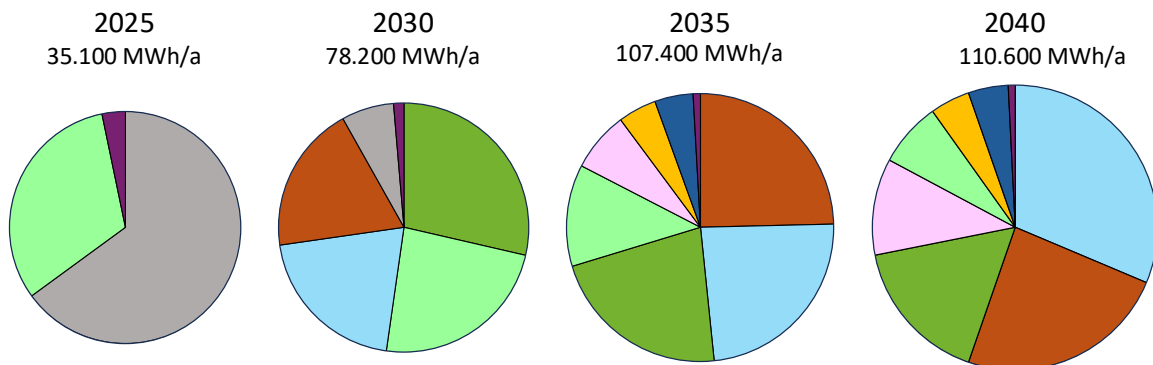


Abbildung 78: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen für das Jahr 2040 Szenario 1

#### 10.5.4 Entwicklung Fernwärme

In diesem Szenario wird ein deutlicher Ausbau der Fernwärmeerzeugung von derzeit rund 35.000 MWh auf 111.000 MWh pro Jahr bis 2040 angenommen. In diesem Szenario erfolgt der Zuwachs ausschließlich aufgrund des Ausbaus des bestehenden Wärmenetzes sowie des Netzes Süd. Der Bau neuer Inselnetze wird in Szenario 1 nicht betrachtet. Das betrachtete Fokusgebiet Niederndorf trägt mit einem Anteil von etwas weniger als 3 Prozent zur gesamten Fernwärmebereitstellung im Jahr 2040 bei. Der signifikante Ausbau der Fernwärme wird bis 2035 erwartet, da durch die in den beiden Transformationsplänen vorgegebenen Zeitpläne ein baldiger Start des Ausbaus angesetzt ist.

Die Angaben der Herzo Werke GmbH zum Ausbau des bestehenden Netzes und des Netzes Süd sowie die Ergebnisse des Fokusgebiets Niederndorfs werden in diesem Szenario übernommen. Die Verteilung der über die Transformationspläne und das Fokusgebiet hinaus eingesetzten Energieträger im Zieljahr 2040 wird auf Basis der lokal verfügbaren Potenziale abgeschätzt. Im Jahr 2040 stellen Fluss- und Erdwärme mit einem Anteil von 31 Prozent und 24 Prozent die Hauptenergieträger im Wärmenetz dar. Der verbleibende Energiebedarf wird durch eine vielfältige Erzeugerstruktur aus fester Biomasse, Luft-Wärmepumpen, grünen Gasen, Abwasser, Solarthermie und Abwärme gedeckt.



		Fernwärme [MWh/a]			
Energieträger	Jahr	2025	2030	2035	2040
Erdgas		65%	7%	-	-
Feste Biomasse		-	29%	22%	17%
Grüne Gase		32%	24%	12%	7%
Luft-Wärmepumpe		-	-	7%	11%
Abwasser		-	-	5%	5%
Abwärme		3%	1%	1%	1%
Sole-Wärmepumpe		-	19%	25%	24%
Solarthermie		-	-	4%	4%
Flusswasser		-	20%	24%	31%

Abbildung 79: Entwicklung Fernwärme Szenario 1

### 10.5.5 Gegenüberstellung Zielszenario und Potenzialanalyse

Um darzustellen, welche Energieträger im Jahr 2040 weiterhin nach Herzogenaurach importiert werden müssen, vergleicht Tabelle 37 den prognostizierten Verbrauch mit dem jeweils verfügbaren lokalen Potenzial. Anders als in der vorhergehenden Potenzialanalyse wird hier das gesamte Potenzial herangezogen, nicht nur das noch ungenutzte ("übrige") Potenzial. Zusätzlich wird der Deckungsanteil berechnet – also das Verhältnis von Verbrauch zu lokalem Potenzial. Werte über 100 Prozent weisen darauf hin, dass der Energiebedarf die lokal verfügbaren Potenziale übersteigt und somit Importe erforderlich sind. Da heute nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, welche Energieträger 2040 tatsächlich zum Einsatz kommen, dient diese Gegenüberstellung vor allem als Orientierungshilfe. Sie soll verdeutlichen, welche lokalen Potenziale in welcher Größenordnung zur Verfügung stehen und wo strukturelle Engpässe und Abhängigkeiten entstehen könnten.

Tabelle 37: Gegenüberstellung Verbrauch 2040 und lokales Potenzial Szenario 1

Energieträger	Verbrauch 2040 [MWh/a]	Potenzial [MWh/a]	Anteil [%]
Feste Biomasse (mit Klärschlamm)	43.300	49.700	87 %
Umweltwärme	108.900	360.000	30 %
Solarthermie	10.200	43.800	23 %
Industrielle Abwärme und Abwasser	5.900	18.900	31 %
Strom (Wärmeerzeugung)	37.900	270.400	14 %

Wasserstoff kann entweder lokal erzeugt oder ab 2035 über das Kernnetz bezogen werden.

Die Gegenüberstellung zeigt, dass sich der Verbrauch 2040 im Rahmen der in Tabelle 37 aufgeführten Potenziale bewegt. Dabei zeigt sich: Nur 14 Prozent des verfügbaren

Strompotenzials – aus PV (Aufdach und Freifläche), Windenergie und Biogasanlagen – werden benötigt, um die im Szenario angenommenen Wärmepumpensysteme (mit den Quellen Luft, Geothermie und Wasser) zu betreiben. Dafür benötigt es allerdings einen starken Ausbau von PV-Anlagen, vor allem auf Freiflächen.

Es sei betont, dass es sich hierbei um eine bilanzielle Betrachtung handelt. Aspekte wie zeitliche Verfügbarkeit und tatsächliche Nutzbarkeit der Energiequellen bleiben unberücksichtigt und müssen vor allem bei der strombasierten Wärmeversorgung bei einer realen Auslegung betrachtet werden.

Um die Abhängigkeit von externen Energiequellen zu reduzieren und lokale Potenziale effizienter zu nutzen, bietet sich eine Zwischenspeicherung überschüssigen Stroms an. Dieser könnte zu Zeiten geringer Erzeugung wieder zur Verfügung gestellt oder alternativ in Grüne Gase umgewandelt werden.

## 10.6 Szenario 2

Die Annahmen zur Sanierungsquote bleiben im zweiten Szenario gegenüber Szenario 1 weitgehend unverändert. Im Unterschied dazu wird in Szenario 2 jedoch von folgenden spezifischen Rahmenbedingungen ausgegangen:

1. Ausbau Fernwärme-Bestandsnetz und Netz Süd nach Plänen der Herzo Werke GmbH
2. Umsetzung des Fokusgebiets Niederndorf, eines Inselnetzes in Niederndorf nahe der Kläranlage sowie Ausweitung des Bestandsnetzes auf die Altstadt
3. Sanierungsquote 1,5 Prozent
4. Wasserstoff steht erst ab 2040 in eingeschränkter Verfügbarkeit und zu höheren Preisen zur Verfügung, so dass er nur bei Unternehmen mit hohem Prozesswärmebedarf sowie zur Spitzenlast in den Wärmenetzen eingesetzt wird.

Der Ausbau des bestehenden Wärmenetzes und des Wärmenetzes Süd sowie deren Energieträgerverteilung bis 2040 gemäß der Transformationspläne der Herzo Werke GmbH wird auch hier angenommen. Ebenso werden die weiteren durch die Herzo Werke GmbH übermittelten Ausbaugebiete berücksichtigt und das Fokusgebiet Niederndorf wie beschrieben umgesetzt. Darüber hinaus werden bei diesem Szenario auch die Innenstadt und die Gebiete um die Kläranlage in der Rechnung als Wärmenetz betrachtet. Da es für die Umsetzung jedoch erst weiterer Studien bedarf, wurden diese beiden Gebiete in der Karte als Prüfgebiete eingezeichnet. Auch hier wird eine Sanierungsquote von 1,5 Prozent angenommen (s. Abbildung 69). Auf diese Weise wird ein alternatives Entwicklungsszenario für die zukünftige Wärmeversorgung in Herzogenaurach skizziert.

### 10.6.1 Wärmeversorgungsgebiete 2040

Wie auch Szenario 1 basiert Szenario 2 auf folgenden Daten: Analyse zur Wärme- und Wasserstoffnetzeignung und der Eignung für eine dezentrale Wärmeversorgung, Transformationspläne und die darüberhinausgehenden Ausbaupläne des bestehenden Wärmenetzes sowie des Netzes Süd; die Ergebnisse aus den Fokusgebieten. In Abbildung 80 wird ein zweites mögliches Wärmeversorgungsszenario für die Stadt Herzogenaurach im Zieljahr 2040 dargestellt. Die Zwischenjahre 2030 und 2035 sind ebenfalls dargestellt. Die Betrachtung erfolgt auch hier auf Baublockebene nach der mehrheitlich vorliegenden Versorgungsform, weswegen die Gebietseinteilung von den tatsächlichen Ausbaugebieten abweichen kann.

In Blau dargestellt sind Gebiete, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit dezentral mit Wärme versorgt werden. Wie bereits beschrieben, kann trotzdem eine leitungsgebundene Wärmeversorgung v.a. in Form von kalter Nahwärme oder Gebäudenetzen nicht ausgeschlossen werden. Die abhängig vom geplanten Zieljahr in verschiedenen Rot dargestellten voraussichtlichen geplanten Wärmenetzgebiete sind deckungsgleich mit Szenario 1. Der große Unterschied der Szenarien liegt auf der Annahme der begrenzten Verfügbarkeit von Wasserstoff, so dass nur ein Industrieblöck in Szenario 2 mit Wasserstoff versorgt werden soll, wobei davon ausgegangen wird, dass ein Teil der Wärme dezentral mittels Wärmepumpen erzeugt wird und der Rest mit Wasserstoff. Ansonsten kommen Grüne Gase nur für die Spitzenlast in der Fernwärme vor. Entsprechend mehr Gebiete dezentraler Versorgung sind vorgesehen. Die Innenstadt soll in diesem Szenario auf den Anschluss ans bestehende Wärmenetz geprüft werden, da eine dezentrale Versorgung teils aus Platzgründen problematisch ist. Weiterhin soll ein Inselnetz in den südlich der Mittleren Aurach gelegenen Baublöcken nahe der Kläranlage geprüft werden. Dieses könnte mittels der Abwärme der Kläranlage versorgt werden. In Pink sind Gebiete des Bestandsnetzes in der Kernstadt aufgezeigt, in Violett das Bestands-Inselnetz in Zweifelsheim.

Es ist zu sehen, dass vor allem bis zum Jahr 2030 aber auch in den Jahren 2035 und 2040 ein großflächiger Ausbau des Wärmenetzes stattfinden soll. Für die weiteren Rechnungen wird davon ausgegangen, dass die beiden Prüfgebiete Innenstadt und Kläranlage im Jahr 2040 mittels Wärmenetz versorgt werden. Weite Teile der Kernstadt einschließlich Niederndorf sowie die außenliegenden Ortsteile sind für eine Dezentrale Versorgung eingestuft.

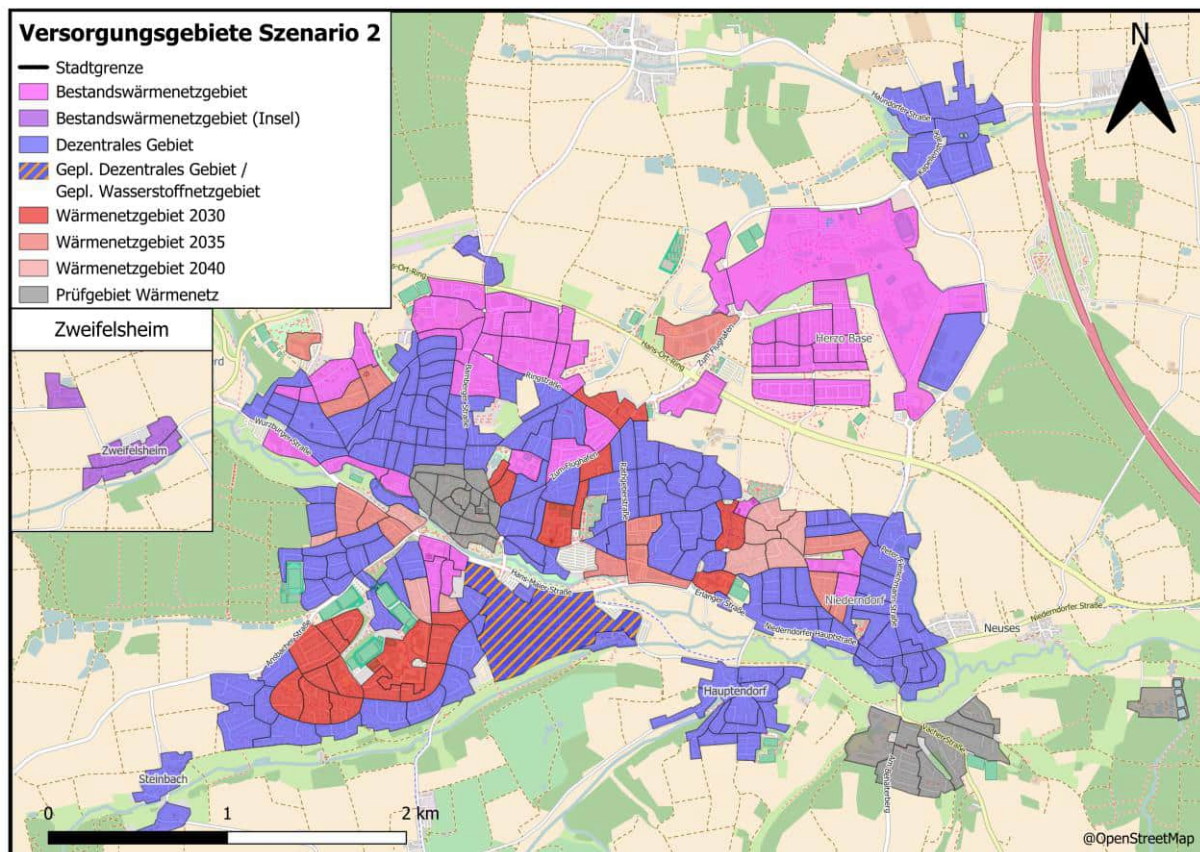


Abbildung 80: Wärmeversorgungsgebiete 2040 für das Zielszenario 2

## 10.6.2 Wärmeverbrauch und Energieträgerverteilung bis 2040

Im Folgenden wird der Wärmeverbrauch aufgeteilt nach Energieträger und Verbrauchergruppen bis zum Zieljahr 2040 aufgezeigt.

### Wohnen & Kleinverbraucher

Verglichen mit Szenario 1 spielen Fernwärme und Wärmepumpen eine größere Rolle, da hier kein Heizen mit Wasserstoff möglich ist. Der Anteil der Fernwärme am Endenergieverbrauch im Jahr 2040 liegt bei 49 Prozent statt 40 Prozent, der von Wärmepumpen bei 34 Prozent statt 18 Prozent. Die Annahmen für feste Biomasse und Solarthermie bleiben in beiden Szenarien gleich, daher ändert sich der Wert nicht. Abbildung 81 zeigt dementsprechend die Energieträgerverteilung graphisch auf.

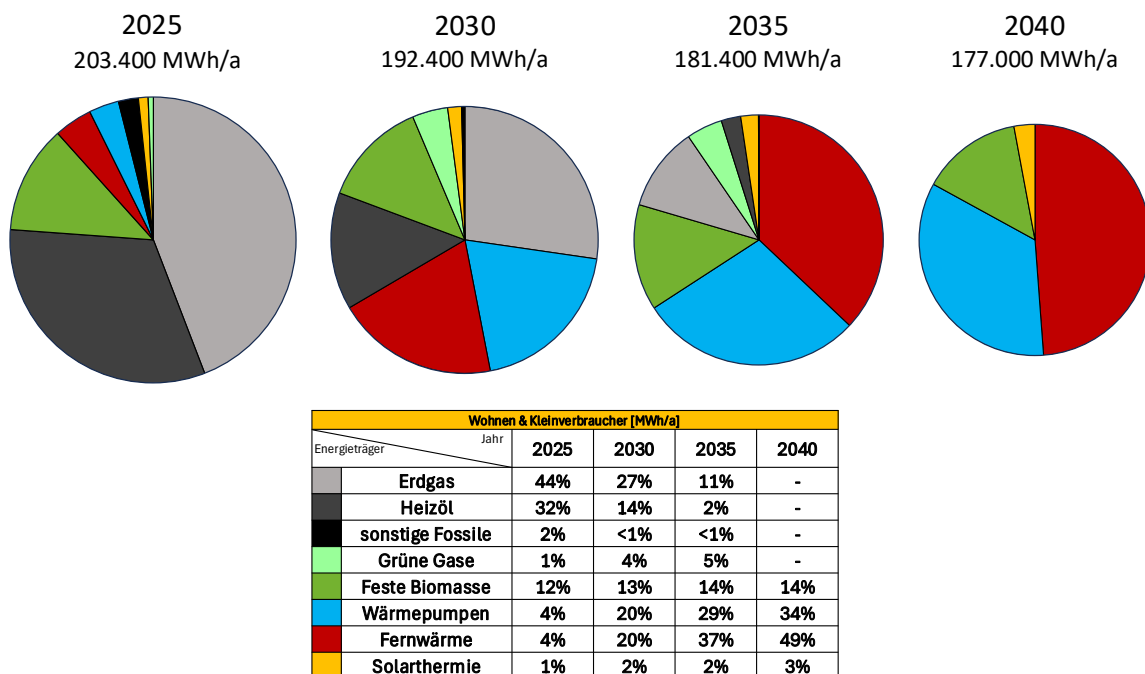


Abbildung 81: Zielszenario der Energieträgerverteilung private Haushalte & Kleingewerbe Szenario 2

### Industrie & Großgewerbe

Dieses Szenario weist einen geringeren Anteil an Wasserstoff auf als Szenario 1. Nur ein Bau-block wird mit anteilig mit Wasserstoff versorgt. Dafür ist der Anteil an Wärmepumpen in Szenario 2 höher.

Aus Datenschutzgründen wird die Grafik mit den Wärmebedarfen und verwendeten Energieträgern nicht veröffentlicht, sie liegt jedoch der Kommune vor.

## Öffentliche Einrichtungen

In diesem Szenario werden mehr öffentliche Einrichtungen mit Fernwärme versorgt als in Szenario 1 (72 Prozent statt 58 Prozent). Der Wärmepumpenanteil liegt bei 6 Prozent statt 1 Prozent. Wasserstoff kommt bei dieser Verbrauchergruppe nicht zum Einsatz. Bei den ausgewiesenen grünen Gasen handelt es sich um Klärgas.

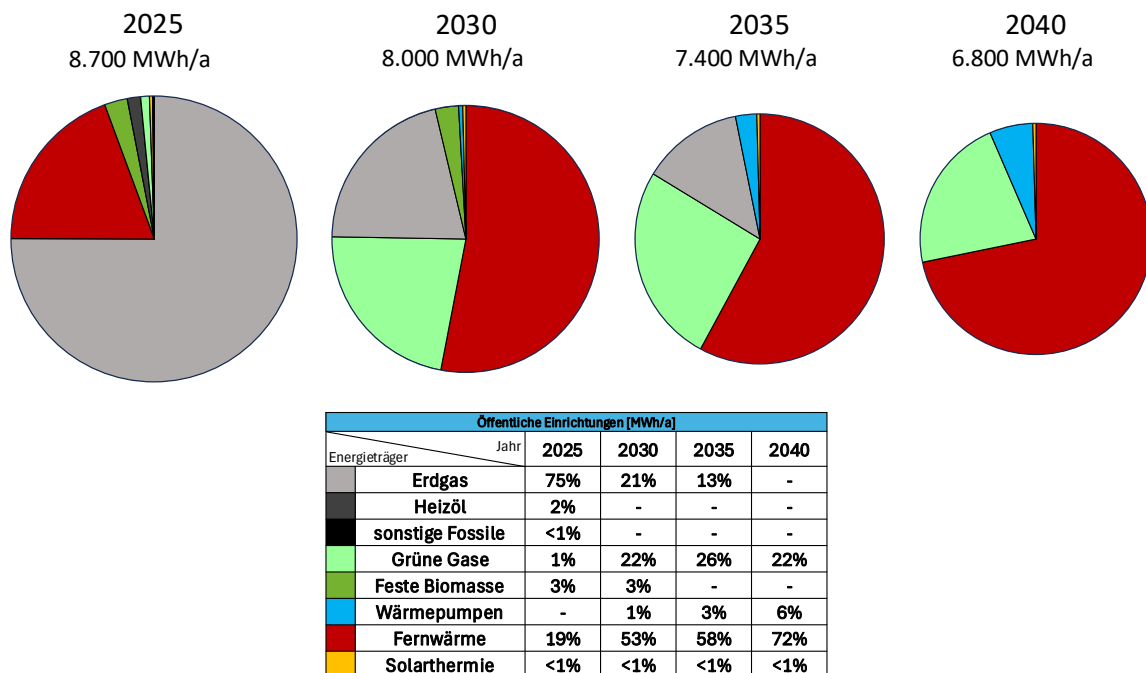


Abbildung 82: Zielszenario der Energieträgerverteilung Öffentliche Einrichtungen Szenario 2

### 10.6.3 Energie- und Treibhausgasbilanz 2040

Analog zum ersten Szenario wird auch in diesem Fall eine Treibhausgasbilanz erstellt, die in Abbildung 83 dargestellt ist. Im Jahr 2030 weisen die Szenarien nur geringe Unterschiede auf. Im Vergleich zu Szenario 1, wo 2035 Erdgas vollständig durch Wasserstoff abgelöst wird und die Emissionen zu diesem Zeitpunkt stark absinken, nehmen die Emissionen in Szenario 2 kontinuierlicher ab. Im Zieljahr 2040 liegt Szenario 2 mit 4.800 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten knapp 8 Prozent unter Szenario 1.

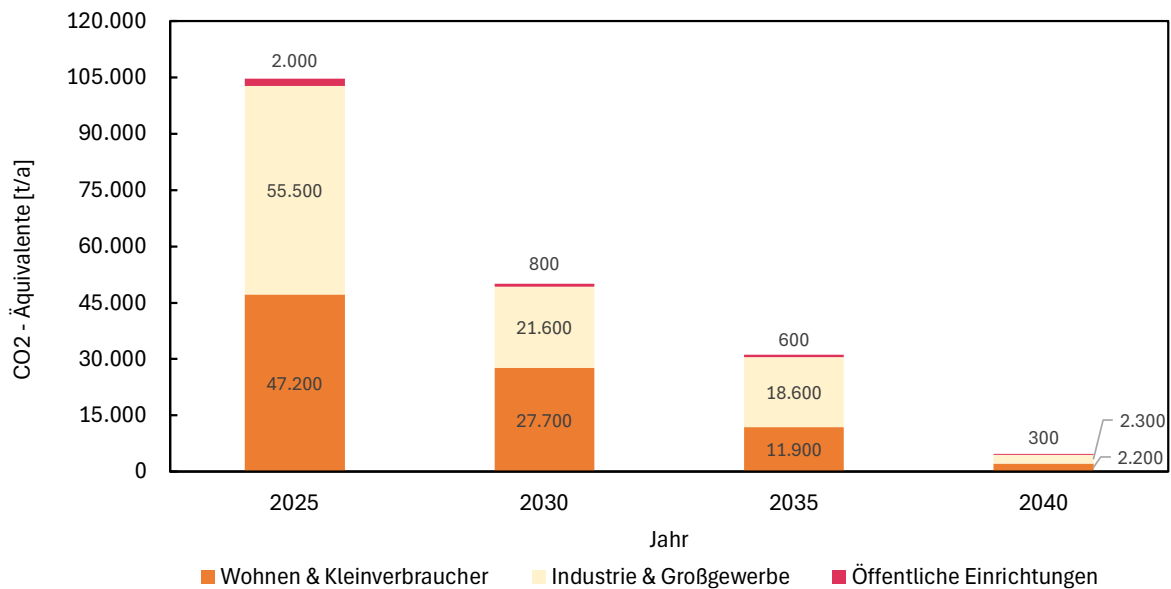


Abbildung 83: Treibhausgasbilanz der Sektoren bis zum Jahr 2040 Szenario 2

In diesem Szenario stellt Fernwärme den höchsten Anteil am Wärmeverbrauch dar, gefolgt von Wärmepumpen.

Aus Datenschutzgründen wird die Grafik mit den verwendeten Energieträgern nicht veröffentlicht, sie liegt jedoch der Kommune vor.

## 10.6.4 Entwicklung Fernwärme

In diesem Szenario wird ein stärkerer Ausbau der Fernwärmeerzeugung als in Szenario 1 angenommen. Es findet eine Zunahme von derzeit rund 35.000 MWh auf 127.000 MWh pro Jahr bis 2040 statt. Der Zuwachs erfolgt aufgrund des Ausbaus des bestehenden Wärmenetzes sowie des Netzes Süd mit Anschluss der Innenstadt. Darüber hinaus wird der Bau eines Inselnetzes nahe der Kläranlage angenommen, das die Abwärme aus dem Auslauf der Kläranlage nutzt. Das betrachtete Fokusgebiet Niederndorf trägt mit einem Anteil von etwas mehr als 2 Prozent zur gesamten Fernwärmebereitstellung im Jahr 2040 bei. Der Ausbau der Fernwärme wird relativ konstant bis 2040 erwartet.

Die Angaben der Herzo Werke GmbH zum Ausbau des bestehenden Netzes und des Netzes Süd sowie die Ergebnisse des Fokusgebiets Niederndorfs werden auch in diesem Szenario übernommen. Die Verteilung der über die Transformationspläne und das Fokusgebiet hinaus eingesetzten Energieträger im Zieljahr 2040 wird auf Basis der lokal verfügbaren Potenziale abgeschätzt. Im Jahr 2040 stellen Fluss- und Erdwärme mit einem Anteil von 27 Prozent und 21 Prozent die Hauptenergieträger im Wärmenetz dar. Der verbleibende Energiebedarf wird durch eine vielfältige Erzeugerstruktur aus Luft-Wärmepumpen, fester Biomasse, grünen Gasen, Abwasser (aus dem Kanalnetz), Solarthermie und Abwärme (z.B. aus der Kläranlage) gedeckt.

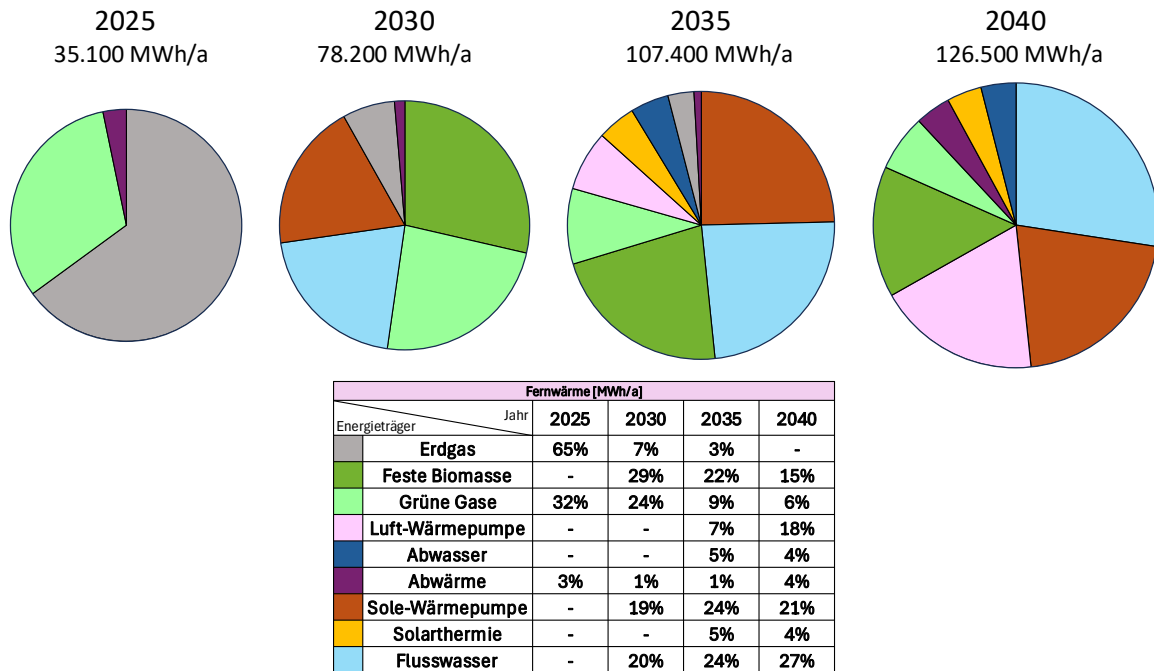


Abbildung 84: Ausbau Fernwärme Szenario 2

## 10.6.5 Gegenüberstellung Zielszenario und Potenzialanalyse

Analog zum ersten Szenario werden die Verbräuche im Jahr 2040 mit den lokal verfügbaren Potenzialen in Tabelle 37 gegenübergestellt.

Tabelle 38: Gegenüberstellung Verbrauch 2040 und lokales Potenzial Szenario 2

Energieträger	Verbrauch 2040 [MWh/a]	Potenzial [MWh/a]	Anteil [%]
Feste Biomasse (mit Klärschlamm)	43.800	49.700	88 %
Umweltwärme	170.200	360.000	47 %
Solarthermie	10.200	43.800	23 %
Industrielle Abwärme und Abwasser	10.100	18.900	53 %
Strom (Wärmeerzeugung)	58.300	270.400	22 %

Wasserstoff kann entweder lokal erzeugt oder ab 2040 über das Kernnetz bezogen werden.

Die Gegenüberstellung zeigt, dass sich der Verbrauch 2040 im Rahmen der in Tabelle 38 aufgeführten Potenziale bewegt. In Szenario 2 werden 22 Prozent des verfügbaren Strompotenzials – aus PV (Aufdach und Freifläche), Windenergie und Biogasanlagen – benötigt, um die im Szenario angenommenen Wärmepumpensysteme (mit den Quellen Luft, Geothermie und Wasser) zu betreiben. Dafür benötigt es allerdings einen starken Ausbau von PV-Anlagen, vor allem auf Freiflächen. Auch hier handelt es sich um eine bilanzielle Betrachtung.

Um die Abhängigkeit von externen Energiequellen zu reduzieren und lokale Potenziale effizienter zu nutzen, bietet sich auch in diesem Szenario eine Zwischenspeicherung überschüssigen Stroms an, der zu Zeiten geringer Erzeugung wieder zur Verfügung gestellt oder in Grüne Gase umgewandelt werden.

## 10.7 Vergleich der Szenarien und Bestimmung des Zielszenarios

Abhängig von der Entwicklung der Verfügbarkeit des Energieträgers Wasserstoff stehen der Stadt zwei Entwicklungspfade zur Verfügung. Auf Entscheidung der Stadt und des Energieversorgers Herzo Werke GmbH soll Szenario 1 als Zielszenario dienen. Sollte sich in den nächsten Jahren nicht die dort prognostizierte Entwicklung des Energieträgers Wasserstoffs einstellen, kann auf Szenario 2 zurückgegriffen werden. Der Hauptteil des Fernwärmeausbaus (abgesehen von Innenstadt und Kläranlage) erfolgt in beiden Szenarien im gleichen Umfang.

## 10.8 Entwicklung Erdgasnetz

Im Rahmen der Akteursbeteiligung wurden detaillierte Gespräche mit dem in Herzogenaurach tätigen Gasnetzbetreiber, der Herzo Werke GmbH, geführt. Ziel war es, insbesondere zu den Entwicklungen im Bereich Erdgas und zur Zukunft des Gasnetzes Stellungnahmen einzuholen und die Einschätzungen des Netzbetreibers zu den erarbeiteten Zielszenarien zu berücksichtigen. Die Stellungnahme der Herzo Werke GmbH wurde bereits im vorangegangenen Kapitel vollständig abgebildet. Die wichtigsten Punkte werden hier noch einmal aufgeführt.

### Entwicklung Gasnetz und Energieträger Biomethan

Die Herzo Werke GmbH geht davon aus, dass weite Teile des Gasnetzes bestehen bleiben und nach Anschluss an das Wasserstoff-Kernnetz auf Wasserstoff umgestellt werden (s. Szenario 1). Ab dem Jahr 2029 sollen mit dem Gebäudeenergiegesetz konforme Tarife mit erneuerbarem Gasanteil von 15 Prozent und ab 2035 von 30 Prozent angeboten werden. 2040 soll dieser Anteil entweder weiter erhöht oder das Netz vollständig umgestellt werden.

Aus diesem Grund liegen aktuell auch keine konkreten Stilllegungspläne vor. Diese hängen von der Entwicklung der Anzahl der Gaskunden im jeweiligen Gebiet ab. Während in Neubaugebieten für Wohnen kein weiterer Gasnetzausbau mehr geplant ist, wird bei neuen Gewerbegebieten bedarfsabhängig entschieden.

Die Entwicklung der Gasanschlüsse im Gebäudesektor in Herzogenaurach basiert auf Annahmen und Berechnungen auf Basis der aktuellen Situation und der künftig versorgten Gebiete und sind keine Angaben der Herzo Werke GmbH. Diese Abschätzung wird lediglich im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung verwendet. Eine konkrete räumliche Verteilung der Gasanschlüsse im Stadtgebiet für das Jahr 2040 lässt sich vor diesem Hintergrund nicht belastbar darstellen.

### Entwicklung Wasserstoff

Die Herzo Werke GmbH geht davon aus, dass in Herzogenaurach gemäß dem Ausbauplan der Open Grid Europe ab 2035 Wasserstoff zur Verfügung steht und das vorhandene Gasnetz mit kleineren Adaptionen vollständig auf Wasserstoff umgestellt werden kann. Die Herzo Werke GmbH geht weiter davon aus, dass durch eine deutliche Steigung der Stromnetzentgelte Wasserstoff eine wirtschaftliche Alternative darstellen wird. Zur Kostensenkung und zum

Ausgleich saisonaler Schwankungen von erneuerbaren Energieanlagen kann Wasserstoff mittels erneuerbaren Stroms vor Ort erzeugt werden.

## 10.9 Ausblick Strom

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung hat der in Herzogenaurach ansässige Stromnetzbetreiber, die Herzo Werke GmbH, Angaben zum Stromnetz abgegeben.

Engpässe im Mittelspannungsbereich sind der Herzo Werke GmbH zufolge nicht zu erwarten. Um Überlastungen im Niederspannungsnetz zu erkennen, wurde damit begonnen, Trafostationen zu intelligenten Ortsnetzstationen umzurüsten. Auf Basis der Messdaten können Ausbaumaßnahmen geplant werden.

Die Herzo Werke GmbH rechnet insgesamt mit deutlich steigenden Netzentgelten und damit Stromkosten als Folge des Netzausbaus.

## 10.10 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beispielhafter dezentraler Versorgungsfälle

Zur konkreten Betrachtung dezentraler Versorgungsfälle und zur differenzierteren Kostenentwicklung werden für den Heizungstausch in einem Referenzgebäude drei verschiedene Technologievarianten untersucht. Für das Referenzgebäude wird die mittlere Leistung der Gasheizungen in der Stadt Herzogenaurach von 18 kW angesetzt. Ausgegangen wird von einem Haus mit einer Wohneinheit und Radiator-Heizkörpern.

Als mögliche Heizungssysteme werden eine Luftwärmepumpe, eine Sole-Wasserwärmepumpe mit einem Erdwärmekollektor bzw. mit Erdsonde sowie eine Pelletheizung betrachtet, für die jeweils eine Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 [53] durchgeführt wird. Die Investition umfasst neben der Heizungsanlage auch die notwendige Peripherie (wie z.B. Pufferspeicher, Pumpen etc.), Komponenten wie Pellet-Lager oder Erdwärmekollektoren und Installation.

Für die Berechnung wird eine Laufzeit von 20 Jahren und ein Kapitalzinssatz von 3 Prozent hinterlegt. Die Betriebskosten stammen aus dem Technikkatalog des Bundes [23], für die Kosten für Strom und Pellets werden aktuelle Marktpreise (Neukunden) angesetzt [63] [64]. Für den Energieträger Strom wird wie bei den Investitionskosten ein konstanter Preis angenommen. Aufgrund des zukünftig erhöhten Angebots erneuerbarer Energien mit verringerten Gestehungskosten, soll hier nicht von zunehmenden Kosten ausgegangen werden. Bei den Pellets ist aufgrund der steigenden Nachfrage bei gleichbleibendem Potenzial eine Preissteigerung von 1 Prozent angesetzt. Für die Steigerung der Betriebskosten wird der Wert der Inflationsrate aus dem Technikkatalog des Bundes von einem Prozent angesetzt. Der jährliche Wärmeverbrauch wird aus dem Produkt der installierten Leistung und den jährlichen Vollbenutzungsstunden von 1.500 berechnet. Bei der Pelletheizung muss der Wert noch durch den Wirkungsgrad des Kessels dividiert werden, was zu einer größeren Wärmemenge führt als bei den anderen drei Varianten. Der Strombedarf der Wärmepumpen wird mittels der im Technikkatalog des Bundes angegebenen oder aus Erfahrungswerten abgeleiteten Jahresarbeitszahl ermittelt. Hierbei wird auf den Wert von 2030 zurückgegriffen, da der Großteil der Heizungstausche zwischen 2030 und 2040 stattfinden wird. Es wird stets der Mittelwert der angegebenen Wertspanne verwendet („Altbau saniert“). Damit ergibt sich für die Luft-Wärmepumpe eine

Jahresarbeitszahl von 3,12 und für die Sole-Wärmepumpe Werte von 3,96 (Kollektor) und 4,5 (Sonde). Ebenfalls berücksichtigt werden muss die unterschiedliche Nutzungsdauer der einzelnen Komponenten (ebenfalls aus dem Technikkatalog des Bundes entnommen), die im Falle der Luft-Wärmepumpe 18 Jahre, der Sole-Wärmepumpe sowie des Pelletkessels 20 Jahre und des Kollektors 50 Jahre beträgt. Für das Pellet-Lager werden ebenfalls 20 Jahre angenommen.

Für den Austausch von Heizungsanlagen kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude in Anspruch genommen werden [60]. Der Grundfördersatz für den Einbau neuer Heizungen in Bestandsgebäuden auf Basis erneuerbarer Energien beträgt derzeit 30 Prozent. Für die Erdwärmepumpenvariante kann zusätzlich der Effizienzbonus von 5 Prozent in Anspruch genommen werden, der für Wärmepumpen gilt, die ihre Wärme aus dem Erdreich oder (Ab-)Wasser beziehen. Bei Biomasseheizungen kann unter Einhaltung eines Emissionsgrenzwerts für Staub ein zusätzlicher pauschaler Zuschlag von 2.500 Euro erfolgen. Nicht alle auf dem Markt befindlichen Heizungen erfüllen diese Bedingung, daher wird dieser Zuschuss im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Auch der Klimageschwindigkeitsbonus, der bis zu weitere 20 Prozent Förderung gewährleisten kann, wird nicht weiter betrachtet, da der Bonus nach 2028 jährlich abnimmt und hier kein konkretes Jahr für den Austausch festgelegt werden soll. Außerdem ist dieser Bonus nur für selbstnutzende Eigentümer anwendbar. Ebenso nicht eingerechnet wird der Einkommensbonus von 30 Prozent, der ebenfalls nur für selbstnutzende Eigentümer gilt und bei dem das zu versteuernde Haushaltseinkommen unter 40.000 Euro pro Jahr liegen muss. Die vorliegenden Fälle sollen eine möglichst breite Allgemeingültigkeit aufweisen, daher wird nur die Förderung betrachtet, die pauschal auf alle Häuser angewandt werden kann, unabhängig der konkreten Wohn- und Eigentumsverhältnisse. Es soll aber darauf hingewiesen werden, dass unter gegebenen Bedingungen erheblich höhere Fördersätze möglich sind. Insgesamt ist der Fördersatz auf 70 Prozent bei max. förderfähigen Ausgaben von 30.000 Euro pro Einfamilienhaus oder die erste Einheit in einem Mehrfamilienhaus begrenzt. Bei Mehrfamilienhäusern erhöhen sich die maximal förderfähigen Kosten mit jeder weiteren Wohneinheit, erst um je 15.000 Euro und ab der siebten Einheit um je 8.000 Euro. Bei den förderfähigen Kosten handelt es sich um Bruttokosten.

Die Förderung wird in der Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 2067 berücksichtigt. Da das Referenzgebäude über eine Wohneinheit verfügt, beträgt die maximal förderfähige Summe 30.000 Euro brutto. Bei der Erdwärmepumpe beträgt der Fördersatz maximal 35 Prozent, bei der Luftwärmepumpe und beim Pelletkessel 30 Prozent. Abschließend können aus den jährlichen Gesamtkosten und dem jährlichen Wärmeverbrauch spezifische Wärmegestehungskosten ermittelt werden, welche in Abbildung 85 dargestellt sind.

Die Luftwärmepumpe hat im Rahmen dieser Betrachtung mit 17,7 ct/kWh die niedrigsten Wärmegestehungskosten. Sole-Wärmepumpen mit Kollektor bzw. Sonde verzeichnen Wärmegestehungskosten von 21,2 bzw. 22,1 ct/kWh. Der Pelletkessel liegt dazwischen mit Wärmegestehungskosten von 21,4 ct/kWh.

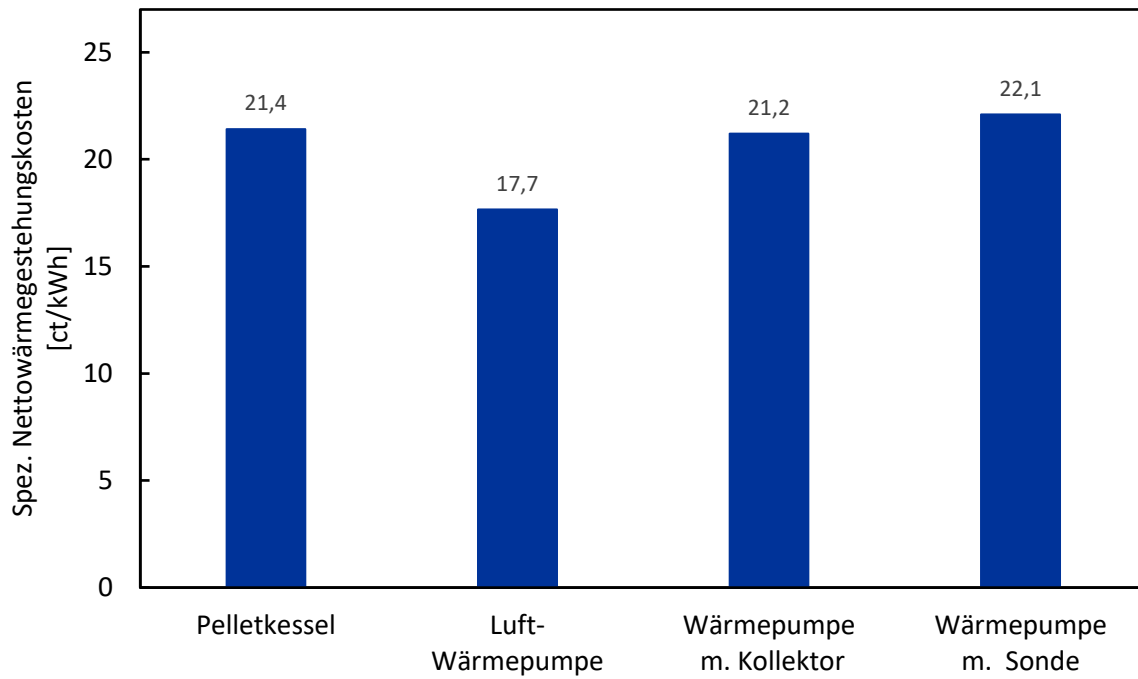


Abbildung 85: Vergleich Wärmegestehungskosten für verschiedene dezentrale Wärmeversorgungsvarianten

## 11 Umsetzungsstrategie und Maßnahmen

Um die beschriebenen Zielszenarien möglichst effizient und kostengünstig zu erreichen, müssen Maßnahmen in verschiedenen Bereichen ergriffen werden. Grundlage der Umsetzungsstrategie sind gemäß dem Leitfaden des Bundes [22] unter anderem folgende Kriterien:

### Einordnung der Maßnahmen in thematische Strategiefelder:

1. Potenzialerschließung, Flächensicherung und Ausbau erneuerbarer Energien (P)
2. Wärmenetzausbau und -transformation (W)
3. Sanierung, Modernisierung und Effizienzsteigerung in Industrie und Gebäuden (M)
4. Heizungsumstellung und Transformation der Wärmeversorgung in Gebäuden und Quartieren (H)
5. Strom- und Wasserstoffnetzausbau (N)
6. Verbrauchsverhalten und Suffizienz (V)

### Benennung von kommunalen Einflussmöglichkeiten (folgende Rollen sind möglich):

1. **Verbraucherin** (weitere Akteure meist nicht nötig)
2. **Versorgerin** (Aufbau geeigneter Wärmeversorgungsarten, künftige Wärmenetzbetreiber sind mit einzubeziehen)
3. **Reguliererin** (setzt Rahmenbedingungen; ermöglicht und verpflichtet durch Vorgaben)
4. **Motiviererin** (informiert und fördert andere Akteure)









Im Weiteren sind konkrete Maßnahmen ausgearbeitet, die zeitnah von der Stadt Herzogenaurach und den betroffenen Akteuren umgesetzt werden können und sollen. Für jede Maßnahme wird ein Projektsteckbrief erstellt.

Die Steckbriefe enthalten neben einer Kurzbeschreibung und dem Ziel der Maßnahme auch die betroffene Ziel- und Verbrauchergruppe. Die Maßnahmen werden außerdem nach ihrem Potential Energie und/ oder CO<sub>2</sub> einzusparen, nach ihrer Außenwirkung und ihrem finanziellen, zeitlichen und ressourcenmäßigen Aufwand bewertet. Ebenso werden ein Zeitplan, Kriterien zur Erfolgskontrolle und nächste Schritte festgelegt. In Tabelle 39 sind die geplanten Maßnahmen aufgelistet. Aufgrund ihrer zentralen Bedeutung für die Wärmeversorgung der Stadt Herzogenaurach werden zu priorisierende Maßnahmen markiert.

Die Einordnung der Maßnahmen, v.a. CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial sowie Energieeinsparung sind erste Schätzungen, welche von den tatsächlichen Auswirkungen der Maßnahme abweichen können. Diese Einteilung soll ein grobes Gefühl geben, welche Maßnahme in welchem Bereich Effekt haben kann.

Tabelle 39: Umsetzungsmaßnahmen Stadt Herzogenaurach

Kürzel	Maßnahme	Zeit-horizont	Bewertung	CO <sub>2</sub> -Minde-rungs-po-tenzial	Energie-einsparung /Effizienz-steigerung
<b>P1</b>	Messung von Volumenstrom und Temperaturen in Kanälen und Sammelbecken	Kurzfristig	€€ ⌚ ⌚ 📄	↑↑	-
<b>P2</b>	Aktive Suche und Anregung von PV-Anlagen für alle neuen und sanierten kommunalen Liegenschaften	Mittel-fristig	€ € € ⌚ ⌚ 📄 📄	↑↑	-
<b>P3</b>	Weiterentwicklung des Biogas- und Biomassepotenzials in ländlichen Ortsteilen zur Nahwärmeversorgung	Sofort	€ ⌚ ⌚ 📄 📄	↑↑	-
<b>W1 Prio</b>	Machbarkeitsstudie und Bau des Wärmenetzes Niederndorf	Kurzfristig	€ € ⌚ ⌚ ⌚ 📄 📄	↑↑↑	-
<b>W2</b>	Prüfung Fernwärmeanschluss der Kläranlage (Inselnetz)	Mittel-fristig	€ € ⌚ ⌚ 📄 📄	↑↑↑	-
<b>W3</b>	Verdichtung und Erweiterung des Bestandswärmenetzes	Mittel-fristig	€ € ⌚ 📄	↑↑↑	-
<b>M1 Prio</b>	Erstellung eines Sanierungs- und Energiesparkonzepts für kommunale Liegenschaften	Kurzfristig	€ € ⌚ ⌚ 📄 📄	↑↑	↑↑
<b>M2</b>	Sanierung von kommunalen Liegenschaften	Mittel-fristig	€ € € ⌚ ⌚ ⌚ 📄 📄	↑	↑↑
<b>H1</b>	Wärmepumpenspaziergang	Kurzfristig	€ ⌚ 📄	↑	-
<b>H2</b>	Auftakt-Informationsveranstaltung zur energetischen Gebäude-sanierung und Heizungstausch im dezentralen Wärmeversorgungsgebiet Hammerbach	Kurzfristig	€ ⌚ ⌚ 📄 📄 📄	↑↑	↑↑
<b>H3</b>	Einführung kommunales Energiemanagement nach ISO 50001	Mittel-fristig	€ ⌚ ⌚ 📄 📄 📄	↑↑	↑↑

Kürzel	Maßnahme	Zeit-horizont	Bewertung	CO <sub>2</sub> -Minde-rungs-po-tenzial	Energie-einsparung /Effizienz-steigerung
<b>N1</b> <b>Prio</b>	Monitoring des Stromnetzes und rechtzeitige Einleitung von Anpassungsmaßnahmen	Mittel-fristig	€ € €  	-	↑
<b>V1</b>	Information der Bürgerinnen und Bürger über Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften	Sofort	€  	-	-
<b>V2</b>	Interessensabfrage Wärmenetz-an-schluss im Fokusgebiet Niederndorf	Sofort	€  	-	-
<b>V3</b>	Wiederaufnahme des CO <sub>2</sub> -Minde-rungsprogramms	Mittel-fristig	€ € €  	↑	↑ ↑

Um die Bewertung zu systematisieren, wird eine Legende erarbeitet, in der für jede Kategorie jeweils drei Abstufungen getroffen werden.

Dabei wird bei konkreten Maßnahmen die Bedeutung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials und der Energieeinsparung auf die vollständige Durchführung des mit der Maßnahme verknüpften Projekts bezogen, auch wenn der erste in den Steckbriefen dargestellte Umsetzungsschritt selbst noch keinen oder nur wenig Effekt hat (z.B. Durchführung einer Machbarkeitsstudie). Energieeinsparung bezieht sich hier auf die tatsächliche Reduktion des Energieverbrauchs, eine Substitution des Brennstoffs wirkt sich also in dieser Darstellung zum Beispiel nur in Form des CO<sub>2</sub>-Minderungspotentials aus.

Bei finanziellem Aufwand, Dauer und Ressourcenaufwand wird nur der in der Maßnahme beschriebene, konkrete Projektschritt und der Aufwand, der seitens der Stadt Herzogenaurach erfolgt, betrachtet. Dabei bezieht sich der finanzielle Aufwand zum Beispiel auf Ausgaben für externe Dienstleister sowie Material. Kosten, die durch internen Personaleinsatz entstehen, sind der Kategorie Ressourcenaufwand zugeordnet.

Zeitlich werden die Maßnahmen nach Vorbild des Leitfadens Wärmeplanung des Bundes in vier Zeitschritte eingeteilt: sofort, kurzfristig, mittelfristig und langfristig. Dabei sind Sofort-Maßnahmen bestenfalls sofort anzustoßen, kurzfristige innerhalb des nächsten Jahres und mittelfristige innerhalb der nächsten zwei bis drei Jahre.

Maßnahmen, die den Faktor „Öffentlichkeitsarbeit“ beinhalten, tragen zur Information der Öffentlichkeit zum Thema Energie- und Klimaschutz bei. Maßnahmen, die in die Kategorie „Beratung“ fallen, klären die Bürgerinnen und Bürger zum Beispiel gezielt zu Themen der Energieeinsparung sowie alternative Erzeugungstechnologien auf.

Tabelle 40: Legende Maßnahmenkatalog

Symbol	Bedeutung	Quantitativ
↑	Wirkung: gering	< 100 t CO <sub>2</sub> / a
↑↑	Wirkung: mittel	> 100 t CO <sub>2</sub> / a und < 500 t CO <sub>2</sub> / a
↑↑↑	Wirkung: hoch	> 500 t CO <sub>2</sub> / a

Symbol	Bedeutung	Quantitativ
↑	gering	< 50 MWh/ a
↑↑	mittel	< 1.000 MWh/ a und > 50 MWh/ a
↑↑↑	hoch	> 1.000 MWh/ a

Symbol	Bedeutung	Quantitativ
€	niedrig	< 50.000 €
€€	mittel	> 50.000 € und < 200.000 €
€€€	hoch	> 200.000 €

Symbol	Bedeutung	Quantitativ
⌚	kurz	< 1 Jahr
⌚ ⌚	mittel	> 1 Jahr und < 3 Jahre
⌚ ⌚ ⌚	Lang	> 3 Jahre

Symbol	Bedeutung	Quantitativ
📄	gering	< 10 Personentage
📄📄	mittel	> 10 Personentage und < 50 Personentage
📄📄📄	hoch	> 50 Personentage

Im Folgenden ist exemplarisch der Maßnahmensteckbrief V1 abgebildet.

V1 Information der Bürgerinnen und Bürger über Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften	
<b>Projektdefinition</b>	<p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Im Zuge der Akteurs- und Öffentlichkeitsarbeit während der kommunalen Wärmeplanung haben sich einige engagierte und interessierte Bürgerinnen und Bürger der Stadt bezüglich der zukünftigen Wärmeversorgung gemeldet. Dieses Engagement soll weiterverfolgt werden.</p> <p>Erste Schritte können eine Informationsveranstaltung und Einrichtung einer entsprechenden Kategorie auf der städtischen Website über die Funktionsweise, Gründung und rechtliche Rahmenbedingungen sowie Vor- und Nachteile einer Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaft (aller Sektoren: Strom, Wärme und Mobilität) sein sowie eine Rubrik für FAQs im Themenbereich Klima und Energie.</p> <p>Darauf aufbauend kann die Stadt Herzogenaurach die potenzielle Gemeinschaft bei der Entwicklung eines Betreibermodells und der Umsetzung unterstützen.</p>
	<p><b>Ziel der Maßnahme</b></p> <p>Motivation zu eigenständigen Energiezusammen-schlüssen unter den Bürgerinnen und Bürgern</p>
	<p><b>Verantwortung und Kostenträger</b></p> <p>Stadt Herzogenaurach</p>
	<p><b>Ziel-/ Verbrauchergruppe</b></p> <p>private Haushalte</p>
	<p><b>Kommunale Einflussmöglichkeiten</b></p> <p>Motiviererin</p>
	<p><b>Getroffene Vereinbarungen</b></p> <p>-</p>
<b>Potenzial</b>	<p><b>CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial</b></p> <p>-</p>
	<p><b>Energieeinsparung/Effizienzsteigerung</b></p> <p>-</p>
<b>Außenwirkung</b>	<p><b>Öffentlichkeitsarbeit</b></p> <p>✓</p>
	<p><b>Beratung</b></p> <p>✓</p>

<b>Bewertung</b>	Finanziell	€
	Dauer der Umsetzung	🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄📄
	Förderprogramme	-
<b>Umsetzung</b>	Zeitplan	Sofort
	Maßnahme abgeschlossen bis	Ende 2026
	Monitoring/Erfolgskontrolle	Interesse der Bürgerinnen und Bürger, gegründete Genossenschaften
	Nächste Schritte	Planung der Informationsveranstaltung

## 12 Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, „Die freie Heizungswahl kommt – Eckpunkte des Gebäudemodernisierungsgesetzes,“ 25 02 2026. [Online]. Available: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Expose/Energie/gebaeudemodernisierungsgesetz.html>. [Zugriff am 09 03 2026].
- [2] S. Herzogenaurach, „Herzogenaurach in Zahlen,“ 2026. [Online]. Available: <https://www.herzogenaurach.de/rathaus/zahlen-und-fakten>. [Zugriff am 23 Juli 2025].
- [3] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, „Kurzgutachten. Eignungsprüfung für die Kommunale Wärmeplanung. Herzogenaurach,“ München, 2025.
- [4] Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, „Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden,“ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 2020.
- [5] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, „Novelle des Gebäudeenergiegesetzes auf einen Blick (GEG),“ 07 09 2023. [Online]. Available: [https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichen/ungen/geg-auf-einen-Blick.pdf?\\_\\_blob=publication-File&v=3](https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichen/ungen/geg-auf-einen-Blick.pdf?__blob=publication-File&v=3). [Zugriff am 05 09 2024].
- [6] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, „Gebäudeenergiegesetz (GEG),“ [Online]. Available: <https://www.bmwsb.bund.de/DE/bauen/innovation-klimaschutz/gebäudeenergiegesetz/GEG-Top-Thema-Artikel.html>. [Zugriff am 08 2025].
- [7] Bayrisches Landesamt für Umwelt, „UmweltAtlas,“ <https://www.umweltatlas.bayern.de/>, 2025.
- [8] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, „Energie-Atlas Bayern,“ 2025. [Online]. Available: <https://www.energieatlas.bayern.de/>. [Zugriff am 01 2026].
- [9] eta Energieberatung GmbH, „ERGEBNISBERICHT: Brennstoffpotenzial - Biomasse-HKW Herzogenaurach,“ 04.2023.
- [10] Bayrisches Landesamt für Statistik, „Statistik Kommunal 2022. Stadt Herzogenaurach,“ Februar 2023. [Online]. Available: [https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/statistik\\_kommunal/2022/09572132.pdf](https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/statistik_kommunal/2022/09572132.pdf). [Zugriff am 31 07 2025].

- [11] Bayrisches Staatsministerium der Finanzen und für Heimat, „BayernAtlas,“ 2024. [Online]. Available: <https://geoportal.bayern.de/bayernatlas/>. [Zugriff am 19 November 2024].
- [12] Bundesnetzagentur, „Marktsammdatenregister,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>. [Zugriff am 05 06 2024].
- [13] C. Märtel, „Heizungsfinder,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.heizungsfinder.de/bhkw/wirtschaftlichkeit/jahresdauerlinie>. [Zugriff am 29 11 2024].
- [14] K. Friedrich, D. Niermann, I. F., P. Bissolli, J. Daßler, V. Zins, H. S. und M. Ziese, „Deutscher Wetterdienst. Klimatologischer Rückblick auf 2023: Das bisher Wärmeste Jahr in Deutschland,“ 2024. [Online]. Available: [https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20240201\\_klimarueckblick-2023.pdf;jsessionid=F9E801852A692BA4A87E7AFF236A938F.live11042?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20240201_klimarueckblick-2023.pdf;jsessionid=F9E801852A692BA4A87E7AFF236A938F.live11042?__blob=publicationFile&v=6). [Zugriff am 02 12 2024].
- [15] Deutscher Wetterdienst, „Jahresmittel der Stationsmessungen der Lufttemperatur in 2 m Höhe in °C. Möhrendorf-Kleinseebach,“ 2025. [Online]. Available: <https://cdc.dwd.de/portal/>. [Zugriff am 26 08 2025].
- [16] eclareon GmbH, „Biomasseatlas,“ 2025. [Online]. Available: <https://www.biomasseatlas.de/>. [Zugriff am 07 2025].
- [17] D. Merten und D. Falkenberg, „Wärmegewinnung aus Biomasse,“ Leipzig, 2004.
- [18] Bayrisches Landesamt für Statistik, „Zensus 2022,“ Juli 2024. [Online]. Available: <https://www.zensus2022.bayern.de/>. [Zugriff am 25 08 2025].
- [19] BSW - Bundesverband Solarwirtschaft e.V., „Solaratlas,“ 2025. [Online]. Available: <https://www.solaratlas.de/index.php?id=1>. [Zugriff am 07 2025].
- [20] Bayerisches Landesamt für Statistik, „Pressemitteilung,“ 17 06 2021. [Online]. Available: <https://www.statistik.bayern.de/presse/mitteilungen/2021/pm154/index.html>. [Zugriff am 12 08 2023].
- [21] Institut für Energietechnik IfE GmbH, „Energienutzungsplan im Wärmesektor Stadt Herzogenaurach,“ Herzogenaurach, 2022.
- [22] ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Öko-Institut e.V., Universität Stuttgart, Becker Büttner Held, Prognos AG, Fraunhofer-Institut für System- und Energieforschung ISI, „Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche,“ im Auftrag: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz; Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen , Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin, 2024.

- [23] BMWK und BMWStB, „Technikkatalog Wärmeplanung V 1.1,“ Berlin, 2024.
- [24] Umweltbundesamt GmbH (Österreich), „Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger,“ 12 2023. [Online]. Available: <https://secure.umweltbundesamt.at/co2mon/co2mon.html>. [Zugriff am 07 02 2024].
- [25] Umweltbundesamt, „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger,“ Dessau-Roßlau, 2022.
- [26] Umweltbundesamt, „Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990-2024,“ Dessau-Roßlau, 2025.
- [27] Umweltbundesamt, „Ansatz zur Neubewertung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Holzverbrennung,“ 24 10 2024. [Online]. Available: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/factsheet\\_ansatz\\_zur\\_neubewertung\\_von\\_co2-emissionen\\_aus\\_der\\_holzverbrennung\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/factsheet_ansatz_zur_neubewertung_von_co2-emissionen_aus_der_holzverbrennung_0.pdf). [Zugriff am 13 10 2025].
- [28] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Detailinformationen zu Geodatendienst,“ [Online]. Available: [https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/pretty\\_downloaddienst.htm?dId=schutzgebiete](https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/pretty_downloaddienst.htm?dId=schutzgebiete). [Zugriff am 01 2024].
- [29] Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende, „Schutzgebiete und Erneuerbare Energien,“ 05 2022. [Online]. Available: <https://www.naturschutz-energiewende.de/fachwissen/veroeffentlichungen/uebersicht-schutzgebiete-und-erneuerbare-energien/>. [Zugriff am 04 2024].
- [30] Prognos AG, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, „Technikkatalog Wärmeplanung,“ im Auftrag: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz; Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin, 2024.
- [31] A. Herrmann und e. ak., „Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiebedarf von Gebäuden und den Ertrag erneuerbarer Energien,“ Graz, 2016.
- [32] „EUR-Lex. Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 zur Energieeffizienz und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/955 (Neufassung),“ 13 September 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L1791>. [Zugriff am 04 März 2026].
- [33] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Gewässerkundlicher Dienst Bayern,“ [Online]. Available: <https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/abfluss/bayern>. [Zugriff am 09 2025].

- [34] Energie PLUS Concept GmbH im Auftrag der Herzo Werke GmbH, „Transformationsplan zur Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW),“ Herzogenaurach, 2025.
- [35] Bayrisches Landesamt für Umwelt, „Wärmegewinnung aus Fließgewässern,“ Augsburg, 2025.
- [36] Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., „Wärmepumpen an Fließgewässern - Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern,“ München, 2024.
- [37] Aalborg CSP, „Solarthermieanlage, Dänemark,“ 04 2024. [Online]. Available: <https://www.aalborgcsp.de/projekte/fernwaerme/8-mwth-thermische-solaranlage-daenemark>. [Zugriff am 03 2024].
- [38] Bundesnetzagentur, „Rückblick: Gasversorgung im Jahr 2023,“ 2025. [Online]. Available: [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/a\\_Gasversorgung\\_2023/start.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/a_Gasversorgung_2023/start.html). [Zugriff am 10 09 2025].
- [39] Deutsche Energie-Agentur, „Wie entwickelt sich der Biomethanbedarf auf Basis des Gebäudeenergiegesetzes?,“ 01 2024. [Online]. Available: [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2024/Analyse\\_biogaspartner\\_Biomethanbedarf\\_Gebaeudeenergiegesetzes.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2024/Analyse_biogaspartner_Biomethanbedarf_Gebaeudeenergiegesetzes.pdf). [Zugriff am 09 10 2025].
- [40] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. , „Zukunftsbild Biomethan 2025-2045,“ 03 2025. [Online]. Available: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/zukunftsbild-biomethan-handlungsempfehlungen-dvgw.pdf>. [Zugriff am 10 09 2025].
- [41] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, „Untersuchung des Energieholzmarktes in Bayern,“ Freising, 2024.
- [42] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., „Biogas Basisdaten Deutschland,“ Gülzow, 2008.
- [43] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, „Kurzumtriebsplantagen - LWF - Wissen 70,“ [Online]. Available: <https://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/biomassennutzung/033642/index.php>. [Zugriff am 09 2025].
- [44] WWF Deutschland, „Alles aus Holz - Rohstoff der Zukunft oder kommende Krise. Ansätze zu einer ausgewogenen Bioökonomie.,“ Berlin, 2022.
- [45] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, „Holzeinschlag,“ [Online]. Available: <https://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/holzmarkt/051095/index.php>. [Zugriff am 08 2025].

- [46] Umweltbundesamt, „Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland“, Dessau-Roßlau, 2018.
- [47] R. & P. - K. Rösch, „Verwertung von Klärschlamm als Dekarbonisierungsalternative?“, *Kursbuch Stadtwerke - Informationen für Entscheider in der Energiewirtschaft*, p. 21, 01 Juni 2021.
- [48] FNB Gas e.V., „Wasserstoff Kernnetz“, 2024. [Online]. Available: <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/>. [Zugriff am 10 September 2024].
- [49] C.A.R.M.E.N. e.V., QM Holzheizwerke - Planungshandbuch, Straubing, 2022.
- [50] Energie Schweiz, Bundesamt für Energie BFE, Planungshandbuch Fernwärme, Ittigen, CH, 2021.
- [51] „Montessori Schule Herzogenaurach“, 2026. [Online]. Available: <https://monte-herzo.de/netzwerk-und-traegerverein/>. [Zugriff am 23 01 2026].
- [52] nPro Energy GmbH, „App - nPro Energy“, 2026. [Online]. Available: <https://www.npro.energy/main/de/>.
- [53] VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG), „VDI 2067 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 2012.
- [54] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesförderung Effiziente Wärmenetze. Modul 2: Antragstellung und Verwendungsnachweise“, 14 Februar 2023. [Online]. Available: [https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bew\\_merkblatt\\_antragstellung\\_m2.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bew_merkblatt_antragstellung_m2.pdf?__blob=publicationFile&v=2). [Zugriff am 04 April 2025].
- [55] A. M. U. G. H. K. A. Herrmann, „Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiebedarf von Gebäuden und den Ertrag erneuerbarer Energien“, in *14. Symposium Energieinnovation*, Graz, 2016.
- [56] Statista GmbH, „Entwicklung des Emissionsfaktors der Stromerzeugung in Deutschland und Frankreich im Zeitraum 2000 bis 2024“, 2025. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1421117/umfrage/emissionen-strom-deutschland-und-frankreich/>. [Zugriff am 01 2025].
- [57] Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, „Technikkatalog zur Kommunalen Wärmeplanung“, 01 2024. [Online]. Available: <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/kommunale-waermepfung/einfuehrung-in-den-technikkatalog>. [Zugriff am 09 04 2024].
- [58] Bundesverband Wärmepumpe e.V., „Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland von 2017 bis 2023“, 22 Januar 2024. [Online]. Available: <https://www.waermepumpe.de/presse/pressemitteilungen/details/rekordabsatz->

waerpumpenbranche-beweist-leistungsfahigkeit-trotz-unsicherer-aussichten/.  
[Zugriff am 12 Juni 2025].

- [59] co2online, „Aktueller Strompreis in Deutschland,“ Januar 2026. [Online]. Available: <https://www.co2online.de/energie-sparen/strom-sparen/strom-sparen-stromspartipps/strompreis/>. [Zugriff am 06 Februar 2026].
- [60] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Auf einen Blick: Die neue Förderung für den Heizungstausch,“ November 2024. [Online]. Available: [https://www.energiewechsel.de/KAENEFF/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=25](https://www.energiewechsel.de/KAENEFF/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?__blob=publicationFile&v=25). [Zugriff am 06 Februar 2026].
- [61] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Bundestag beschließt Energieeffizienzgesetz,“ 21 September 2023. [Online]. Available: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/09/20230921-bundestag-beschliesst-energieeffizienzgesetz.html>. [Zugriff am 04 März 2026].
- [62] Europäische Kommission, „ETS2: buildings, road transport and additional sectors,“ [Online]. Available: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/ets2-buildings-road-transport-and-additional-sectors\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/ets2-buildings-road-transport-and-additional-sectors_en). [Zugriff am 05 2025].
- [63] Carmen e.V., „Marktpreise Pellets. Preisentwicklung bei Holzpellets,“ 2026. [Online]. Available: <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-pellets/>. [Zugriff am 30 Januar 2026].
- [64] Wirtschaftswoche, „Strompreis aktuell. Das kostet die Kilowattstunde in Deutschland im Jahr 2025,“ Januar 2026. [Online]. Available: <https://www.wiwo.de/unternehmen/strompreis-aktuell-das-kostet-die-kilowattstunde-in-deutschland-im-jahr-2025/29558224.html>. [Zugriff am 26 Februar 2026].

## 13 Transparenz zu unterschiedlichen fachlichen Herangehensweisen und Einschätzungen im Planungsprozess

Im Rahmen der Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung für die Stadt Herzogenaurach wurden vielfältige Daten, Informationen, Einschätzungen und fachliche Hinweise unterschiedlicher Akteure einbezogen. Dies entspricht dem grundlegenden Charakter der Kommunalen Wärmeplanung als strategischem kommunalem Planungsinstrument, das auf einer breiten fachlichen Datengrundlage sowie auf der Beteiligung relevanter lokaler Akteure aufbaut.

Die Bearbeitung erfolgte durch zeitgeist engineering als unabhängigen Planungsdienstleister auf Grundlage der verfügbaren Daten und Informationen des Bundes, des Freistaates Bayern, der Stadt Herzogenaurach, der Herzo Werke GmbH sowie weiterer örtlicher Akteure und Unternehmen. Darüber hinaus wurden geltende Gesetze, Verordnungen, fachliche Leitfäden, methodische Grundlagen, Normen und einschlägige Fachstudien in die Bearbeitung einbezogen. Die im Bericht verwendeten Datengrundlagen, Quellen und Annahmen sind an den jeweiligen Stellen kenntlich gemacht.

Im Verlauf der Bearbeitung hat sich gezeigt, dass einzelne fachliche Fragestellungen nicht in allen Punkten einheitlich beurteilt werden können. Dies betrifft insbesondere Themenfelder, bei denen neben der Bestandsanalyse auch Annahmen zu künftigen technischen, wirtschaftlichen, regulatorischen und infrastrukturellen Entwicklungen erforderlich sind. Unterschiedliche Bewertungen ergeben sich in solchen Fällen regelmäßig nicht aus einer einzigen eindeutig vorgegebenen Betrachtungsweise, sondern aus unterschiedlichen methodischen Zugängen, Dateninterpretationen, Annahmen, Schwerpunktsetzungen oder Prognoseperspektiven.

Vor diesem Hintergrund ist es fachlich nachvollziehbar, dass im Planungsprozess zwischen zeitgeist engineering und einzelnen beteiligten Akteuren, insbesondere der Herzo Werke GmbH, in einzelnen Themenfeldern unterschiedliche Einschätzungen, Herangehensweisen und Interpretationen bestanden. Diese Unterschiede wurden im Rahmen des Bearbeitungsprozesses aufgenommen, geprüft und an den jeweiligen inhaltlich relevanten Stellen des Berichts transparent gemacht. Durch die Herzo Werke GmbH erarbeitete Studien oder Stellungnahmen wurden in den jeweiligen Kapiteln als solche kenntlich gemacht, sofern sie für die Einordnung des betreffenden Sachverhalts wesentlich waren.

Dieser Abschnitt dient daher der ergänzenden Transparenz. Er verfolgt nicht das Ziel, einzelne Sichtweisen als zutreffender oder weniger zutreffend einzuordnen. Vielmehr soll nachvollziehbar dargestellt werden, in welchen Themenbereichen im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung unterschiedliche fachliche Perspektiven bestanden und weshalb solche Unterschiede in einer strategischen Wärmeplanung grundsätzlich auftreten können.

Die Kommunale Wärmeplanung ist als langfristig ausgerichtete, strategische Fachplanung darauf angewiesen, heutige Datenlagen mit zukünftigen Entwicklungen zusammenzuführen. Hieraus ergibt sich zwangsläufig ein gewisser fachlicher Bewertungs- und Interpretationsspielraum. Dieser betrifft insbesondere die Einordnung von Potenzialen, die Einschätzung technologischer Entwicklungen, die Bewertung infrastruktureller Voraussetzungen, die Prognose wirtschaftlicher Rahmenbedingungen sowie die Wahl methodischer Ansätze für Vergleichs und Bewertungszwecke. Unterschiedliche Akteure können hierbei, auch bei gleicher Datenbasis, zu voneinander abweichenden fachlichen Einschätzungen gelangen.

Im vorliegenden Planungsprozess betraf dies insbesondere die nachfolgend genannten Themenfelder:

### **Biomasse**

Im Themenfeld Biomasse bestanden unterschiedliche Einschätzungen hinsichtlich der regional nutzbaren Potenziale, der möglichen Einsatzbereiche sowie der zukünftigen Verfügbarkeit. Unterschiede können sich hierbei insbesondere daraus ergeben, ob der Betrachtung eher technisch theoretische Potenziale, nachhaltig mobilisierbare Potenziale, regional tatsächlich erschließbare Mengen oder langfristig realistisch verfügbare Mengen zugrunde gelegt werden. Ebenso kann die Frage, in welchen Anwendungsbereichen Biomasse künftig vorrangig eingesetzt werden sollte, unterschiedlich bewertet werden. Die im Bericht dargestellten Einordnungen beruhen auf der im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung vorgenommenen fachlichen Gesamtschau unter Berücksichtigung der verfügbaren Datengrundlagen und Zielsetzungen.

### **Wasserstoff**

Auch hinsichtlich der zukünftigen Rolle von Wasserstoff in der kommunalen Wärmeversorgung bestanden unterschiedliche fachliche Einschätzungen. Dies betrifft insbesondere die Fragen der voraussichtlichen Verfügbarkeit, der zu erwartenden Wirtschaftlichkeit, der regulatorischen Rahmenbedingungen, der zeitlichen Perspektive möglicher Anwendungen sowie der technischen & infrastrukturellen Umsetzbarkeit auf kommunaler Ebene. Unterschiedliche Bewertungen in diesem Themenfeld ergeben sich typischerweise daraus, in welchem Umfang und in welchem zeitlichen Horizont Wasserstoff als tatsächlich verfügbarer und wirtschaftlich nutzbarer Energieträger für die Wärmeversorgung eingeordnet wird. Die hierzu im Bericht enthaltenen Aussagen basieren auf der im Bearbeitungszeitraum vorliegenden fachlichen und regulatorischen Einordnung.

### **Wirtschaftlichkeitsprognosen zukünftiger Energiepreisentwicklungen**

Ein weiterer Bereich mit erhöhter Interpretationsvarianz betrifft die Prognose zukünftiger Energiepreisentwicklungen und die darauf aufbauende Bewertung der Wirtschaftlichkeit einzelner Wärmeversorgungslösungen. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen hängen in erheblichem Maße von den zugrunde gelegten Annahmen zu künftigen Preisentwicklungen verschiedener Energieträger und Versorgungssysteme ab. Unterschiedliche Marktannahmen, Zeithorizonte, Sensitivitäten und Szenarien können zu voneinander abweichenden Ergebnissen und Einordnungen führen. Dies stellt einen typischen Bestandteil strategischer Planungsprozesse dar und ist dem Umstand geschuldet, dass zukünftige Preisentwicklungen naturgemäß nicht abschließend feststehen.

### **Kriterien zur Ermittlung der Eignung verschiedener Wärmeversorgungssysteme**

Unterschiedliche fachliche Auffassungen zeigten sich zudem bei der Frage, anhand welcher Kriterien die Eignung verschiedener Wärmeversorgungssysteme zu bestimmen ist. Je nach Herangehensweise kann die Bewertung stärker auf technische Machbarkeit, infrastrukturelle Voraussetzungen, siedlungsstrukturelle Gegebenheiten, Wirtschaftlichkeit, Emissionsminderung, Versorgungssicherheit, Skalierbarkeit oder Umsetzungswahrscheinlichkeit ausgerichtet werden. Die Gewichtung dieser Kriterien kann zu unterschiedlichen Einschätzungen

hinsichtlich der Eignung einzelner Gebiete oder Versorgungslösungen führen. Auch hierbei handelt es sich nicht um einen ungewöhnlichen Umstand, sondern um einen methodisch nachvollziehbaren Bestandteil strategischer Wärmeplanung.

### **Auswahl der Berechnungsverfahren zur Ermittlung spezifischer Treibhausgasemissionen**

Unterschiede bestanden darüber hinaus bei der Frage, welche Berechnungsverfahren und methodischen Ansätze zur Ermittlung spezifischer Treibhausgasemissionen herangezogen werden. Abweichungen können sich hierbei insbesondere aus unterschiedlichen Bezugsgrößen, Systemgrenzen, Emissionsfaktoren, Bilanzierungslogiken oder methodischen Konventionen ergeben. Je nach gewähltem Verfahren können daraus unterschiedliche Ergebnisse in der emissionsbezogenen Einordnung einzelner Versorgungssysteme resultieren. Die im Bericht angewandten Verfahren orientieren sich an den im Bearbeitungsprozess herangezogenen fachlichen Grundlagen und methodischen Rahmenbedingungen.

Die vorstehend beschriebenen Themenfelder verdeutlichen, dass die Kommunale Wärmeplanung an verschiedenen Stellen fachliche Abwägungen, methodische Setzungen und Prognoseannahmen erfordert. Unterschiede in der Einschätzung zwischen zeitgeist engineering und der Herzo Werke GmbH sind vor diesem Hintergrund als Ausdruck unterschiedlicher fachlicher Herangehensweisen innerhalb eines komplexen Planungsprozesses zu verstehen.

Die von der Herzo Werke GmbH eingebrachten Hinweise, Stellungnahmen und abweichenden Einordnungen wurden im Planungsprozess berücksichtigt und in den jeweiligen Berichtsteilen, soweit sachlich relevant, transparent benannt. Zugleich beruht die vorliegende Abschlussfassung des Wärmeplans auf einer eigenständigen fachlichen Gesamtbetrachtung durch zeitgeist engineering als beauftragtem, unabhängigen Planungsdienstleister. Diese Gesamtbetrachtung verfolgt das Ziel, für die Stadt Herzogenaurach eine nachvollziehbare, praktisch anschlussfähige und strategisch belastbare Entscheidungsgrundlage zu schaffen.

Die Kommunale Wärmeplanung bildet damit keine in allen Punkten deckungsgleiche Auffassung sämtlicher beteiligter Akteure ab, sondern eine fachlich begründete strategische Gesamtbewertung unter Berücksichtigung der im Prozess eingebrachten Hinweise, Daten, Annahmen und Perspektiven.

## 14 Hinweise

zeitgeist engineering trifft keine verbindlichen rechts- und steuerberaterlichen Auskünfte, deren Hoheitsgebiete einschlägigen Berufsgruppen obliegen.

Alle im Rahmen dieser Arbeit angenommenen oder vorausgesetzten Rahmenbedingungen basieren auf der Sichtweise von zeitgeist engineering auf die aktuell vorliegenden Gesetzestexte und anderen Unterlagen. Die Betrachtung erfolgt grundsätzlich auf einer ingenieurtechnischen Perspektive. Aufgrund der komplexen Thematik und teils unterschiedlichen Auslegungen der Rechtslage kann keine Gewährleistung für die Richtigkeit dieser Annahmen übernommen werden.

Konkrete Rechtsfragen zu der Thematik dürfen ausschließlich durch zugelassene Anwälte und Experten beantwortet werden. Ebenso können steuerliche Fragen ausschließlich durch einen Steuerberater rechtssicher geklärt werden. Die hier getroffenen Annahmen können nicht als belastbare Steuerberatung oder Rechtsberatung angesehen werden.

Katharina Will

Katharina Will