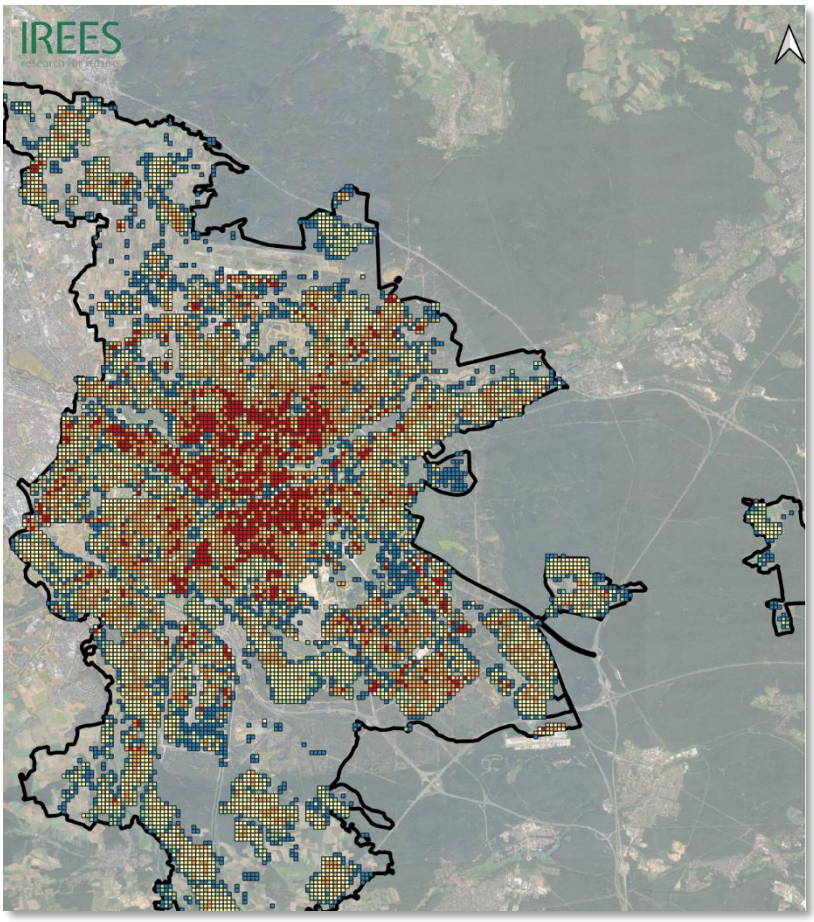
Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung für die Stadt Nürnberg

Abschlussbericht



Auftraggeber

Stadt Nürnberg

Auftragnehmer

IREES GmbH - Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien

e-think energy research GmbH

Autoren

Dr. Jan Steinbach, Dr. Eftim Popovski, Dr. Sophie Lohmann, Catrice Christ, Johannes Haller (IREES)

Dr. Andreas Müller (e-think)

Karlsruhe, 1. Mai 2025

IREES GmbH Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien

Durlacher Allee 77

D - 76131 Karlsruhe

Telefon: +49 721 – 915 2636 – 36

www.irees.de

info@irees.de

Geschäftsführung: Dr. Jan Steinbach, Dr. Heike Brugger

Amtsgericht Mannheim, Handelsregisternummer: HRB 111193

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis V
Tabellenverzeichnis IX
Abkürzungen X
1 Hintergrund und Grundlagen 1
1.1 Zielsetzung und Motivation für die kommunale Wärmeplanung 1
1.2 Wärmeplanung in Nürnberg 2
1.3 Klimaschutzziele in Nürnberg und Zielpfad für die Wärmeplanung 3
1.4 Mögliche Dekarbonisierungsoptionen in der Wärmeversorgung 4
2 Bestandsanalyse, Energie- und Treibhausgasbilanz für den Wärmebereich 7
2.1 Methodisches Vorgehen 8
2.2 Analyse der Gebäude- und Siedlungsstruktur 11
2.3 Analyse der Energieinfrastruktur 17
2.4 Endenergiebedarf für Wärme in Nürnberg 30
2.5 Treibhausgasemissionen der Wärmebereitstellung 36
3 Analyse der Effizienzpotenziale 38
3.1 Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden 38
3.2 Bewertung der Effizienzpotenziale industrieller Prozesse 48
3.3 Räumliche Analyse der Effizienzpotenziale 54
4 Potenzialanalyse und Eignungsprüfung für Wärmeversorgungslösungen 56
4.1 Eignungsprüfung für leitungsgebundene Wärmeinfrastruktur 56
4.2 Analyse der erneuerbaren Energien und Abwärmepotenziale 63
4.3 Potenzial dezentraler klimaneutraler Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen 94
4.4 Wirtschaftlichkeit dezentraler Wärmeversorgungstechnologien 105
5 Zielszenarien und Entwicklungspfade 116
5.1 Grundlage und Annahmen 116
5.2 Entwicklung der Wärmeversorgung und Treibhaugasemissionen im Zielszenario 117
5.3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Zielszenario 125
5.4 Einteilung in voraussichtliche Wärmversorgungsgebiete 126
6 Kommunale Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog 129
6.1 Organisatorische und informatorische Maßnahmen 130

6.2 Fokusgebiete zum beschleunigten Fernwärmeausbau 133
6.3 Fokusgebiete und gebietsbezogene Maßnahmen außerhalb des Prüfgebietes Fernwärme 136
6.4 Maßnahmen in der Fernwärmeerzeugung 148
6.5 Maßnahmen zur Beschleunigung von Effizienzmaßnahmen und erneuerbaren Energien in der dezentralen Wärmeversorgung 156
7 Verstetigung und Controlling-Konzept 161
7.1 Verstetigungskonzept 161
7.2 Controllingkonzept 162
8 Fazit und Ausblick 166
9 Literatur 173

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf der Wärmeplanung und Verzahnung mit Transformationsplan und Klimaschutzkonzept 3
Abbildung 2: Ziele, Vorgehen und Ergebnisse der Bestandsanalyse 8
Abbildung 3: Übersicht zentrale Datenquellen und deren räumliche Auflösung 9
Abbildung 4: Stadtgrenze Nürnberg mit Einteilung nach Stadtteilen 11
Abbildung 5: Baublockbezogene Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps 13
Abbildung 6: Baublockbezogene Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse 14
Abbildung 7: Überwiegendes Baualter in den jeweiligen Siedlungsgebieten 15
Abbildung 8: Hauptnutzungsart in den jeweiligen Siedlungsgebieten 16
Abbildung 9: Beheizungsstruktur und Feuerstellen für Raumwärme in der Stadt Nürnberg 18
Abbildung 10: Überwiegende Wärmeversorgungsart auf Baublockebene 20
Abbildung 11: Fernwärmenetz in Nürnberg 22
Abbildung 12:Darstellung der bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen 24
Abbildung 13: Nahwärmenetze in Nürnberg 27
Abbildung 14: Bestehendes und geplantes Gasnetz in Nürnberg 29
Abbildung 15: Abwassernetz und Leitungen 30
Abbildung 16: Wärmeendenergieverbrauch Nürnberg nach Energieträgern und Sektoren 32
Abbildung 17: Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern [GWh] 32
Abbildung 18: Wärmebedarf auf Baublockebene 34
Abbildung 19: Wärmebedarf auf Rasterebene 35
Abbildung 20: THG-Emissionsbilanz der Wärmebereitstellung in Nürnberg für das Jahr 2022 37
Abbildung 21: Angenommene Sanierungsraten aus den Szenarien des Wärmeatlas 39
Abbildung 22: Identifizierung der beheizten Bruttogrundflächen in Nürnberg und exemplarische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Gebäude und Hausumringen 41
Abbildung 23: Darstellung der berechneten beheizten Gebäudenutzfläche je Hausumring und Gebäudenutzungsart 42
Abbildung 24: Spezifischer Endenergieverbrauch zur Wärmebereitstellung in Gebäuden in Nürnberg (exkl. Prozesswärme) 43

Abbildung 25: Spezifischer Wärmeendenergieverbrauch (exkl. Prozesswärme) der Gebäude in Nürnberg im Status-Quo und nach unterschiedlichen Sanierungstiefen 45

Abbildung 26: Spezifischer Wärmeendendenergieverbrauch in den berechneten Effizienzszenarien im Vergleich zum Status-Quo 47

Abbildung 27: Gegenüberstellung der unterschiedlichen Effizienzszenarien 48

Abbildung 28: Anzahl Unternehmensniederlassungen in Nürnberg 2023 49

Abbildung 29: Beschäftigtenanzahl nach Branchen im Wirtschaftszweig verarbeitendes Gewerbe in Nürnberg 2023 50

Abbildung 30: Relevante Prozesse mit Prozesswärmebedarf in der Branche Nahrungs- und Futtermittelherstellung 51

Abbildung 31: Relevante Prozesse mit Prozesswärmebedarf in der Branche Maschinenbau 52

Abbildung 32: Relativer Wärmebedarfsrückgang pro Baublock bis zum Jahr 2045 55

Abbildung 33: Genehmigtes Wasserstoffkernnetz mit Leitung in Nürnberg 57

Abbildung 34: Einordung der Prioritätennutzung bei der zukünftigen Wasserstoffnutzung in den verschiedenen Nachfragesektoren 58

Abbildung 35: Gebiete mit Eignung für Wärmenetzversorgung auf Grundlage der Wärmedichte im Zielszenario für das Jahr 2045 62

Abbildung 36: Vorgehen und Verortung der Punkt- und Flächenpotenziale und Ergebnisse der Weißflächenanalyse 65

Abbildung 37: Oberflächengewässer und Gewässerachse Nürnberg 68

Abbildung 38: Mittelwert der Wassertemperaturen und Abflussmengen der Rednitz 70

Abbildung 39: Mittelwert der Wassertemperaturen und Abflussmengen der Pegnitz. 71

Abbildung 40: Monatlicher Systemertrag (links) Lufttemperatur und Sonnenscheindauer (Mitte) und Globalstrahlung (rechts) 72

Abbildung 41: Darstellung der verschiedenen Arten von Geothermie 74

Abbildung 42: Durchschnittliche Wärmeleitfähigkeiten für die identifizierten Weißflächen geothermischer Nutzung 76

Abbildung 43: Einfluss benachbarter Erdwärmesonden auf die Abkühlung des Untergrunds 77

Abbildung 44: Grundwasser Entzugsleistung bei 100 m Brunnenabstand 79

Abbildung 45: Grundwasser Potenzialflächen und Entnahmeraten in Liter pro Sekunde 80

Abbildung 46: Gebiete für hydrothermale Wärmegewinnung in Bayern 82

Abbildung 47: Lokale Biomassepotenziale in Nürnberg aus Restoffen und Kurzumtriebsplantagen 84
Abbildung 48: Landwirtschaftliche Flächen und Waldflächen in der Stadt Nürnberg 85
Abbildung 49: Biogaspotenzial (thermisch) in Nürnberg 86
Abbildung 50: Klärwasser Kläranlage 1 im zeitlichen Verlauf 87
Abbildung 51: Standorte Kläranlagen in Nürnberg 88
Abbildung 52: Identifizierte Standorte mit Abwärmepotenzial 91
Abbildung 53: Anzahl der Gebäude und Energiebedarf nach gebäudespezifischen Barrieren bezüglich Nutzung von Wärmepumpen 97
Abbildung 54: Anzahl der Gebäude und Wärmebedarf nach kombinierten gebäude- und technologiespezifischen Barrieren bezüglich Nutzung von Erdwärmepumpen 99
Abbildung 55: Anzahl der Gebäude und Wärmebedarf nach kombinierten gebäude- und technologiespezifischen Barrieren bezüglich Nutzung von Luftwärmepumpen 101
Abbildung 56: Ergebnisse Eignungsanalyse Luftwärmepumpen differenziert nach Baublock 103
Abbildung 57: Ergebnisse Eignungsanalyse Erdwärme-Wärmepumpen differenziert nach Baublock 104
Abbildung 58: Energetische Kennwerte der Referenzgebäude in der Wirtschaftlichkeitsanalyse dezentraler Wärmeversorgungsysteme ... 109
Abbildung 59: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Einfamilienhaus-Referenzgebäude unsaniert 110
Abbildung 60: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Einfamilienhaus-Referenzgebäude saniert 111
Abbildung 61: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Mehrfamilienhaus-Referenzgebäude unsaniert 112
Abbildung 62: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Mehrfamilienhaus-Referenzgebäude saniert 113
Abbildung 63: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Büro-Referenzgebäude unsaniert 114
Abbildung 64: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Büro-Referenzgebäude unsaniert 115
Abbildung 65: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme Zielszenario 118
Abbildung 66: Energieträger- und Wärmetechnologieverteilung der dezentralen Versorgung im Zielszenario 120
Abbildung 67: Fokusgebiete und weitere Wärmenetze Potenzialgebiete 122

Abbildung 68: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der Nahwärme im Zielszenario 123

Abbildung 69: Entwicklung des Energieträgereinsatzes der Fernwärmeerzeugung im Zielszenario 124

Abbildung 70: Entwicklung der Gebäudeanzahl mit Fernwärmeanschluss im Zielszenario 125

Abbildung 71: Entwicklung der THG-Emissionen inklusive Vorketten im Zielszenario 126

Abbildung 72: Definierte Eignungsgebiete für Wärmeversorgungsoptionen..... 128

Abbildung 86: Skizzierung der nächsten Schritte zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans..... 162

Abbildung 74: Auswirkung des kommunalen Wärmeplans auf die Fristen für die 65 % erneuerbare Pflicht nach GEG im Gebäudebestand 172

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Dekarbonisierungsoptionen der Wärmeerzeugung 6

Tabelle 2: Zusammenfassung der Kennwerte der Wärmeversorgung in Nürnberg und Deutschland für das Jahr 2022 7

Tabelle 3: Quantifizierung der installierten Wärmepumpen in Nürnberg 18

Tabelle 4: Fernwärmenetzparameter Nürnberg 21

Tabelle 5: Bestehende Wärmeerzeugungsanalagen in der Fernwärme 23

Tabelle 6: Bestehende Nahwärmenetze in Nürnberg 25

Tabelle 7: Spezifische THG-Emissionsfaktoren inklusive Vorketten mit Bezug auf Wärmeendenergie in CO_2-Äquivalent 36

Tabelle 8: Annahmen zu Sanierungstiefen 44

Tabelle 9: Annahmen zur Sanierungsrate (Aktivitätsniveaus) in den drei Effizienzszenarien über den Zeitraum 2023 - 2045. 46

Tabelle 10: Veränderungen Energieintensität in den für Nürnberg relevanten Industriebranchen des verarbeitenden Gewerbes 54

Tabelle 11: Einteilung der Potenziale und mögliche Erschließung 63

Tabelle 12: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialanalyse 65

Tabelle 13: Gemeldete Abwärmemengen und maximale thermische Leistung 90

Tabelle 14: Berücksichtigte gebäudespezifische Barrieren bei der Bewertung des Einsatzes von Wärmepumpen 95

Tabelle 15: Berücksichtigte standortspezifische Barrieren für Erdwärmepumpen 98

Tabelle 16: Berücksichtigte Kriterien für standortspezifische Barrieren für den Einsatz von Luftwärmepumpen 100

Tabelle 17: Wirkungsgrade in Abhängigkeit der Wärmeverteiltemperaturen im Gebäude 107

Tabelle 18: Spezifische betriebsgebundene Kosten mit Bezug auf die Investitionskosten 107

Tabelle 19: Mögliche Frühindikatoren für das Monitoring des Wärmeplans 163

Tabelle 20: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialanalyse 167

Abkürzungen

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster
ATKIS	Amtliches Topografischen Informationssystem
BISKO	Bilanzierungssystematik Kommunal
CO_2	Kohlendioxid
$CO_{2\ äq.}$	Kohlendioxid - Äquivalent
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DSGVO	Datenschutzgrundverordnung
EE	Erneuerbare Energie
EFH	Einfamilienhaus
EZFH	Ein- und Zweifamilienhaus
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geographische Informationssystem
GWh	Gigawattstunde
KWK	Kraftwärmekopplung
KWP	Kommunale Wärmeplanung
LNG	Liquidiert Natural Gas (verflüssigtes Erdgas)
LoD	Level of Detail
MW	Megawatt
MFH	Mehrfamilienhaus
NWG	Nichtwohngebäude
PtG	Power-to-Gas
PtH	Power-to-Heat
TAP	Thermal Aquifer Potenzial
THG	Treibhausgas
WPG	Wärmeplanungsgesetz
DWD	Deutscher Wetterdienst
CCS	Carbon Capture and Storage (CO_2-Abscheidung und -Speicherung)
CCU	Carbon Capture and Utilisation (CO_2-Abscheidung und Nutzung)

1 Hintergrund und Grundlagen

1.1 Zielsetzung und Motivation für die kommunale Wärmeplanung

In der Energiewende ist die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung derzeit noch eine große Herausforderung. Die kommunale Wärmeplanung ist ein zentrales Instrument, um die Wärmewende lokal voranzubringen.

Was ist kommunale Wärmeplanung?

Die kommunale Wärmeplanung ist ein strategischer Prozess, bei dem die zukünftige Wärmeversorgung einer Kommune ganzheitlich betrachtet und geplant wird. Ziel ist es, den Wärmebedarf zu ermitteln, Potenziale für erneuerbare Energien und Abwärme zu identifizieren und konkrete Maßnahmen zur Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung zu entwickeln. Die Wärmeplanung stellt eine Fachplanung auf Ebene der Stadt dar und soll eine gemeinsame Wissensgrundlage für alle Akteure in Nürnberg schaffen. Für die Umsetzung der Maßnahmen ist eine Reihe von Folgeuntersuchungen und -planungen erforderlich, die nicht Bestandteil der Wärmeplanung sind. Dazu zählen Quartierskonzepte, Machbarkeitsstudien und Detailplanung, mit denen die Konkretisierung auf Quartiersebene erfolgt, Transformationspläne und Machbarkeitsstudien für Wärmenetze sowie Gasnetztransformationspläne und Stromnetzausbaupläne.

Warum ist kommunale Wärmeplanung wichtig?

- **Klimaschutz:** Durch den Umstieg auf erneuerbare Energien und die Steigerung der Energieeffizienz leistet die kommunale Wärmeplanung einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und zur Erreichung der Klimaziele.
- **Versorgungssicherheit:** Eine vorausschauende Planung sorgt für eine zuverlässige und unabhängige Wärmeversorgung, auch in Zeiten knapper Ressourcen oder steigender Energiepreise.
- **Bezahlbarkeit:** Durch die Nutzung lokal verfügbarer Energiequellen und die Förderung effizienter Technologien kann die Wärmeversorgung langfristig bezahlbar gestaltet werden.
- **Bürgerbeteiligung:** Die kommunale Wärmeplanung bietet die Möglichkeit, Bürgerinnen und Bürger aktiv in den Planungsprozess einzubeziehen.

Gesetzliche Grundlagen

Die kommunale Wärmeplanung wird durch das Wärmeplanungsgesetz (WPG)[1] und das Gebäudeenergiegesetz (GEG)[2] auf Bundesebene rechtlich verankert. Das WPG verpflichtet Kommunen zur Erstellung eines Wärmeplans, während das GEG Vorgaben

[1] Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz – WPG)

[2] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG)

für die Nutzung erneuerbarer Energien im Gebäudebereich macht. Nürnberg als Stadt mit mehr als 100 000 Einwohnern muss bis spätestens Mitte 2026 einen Wärmeplan vorlegen. Kommunen mit weniger als 100 000 Einwohnern haben bis Mitte 2028 Zeit. Als strategisches Planungsinstrument muss der Wärmeplan in der Zukunft alle fünf Jahre überprüft und fortgeschrieben werden.

Wärmeplanung – ein Vorbild aus Dänemark

Die Idee der Wärmeplanung stammt ursprünglich aus Dänemark, wo sie seit den 1970er Jahren erfolgreich umgesetzt wird. Durch eine frühzeitige und umfassende Planung konnte Dänemark seine Wärmeversorgung weitgehend auf erneuerbare Energien umstellen und gleichzeitig die Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit gewährleisten.

1.2 Wärmeplanung in Nürnberg

Die „Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung“ ist in Nürnberg eingebettet in die parallellaufenden Prozesse zur Erstellung des integrierten Klimaschutzkonzepts (IKSK)[3] der Stadt Nürnberg und die Erstellung des Transformationsplans für die Fernwärmeversorgung durch die N-ERGIE (Transformationsplan Fernwärme N-ERGIE)[4]. Abbildung 1 zeigt die Arbeitsschritte der Wärmeplanung und deren Integration in die anderen Aktivitäten.

Im ersten Schritt wird nach Klärung der Ausgangssituation und dem Vorgehen eine Bestands- und Potenzialanalyse für Wärmequellen und -senken durchgeführt. Diese wird räumlich hochaufgelöst durchgeführt mittels eines Geoinformationssystems (GIS) bzw. GIS-basierten Berechnungsmodellen. Aus dem Transformationsplan Fernwärme (N-ERGIE) fließen die Ergebnisse der dort durchgeführten Potenzialanalyse in der Fernwärme sowie die Untersuchung des Ausbaupotenzials für die Fernwärmeversorgung ein. Die Analyse im Transformationsplan Fernwärme (N-ERGIE) geht dabei mit Bezug auf die Untersuchungstiefe bereits über die im Rahmen einer Wärmeplanung durchgeführten Netzanalysen hinaus. Die Potenzialanalyse ist räumlich hochaufgelöst und beinhaltet sowohl eine Analyse des Ausbau- und Nachverdichtungspotenzials für Wärmenetze als auch lokale Wärmepotenziale und eine Potenzialermittlung für erneuerbare Energien (EE). Die Ergebnisse werden in einem GIS-basierten digitalen Stadt-Zwilling zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse des Transformationsplan Fernwärme (N-ERGIE) konnten zum Planungsstand Januar 2025 für die Potenzialanalyse und die Entwicklung der Zielszenarien berücksichtigt werden. Mit Bezug auf die Priorisierung und wahrscheinlich zeitliche Entwicklung der Fernwärmeeignungsgebiete konnte darüber hinaus ein neuerer Planungsstand zum April 2025 noch im Wärmeplan integriert werden.

Die Ergebnisse der Wärmeplanung sind auch in die Erstellung des integrierten Klimaschutzkonzeptes der Stadt Nürnberg eingeflossen. Das betrifft insbesondere die Potenzialermittlung und die Szenarienanalyse. Aus dem Prozess der

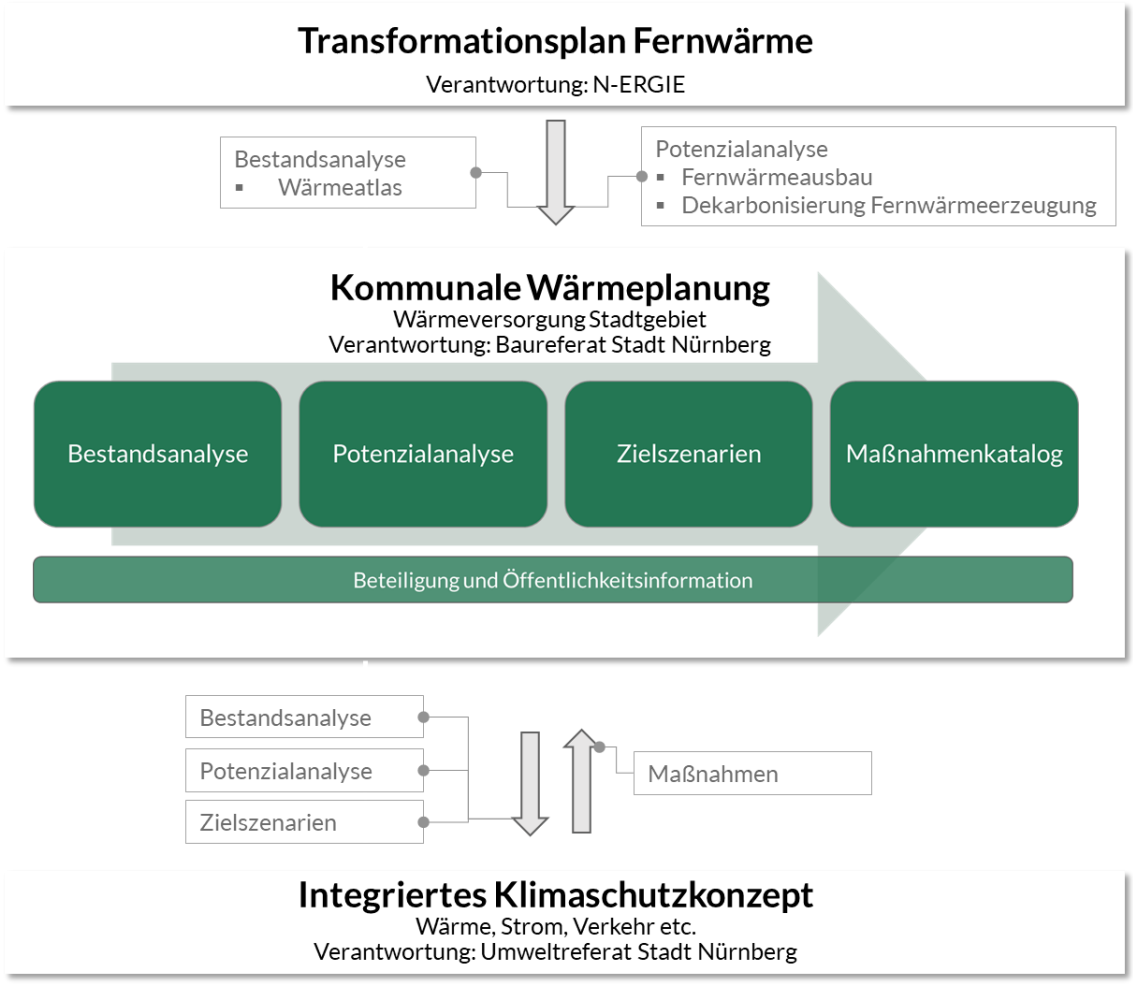
[3] Stadt Nürnberg (2025). Klimaschutz in Nürnberg. https://www.nuernberg.de/internet/klimaschutz_nuernberg/projekte.html#_0_83

[4] N-ERGIE (2025). Fernwärme in Nürnberg. https://fernwaerme.n-ergie.de

Maßnahmenentwicklung des IKSK sind wiederum Maßnahmenvorschläge für den Bereich Wärme im Wärmeplan berücksichtigt worden.

Im Folgenden werden die Zielsetzung, die angewendeten Methoden und Ergebnisse in den Arbeitspaketen beschrieben. Die in dieser Dokumentation beschriebenen Ergebnisse sind im Projektzeitraum von April 2024 bis Mai 2025 in enger Zusammenarbeit mit dem Planungs- und Baureferat der Stadt Nürnberg, der N-ERGIE sowie unter Einbindung weiterer Akteure erarbeitet worden.

Abbildung 1: Ablauf der Wärmeplanung und Verzahnung mit Transformationsplan und Klimaschutzkonzept



Quelle: IREES / e-think 2025

1.3 Klimaschutzziele in Nürnberg und Zielpfad für die Wärmeplanung

Die Stadt Nürnberg beschäftigt sich intensiv mit den Themen Energieeinsparung, Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel. Vom Referat für Umwelt und Gesundheit wurde bereits im Jahr 2007 mit dem Klimaschutzfahrplan 2010/2020 ein erstes Klimaschutzkonzept entwickelt. Im Jahr 2014 erfolgte mit dem Klimafahrplan 2010-2050 eine erste und im Jahr 2020 mit dem Klimaschutzfahrplan 2020-2030 eine zweite Fortschreibung. Im Jahr 2012 wurden außerdem der Energienutzungsplan 2030 sowie die Energieeffizienzstrategie Nürnberg 2050 verfasst. Aktuell wird parallel zur

kommunalen Wärmeplanung ein neues Integriertes Klimaschutzkonzept für die Gesamtstadt Nürnberg erstellt. Hierbei erfolgte eine enge inhaltliche Abstimmung mit der kommunalen Wärmeplanung und dem Transformationsplan für das Nürnberger Fernwärmenetz.

Im Mai 2022 hat der Nürnberger Stadtrat die Ziele des aktuellen Klimaschutzfahrplans 2020–2030 erneut verschärft. Die Stadt Nürnberg verfolgt aktuell folgende Klimaschutzziele:

- Reduktion der CO2-Emissionen gegenüber dem Basisjahr 1990 um 65 % bis zum Jahr 2030
- Einhaltung eines verbleibenden CO2-Emissionsbudgets von 23 Millionen Tonnen (abgeleitet aus dem bevölkerungsmäßigen Anteil Nürnbergs am nationalen CO2-Restbudget der Bundesrepublik Deutschland). Dieses Ziel soll dazu beitragen, die Erderwärmung mit einer Zwei-Drittel-Wahrscheinlichkeit auf 1,5 Grad zu begrenzen.
- Klimaneutralität der Gesamtstadt bis spätestens zum Jahr 2040
- Klimaneutralität der Stadtverwaltung möglichst bis zum Jahr 2035

Gemäß des Wärmeplanungsgesetzes zeigt der kommunale Wärmeplan einen Weg auf, wie die Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045 auf erneuerbare Energien und Abwärme umgestellt werden kann. Darüber hinaus wird diskutiert, welche Auswirkungen eine schnellere Umsetzung auf das Klimaneutralitätsziel bis zum Jahr 2040 hat.

1.4 Mögliche Dekarbonisierungsoptionen in der Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung in Nürnberg und in Deutschland wird bisher durch fossile Energieträger dominiert. Bei den derzeitigen Technologien und möglichen Dekarbonisierungsoptionen kann eine Unterscheidung einerseits zwischen **dezentraler** und **zentraler** Wärmeversorgung, anderseits zwischen **leitungsgebundener** und **nicht-leitungsgebundener** Wärmeversorgung getroffen werden. Als dezentrale Wärmeversorgung werden die Technologien bezeichnet, bei denen die Wärme direkt im Gebäude oder der Wohnung des Endverbrauchers erzeugt wird[5]. Diese Technologien stehen im Gegensatz zur zentralen Versorgung, bei der die Wärme außerhalb des Gebäudes erzeugt wird und über ein Wärmenetz mittels Heißwasser oder Dampf zu den Verbrauchern transportiert wird. Bei den Endverbrauchern sind bei einer zentralen Wärmeversorgung keine Wärmeerzeugungseinheiten installiert, sondern Wärmetauscher, die als Übergabestationen bezeichnet werden.

Mit rund 81 % ist der überwiegende Anteil der Wohngebäude in Deutschland über Zentralheizungen versorgt, 5,7 % verfügen über Etagenheizungen und 5,2 % werden über Ofen-/Raumheizungen als primäre Wärmeversorgung beheizt[6]. Der übrige Teil

[5] Der hier verwendete Begriff der Dezentralität ist nicht zu verwechseln mit der Unterscheidung zwischen Zentralheizungen und Etagen- oder Einzelraumheizungen. Eine dezentrale Wärmeversorgung kann sowohl über eine Zentralheizung für alle Wohnungen erfolgen oder wohnungsweise über Gasetagenheizungen. Auch eine raumweise Beheizung über Öfen oder Raumheizgeräte ist in älteren Wohngebäuden zu finden.

[6] Cischinsky, H., Diefenbach, N. (2018). Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016: Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand.

der Wohngebäude wird zentral über Wärmenetze (Fernwärme, Nahwärme, Blockheizung) versorgt. Als dezentrale fossile Wärmeversorgungstechnologie sind insbesondere Gaskessel[7] und Heizölkessel zu nennen. Direktelektrische Raumwärmeversorgung über Nachtspeicherheizungen oder Stromdirektheizungen ist in bestimmten Gebäudebeständen und Regionen verbreitet; in Deutschland insgesamt und auch in Nürnberg jedoch von geringerer Bedeutung. Dezentrale erneuerbare Wärmeversorgungsoptionen stellen eine Möglichkeit dar, die Wärmeversorgung zu dekarbonisieren. Dazu zählen u. a. Wärmepumpen, Solarthermieanlagen und Biomasse-Heizkessel[8].

Die Unterscheidung zwischen leitungs- und nicht-leitungsgebundener Wärmeversorgung ist bei der Entwicklung von Dekarbonisierungsstrategien relevant, da dabei der Fokus auf die erforderliche Infrastruktur auf kommunaler Ebene und deren Transformation zur Bereitstellung klimaneutraler Wärme gelegt wird. Dabei fallen sowohl Wärme- als auch Gasnetze unter die *leitungsgebundene Wärmeversorgung*. Die Dekarbonisierung von Gasnetzen bzw. der Erdgasversorgung ist grundsätzlich über den Austausch des Energieträgers möglich. Ohne Anpassung der Netzinfrastruktur und der Wärmeerzeuger beim Endverbraucher kommt dazu Biomethan oder synthetisches erneuerbares Gas (PtG) in Frage. Letzteres wird durch „Methanisierung“ aus Wasserstoff erzeugt. Eine direkte Nutzung von Wasserstoff in Gasnetzen ist derzeit auf maximal 20 Volumenprozent beschränkt, was rund 6 % der Endenergie entspricht. Für höhere Anteile sind in der Regel entsprechende Anpassungen in den Netzen und Verdichterstationen der Ferngasleitungen vorzunehmen. Zudem wäre ein Austausch der installierten Gaskessel in den Gebäuden notwendig[9].

Mit der Wärmenetzinfrastruktur können hingegen unterschiedliche zentrale erneuerbare Potenziale erschlossen und als Wärmeerzeuger in einem Netz kombiniert werden. Im Gegensatz zur Dekarbonisierung der Gasnetze, hängt die Eignung von Wärmenetzen für die Dekarbonisierung neben der Höhe der Wärmenachfrage an den vorhandenen lokalen erneuerbaren Wärmepotenzialen. Als Technologien zur Nutzung lokaler Potenziale zur Bereitstellung klimaneutraler Wärme sind dabei insbesondere Großwärmepumpen zur Nutzung unterschiedlicher Wärmequellen, Tiefengeothermie-Anlagen, Solarthermie-Freiflächenanlagen und die direkte Nutzung industrieller Abwärme zu nennen (Tabelle 1). Neben den lokalen Quellen können auch Energieträger genutzt werden, die nicht zwangsläufig an das Vorkommen vor Ort gebunden sind. Dabei kommt die Nutzung von biogenen Energieträgern in Biomasse-Heiz(kraft)werken in Frage. Ebenso stellt die Nutzung von Wasserstoff in KWK-Anlagen

[7] Im Folgenden wird der Begriff Gaskessel als Überbegriff für Gaskessel, Gasthermen, Gasheizgeräte verwendet. Wenn es der Kontext erfordert, wird der Begriff weiter differenziert. Z. B. Brennwertkessel gegenüber Niedertemperaturkessel.

[8] Der Begriff Biomasse-Heizkessel wird hier für Holzpellet-Zentralheizungskessel, Scheitholz-Zentralheizungskessel- und Hackschnitzel-Zentralheizungskessel verwendet.

[9] Für neuere Gaskessel, die auch als „Wasserstoff-Ready“ bezeichnet werden, wäre zukünftig nach Angaben der Industrie kein vollständiger Austausch notwendig, sondern eine Umrüstung.

und der Einsatz von Elektrodenheizkesseln, die mit erneuerbarem Strom gespeist werden, eine klimaneutrale Variante dar.

Tabelle 1: Übersicht der Dekarbonisierungsoptionen der Wärmeerzeugung

	Leitungsgebundene Wärmeversorgung	**Nicht-leitungsgebundene Wärmeversorgung**
Dezentrale Wärmeerzeugung	Dekarbonisierung Gasnetz ▪ Gasnetz mit synthetischem erneuerbarem Gas ▪ Gasnetz mit Biomethan ▪ Umrüstung auf Wasserstoffnetz/ Wasserstoffkessel/ Brennstoffzelle	Dezentrale EE-Wärme ▪ Wärmepumpe ▪ Biomasse-Kessel ▪ Solarthermie
Zentrale Wärmeerzeugung /Wärmenetz	Wärmenetzausbau ▪ Tiefengeothermie Anlage ▪ Großwärmepumpe für oberflächennahe Geothermie ▪ Großwärmepumpe für Abwasser/ Abwärme ▪ Großwärmepumpe für Seethermie ▪ Luft/Wasser-Großwärmepumpe ▪ Freiflächen-Solarthermie ▪ Biomasse Heiz(kraft)werk ▪ Biogas-KWK ▪ Elektrodenheizkessel (PtH) ▪ Wasserstoffkessel ▪ KWK-Anlage mit Wasserstoff ▪ Saisonale Speicher	

Im Fokus der kommunalen Wärmeplanung steht die detaillierte Untersuchung von Maßnahmen, die vor Ort implementiert werden können. Die Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit hängen dabei von den lokalen Potenzialen und Voraussetzungen in Nürnberg ab.

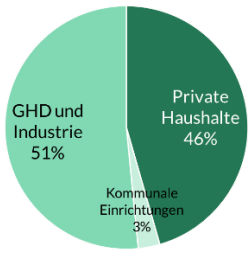
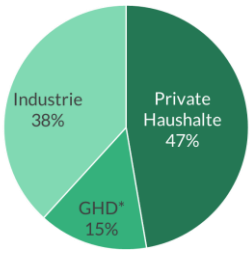
2 Bestandsanalyse, Energie- und Treibhausgasbilanz für den Wärmebereich

Zusammenfassung zentraler Ergebnisse und Kennwerte

In der Bestandsanalyse wird der Endenergieverbrauch, der für diese Untersuchung relevant ist, sowohl auf kommunaler Ebene als auch räumlich differenziert auf Straßenzug- bzw. Rasterebene analysiert.

Der witterungsbereinigte Endenergieverbrauch für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in Nürnberg im Jahr 2022 beträgt rund 5,96 TWh/a, wovon 4,2 TWh /a aus fossilen Energien gewonnen wird. Mit Bezug auf die eingesetzten Energieträger dominiert Erdgas mit 51 % des Wärmeendenergieverbrauchs im Gebäudesektor, gefolgt von Heizöl mit 22 %. Die Wärmeversorgung über Fernwärme deckt 21 % des Wärmeendenergieverbrauchs. Die daraus resultierenden THG-Emissionen aus dem Wärmeendenergieverbrauch betragen 1 386 kt CO_2 Äquivalente (CO_2äq), was rund 2,6 t CO_2äq pro Einwohner entspricht.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Kennwerte der Wärmeversorgung in Nürnberg und Deutschland für das Jahr 2022

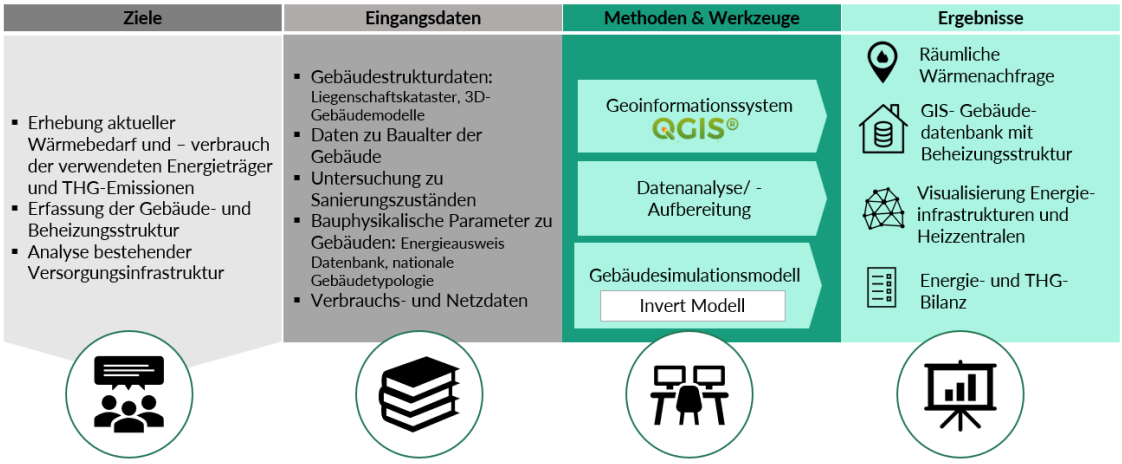
Kennwert	Nürnberg	Deutschland
Endenergie Wärme gesamt [GWh/a]	5,96 TWh 	1284 TWh 
Endenergie Wärme Wohngebäude pro Einwohner	~ 5 MWh	~ 7 MWh
THG-Emissionen Wärme Wohngebäude pro Einwohner	1,11	~ 1
Anteil fossiler Energien Wärmeversorgung (ohne Fernwärme)	73 %	66 %
Anteil Fernwärme	20 %	10 %
Anteil dezentrale EE und Strom	7 %	24 %

Quelle: IREES / e-think 2025; Primärdaten: (AGEB, 2025; Destatis, 2023)

2.1 Methodisches Vorgehen

Abbildung 2 fasst die Ziele, das Vorgehen und die zentralen Ergebnisse der Bestandsanalyse zusammen. Mit der Untersuchung werden zunächst detaillierte Daten für das Stadtgebiet Nürnberg zusammengetragen und um weitere nationale Daten ergänzt.

Abbildung 2: Ziele, Vorgehen und Ergebnisse der Bestandsanalyse



Quelle: Eigene Abbildung IREES 2024

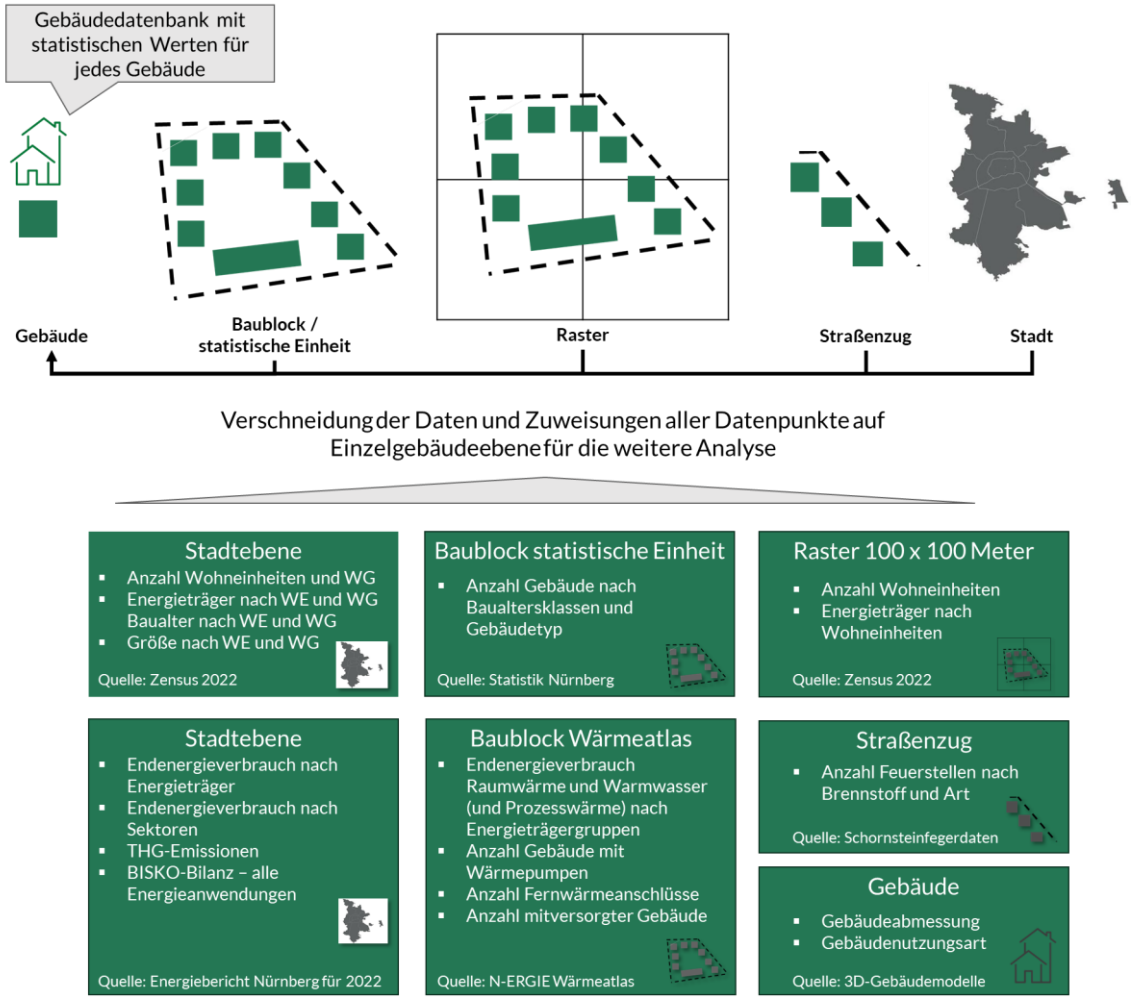
Für die räumliche Analyse werden gebäudespezifische Strukturdaten aus dem Amtlichen Liegenschaftskataster (Bayerische Vermessungsverwaltung, 2025c, 2025b), der 3D-Gebäudemodelle im Detaillierungsgrad LoD2 (Bayerische Vermessungsverwaltung, 2025a), Auswertungen des *Amtes für Stadtforschung und Statistik für Nürnberg und Fürth* (StA, 2025b) und aus den Ergebnissen des Zensus 2022 zu Gebäudetypen, Baualtersklasse und verwendeter Heizenergie genutzt (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024). Darüber hinaus werden bauphysikalische Kennwerte (U-Werte) nach der deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt differenziert nach Gebäudetyp und Baualtersklasse verwendet. Als zentrale Datenquellen zum Energieverbrauch und der Beheizungsstruktur dienen der Wärmeatlas der N-ERGIE (Janßen et al., 2024) mit den im Rahmen des Transformationsplans durchgeführten Anpassungen (GEF Ingenieur AG, 2024) sowie die Kehrdaten (Schornsteinfegerdaten), die vom *Amt für Stadtforschung und Statistik für Nürnberg und Fürth* (StA, 2025a) bereitgestellt werden.

Die verwendeten Daten liegen in unterschiedlicher räumlicher Auflösung und Datenqualität vor und werden für die Bestandsanalyse in einer Geographischen Informationssystem Gebäudedatenbank zusammengeführt und bereinigt (Abbildung 3). Weitere Bestandsdaten, die im GIS-Modell aufgenommen werden, sind die Vektordaten zu den vorhandenen Gas- und Wärmenetzen. Die GIS-Datenbank bildet die Grundlage für die weitere Analyse (Abbildung 2).

Die Verwendung der verschiedenen Daten- und Literaturquellen wird in den nachfolgenden Kapiteln jeweils genauer beschrieben. Als zentrales Tool für die Verarbeitung der Daten und Zusammenführung der Ergebnisse wird das Geoinformationssystem QGIS verwendet.

Die verwendeten Datensätze für die Bestands- und Potenzialanalyse sowie die im Rahmen dieser Studie erstellten GIS-Daten werden in einer Metasatzdatenbeschreibung als Anhang zu diesem Bericht beschrieben.

Abbildung 3: Übersicht zentrale Datenquellen und deren räumliche Auflösung



Quelle: Eigene Abbildung IREE/ e-think 2025

Sorgfalt und Datenschutz

Bei der Verarbeitung von Daten, die sich auf Gebäude und deren Energieverbrauch beziehen, ist die Einhaltung der Datenschutzgrundverordnung[10] (DSGVO) zu gewährleisten. Die DSGVO ist eine Verordnung der Europäischen Union, die den Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung ihrer personenbezogenen Daten regelt. Sie

[10] Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates (Datenschutzgrundverordnung – DSGVO)

gilt für alle Organisationen, die Daten von Personen in der EU verarbeiten, unabhängig von ihrem Sitz oder der Art ihrer Tätigkeit.

Für die vorliegende Untersuchung wurden keine personenbezogenen Daten verwendet, sondern nur aggregierte und anonymisierte Daten, die sich auf die Gebäudeeigenschaften und den Energieverbrauch beziehen. Die Datenverarbeitung erfolgte unter Einhaltung der Prinzipien der DSGVO, wie z. B. Rechtmäßigkeit, Transparenz, Zweckbindung, Datenminimierung, Richtigkeit, Speicherbegrenzung, Integrität und Vertraulichkeit. Die Daten werden nach Abschluss der Untersuchung gelöscht oder anonymisiert, sofern keine gesetzlichen Aufbewahrungspflichten bestehen.

Untersuchungsgebiet

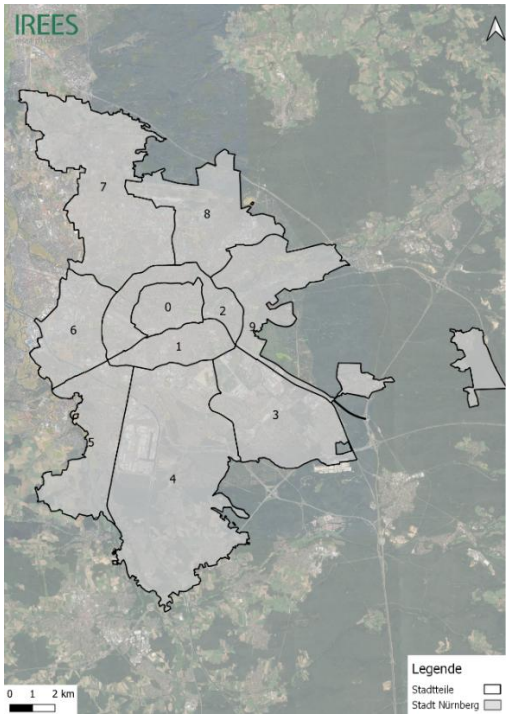
Das Untersuchungsgebiet wird durch die Stadtgrenzen der Stadt Nürnberg festgelegt. Zusammenhängende Wohn- und Gewerbegebiete, die über die Stadtgrenzen hinausgehen, werden dabei dennoch ganzheitlich betrachtet, wenn dies basierend auf den Ergebnissen sinnvoll erscheint. Nürnberg liegt in Bayern (Mittelfranken), hat 526 606[11] Einwohner zum Stichtag 31.12.2023 und eine Fläche von 186,5 km^2 (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2025)

Nürnberg wird in 10 statistische Stadtteile eingeteilt, die sich aus 87 Bezirken zusammensetzen (Stadt Nürnberg, 2024). Das Raumbezugssystem von Nürnberg gliedert die Bezirke weiter in 327 Distrikte mit insgesamt 3 886 Baublöcken.

Abbildung 4 zeigt das Untersuchungsgebiet der Stadt Nürnberg mit den Stadteilen

[11] Bayerisches Landesamt für Statistik, *Stadt Nürnberg (09564)*, https://www.statistikdaten.bayern.de/

Abbildung 4: Stadtgrenze Nürnberg mit Einteilung nach Stadtteilen



- 0 Altstadt und engere Innenstadt
- 1 Weiterer Innenstadtgürtel Süd
- 2 Weiterer Innenstadtgürtel West/ Nord/ Ost
- 3 Südöstliche Außenstadt
- 4 Südliche Außenstadt
- 5 Südwestliche Außenstadt
- 6 Westliche Außenstadt
- 7 Nordwestliche Außenstadt
- 8 Nordöstliche Außenstadt
- 9 Östliche Außenstadt

Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (Stadt Nürnberg, 2024)

2.2 Analyse der Gebäude- und Siedlungsstruktur

Die Analyse der Gebäude- und Siedlungsstruktur stellt eine wichtige Grundlage für die Potenzialanalyse dar. Mit Bezug auf die Kartierung und Visualisierung sieht das WPG insbesondere folgende Ergebnisse vor:

- Baublockbezogene Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps
- Baublockbezogene Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude
- Baublockbezogene Darstellung der Siedlungstypen unter anderem nach Baualtersklassen (Siedlungsentwicklung) und Hauptnutzungsarten (Wohngebiete, Gewerbe, Mischnutzungen, öffentliche Gebäude etc.)
- Systematische Erfassung und Darstellung von Informationen zur Struktur der Wärmebereitstellung und -verteilung auf dezentraler und zentraler Ebene

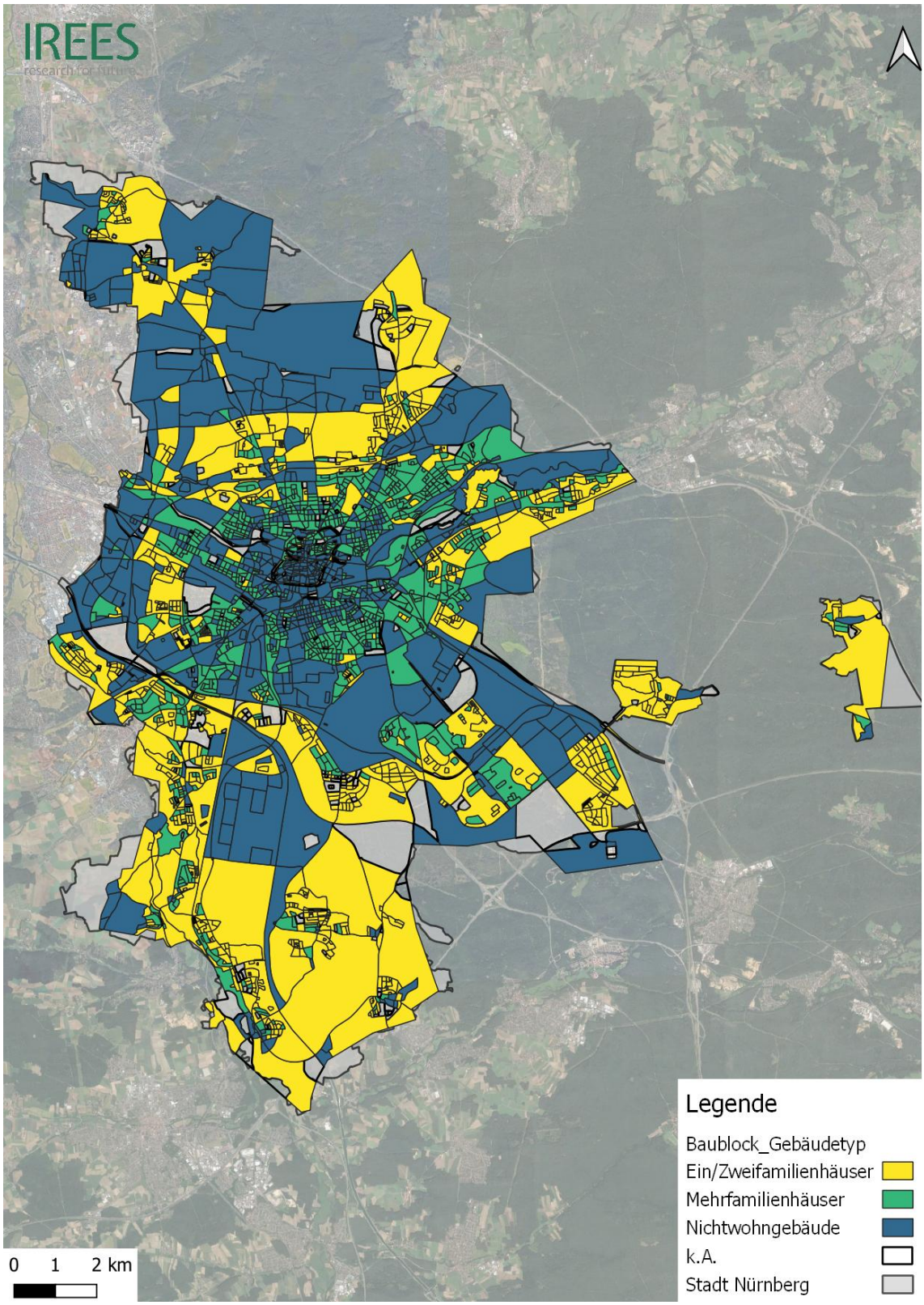
In den folgenden Abbildungen werden die Kennwerte dargestellt. Nach dem Wärmeplanungsgesetz ist die räumliche Einheit „Baublock“ nicht eindeutig definiert. Die statistische Einheit Baublock der Statistik Nürnberg entspricht dabei nicht der Abgrenzung des Baublocks im Wärmeatlas, die in der Regel eine räumlich größere Bezugseinheit darstellt. Im Wärmeatlas der N-ERGIE sind diese anhand von Infrastrukturgrenzen in Verbindung mit den Bezirksgrenzen definiert (Janßen et al., 2024). Eine weitere kleinräumige Abgrenzung, die für ganz Deutschland vorliegt, stellt die Einteilung nach Siedlungsstrukturgrenzen dar, die durch das Digitale Basislandschaftsmodell (BASIS-DLM) des Amtlichen Topografischen

Informationssystems vorgegeben sind (Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, 2024). Auch diese stellen räumlich kleinere Aggregationsebenen als die Baublöcke des Wärmeatlas dar. Die folgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse jeweils entweder auf Baublockdarstellung nach dem Wärmeatlas oder auf Grundlage der räumlichen Gliederung nach Siedlungsstrukturtypen. Grundsätzlich können alle Daten auf unterschiedlichen Aggregationsebenen aus den Ergebnissen aufbereitet werden.

Abbildung 5 zeigt zunächst den überwiegenden Gebäudetyp in den Baublöcken. In der Altstadt und der engeren Innenstadt sowie den Innenstadtgürteln dominiert Geschossbau mit Mehrfamilienhäusern, Nichtwohngebäuden und Mischnutzung. Auch in den Außenstadtgebieten ist ein hoher Anteil an Nichtwohngebäuden vorhanden. Ein- und Zweifamilienhausbebauung als dominierendem Gebäudetyp ist insbesondere am Rand in den Außenstadtstadteilen, am Rand zum Innenstadtgürtel sowie im Norden der nordwestlichen Außenstadt und in der südlichen Außenstadt zu finden.

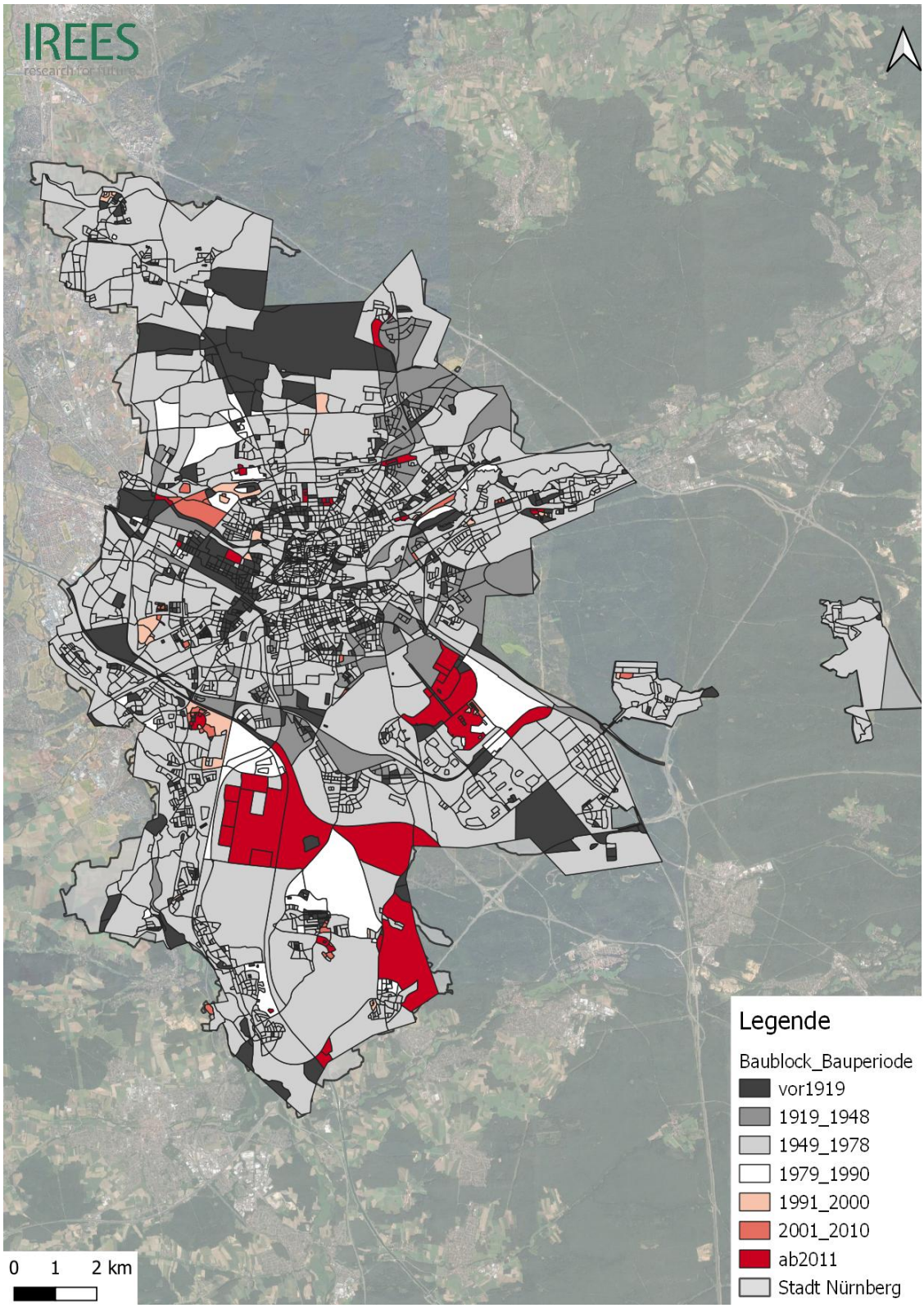
In Abbildung 6 und Abbildung 7 sind die überwiegenden Baualtersklassen in den Baublöcken bzw. Siedlungen dargestellt. Die überwiegende Baualtersklasse ergibt sich dabei aus dem Anteil der Gebäudeflächen nach Baualtersklasse im jeweiligen Baublock. Die Gliederung ergibt sich aus den Mikrozensusklassen des Zensus. Für die energetische Bewertung ist hierbei insbesondere die Bausubstanz entscheidend, die sich aus den typischen Bauweisen in den jeweiligen Epochen ergibt. Gebäude mit Baujahr bis 1978 sind vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet worden, für die es zum Bauzeitpunkt noch keine energetischen Anforderungen an die Gebäudehülle gab. Die Differenzierung nach Hauptnutzungsart ist in Abbildung 8 dargestellt.

Abbildung 5: Baublockbezogene Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps



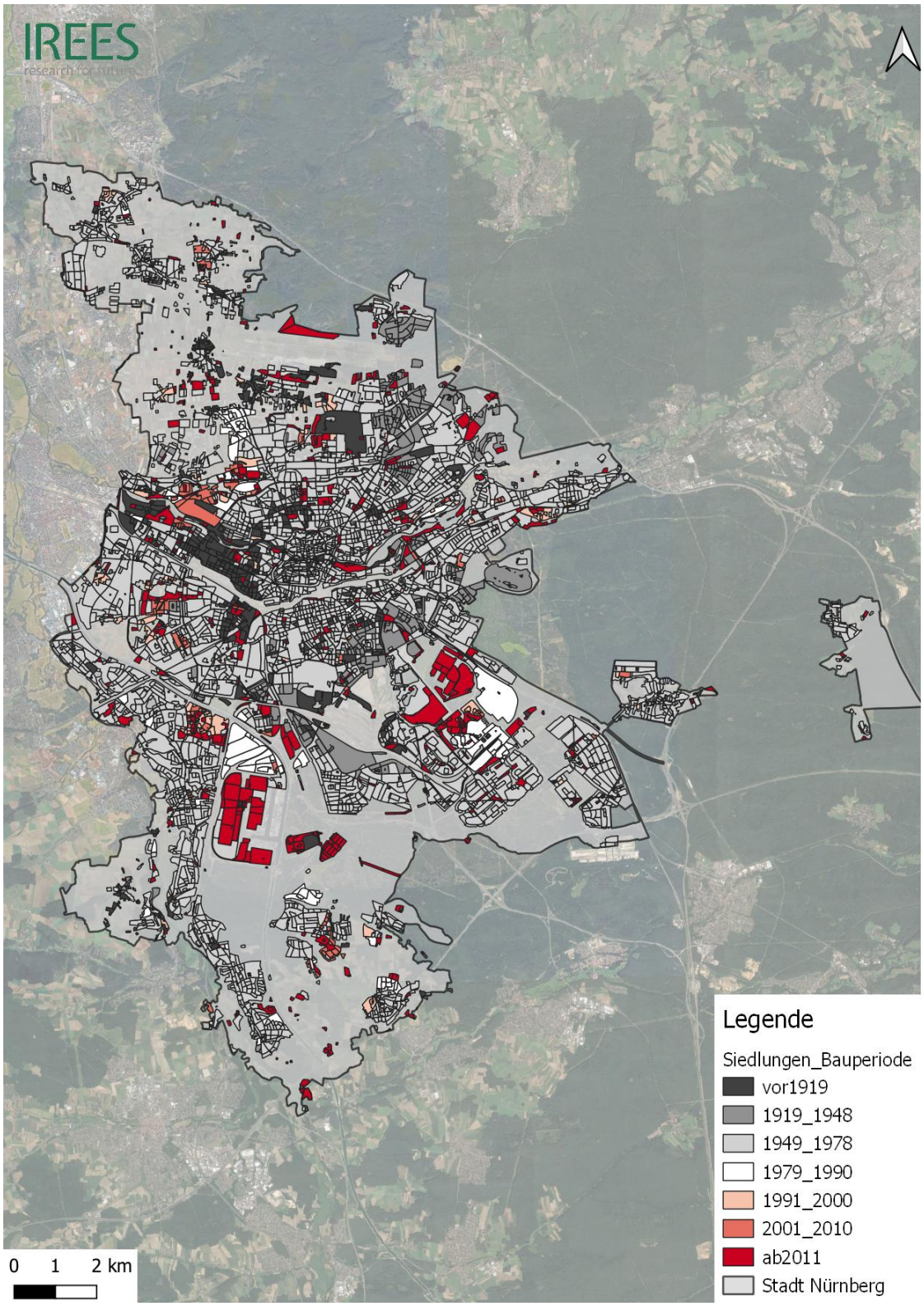
Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (Bayerische Vermessungsverwaltung, 2025a; Janßen et al., 2024; StA, 2025b; Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024)

Abbildung 6: Baublockbezogene Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse



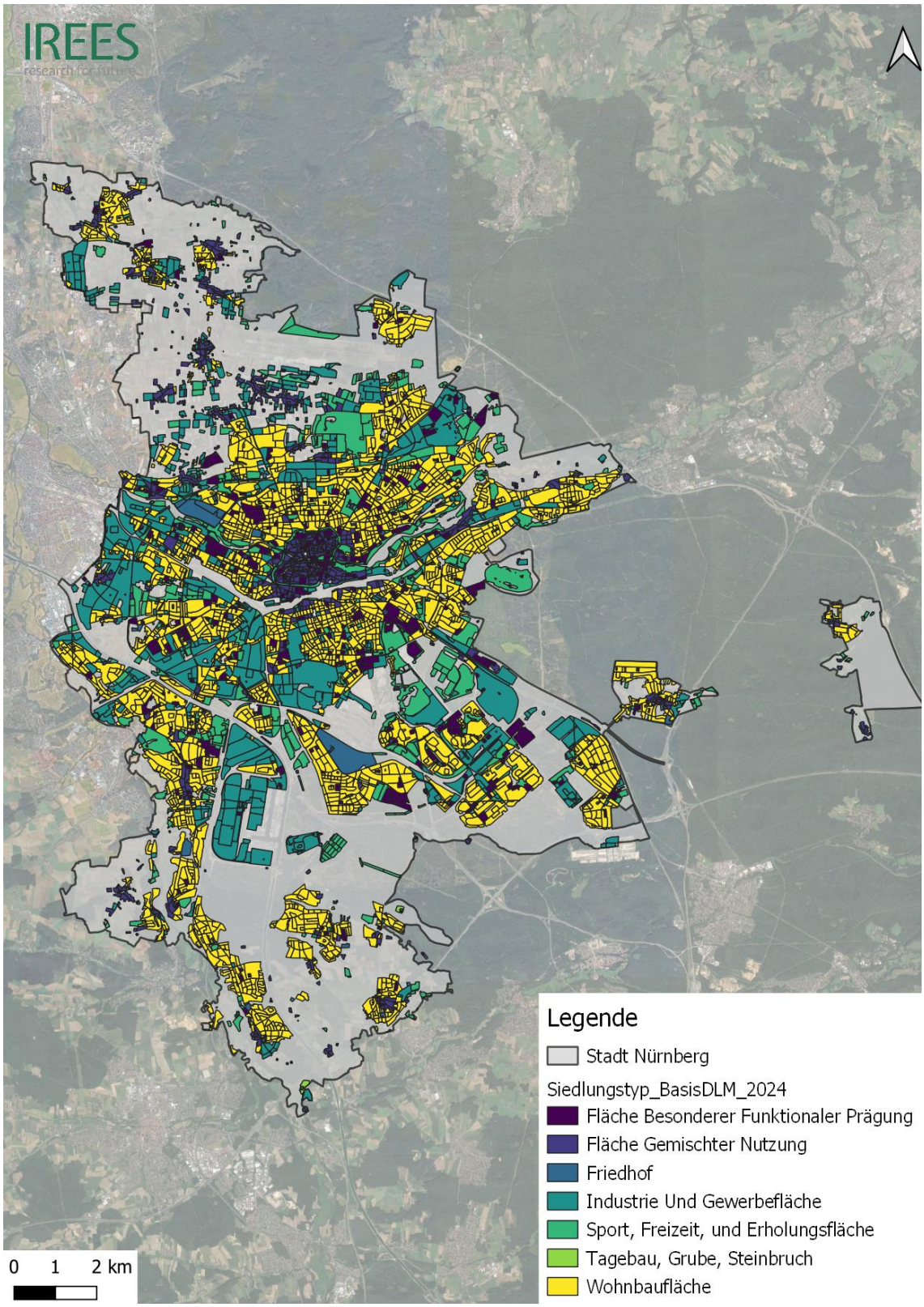
Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (StA, 2025b; Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024)

Abbildung 7: Überwiegendes Baualter in den jeweiligen Siedlungsgebieten



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025: Primärdaten: (StA, 2025b; Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024)

Abbildung 8: Hauptnutzungsart in den jeweiligen Siedlungsgebieten



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025: Primärdaten: (Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, 2024)

2.3 Analyse der Energieinfrastruktur

Die folgenden Unterkapitel stellen die systematische Erfassung der dezentralen Wärmebereitstellung sowie der zentralen Wärmebereitstellung und -verteilung über Wärmenetze dar.

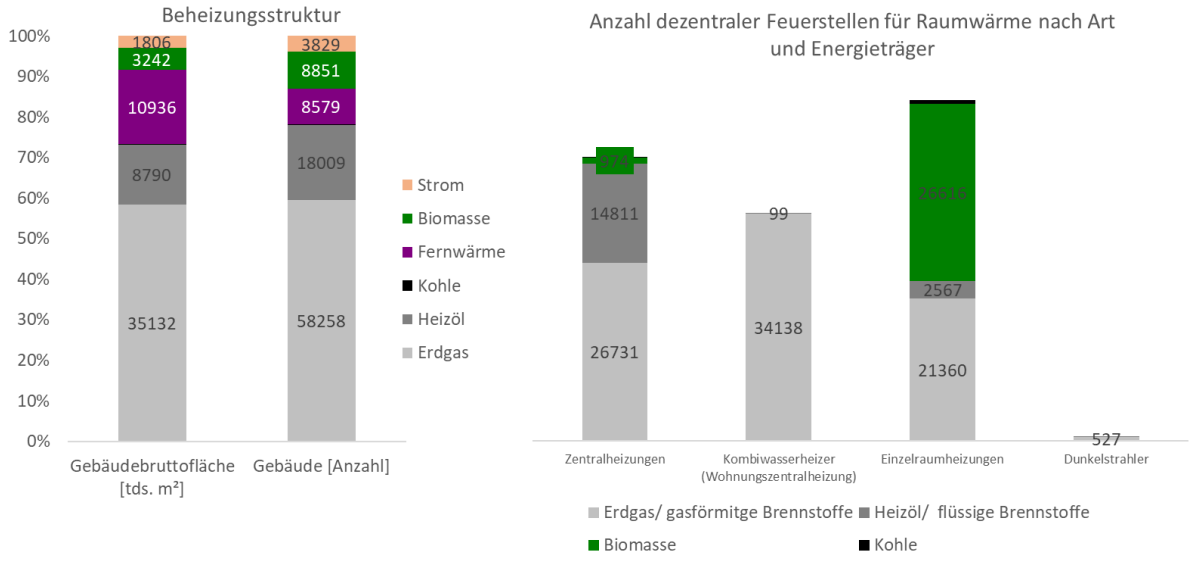
2.3.1 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger in Gebäuden

Die Beheizungsstruktur der Gebäude nach beheizter Gebäudefläche sowie nach Anzahl der Gebäude ist auf der linken Seite von Abbildung 9 dargestellt. Auf der rechten Seite ist die Anzahl der Feuerstätten zur dezentralen Raumwärmeerzeugung aufgetragen, die aus der Auswertung der Kehrdaten resultiert.

In Nürnberg werden rund 60 % der Gebäude mit Erdgas beheizt, 18 % mit Heizöl und 9 % mit Fernwärme. Mit Bezug auf die versorgte Gebäudefläche hat Fernwärme jedoch einen Anteil von 18 %, was darauf hinweist, dass vor allem Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude über Fernwärme versorgt werden. Im Transformationsplan Fernwärme (N-ERGIE) wird der Anteil der Fernwärme mit Bezug auf die den Nutzwärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser ausgewiesen, was einen Anteil von 27 % entspricht. Unter die Kategorie "Strom" fallen Stromdirektheizungen, Wärmepumpen und Infrarotheizungen, die insbesondere in Industriehallen oder Gewerbeobjekten zum Einsatz kommen.

Auf Basis der Kehrdaten konnten etwa 128 000 Feuerstätten identifiziert werden, die der Raumwärmebereitstellung dienen. Darunter befinden sich Zentralheizungen, Kombiwasserheizer (Etagenheizungen) und Einzelraumheizungen. Die Anzahl der Feuerstätten liegt dabei deutlich höher als die Anzahl der beheizten Gebäude. Dies liegt einerseits daran, dass besonders im Bereich der Mehrfamilienhäuser viele Gebäude über wohnungsweise Etagenheizungen versorgt werden. Zudem gibt es eine Vielzahl von Einzelraumheizungen, die im Fall von Biomasse insbesondere als Zusatzkomfortheizungen (z.B. Kaminöfen) dienen.

Abbildung 9: Beheizungsstruktur und Feuerstellen für Raumwärme in der Stadt Nürnberg



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (Bayerische Vermessungsverwaltung, 2025a; Janßen et al., 2024; StA, 2025a)

Die Kehrdaten erfassen ausschließlich die brennstoffbasierten Wärmeversorgungssysteme, sodass strombasierte Systeme wie Wärmepumpen nicht enthalten sind. Um die Anzahl der installierten Wärmepumpen zu ermitteln, werden verschiedene Datenquellen ausgewertet und verglichen. Hierzu zählen die Zensusdaten zur verwendeten Heizenergie der Gebäude zum Erfassungszeitpunkt 15. Mai 2022 sowie Marktdaten zum Zubau der Wärmepumpen im Bundesgebiet (BDH, 2025). Zudem wird die historische Förderstatistik des Marktanreizprogramms und der Bundesförderung effiziente Gebäude der in Nürnberg geförderten Anlagen ausgewertet, die durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Bafa) bereitgestellt wurde, sowie eine Analyse der N-ERGIE zu den Kunden mit Wärmepumpentarifen. Die Auswertung zeigt, dass bis Ende 2024 im Stadtgebiet weniger als 2 000 Wärmepumpen in Betrieb waren.

Tabelle 3: Quantifizierung der installierten Wärmepumpen in Nürnberg

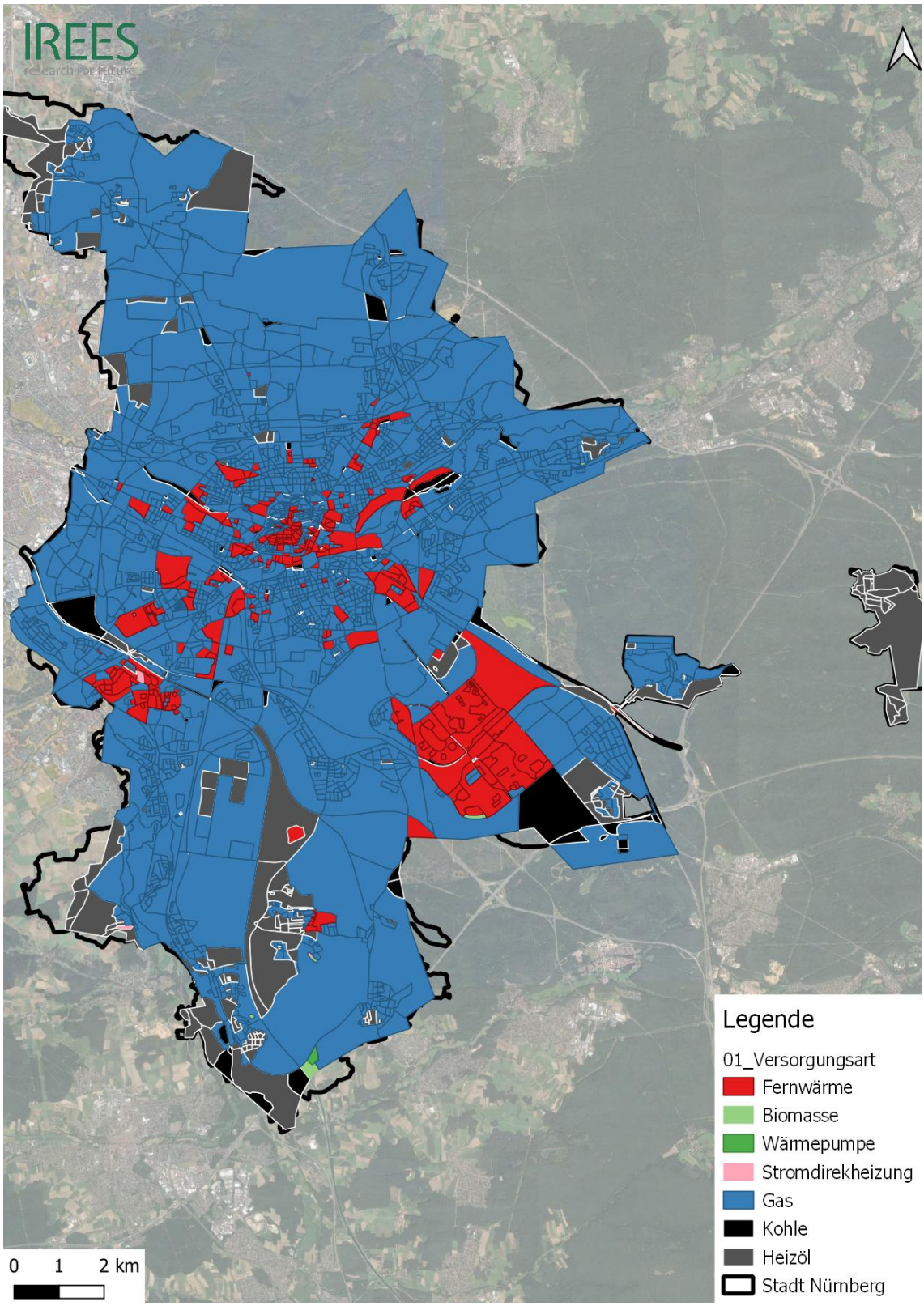
Datenquelle	**Anzahl Wärmepumpen**
Gebäude mit Wärmepumpen nach Zensus 2022 Energieträger der Heizung aus dem Zensus 2022 für die Stadt Nürnberg: Solar-/Geothermie, Wärmepumpen	1 294
Geförderte Wärmepumpen 2007 bis 2024 Marktanreizprogramm (MAP), Heizen mit erneuerbaren Energien (MAP20),	1 442

Bundesprogramm für effizientes Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM), Anzahl der bis zum 31.10.2024 als in Betrieb genommen gemeldeten Wärmepumpen-Anlagen in der Stadt Nürnberg seit 2007	
Kunden mit Wärmepumpentarifen Auswertung von N-ERGIE Ende 2024	1 760

Quellen: Eigene Berechnung auf Basis von (BDH, 2025; Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024); N-ERGIE; BAFA persönliche Information

Die räumliche Analyse der überwiegenden Wärmeversorgungsart auf Baublockebene ist in Abbildung 10 dargestellt. Dabei wird für jeden Baublock die Versorgungsart mit dem jeweilig höchsten Anteil an der versorgten Gebäudefläche des Baublocks dargestellt.

Abbildung 10: Überwiegende Wärmeversorgungsart auf Baublockebene



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (GEF Ingenieur AG, 2024; Janßen et al., 2024; StA, 2025a; Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024)

2.3.2 Analyse bestehender und geplanter Netze

Neben der Wärmeversorgungsstruktur in Gebäuden ist für die Potenzialanalyse und die Ableitung von Maßnahmen für das Zielszenario die Analyse der vorhanden Netzinfrastruktur und der vorhanden Wärmeerzeugungsanlagen relevant. Diese Daten werden ebenfalls in die GIS-Systeme integriert.

Analyse der Wärmenetze und Wärmeerzeugungsanlagen

Eine kartografische Darstellung des bestehenden Fernwärmenetzes Nürnberg ist in Abbildung 11 dargestellt. Das Netz wird durch die N-ERGIE Netz GmbH betrieben und ist seit 1937 beginnend mit der Dampfnetzversorgung sukzessive ausgebaut worden. In den 1950er und 1960er Jahren wurden große Teile der Innenstadt sowie neue Siedlungsgebiete wie Langwasser an das Netz angeschlossen (N-ERGIE, 2024b).

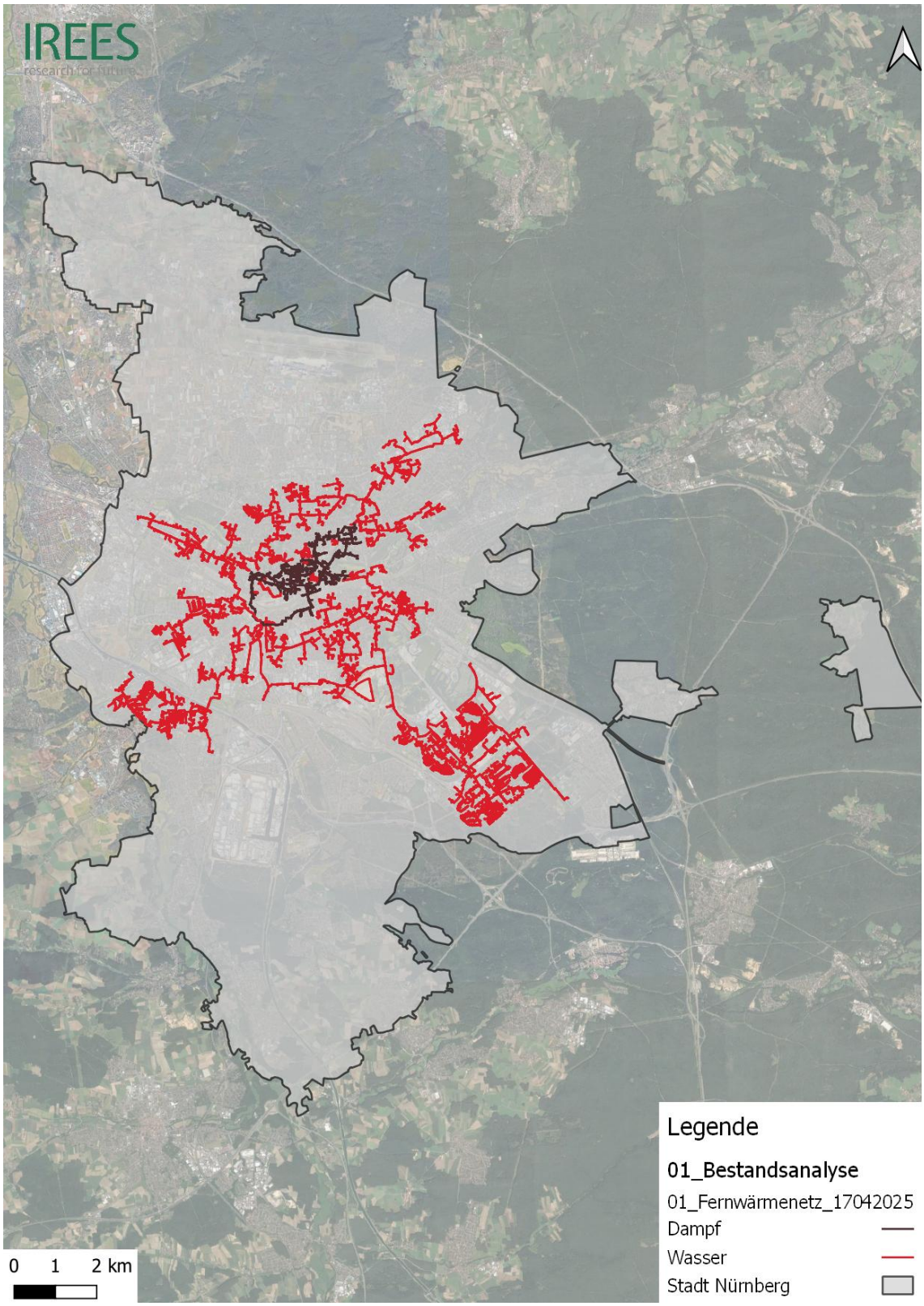
Das Fernwärmenetz in Nürnberg ist durch eine hohe Anzahl unterschiedlicher Teilnetze gekennzeichnet. In 48 Teilnetzen werden unterschiedliche Temperaturregimes gefahren, was auf eine beachtliche Komplexität des Netzes schließen lässt. Das Dampfnetz wird bei Temperaturen von 167 °C im Vorlauf (VL) und 70 °C im Rücklauf (RL) betrieben. Im Heißwassernetz reichen die Temperaturen je nach Netzabschnitt von maximal VL 130°C / RL 65°C bis minimal VL 70 °C / RL 55°C. Tabelle 4 fasst die zentralen Parameter des bestehenden Fernwärmenetzes zusammen. Über 40 % der Trasse ist in Kunststoffmantelrohr ausgeführt, rund 20 % ist in Haubenkanälen verlegt und rund 25 % sind Stahlleitungen in Gebäuden, Schächten oder als Freileitungen.

Tabelle 4: Fernwärmenetzparameter Nürnberg

Netz	**Netzlänge / Trassenlänge**	**Übergabestation**	**Temperaturniveau**
Dampfnetz	38 km Dampf 60 km Kondensat	618	167 °C T_{VL} 70 °C T_{RL}
Heißwassernetz	320 km Trassenlänge	5 590	70 - 130 °C T_{VL} 55 – 65 °C T_{RL}
Gesamt	358 km Trassenlänge	6 208	

Quelle: Eigene Darstellung IREES/ e-think 2025; Primärdaten: (N-ERGIE, 2025b)

Abbildung 11: Fernwärmenetz in Nürnberg



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: N-ERGIE

Tabelle 5 zeigt die im Bestand befindlichen zentralen Wärmeerzeuger mit den derzeit zur Verfügung stehenden thermischen Leistungen zur Einspeisung in das Fernwärmenetz Nürnberg.

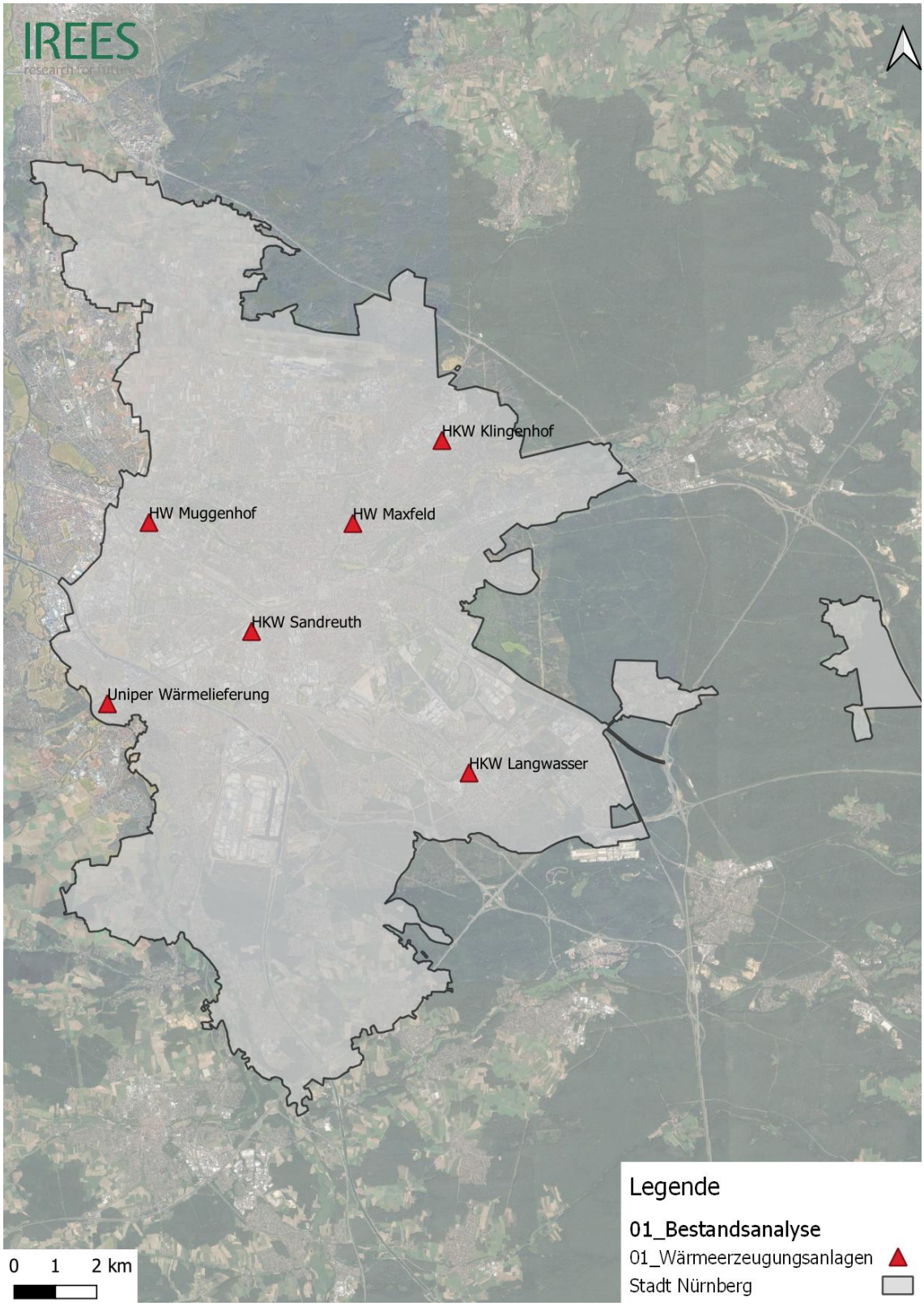
Tabelle 5: Bestehende Wärmeerzeugungsanalagen in der Fernwärme

Standorte / Erzeugungsanlagen	**Thermische Leistung/**	**Elektrische Leistung**	**Energieträger**	**Inbetriebnahme**	**Wärmeerzeugung 2022**	**Anteil 2022**
Einheit	[MW_{th}]	[MW_{el}]		[Jahr]	[GWh]	[%]
Heizkraftwerk Sandreuth gesamt ohne Wärmespeicher	345	214		2005	1 128	88,3%
Erdgas GUD-HKW, Dampflieferung Müllverbrennung	282		Erdgas, Heizöl, Dampf MVA	2005/ 2022*		
Biomasse HKW	14		Hackschnitzel	2012		
Elektrokessel	49		Strom	2014		
Wärmespeicher	94		Speichergröße 1500 MWh	2014		
Heizkraftwerk Langwasser	110*	8,8		1978	69,4	5,4%
5 Heißwasserkessel	104		Erdgas, Heizöl	1971 -2010		
2 BHKW	9.6		Erdgas	2019		
Heizkraftwerk Klingenhof	27	8,8		1971-2018	49,8	3,9%
3 Heißwasserkessel	25,5		Erdgas			
2 BHKW	9,6		Erdgas			
Heizwerk Muggenhof	71	-	Heizöl	1989	2,4	0,2%
Heizwerk Maxfeld	105	-	Erdgas Heizöl	1978 -1986	15,8	1,2%
Wärmelieferung von Kraftwerk UNIPER	30	-	Erdgas Heizöl	-	14,9	1,0%
Summe	**688**	**231,6**			**1 281**	**100%**

Quelle: N-ERGIE;*110 MWth maximal abrufbar

Die Standorte der bestehenden Fernwärmerzeugungsanlagen sind in Abbildung 12 dargestellt. Auf geplante Wärmeerzeugungsanalagen wird in der Potenzialanalyse (vgl. Kapitel 4) eingegangen.

Abbildung 12: Darstellung der bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen



Quelle: IREES / e-think 2025; Primärdaten: N-ERGIE

Analyse bestehender Nahwärmenetze

Neben dem Fernwärmenetz besteht auch eine Reihe von Nahwärmenetzen im Stadtgebiet Nürnberg. Diese werden zum großen Teil ebenfalls von der N-ERGIE betrieben. Tabelle 6 gibt einen Überblick zu den zentralen Parametern dieser Netze.

Tabelle 6: Bestehende Nahwärmenetze in Nürnberg

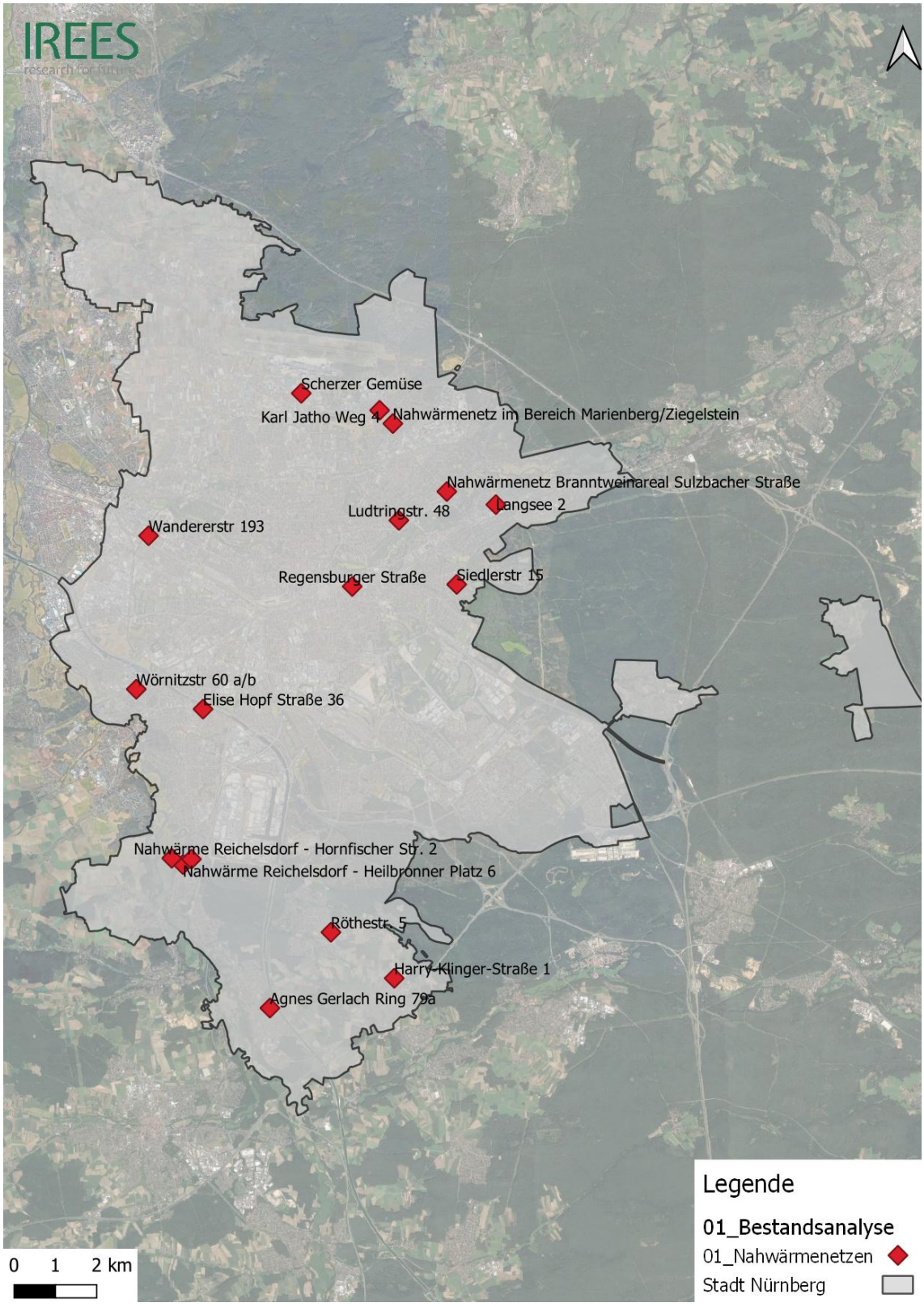
Bezeichnung	**Inbetriebnahme**	**Wärmelieferung 2023**	**Netztemperaturnen**	**Trassenlänge**	**Wärmeerzeuger**	**Energieträger**
	[Jahr]	[MWh]	[°Celsius]	[km]		
Nbg_Reichelsdorf_HeilbP	1996	2371	max. 95	1,5	Kessel	Erdgas
Nbg_Reichelsdorf_Hornfi	1996	1302	max. 95	0,38	Kessel	Erdgas
Nbg_Reichelsdorf_Weltenb	1996	1630	max. 95	0,38	Kessel	Erdgas
Nbg_Agnes-Gerlach-Ring	2015	378	VL 70- 55 /RL 55- 40	0,5	Kessel	Holzpellet
Nbg_Karl-Jatho-Weg	2010	4995	VL 70 - 90/ RL 50	1,0	Kessel, BHKW	Erdgas Biogas Heizöl
Nbg_Langsee-2	2020	756	VL 70/ RL 45	n/a	Kessel, BHKW	Erdgas: Holzpellet
Nbg_Ludtring-48	2010	443	Sekundär VL 65 Primär FW 120	n/a	FW-Übergabe station	Fernwärme
Nbg_Röthestr-5-Heizwerk_Nahwärme	1996	3235	VL 70-95 RL 48-55	n/a	Kessel, BHKW	Erdgas Biogas
Nbg_Siedlerstr-15-Heizwerk	2008	4496	n/a	1,044	Kessel, Turbine	Erdgas

Nbg_Wanderer	2013	353	VL 80 - 65	0,779	Kessel	Holzpellet Sollverbrauch 162 t/a
Nbg_Wörnitzstr-60b	2020	285	Primär: VL 85- 70/ RL 45 - 30 Sekundär 55/60	0,15	Kessel	Holzpellet
Nbg_Elise-Hopf-Str_Kornburg_BAII	n/a	30	kaltes Wärmenetz	0,604	Kollektoren, Wärmepumpe in den Wohnhäusern	Agrothermie Kollektorenfeld, Wärmepumpen in
Nbg_Regensburger	2023	1378	Sekundär VL 70/ RL 30 Primär (FW) VL 80 /RL 50	0,569	BHKW, Kessel	Erdgas Biogas
Nbg_Schmidt-Burkhardt-Str.1-Kornburg-Nord	2016	541	VL 80/RL 60	0,615	Kessel Wärmepumpe	Holzpellet Erdgas
Nahwärmenetz Marienberg/Ziegelstein infra Fürth	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Nahwärmenetz Branntweinareal Sulzbacher Straße. Betreiber techem	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Nahwärmenetz Scherzer Gemüse Flughafen	2007	n/a	n/a	n/a	Heizwerk	Hackschnitzel

Quelle: Eigene Darstellung IREES / e-think 2025; Primärdaten: N-ERGIE; (SCHERZER GEMÜSE, 2025)

Abbildung 13 zeigt die Verortung der Nahwärmenetze im Stadtgebiet.

Abbildung 13: Nahwärmenetze in Nürnberg

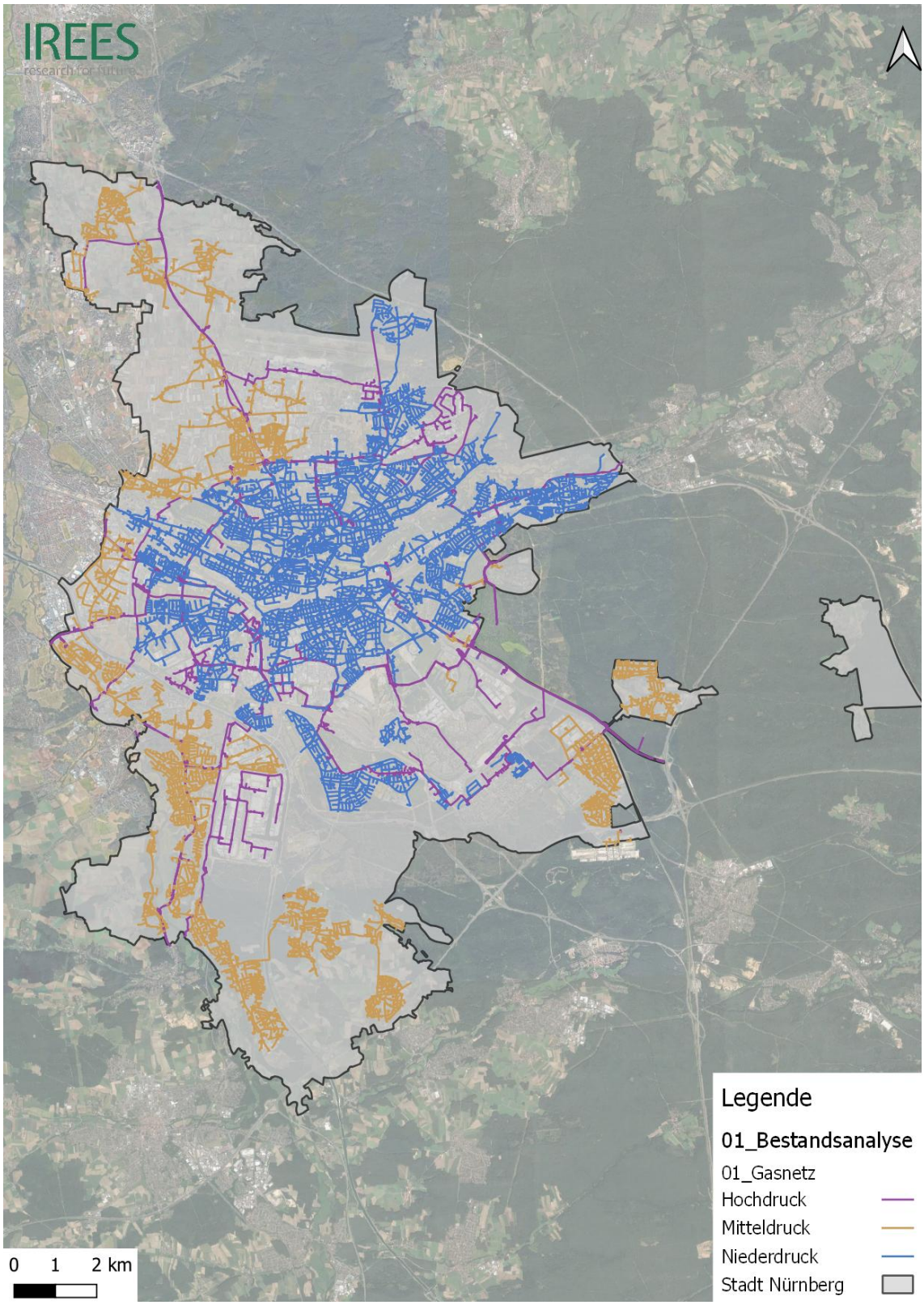


Quelle: IREES / e-think 2025; Primärdaten: N-ERGIE

Analyse des Gasnetzes

Die N-ERGIE Netz GmbH betreibt auch das Gasnetz in Nürnberg. Abbildung 14 zeigt die Ausbreitung des Gasnetzes in Nürnberg differenziert nach den Druckstufen. Mit insgesamt ca. 1 263 km ist das Gasnetz in allen Stadtteilen in Nürnberg ausgebaut. Die Verteilung der Druckstufen auf die einzelnen Streckenabschnitte stellt sich wie folgt dar: 219 km auf Hochdruck, 394 km auf Mitteldruck und 650 km auf Niederdruck.

Abbildung 14: Bestehendes und geplantes Gasnetz in Nürnberg

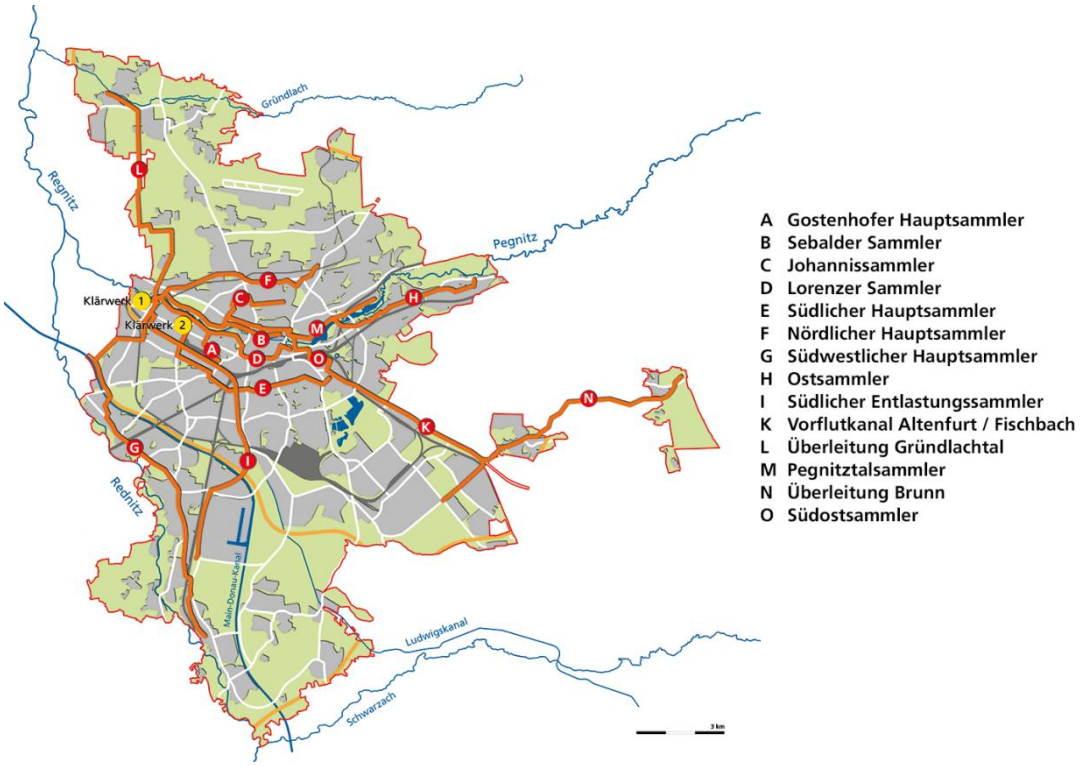


Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: N-ERGIE

Darstellung der Abwassernetze und-Leitungen

Die Nutzung der im Abwasser gespeicherten Wärme stellt ein erneuerbares Energien Potenzial dar (vgl. Kapitel 4). Dies kann über eine zentrale Erschließung am Standort von Kläranlagen passieren, um mittels Großwärmepumpen in das Fernwärmenetz einzuspeisen oder „dezentral“ durch die Installation von Wärmetauschern in Abwasserkanälen und der Nutzung über kleine Nahwärmenetze mit zentraler Wärmepumpe oder kalter Nahwärmenetze. Das Abwassernetz stellt daher eine wichtige Netzinfrastruktur für die Wärmeplanung dar. Abbildung 15 gibt eine Übersicht über das bestehende Abwassernetz. Relevant für eine mögliche Wärmenutzung sind dabei insbesondere die Hauptsammler mit ausreichend Kanalprofilen.

Abbildung 15: Abwassernetz und Leitungen



Bildquelle: (Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg, 2024)

2.4 Endenergiebedarf für Wärme in Nürnberg

2.4.1 Vorgehen und Differenzierung

Die Analyse des Wärmeendenergieverbrauchs basiert auf Energieverbrauchsdaten für die Referenzjahre 2020 bis 2022, die auf das langjährige Mittel witterungsbereinigt wurden. Das Basisjahr für die folgenden Darstellungen ist 2022. Grundlage für die Aufstellung der Wärmebilanz sind dabei die bereits im vorhergehenden Kapitel dargestellten Datenquellen zur Analyse der Wärmeerzeugungsstruktur (vgl. Kapitel 2.1) sowie die Fortschreibung der Energie- und THG-Bilanz für die Stadt Nürnberg 2022 (Energieagentur Nordbayern & Nürnberg, 2024).

Der für die Untersuchung relevante Endenergieverbrauch beinhaltet die Anwendungen Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den Sektoren Private Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD), Industrie sowie kommunale Einrichtungen[12]. Der Prozesswärmebedarf wird in der Darstellung der Wärmebilanz aufgeführt. Allerdings ist für eine Untersuchung der Dekarbonisierungsoptionen von mittel- und Hochtemperaturprozessen eine detailliere Betrachtung in den jeweiligen Betrieben erforderlich. Der Prozesswärmebedarf der Industrie ist für die weitere Analyse daher insbesondere mit Bezug auf das Potenzial und die Verwendung von industrieller Abwärme relevant.

Der Kältebedarf zur Klimatisierung ist im Vergleich zur Wärmebereitstellung von untergeordneter Rolle. In Deutschland hat der Kältebedarf zur Klimatisierung[13] einen Anteil von 0,2 % am Endenergiebedarf der Privaten Haushalte im Vergleich zu 84 % für Raumwärme und Warmwasser. Im GHD-Sektor beträgt der Anteil für Klimakälte 1,2 % im Vergleich zu 46 % für Raumwärme und Warmwasser. In der kommunalen Energiebilanz ist dieser im Stromverbrauch subsummiert. Auch wenn der Kältebedarf in Zukunft aufgrund des Klimawandels an Bedeutung gewinnen wird, bleibt die Relevanz im Verhältnis zur Wärmebereitstellung gering[14].

Ebenso ist der Verkehrssektor sowie der Endenergieverbrauch für nicht wärmebezogene Stromanwendungen (Haushaltsgeräte, Informations- und Kommunikationstechnologien) nicht Teil der Wärmebilanz.

2.4.2 Endenergieverbrauch für Wärme nach Sektoren und Energieträgern

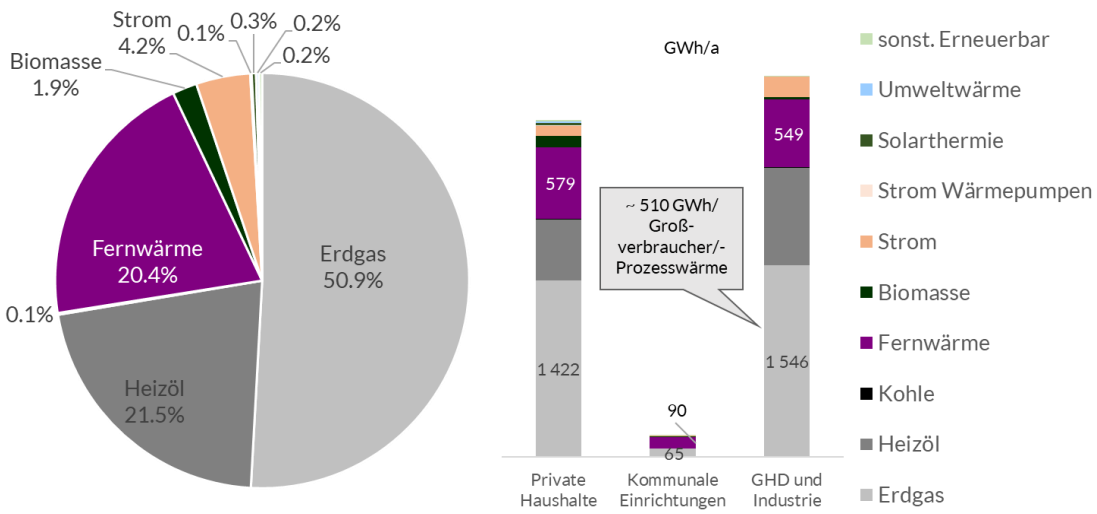
Abbildung 16 zeigt den Wärmeendenergiebedarf nach Energieträgern und Sektoren der Stadt Nürnberg. Im Jahr 2022 betrug der witterungsbereinigte Wärmeendenergieverbrauch 5 966 GWh/a. Mit 3 073 GWh/a entfällt 52 % des Wärmeendenergieverbrauchs auf die Sektoren GHD und Industrie. Davon können rund 510 GWh Großverbrauchern und Prozesswärme zugeordnet werden. Auf den Sektor Private Haushalte bzw. Wohngebäude entfallen 2 716 GWh/a mit einem Anteil von 46 % und 3 % des Wärmeendenergieverbrauchs entfallen mit rund 172 GWh/a auf kommunale Einrichtungen.

[12] In der Energiebilanzierung auf nationaler Ebene nach der AG Energiebilanz sind kommunale Einrichtungen dem Sektor GHD zugeordnet. Auf kommunaler Ebene werden bei der Aufstellung der Energie- und THG-Bilanzierung entsprechend der „Bilanzierungs-Systematik für Kommunen“ (BISKO) kommunale Einrichtungen separat bilanziert

[13] BMWK (2022). Zahlen und Fakten: Energiedaten - Nationale und internationale Entwicklung- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

[14] Steigender Kältebedarf sollte zunächst durch passive Maßnahmen wie sommerlichen Wärmeschutz und den Fokus auf Dämmmaterial mit hoher Wärmespeicherfähigkeit ausgeglichen werden.

Abbildung 16: Wärmeendenergieverbrauch Nürnberg nach Energieträgern und Sektoren

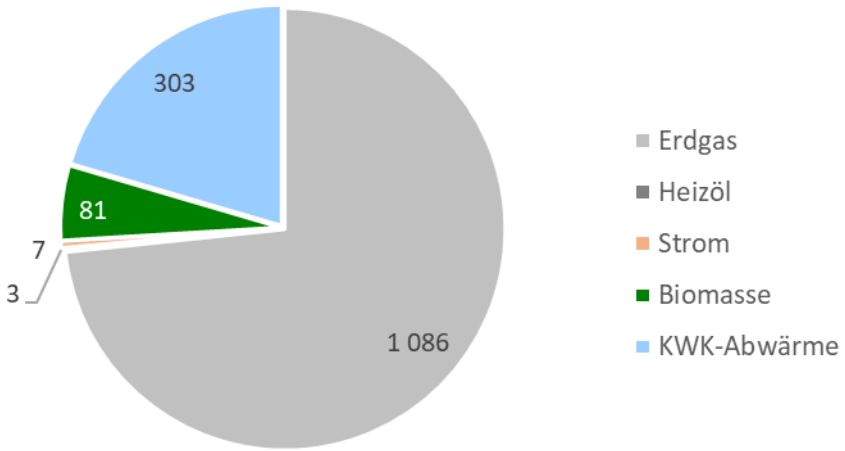


Quelle: Eigene Darstellung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (Bayerische Vermessungsverwaltung, 2025a; Energieagentur Nordbayern & Nürnberg, 2024; GEF Ingenieur AG, 2024; Janßen et al., 2024; StA, 2025a; Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024)

Mit Bezug auf die eingesetzten Energieträger dominiert Erdgas mit 51 % des Wärmeendenergieverbrauchs in Nürnberg, gefolgt von Heizöl mit 22 % und Fernwärme mit 20 %. Der Endenergieverbrauch für die nicht leitungsgebunden Energieträger Heizöl und Biomasse ist mit höheren Unsicherheiten verbunden, da hier keine gemessenen Verbrauchsdaten vorliegen.

Die Wärmebereitstellung im bestehenden Fernwärmenetz erfolgt wie bereits in Kapitel 2.3.2 dargestellt zum größten Teil über Erdgas-Heizkraftwerke. Abbildung 17 zeigt den Energieträgereinsatz der Fernwärmeerzeugung für das Jahr 2022.

Abbildung 17: Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern [GWh]



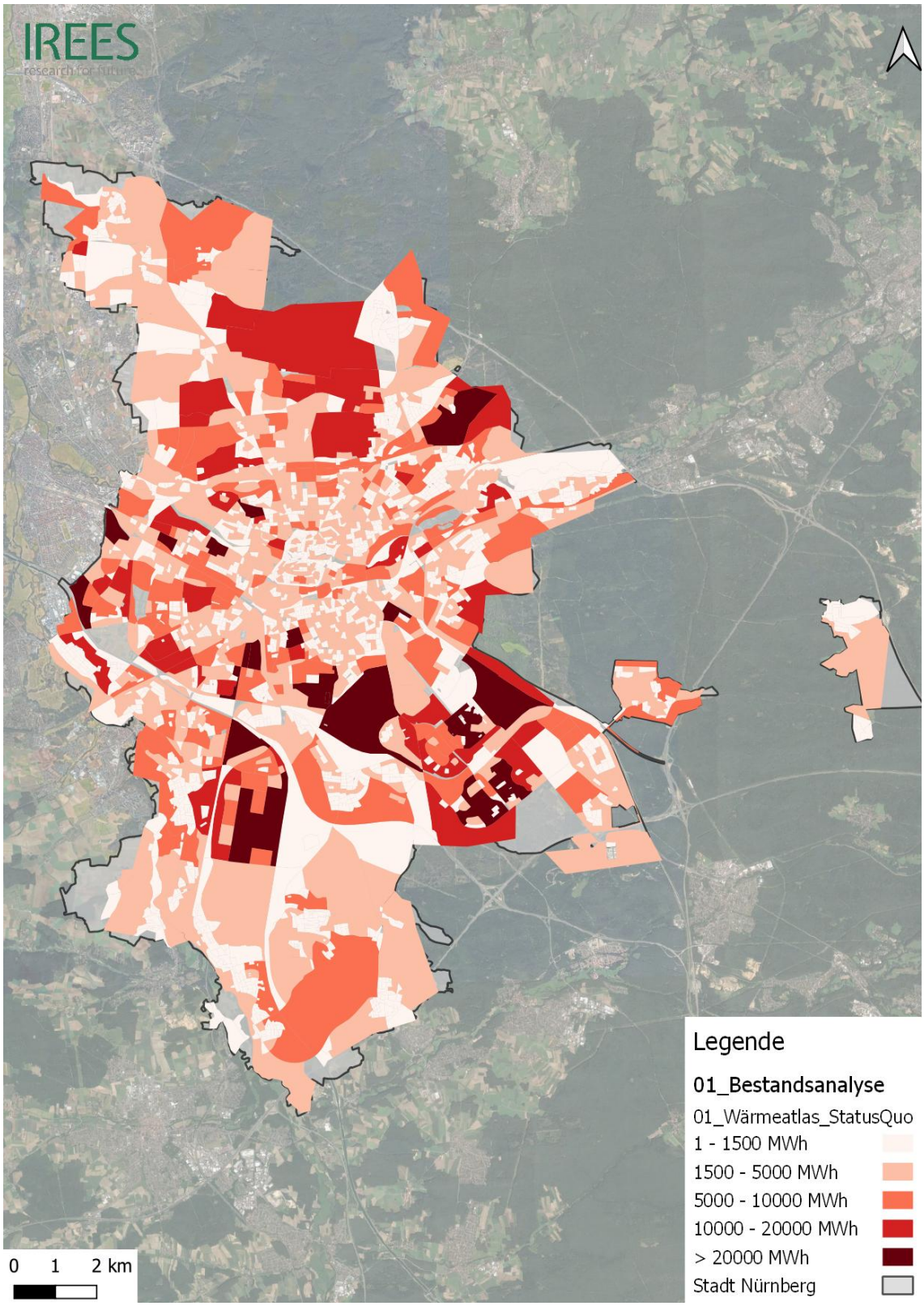
Quelle: Eigene Darstellung IREES / e-think 2025; Primärdaten: N-ERGIE

2.4.3 Räumlich aufgelöster Endenergieverbrauch für Wärme

Die Ergebnisse der Analyse des räumlichen Wärmeendenergieverbrauchs sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Abbildung 18 zeigt den Wärmeendenergieverbrauch pro Baublock.

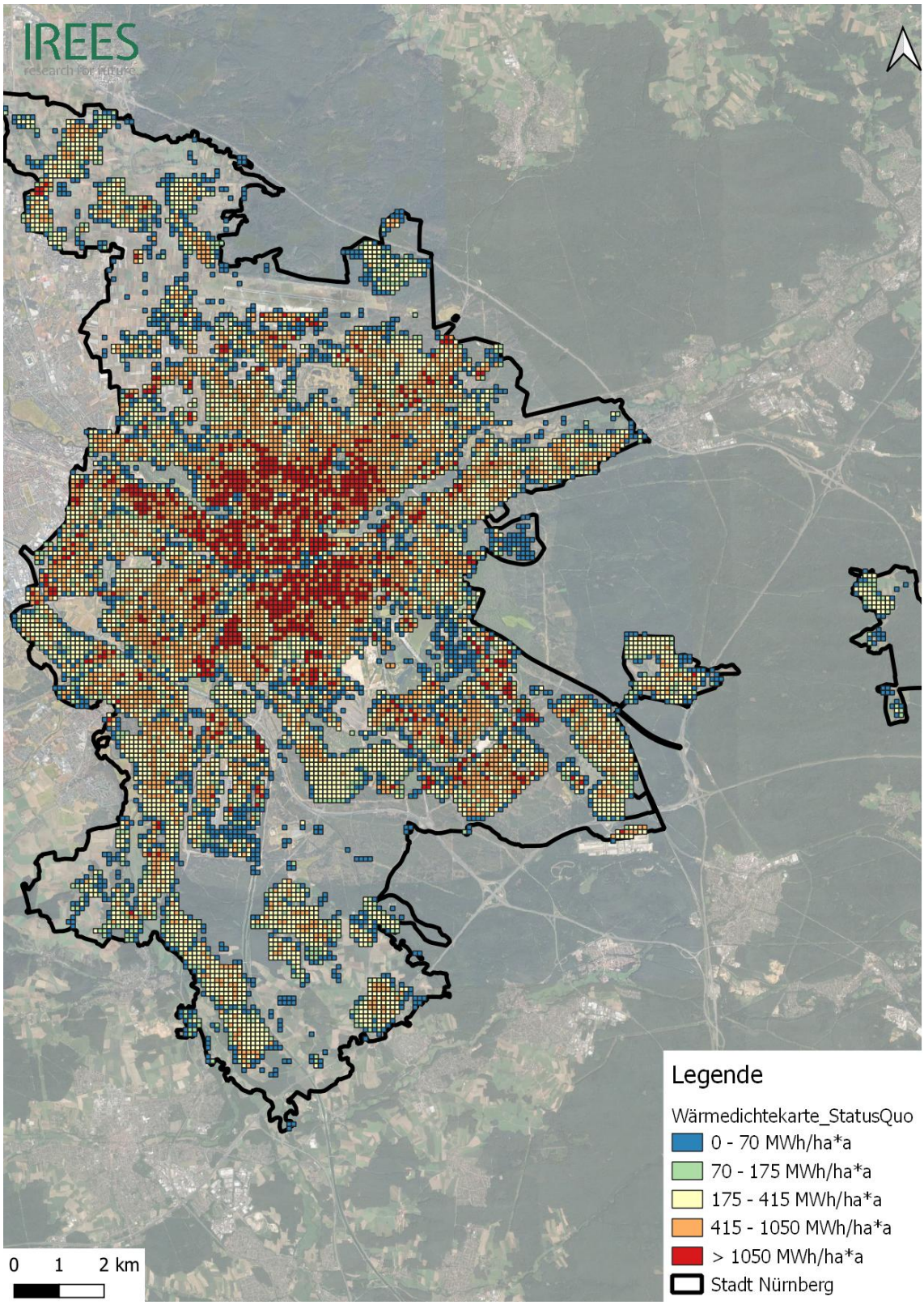
Aufgrund der unterschiedlichen Größe der Baublöcke ist diese Analyse jedoch nur bedingt geeignet, um zusammenhängende Gebiete mit hohem Wärmebedarf zu identifizieren. Daher zeigt Abbildung 19 den Wärmebedarf auf einer einheitlichen räumlichen Bezugsgröße von 1 Hektar. Mit dieser Wärmedichtenanalyse wird deutlich in welchen Gebieten hohe Wärmebedarfe anzutreffen sind und wo eine zentrale Versorgung über Wärmenetze grundsätzlich sinnvoll sein kann.

Abbildung 18: Wärmebedarf auf Baublockebene



Quelle: Eigene Darstellung IREES / e-think 2024; Primärdaten: (GEF Ingenieur AG, 2024; Janßen et al., 2024)

Abbildung 19: Wärmebedarf auf Rasterebene



Quelle: Eigene Darstellung IREES / e-think 2024; Primärdaten: (GEF Ingenieur AG, 2024; Janßen et al., 2024)

2.5 Treibhausgasemissionen der Wärmebereitstellung

Aus dem Wärmeendenergieverbrauch nach Energieträgern werden die THG-Emissionen inklusive Vorketten der Wärmebereistellung im Gebäudesektor in Nürnberg berechnet. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die in der Bilanzierung verwendeten spezifischen Emissionsfaktoren. Diese sind nach dem „Technikkatalog Wärmeplanung“[15] angesetzt, die maßgeblich auf den Emissionsfaktoren nach Gebäudeenergiegesetz (Anlage 9) basieren. Die Fortschreibung der Emissionsfaktoren in die Zukunft ist für die Bewertung des Zielszenarios relevant (vgl. Kapitel 5.3). Die THG-Emissionen ergeben sich durch Multiplikation des Endenergieverbrauchs des jeweiligen Energieträgers mit den spezifischen Emissionsfaktoren. Für die Fernwärmeerzeugung wird der spezifische Emissionsfaktor der Fernwärmeerzeugung nach der Carnot Methode angesetzt, der von N-ERGIE bereitgestellt wird (N-ERGIE, 2024a). Für die Jahre 2020 bis 2022 lag dieser im Mittel bei 108 g CO2-Äquivalent / kWh. Wird hingegen die Strom-Gutschriftmethode angesetzt, wird der in den KWK erzeugte Strom mit dem Verdrängungsstrommix angerechnet. Aus der auf dieser Basis erstellten Bescheinigung nach dem *AGFW Arbeitsblatt FW 309 Teil 1* wird für die derzeitige Fernwärmeversorgung in Nürnberg ein Emissionsfaktor von 0 g/kWh aufgewiesen[16].

Tabelle 7: Spezifische THG-Emissionsfaktoren inklusive Vorketten mit Bezug auf Wärmeendenergie in CO_2-Äquivalent

Emissionsfaktoren					
in g CO_2-Äquivalent pro kWh Endenergie (Hi)	**2021**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**
Heizöl	310	310	310	310	310
Erdgas	240	240	240	240	240
Braunkohle	430	430	430	430	430
Steinkohle	400	400	400	400	400
Holz	20	20	20	20	20
Biogas	140	133	130	126	123
Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0	0	0	0	0
Erdkälte, Umgebungskälte	0	0	0	0	0
Wärme aus Verbrennung von Siedlungsabfällen	20	20	20	20	20
Abwärme aus Prozessen	40	38	37	36	35
Strom	472	110	45	25	15

Quelle: Prognos (2024)

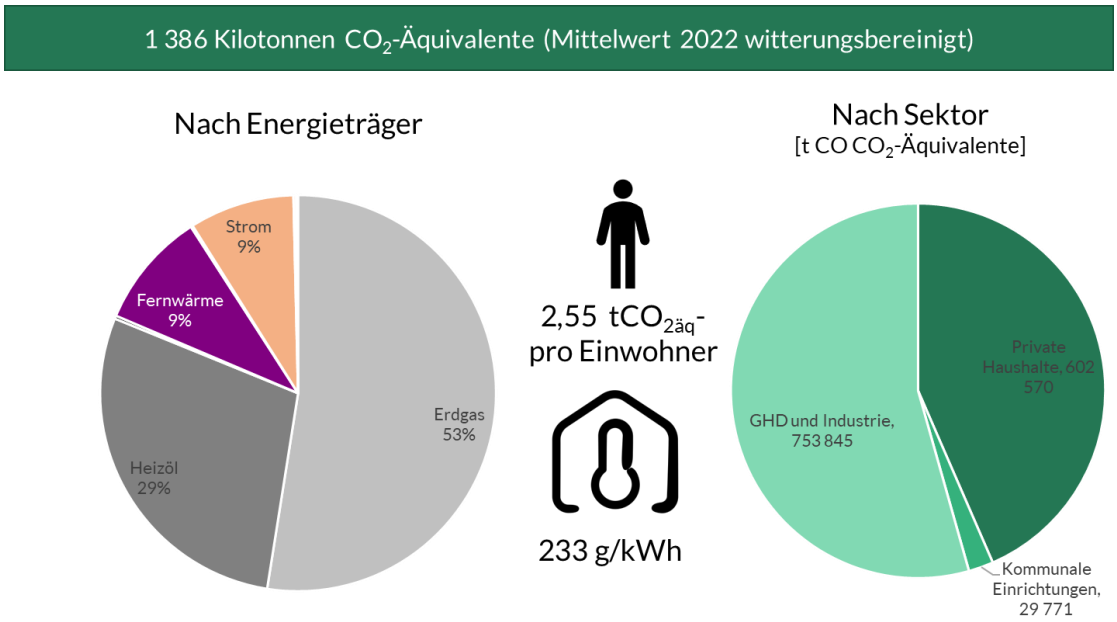
Abbildung 20 zeigt die resultierenden THG-Emissionen inklusive Vorketten für das Jahr 2022 differenziert nach Energieträgern (links) und Nachfragesektoren (rechts). Der witterungsbereinigte Wärmeendenergieverbrauch von 5 960 GWh/a entspricht bei dem derzeitigen Energieträgermix THG-Emissionen von 1 386 Kilotonnen CO_2-

[15] Prognos, ifeu, Universität Stuttgart (2024). Technikkatalog Wärmeplanung. Im Auftrag des BMWK und BMVBS. Stand August 2024. https://api.kww-halle.de/fileadmin/user_upload/Technikkatalog_W%C3%A4rmeplanung_Version_1.1_August24.xlsx

[16] Die Bescheinigung nach Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 1 weist für die Fernwärmebereitstellung in Nürnberg einen rechnerischen Emissionsfaktor für die Beurteilung nach GEG von 0 g /kWh aus (Schwarz, Michael, o. J.)

Äquivalent. Aufgrund des höheren Emissionsfaktors von Heizöl ist der Anteil an den THG-Emissionen höher als am Endenergieverbrauch. Die THG-Emissionen aufgrund von dezentraler Wärmeerzeugung mit Erdgas haben aber weiterhin den größten Anteil mit 53 %. Die Fernwärmeversorgung hat einen Anteil von 9 %. Wird die Fernwärme entsprechend der vorliegenden Bescheinigung der Stromgutschriftmethode mit null THG-Emissionen bewertet, reduzieren sich die gesamten THG-Emissionen für die Wärmebereitstellung entsprechend.

Abbildung 20: THG-Emissionsbilanz der Wärmebereitstellung in Nürnberg für das Jahr 2022



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (Bayerische Vermessungsverwaltung, 2025a; Energieagentur Nordbayern & Nürnberg, 2024; GEF Ingenieur AG, 2024; Janßen et al., 2024; StA, 2025a; Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024)

3 Analyse der Effizienzpotenziale

3.1 Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden

3.1.1 Methodisches Vorgehen

Zur Ermittlung der Effizienzpotenziale und der Wärmebedarfsszenarien werden zum einen die bereits vorliegenden Ergebnisse des Wärmeatlas verwendet, zum anderen wird eine eigene Modellierung mit dem Modell „Invert – Effizienzpotenziale“ eingesetzt (vgl. Modellbeschreibung im Anhang). In beiden Analysen wird neben den Effizienzpotenzialen durch Sanierungsmaßnahmen auch der Rückgang des Wärmebedarfs aufgrund steigender Temperaturen durch den Klimawandeln berücksichtigt und quantifiziert.

3.1.2 Effizienzpotenziale und Wärmebedarfsszenarien aus dem Wärmeatlas

Im Rahmen der durch die N-ERGIE beauftragten Studie: „Potenzialanalyse Fernwärme und Wärmepumpen im Stadtgebiet Nürnberg“ (Janßen et al., 2024) wurde durch das Fraunhofer IFAM auf Basis der Merkmale von einzelnen Gebäuden Energieeffizienzpotenziale berechnet. Dazu sind die Daten des Digitalen Wärmeatlas (2022)[17] systematisch mit weiteren Daten, wie beispielsweise Daten des amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems zu Gebäuden, den LOD2 Daten, den Daten zu Denkmalschutz, den Gas- und Fernwärmenetzdaten sowie den leitungsgebundenen Energieverbrauchsdaten ergänzt[18]. Darauf sind in der Studie für unterschiedliche Gebäudetypen und Baualtersklassen energetische Vollsanierungsraten und resultierende Energieverbräuche nach erfolgter Vollsanierung definiert worden. Von Janßen et al. (2024) sind zwei Szenarien untersucht worden:

(1) Referenzszenario mit moderaten Sanierungsaktivitäten
(2) Sparszenario mit ambitionierten Maßnahmen.

Als resultierender Wärmenutzenergiebedarf nach einer durchgeführten Vollsanierung werden in der Studie Werte in Abhängigkeit von der Baualtersklasse, dem Gebäudetyp und dem Sanierungszeitpunkt angenommen. Für Gebäude, welche vor 1948 errichtet wurden, liegt der Nutzwärmebedarf nach erfolgter Sanierung im Jahr 2025 im Bereich zwischen 62 – und 66 kWh/m². Wird eine Sanierung im Jahr 2045 durchgeführt, so wird unterstellt, dass der Bedarf auf 46-50 kWh/m² reduziert wird. Für neuere Gebäude ist unterstellt, dass diese ein höheres Effizienzniveau und damit niedrigere Nutzwärmebedarfe nach einer erfolgten Sanierung erreichen. Für Wohngebäude der Baualtersklasse 2002- 2008 liegen demnach die erreichten Nutzwärmeniveaus im Bereich von 44-47 kWh/m² bei Sanierungen, welche bis 2025 durchgeführt wurden. Diese erreichte Nutzwärmebedarfsreduktion steigt im angenommenen Szenario über die Zeit mit einem resultierenden Nutzwärmebedarf von 31-34 kWh/m² für

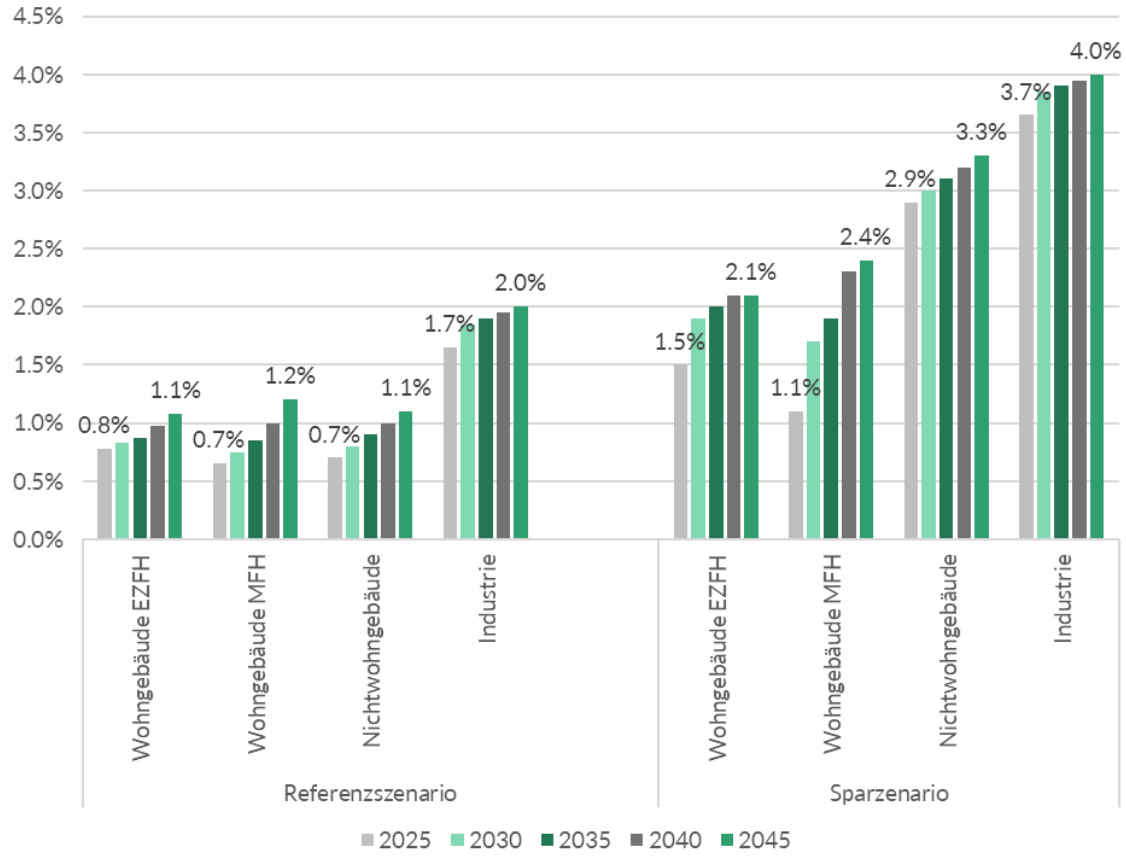
[17] Datensatz bereitgestellt durch die N-ERGIE, in weiterer Folge Wärmeatlas genannt.

[18] Für die Verwendung im KWP ist durch N-ERGIE ein Update der Wärmeatlasdaten vorgenommen worden. Hierbei sind weggefallene (durch Abriss) bzw. falsch zugerechnete Wärmebedarfe im Vergleich zur ursprünglichen Studie korrigiert worden.

Wohngebäude, welche im Jahr 2045 thermisch saniert werden. Des Weiteren wird in der Studie angenommen, dass sich der Nutzwärmebedarf durch die Effekte des Klimawandels bis 2045 um etwa 9 % reduzieren wird[19]. Die detaillierten Annahmen können dem Anhang des Endberichtes (Janßen et al., 2024) entnommen werden.

Die zu erreichende Sanierungstiefe ist in beiden Szenarien gleich. Der Unterschied liegt in den Annahmen bei den Sanierungsraten. Abbildung 21 zeigt die Mittelwerte der angenommen Sanierungsraten[20].

Abbildung 21: Angenommene Sanierungsraten aus den Szenarien des Wärmeatlas



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (Janßen et al., 2024); EZFH = Ein- und Zweifamilienhäuser; MFH = Mehrfamilienhäuser

Unter den Annahmen der Szenarien des Wärmeatlas reduziert sich der Nutzwärmebedarf der Gebäude im Referenzszenario um 16 % und im Sparszenario um 28 %.

Einordnung der Szenarien

[19] Grundlage ist die Änderung der Heizgradtage über den Zeitraum für den Standort Nürnberg. Hierbei wird die Veränderung aus der Extrapolation der Änderung der Heizgradtage seit dem Jahr 2000 ermittelt.

[20] In der Studie werden die Wohngebäude noch weiter differenziert in Einfamilienhäuser und Reihenhäuser, deren Sanierungsraten hier in der Darstellung als Mittelwert in Ein- und Zweifamilienhäuser (EFZH) zusammengefasst sind. Ebenfalls zusammengefasst dargestellt sind kleine und große Mehrfamilienhäuser (MFH). Die Sanierungsraten dieser Unterkategorien unterscheiden sich jedoch nur im Referenzszenario.

Um die Ambitionsniveaus der Szenarien einzuordnen, kann ein Vergleich mit dem aktuellen Mitmaßnahme-Szenario für das Bundesgebiet gezogen werden, welches im Rahmen der aktuellen THG-Projektionen (Projektionsbericht 2025) als Berichtspflicht im Rahmen des Klimaschutzgesetzes für das Umweltbundesamt erstellt werden. Das Szenario stellt dabei ein Referenzszenario dar, welches den derzeitigen Rechts- und Förderrahmen abbildet sowie aktuelle Energiepreisprojektionen berücksichtigt In dem neusten Szenario für den Gebäudesektor (ohne Industriegebäude), die ebenfalls durch IREES modelliert wurden, resultiert für das gesamte Bundesgebiet eine durchschnittliche Sanierungsrate für Wohngebäude von 1,5 % für den Zeitraum 2023 bis 2030 und zwischen 2031 und 2040 von 1,7 %. Bei Nichtwohngebäuden resultieren geringere Sanierungsraten von 0,7 % bis 2030 und 1,5 % im Zeitraum 2031 bis 2040. Der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser sinkt dabei um 30 % zwischen 2025 und 2045 unter Berücksichtigung des Klimawandeleffekts. Mit Bezug auf das erreichte Ambitionsniveau ist das Sparszenario aus dem Wärmeatlas also mit dem bundesweiten Referenzszenario (MMS) vergleichbar. Allerdings ist aufgrund der urbanen Bebauungsstruktur und damit höheren Sanierungshemmnissen z.B. aufgrund von Denkmalschutz im Vergleich zum gesamten Bundesgebiet das Sparszenario in Nürnberg als ambitioniertes Effizienzszenario zu bewerten.

3.1.3 Eigene Analyse räumlich differenzierter Effizienzpotenziale

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde mit den Auftraggebern vereinbart, dass im Zielszenario auf die Energieeffizienzentwicklung des Sparszenarios aus dem Wärmeatlas referenziert wird.

Zur Plausibilisierung der Energieeffizienzszenarien wurden vom Projektteam im Rahmen des Wärmeplanes drei unterschiedlich ambitionierte Effizienzszenarien berechnet. Dazu wurde aus den verfügbaren Daten ein Modell der Gebäude von Nürnberg und deren Wärmebedarf erstellt. Als Grundlage dafür wurden die folgenden Daten herangezogen:

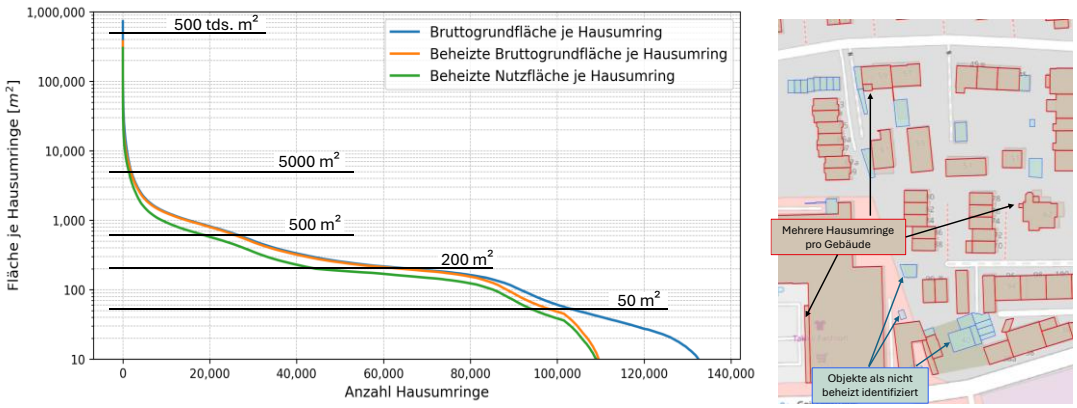
- Gebäude Geometrien aus den LOD2 Gebäudedaten des Landes Bayern
- Gebäude Geometrien der Hausumringe[21] des Landes Bayern
- Kehrbuchdaten mit Informationen zur Anzahl und Leistung von installierten Feuerungsleistungen nach Straßenzügen
- Informationen zur Anzahl an Wohngebäuden, Wohneinheiten, Baualtersklassen und Energieträgern auf Rasterebene (100x100 m und 1x1 km) auf Basis des Gebäudezensus 2022
- Verteilung der Baualtersklassen auf Blockebene
- Gebäude- und Energiebedarfsinformation auf Baublockebene aus dem Wärmeatlas
- Energieleitungsnetze

[21] Hausumringe sind georeferenzierte Umringpolygone von Gebäudegrundrissen. Sie sind ein Produkt des Liegenschaftskatasters und werden aus dem Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) abgeleitet. Ein Gebäude kann sich aus mehreren Hausumringen zusammensetzen.

Da diese Daten auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen bereitgestellt wurden, wird zunächst eine statistische Umlegung der einzelnen Datensätze auf die Ebene von Einzelgebäuden durchgeführt. Jedem Gebäude werden die Verteilungen zugeordnet, die sich aus den aggregierten Datensätzen ergeben. Anschließend werden die verschiedenen Daten bereinigt und, falls für einzelne Merkmale Informationen aus mehreren Datensätzen verfügbar sind (z.B. Verteilung der Baualtersklassen, Verteilung der verwendeten Energieträger), basierend auf eigenen Annahmen ein konsistenter Datensatz erstellt.

Abbildung 22 zeigt eine Darstellung der Bruttogrundfläche[22] je Hausumring über die Anzahl der Hausumringe Datensätze. Insgesamt sind im Datensatz etwa 135 000 Gebäudeobjekte enthalten. Im ersten Schritt erfolgt eine Bereinigung um Objekte, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht beheizt sind. Dies passiert auf Grundlage der Größe und der hinterlegten Gebäudekategorien. Der Filter umfasst dabei sehr kleine Gebäudeobjekte, „Garagenfilter“, Gebäudekategorien wie „historische Mauer“, „Umformerstation“, „Wasserbehälter“, „Brücke“. Nach der Analyse konnten rund 110 000 Gebäudeobjekte als beheizt identifiziert werden. Hier gilt es zu beachten, dass ein Gebäude im Datensatz durchaus aus mehreren Hausumringen bestehen kann. Dies ist dann der Fall, wenn ein einzelnes Gebäude stark unterschiedliche Gebäudehöhen (z.B. durch einen Zubau) oder Dachformen aufweist. Daher ist die tatsächliche Anzahl an Gebäuden geringer als die Anzahl der bereinigten Hausumringe.

Abbildung 22: Identifizierung der beheizten Bruttogrundflächen in Nürnberg und exemplarische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Gebäude und Hausumringen



[22] Die Die Bruttogrundfläche (BGF) ist die Summe aller Grundflächen eines Gebäudes (Summe der Grundflächen jedes Geschosses) inklusive der Konstruktionsflächen.

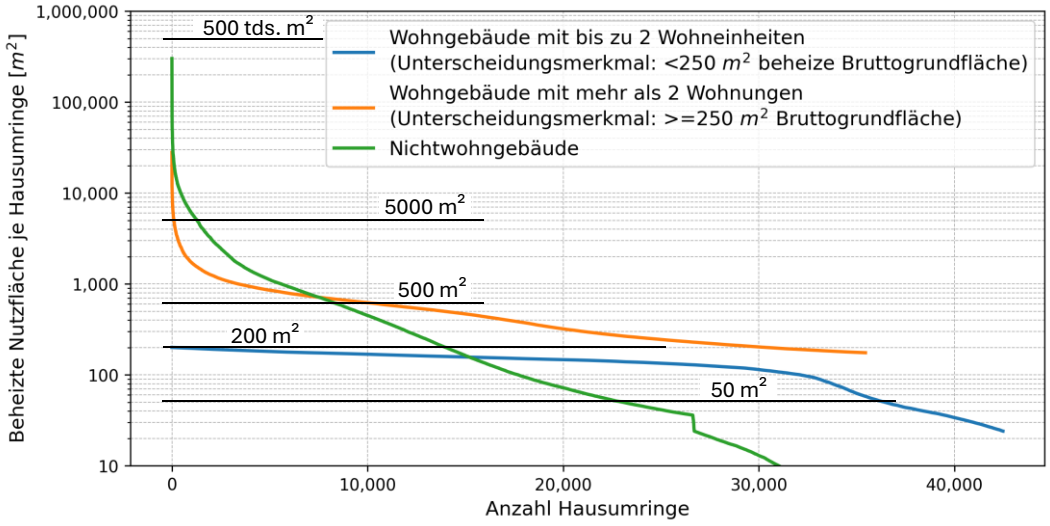
Quelle: IREES / e-think 2025; Primärdaten: siehe Datenbeschreibung oberhalb der Abbildung; Annahme/ Hinweis: Lichte Raumhöhe von 2.6 Meter je Hausumring, exemplarische Darstellung des Zusammenhangs von Hausumringen und Einzelgebäuden (rot umrandete Polygone) und Gebäuden (rechts)

Die Unterscheidung der Flächen je Hausumring nach den folgenden Gebäudetypen zeigt Abbildung 23:

- Wohngebäude mit bis zu 2 Wohneinheiten
- Wohngebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten
- Nichtwohngebäude

Zur Unterscheidung zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden wurde die im LOD2-Gebäudedatensatz angegebene Gebäudenutzungsart („Funktion“) herangezogen. Die Differenzierung zwischen Wohngebäuden mit bis zu zwei und mehr als zwei Wohneinheiten erfolgte auf Basis der berechneten beheizten Bruttogrundfläche des jeweiligen Hausumringes. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass diese Methode gewisse Unsicherheiten und Ungenauigkeiten beinhaltet. Neben der oben erwähnten Unsicherheit hinsichtlich der aus den Hausumringen abzuleitenden Anzahl an Gebäuden besteht insbesondere bei Mischnutzungen der Gebäude eine nicht eindeutige Zuordnung zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden. Grundsätzlich lassen die Daten jedoch vermuten, dass etwa 10 % der als Nichtwohngebäude gekennzeichneten Objekte zu großen Teilen als Wohngebäude genutzt werden. Nach umfassender Prüfung der Daten durch die Auftragnehmer wird jedoch der dadurch entstehende Fehler, insbesondere hinsichtlich des gesamten Energiebedarfes sowie der Energieeinsparpotenziale, als gering eingeschätzt.

Abbildung 23: Darstellung der berechneten beheizten Gebäudenutzfläche je Hausumring und Gebäudenutzungsart

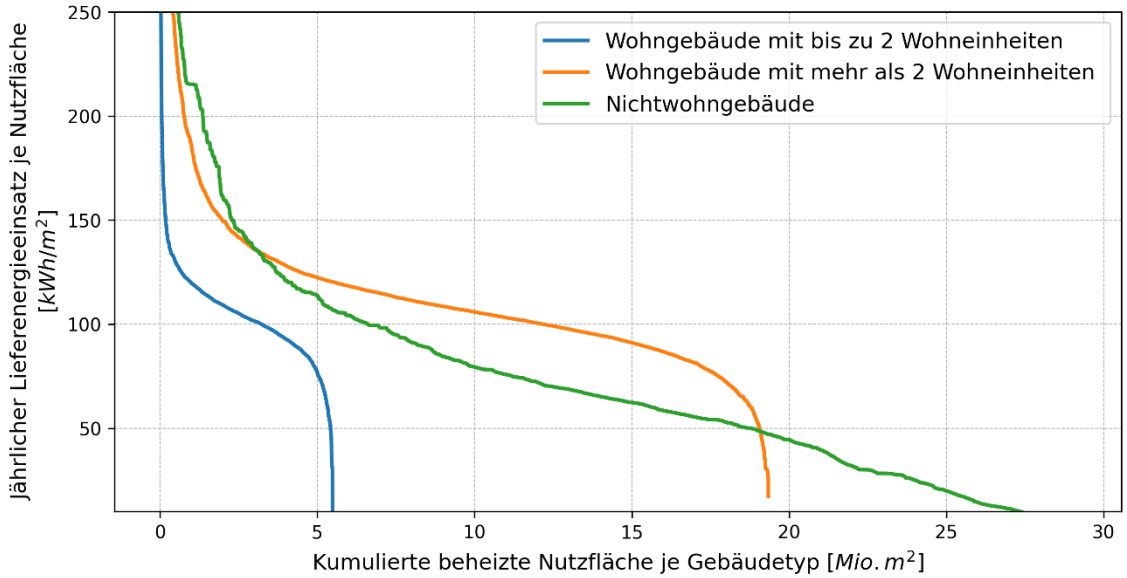


Quelle: IREES / e-think 2025; Primärdaten: siehe Datenbeschreibung oberhalb der Abbildung

Für jedes Gebäudeobjekt wurde im Anschluss der Wärmeendenergiebedarf berechnet. Hierzu wurden typische Kennwerte für verschiedene Gebäudetypen und -größen sowie Baualtersklassen angesetzt, um die Erzeugernutzwärmeabgabe[23] zu bestimmen. Die ermittelten Werte für jeden Baublock wurden so skaliert, dass der Gesamtnutzwärmebedarf pro Baublock und der Wärmeendenergieverbrauch für die gesamte Stadt Nürnberg mit den statistischen Daten übereinstimmt (vgl. Kapitel 2.1).

Die Ergebnisse zeigen, dass der Medianverbrauch bei Wohngebäuden bei etwa 110-120 kWh/m² Nutzfläche liegt (Abbildung 24). Bei Nichtwohngebäuden ist dieser Wert geringer als bei Wohngebäuden, wobei zu beachten ist, dass insbesondere teilbeheizte Gebäude mit großen Volumina den Durchschnitt der Nichtwohngebäude nach unten verzerren.

Abbildung 24: Spezifischer Endenergieverbrauch zur Wärmebereitstellung in Gebäuden in Nürnberg (exkl. Prozesswärme)



Quelle: IREES / e-think 2025; Primärdaten: siehe Datenbeschreibung oberhalb der Abbildung

Zur Berechnung der Energieeffizienzpotenziale werden nun für jedes Gebäude drei unterschiedliche Energieverbrauchniveaus berechnet. Als Vollsanierungsniveau werden dazu bei Gebäuden ohne Sanierungsbarrieren die in Tabelle 8 dargestellten Wärmeendenergieverbrauchniveaus zugeordnet. Dabei wird unterstellt, dass 20 % der Gebäude, welche vor 1949 errichtet wurden, sehr hohe Barrieren aufweisen und daher gegenüber den Gebäuden mit moderaten Sanierungsbarrieren nochmals eine geringere Sanierungstiefe erlauben. Des Weiteren wird berücksichtigt, dass im aktuellen Zustand manche Gebäude bereits thermisch saniert sind. Hier wird die

[23] Die Erzeugernutzwärmeabgabe beschreibt nach DIN V 18599 die Wärmeenergie, die an das Wärmeverteilsystem des jeweiligen Gebäudes abgegeben wird. Diese berücksichtigt dabei also bereits die Verluste der Wärmeerzeugung, jedoch noch nicht die Verluste der Wärmeverteilung und -Übergabe.

Annahme hinterlegt, dass zum jetzigen Zeitpunkt bereits bei 25 %[24] der Gebäude, die von 1949 bis 1990 errichtet wurden, eine umfassende thermische Verbesserung (inkl. Dämmung der Fassade) durchgeführt worden ist. Das bedeutet, dass die derzeit beobachteten Energieverbräuche bereits einen Mittelwert zwischen thermisch sanierten und thermisch unsanierten Gebäude darstellen und dass die Gebäude, welche in den kommenden Jahren thermisch saniert werden, im Ausgangszustand höhere Energieverbräuche aufweisen als die Verbräuche, die sich bei einer Durchschnittsbetrachtung ergeben.

Tabelle 8: Annahmen zu Sanierungstiefen

Endenergieeinsatz zur Raumwärme und Warmwasserbereitstellung	Sanierungstiefe 1	Sanierungstiefe 2	Sanierungstiefe 3
Gebäude errichtet bis 1949 mit sehr hohen Sanierungsbarrieren	112,2 kWh/m²a	94,6 kWh/m²a	77,2 kWh/m²a
Gebäude errichtet bis 1949 mit moderaten Sanierungsbarrieren	93,5 kWh/m²a	78,8 kWh/m²a	64,4 kWh/m²a
Gebäude errichtet ab 1949	65,1 kWh/m²a	57,3 kWh/m²a	49,6 kWh/m²a

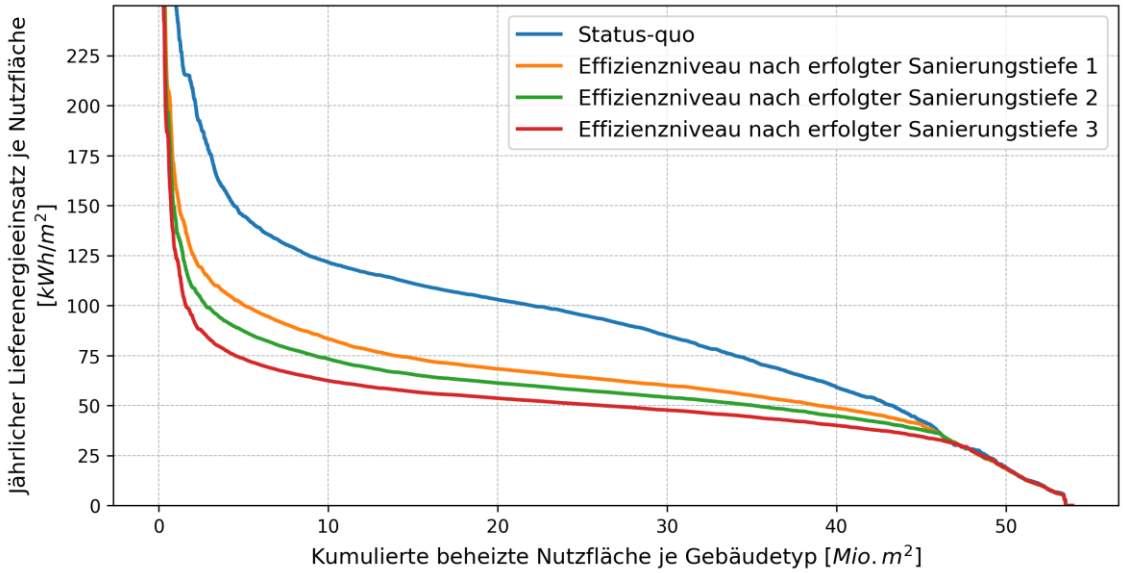
Quelle: e-think, eigene Annahmen (2024);

Abbildung 24 zeigt, dass insbesondere bei Nichtwohngebäuden bereits heute ein wesentlicher Anteil einen geringeren spezifischen Wärmeendenergieverbrauch aufweisen, als bei einer nachträglichen Vollsanierung unterstellt wird. Es kann davon ausgegangen werden, dass der niedrige Verbrauch in den meisten Fällen nicht auf eine bereits durchgeführte hochwertige thermische Sanierung zurückzuführen ist. Vielmehr ergibt sich der niedrige Verbrauch aufgrund des Nutzungsprofils, zum Beispiel durch räumliche oder zeitliche Teilbeheizung. Gleichzeitig gibt es aber auch Gebäude, die einen untypisch hohen spezifischen Verbrauch aufweisen. Auch hier kann angenommen werden, dass sich dieser durch spezielle Nutzungsprofile oder andere besondere Gegebenheiten ergibt und dass bei diesen Gebäuden eine Sanierung auf das in Tabelle 8 dargestellt Effizienzniveau nicht zu erwarten ist. Um dies zu berücksichtigen, wurde zusätzlich eine gebäudeindividuelle Anpassung der Sanierungstiefen vorgenommen. Die Analyse der Wärmeendenergieverbräuche, die sich für jedes Gebäude in Nürnberg nach den drei unterschiedlichen Sanierungstiefen

[24] Diese Annahme beruht auf Erfahrungswerten der Studienautoren. Im Rahmen verschiedener Projekte wurden Vor-Ort-Datenerhebungen von Gebäuden in verschiedenen Städten durchgeführt. Daraus ergibt sich im Mittel eine kumulierte (Voll-)Sanierungsrate für den angegebenen Bauzeitraum von ca. 25 %, wobei Geschosswohnungsbauten typischerweise einen höheren Sanierungszustand aufweisen als Ein- und Zweifamilienwohngebäude. Diese Werte stehen im Einklang mit den von Cischinsky & Diefenbach (2018) angegebenen Werten. Danach beträgt der Anteil der Wohngebäude mit nachträglicher Außenwanddämmung in den Baualtersklassen 1949 - 1957, 1958 - 1968, 1969 - 1978 und 1979 - 1994 42,1 % / 41,1 % / 26,7 % bzw. 11,8 %. Unter Berücksichtigung der ungedämmten Bauteile ergeben sich für die Anteile der gedämmten Fassadenflächen bauzeitenspezifische Werte von 32,9 % (1949 - 1957) / 29,6 % (1958 - 1968) / 20,2 % (1969 - 1978) sowie 9,9 % (1979 - 1994). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass ca. 25 % der nachträglich gedämmten Außenfassaden nur eine Dämmstoffdicke von bis zu 5 cm aufweisen und somit nur bedingt als wärmegedämmt bezeichnet werden können. Die Anteile der Dachdämmungen liegen höher, die der Kellerdeckendämmungen niedriger als die der gedämmten Fassaden.

ergibt, ist in Abbildung 25 dargestellt. Dabei wird unterstellt, dass bei jedem Gebäude eine thermische Sanierung durchgeführt werden würde.

Abbildung 25: Spezifischer Wärmeendenergieverbrauch (exkl. Prozesswärme) der Gebäude in Nürnberg im Status-Quo und nach unterschiedlichen Sanierungstiefen



Quelle: IREES / e-think 2025

Die gezeigten Kurven beschreiben die Bedarfssituation der Nürnberger Bestandsgebäude für den Fall, dass a) alle Gebäude auf das entsprechende Energiebedarfsniveau saniert werden und b), dass sich der Energieeinsatz nicht durch weitere Einflussparameter wie z.B. Klimawandel verändern wird. Für die Aufstellungen von realistischen Wärmebedarfsszenarien wird bis zum Jahr 2045 der Einfluss des Klimawandels durch eine Reduktion des Raumwärmebedarfs berücksichtigt und der Einfluss unterschiedlicher Sanierungsraten aufgezeigt. Hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels wird eine Reduktion des Raumwärmebedarfes um 8 % (gegenüber dem derzeitigen Referenzniveau) angenommen. Diese Annahme ist im Einklang mit den Annahmen die den Szenarien im Wärmeatlas (Janßen et al., 2023) hinterlegt.

Mit Bezug auf die Sanierungsraten wird unterstellt, dass die verschiedenen Gebäude in unterschiedlichem Ausmaß die jeweils zugeordneten Sanierungsaktivitäten durchführen. Auch hier wird für die drei Effizienzszenarien drei unterschiedliche Aktivitätsniveaus festgelegt. Diese entspricht dem Anteil an jährlich zu sanierenden beheizten Flächen bezogen auf die beheizten Flächen der Gebäude, welche im Zeitraum von 1949 bis 1990 errichtet wurden. Mit dieser Definition wird versucht, die exogen definierten Sanierungsraten auf Basis der „sanierungsfähigen“[25] und

[25] Im Sinne von einfach, ohne übermäßige Barrieren thermisch sanierbar.

„sanierungswürden“[26] Gebäude zu definieren. Die Umrechnung der Sanierungsraten, bezogen auf den gesamten Gebäudebestand ist in Tabelle 9 gezeigt.

Da das tatsächliche Gebäudealter von einzelnen Gebäudeobjekten nicht bekannt ist, sondern lediglich die Verteilung der Gebäudealter auf einer räumlichen Bezugsebene von einem Hektar Verteilung auf Straßenzügen (vgl. Kapitel 2.2) werden den Gebäuden eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Sanierungsrate zugewiesen. Bezogen auf den gesamten Gebäudebestand ergibt sich damit eine räumlich differenzierte Sanierungsrate. Diese ist in den Gebieten mit einem hohen Anteil an Gebäuden aus diesem Errichtungszeitraum höher als in Gebieten mit einem hohen Anteil an neuen Gebäuden bzw. Gebäuden, welche vor 1949 errichtet wurden.

Tabelle 9: Annahmen zur Sanierungsrate (Aktivitätsniveaus) in den drei Effizienzszenarien über den Zeitraum 2023 - 2045.

	Jährliche Sanierungsrate bezogen auf Gebäude die von 1949 – 1990 errichtet wurden[1)]	**Jährliche Sanierungsrate** bezogen auf alle Bestandsgebäude (errichtet bis 2022)	**Kumulierte Sanierungsrate** bezogen auf Gebäude errichtet bis 2022 im Zeitraum von 2023-2045
Aktivitätsniveau 1	**1,30 %p.a.**	**0,99 %p.a.**	**22,8 %**
Aktivitätsniveau 2	**2,35 %p.a.**	**1,87 %p.a.**	**43,1 %**
Aktivitätsniveau 3	**2,87 %p.a.**	**2,41 %p.a.**	**55,3 %**

1) Für Gebäude mit Sondernutzungen wurde die Annahme getroffen, dass die Sanierungsaktivitäten um 2/3 reduziert wird und somit 0,46 / 0,83 / 1,01 % p.a. beträgt, Gebäude mit einem Energieeinsparpotenzial (Differenz zwischen Energieverbrauch im status-quo und nach erfolgter Sanierung) von < 10 kWh/m²a werden nicht saniert.

Quelle: IREES / e-think 2025, eigene Annahmen

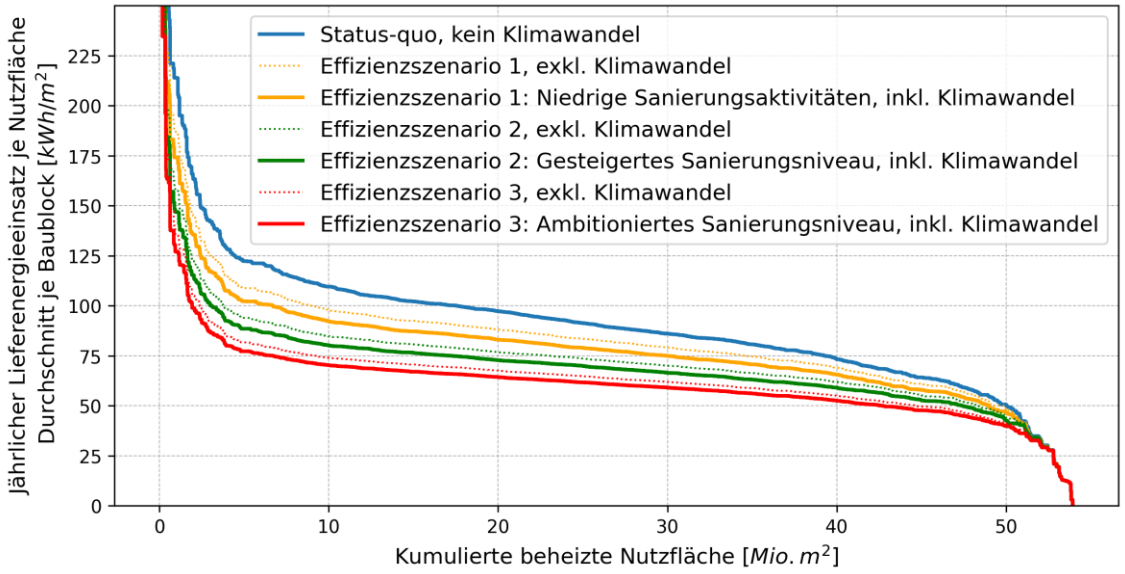
In den nachfolgend dargestellten Effizienzszenarien sind nun jeweils Effizienzniveaus sowie Aktivitätsniveaus (Sanierungsraten) wie folgt verknüpft:

- Effizienzszenario 1: Niedrige Sanierungsaktivitäten
  Dieses Szenario kombiniert niedrige Effizienzniveaus mit niedrigen Sanierungsaktivitäten.
- Effizienzszenario 2: Gesteigertes Sanierungsniveau
  Das Szenario kombiniert mittleres Effizienzniveau mit mittleren Sanierungsaktivitäten.
- Effizienzszenario 3: Ambitioniertes Sanierungsniveau
  Dieses Szenario kombiniert hohe Effizienzniveaus mit hohen Sanierungsaktivitäten.

Unter diesen Annahmen werden für jeden Baublock die zu erwartenden spezifischen Wärmeendenergieverbräuche berechnet (Abbildung 26).

[26] Im Sinne von ausreichend hohes Potenzial an energetischen Einsparungen sowie ausreichend alt damit im Betrachtungszeitraum innerhalb von typischen Sanierungszyklen umfassende Maßnahmen an der Gebäudehülle erforderlich werden.

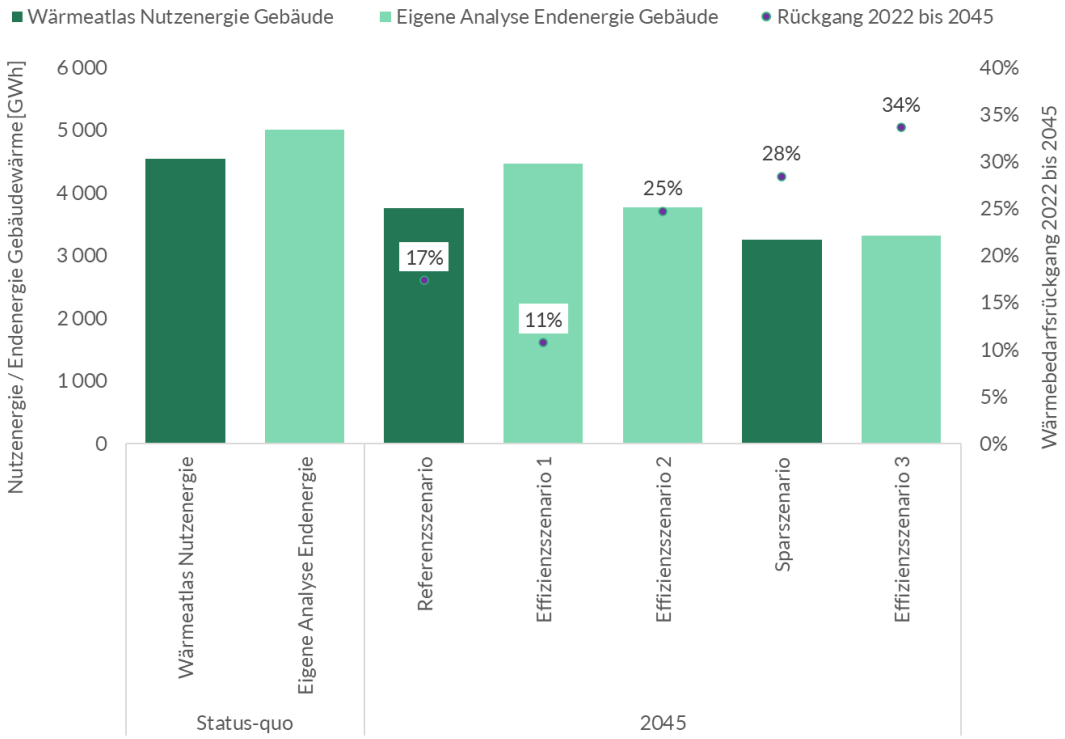
Abbildung 26: Spezifischer Wärmeendendenergieverbrauch in den berechneten Effizienzszenarien im Vergleich zum Status-Quo



Quelle: IREES / e-think 2025

Eine Gegenüberstellung der Effizienzszenarien mit den Szenarien des Wärmeatlas, dargestellt in Abbildung 27, erlaubt eine Einordnung des Ambitionsniveaus. Das hier berechnete Effizienzszenario 1 „Niedrige Sanierungsaktivitäten“ erzielt mit einer Reduktion von 11,7 % deutlich geringere Energieeinsparungen als das Referenzszenario aus dem Wärmeatlas, in welchem sich der Bedarf um 17,4 % reduziert. Das Sparszenario des Wärmeatlas liegt mit einer Wärmeverbrauchsreduktion der Gebäude von 28,4 % in der Mitte der berechnete Effizienzszenarien 2 und 3, welche zu einer Bedarfsreduktion von 24,7 % bzw. 33,6% führen. Angesichts der Tatsache, dass die im Effizienzszenario 3: „Ambitioniertes Sanierungsniveau“ zugrunde gelegten Annahmen tatsächlich eine signifikante Erhöhung der Sanierungsaktivitäten unterstellen, wird das Sparszenario aus dem Wärmeatlas als realisierbar, wenn auch sehr anspruchsvoll eingeschätzt. Die Umsetzung dieses Szenarios erfordert umfassende zusätzliche energiepolitische Maßnahmen auf Bundesebene.

Abbildung 27: Gegenüberstellung der unterschiedlichen Effizienzszenarien



Quelle: IREES / e-think 2025; Primärdaten: Eigene Analyse und (Janßen et al., 2024)

3.2 Bewertung der Effizienzpotenziale industrieller Prozesse

Die Bewertung der Energieeffizienzpotenziale in der Industrie sollte idealerweise systematisch entlang der industriellen Prozesse erfolgen. Dabei stehen technische, wirtschaftliche und organisatorische Aspekte im Vordergrund, die im Rahmen der Wärmeplanung jedoch nicht im Detail für die einzelnen Standorte geprüft werden können. Der Anteil der Prozesswärme an der gesamten Wärmenachfrage in Nürnberg ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Wie in Kapitel 2.4 dargestellt, beträgt der Anteil der Sonderverbraucher aus Gewerbe und Industrie rund 510 GWh im Jahr 2022. Aus den vorliegenden Daten lässt sich jedoch nicht ableiten, wie hoch der Wärmeendenergieverbrauch für Prozessanwendungen und für Gebäudewärme (an den gleichen Standorten) ist. Insbesondere fehlen standortbezogene Energieverbrauchsdaten für die Analyse im Wärmeplan. Selbst wenn detailliertere Daten zu Unternehmen mit Prozesswärmebedarf vorlägen, wären zur Beurteilung der tatsächlichen Effizienzpotenziale Betriebsbegehungen oder die Auswertung von Energieauditdaten erforderlich.

Die Abschätzung der Effizienzpotenziale industrieller Prozesse basiert daher auf Indikatoren, die auf strukturellen Daten zur Wirtschafts- und Industriestruktur sowie auf der möglichen dahinterstehenden Struktur industrieller Prozesse beruhen.

1. Branchenanalyse und Identifizierung von Unternehmen mit industrieller Prozesswärme und Prozesskälte

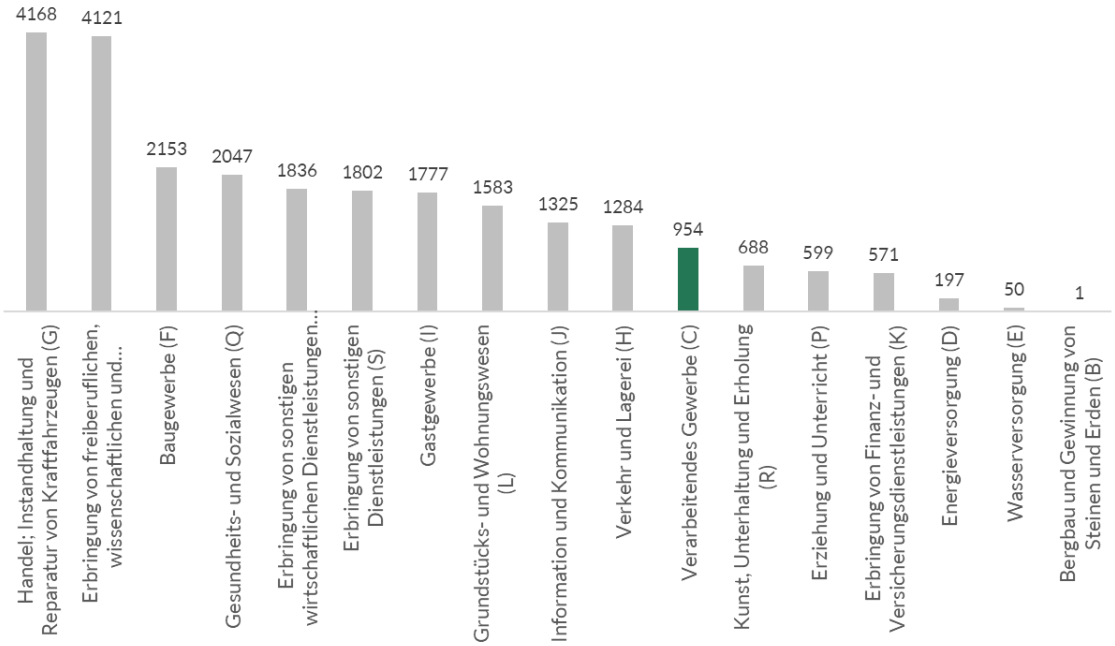
Im ersten Schritt wird die Branchen- und Wirtschaftsstruktur in Nürnberg analysiert, um die Relevanz von Prozesswärme und Prozesskältebedarf zu identifizieren. Dabei ist zu beachten, dass die statische Zuweisung von Unternehmen zum Industriesektor nicht zwangsläufig bedeutet, dass vor Ort auch industrielle Prozesse an den Standorten vorzufinden sind. Büro- und Logistikgebäude von Industrieunternehmen, die nur Raumwärmebedarf (Niedertemperatur) haben, zählen ebenso zum Industriesektor. Die Beurteilung von Effizienzpotenzialen ist Teil der Analyse der Effizienzpotenziale für den Gebäudebereich.

Wirtschafts- und Industriestruktur in Nürnberg

Nürnberg hat sich von einer traditionellen Industriestadt zu einem High-Tech- und Dienstleistungsstandort entwickelt. Trotzdem bleibt die Industrie ein zentraler Wirtschaftsfaktor. Nürnberg ist ein bedeutender Standort für zahlreiche Produkte aus den Bereichen Kommunikations-, Verkehrs- und Energietechnik, Mess- und Regeltechnik, elektronische Bauelemente, Unterhaltungselektronik sowie Automatisierungs- und Fertigungstechnik. Die Investitionsgüterbranchen dominieren sowohl in Bezug auf die Zahl der Arbeitsplätze als auch auf die Umsätze. Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt weist Nürnberg eine überdurchschnittliche Konzentration im Hochtechnologiesektor auf, insbesondere in den Schlüsselbranchen Elektrotechnik und Kommunikationstechnik. Auch die Druckindustrie ist in Nürnberg stark vertreten (Stadt Nürnberg, 2025).

Abbildung 28 zeigt die Anzahl der Unternehmensniederlassungen differenziert nach den Abschnitten der offiziellen Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ Ausgabe 2008).

Abbildung 28: Anzahl Unternehmensniederlassungen in Nürnberg 2023

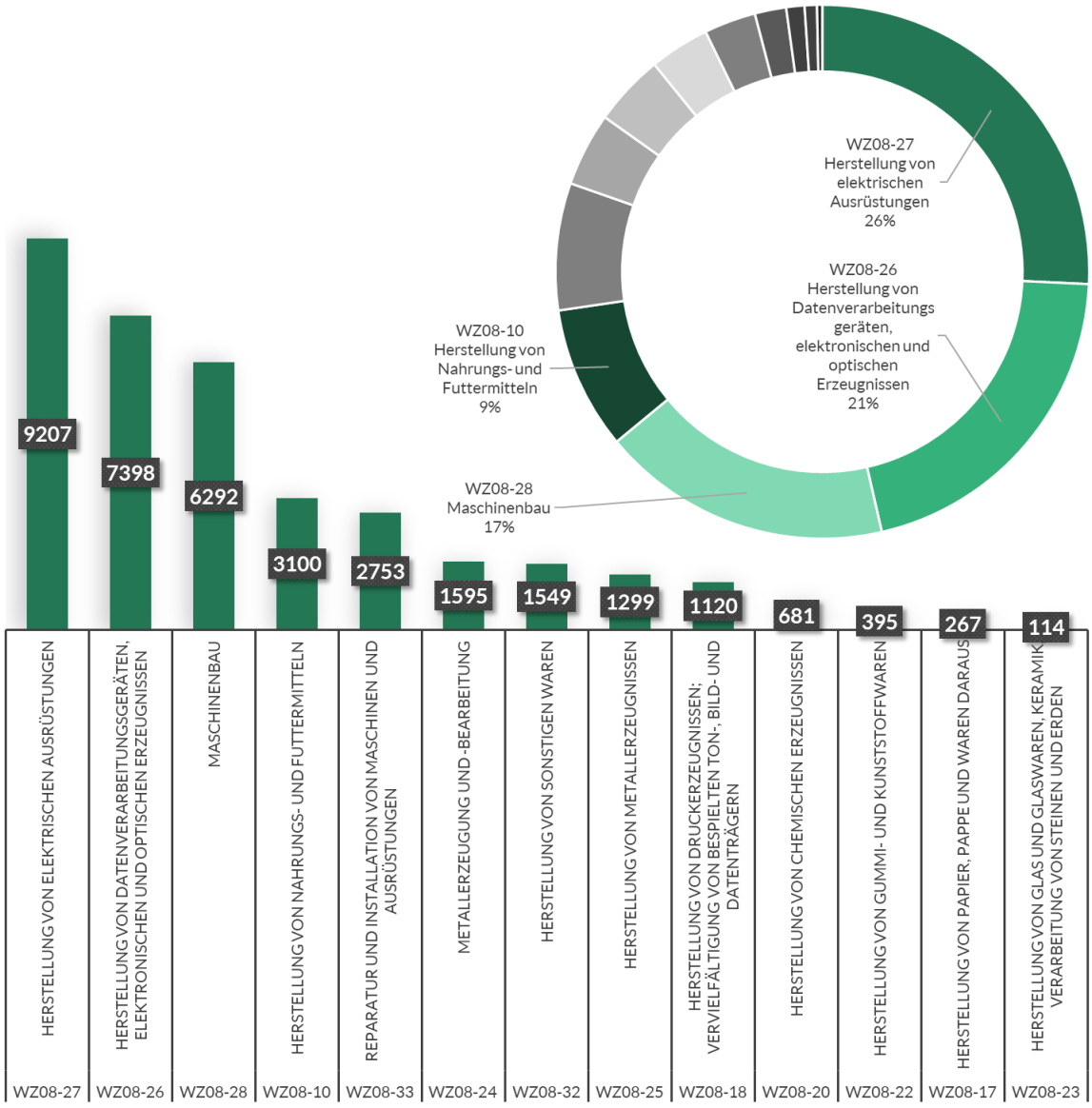


Quelle: Eigene Darstellung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2025b)

Für die Analyse industrieller Prozesse ist Abschnitt C- Verarbeitendes Gewerbe (Industrie) relevant. Zum aktuellen Erhebungszeitpunkt im Jahr 2023 gab es in Nürnberg 954 Niederlassungen von 214 Betrieben mit insgesamt rund 40 000 Beschäftigten, die dem Verarbeitenden Gewerbe zugeschrieben werden. Abbildung 29 schlüsselt die Beschäftigten des Verarbeitenden Gewerbes weiter in die Branchen auf. Mit Bezug auf die Beschäftigtenanzahl sind die relevantesten Industriebranchen des verarbeitenden Gewerbes in Nürnberg:

- WZ-27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen,
- WZ-26 Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen
- WZ-28 Maschinenbau,
- WZ-10 Herstellung von Nahrungs- und Futtermittel

Abbildung 29: Beschäftigtenanzahl nach Branchen im Wirtschaftszweig verarbeitendes Gewerbe in Nürnberg 2023



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2025a)

2. Identifizierung der Prozesse mit relevantem Energieverbrauch

Um die vorhandenen industriellen Prozesse zu differenzieren, müssen die relevanten Teilbranchen im Detail analysiert werden. Die Herstellungsprozesse und Produktionsverfahren der einzelnen in Nürnberg angesiedelten Branchen können auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht detailliert dargestellt werden. Der weiteren Abschätzung zu Effizienzpotenzialen liegt daher die Annahme zugrunde, dass die Industrie der jeweiligen Branchen in Nürnberg und die Prozesstechnologien vergleichbar mit den typischen Prozessen der jeweiligen Branchen in Deutschland sind.

Abbildung 30 und Abbildung 31 zeigen am Beispiel der Branchen WZ-10 Nahrungsmittelherstellung und WZ-28 Maschinenbau die Komplexität und Bandbreite möglicher relevanter Prozesse mit den jeweiligen Temperaturniveaus und Technologien zur Prozesswärmeerzeugung aus Steinbach et al., (2023).

Abbildung 30: Relevante Prozesse mit Prozesswärmebedarf in der Branche Nahrungs- und Futtermittelherstellung

Relevante Prozesse und Technologien in den Branchen WZ-10 Nahrungs- und Futtermittelherstellung						
Name	Prozess-technologie	Energie-träger	Technologie zur Prozesswärme-erzeugung	Wärme-übertra-gung	Wärmeträger	Temperatur-niveau
Räuchern	Raucherzeuger	Gas, Öl, Strom (5 %)	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	<100-200°C
			Brenner	Direkt	Luft/Rauch	
Kochen	Kochkessel, Kochkammern, Universalanlagen	Gas, Öl, Strom (5 %)	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	65-90°C
			Brenner	Direkt	Wasser	
Brühen	Universalanlagen	Gas, Öl, Strom (5 %)	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	<250°C
			Brenner	Direkt	Wasser	
Sous-vide-heat Treatment	Kochkammer	Gas, Öl, Strom (5 %)	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	55-70°C
			Brenner	Direkt	Wasser	
Reinigen	Reinigungsanlage	Gas, Öl, Strom (5 %)	Heißwasseranlage	Indirekt	Warmwasser	<250°C
Trocknen	Trockner	Gas, Strom	Ofen	Direkt	Luft	<300°C
Dämpfen	Dämpfer	Gas, Öl, Biomasse, Strom	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	90-105°C
	Darre	Öl	Brenner	Direkt	Luft	50-120°C

Trocknen von Getreide		Gas, Öl, Biomasse, Strom	Brenner, Heißwasseranlage	Indirekt	Luft	50-120°C
Thermische Schädlings-bekämpfung	Ofen in Zimmer	Öl	Ofen	Direkt	Luft	50-60°C
Backen	Backkammer, Backofen	Strom, Gas oder Heizöl, Biomasse	Brenner	Direkt	Luft, Dampf (im Ofen erzeugt)	120-280°C
Rösten	Röstofen	Gas	Brenner	Direkt	Luft	<150°C
Extrahieren	Extraktor	Gas, Öl, Strom	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	<230°C
			Heißwasseranlage		Wasser	
Pelletpressen	Pelletpresse	Gas	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	120-150°C
Erhitzen in der Ölherstellung		Gas, Öl, Strom	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	80-95°C
Destillieren/ Verdampfen/ Konzentrieren		Gas, Öl, Strom	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	40-270°C
Desordierung		Gas, Öl, Strom	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	180-270°C
Kühlen (Tiefkühlen)		Strom	Kompressions-kältemaschinen	Direkt	Kühlmittel	-40 bis 18°C
Gefriertrocknen	Gefriertrockner	Strom	Kompressions-kältemaschinen	Direkt	Kühlmittel	-85 bis -55°C

Quelle: (Steinbach et al., 2023)

Abbildung 31: Relevante Prozesse mit Prozesswärmebedarf in der Branche Maschinenbau

Relevante Prozesse und Technologien in den Branchen WZ-28 Maschinenbau						
Name	Prozess-technologie	Energie-träger	Technologie zur Prozesswärme-erzeugung	Wärme-übertra-gung	Wärmeträger	Temperatur-niveau
Wärmebehandeln	Ofen	Haupt-sächlich Gas, Strom, Öl	Ofen	Direkt	Luft	180-950°C
Sintern	Sinterofen	Koksgrus	Ofen	Direkt	Luft	200-1000°C
Schmieden/ Warmumformen	Drehofen, Durchlaufofen, Induktionsofen	Gas, Strom	Ofen	Direkt	Luft	200-1250°C
Aufheizen der Bäder zur Oberflächen-behandlung	Beheizte Becken	Gas, Öl, Strom	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	<500°C
			Heißwasseranlage	Indirekt	Wasser	
			Induktion	Direkt		

			Brenner	Direkt	Thermisches Öl, Wasser	
Lackieren	Lufterhitzer	Strom, Gas, Öl	Dampferzeuger	Indirekt	Dampf	<120°C
			Heißwasseranlage	Indirekt	Wasser	
			Induktion	Direkt	Thermisches Öl	
Trocknen, Einbrennen, Ofentrocknung, Hitzehärtung	Trockner	Strom, Gas	Ofen	Direkt	Luft	35-180°C
Abgasreinigung	Thermische Oxidations-anlage	Gas	Brenner	Direkt	Luft	800-1250°C
Reinigen		Gas, Öl, Strom	Heißwasseranlage	Indirekt	Luft, Eis	-78 – 90°C
		Strom	Kompressions-kältemaschine	Direkt	Warmwasser	

Quelle: (Steinbach et al., 2023)

3. Abschätzung von Energieeffizienzpotenzialen für industrielle Prozesse in Nürnberg

Die Energieintensität gilt als wichtiger Indikator für die Entwicklung der Energieeffizienz industrieller Prozesse sowohl auf volkswirtschaftlicher als auch betrieblicher Ebene. Sie beschreibt den Energieeinsatz im Verhältnis zur Bruttowertschöpfung. Auf Produktebene beschreibt der Indikator den Energieeinsatz pro Produktionseinheit in Mengen.

Um die Potenziale für die Energieeffizienz industrieller Prozesse in Nürnberg zu bewerten, werden branchenspezifische Entwicklungen aus den aktuellen BMWK Langfristszenarien herangezogen (Fleiter et al., 2024). Für das dort entwickelte Szenario (045-Strom) wird ein Pfad untersucht, in dem alle Sektoren in Deutschland bis 2045 die Klimaschutzziele erreichen. Für den Industriesektor wird dazu das Modell Forecast Industry vom Fraunhofer ISI angewendet, welches die relevanten Prozesse der einzelnen Industriebranchen abbildet und die Diffusion spezifischer Effizienzmaßnahmen modelliert. Die branchenspezifischen Ergebnisse werden anschließend auf die Wirtschafts- und Branchenstruktur in Nürnberg übertragen. Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse für die in Nürnberg relevanten Industriebranchen. Die Energieintensität geht je nach Branchen um 0,9 % bis 2,1 % pro Jahr zurück bzw. für den Zeitraum 2021 bis 2045 liegt der Rückgang zwischen 19 % und 40 %. Zu berücksichtigen ist, dass dies nicht der spezifische Rückgang des Energieverbrauchs in den Industriebranchen darstellt, da aufgrund von Wirtschaftswachstum gleichzeitig die Wertschöpfung steigt.

Tabelle 10: Veränderungen Energieintensität in den für Nürnberg relevanten Industriebranchen des verarbeitenden Gewerbes

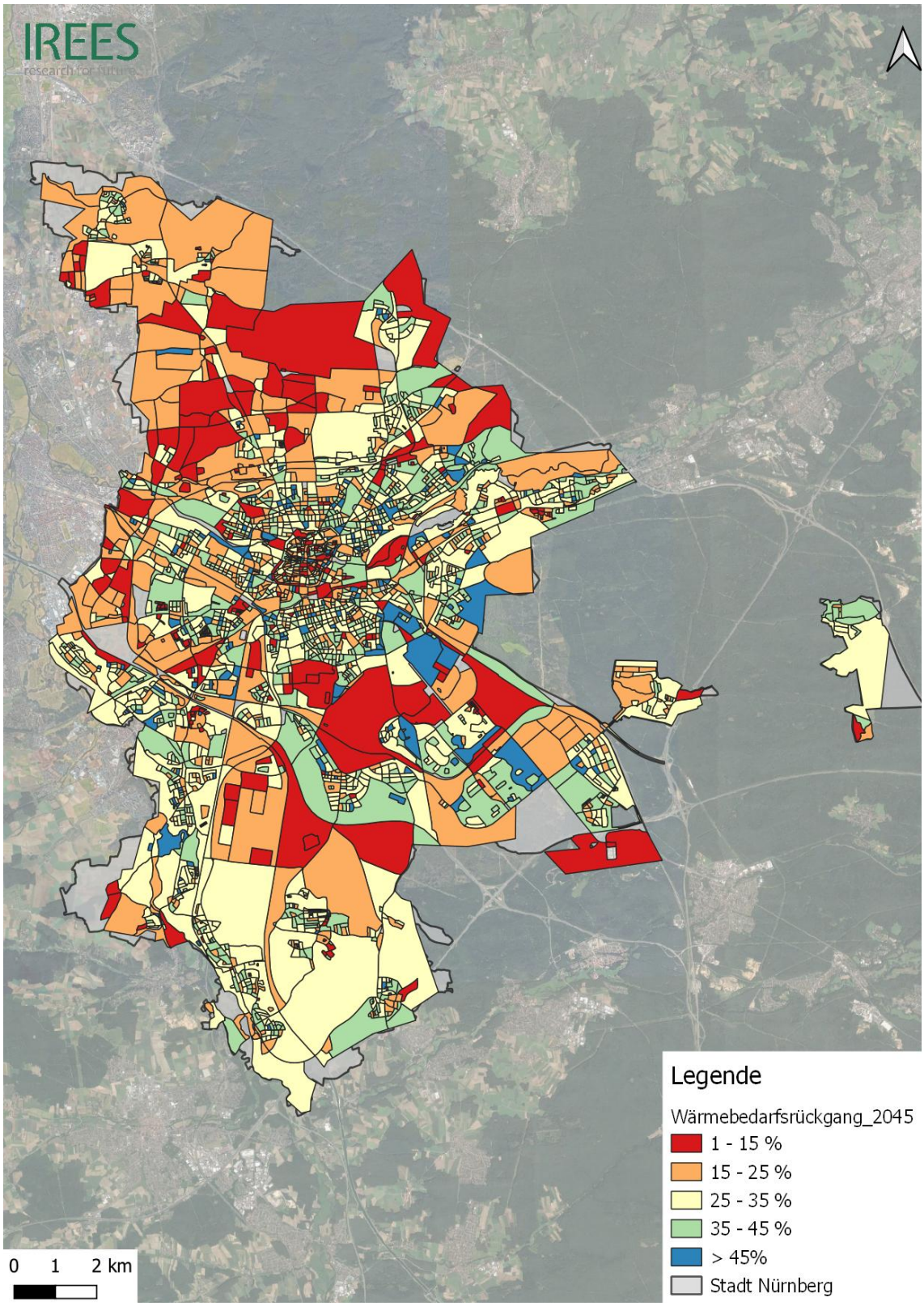
WZ 2008 Kode	WZ 2008 - Bezeichnung ISIC Kode	Veränderung Energieintensität 2021 – 2045 [kWh/EUR]	
		pro Jahr CAGR	Gesamt
WZ08-27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	-0,90 %	-19 %
WZ08-26	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	-0,90 %	-19 %
WZ08-28	Maschinenbau	-0,70 %	-16 %
WZ08-10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	-1,90 %	-37 %
WZ08-33	Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	-0,70 %	-16 %
WZ08-24	Metallerzeugung und -bearbeitung	1,30 %	35 %
WZ08-32	Herstellung von sonstigen Waren	-0,90 %	-19 %
WZ08-25	Herstellung von Metallerzeugnissen	-2,10 %	-40 %
WZ08-18	Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	-0,90 %	-19 %
WZ08-20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	-1,50 %	-30 %
WZ08-22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	-1,90 %	-37 %
WZ08-17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	-2,20 %	-41 %
WZ08-23	Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	-1,10 %	-23 %

Quelle: Eigene Darstellung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (Fleiter et al., 2024; Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2025a)

3.3 Räumliche Analyse der Effizienzpotenziale

Nach Abstimmung mit den beteiligten Akteuren der Stadt und der N-ERGIE wird auch aus Konsistenzgründen zum Transformationsplan der N-ERGIE die Entwicklung des Sparszenarios aus dem Wärmeatlas als ein ambitioniertes Energieeinsparszenario unterstellt. Abbildung 32 zeigt die Entwicklung des relativen Wärmebedarfsrückgangs nach Baublock.

Abbildung 32: Relativer Wärmebedarfsrückgang pro Baublock bis zum Jahr 2045



Quelle: Eigene Darstellung IREES / e-think 2024; Primärdaten: (Janßen et al., 2024)

4 Potenzialanalyse und Eignungsprüfung für Wärmeversorgungslösungen

4.1 Eignungsprüfung für leitungsgebundene Wärmeinfrastruktur

4.1.1 Untersuchung von Gebieten mit Eignung für Wasserstoffnetzversorgung

Das Wärmeplanungsgesetz nennt mit Bezug auf die Kriterien für die Ausweisung eines Wasserstoffnetzes unter *§ 14 Eignungsprüfung und verkürzte Wärmeplanung* folgende Punkte (WPG, §14 (3)):

„Ein beplantes Gebiet oder Teilgebiet eignet sich in der Regel mit hoher Wahrscheinlichkeit **nicht für eine Versorgung durch ein Wasserstoffnetz**, wenn

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

Daraus lassen sich folgenden Prüfpunkte ableiten, die für das Stadtgebiet Nürnberg analysiert werden:

- Vorhandene Gasnetzinfrastruktur
- Wahrscheinlichkeit der Wasserstoffverfügbarkeit durch übergeordnete Netzebenen für die Stadt Nürnberg
- Abnehmerstruktur für Wasserstoff und Wahrscheinlichkeit der Verfügbarkeit im Gasverteilnetz

Vorhandende Gasnetzinfrastruktur

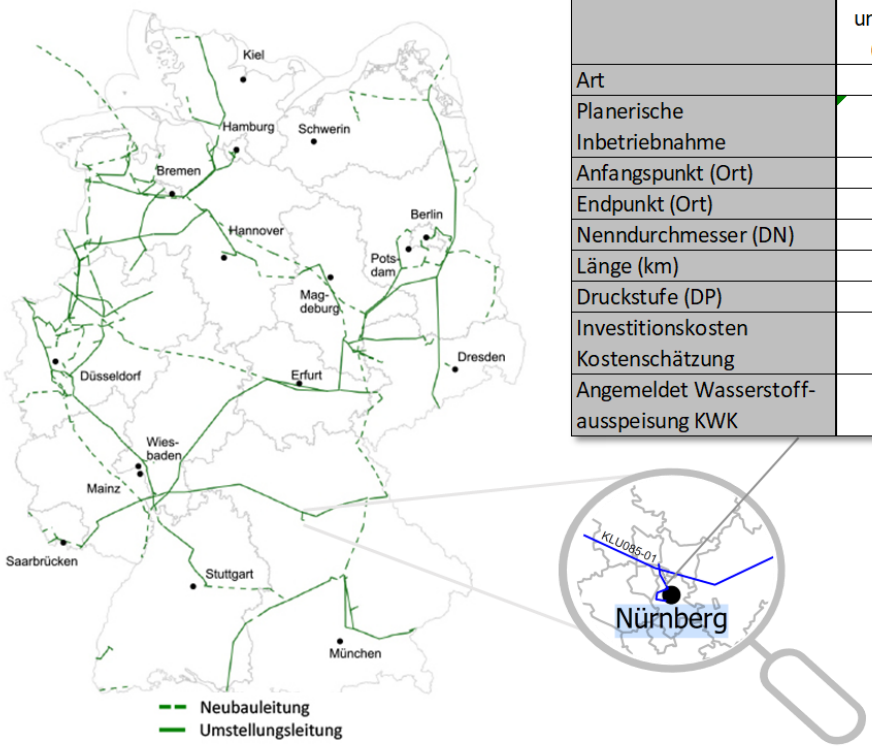
Wie in Kapitel 2.3.2 dargestellt ist das Gasnetz in Nürnberg weit ausgebaut und fast in allen Stadteilen vorhanden, so dass es große Teilgebiete gibt, in denen Gasnetzinfrastruktur vorhanden ist.

Wahrscheinlichkeit der Wasserstoffverfügbarkeit durch übergeordnete Netzebenen für die Stadt Nürnberg

Die nationale Wasserstoffstrategie sieht den Hochlauf von Wasserstoff und den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur vor (BMWK, 2020). Langfristig wird der Großteil des Wasserstoffs nach Europa importiert werden. Dazu ist der Aufbau eines Wasserstoff-Kernnetzes geplant. Abbildung 33 zeigt das genehmigte Wasserstoffkernnetz auf Grundlage des Antrages der Ferngasnetzbetreiber und der Genehmigung durch die Bundesnetzagentur. Insgesamt ist damit eine Leitungslänge von 9 040 km vorgesehen, wobei 60 % davon auf der Umstellung vorhandener Ferngasleitungen beruhen. Das Kernnetz verläuft dabei auch nach Nürnberg und N-

ERGIE beteiligt sich an der Umrüstung einer 18 km Erdgasleitung von Reutles nach Nürnberg, um Wasserstoff zukünftig für das Heizkraftwerk Sandreuth für die Strom- und Fernwärmeerzeugung zu nutzen. Weitere Nutzung von Wasserstoff ist für Nürnberg nicht angemeldet worden. Die angemeldete Abnahmemenge aus dem Wasserstoff-Kernnetz beträgt rund 1 330 GWh pro Jahr.

Abbildung 33: Genehmigtes Wasserstoffkernnetz mit Leitung in Nürnberg



Antrags-ID	AND025-01
Name (Lfd.Nr.-Von-Nach)	14-Erlangen-Tennenlohe-Nürnberg (N-Ergie)
verantwortliche(s) Unternehmen	N-ERGIE Netz GmbH
Bemerkung	Leitung wird benötigt, um das Projekt-ID 716 (KWK) anzubinden.
Art	Umstellung
Planerische Inbetriebnahme	2032
Anfangspunkt (Ort)	Reutles
Endpunkt (Ort)	Nürnberg
Nenndurchmesser (DN)	300
Länge (km)	18
Druckstufe (DP)	67,5
Investitionskosten Kostenschätzung	7,2 Mio. EURO
Angemeldet Wasserstoff-ausspeisung KWK	1330 GWh

Quelle: Eigene Darstellung IREES / e-think 2025 aus (BNetzA, 2024; FNB Gas e.V., 2024b, 2024a)

Abnehmerstruktur für Wasserstoff und Wahrscheinlichkeit der Verfügbarkeit im Gasverteilnetz

Es ist zu erwarten, dass Wasserstoff zukünftig in Sektoren und Industriebranchen priorisiert und gefördert wird, in denen keine Elektrifizierung möglich ist, oder im Fall von Nürnberg für die Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung in KWK-Anlagen zum Einsatz kommt.

Aktuelle Szenarienstudien, in denen die Erreichung der Klimaschutzziele unter einer Gesamtsystembetrachtung untersucht wird, bestätigen, dass Wasserstoff im

Gebäudesektor keine oder nur eine untergeordnete Rolle[27,28,29] spielen wird. In den aktuellen Langfristszenarien des BMWK[30] sind im Gebäudesektor selbst im Szenario mit Fokus auf Wasserstoff-Einsatz in dezentralen Heiztechnologien Wärmepumpen und Wärmenetze die dominierenden Wärmeversorgungstechnologien bis zum Jahr 2045. Entsprechend der Studien wird der Wasserstoff überwiegend in der Industrie benötigt. Abbildung 34 ordnet als Exkurs die Notwendigkeit von Wasserstoff in verschiedenen Sektoren ein. In einigen Sektoren, wie der Primärstahlindustrie und der Grundstoffchemie, ist die Wasserstoffnutzung zur Erreichung der Klimaneutralität unumgänglich, während in anderen Sektoren noch Forschungsbedarf zu Alternativen besteht. Für die Niedertemperaturwärmebereitstellung in Gebäuden sind verschiedene Alternativen vorhanden, so dass der Bereich nicht prioritär für eine Wasserstoffnutzung zu behandeln ist.

Standorte für energieintensive Industrien mit unbedingtem Wasserstoffbedarf sind in Nürnberg nicht vorhanden.

Abbildung 34: Einordung der Prioritätennutzung bei der zukünftigen Wasserstoffnutzung in den verschiedenen Nachfragesektoren

Wasserstoff erforderlich / sinnvoll?	Industrie	Verkehr	Gebäude
Alternativlos / Unumstritten	▪ **Primärstahl:** Reaktionsmittel ▪ **Chemie**: stoffliche Nutzung (Ammoniak, Methanol, SynFuels ...) ▪ **Raffinerien:** Hydrierung, Entschwefelung, Hydrocracker...	▪ **Luftverkehr (Langstrecke)** ▪ **Schiffsverkehr (Langstrecke)** ➢ **SynFuels oder Ammoniak**	
Unsicher / Analysebedarf	▪ **Industrielle Hochtemperaturwärme (Industrieöfen, Brenner, Feuerungsanlagen, ...):** Konkurrenz zu direktelektrischen Verfahren / Hochtemperatur-WP	▪ **Luftverkehr (Kurzstrecke)** ▪ **Schiffsverkehr (Kurzstrecke)** ▪ **Schienenverkehr** (Konkurrenz zu Elektrifizierung bei geringer Nutzungsintensität) ▪ **Nutzfahrzeuge** (LKW, Busse), Konkurrenz zur Elektrifizierung	▪ **Evtl. vereinzelt für residuale Wärmelast** (nicht über Abwärme und Umgebungswärme abdeckbar) **für Fernwärme**
Nicht erforderlich / Nicht Prioritär	▪ **Niedertemperaturwärme-Anwendungen**	▪ Individuelle Mobilität /KfZ	▪ **Niedertemperatur-Gebäudewärme:** vorteilhaftere Optionen vorhanden (Wärmepumpe, Solarthermie, Fernwärme, ...)

Quelle: Eigene Abbildung IREES 2024

Zusammenfassung

Auch wenn einzelne Standorte zukünftig neben der Versorgung des Heizkraftwerkes in Nürnberg mit Wasserstoff versorgt werden, ist eine gebietsweise Versorgung von Gebäuden mit Niedertemperaturwärme als sehr unwahrscheinlich anzusehen.

[27] Brandes, J., Haun, M., Senkpiel, C., Kost, C., Bett, A., & Henning, H.-M., Wege Zu Einem Klimaneutralen Energiesystem 2050. Fraunhofer ISE, (2020)

[28] Prognos, Öko-Institut, & Wuppertal-Institut, Klimaneutrales Deutschland 2045, (2021)

[29] Steinbach, J., Deurer, J., Kost, C., Senkpiel, C., Brandes, J., Heilig, J., Berneiser, J., & Kost, C., Wege zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes 2050. In BBSR Online-Publikation 23/2021.

[30] Mellwig, P., Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland—Energienachfrage Gebäudesektor, (2022)

Auch in den Gebieten, in denen bereits ein Gasnetz besteht, kann aufgrund der Abnehmerstruktur und den Ergebnissen aus der Potenzialanalyse davon ausgegangen werden, dass ein Wasserstoffnetz sowohl für den Betreiber als auch für die Endkunden (Gebäudeeigentümer) nicht wirtschaftlich ist.

- Energieintensive Industriebetriebe mit Hochtemperaturprozessen, für deren Dekarbonisierung zwingend Wasserstoff benötigt wird, sind in Nürnberg nicht ansässig. Der Ausbau eines Wasserstoffverteilnetzes bzw. die Umstellung des Gasverteilnetzes auf eine reine Wasserstoffversorgung wäre mit hohen wirtschaftlichen Risiken aufgrund der fehlenden Abnehmerstruktur verbunden.
- Neben dem Risiko der Verfügbarkeit von Wasserstoff für den Gebäudesektor sind aus Sicht der Gebäudeeigentümer die hohen Wärmebereitstellungskosten im Vergleich zu alternativen Versorgungslösungen zu nennen.

Eine Umstellung des gesamten Gasverteilnetzes in Nürnberg oder von Teilgebieten durch N-ERGIE als Versorger ist zum aktuellen Zeitpunkt nicht geplant. Der angemeldete Wasserstoffbezug aus dem Kernnetz ist für die Strom- und Wärmeerzeugung im Heizkraftwerk Sandreuth vorgesehen.

Daher wird mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht von einer **Eignung von Teilgebieten für ein Wasserstoffnetz im Stadtgebiet Nürnberg** ausgegangen.

4.1.2 Untersuchung von Gebieten mit Eignung für Wärmenetzversorgung

Das Wärmeplanungsgesetz nennt mit Bezug auf die Kriterien für die Versorgung mit einem Wärmenetz unter *§ 14 Eignungsprüfung und verkürzte Wärmeplanung* folgende Punkte (WPG, §14 (2)):

„Ein beplantes Gebiet oder Teilgebiet eignet sich in der Regel mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Versorgung durch ein Wärmenetz, wenn

1. in dem beplanten Gebiet oder Teilgebiet derzeit kein Wärmenetz besteht und keine konkreten Anhaltspunkte für nutzbare Potenziale für Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme vorliegen, die über ein Wärmenetz nutzbar gemacht werden können,

und

2. aufgrund der Siedlungsstruktur und des daraus resultierenden voraussichtlichen Wärmebedarfs davon auszugehen ist, dass eine künftige Versorgung des Gebiets oder Teilgebiets über ein Wärmenetz nicht wirtschaftlich sein wird.“

Daraus lassen sich folgenden Prüfpunkte ableiten, die für das Stadtgebiet Nürnberg analysiert werden:

- Vorhandene Fernwärmestruktur
- Quantifizierung und Kartierung lokaler Potenziale
- Räumlicher Wärmebedarf mit Indikation für einen wirtschaftlichen Netzbetrieb

Vorhandene Wärmenetzinfrastruktur

Wie in Kapitel 2.3.2 dargestellt ist das Fernwärmenetz in Nürnberg weit ausgebaut. Zusätzlich sind einzelne Nahwärmenetze vorhanden. Diese Teilgebiete mit vorhandener Wärmenetzinfrastruktur können somit schon als Eignungsgebiete für Wärmenetze definiert werden.

Quantifizierung und Kartierung lokaler Potenziale

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden in den folgenden Kapiteln die Ergebnisse der identifizierten Potenziale beschrieben.

Räumlicher Wärmebedarf mit Indikation für einen wirtschaftlichen Netzbetrieb

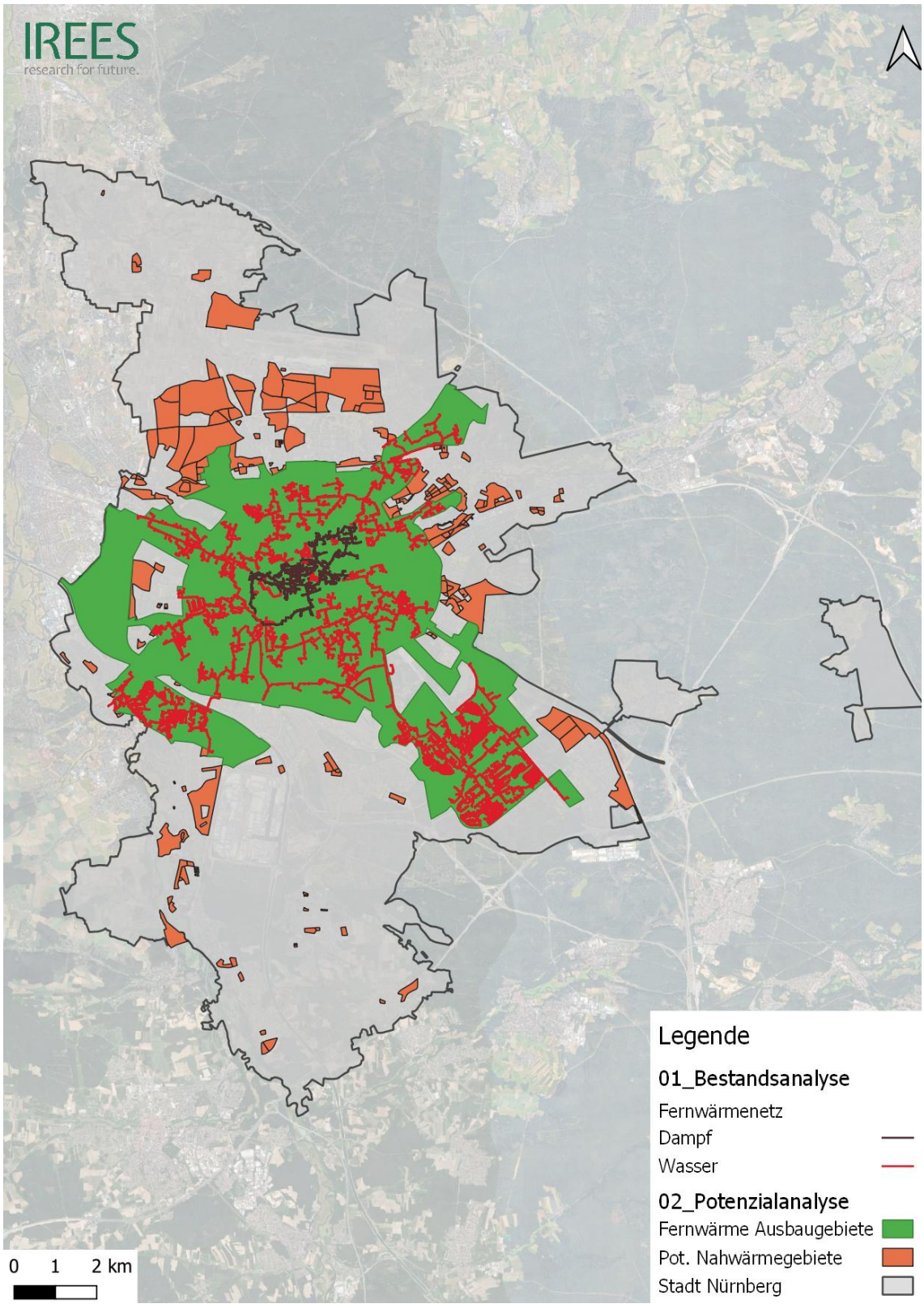
Potenzielle Wärmenetzeignungsgebiete werden an dieser Stelle als erster Schritt auf Grundlage von Mindestwärmedichten im Zieljahr 2045 und der vorhandenen Wärmenetzinfrastruktur identifiziert. Die Eignungsprüfung stellt dabei noch nicht den Ausweis von Wärmeversorgungsgebieten dar, sondern gibt als Vorprüfung lediglich an, inwieweit überhaupt Gebiete für eine Wärmenetzversorgung in Frage kommen. Die Wärmedichten haben einen hohen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen, da bei niedrigeren Wärmedichten höhere spezifische Verteilkosten aufgrund höherer Wärmeverluste resultieren. Die Orientierungshilfe dargestellt im Praxisleitfaden Kommunale Wärmeplanung (AGFW & DVGW, 2023) zeigt in Abhängigkeit der Wärmebedarfsdichte bzw. -liniendichte eines Gemeindegebietes in GWh/(km2*a) bzw. in MWh/km inwieweit ein mögliches, gesamtwirtschaftliches Entwicklungspotenzial für die Versorgungsarten Wärmenetz, Gasnetz und individuelle Objektversorgung besteht. Für Wärmeliniendichten unter 1,5 MWh/m*a ist das gesamtwirtschaftliche Entwicklungspotenzial eines Wärmenetzes sehr unwahrscheinlich. Aus diesem Grund wurde eine lineare Wärmedichte von 1,5 MWh/m*a als Mindestwert für die Identifizierung für Nahwärmepotenzialgebiete außerhalb des Eignungsgebietes der Fernwärme festgelegt.

Grundlage für die Wärmebedarfsdichte ist dabei nicht der Status-Quo, sondern der Wärmebedarf im Jahr 2045 nach dem unterstellten Wärmebedarfsszenario (vgl. 3.1.2). Diese Gebiete werden mit dem vorhandenen Wärmenetzgebiet verschnitten. Diese Analyse liefert dabei eine erste Einschätzung für die Eignung und dient als Grundlage für eine Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete.

Abbildung 35 zeigt, dass für das Stadtgebiet Nürnberg entsprechende Eignungsgebiete für Wärmenetzversorgung vorhanden sind. Das durch Wärmenetze bis zum Jahr 2045 tatsächlich erschließbare Gebiet wird jedoch nicht nur durch die Wärmedichte beschränkt, sondern hängt insbesondere auch vom realisierbaren Netzausbau im Untersuchungszeitraum, potenziellen Ankerkunden, Straßenverfügbarkeit und Netzhydraulik ab. Eine detaillierte Untersuchung für die Nachverdichtung und den Ausbau des Fernwärmenetzes ist im Transformationsplan der N-ERGIE erfolgt. Das identifizierte Eignungsgebiet für den Ausbau und die Nachverdichtung des Fernwärmenetzes bis 2045 ist in Abbildung 35 dargestellt und wird auch als Grundlage für die Einteilung voraussichtlicher Wärmeversorgungsgebiete in Kapitel 5.4 verwendet. Darüber hinaus werden Gebiete gezeigt, die außerhalb des

Fernwärmeprüfgebiets aufgrund der Wärmedichte für mögliche dezentrale Nahwärmeversorgung in Frage kommen. Hierbei ist insbesondere jedoch entscheidend, inwieweit lokale Potenziale für erneuerbare Energien oder Abwärme für eine Wärmeversorgung zur Verfügung stehen und ob es Einschränkungen für eine dezentrale Wärmeversorgung in den Gebieten gibt. Im Rahmen der nachfolgend beschriebenen Potenzialanalyse werden die Angebotspotenziale im Stadtgebiet im Detail untersucht und kartiert und Eignungen für dezentrale Wärmeversorgung insbesondere über Wärmepumpen analysiert (vgl. Kapitel 4.3). Im Rahmen des Zielszenarios werden darauf aufbauend die hier identifizierten Nahwärmenetzpotenzialgebiete mit den Ergebnissen der Potenzialanalyse zusammengeführt, um Fokus- und Prüfgebiete für mögliche Nahwärmenetzversorgung und Energieverbünde in Gebieten außerhalb des Fernwärmeeignungsgebietes zu definieren (vgl. Kapitel 5.2.2).

Abbildung 35: Gebiete mit Eignung für Wärmenetzversorgung auf Grundlage der Wärmedichte im Zielszenario für das Jahr 2045



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (N-ERGIE, 2024c); Eigene Analyse

4.2 Analyse der erneuerbaren Energien und Abwärmepotenziale

4.2.1 Zusammenfassung des Vorgehens und der zentralen Ergebnisse

Die Analyse der lokalen Potenziale für erneuerbare Energien und Abwärme ist wesentlich, um mögliche Lösungsräume für eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2045 unter Berücksichtigung der lokalen Bedingungen zu erarbeiten. Dabei wird zwischen Flächenpotenzialen und Punktpotenzialen unterschieden, um die Verfügbarkeit und Nutzbarkeit verschiedener Energiequellen systematisch zu erfassen.

- **Flächenpotenziale** beziehen sich auf großflächig verfügbare Energiequellen, die über eine weite geografische Ausdehnung genutzt werden können. Dazu gehören insbesondere solare Einstrahlung, Geothermie und Biomasse aus land- oder forstwirtschaftlichen Flächen.
- **Punktpotenziale** sind konzentrierte Wärmequellen an bestimmten Standorten, z. B. industrielle Abwärme oder Abwassernutzung an der Kläranlage.

Je nach Art der Energiequelle und räumlichen Verfügbarkeit ist dabei entweder die Erschließung durch zentrale Nutzung über ein Wärmenetz oder eine dezentrale Nutzung in einzelnen Gebäuden möglich.

Tabelle 11: Einteilung der Potenziale und mögliche Erschließung

Energiequelle	**Potenzialtyp**	**Erschließung zentral über Wärmenetz**	**Erschließung dezentral in Gebäuden**
Solarthermie (Freifläche)	Flächenpotenzial	✓	
Solarthermie (Dachflächen)	Flächenpotenzial		✓
Oberflächennahe Geothermie Erdwärmesonden/-kollektoren	Flächenpotenzial	✓	✓
Oberflächennahe Geothermie Grundwasser	Punktpotenzial (Flächenpotenzial)	✓	✓
Tiefe Geothermie	Punktpotenzial	✓	
Oberflächengewässer	Flächen-/Punktpotenzial	✓	
Umgebungsluft	Punktpotenzial	(✓)	✓

Biomasse (Reststoffe, Anbaubiomasse)	Flächenpotenzial	✓	✓
Biogas/Biomethan	Flächenpotenzial	✓	✓
Abwärme aus industriellen Prozessen, Rechenzentren	Punktpotenzial	✓	
Abwärme über Abwasser, Trinkwasser	Punktpotenzial	✓	
Wasserstoff-KWK	Punktpotenzial	✓	
Abwärme Wasserstofferzeugung (Elektrolyseur)	Punktpotenzial	✓	
Strom aus erneuerbaren Energien	Punktpotenzial	✓	✓

Quelle: IREES / e-think 2025

Die Ermittlung theoretischer Flächenpotenziale erfolgt auf Grundlage einer Weißflächenanalyse. Dabei werden Flächen für eine energetische Nutzung identifiziert unter Berücksichtigung von Restriktionsflächen. Für die identifizierten Flächenpotenziale werden spezifische Berechnungen für die einzelnen Energiequellen vorgenommen, die weitere räumliche Daten wie Einstrahlung, Wärmeentzugsleistung, Untergrundbeschaffenheit etc. berücksichtigen. Im letzten Schritt werden die nutzbaren Flächen noch mal reduziert über einen Landnutzungsfaktor. Dieser berücksichtigt, dass identifizierte Freiflächen aufgrund von Nutzungskonkurrenz nur zu einem geringen Teil tatsächlich für eine Energie- bzw. Wärmenutzung zur Verfügung stehen. Für die Analyse wird ein Landnutzungsfaktor (LNF) von 2 % angesetzt, der sich an Potenzialstudien von erneuerbaren Energien im Strombereich orientiert (Sensfuß et al., 2022).

Punktpotenziale werden entsprechend verortet und auf Grundlage vorliegender Informationen, wie z.B. Temperaturniveau von Abwärmequellen, Abwassermengen etc. quantifiziert. Das Vorgehen und die zugrundeliegenden Daten für die einzelnen Energiequellen werden im folgenden Kapitel beschrieben.

Für die Punkt- und Flächenpotenziale, die nur über eine zentrale Erschließung mit Wärmenetzen genutzt werden können, wird zudem die räumliche Nähe zu Wärmenetz Eignungsgebieten berücksichtigt. Dabei wird ein maximaler Abstand von ein bis zwei Kilometern zwischen Energiequelle und Wärmenetzausbaugebiet berücksichtigt, um die Wärmeverluste zwischen Wärmequelle und Wärmesenke zu reduzieren.

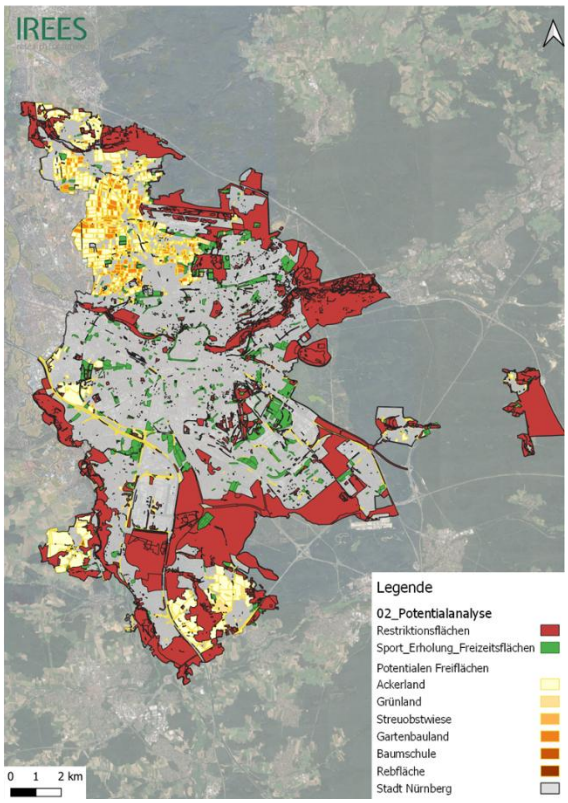
Abbildung 36: Vorgehen und Verortung der Punkt- und Flächenpotenziale und Ergebnisse der Weißflächenanalyse

Punktpotenziale

- Verortung und Quantifizierung → spezifische und räumlich differenzierte Daten der Energiequellen

Flächenpotenziale

1. Freiflächen für Flächenpotenziale
   - Ackerflächen
   - Grünlandflächen
2. Korrektur um Restriktionsflächen
   - Naturschutz, Vogelschutz, Landschaftsschutz, Flora-Fauna-Habitat, Trinkwasserschutzgebiete
   - Festgesetzt Überschwemmungsgebiete
   - Biotopkartierung und Ökoflächenkataster
4. Quantifizierung der Weißflächenpotenziale
   - Spezifische und räumlich differenzierte Daten der Energiequellen
4. Für Energiequellen mit zentraler Erschließung über Wärmenetze
   - Verschneidung mit Wärmenetz Eignungsgebieten
   - Maximalabstand von 1 bis 2 km
5. Abschätzung nutzbare Flächenpotenziale
   - Annahme Landnutzungsfaktor 2 %



Quelle: Eigene Darstellung IREES / e-think 2025; Primärdaten

Für die Potenziale zur Nutzung in der Fernwärme sind im Rahmen des Transformationsplans Fernwärme (N-ERGIE) tiefergehende Analysen durchgeführt worden, die bereits eine weitere Abstufung nach technischen-wirtschaftlich realisierbaren Potenzialen mit möglichen Standortbestimmungen analysiert.

Tabelle 12 fasst die Ergebnisse der Potenziale, die im Folgenden im Detail diskutiert werden:

Tabelle 12: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialanalyse

Energiequelle	**Lokales Potenzial [GWh/a]**	**Potenzial für Fernwärme nach Transformationsplan [GWh/a]**
Oberflächengewässer	292	89
Freifläche-Solarthermie	3 592 (Weißfläche) 72 (LNF 2%)	20
oberflächennahe Geothermie	1 035 (Weißfläche) 21 (LNF 2%)	0
Grundwasser	30	0

Tiefengeothermie	Unsicher	460
Umgebungsluft	17 (nur Fernwärme)	17
Biomasse Stadt Nürnberg Biomasse Allokation regionale Potenzial Metropolregion Nürnberg	35- 47 541	112
Altholz	139	139
Biogas/Biomethan	87	0
Abwärme (Industrie, Rechenzentren)	392	221
Abwärme Abwasser Kläranlage	109	100
Weitere identifizierte technische Potenziale Fernwärmeerzeugung (bedingt lokale Potenziale)		
Wasserstoff- KWK Wasserstoff Heizwerke		480 35
Abwärme Wasserstofferzeugung		36
Abwärme Sandreuth (Großwärmepumpen)		78
Abfallverbrennung		168
Ersatzbrennstoffe		90
Strom aus erneuerbarer Energien Elektroheizkessel		0,5

Quelle: Siehe folgende Kapitel; Hinweis: *

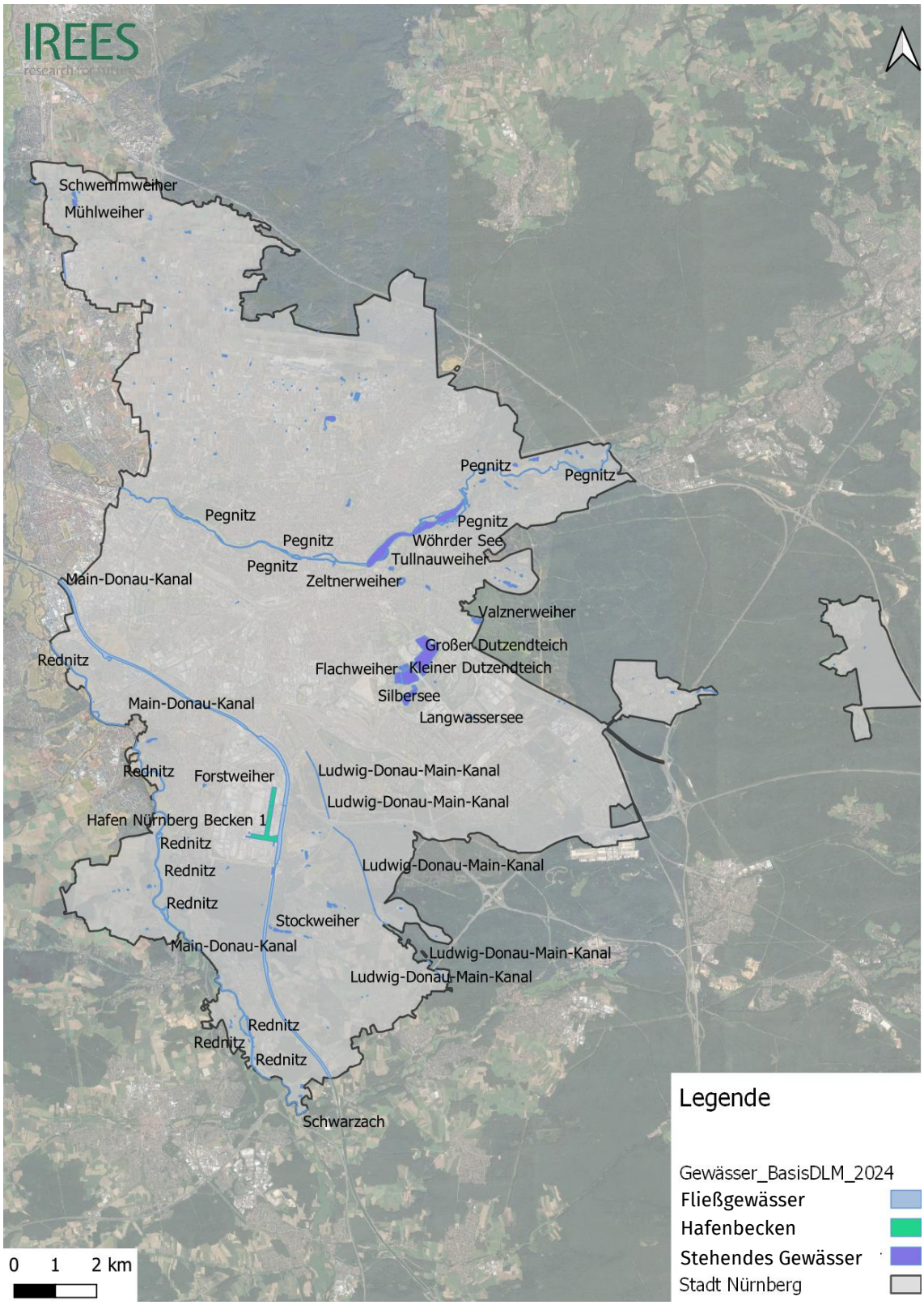
Für die dezentrale Erschließung von Umgebungsluft, Grundwasser und Erdwärme über Wärmepumpen werden standortspezifische Analysen auf Einzelgebäudeebene durchgeführt, mit der die Eignung der Gebäude in Nürnberg für Wärmepumpen analysiert werden (vgl. Kapitel 4.3).

4.2.2 Oberflächengewässer

Oberflächengewässer, wie Flüsse, Seen oder Kanäle, können als natürliche Wärmequellen für Großwärmepumpen genutzt werden, die eine hohe Leistung erbringen und mehrere Gebäude oder Quartiere versorgen können. Die Nutzung von Oberflächengewässern bietet mehrere Vorteile, wie eine hohe Verfügbarkeit, eine geringe Umweltbelastung und eine relativ konstante Temperatur im Vergleich zu anderen Wärmequellen. Die Wärmeentnahme aus Oberflächengewässern ist jedoch an bestimmte Bedingungen geknüpft, wie die Genehmigung durch die zuständigen Behörden, den Schutz der Ökosysteme und die Einhaltung der Mindesttemperaturen. Außerdem müssen technische Aspekte berücksichtigt werden, wie das hydraulische Potenzial, die Wasserqualität, die Standortwahl und die Dimensionierung der

Wärmetauscher. Um das Potenzial von Oberflächengewässern für die Wärmeversorgung durch Großwärmepumpen im Detail zu bestimmen, sind detaillierte Untersuchungen erforderlich, die sowohl die hydrologischen als auch die thermischen Eigenschaften des Gewässers analysieren. Abbildung 37 zeigt die vorhandenen Oberflächengewässer in Nürnberg. Relevant für eine mögliche Wärmenutzung sind dabei die Fließgewässer Rednitz und Pegnitz, deren Potenzial im Folgenden genauer bewertet wird.

Abbildung 37: Oberflächengewässer und Gewässerachse Nürnberg



Quelle: Eigene Abbildung IREES 2025; Primärdaten: (Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, 2024)

Die Potenziale zur Nutzung der Gewässer als Wärmequelle für eine Großwärmepumpe werden anhand von gemessenen Wasservolumina und vorhandenen Temperaturen abgeleitet. Basierend auf realen Betriebsweisen bestehender Flusswasserwärmepumpen (z.B. Stadtwerke Rosenheim)[31] wird angenommen, dass bei Wassertemperaturen unter 6 °C die Wärmepumpe im Teillastbetrieb (65 bis 80 %) betrieben und ab 3 °C Wassertemperatur komplett abgeschaltet wird.

Berechnung der Potenziale für die Rednitz

Abbildung 38 stellt die durchschnittliche Wassertemperatur und Abflussdaten für die Rednitz dar. Die durchschnittlichen Wassertemperaturdaten basieren auf den Daten der Messstelle Hausen im Zeitraum 1977 bis 2023 (GKD Bayern, 2025d). Die durchschnittlichen Abflussdaten basieren auf den Daten der Messstelle Neumühle im Zeitraum 1910 bis 2023 (GKD Bayern, 2025b).

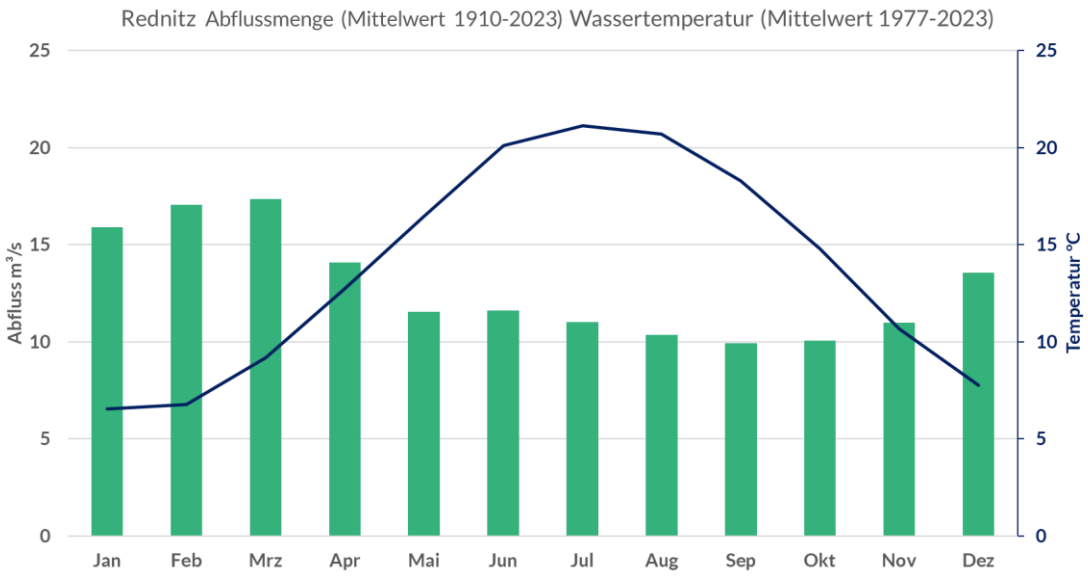
Bei einer maximalen Abkühlung des Flusswassers um 1 K ergibt sich ein maximales **theoretisches Potenzial bei einer Erschließung über Großwärmepumpen von 534 GWh/a.** Das real nutzbare Potenzial in Wärmenetzen hängt vom Wärmebedarf, der Dimensionierung der Wärmenetze und den anderen Wärmeerzeugern im Netz ab. Bei einer Wärmepumpenanlage, die auf max. 110 °C/65 °C konstant über das Jahr ausgelegt ist, wird eine Arbeitszahl von 2,27 im Winter erreicht. Der berechnet COP liegt zwischen 2,27 und 2,76. Daraus ergibt sich eine Jahresarbeitszahl von 2,4.

Für die Rednitz wird im Transformationsplan der N-ERGIE eine Nutzung des Oberflächenwasserpotenzials am Uniper-Kraftwerksstandort Gebersdorf angesetzt. Ein Anschluss an das Fernwärmenetz ist bereits vorhanden. Unter der Annahme von 1,4 m^3/s Teilvolumenstrom und einem Anlagenbetrieb ab 3 °C wird ein theoretisches Potenzial von **177 GWh/a (max. 30 MW)** erreicht. Bei einer Grenztemperatur von 5 °C sind 156 GWh/a erreichbar.

Im Transformationsplan der N-ERGIE wird das Potenzial zur Flusswassernutzung aus der Rednitz für die Fernwärme mit **88,5 GWh/a** und Heizlast von **15 MW_{th}** angegeben.

[31] Felix Thalheim, Thermische Nutzung von Oberflächengewässer in Deutschland, Energieagentur Tirol 2023

Abbildung 38: Mittelwert der Wassertemperaturen und Abflussmengen der Rednitz



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (GKD Bayern, 2025b, 2025d)

Berechnung der Potenziale für die Pegnitz

Abbildung 38 stellt die durchschnittliche Wassertemperatur und Abflussdaten für die Pegnitz dar. Die durchschnittlichen Wassertemperaturdaten basieren auf den Daten der Güntersthal Messstelle im Zeitraum 2024 bis 2025 (GKD Bayern, 2025c). Die durchschnittlichen Abflussdaten basieren auf den Daten der Nürnberg Lederersteg Messstelle im Zeitraum 1910 bis 2024 (GKD Bayern, 2025a).

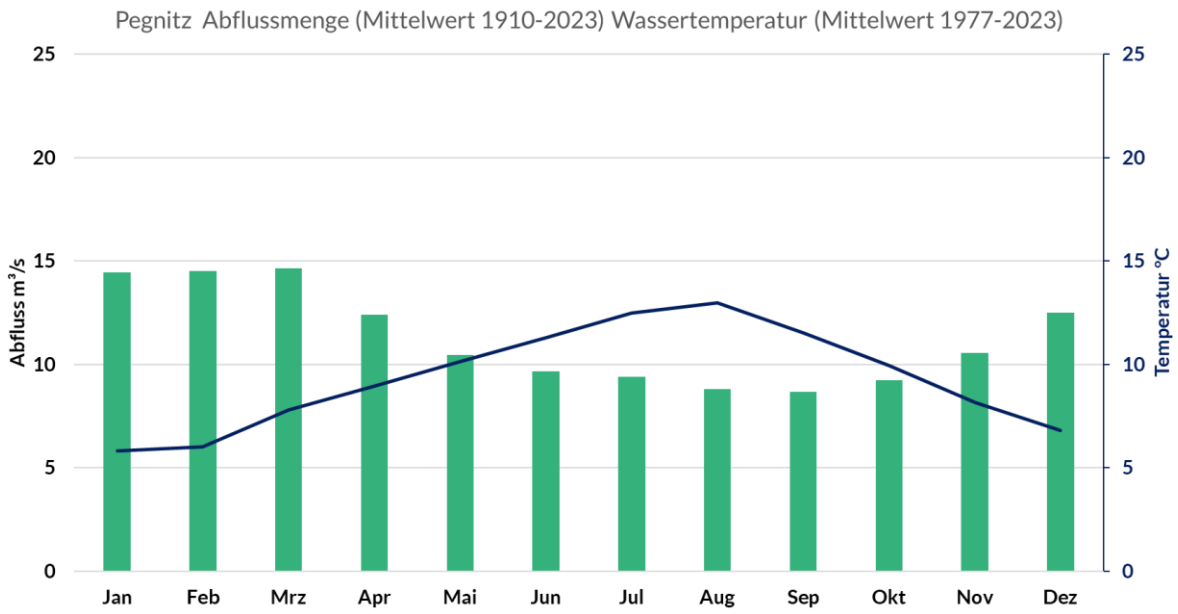
Bei einer maximalen Abkühlung des Flusswassers um 1 K ergibt sich ein maximales **Potenzial bei einer Erschließung über Großwärmepumpen von 344 GWh/a.** Das real nutzbare Potenzial in Wärmenetzen hängt vom Wärmebedarf, der Dimensionierung der Wärmenetze und den anderen Wärmeerzeugern im Netz ab. Bei einer Wärmepumpenanlage, die auf max. 110 °C/65 °C konstant über das Jahr ausgelegt ist, wird eine Arbeitszahl von 2,27 im Winter erreicht. Der berechnet COP liegt zwischen 2,27 und 2,46. Daraus ergibt sich eine Jahresarbeitszahl von 2,32.

Im Transformationsplan der N-ERGIE kommt man zu dem Ergebnis, dass für eine zentrale Entnahmestelle im maximal denkbaren Umfang im Stadtgebiet kein Platz vorhanden ist. Es müssten daher an mehreren Standorten kleinere Anlagen errichtet werden. Es wird von vier Wärmepumpen im Stadtgebiet ausgegangen mit einer maximalen Abkühlung des Flusswassers von 1,2 K.

Bei der Annahme von 0,25 m³/s Teilvolumenstrom pro Anlage und einem Anlagenbetrieb ab 3 °C wird eine Heizwärmedeckung von **115 GWh/a (max. 20,8 MW)** erreicht.

Im Transformationsplan der N-ERGIE wird aufgrund der eingeschränkten Nutzung im Winter wegen der niedrigen Wassertemperaturen und beschränktem Platz für die Anlagen derzeit kein Ansatz einer Flusswärmepumpe für die Pegnitz angegeben.

Abbildung 39: Mittelwert der Wassertemperaturen und Abflussmengen der Pegnitz



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025: Primärdaten: (GKD Bayern, 2025c, 2025a)

4.2.3 Freiflächen-Solarthermie

Zusammenfassung

Das Potenzial für die Nutzung von Solarthermie für eine zentrale Erschließung über Wärmenetze beträgt **3 592 GWh pro Jahr, was unter Berücksichtigung des angenommen Landnutzungsfaktor** (vgl. Kapitel 4.2.1) **71,8 GWh pro Jahr** entspricht. Dies entspricht einer theoretischen Bruttokollektorfläche von 158 828 m² bzw. einer erforderlichen Fläche von 476 483 m².

Im Transformationsplan der N-ERGIE werden dezidierte Flächen ausgewiesen, die sich grundsätzlich für eine Solarthermie Nutzung eignen und auf deren Basis das Potenzial für eine Nutzung in der Fernwärme von **20 GWh** pro Jahr ausgewiesen wird.

Berechnung der Potenziale Freiflächen Solarthermie

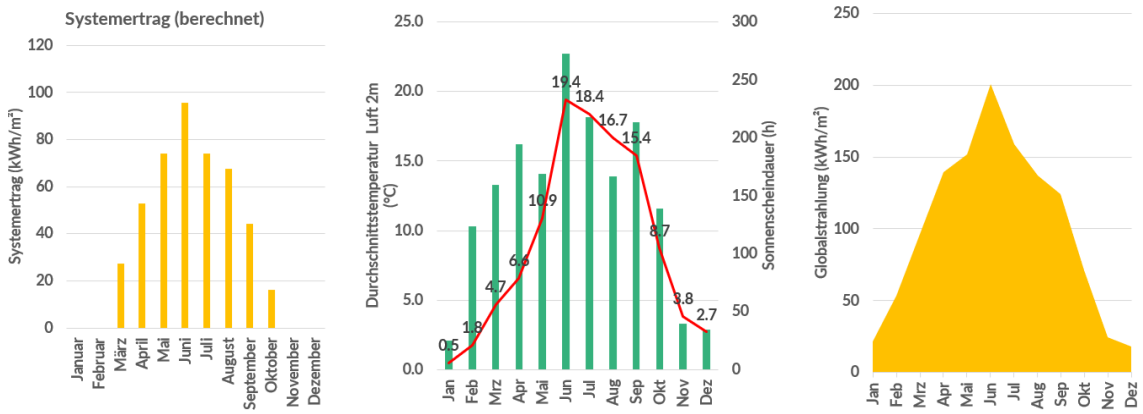
Die Freiflächen-Solarthermie Potenziale werden in Abhängigkeit von den in Kapitel 4.1.24 ermittelten potenziellen Wärmenetzregionen ermittelt und in die NetHEAT GIS-Oberfläche integriert. Hierbei werden von NetHEAT geeignete Flächen anhand von Landnutzungsdaten identifiziert und, in Abhängigkeit der solaren Einstrahlung und der Abstände zu bestehenden Wärmenetzen bzw. möglichen Wärmenetzgebieten, die Potenziale für solare Wärmebereitstellung in Wärmenetzen berechnet. Da beim Einsatz von zentraler Solarthermie in Wärmenetzen die räumliche Nähe der Wärmequelle und -senke ein entscheidender Faktor ist, ist das Ziel des NetHEAT Modells, geeignete Flächen in unmittelbarer Nähe zu identifizieren. Als maximaler Abstand zwischen Kollektorflächen und Wärmenetzeinspeisungspunkt werden im Modell 2 000 m angesetzt, um die Wärmeverluste zwischen Solarsystem und Wärmesenke zu reduzieren.

Im ersten Schritt erfolgt eine Weißflächenanalyse, um Flächen zu identifizieren, auf denen solarthermische Kollektorflächen errichtet werden können. Grundlage dafür stellen die Daten aus dem Digitalen Basis-Landschaftsmodell (ATKIS Basis DLM) dar (Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, 2024). Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, Bodendenkmäler und Geotope, Überschwemmungsgebiete und Hochwassergefahrenflächen, Flächen in Wasserschutzgebieten der Zonen 1 und 2 und potenzielle Erweiterungsflächen für Wohnbebauung und Gewerbe werden ausgenommen.

Im zweiten Schritt wird der potenzielle monatliche Solarkollektorertrag anhand von räumlich aufgelösten Wetterdaten des Deutschen Wetterdiensts (DWD) zur Solareinstrahlung (DWD Climate Data Center (CDC), 2022c), Sonnenscheindauer und Lufttemperatur (DWD Climate Data Center (CDC), 2022a) ermittelt. Im letzten Schritt werden die geeigneten Standorte für Freiflächen und mögliche Wärmenetzgebiete zusammengeführt. Dazu erfolgt im Modell eine Umkreissuche mit dem definierten Maximalabstand.

Abbildung 40 stellt den berechneten Systemertrag[32] (links), Lufttemperatur und Sonnenscheindauer (Mitte) und Globalstrahlung (rechts) dar. Aus den genutzten Daten ergibt sich eine jährliche Globalstrahlung von 1 198 kWh/m²*a, eine Sonnenscheindauer von 1 755 h/a und ein spezifischer Systemertrag von 452 kWh/m²*a. Daraus ergibt sich ein theoretisches Potenzial 3 592 GWh pro Jahr, was unter Berücksichtigung des angenommen Landnutzungsfaktors ein Potenzial von 71,8 GWh pro Jahr entspricht.

Abbildung 40: Monatlicher Systemertrag (links) Lufttemperatur und Sonnenscheindauer (Mitte) und Globalstrahlung (rechts)



Quellen: Eigene Berechnung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (DWD Climate Data Center (CDC), 2022a, 2022b, 2022a)

4.2.4 Geothermie

Zusammenfassung

[32] Systemertrag [Wh/m²] = Wirkungsgrad Kollektor [%] * Sonnenscheindauer [h] * Einstrahlung [W/m²]

Anhand der Sondentiefe werden geothermische Anlagen in drei Klassen eingeordnet:

- Oberflächennahe Geothermie bis zu 400 Meter
- Mitteltiefe Geothermie über 400 Meter bis 1 000 Meter
- Tiefengeothermie über 1 000 Meter

Abbildung 41 stellt die verschiedenen Arten von Geothermie basierend auf der Sondentiefe und dem jeweiligen Kreislauftyp dar. Für Nürnberg sind relevante Potenziale im Bereich der oberflächennahen Geothermie identifiziert worden. Ebenso bestehen Potenziale für Tiefengeothermie.

Das berechnete oberflächennahe Geothermiepotenzial aus Erdwärmesonden für eine zentrale Erschließung mit Wärmenetzen beträgt für die identifizierten Weißflächen insgesamt **1 035 GWh pro Jahr, was unter Berücksichtigung des angenommen Landnutzungsfaktor** (vgl. Kapitel 4.2.1) **20,7 GWh pro Jahr** entspricht.

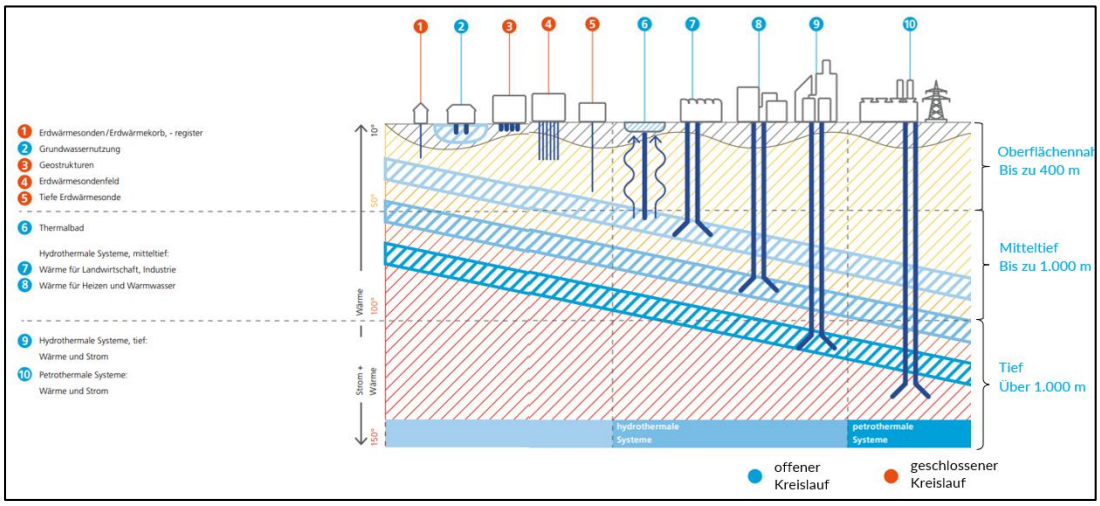
Das ermittelte oberflächennahe Geothermiepotenzial aus Grundwassernutzung beträgt **30,2 GWh pro Jahr für die identifizierten Weißflächen mit Grundwasserpotenzial.** Da hier bereits eine hohe Einschränkung der Flächen aufgrund der Restriktionen existiert, wird keine pauschale Reduktion über einen Landnutzungsfaktor berücksichtigt. Die Potenziale sind eher als Punktpotenziale zu betrachten.

Im Transformationsplan der N-ERGIE wird für eine Nutzung im Fernwärmenetz ein Potenzial von **460 GWh pro Jahr** aus Tiefengeothermie ermittelt. Da die oberflächennahe Geothermie- und Grundwasser-Potenziale über viele Flächen und Standorte verteilt sind, sind diese wegen hoher spezifischer Investition nicht weiter berücksichtigt. Sollten weitere Potenziale benötigt werden, kann dieses Potenzial noch einmal näher betrachtet werden

Zur Einordnung der Berechnung ist zu berücksichtigen, dass die detailliertere Bewertung des geothermischen Potenzials einer umfassenderen Analyse geologischer, hydrogeologischer und thermischer Eigenschaften des Untergrunds bedarf, die im Zuge einer Entwurfs- und Detailplanung für die Umsetzung von entsprechenden Wärmeprojekten erforderlich wäre.

Für die dezentrale Nutzung oberflächennaher Geothermie werden neben möglichen Nutzungseinschränkungen aufgrund des Untergrunds die Gebäudeeigenschaften berücksichtigt. Für die dezentralen Potenziale in Gebäuden wird auf Kapitel 4.3 verwiesen.

Abbildung 41: Darstellung der verschiedenen Arten von Geothermie



Bildquelle: (Bundesamt für Energie, 2017). Broschüre Geothermie in der Schweiz

4.2.4.1 Oberflächennahe Geothermie Erdwärmesonden

Im ersten Schritt der Analyse wird ebenfalls eine Weißflächenanalyse durchgeführt (Abbildung 36). Hierbei werden einerseits weitere Einschränkungen aufgrund von Restriktionen bezüglich der Untergrundnutzung berücksichtigt, andererseits werden Sport-, Erholungs- und Freizeitflächen als Weißflächen eingeplant. Diese Flächen wurden bei der Analyse für Freiflächen-Solarthermie aufgrund ihrer Nutzung ausgeschlossen, könnten jedoch grundsätzlich für eine geothermische Nutzung in Frage kommen.

Die Potenziale für oberflächennahe Geothermie werden anhand geologischer Daten des Untergrundes, der zur Verfügung stehenden Flächen, der durchschnittlichen Wärmeleitfähigkeit, Bohrtiefbegrenzung und der Untergrundtemperaturen berechnet. Untersucht werden die Potenziale für Erdwärmesonden, für Bohrungstiefen von bis zu 150 Metern. Grundlage für die Analyse sind die räumlich differenzierten Daten zu Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes und Bohrtiefenbegrenzungen. Die Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes hängt einerseits von der Art des Festgesteins und der Wasserführung und andererseits bei Lockermaterial von der Zusammensetzung, dem Korngrößenspektrum, der Lagerungsdichte und der Wasserführung ab. Kennwerte für die Wärmeleitfähigkeit für definierte Gesteinstypen liegen in technischen Normen vor (siehe VDI 4640 Blatt 1 oder „SIA Schweizer Norm SN 565 384/6“), die für die Analyse herangezogen werden. Die Kennwerte bilden jedoch nur die Wärmeleitfähigkeit von klar definierten Gesteinstypen ab, so dass beispielsweise Wechselfolgen von sandigen, schluffigen und kiesigen Lockergesteinen nicht berücksichtigt sind.

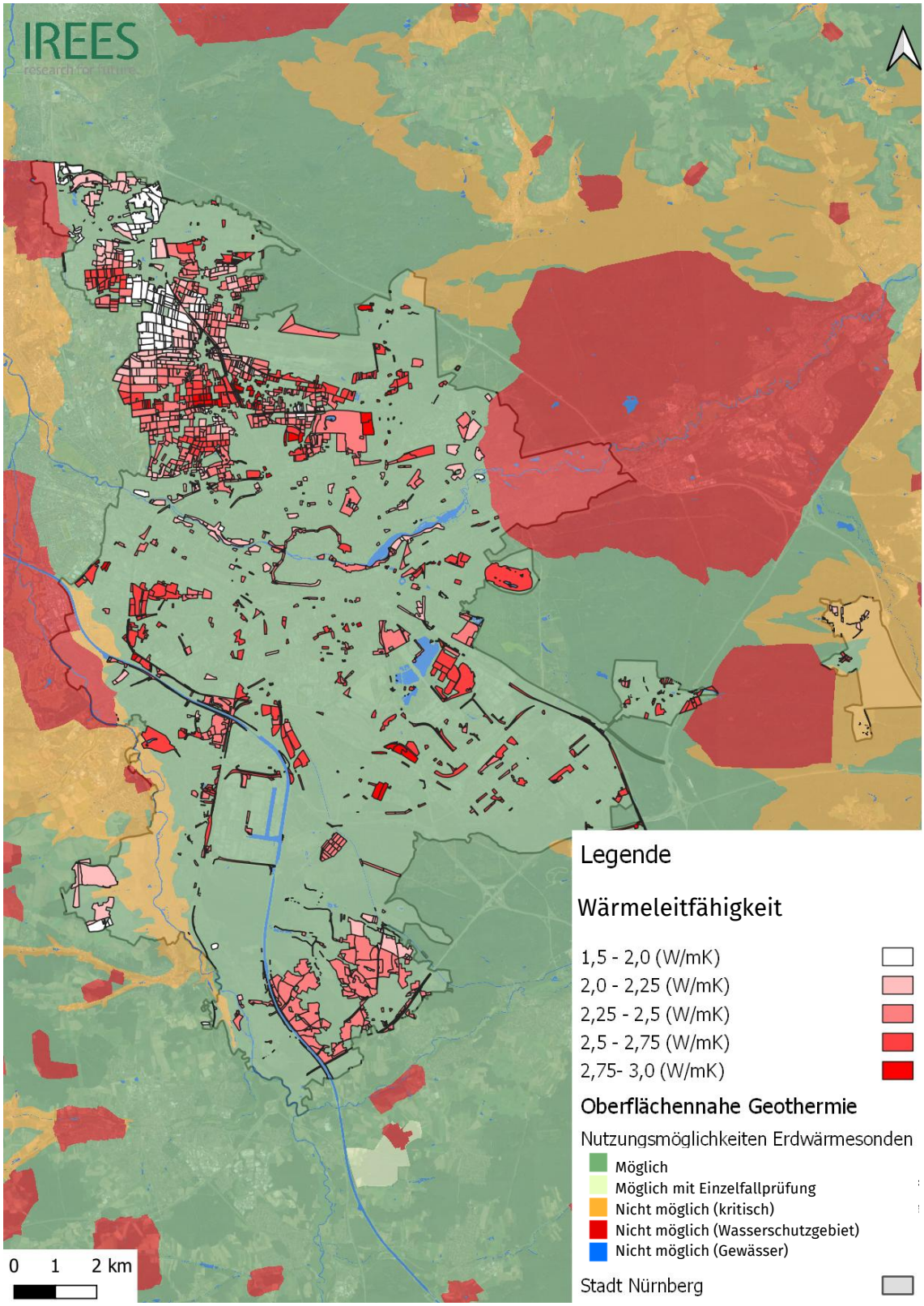
Im ersten Schritt werden die Flächen um vorhandene Wasserschutzgebiete und hydrogeologisch, geologisch oder wasserwirtschaftlich kritische Gebiete korrigiert.

Im zweiten Schritt werden basierend auf den Daten zur Wärmeleitfähigkeit die Entzugsleistungen des umgebenden Untergrunds berechnet. Für jede Fläche sind die

Entzugsleistungen basierend auf den Wärmeleitfähigkeiten und der Bohrtiefenbegrenzung berechnet. Die Wärmeleitfähigkeiten bis 150 Meter Bezugstiefe liegen räumlich hochaufgelöst vor.

Im dritten Schritt sind die Untergrundtemperaturen bezogen auf verschiedene Tiefen analysiert. Insgesamt werden 20 Modellpunkte (Agemar et al., 2012) innerhalb des Stadtgebiets Nürnberg berücksichtigt. In 100 Metern Tiefe liegen durchschnittlich Untergrundtemperaturen von 21,9 °C vor.

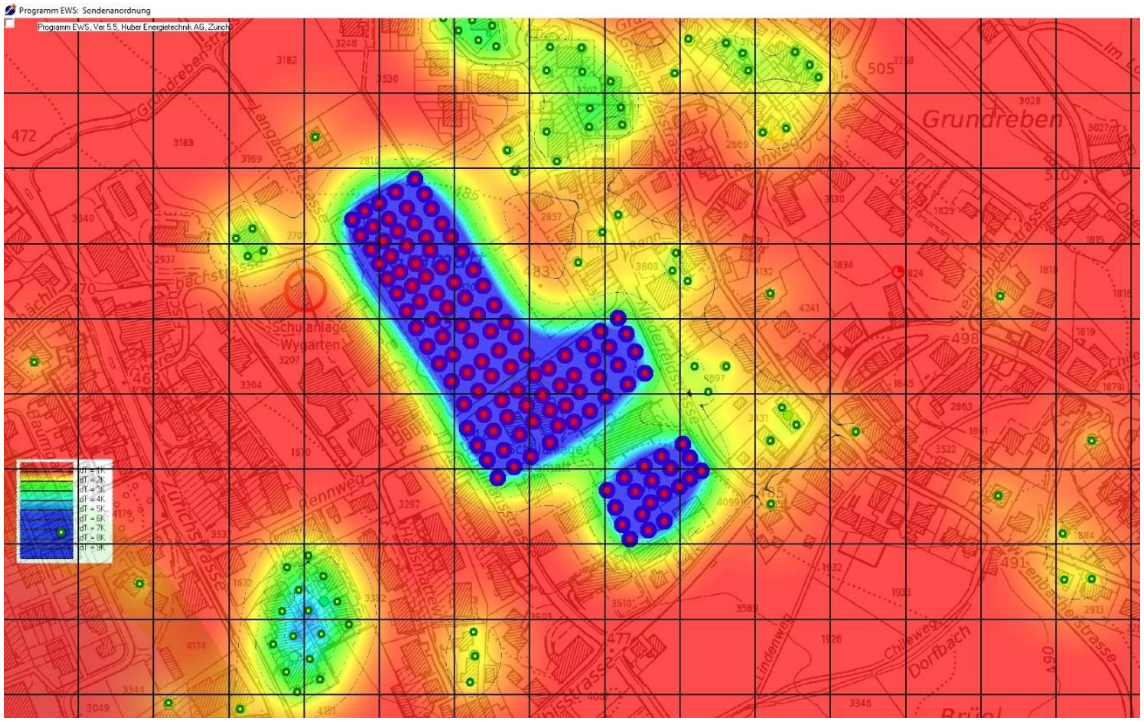
Abbildung 42: Durchschnittliche Wärmeleitfähigkeiten für die identifizierten Weißflächen geothermischer Nutzung



Quellen: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: Technische Universität München, Lehrstuhl Hydrogeologie (TUM, 2024); Energieatlas-Bayern

Mit Regeneration des Untergrunds können höhere Volllaststunden technisch möglich werden. Ohne Regeneration nimmt die Wärmekapazität des geothermischen Feldes mit der Zeit ab. Bei Erreichen einer kritischen Nutzungsdichte sollte eine Regeneration eingeplant werden. Unter dem Einfluss benachbarter Erdwärmesonden folgt eine stärkere Auskühlung über einen Zeitraum von 50 Jahren von zusätzlich ca. 7 C (Kirschstein et al., 2024). Durch eine Teil-Regeneration kann der Langzeitauskühlung bei dichter Erdwärmenutzung entgegengewirkt werden. Die Option, die Erdwärmesonden länger zu dimensionieren, um über einen Zeitraum von 50 Jahren Frostfreiheit des Nahbereichs zu garantieren, ist sowohl ökonomisch als auch aus Sicht der Nachhaltigkeit nicht empfehlenswert. Eine aktive Regeneration, also ein Wärmeeintrag in den Boden, ist kostengünstiger und nachhaltiger. In Abbildung 43 ist der Einfluss der benachbarten Erdwärmesonden dargestellt.

Abbildung 43: Einfluss benachbarter Erdwärmesonden auf die Abkühlung des Untergrunds



Bildquelle: (Huber, 2016)

Für die dezentrale Nutzung oberflächennaher Geothermie durch Wärmepumpen erfolgt eine Verschneidung mit den Gebäude- und Grundstücksdaten, um weitere mögliche Einschränkungen der Nutzung zu analysieren (vgl. Kapitel 4.3).

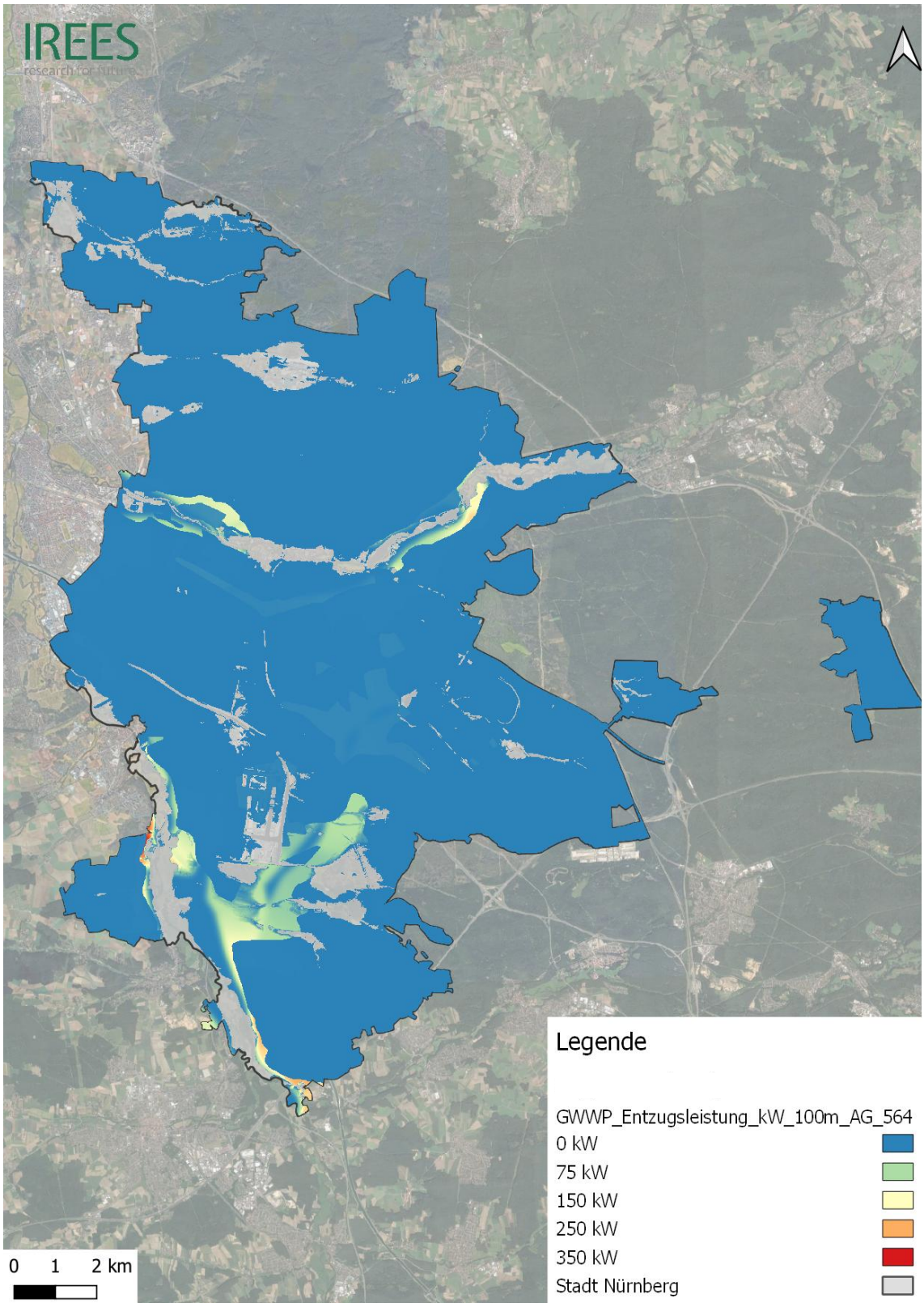
4.2.4.2 Oberflächennahe Geothermie Grundwasser

Die Grundwasserpotenziale werden nach den Analysen der TU München Lehrstuhl Hydrogeologie angesetzt, die im Jahr 2024 für den Energieatlas Bayern und im Rahmen des GeoMAN Forschungsprojektes kleinräumig erhoben wurden (Zosseder & Böttcher, 2024). Für den Wärmeplan Nürnberg sind folgenden Daten direkt durch die TU München zur Verfügung gestellt worden (TUM, 2024):

- Flurstück bezogene Daten: maximale Entzugsleistung [kW], maximal möglicher Brunnenabstand [m], technische Entnahmerate [l/s]
- Raster bezogen Daten: Entzugsleistung bei Brunnenabstand 10 m, Entzugsleistung bei 100 m Brunnenabstand, Entzugsenergie bei 10 m Brunnenabstand, Entzugsenergie bei 100 m Brunnenabstand

Die Berechnung erfolgt nach der TAP-Methode (Böttcher et al., 2019) und zeigt die thermische Leistung einer Grundwasserwärmepumpe bei einer thermischen Veränderung der Grundwassertemperatur um 5 Kelvin. Sie basiert auf der technischen Entnahmerate zwischen Entnahme- und Schluckbrunnen, welche durch die regulatorischen und technischen Kriterien zur Nutzung vorgegeben sind. Abbildung 44 zeigt die Grundwasser Entzugsleistungen bei 100 m Brunnenabstand, die für eine Quartiersnutzung z.B. in kalten Nahwärmenetzen in Frage kommen.

Abbildung 44: Grundwasser Entzugsleistung bei 100 m Brunnenabstand

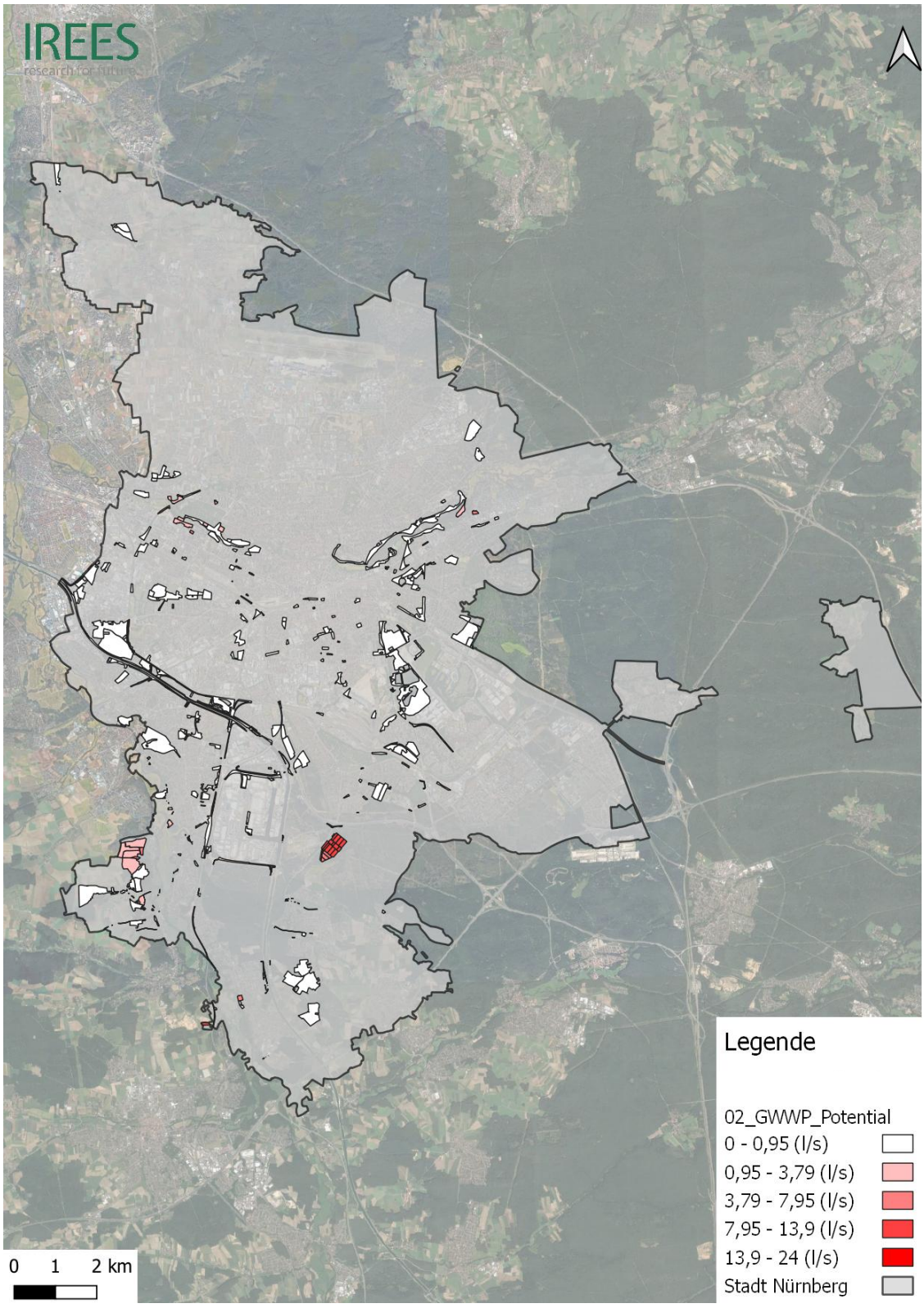


Quellen: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (TUM, 2024)

In Abbildung 45 sind die Potenzialflächen und Entnahmeraten dargestellt, die für die Berechnung der Grundwasserpotenziale berücksichtigt sind. Aus dem energetischen

Potenzial der identifizierten Weißflächen ergibt sich ein energetisches Potenzial von 30,2 GWh pro Jahr.

Abbildung 45: Grundwasser Potenzialflächen und Entnahmeraten in Liter pro Sekunde



Quellen: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (TUM, 2024)

4.2.4.3 Tiefengeothermie Potenzial

In Nürnberg gibt es kein nachgewiesenes oder vermutetes hydrogeothermisches Potenzial. Abbildung 46 zeigt die Auswertung der nächstgelegenen Potenziale aus dem Geothermischen Informationssystem (Geotis), welche in erheblichem Abstand zum Stadtgebiet liegen. Die mögliche Nutzung von Tiefengeothermie als Wärmequelle für die Fernwärme wird dennoch derzeit im Rahmen eines Erkundungsprojektes geprüft (N-ERGIE, 2025a). Die bisherigen Meilensteine des Projektes sind:

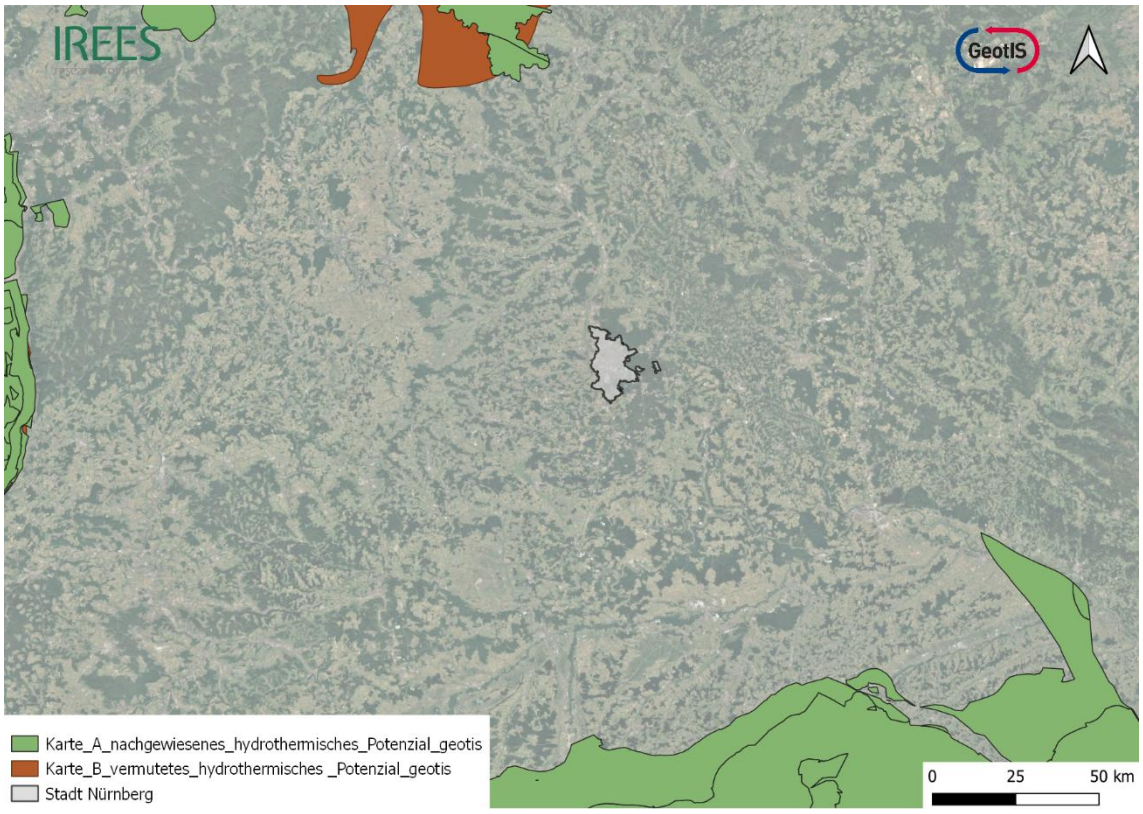
- 2023: Genehmigung für die notwendigen Untersuchungen in einem „Erlaubnisfeld zur Aufsuchung von Erdwärme“ durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) erteilt
- April 2024: Messflüge zur Erhebung geophysikalischer Informationen über die Eigenschaften des Gesteins unter der Erde innerhalb eines Suchfelds
- Februar 2025: Erste Ergebnisse lassen vermuten, dass am ehesten der Süden von Nürnberg geeignet für die Erschließung von Erdwärme ist

Aufgrund der fehlenden hydrothermischen Potenziale kämen dazu nur sogenannte geschlossene Systeme (Closed-loop) in Frage, bei denen das Wärmeträgermedium in einem geschlossenen System geführt wird ohne einen direkten Austausch mit dem Untergrund (Bundesverband Geothermie, 2025). Die Wärmeübertragung von Gestein auf Wärmeträger erfolgt dabei rein auf Basis von Konvektion und ist deshalb auch unabhängig von der Wasserführung und der Wasserwegsamkeit (Permeabilität). Das Fündigkeitsrisiko ist demnach „nur“ auf die Richtigkeit der Temperaturprofile beschränkt. Zudem wird angestrebt, dass die Nutzung des natürlichen Thermosyphon-Effektes für den Betrieb ausreichend ist und damit auf die Förderpumpe als größtem Stromverbraucher von Geothermiesystemen verzichtet werden kann. Trotz dieser Vorteile sind in geschlossenen Systemen deutlich geringere Leistungen möglich als in hydrogeothermischen Systemen (Dubletten). In Deutschland sind geschlossene Systeme bisher nur als oberflächennahe Systeme mit tiefen Erdwärmesonden realisiert worden.

Im Transformationsplan der N-ERGIE wird „derzeit von einem Potenzial von 2 x 60 MW ausgegangen“, was bei 7 700 Vollaststunden einem energetischen Potenzial von 924 GWh /a entspricht. Für die Nutzung in der Fernwärme wird dabei von vier Anlagen mit jeweils 15 MW und einem **Gesamtpotenzial von 460 GWh/a** ausgegangen.

Aufgrund der erst beginnenden Erkundungen ist dieses Potenzial jedoch noch mit hoher Unsicherheit zu betrachten. Genaue Berechnungsgrundlagen für die Abschätzung lagen für die Erstellung des Wärmeplans nicht vor.

Abbildung 46: Gebiete für hydrothermale Wärmegewinnung in Bayern



Quellen: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: Geotis (Agemar et al., 2014; LIAG, 2025; Schulz et al., 2013)

4.2.5 Biomasse

Für die Potenzialanalyse wird das lokale Potenzial im Stadtgebiet sowie das regionale Potenzial ermittelt, um eine mögliche Allokation des verfügbaren Biomasseaufkommens unter Berücksichtigung der nationalen Potenziale zu erhalten.

Zusammenfassung

Unter Biomassepotenziale fallen Waldrestholz, Reststoffe aus dem Ackerbau, Flur- und Siedlungsholz sowie biogene Abfälle aus Haushalten. Neben Reststoffen kann zudem noch Anbaubiomasse aus Kurzumtriebsplantagen und Energiepflanzen genutzt werden. Zudem ist für Nürnberg noch Industrierestholz und Gebrauchsholz relevant, was unter dem Begriff Altholz zusammengefasst wird. Für die Quantifizierung des Biomassepotenzials ist die räumliche Abgrenzung des einzuziehenden Gebietes entscheidend und wie regionale Biomassepotenziale auf einzelne Städte und Gemeinden zugeteilt werden. Für den Wärmeplan werden die Potenziale anhand der Aufkommen innerhalb des Stadtgebietes bewertet sowie durch Allokation regionaler Potenziale, wodurch sich eine Bandbreite der verfügbaren Biomassepotenziale ergibt.

- Das ermittelte lokale Potenzial für Reststoffe und Kurzumtriebsplantagen innerhalb des Stadtgebietes liegt je nach Quelle und Berechnungsansatz zwischen **35 GWh und 47 GWh pro Jahr.**

- Durch Allokation des regionalen Waldholzpotenzials aus der Metropolregion anhand der Einwohnerzahl ergibt sich ein rechnerisches Potenzial von **541 GWh pro Jahr.**
- Die derzeitige energetischen Nutzung im Biomasse Heizkraftwerk Sandreuth **beträgt 112 GWh pro Jahr**. Im Transformationsplan der N-ERGIE wird davon ausgegangen, dass aufgrund von Nutzungskonkurrenz kein weiteres Potenzial aus der Region hinzukommt.
- Das für die Fernwärme nutzbare energetische Altholzpotenzial wird im Transformationsplan mit **139 GWh pro Jahr** beziffert.

Das berechnete lokale Biomassepotenzial von Reststoffen und im Stadtgebiet Nürnberg liegt zwischen **35 GWh pro Jahr und 47 GWh pro Jahr**.

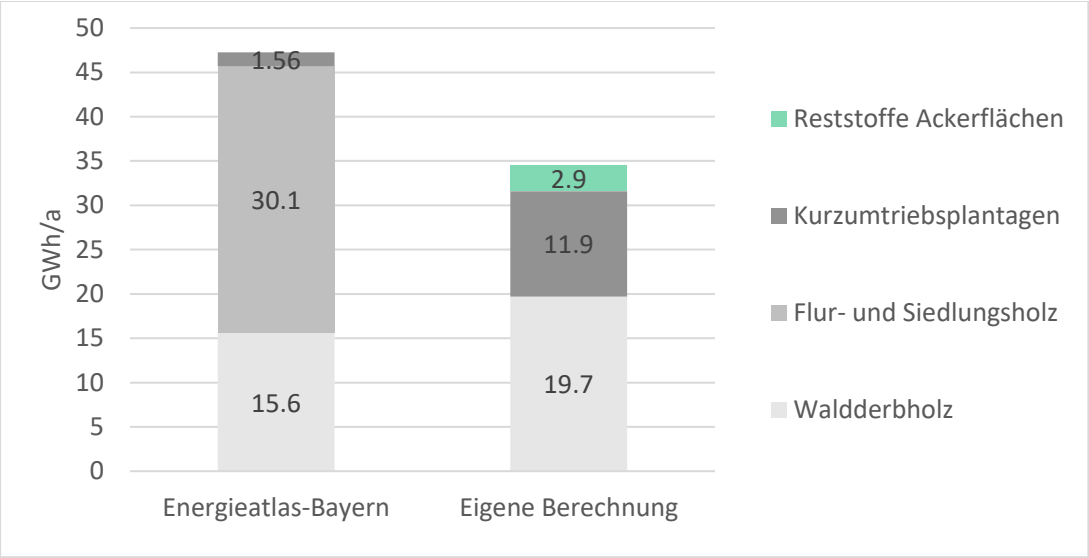
Berechnung lokaler Potenziale aus Restholz aus Wald, Ackerflächen und Siedlungen (Baum- und Strauchschnitt)

Die Ermittlung der Potenziale wird für das Stadtgebiet anhand von Flächenkennwerten für Reststoffe berechnet. Zunächst wird die Landwirtschafts- und Waldfläche im Stadtgebiet quantifiziert (Abbildung 48). Im zweiten Schritt werden die energetischen Potenziale dieser Flächen mittels durchschnittlicher flächenspezifischer Nutzungskennwerte der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR, 2022) und des Deutsches Biomasseforschungszentrums (DBFZ, 2024) bewertet:

- **Ackerflächen 1,22 MWh/ha** (Durchschnittswert für Deutschland basierend auf landwirtschaftlichen Nebenprodukten bzw. Reststoffen),
- **Waldflächen 6,40 MWh/ha** (Holz und forstwirtschaftliche Nebenprodukte - Mittlerer Heizwert (w=15 %) und Anpassungsfaktor für Bayern),
- **Energiepflanzen 51,11 MWh/ha** (Getreideganzpflanzen).

Im Energieatlas Bayern wird das Potenzial aus Waldderbholz etwas geringer bewertet genauso wie Potenziale für Kurzumtriebsplantagen. Insgesamt ergibt sich jedoch ein höheres Potenzial durch Flur- und Siedlungsholz (Abbildung 47).

Abbildung 47: Lokale Biomassepotenziale in Nürnberg aus Restoffen und Kurzumtriebsplantagen



Quelle: Eigene Berechnung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2025; DBFZ, 2024; FNR, 2022)

Berechnung der Allokation regionaler Biomassepotenziale

Zur Berechnung der Allokation der regionalen Potenziale kann das Biomassepotenzial der Metropolregion herangezogen werden. Im Energieleitplan der Metropolregion Nürnberg wird davon ausgegangen, dass aufgrund des Klimawandels massive Umbaumaßnahmen des Waldbestandes erforderlich sind (Endres et al., 2019). Dadurch sinkt das bis Mitte 2030 verfügbare Biomassepotenzial spätestens ab dem Jahr 2040 von 5 398 GWh auf 3 420 GWh pro Jahr nach Abschluss der Waldumbaumaßnahmen. Weitere Potenziale werden durch die Nutzung von Kurzumtriebsplantagen gesehen, die je nach Flächennutzungsgrad den Wegfall des Waldholzes sogar kompensieren könnten. Unter Berücksichtigung einer Allokation der regionalen Potenziale der Metropolregion Nürnberg nach Einwohnerzahlen wird jedoch nur das Waldrestholz angesetzt. Daraus resultiert ein theoretischen Biomassepotenzial für Nürnberg von **541 GWh pro Jahr**.

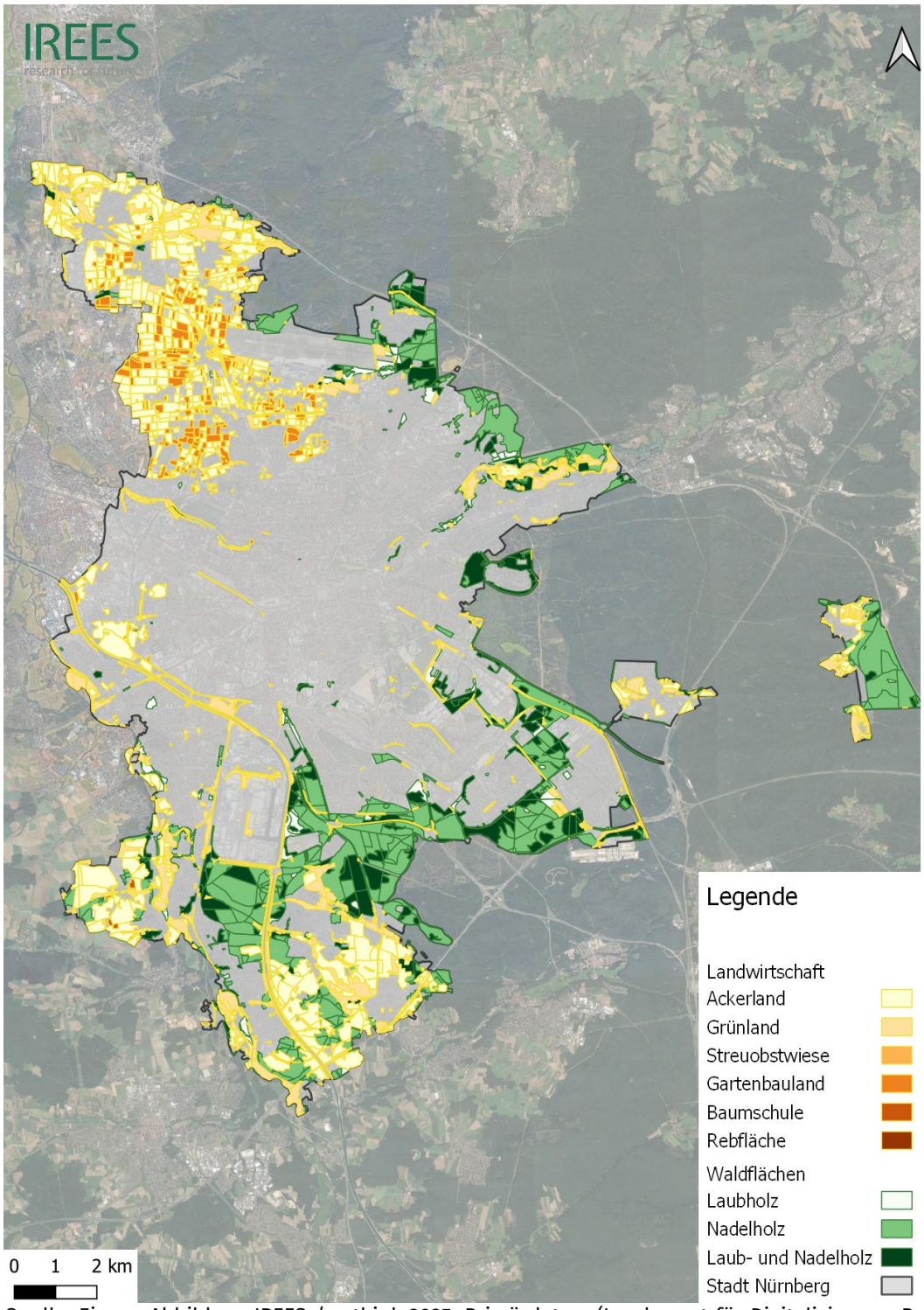
Der Transformationsplan der N-ERGIE geht hingegen aufgrund der Nutzungskonkurrenz von keinem weiteren Biomassepotenzial für die Fernwärme aus. Das Potenzial wird mit der derzeitigen Erzeugung mit Biomasse von **112 GWh pro Jahr** angesetzt.

Potenziale aus Altholz

Gemäß der Analyse des Transformationsplans der N-ERGIE steht im Nürnberger Hafen ein Mindestvolumen von 200 000 Tonnen Altholz pro Jahr zur Verfügung. Das Altholz wird vollständig aus regionalen Quellen bezogen, und die Anlieferung erfolgt per Bahn. Ein Weitertransport über die bestehende Bahntrasse zum Heizkraftwerk Sandreuth ist vom Hafen aus möglich. Diese Potenzialberechnung basiert auf einer Studie aus dem Jahr 2023, die das Altholzpotenzial für das Heizkraftwerk Sandreuth detailliert untersucht hat.

Der Transformationsplan der N-ERGIE weist ein Theoretisches Potenzial von **268 GWh pro Jahr** aus. Davon wird **139 GWh pro Jahr** für eine Nutzung im Fernwärmenetz ermittelt.

Abbildung 48: Landwirtschaftliche Flächen und Waldflächen in der Stadt Nürnberg

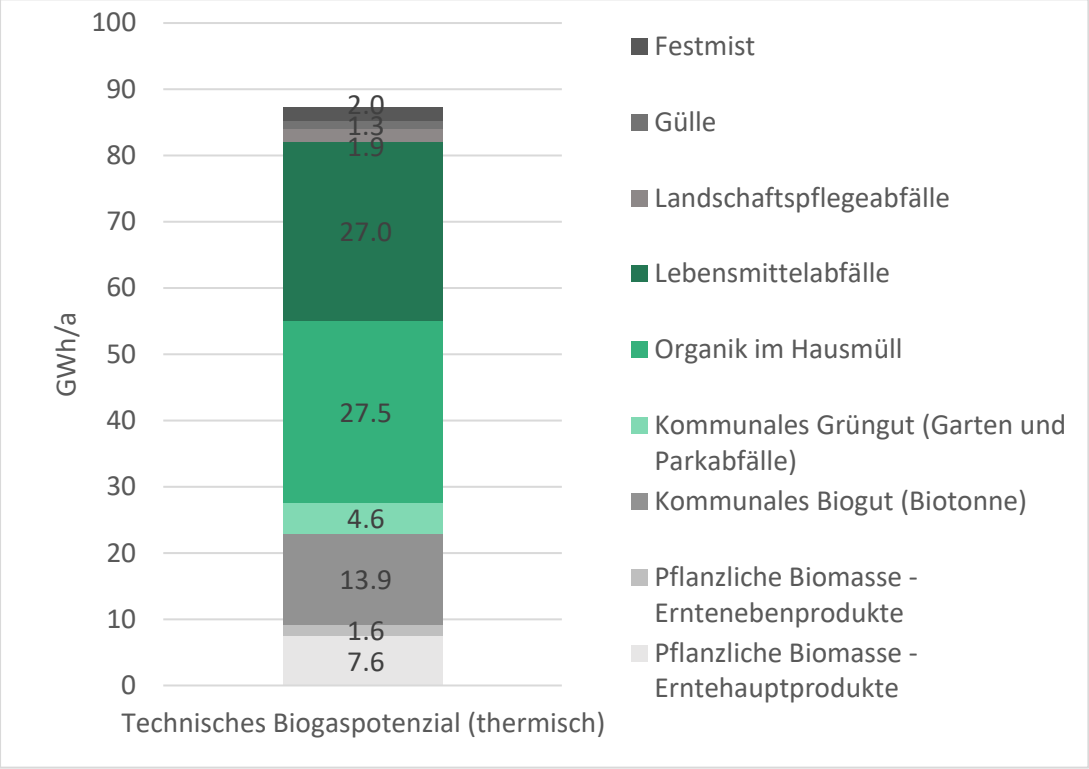


Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Primärdaten: (Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, 2024) ATKIS Basis-DLM

4.2.6 Biogas

Der Energie-Atlas Bayern weist ein technisches Biogaspotenzial von 8,08 Mio. m³ Biogas aus, welches einer energetischen Nutzung für die Wärmebereitstellung von 87,3 GWh/a entspricht. Lebensmittelabfälle, organische Abfälle im Hausmüll und kommunales Biogut (Biotonne) machen rund 80 % des gesamten Biogaspotenzials aus. Der Rest stammt aus Erntehaupt- und Nebenprodukten sowie kommunalem Grüngut und Landschaftspflegeabfällen (Abbildung 47). Zur Bestimmung des Potenzials aus landwirtschaftlicher Biomasse wurde eine Studie durch die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft und das Fraunhofer IEE durchgeführt (Krautkremer et al., 2024). Diese Studie untersucht gemeindespezifische Biogaspotenziale unter Berücksichtigung unterschiedlicher Substratvielfalt (48 verschiedene Biomassen), regionale Unterschiede in der Pflanzenproduktion (Flächennutzung und Ertrag), Tierhaltung (Haltungsformen und Biomassebedarf zu Futter- und Einstreuzwecken) sowie Biogasproduktion (Methanerträge und Substratmischungen).

Abbildung 49: Biogaspotenzial (thermisch) in Nürnberg



Quelle: Eigene Berechnung IREES / e-think 2025; Primärdaten: Energie-Atlas-Bayern (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2025)

4.2.7 Abwärme aus Abwasser

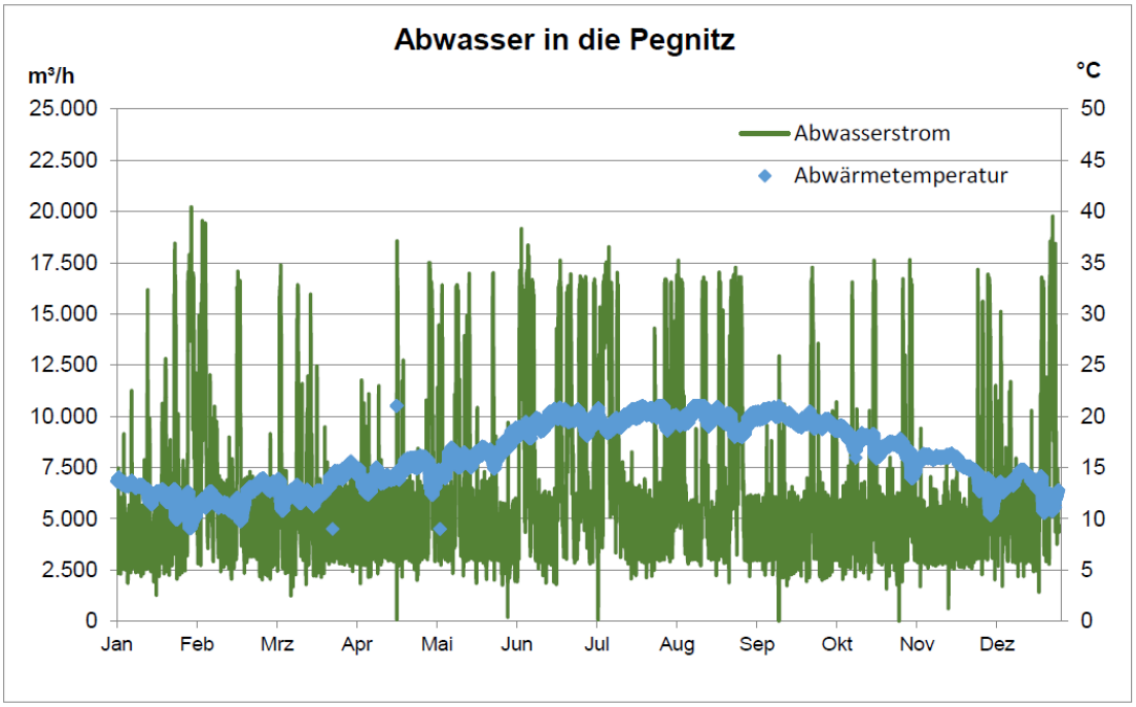
Zusammenfassung

Die Nutzung der im Abwasser enthaltenen Wärme stellt eine weitere Möglichkeit für eine Nutzung lokaler erneuerbarer Energien dar. Dabei dient die im Abwasser gespeicherte Wärme als Wärmequelle für Wärmepumpen. Am effizientesten lässt sich das jedoch über eine zentrale Erschließung an einer Stelle mit hohen

Abwassermengen und entsprechend Platz für eine zentrale Wärmepumpe realisieren. In Abbildung 51 ist der Standort der Kläranlage in Nürnberg dargestellt. In Nürnberg kommt hier insbesondere der Standort der Kläranlage 1 in Frage.

Die dort anfallenden Abwassermengen (siehe Abbildung 50) liegen zwischen 2 500 m³ und 7 500 m³ pro Stunde mit Ausreißern von bis zu 20 000 m³/h zu Spitzenzeiten bei Abwassertemperaturen zwischen 10 ° Celsius und etwas über 20 ° Celsius im Sommer.

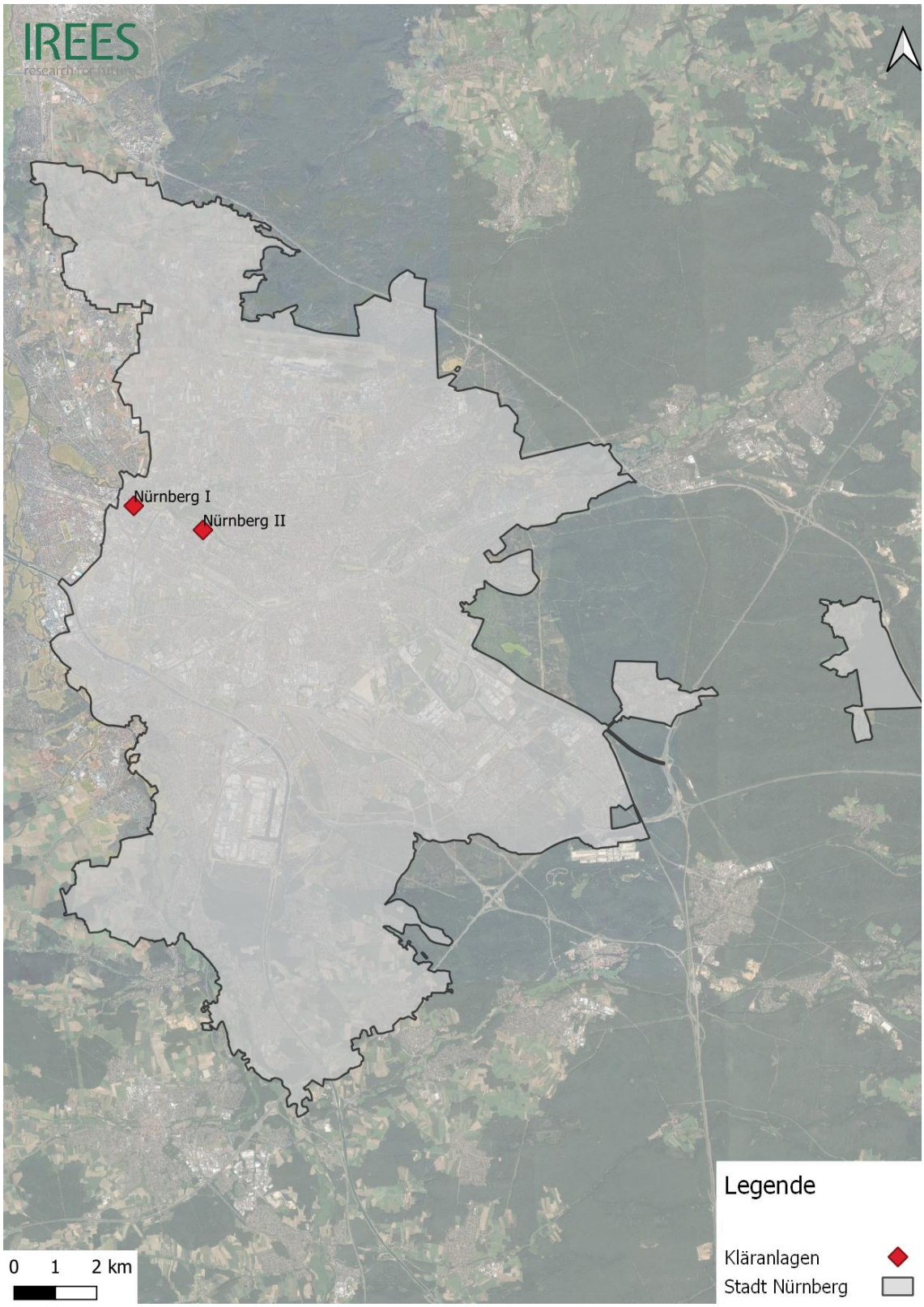
Abbildung 50: Klärwasser Kläranlage 1 im zeitlichen Verlauf



Quelle: Eigene Abbildung IREES 2025; Primärdaten: N-ERGIE

Das theoretische Angebotspotenzial beträgt bei einer Nutzung über eine Großwärmepumpe **209 GWh pro Jahr**. Das Abwasserpotenzial liegt in der Heizperiode bei rund 20 MW, d.h. die mit der Wärmepumpe nutzbare Wärmeleistung läge theoretisch bei rund 37 MW. Das real nutzbare Potenzial in Wärmenetzen hängt vom Wärmebedarf, der Dimensionierung der Wärmenetze und der anderen Wärmeerzeuger im Netz ab. Die klarwasserseitige Einbindung der Wärmepumpe kann lediglich Abwärme bis zu einer Leistung von 8 MW bereitstellen. Daraus ergibt sich ein Nutzwärmepotenzial von **max. 15 MW** aus der Wärmepumpe. Im Transformationsplan der N-ERGIE wird das Potenzial für eine Nutzung in der Fernwärme von **100 GWh** pro Jahr ausgewiesen.

Abbildung 51: Standorte Kläranlagen in Nürnberg



Quelle: Eigene Abbildung IREES 2025; Primärdaten: N-ERGIE

4.2.8 Industrielle Abwärme

Zusammenfassung

Als theoretisches Abwärmepotenzial innerhalb von Nürnberg sind 100 GWh pro Jahr ermittelt worden. Dabei kann auf Grundlage der Daten nicht umfassend bewertet werden, welcher Anteil für die Wärmeversorgung von Gebäuden über Wärmenetze in Frage kommen und welcher Anteil durch interne Wärmeintegration innerhalb der Unternehmen genutzt oder auch durch Effizienzmaßnahmen reduziert werden können. Auch ist eine Nutzung innerhalb kleiner Wärmenetze oder in Energieverbünden innerhalb eines Gewerbegebietes vorstellbar.

Für die Quantifizierung der Potenziale für die Fernwärmeversorgung sind im Transformationsplan der N-ERGIE basierend auf einer seit dem Jahr 2022 laufenden Kontaktaufnahme mit potenziellen Abwärmelieferanten konkrete Projekte für eine mögliche Abwärmenutzung in der Fernwärme identifiziert worden. Das daraus ermittelte Potenzial beträgt **214 GWh pro Jahr.**

Vorgehen zur Ermittlung der Abwärmepotenziale

Abwärme wird als die Wärme verstanden, die von einem System abgegeben wird, bei dem Wärme keines der geplanten Produkte ist[33]. Dieser Definition folgend fällt die Wärmeproduktion aus Kraftwerksprozessen der öffentlichen Versorgung (KWK-Anlagen) nicht darunter, auch wenn diese oftmals als Abwärme bezeichnet wird. Auf Grundlage dieser Definition werden mit der Potenzialanalyse mögliche Wärmequellen, die im Abgas oder der Abluft aus industriellen Prozessen gebunden werden, oder Abwärme aus Kälteprozessen ermittelt. Als Temperaturniveau werden in der Literatur Abwärmequellen ab 30 °C bzw. 35 °C berücksichtigt. Es können jedoch auch Abwärmequellen mit niedrigeren Temperaturen über Wärmepumpen in Wärmenetze integriert werden.

Neben dem vorhandenen Temperaturniveau hängt die Erschließung von Abwärmequellen vom lokalen Wärmebedarf bzw. der Erschließung und Einbindung möglicher Wärmesenken ab. Die sogenannte *interne Wärmeintegration* zur Nutzung der Abwärme innerhalb des Betriebes sowie die Verbesserung der Prozesseffizienz und die damit verbundene Reduktion sollte immer in einem ersten Schritt untersucht werden, bevor eine *externe Wärmeintegration* über Wärmenetze in Betracht gezogen wird.

Als Datengrundlage zur Ermittlung von Abwärmequellen dient die Plattform Abwärme der Bundesstelle für Energieeffizienz, die eine detaillierte und transparente Darstellung der gewerblichen Abwärmepotenziale standortspezifisch von Unternehmen beinhaltet. Die Plattform ist gemäß § 17 des Energieeffizienzgesetzes geschaffen worden. Das zum November 2023 in Kraft getretene Gesetz verpflichtet Unternehmen mit einem Energieverbrauch von mehr als 2,5 GWh Abwärmepotenziale jährlich aktualisiert zu melden. Die Daten der Plattform sind erstmalig Anfang 2025

[33] Brückner S., Industrielle Abwärme in Deutschland – Bestimmung von gesichertem Aufkommen und technischer bzw. Wirtschaftlicher Nutzbarkeit, 2016

veröffentlicht worden. Für die hier ermittelten Abwärmepotenziale in Nürnberg sind die Daten zum Aktualisierungszeitpunkt 01.04.2025 berücksichtigt worden.

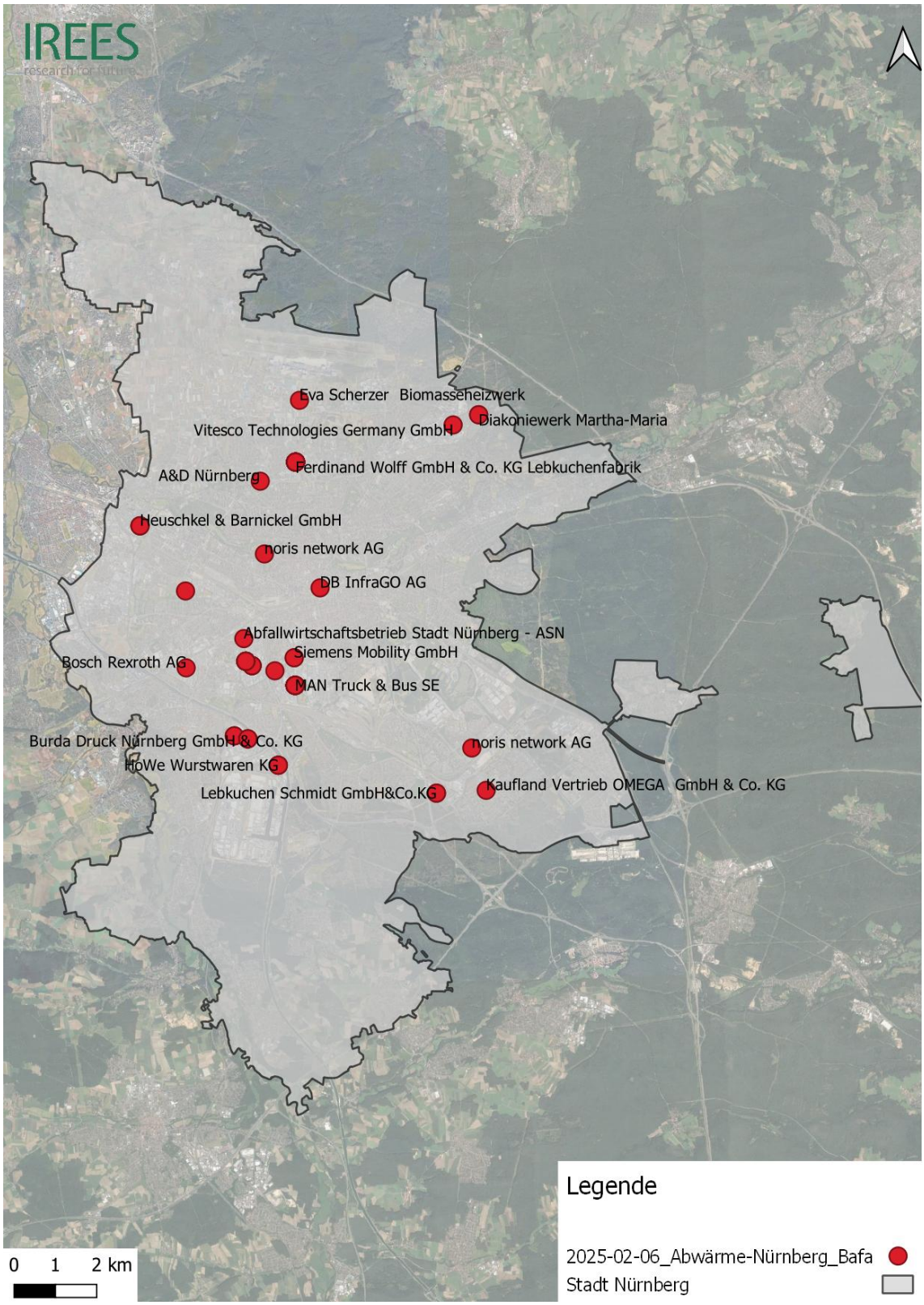
Ergebnisse

Abbildung 52 verortet die identifizierten Abwärmepotenziale. Tabelle 13 stellt die aggregierten Wärmemengen und thermische Leistung für die einzeln Firmen dar.

Tabelle 13: Gemeldete Abwärmemengen und maximale thermische Leistung

Firmenname	**Wärmemenge (MWh/a)**	**Max. thermische Leistung (MW)**
A&D Nürnberg	120	0,25
Abfallwirtschaftsbetrieb Stadt Nürnberg - ASN	181 000	23,51
Bosch Rexroth AG	3 778	0,92
Burda Druck Nürnberg GmbH & Co. KG	17 109	2,75
DB InfraGO AG	1 106	0,13
Diakoniewerk Martha-Maria	1 861	0,36
Eva Scherzer Biomasseheizwerk	3 328	9,00
Federal Mogul Nürnberg GmbH	9 081	15,12
Ferdinand Wolff GmbH & Co. KG Lebkuchenfabrik	8 163	2,07
Fujitsu Technology Solutions GmbH	6 851	3,50
GfE Metalle und Materialien GmbH	9 250	5,39
Heuschkel & Barnickel GmbH	3 037	1,47
HoWe Wurstwaren KG	9 681	6,46
Kaufland Vertrieb OMEGA GmbH & Co. KG	4 195	2,46
Lebkuchen Schmidt GmbH&Co.KG	1 818	0,65
Lynxeo Deutschland GmbH	354	0,10
MAN Truck & Bus SE	9 699	20,39
noris network AG	30 748	5,88
Robert Bosch GmbH	23 549	11,36
Schlütters Echte! Nürnberger Rostbratwürste GmbH	925	1,87
Siemens Mobility GmbH	3 807	1,36
Vitesco Technologies Germany GmbH	881	0,41
Wolf GmbH Nürnberg	936	2,18
ZF Friedrichshafen AG	49 813	17,06
Summe	**381 093**	**134,63**

Abbildung 52: Identifizierte Standorte mit Abwärmepotenzial



Quelle: Eigene Abbildung IREES 2025

4.2.9 Weitere Potenziale für die Fernwärmeversorgung

Im Rahmen des Transformationsplans werden noch folgende weitere Potenziale ausgewiesen, die nicht unter die Kategorien der lokalen erneuerbaren Energien Potenziale fallen jedoch für die Dekarbonisierung der Fernwärme relevant sind.

Umgebungsluft und Elektroheizkessel

Die Nutzung von Umgebungsluft in Großwärmepumpen und Elektrodenheizkesseln kann eine wichtige Ergänzung für den erneuerbaren Energieträgermix in der Fernwärmeerzeugung darstellen. Die damit verbundenen Potenziale sind nur bedingt als lokale Potenziale zu deklarieren. Vielmehr stellt sich hier die Frage der Relevanz für den Fernwärmemix. Elektrodenheizkessel sind dabei insbesondere zur Spitzenlastdeckung, zur Besicherung und als Flexibilitätsoption eine wichtige Technologie.

Thermische Abfallbehandlung

Die thermische Abfallbehandlung – umgangssprachlich auch Müllverbrennung – spielt in vielen Kommunen wie auch in Nürnberg eine bedeutende Rolle bei der Bereitstellung von Wärme über Fernwärmenetze. Dabei wird der im Abfall enthaltene Energiegehalt genutzt, um Dampf zu erzeugen, der wiederum zur Strom- und/oder Wärmeerzeugung eingesetzt wird. In Nürnberg werden in der Müllverbrennungsanlage 101 222 t Abfall pro Jahr – Zahlen aus dem Jahr 2022 – thermisch verwertet und in Form von Dampf an das Heizkraftwerk Sandreuth geliefert. Eine Steigerung der thermischen Abfallverwertung wird im Transformationsplan Fernwärme nicht angenommen. Die derzeitige Leistung der ASN-Müllverbrennung Sandreuth beträgt 27 MWth mit einem Ertrag 240 GWh pro Jahr als technisch umsetzbares Potenzial. Im Transformationsplan Fernwärme wird ein Potenzial von 168 GWh pro Jahr angesetzt.

Ob die Energie aus der Müllverbrennung als erneuerbar gilt, hängt von der Zusammensetzung des Abfalls ab. Hier ist eine Unterscheidung entscheidend:

- Biogener Anteil des Abfalls: Bestandteile wie Lebensmittelreste, Papier, Holz oder Grünschnitt gelten als biogener, also nachwachsender Anteil. Die Energie, die aus diesen Bestandteilen gewonnen wird, wird als erneuerbar eingestuft – analog zur Bioenergie.
- Fossiler Anteil des Abfalls: Bestandteile wie Kunststoffe, Verbundmaterialien oder andere petrochemisch hergestellte Stoffe stammen aus fossilen Quellen. Die Energie aus diesen Anteilen zählt nicht als erneuerbar und verursacht CO_2-Emissionen, die in der Regel als „energiebedingte Emissionen“ bilanziert werden.

In der Praxis liegt der biogene Anteil im Restabfall (je nach Region und Abfallzusammensetzung) oft bei 30–50 %. Damit ist nur ein Teil der Energie aus der thermischen Abfallbehandlung als erneuerbar einzustufen. Pauschal wird in der Bilanzierung von Abfall ein biogener Anteil von 50 % angenommen.

Die Nutzung von Wärme aus Müllverbrennungsanlagen kann einen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten – insbesondere im Vergleich zur reinen Wärmeerzeugung

aus fossilen Brennstoffen wie Kohle oder Erdgas. Dennoch ist der Beitrag nicht vollständig klimaneutral, da ein relevanter Teil des Abfalls fossile Bestandteile enthält. Langfristig sind insofern Strategien notwendig, um den fossilen Anteil im Abfall zu reduzieren (z. B. durch Abfallvermeidung, Recycling, Materialtrennung), um die Klimabilanz der Abfallverbrennung weiter zu verbessern. Es ist jedoch zu erwarten, dass der biogene Anteil nicht signifikant gesteigert werden kann. Um eine klimaneutrale Versorgung basierend auf thermischer Abfallbehandlung zu realisieren sind daher CO2 Abscheidungskonzepte – Carbon Capture and Storage (CCS) oder Carbon Capture and Utilisation (CCU) erforderlich. Im Transformationsplan wird dies als Option analysiert, die langfristig spätestens ab 2045 erforderlich ist, um die bestehende Müllverbrennung in einer klimaneutralen Fernwärmeerzeugung zu belassen. Durch das CCS/CCU Konzept wird dabei von einer Leistungseinbuße von 8,2 MW bzw. 30 % mit Bezug auf die heutige Leistung der thermischen Abfallbehandlung ausgegangen.

Ersatzbrennstoffe

Im Transformationsplan wird auch das Potenzial von Ersatzbrennstoffen behandelt, die im Hafen von Nürnberg aus Verpackungsmüll gewonnen werden. Grundsätzlich werden Ersatzbrennstoffe nicht als erneuerbare Energien eingestuft und können nur in Verbindung mit entsprechenden CCS/CCU-Konzepten eine klimaneutrale Wärmebereitstellung ermöglichen. Sofern kein biogener Anteil enthalten ist, verursachen diese Brennstoffe vergleichbare oder höhere energiebedingte Emissionen wie fossile Brennstoffe. Daher stellen sie in dem Sinne kein erneuerbare Energien Potenzial für die Wärmeplanung dar. Für die Diversifizierung des Brennstoffbezugs könnten Ersatzbrennstoffe mit CCS/CCU im Sinne des Transformationsplans für die Fernwärme jedoch eine Option darstellen.

Umstellung auf Erdgas-KWK und Heizwerke auf Wasserstoff

Wie bereits in Kapitel 4.1.1 dargestellt ist der Bezug von Wasserstoff als Ersatz von Erdgas im Heizkraftwerk Sandreuth als perspektivische Option geplant und als Bedarf für das Wasserstoffkernnetz durch die N-ERGIE angemeldet. Im Jahr 2022 sind die bestehenden Gasturbinen durch neue ersetzt worden, die H2-ready sind und dementsprechend auch zukünftig Wasserstoff als Energieträger verwenden können. Nach den genehmigten Planungen für das Wasserstoffkernnetz ist eine Wasserstoffausspeisemenge von 1 330 GWh eingeplant (für Strom– und Wärmeerzeugung im Heizkraftwerk) ab dem Jahr 2032. Im Transformationsplan Fernwärme wird ein Potenzial von 480 GWh pro Jahr für die Wärme aus KWK Anlagen und weitere 35 GWh pro Jahr für die Wärme aus Heizwerken ausgewiesen.

Im Transformationsplan wird darüber hinaus ein maximales „Potenzial“ für die Fernwärme ausgewiesen, das sich auf Grundlage einer vollständigen Umstellung der bestehenden Heizkraftwerke und Heizwerke ermittelt, sofern Wasserstoff ohne Grenzen für Nürnberg zur Verfügung steht.

Abwärme aus lokaler Wasserstofferzeugung und aus Heizkraftwerk Sandreuth

Als weitere technische Option wird die lokale Wasserstofferzeugung im Transformationsplan als Potenzial diskutiert. Der mit Strom aus erneuerbaren Energien in einem Elektrolyseur hergestellt Wasserstoff könnte zur Belieferung von Industriekunden oder für die eigene Strom- und Wärmeproduktion genutzt werden. Bei der Herstellung von Wasserstoff entsteht wiederum Abwärme, die mittels Wärmepumpe auf ein für die Fernwärmeeinspeisung relevantes Temperaturniveau gehoben werden könnte. Für die Abschätzung der Potenziale im Transformationsplan wird davon ausgegangen, dass bei Errichtung einer Großwärmepumpe am Standort Sandreuth weitere Abwärmepotenziale aus dem HKW gehoben werden können. Insgesamt wird von einem Potenzial für Abwärme aus Elektrolyseur und HKW von 19 MWth ausgegangen – 6 MW für den Elektrolyseur und 12 MW für Abwärme aus HKW. Das energetische Potenzial für die Fernwärmeerzeugung daraus beträgt 114 GWh pro Jahr.

4.3 Potenzial dezentraler klimaneutraler Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen

Im allgemeinen Diskurs wird Wärmepumpen eine entscheidende Rolle in der Bereitstellung von klimaneutraler Wärme zugeschrieben. Neben dem – bei geeigneter Anwendung – geringen Endenergiebedarf ist einer der Vorteile von Wärmepumpen der, dass in der Regel neben der Wärmeversorgung Gebäude auch gekühlt werden können. Bei Erdwärmepumpen ist dies besonders effizient, da damit eine "passive Kühlung" realisiert werden kann, ohne dass die Wärmepumpe läuft. Bei all den Vorteilen, die Wärmepumpen bieten, muss jedoch berücksichtigt werden, dass der Einsatz von Wärmepumpen nicht in allen Gebäuden barrierefrei von statten geht. Im Gegensatz zur derzeitigen überwiegenden Wärmeversorgung mit Erdgas- oder Heizölkesseln sind beim Einsatz von Wärmepumpen zusätzliche Gebäude- und Standortmerkmale zu beachten.

Um den potenziellen Einsatz von Erd- und Luftwärmepumpen im Stadtgebiet von Nürnberg zu bewerten, wurden die Barrieren, soweit die Datengrundlage dies zulässt, auf Ebene der Einzelgebäude bewertet. Dabei wird zwischen gebäudespezifischen und standortspezifischen Barrieren unterschieden.

Aus dieser Bewertung ergibt sich für alle Gebäude eine Einstufung der Barrieren in die Kategorie 1 bis 4:

- Kategorie 1 entspricht einem Gebäude ohne offensichtliche Barrieren und einer besonders guten Eignung für Wärmepumpen,
- Kategorie 2 zeichnet Gebäude mit einer guten Wärmepumpeneignung aus,
- Kategorie 3 steht für Gebäude mit moderater Eignung für Wärmepumpen und
- Kategorie 4 umfasst Gebäude, die sich nicht oder nur mit erheblichem Aufwand zur Beheizung mit Wärmepumpen eignen.

Diese Kategorisierung wurde nun sowohl für gebäudespezifische Barrieren, welche die grundsätzliche Eignung der Gebäude klassifiziert, als auch für technologiespezifische Barrieren, welche die standortspezifischen Gegebenheiten charakterisieren, vorgenommen. Die Gebäudetypen der Kategorien 1 und 2 sowie mit Einschränkungen 3 sind in diesem Sinne „niedertemperaturfähig“, können also grundsätzlich mit den

niedrigeren Vorlauftemperaturen von wirtschaftlich arbeitenden Wärmepumpen betrieben werden.

Gebäudespezifische Barrieren

Im Rahmen des Projektes wurde eine Abschätzung der gebäudespezifischen Barrieren für die Nutzung von Wärmepumpen auf Basis der vorhandenen Daten durchgeführt. Dabei wurde die Größe der Gebäude, das Gebäudealter und der Endenergiebedarf des Gebäudes für eine Einordnung der Barrieren herangezogen.

Bei der hier vorgenommenen Bewertung ist zu beachten, dass diese vom aktuellen Zustand des Gebäudes ausgeht und nicht die Eignung nach einer zuvor erfolgten thermischen Sanierung des Gebäudes (Herstellung der Niedertemperaturfähigkeit) bewertet. Des Weiteren liegt der tatsächliche Wärmeendenergieverbrauch von Einzelgebäuden, insbesondere wenn diese mit Heizöl beheizt werden, sowie der aktuelle Renovierungszustand der Gebäude für die Untersuchung nicht vor. Dementsprechend sind die Ergebnisse mit einer gewissen Unsicherheit behaftet und müssen im Einzelfall durch eine fachkundige Person vor Ort verifiziert werden. Die hier getätigten Annahmen hinsichtlich der in Betracht gezogenen Parameter und Kategorisierungen der gebäudespezifischen Barrieren zur Nutzung von Wärmepumpen sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Berücksichtigte gebäudespezifische Barrieren bei der Bewertung des Einsatzes von Wärmepumpen

Gebäudespezifische Barrieren		**Einstufung**
Gebäudealtersklasse B_{G1}		
	vor 1919	4
	1919 – 1948	3 (50 %) 4 (50 %)
	1949 – 1978	3 (67 %) 2 (33 %)
	1979 – 1995	2
	1996 oder später	1
Gebäudegröße B_{G2}		
	Bruttogrundfläche > 20 000 m²	4
	Bruttogrundfläche > 5 000 m² oder mehr als 8 Stockwerke	3
	Bruttogrundfläche > 1 000 m² oder mehr als 4 Stockwerke	2
	Bruttogrundfläche < 1 000 m² und bis zu 4 Stockwerke	1
Derzeitiger spez. Endenergiebedarf [kWh/m² BGF] B_{G3} (1)		
	> 200 (Nichtwohngebäude: > 160)	4
	150 - 200	3

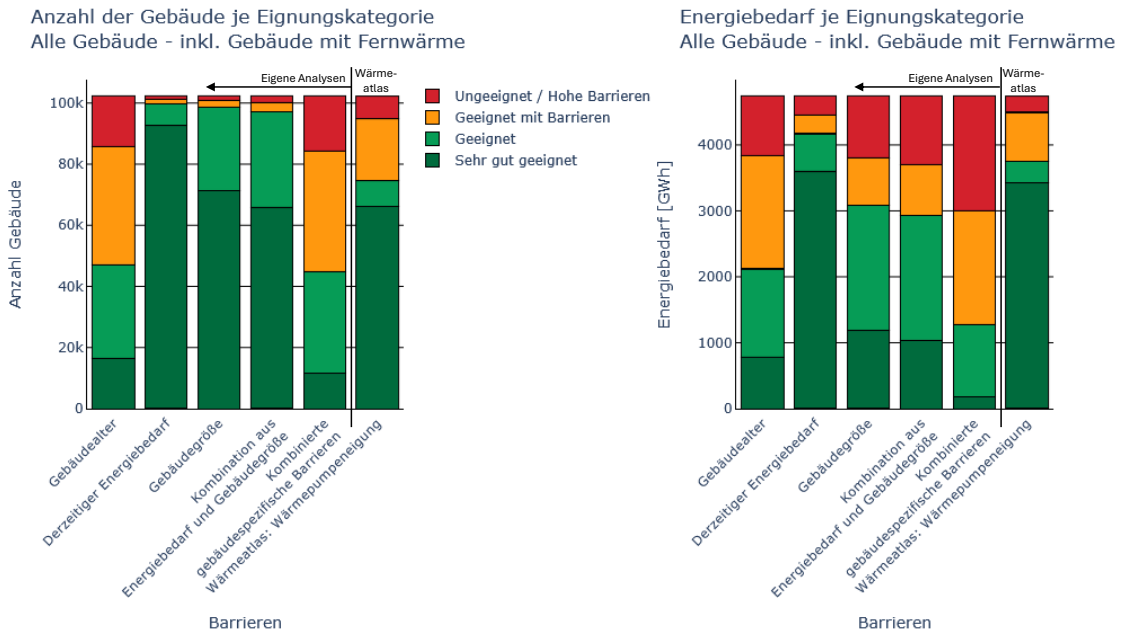
	120 - 150	2
	< 120	1
Sondernutzungsgebäude und Gebäude mit großem Wärmebedarf B_{G4}		
	Gebäude mit untypischer Beheizung	4
	Wärmebedarf > 1,5 GWh/Jahr	4
Gebäudespezifische Barrieren gesamt		$B_G = Max(B_{G1}, B_{G2} + B_{G3,} B_{G4})$

(1) **Spezifischer Energiebedarf**
Im Rahmen des Projektes liegt der Energiebedarf nicht auf Ebene der Einzelgebäude vor. Im zur Verfügung stehenden Wärmeatlas für Nürnberg ist der Energiebedarf je Baublock ausgewiesen. Für die einzelnen Gebäude wurde ein baualtersklassentypischer Energiebedarf unterstellt und mit einer anschließenden Kalibrierung der Daten auf Ebene der Baublöcke ergänzt.

Unter diesen Annahmen ergeben sich für die Untersuchungsgebiete die in Abbildung 53 dargestellten Anteile nach Barrierekategorien. Dabei stellt die unten linke Grafik die Anzahl der Gebäude, die unten rechte Grafik den Anteil des Energiebedarfes nach den Kategorien dar. Die Analyse zeigt, dass mit Bezug auf gebäudespezifische Barrieren etwa 45 % der Gebäude sowie etwa 29 % des Energiebedarfes in die Kategorie 2 – gute Wärmepumpeneignung – oder Kategorie 1 - „sehr gut geeignet“ eingestuft werden. Letztere sind Gebäude, die nach 1995 errichtet wurden, eine beheizte Bruttogrundfläche (BGF) von weniger als 1 000 m² aufweisen und der Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser unter 120 kWh/m² BGF liegt. Etwa 18 % der Gebäude und 33 % des Energiebedarfes fallen, gemäß der hier vorgenommenen Analysen, in die Kategorie 4 – „für Wärmepumpen nur mit erheblichem Aufwand geeignet“. Bei diesen Gebäuden handelt es sich vielfach um alte (bzw. nach 1945 wiedererrichtete) historische Innenstadtgebäude, welche sich im Bereich des bestehenden bzw. geplanten Fernwärmegebietes befinden. Außerhalb des geplanten Fernwärmeversorgungsgebietes liegt der Anteil der Gebäude mit hohen Barrieren bei etwa 14 % (etwa 16 % des Energiebedarfes).

Die Grafik enthält neben unseren eigenen Analysen auch die Wärmepumpeneignung, wie sie im Wärmeatlas unterstellt ist. Der Vergleich zeigt, dass unsere Analysen ein konservativeres Ergebnis hinsichtlich der Wärmepumpeneignung ergeben. Die genauen Methoden und Annahmen zur Wärmepumpeneignung im Wärmeatlas sind den Autoren nicht bekannt.

Abbildung 53: Anzahl der Gebäude und Energiebedarf nach gebäudespezifischen Barrieren bezüglich Nutzung von Wärmepumpen



Quelle: Eigene Berechnung IREES/ e-think 2025

Technologiespezifische Barrieren: Dezentrale Erdwärmepumpen

Bei Erdwärmepumpen wurden in der Analyse die folgenden Wärmepumpenvarianten unterschieden:

- Wärmepumpen mit horizontalen Kollektoren
- Wärmepumpen mit vertikalen Sonden

Zur Bewertung der technologiespezifischen (standortspezifischen) Barrieren von Erdwärmepumpen wurden die in Tabelle 15 dargestellten Kriterien herangezogen. Dazu wurde untersucht, wie viele Erdsonden bzw. Horizontalkollektoren am Grundstück des Gebäudes unter Einhaltung der erforderlichen Mindestabstände zu Gebäudeobjekten und Grundstückgrenzen gesetzt werden können. Diese wurden in weiterer Folge der erforderlichen Anzahl an Sonden bzw. Kollektoren gegenübergestellt. Da Zugänglichkeiten, alternative Flächennutzungen (Terrasse, Gartenschuppen, etc.) als auch die tatsächlich behördlich erlaubten Bohrtiefen aufgrund von Grundwasserschutzes[34] nicht explizit erhoben wurden, wurden diese im Anteil der rechnerischen Potenzialausschöpfung berücksichtigt.

[34] Weitere Informationen zu konkreten Standorten können im Energieatlas Bayern (www.energieatlas.bayern.de) unter „Standortcheck Oberflächennahe Geothermie“ eingesehen werden.

Tabelle 15: Berücksichtigte standortspezifische Barrieren für Erdwärmepumpen

Standortspezifische Barrieren Erdwärmepumpen		
Erdwärmesonden erlaubt (Wasserschutzgebiete etc.) B_{ES1}		
	Nein	4
	Ja	1
Erforderliche Potenzialausschöpfung mit Bezug auf maximale Sondenlänge (1) bei der jeweiligen standortspezifischen Sondentiefe (2) B_{ES2}		
	> 75 %	4
	50 % - 75 %	3
	25 % - 50 %	2
	< 25 %	1
Spezifische Barrieren für Wärmepumpe mit Erdsonden		Max(B_G, B_{ES1} + B_{ES2})
Horizontale Erdwärmekollektoren		
Erforderliche Potenzialausschöpfung von Gesamt-Kollektorfläche B_{KG1} (3)		
	> 75 %	4
	50 % - 75 %	3
	25 % - 50 %	2
	< 25 %	1
Wärmepumpen mit horizontalen Erdwärmekollektoren spezifische Barrieren gesamt		Max(B_G, B_{KG1})

(1) Anzahl am Grundstück unter Einhaltung der folgenden Abstände:
Gebäude: 3.5 m
Grundstücksgrenzen: 2.5 m
Entzugsleistung: 30 W/m

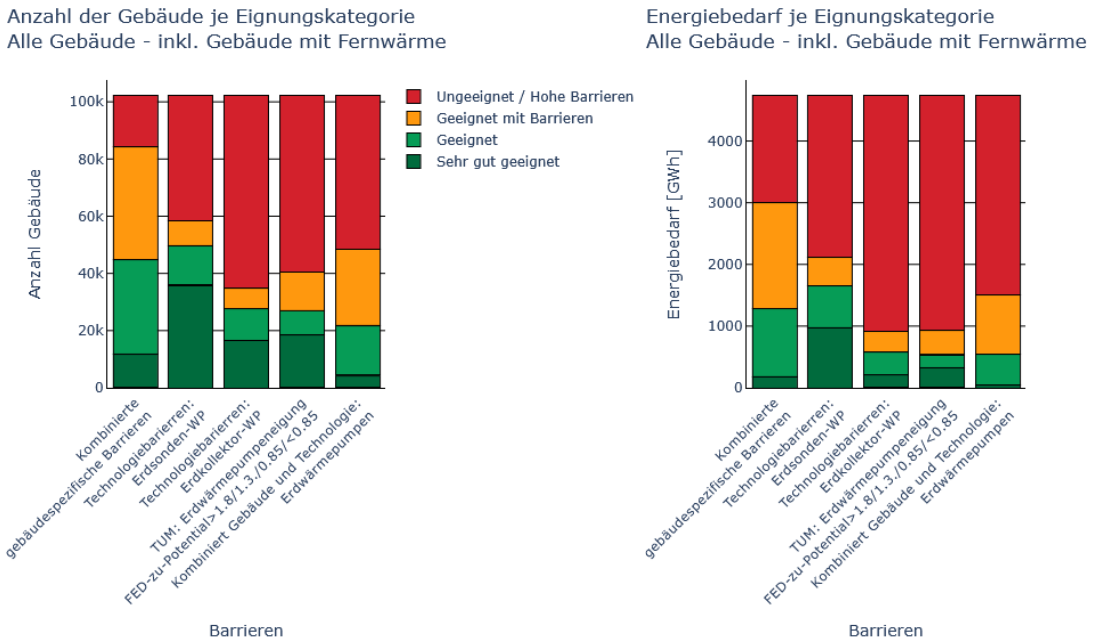
(2) Sondentiefe:
Minimum (95m, 1,5 * Bohrtiefenbegrenzung gemäß Energieatlas Bayern)**

** Bei den Potenzialberechnungen wurden tiefere Endteufen als im Energieatlas Bayern unterstellt, da eine Gegenüberstellung der bestehenden Bohrungen mit den im Energieatlas ausgewiesenen Bohrtiefen zeigt, dass die bestehenden Bohrungen deutlich tiefere Teufen aufweisen, als für den jeweiligen Standort im Energieatlas ausgewiesen wird. Im Rahmen des Projektes konnten die dafür verantwortlichen Gründe nicht analysiert werden. Mögliche Gründe könnten einerseits in den ungenaueren Daten des Energieatlas und der zugrundeliegenden Methode liegen, da diese Berechnungen für ganz Bayern durchgeführt wurden und daher die genauen lokalen Umstände nicht exakt berücksichtigen. Dies würde dafürsprechen, dass die Teufen der vorhandenen Sonden eine bessere Kenngröße darstellen. Andererseits könnte der Unterschied auch daher stammen, dass zum Zeitpunkt der Errichtung der bestehenden Sonden der Flurabstand und die Mächtigkeit des Grundwasserstockes noch nicht ausreichend genau bekannt waren, oder in der Genehmigung nicht entsprechend berücksichtigt wurden. In diesem Fall würden die Daten des Energieatlas die bessere Grundlage liefern.

(3) Anzahl am Grundstück unter Einhaltung der folgenden Abstände:
Gebäude: 3.5 m
Grundstücksgrenzen: 2.5 m
Verlegeabstand: 80cm, Entzugsleistung: 25 W/m

Unter Berücksichtigung dieser standortspezifischen Barrieren zeigt sich, dass die Potenziale von Erdwärmepumpen im Stadtgebiet von Nürnberg äußerst begrenzt sind. Dies gilt insbesondere für Wärmepumpen mit horizontalen Erdkollektoren, da die Grundstücke in den allermeisten Fällen zu klein sind, um den derzeitigen Bedarf decken zu können. Jedoch gilt auch hier der Grundsatz, dass eine Prüfung durch fachkundige Personen bei konkreten Vorhaben durchzuführen ist. Gemäß den von uns durchgeführten Analysen kann bei etwa 50 % der Gebäude (welche etwa 65 % des Energiebedarfes verursachen) eine Erdwärmepumpe nicht oder nur mit großem Aufwand den erforderlichen Wärmebedarf decken. In Abbildung 54 sind neben den eigenen Analysen auch der Vergleich mit den von der TU München für den Energieatlas Bayern ermittelten Potenzialen aus dem Energieatlas Bayern – „TUM: Erdwärmepumpeneignung dargestellt (TUM, 2024). Dazu wurden die Potenziale auf Flurstückebene dem Energiebedarf auf dem gleichen Flurstück gegenübergestellt. Der Vergleich zeigt, dass unsere eigenen Analysen zu einer optimistischeren Einteilung kommen. Dies ist neben den tieferen Teufen insbesondere dem geschuldet, dass im Energieatlas Bayern zur Potenzialberechnung die Anzahl der Sonden auf maximal 25 Sonden je Flurstück begrenzt wurde, auch wenn technisch deutlich mehr Sonden möglich wären. Das führt vor allem bei größeren Flurstücken mit mehreren Gebäuden dazu, dass der Energiebedarf nicht gedeckt werden kann.

Abbildung 54: Anzahl der Gebäude und Wärmebedarf nach kombinierten gebäude- und technologiespezifischen Barrieren bezüglich Nutzung von Erdwärmepumpen



* FED-zu-Potenzial: Quotient aus aktuellem Endenergiebedarf der Gebäude zur Wärmeversorgung zu Potenzial gemäß Energieatlas Bayern.

Technologiespezifische Barrieren: Luftwärmepumpen

Eine wichtige erneuerbare Wärmequelle in der zukünftigen Wärmeversorgung stellen Luftwärmepumpen dar, welche die Umgebungsluft als Wärmequelle nutzen. Die Technologie ist vor allem in der dezentralen Versorgung von Gebäuden relevant. Bei

Außenluft-Wärmepumpen wurden in der Analyse die folgenden Aufstellungsvarianten unterschieden:

- Außenaufstellung unter Berücksichtigung der Schallabschirmung durch das eigene Gebäude
- Aufstellung im Dachgeschoß ohne Schallabschirmung

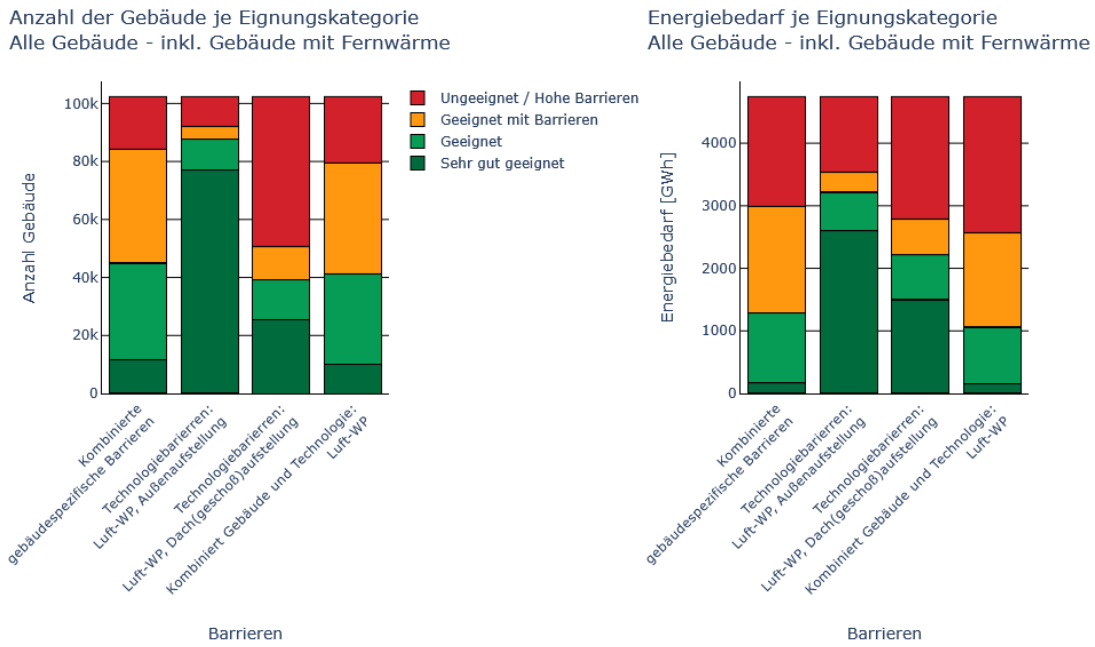
Das Vorgehen zur Berechnung erfolgt analog zu den Erdwärmepumpen, indem neben den gebäudespezifischen Barrieren (Tabelle 14) auch standortspezifische Barrieren berücksichtigt werden. Hier wurden die Auswirkungen der Schallemissionen auf Nachbargebäude, sowie die Anzahl der möglichen Aufstellungsorte unter Berücksichtigung von Mindestabständen berücksichtigt. Tabelle 16 zeigt die in der Analyse angenommenen standortspezifischen Barrieren für Luftwärmepumpen.

Tabelle 16: Berücksichtigte Kriterien für standortspezifische Barrieren für den Einsatz von Luftwärmepumpen

Luftwärmepumpen: Standortspezifische Barrieren		
Schallemissionen der Wärmepumpe B_{LW1} (1) unter Einhaltung der siedlungsspezifischen Schallemissionsgrenzwerte		
	Erfordert leise Wärmepumpen	2
	Durchschnittlich laute Wärmepumpen möglich	1
	Überdurchschnittlich laute Wärmepumpen möglich	0
Anzahl der möglichen Aufstellorte unter Einhaltung der zulässigen Schallemissionen B_{LW2}		
	1-2 Aufstellorte (2)	2
	3-7 Aufstellorte (2)	1
	8 oder mehr Aufstellorte	0
Luftwärmepumpen-spezifische Barrieren gesamt		Max (B_G, B_{LW1} + B_{LW2})

(1) Die Schallemissionen von Wärmepumpen wurden auf Basis von Regressionsgleichung (Greif, 2023) bewertet:
Überdurchschnittlich laut: 46.73 + 6.146 * ln(PWP)
Durchschnittlich laut: 42.09 + 6.146 * ln(PWP)
Leise: 36.61 + 6.146 * ln(PWP); Zuschlag für Tonhaltigkeit KT in allen Fällen 3 dB
(2) Abstand zwischen möglichen Aufstellungsorten: 1,5m

Abbildung 55: Anzahl der Gebäude und Wärmebedarf nach kombinierten gebäude- und technologiespezifischen Barrieren bezüglich Nutzung von Luftwärmepumpen



Quelle: Eigene Berechnung IREES/ e-think 2025

Die Ergebnisse der Analysen hinsichtlich der technologiespezifischen Barrieren für Luftwärmepumpen mit Außenaufstellung zeigen, dass etwa 75 % der Gebäude in die *Kategorie 1: Sehr gut geeignet* oder *Kategorie 2: Geeignet* eingestuft werden. Für eine Aufstellung einer Luftwärmepumpe im Gebäude (Aufdachaufstellung oder im Dachgeschoß) sind gemäß den durchgeführten Analysen etwa 40 % der Gebäude sehr gut geeignet oder geeignet. Hier wurde allerdings eine konkurrierende Flächennutzung nicht berücksichtigt, des Weiteren wurde nicht berücksichtigt, ob das oberste Geschoß von Gebäuden mit Sattel-, Walm- oder ähnlichen Dachformen für Wohn- oder Gewerbezwecke genutzt werden und damit auch bei diesen Gebäuden eine aufwendige Aufdachaufstellung erforderlich wäre.

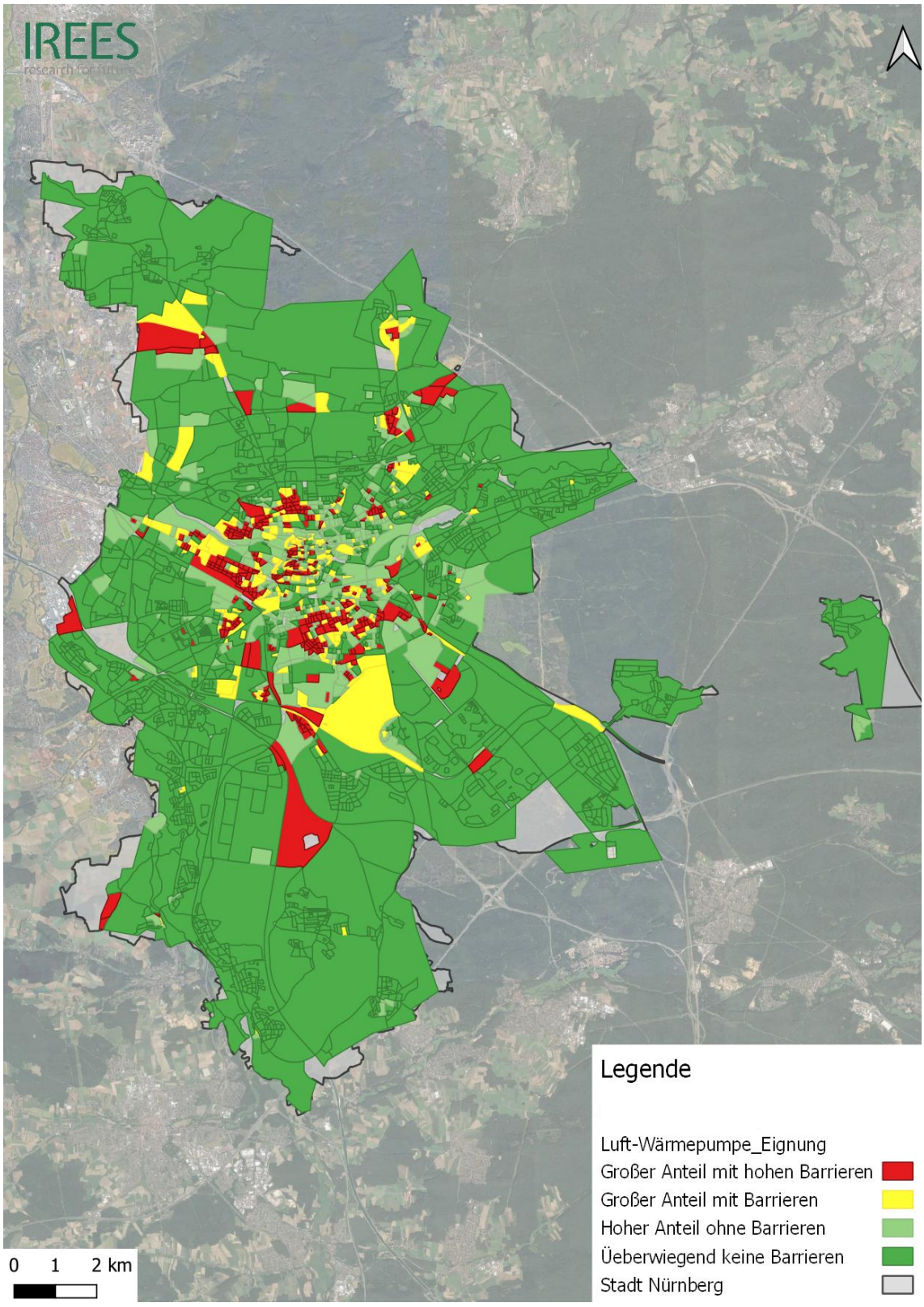
Die Kombination der technologiespezifischen Barrieren mit den gebäudespezifischen Barrieren ergibt die tatsächliche Eignung der Gebäude zum Einsatz von Luftwärmepumpen gemäß den hier getroffenen Kriterien. Hier zeigt sich, dass die technologiespezifischen Barrieren für den Einsatz von Luftwärmepumpen das Einsatzpotenzial nur geringfügig reduzieren. Dies bedeutet in erster Näherung, dass bei einem Großteil der Gebäude die Eignung zum Einsatz von Luftwärmepumpen durch gebäudespezifische Barrieren verursacht werden. Damit führt auch eine Kombination der Potenziale von Luft- und Erdwärmepumpen zu keiner wesentlichen Verbesserung des Nutzungspotenzials von Wärmepumpen.

Anteil der Wärme, die dezentral durch Wärmepumpen bereitgestellt werden kann

Damit ein kombiniertes Potenzial der Wärmepumpeneignung für die unterschiedlichen Siedlungsgebiete berechnet werden kann, wurden in weiterer Folge die Kategorien jeweils mit maximalen Nutzungsanteilen[35] versehen und die Gebiete entsprechend ausgewertet. Die Ergebnisse zur Eignung bzw. dem Potenzial von dezentralen Luft Wärmepumpen sind in Abbildung 56 auf Ebene der Siedlungsgebiete dargestellt.

[35] Kategorie 1: 95%, 2: 70%, 3: 35%, 4: 0%

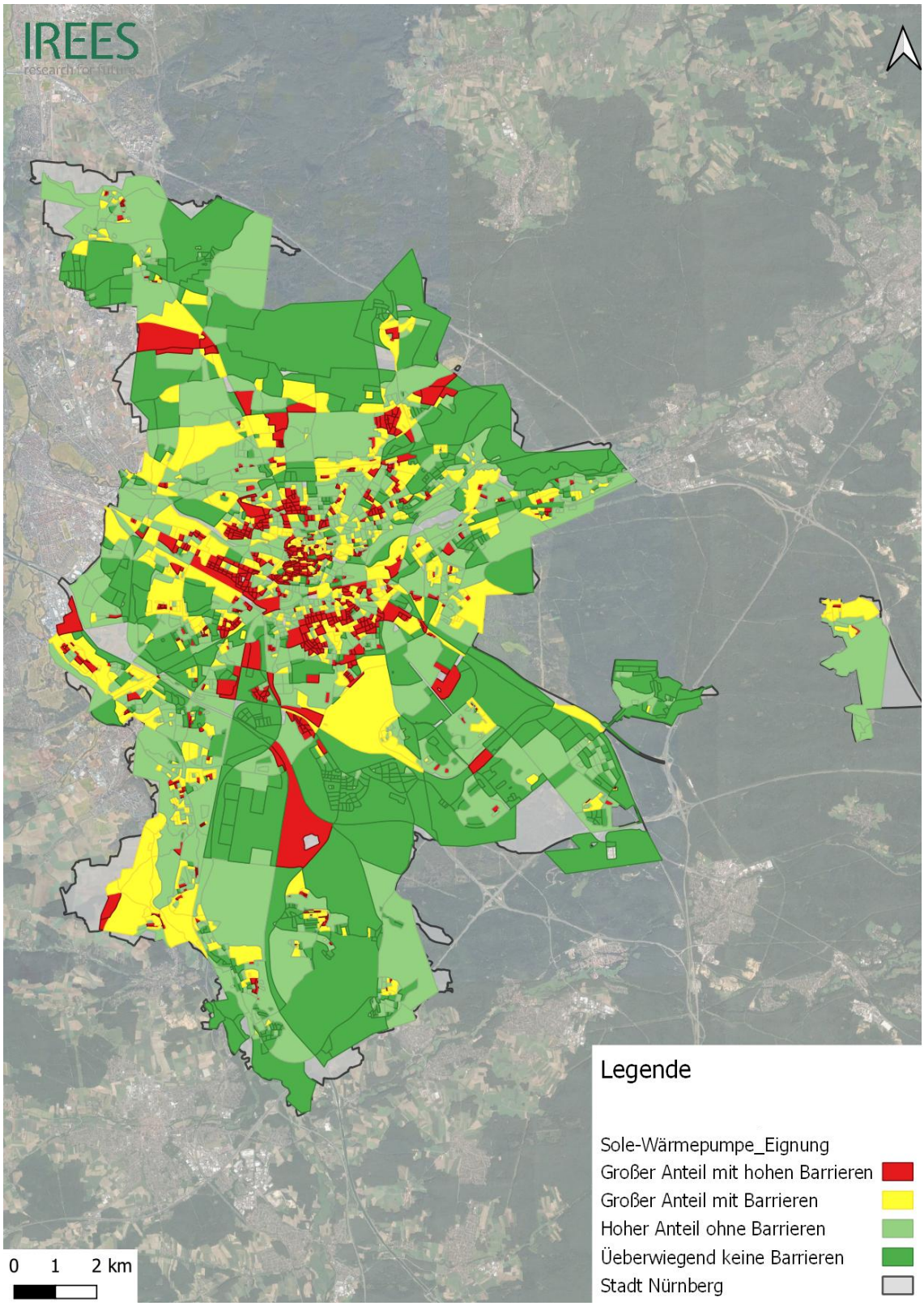
Abbildung 56: Ergebnisse Eignungsanalyse Luftwärmepumpen differenziert nach Baublock



Quelle: IREES / e-think 2025

Die Ergebnisse für Erdwärmepumpen sind in Abbildung 57 dargestellt.

Abbildung 57: Ergebnisse Eignungsanalyse Erdwärme-Wärmepumpen differenziert nach Baublock



Quelle: IREES / e-think 2025

4.4 Wirtschaftlichkeit dezentraler Wärmeversorgungstechnologien

Zur Bewertung der dezentralen Wärmeversorgungsoptionen wird eine Wirtschaftlichkeitsbewertung auf Ebene einzelner Referenzgebäude (vgl. Kapitel 4.4.2) vorgenommen. Ziel dabei ist es, die spezifischen Wärmebereitstellungskosten einer dezentralen klimaneutralen Wärmeversorgung im Vergleich zu fossilen Referenztechnologien zu ermitteln. Die Ergebnisse fließen mit in die Szenarien und den Umsetzungsplan ein, um die Wirtschaftlichkeit zwischen dezentraler und zentraler Wärmeversorgung zu vergleichen und zu bewerten und um anschließend entsprechende Gebiete für den Wärmenetzausbau zu identifizieren.

Es werden folgende Wärmeversorgungstechnologien in die Analyse einbezogen:

- Erdgas Brennwertkessel (BWK) als fossiles Referenzsystem
- Gas Brennwertkessel mit 65 % Biomethan (+ Solarthermie)
- Gas Brennwertkessel mit 100 % Biomethan
- Luft/Wasser Wärmepumpe
- Sole/Wasser Wärmepumpe (WP)
- Pelletkessel

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse wird für verschiedene Referenzgebäude und Sanierungszustände durchgeführt, wobei nicht jede Technologie mit jedem Gebäude kombiniert wird - je nach erforderlicher technischer Voraussetzung. Beispielsweise werden monovalente Wärmepumpen nicht in Bestandsgebäuden im unsanierten Zustand installiert, da diese aufgrund der hohen erforderlichen Vorlauftemperaturen nicht effizient Wärme bereitstellen können. Grundsätzlich ist aber bei Gebäuden, bei denen durch eine Teilsanierung eine Absenkung der Vorlauftemperaturen erreicht werden konnte, mit modernen Wärmepumpen eine effiziente Wärmebereitstellung möglich.

4.4.1 Eingangsdaten und Vorgehen

Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit basiert auf der VDI 2067 Blatt 2[36], mit der die spezifischen Wärmebereitstellungskosten (Levelised Cost of Heating) der verschiedenen Wärmeversorgungsysteme mittels Kapitalwert- bzw. Annuitätenmethode ermittelt werden. Diese setzen sich zusammen aus den kapitalgebundenen Kosten (Annuität der Investitionen), den verbrauchsgebundenen Kosten (Energiekosten) und den betriebsgebundenen Kosten (Wartung und Instandsetzung). Folgende zentrale Rahmendaten und Quellen werden bei der Analyse verwendet:

[36] VDI Richtlinie 2067 Blatt 1: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung. Verein deutscher Ingenieure (VDI). https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2067-blatt-1-wirtschaftlichkeit-gebaeudetechnischer-anlagen-grundlagen-und-kostenberechnung-1

Annahmen für die ökonomische Bewertung

- Kalkulatorischer Zinssatz für Wohngebäude: 2 %[37]
- Kalkulatorischer Zinssatz für Nichtwohngebäude: 4 %[37]
- Abschreibungsdauer differenziert nach Wärmeerzeuger entsprechend VDI 2067 → zwischen 18 und 20 Jahre

Annahmen für Investitionskosten und finanzielle Förderung

Als Quelle für die spezifischen Investitionskosten dient die „Evaluation des Marktanreizprogramms zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt im Förderzeitraum 2015 bis 2018 - Förderjahr 2018“[38] sowie die im Auftrag des BBSR durchgeführte Studie „EnEV 2017 – Vorbereitende Untersuchungen“[39] und aktuelle eigene Auswertungen aus der kommerziellen Datenbank zu Baupreisen (Baupreislexikon)[40]. Die Investitionskosten enthalten dabei die erforderlichen Investitionen für Wärmeerzeuger, Peripherie, thermische Speicher, Armaturen, Verrohrung und Installation. Die Wärmequellenerschließung bei Wärmepumpen wird als separate Position ebenfalls berücksichtigt. Die in den Studien erfassten spezifischen Investitionskostenkurven werden mit dem Baupreisindex im Hochbau für Bauleistungen in Wohngebäuden auf das Jahr 2022 skaliert[41] (StabuA, 2022). Für Erdbauarbeiten zur Wärmequellenerschließung wird der Baupreisindex im Tiefbau für Erdbauarbeiten angesetzt[42]. Aus dem Baupreisindex für den Hochbau ergibt sich daraus eine nominelle Steigerung der Investitionskosten zwischen 2015 und Mai 2022 um den Faktor 1,47.

Die finanzielle Förderung wird entsprechend der Förderrichtlinie des Förderprogramms „Bundesförderung effiziente Gebäude“ mit der Anpassung der Fördersätze aus August 2022 angesetzt.

Annahmen für verbrauchsgebundene Kosten

Zur Ermittlung der Energiekosten werden Energiepreisprojektion auf Basis der Rahmendaten der THG-Projektionen für Deutschland 2024 unterstellt (Mendelevitch et al., 2024). Die Annahmen sind Anhang zu dem Bericht enthalten.

---

[37] Bürger, V., Braungardt, S., & Steinbach, J. (2020). Anforderungen und Handlungs-optionen zur Erfüllung der im Hamburgischen Klimaschutzgesetz erlassenen EE-Nutzungspflicht im Gebäudebestand und die daraus resultierenden Kosten für Gebäudeeigentümer. Öko-Institut, IREES Im Auftrag Der Behörde Für Umwelt, Klima, Energie Und Agrarwirtschaft Der Freien Und Hansestadt Hamburg.

[38] Fichtner, Fraunhofer ISE, TFZ, Qconcept Energy, DBI-Gas- und Umwelttechnik GmbH, & IE Leipzig. (2019). Evaluation des Marktanreizprogramms zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt im Förderzeitraum 2015 bis 2018. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Evaluationen/Foerdermassnahmen/evaluation-marktanreizprogramms-2019.html

[39] Maas, A., & Schlitzberger, S. (2017). EnEV 2017 – Vorbereitende Untersuchungen (BBSR (Hrsg.)). Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-16-2017-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2 %0A

[40] https://www.baupreislexikon.de/

[41] Statistisches Bundesamt (2024). Preisindizes für Bauwerke, Wohngebäude und Nichtwohngebäude. Preisindizes für Bauwerke, Wohngebäude und Nichtwohngebäude - Statistisches Bundesamt

[42] Statistisches Bundesamt (2024). Preisindizes für Bauwerke, Ingenieurbau, Instandhaltung. https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Konjunkturindikatoren/Preise/bpr210.html

Der Nutz- und Endenergiebedarf wird für die jeweiligen Referenzgebäude spezifisch ermittelt. Bei der Effizienz der Wärmeerzeugung werden die Vorlauftemperaturen der Referenzgebäude berücksichtigt (Tabelle 17). Dabei wird für unsanierte Referenzgebäude eine höhere Vor- und Rücklauftemperatur angesetzt (vgl. Kapitel 4.4.2). Der spezifische Solarertrag für die Solarthermieanlagen wird auf Monatsbilanzverfahren entsprechend der jeweiligen Auslegung in den Referenzgebäuden ermittelt.

Tabelle 17: Wirkungsgrade in Abhängigkeit der Wärmeverteiltemperaturen im Gebäude

Dezentrale Wärmeversorgungs-technologie	**VL 70°C/ RL 55°C**	**VL 55°C/ RL 45°C**	**VL 40°C/ RL 30°C**	**Warmwasser**
Erdgas Brennwertkessel	0,92	0,94	0,99	0,92
Sole/Wasser Wärmepumpe	3.42*	4,00	5,94	4,35
Luft/Wasser Wärmepumpe	3,30*	3,75	4,56	3,58
Pelletkessel	0,90	0,90	0,90	0,90
Erdgas BHKW	0,55	0,55	0,55	0,55

*Nur im bivalenten Betrieb (monoenergetisch mit Heizstab), VL= Vorlauftemperatur, RL = Rücklauftemperatur

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Bürger et al., 2020; Fichtner et al., 2019); BWP (2024)

Annahmen für betriebsgebundene Kosten

Die betriebsgebundenen Kosten setzen sich aus Kosten für Wartung und Instandsetzung zusammen. Hierbei wird ebenfalls auf die Kennwerte der VDI 2067 zurückgegriffen. Da diese in der Norm anteilig auf die Investitionskosten angegeben werden, ergeben sich insbesondere bei Technologien mit hohen und gestiegenen Investitionskosten wie bei Wärmepumpen im Vergleich zu Kennwerten aus der Praxis höhere Werte. Daher wird zusätzlich noch eine Internetrecherche zu aktuellen typischen Wartungs- und Instandsetzungskosten bei Wärmepumpen sowie Pelletkesseln durchgeführt, um die spezifischen Angaben der VDI 2026 entsprechend anzupassen. Tabelle 18 zeigt eine Übersicht der spezifischen Instandhaltungs- und Wartungskosten mit Bezug auf die Investitionskosten der jeweiligen Technologien.

Tabelle 18: Spezifische betriebsgebundene Kosten mit Bezug auf die Investitionskosten

Dezentrale Wärmeversorgungstechnologie	**Leistungs-bereich [kW]**		**Instand-setzung**	**Wartung**
Erdgas Brennwertkessel	10	32	1.50 %	1.50 %
Solarthermie	1 m²	20m²	0.50 %	0.50 %
Sole/Wasser Wärmepumpe	10	32	1.00 %	0.50 %

Luft/Wasser Wärmepumpe	10	32	1.00 %	0.50 %
Pelletkessel	10	100	1.50 %	2.00 %
Sole/Wasser Wärmepumpe groß	32	400	0.50 %	0.25 %
Erdgas Brennwertkessel groß	32	400	1.50 %	1.50 %
Pelletkessel groß	32	400	0.75 %	1.00 %
Solarthermie groß	21 m²	100m²	0.50 %	0.50 %

Quelle: VDI 2067-1; eigene Recherche

4.4.2 Untersuchte Referenzgebäude in der Wirtschaftlichkeitsberechnung dezentraler Wärmeversorgungssysteme

Als Referenzgebäude werden Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus und Bürogebäude jeweils im sanierten und unsanierten Zustand untersucht. Hierzu dienen als Quelle für die bauphysikalischen Parameter der Wohngebäude die Typgebäude der deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt, wobei das Referenzgebäude in der Baualtersklasse E verwendet wird[43] (Loga et al., 2015). Die Baualtersklasse E mit Baualter zwischen 1958 bis 1968 liegt in der Zensus Baualtersklasse 1949 bis 1978 mit dem größten Anteil an der Energiebezugsfläche aller Gebäude in Nürnberg (vgl. Kapitel 2.2). Für das Bürogebäude wird das entsprechende Modellgebäude aus der Studie „Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen“[44] mit den U-Werten nach Dirich (2011)[45] modelliert. Abbildung 58 gibt einen Überblick zu den zentralen energetischen Kennwerten der Referenzgebäude.

[43] Loga, T., Stein, B., Born, R., & Diefenbach, N. (2015). Deutsche Wohngebäudetypologie - Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz. Institut Wohnen und Umwelt (IWU).

[44] Klauß, S. (2010). Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit. im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) sowie des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR).

[45] Dirich, S., Gruhler, K., Deilman, C., Petereit, R., Petereit, K., Kunz, C., Hemple, A., & Markfort, D. (2011). Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland (BMVBS-Online-Publikation 16/2011, Issue 16).

Abbildung 58: Energetische Kennwerte der Referenzgebäude in der Wirtschaftlichkeitsanalyse dezentraler Wärmeversorgungssysteme



Einfamilien-haus

unsaniert		
Nutz-/Nettogrundfläche	m²	160,9
Wohnfläche	m²	110
Raumwärmebedarf	kWh	36.108
Warmwasserbedarf	kWh	7.906
Wärmebedarf* Gesamt	kWh	44.014
Hilfsenergie	kWh	788
Gebäudeheizlast DIN EN 12831	kW	19
Heizkreistemperaturen	-	VL70/RL55

saniert		
Nutz-/Nettogrundfläche	m²	160,9
Wohnfläche	m²	110
Raumwärmebedarf	kWh	16.908
Warmwasserbedarf	kWh	6.137
Wärmebedarf* Gesamt	kWh	23.045
Hilfsenergie	kWh	611
Gebäudeheizlast DIN EN 12831	kW	8
Heizkreistemperaturen	-	VL55/RL45



Mehrfamilien-haus

Nutz-/Nettogrundfläche	m²	3327
Wohnfläche	m²	2844,6
Raumwärmebedarf	kWh	421.890
Warmwasserbedarf	kWh	145.318
Wärmebedarf* Gesamt	kWh	567.207
Hilfsenergie	kWh	6.701
Gebäudeheizlast DIN EN 12831	kW	224
Heizkreistemperaturen	-	VL70/RL55

Nutz-/Nettogrundfläche	m²	3327
Wohnfläche	m²	2844,6
Raumwärmebedarf	kWh	178.612
Warmwasserbedarf	kWh	84.222
Wärmebedarf* Gesamt	kWh	262.833
Hilfsenergie	kWh	3.646
Gebäudeheizlast DIN EN 12831	kW	104
Heizkreistemperaturen	-	VL55/RL45



Bürogebäude

Nutz-/Nettogrundfläche	m²	1 676
Wohnfläche	m²	
Raumwärmebedarf	kWh	437 222
Warmwasserbedarf	kWh	3.788
Wärmebedarf* Gesamt	kWh	262.833
Hilfsenergie	kWh	2.487
Gebäudeheizlast DIN 18599	kW	186
Heizkreistemperaturen	-	VL70/RL55

Nutz-/Nettogrundfläche	m²	1 676
Wohnfläche	m²	
Raumwärmebedarf	kWh	224.570
Warmwasserbedarf	kWh	3.788
Wärmebedarf* Gesamt	kWh	262.833
Hilfsenergie	kWh	3263
Gebäudeheizlast DIN 18599	kW	137
Heizkreistemperaturen	-	VL55/RL45

Quelle: Eigene Abbildung IREES 2022; Anmerkung: *Erzeugernutzenergie

4.4.3 Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgungssysteme

Die folgenden Abbildungen zeigen jeweils die resultierenden spezifischen Wärmebereitstellungskosten sowie die absoluten Jahresvollkosten aufgeschlüsselt nach kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten für die jeweiligen Referenzgebäude. Die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Systeme kann hierbei immer nur gebäudespezifisch verglichen werden, da die Gebäude über unterschiedliche Wärmenachfragen verfügen. Die Berechnung der spezifischen Wärmebereitstellungskosten ist insofern wichtig, da im späteren Vergleich mit den ermittelten Wärmebereitstellungskosten der Wärmenetzversorgung, eine entsprechende Bewertung einer klimaneutralen zentralen Wärmeversorgung in identifizierten Gebieten in Nürnberg getätigt werden kann.

An dieser Stelle wird jedoch zunächst die Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen erneuerbaren Wärmeversorgungstechnologien im Vergleich zu der derzeitigen fossilen Referenztechnologie in Form des Erdgas-Brennwertkessels (BWK) bewertet.

Abbildung 59 zeigt die Ergebnisse für das Einfamilienhaus-Referenzgebäude im unsanierten Zustand. Die niedrigsten Wärmebereitstellungskosten bzw. Jahresvollkosten weisen die Sole/Wasser Wärmepumpen und der Pelletkessel auf. Der Vergleich der Wärmebereistellungskosten ohne Förderung zeigt, dass aufgrund der in dem Szenario unterstellten Energie- und CO2-Preisentwicklung beide Technologien auch bereits ohne Förderung gegenüber dem Gaskessel und insbesondere den Biomethanvarianten wirtschaftlich sind. Allerdings verdeutlicht der Vergleich der Investitionskosten die Relevanz der Förderung für die Entscheidung in die erneuerbaren Energien Wärmeversorgungssysteme.

Abbildung 59: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Einfamilienhaus-Referenzgebäude unsaniert

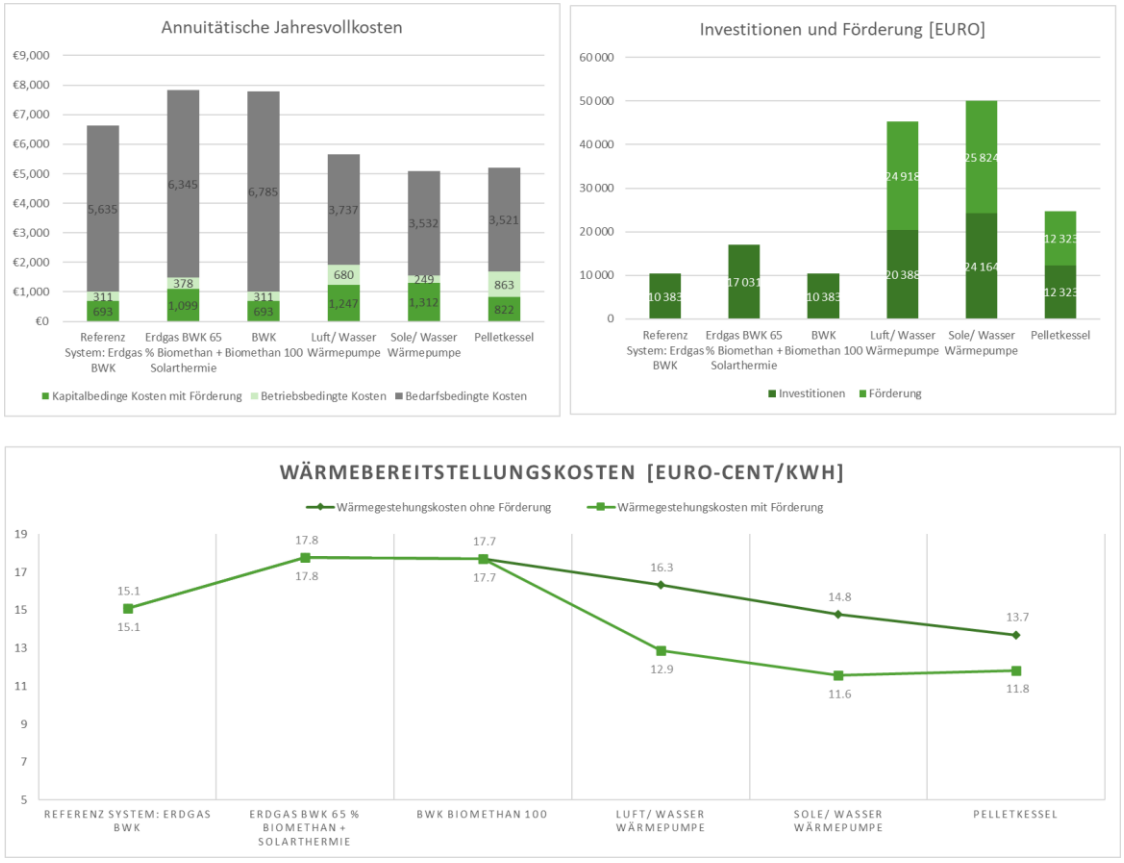
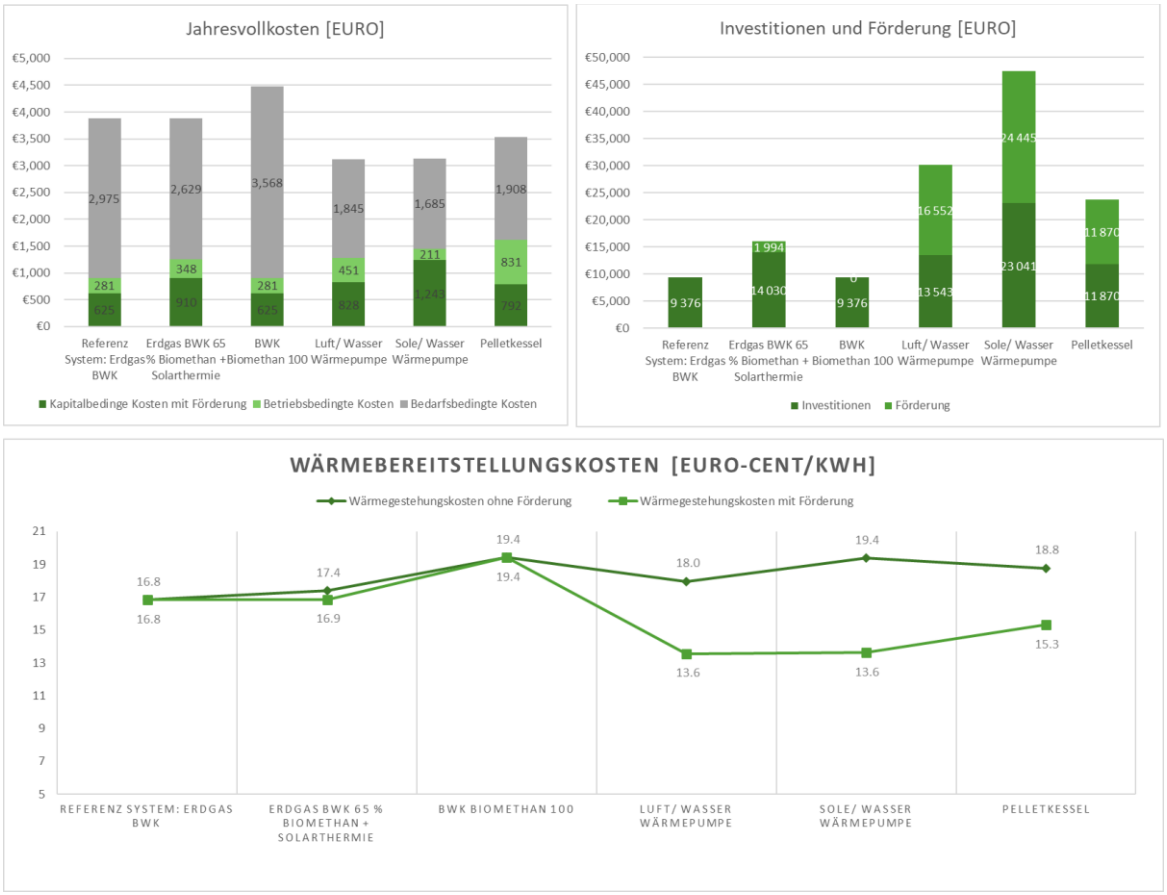


Abbildung 59 zeigt die Ergebnisse für das Einfamilienhaus-Referenzgebäude im sanierten Zustand. Unter Berücksichtigung der Förderung weisen sowohl die Luft/Wasser- als auch die Sole/Wasser Wärmepumpe die geringsten Wärmebereitstellungskosen auf und stellen damit für dieses Referenzgebäude die wirtschaftlichsten Optionen dar. Die höchsten Kosten sind mit dem Gasbrennwertkessel mit 100 % Biomethan verbunden. Mit Bezug auf die erforderlichen Investitionen sind die Wärmepumpen am höchsten. Durch die hohe Förderung, inklusive des derzeit noch geltenden Geschwindigkeitsbonus von 55 %, liegen die Investitionen nach Förderungbei der Luft/Wasser Wärmepumpen nur rund 4 000 EURO über dem Gaskessel. Der Vergleich der spezifischen Wärmebereitstellung mit und ohne Förderung verdeutlicht die Relevanz der BEG Förderung mit der sowohl

Wärmepumpen als auch Pelletkessel gegenüber dem herkömmlichen Erdgas auch im unsanierten Einfamilienhaus Referenzgebäude wirtschaftlich werden. Die spezifischen Wärmebereitstellungskosten sind grundsätzlich höher als im unsanierten Einfamilienhaus, da der Wärmeendenergieverbrauch geringer ist. Der Vergleich der Jahresvollkosten zum unsanierten Gebäude zeigt jedoch die Relevanz von Energieeffizienzmaßnahmen.

Abbildung 60: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Einfamilienhaus-Referenzgebäude saniert

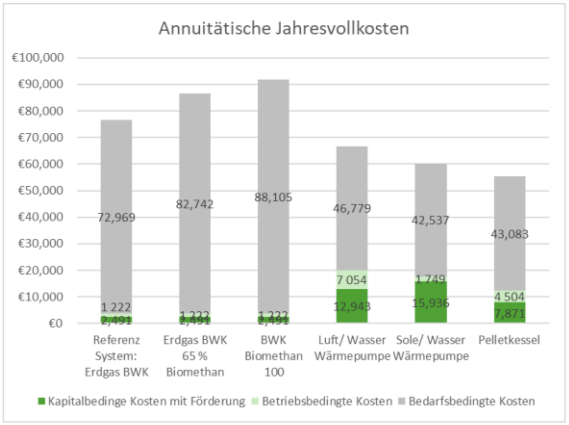


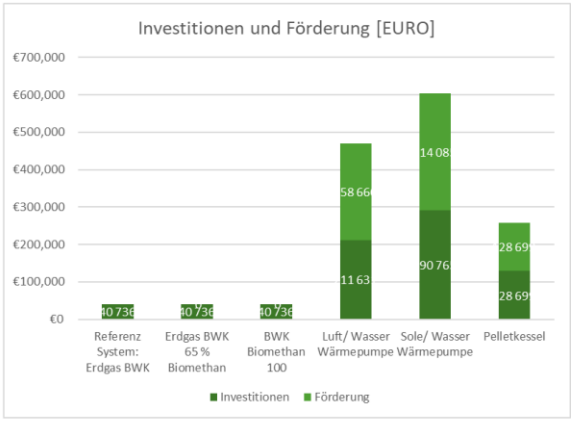
Quelle: Eigene Abbildung IREES 2024

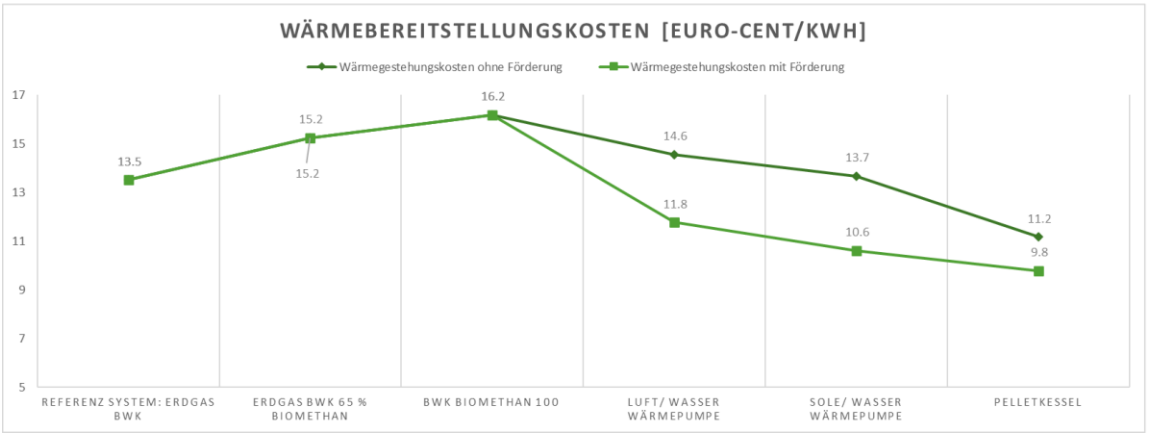
Im Mehrfamilienhaus-Referenzgebäude sind die bedarfsgebundenen Kosten in beiden Fällen aufgrund des hohen Wärmebedarfs dominierend (Abbildung 61). Im unsanierten Mehrfamilienhaus weist der Pelletkessel die niedrigsten Wärmebereitstellungskosten unter den dezentralen Wärmeversorgungsvarianten auf. Grundsätzlich ist jedoch zu berücksichtigen, dass es für Mehrfamilienhäuser mehr Einschränkungen sowohl für Wärmepumpen als auch für Pelletkessel geben kann als bei Einfamilienhäusern, z.B. aufgrund des fehlenden Platzes für Holzpelletlager oder für die Aufstellung von Außengeräten bei Wärmepumpen. Grundsätzlich ist dies umso relevanter, je höher der Wärmebedarf ist, da entweder größere Brennstoffmengen (Holzpellets) erforderlich sind bzw. höhere Leistungen und damit verbunden Außengeräte (bei Luft/Wärmepumpen) bzw. Erdsonden installiert werden müssen. Der

Abstand zu den Biomethan Gaskesseln ist jedoch mit Bezug auf die Wirtschaftlichkeit sehr deutlich, so dass sofern keine Alternative mittels Wärmenetz in Frage kommt, diese Optionen zunächst im Detail vor Ort geprüft werden sollten.

Abbildung 61: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Mehrfamilienhaus-Referenzgebäude unsaniert







Quelle: Eigene Abbildung IREES 2025

Für das Mehrfamilienhaus-Referenzgebäude im sanierten Zustand zeigt sich ein ähnliches Bild mit Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der erneuerbaren Energien Wärmeversorgungssysteme (Abbildung 62). Die Sole/Wasser Wärmepumpen stellen hierbei die wirtschaftlichste Option vor dem Pelletkessel dar. Auch die Luft/Wasser Wärmepumpe ist inklusive Förderung wirtschaftlicher als der Erdgas-Brennwertkessel. Im Vergleich zu den Biomethan Gaskesseln weisen alle drei Systeme niedrige Jahresvollkosten auf. Der Vergleich zum unsanierten Referenzgebäude verdeutlicht jedoch auch hier die Relevanz von Energieeffizienzmaßnahmen, mit denen die verbrauchsgebundenen Kosten aller Systeme um mehr als die Hälfte reduziert werden.

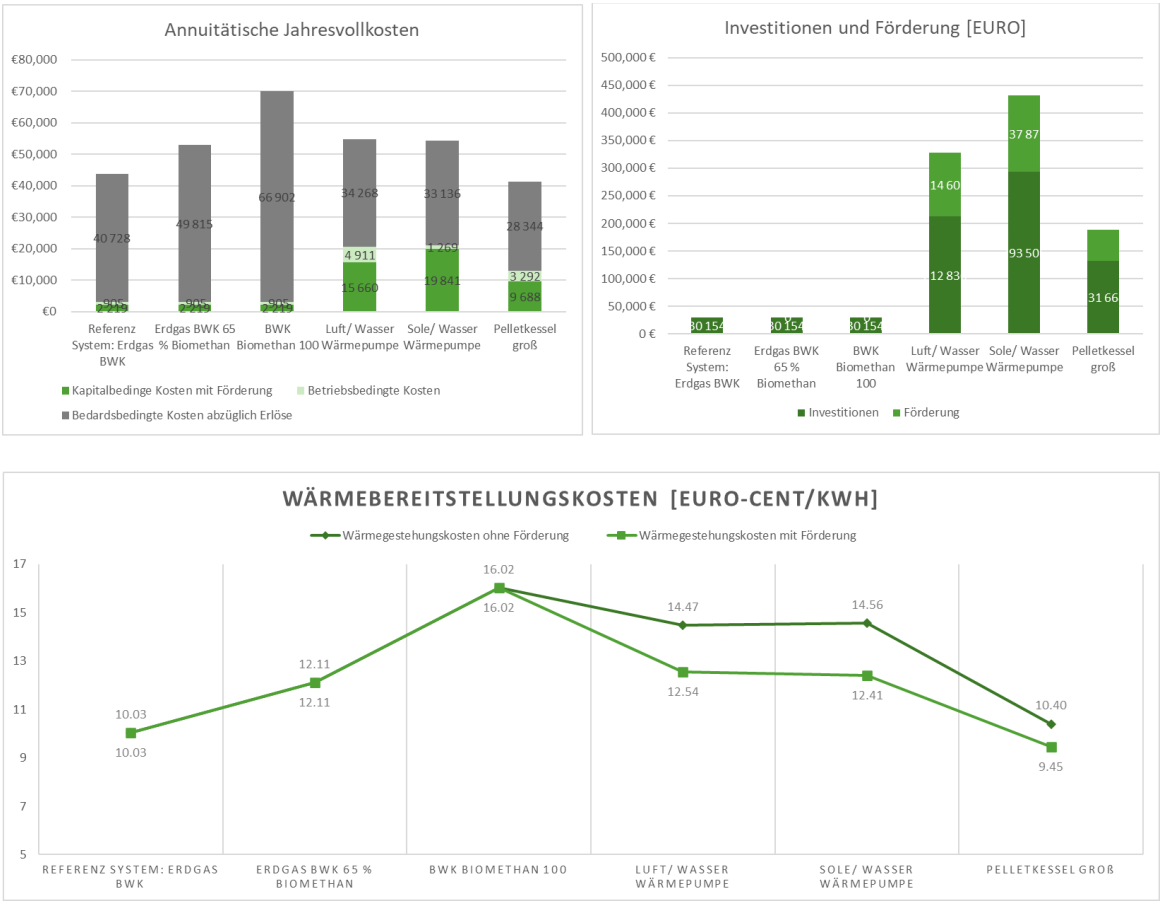
Abbildung 62: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Mehrfamilienhaus-Referenzgebäude saniert



Quelle: Eigene Abbildung IREES 2024

Abbildung 63: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Büro-Referenzgebäude unsaniert zeigt die Ergebnisse für das Referenzgebäude Bürogebäude im unsanierten Zustand. Auch hier sind aufgrund der Größe des Gebäudes die bedarfsgebundenen Kosten dominierend. Der Pelletkessel stellt hier die wirtschaftlichste Option dar. Die Wärmepumpen sind hier im Vergleich zu Erdgaskessel nicht wirtschaftlich, jedoch gegenüber den Gaskesseln mit 65 % bzw. 100 % Biomethan.

Abbildung 63: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Büro-Referenzgebäude unsaniert



Quelle: Eigene Abbildung IREES 2024

Für das Büro-Referenzgebäude im sanierten Zustand stellen Pelletkessel und Luft/Wasser Wärmepumpen die wirtschaftlichen Optionen unter den erneuerbaren Wärmeversorgungssystemen dar. Der Erdgaskessel weist jedoch etwas geringere Jahresvollkosten auf. Der durch das GEG verlangte mittelfristige Umstieg auf Biomethan führt jedoch zu höheren Wärmebereitstellungskosten.

Abbildung 64: Wärmebereitstellungskosten dezentraler Wärmeversorgung für das Büro-Referenzgebäude unsaniert



Quelle: Eigene Abbildung IREES 2024

Die durchgeführte Wirtschaftlichkeitsbewertung der dezentralen Wärmeversorgungssysteme zeigt, dass unter den Annahmen zur Energiepreisentwicklung mindestens eines der jeweiligen angegebenen dezentralen EE-Wärmesysteme wirtschaftlicher als das Erdgas-BWK ist (bis auf das Büro-Referenzgebäude saniert). Allerdings ist der Vergleich zum Erdgas-BWK auch nur für die Übergangszeit relevant, da mittelfristig alle Wärmeversorgungssysteme auf erneuerbare Energien umgestellt werden müssen. Wird Erdgas nun durch Biomethan oder noch teureres synthetisches erneuerbares Gas (PtG) ersetzt, zeigt sich ein noch deutlicherer Abstand zu den dezentralen Wärmeversorgungssystemen. Ein Einbau eines Gaskessels, der einen sukzessiven Umstieg auf grünes Gas ab 2029 verbindlich mit sich bringt, rentiert sich bereits aus heutiger Sicht in der Regel nicht, sofern andere Lösungen möglich sind.

Dabei ist anzumerken, dass der Einsatz von Wärmepumpen nicht nur in Neubauten und umfangreich sanierten Gebäuden möglich ist, sondern auch in Bestandsgebäuden durch Teilsanierung und gleichzeitigen Maßnahmen zur Senkung der Vorlauftemperatur (z. B. Vergrößerung der Heizflächen) als Option in Frage kommt. Insgesamt ist das Potenzial für den nachhaltigen Einsatz von Biomasse beschränkt, so dass bei höherer Nachfrage nach Holzpellets und anderen Biomassefraktionen sich wahrscheinlich nachfragegetrieben höhere Preise ergeben werden, was in diesem Wirtschaftlichkeitsvergleich nicht berücksichtigt ist.

5 Zielszenarien und Entwicklungspfade

5.1 Grundlage und Annahmen

Auf Basis der Ergebnisse der vorherigen Analysen wurde ein Zielszenario für die klimaneutrale Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045 entwickelt. Dieses stellt einen Pfad dar, der basierend auf den räumlichen Potenzialen für erneuerbare Energien und Effizienzmaßnahmen eine mögliche Umsetzung aufzeigt.

Für das Zielszenario wird unterstellt, dass die analysierten Effizienzpotenziale entsprechend dem oben dargestellten Sparszenario des Wärmeatlas in den Gebäuden realisiert werden können. Damit sinkt der Nutzwärmebedarf auf ganz Nürnberg bezogen um 28 % bis zum Jahr 2045. Weitere Effizienzgewinne ergeben sich durch Austausch der Wärmeversorgungssystem – Umstellung auf Fernwärme und Wärmepumpen. Für die Transformation der Wärmeversorgung in Nürnberg werden entsprechend der räumlichen Analysen und den örtlichen Gegebenheiten folgende Annahmen in den identifizierten Eignungsgebieten gemacht:

- Innerhalb des Fernwärmeprüfgebietes erreicht die Fernwärmeversorgung entsprechend des Transformationsplans der N-ERGIE bis zum Jahr 2045 einen Anteil von rund 74 % des Nutzwärmebedarfs (vgl. Kapitel 5.2.3).
- Aus den in Kapitel 4.1.2 dargestellten Nahwärmepotenzialgebieten werden mögliche Wärmenetzversorgungsgebiete außerhalb des Fernwärmeprüfgebiets für das Zielszenario extrahiert: Dabei wird für das Zielszenario die räumliche Verfügbarkeit erneuerbarer Energiepotenziale berücksichtigt. Reine Industriegebiete mit hohem Wärmebedarf, die aufgrund der Sondernutzungen separiert betrachtet werden müssen, werden nicht als Nahwärmegebiete betrachtet. Für das Zielszenario werden für die verbleibenden Nahwärmegebiete angenommen, dass 50 % des Wärmebedarfs in den Gebieten über Wärmenetze bis 2045 versorgt werden (vgl. Kapitel 5.2.2).
- Gebäude, die nicht an das Wärmenetz angeschlossen sind, erhalten eine dezentrale Wärmeversorgung. Sofern Wärmepumpen geeignet sind, wird eine Wärmepumpenversorgung angenommen (vgl. 5.2.1).

Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um die Untersuchung eines sogenannten normativen Szenarios handelt, mit dem die Klimaschutzziele erreicht werden, so dass Wärmeversorgungstechnologien mit fossilen Energien nicht Teil des Lösungsraums sind. Dieser Zielpfad wird sich aus heutiger Sicht somit nicht von "allein" ergeben. Es sind nicht nur Maßnahmen vor Ort durch die Stadt, die Energieversorger, Gebäude- und Wohnungseigentümer und alle Bürgerinnen und Bürgern erforderlich, sondern auch langfristige energie- und förderpolitische Rahmenbedingungen auf Bundes- und Landesebene.

Die für die Analyse relevanten politischen Rahmenbedingungen umfassen den nationalen Rechts- und Förderrahmen mit Bezug auf die Wärmebereitstellung im Gebäudebereich sowie sektorübergreifende Instrumente, die sich auf die Energiepreise auswirken. Die Bewertung der Realisierbarkeit von Szenarien ist auch immer im Kontext zu dem aktuellen energiepolitischen und ökonomischen Rahmen

zu bewerten, der für eine Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung hochrelevant ist. Die zum Zeitpunkt der Erstellung des Wärmeplans relevanten bestehenden Instrumente im Gebäudesektor sind:

- Gebäudeenergiegesetz (GEG) mit „65 % Anforderung“ an EE-Wärme
- Wärmeplanungsgesetz (WPG)
- Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)
- Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)
- CO_2-Bepreisung für die Sektoren Verkehr und Wärme (BEHG)
- Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
- EU-Emissionshandelssystem
- Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude
- Nationales Effizienzlabel für Heizungsaltanlagen

5.2 Entwicklung der Wärmeversorgung und Treibhaugasemissionen im Zielszenario

Abbildung 65 stellt die im Zielszenario resultierende Endenergieverbrauchsentwicklung für die Wärmeversorgung in Nürnberg bis zum Jahr 2045 dar. Heizöl und Erdgas werden vollständig ersetzt durch Reduktion des Wärmeverbrauchs (Energieeffizienz), die Umstellung auf Wärmenetzversorgung mit erneuerbaren Energien sowie dezentrale erneuerbare Wärme. Die Fernwärmeversorgung hat bis 2045 in dem Szenario einen Anteil von 49 %. Dezentrale gebäudeindividuelle erneuerbare Wärmeversorgung und kleinere Nahwärmenetze und Energieverbünde mit erneuerbaren Energien haben einen Anteil von 51 %. Die Wärmeversorgung über dezentrale Nahwärmenetze ist in der Bilanz direkt auf die Energieträger aufgeteilt und somit als Teil der dezentralen Wärmeversorgung enthalten (vgl. Kapitel 5.2.1).

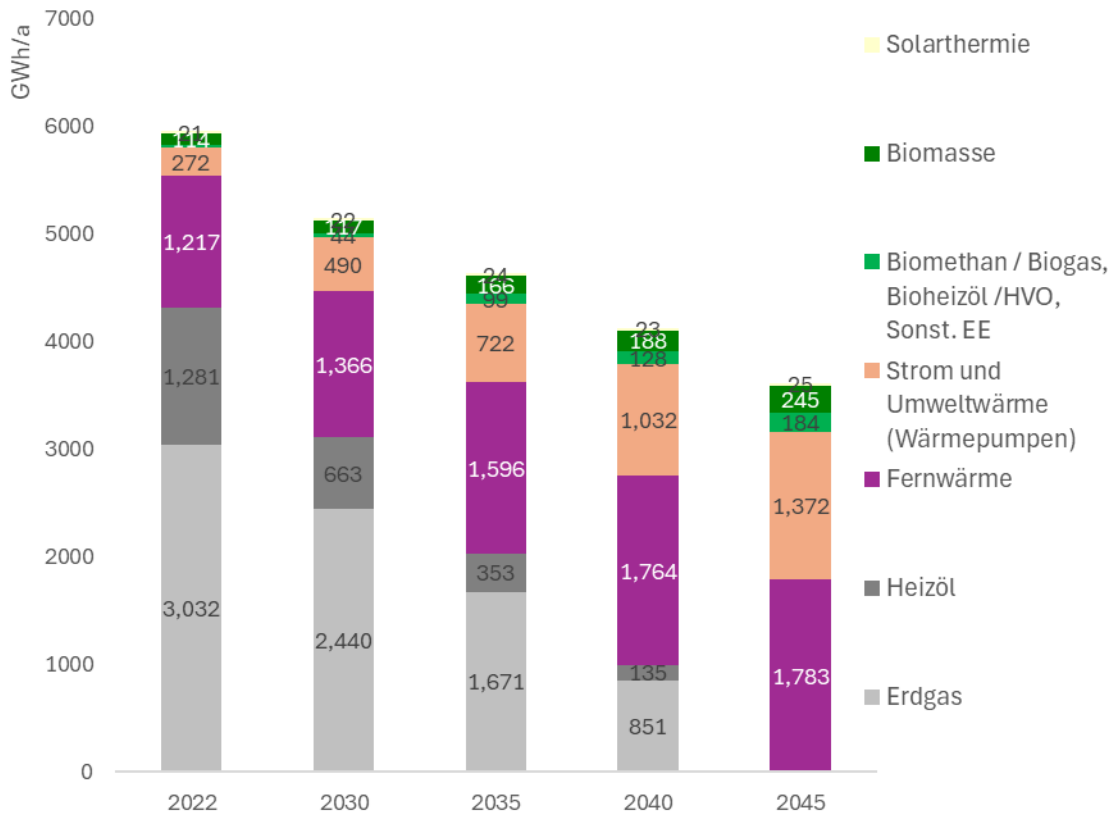
In der dezentralen Versorgung haben Wärmepumpen den höchsten Anteil – Strom und Umweltwärme machen insgesamt 38 % am Wärmeendenergiebedarf im Jahr 2045 aus. Biogene Brennstoffe in der dezentralen Wärmeversorgung und in Nahwärmenetzen haben insgesamt einen Anteil von 12 % und stellen damit den geringsten Anteil der primären Energieträger für die Wärmeversorgung. Von den erforderlichen Wärmemengen ist dies jedoch nur möglich, wenn die für Nürnberg allokierten regionalen Biomassepotenziale gehoben werden (vgl. Kapitel 4.2.5).

Das Zielszenario mit Zieljahr 2045 stellt ein ambitioniertes Szenario dar, das ohne zusätzliche politische Maßnahmen und eine enorme Steigerung der Aktivitätsraten in allen Bereichen gegenüber dem Status-Quo nicht realisierbar ist. Für eine Zielerreichung bereits bis zum Jahr 2040 würde darüber hinaus ein zusätzlicher Dekarbonisierungsbedarf von 986 GWh im Jahr 2040 bestehen. Um dies zu erreichen, wären signifikant höhere Aktivitätsraten im Heizungstausch auf Wärmepumpen sowie eine Steigerung der Sanierungsrate gegenüber dem hier skizzierten Zielszenario erforderlich. Der Fernwärmeausbau ist im Zielszenario nach dem Transformationsplan zum Stand Januar 2025 berücksichtigt worden. Dieser sieht vor, dass bereits bis 2040 ein Großteil des Ausbaus erreicht wird. Mit dem letzten Planungsstand im April 2025 sind weitere Detailprüfungen zur Priorisierung der Fernwärmeausbaugebiete durch die N-ERGIE vorgenommen worden. Mit dem neuen Planungsstand ist der ambitioniert realistische Ausbaupfad in einem längeren Zeitraum wahrscheinlich. Für den dargestellten Zielpfad konnte dies nicht mehr im Zielszenario des Wärmeplans

berücksichtigt werden, wohl aber in der zeitlichen Priorisierung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete (vgl. Kapitel 5.4). Aus dem neuen Planungstand wird sich eine Verschiebung der Zunahme bei der Fernwärmeversorgung nach 2045 ergeben. Für das Zieljahr 2045 würde sich aus dem angepassten Szenario keine großen Änderungen ergeben mit Bezug auf die erreichte Fernwärmeversorgung, wohl aber über den zeitlichen Verlauf. Für eine Zielerreichung bereits im Jahr 2040 würde sich mit hoher Wahrscheinlichkeit ein noch höherer zusätzlicher Dekarbonisierungsbedarf ergeben.

In den folgenden Kapiteln wird im Detail auf Herleitung des Zielszenarios und die Entwicklung der Wärmeerzeugung in der dezentralen Versorgung und der Fernwärmeversorgung eingegangen.

Abbildung 65: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme Zielszenario



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025

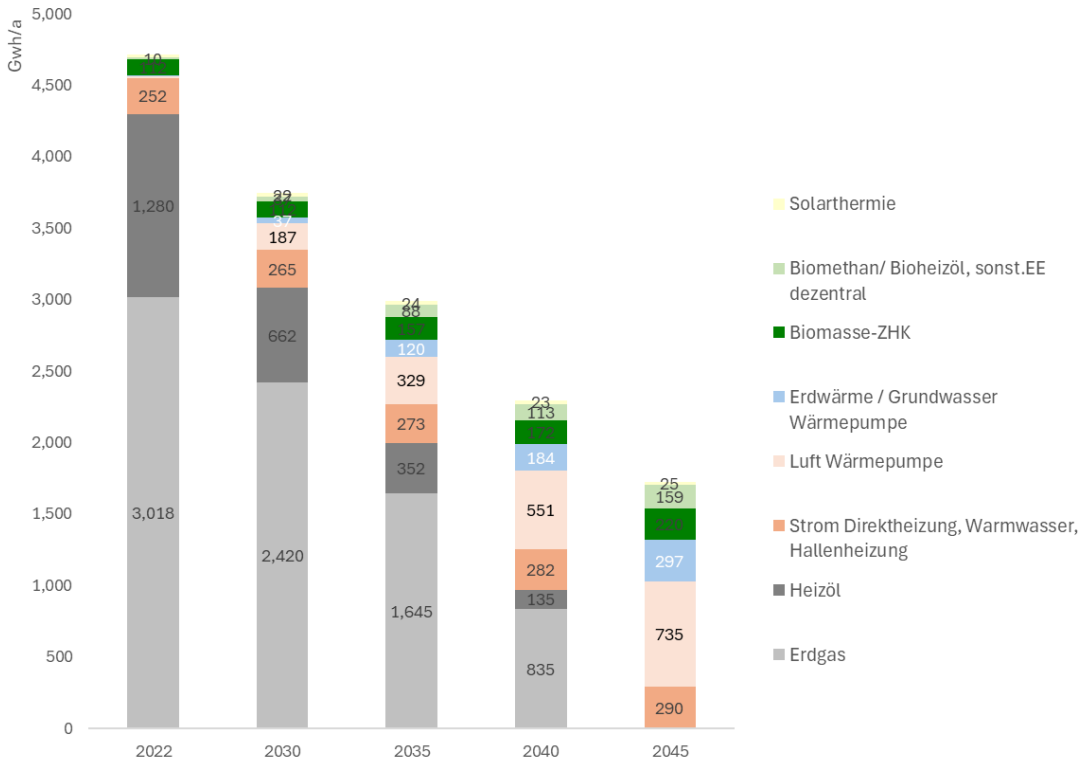
5.2.1 Entwicklung der dezentralen Wärmeversorgung bis 2045

Für die Gebäude, die nicht an das Fernwärmenetz angeschlossen werden, wird gebäudespezifisch ein dezentraler Wärmeversorgungsmix in Abhängigkeit der individuellen Gegebenheiten für das Zielszenario ermittelt. Zusätzlich werden in Gebieten mit Nahwärmepotenzial ein gewisser Anteil an wärmenetzbasierter Versorgung und Energieverbünden vorgesehen.

Abbildung 66 zeigt die Entwicklung des Endenergieverbrauchs für die dezentrale gebäudeindividuelle Wärmeversorgung im Zielszenario (ohne Nahwärmenetze). Dabei wird unterschieden, welche Arten von Wärmeversorgungstechnologien zum Einsatz

kommen. Bis zum Jahr 2045 haben Wärmepumpen mit 60 % den höchsten Anteil an der dezentralen Versorgung in dem Szenario mit 43 % Luft Wärmepumpen und 17 % Erdwärme/Grundwasser Wärmepumpen. Mit 290 GWh/a hat Strom (direkt) ebenfalls einen Anteil von 17 %. Dieser setzt sich insbesondere aus der Beheizung von Gewerbe- und Industriehallen, der Elektrifizierung von Prozesswärme und dezentraler Warmwasserbereitung zusammen. Biomasse Zentralheizungskessel (ZHK) haben in dem Szenario im Jahr 2045 einen Anteil von 13 % an der dezentralen Wärmeversorgung mit 220 GWh/a gefolgt von Biomethan/ Bioheizöl und sonstige EE mit 9 % und einem Endenergieverbrauch von 160 GWh/a. Der Anteil der biogenen Brennstoffe zeigt, dass trotz einer sehr hohen Durchdringung von Wärmepumpen ein relevanter Beitrag von biogenen Energieträgern im Zielszenario erforderlich ist. Dieser kann durch den Aufbau weiterer Wärmenetze, Energieverbünden bzw. Mikronetzen reduziert werden, mit denen gebäudeindividuelle Einschränkungen für Wärmepumpen überwunden werden können. Im Zielszenario wird dem Rechnung getragen, indem Biomethan mit sonstige EE als Energieträger zusammengefasst ist. Ein Treiber für die Nutzung von Biomethan bis 2040 ist dabei die erforderliche anteilige Nutzung in Erdgaskesseln, die nach in Kraft treten der Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes im Jahr 2024 installiert wurden und nach derzeitiger Gesetzgebung den Anteil von Biomethan sukzessive erhöhen müssen. Zum anderen werden den Gebäuden, die aufgrund hoher Barrieren nicht bis 2045 auf Wärmepumpen umgestellt werden können, neben Biomasse auch Biomethan als mögliche Option zugewiesen. Da in dem Zielszenario der Erdgasbedarf vollständig ersetzt wird, wird der Betrieb des Erdgasverteilnetzes in den meisten Gebieten nicht mehr wirtschaftlich darstellbar, so dass die Nutzung von Biomethan in der dezentralen Wärmeversorgung räumlich fokussiert bzw. in Inselnetzen wahrscheinlich ist.

Abbildung 66: Energieträger- und Wärmetechnologieverteilung der dezentralen Versorgung im Zielszenario



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025; Wärmepumpen = Strom + Umweltwärme

In der Berechnung des Zielszenarios werden die räumlichen Potenziale für dezentrale Luft- und Erdwärmepumpen berücksichtigt, die Wärmebedarfe bzw. die Wärmebedarfsentwicklung über den Szenariozeitraum sowie die bestehende Infrastruktur bzw. der derzeit verwendete Energieträger. Je nach identifizierter Eignung der Gebäude für Wärmepumpen erfolgt für das Zielszenario ein Tausch der fossilen Wärme zu erneuerbaren Energien. Bei sehr guter und guter Eignung für Wärmepumpen wird angenommen, dass diese Gebäude auch vollständig auf Wärmepumpen umgestellt werden. Sofern sowohl Luft- als auch Erdwärmepumpen möglich sind, wird angenommen, dass trotzdem ein höherer Anteil an Luftwärmepumpen installiert wird, aufgrund der geringeren Investitionen. Sind in dezentral versorgten Gebieten Wärmepumpen nicht oder eingeschränkt möglich, wird angenommen, dass eine Umstellung auf biogene Energieträger erfolgt. Dabei werden Heizöl versorgte Gebiete auf Biomassekessel umgestellt. In zusammenhängenden, außerhalb der Wärmenetzgebiete liegenden, Gebieten, die derzeit mit Gas versorgt sind, und bei denen die Versorgung durch Wärmepumpen nicht möglich ist, erfolgt eine Umstellung auf grünes Gas (Biomethan).

5.2.2 Nahwärmenetze und Energieverbünde

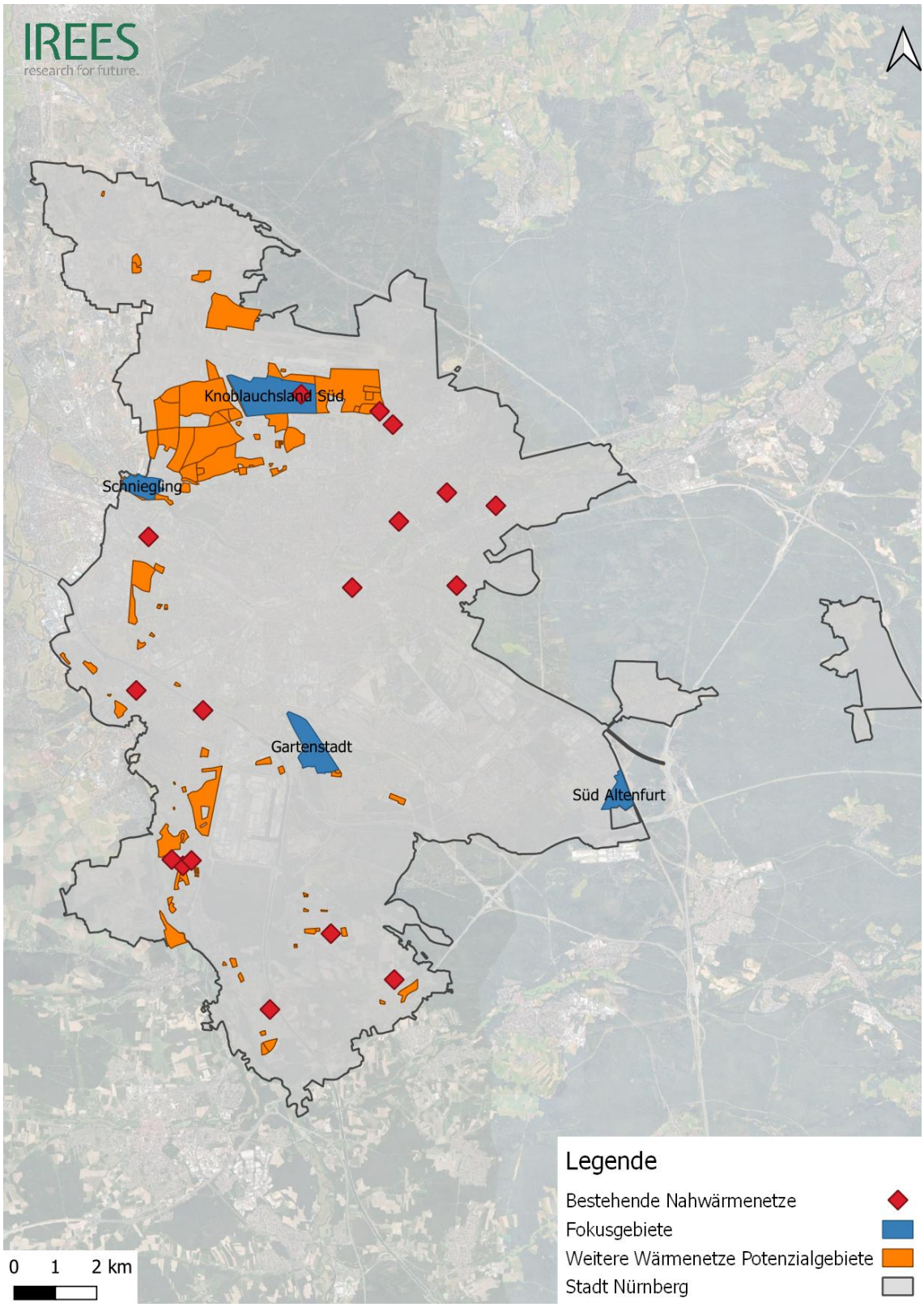
Basierend auf der in Kapitel 4.1 dargestellten Eignungsprüfung werden die identifizierten Nahwärmepotenzialgebiete mit den Ergebnissen der Potenzialanalyse verschnitten, um relevante Gebiete zu identifizieren, die für eine zukünftige

Wärmenetzversorgung auch außerhalb des Fernwärmeeignungsgebietes in Frage kommen. Die Analyse dient auch dazu, Fokusgebiete und Maßnahmen für den Maßnahmenkatalog der Wärmewendestrategie zu definieren und im Detail zu beschreiben (vgl. Kapitel 6). Folgende Analyseschritte werden zur Identifizierung von Nahwärmepotenzialgebieten im Zielszenario dazu durchgeführt:

1. Identifizierung Baublöcke mit hinreichender Wärmedichte außerhalb des Fernwärmeausbaugebiets
2. Filter von Sondernutzungen, reine Industrie- und Gewerbegebiete für die spezifische Energiekonzepte erforderlich sind
3. Berücksichtigung von identifizierten Flächen- und Punktpotenzialen in unmittelbarer Nähe zu identifizierten Gebieten
4. Berücksichtigung der identifizierten Barrieren bzw. Eignung der Gebäude für dezentrale Wärmepumpen

In Abbildung 67 sind die Fokusgebiete und die weiteren Wärmenetzpotenzialgebiete dargestellt. Für das Zielszenario wird angenommen, dass in den identifizierten Gebieten ein Wärmenetzausbau erfolgt, der einen Teil der Gebäude in den Gebieten versorgt. Dabei wird angenommen, dass insbesondere die Gebäude im räumlichen Zusammenhang angeschlossen werden, die mit Bezug auf die Wärmepumpeneignung mittlere und hohe Barrieren und einen hohen Wärmebedarf aufweisen. Mit Bezug auf die Wärmeversorgungslösungen ist eine detaillierte Untersuchung durch Quartierskonzepte und Machbarkeitsstudien in den identifizierten Gebieten erforderlich. Für ausgewählte Fokusgebiete werden im folgenden Kapitel mögliche Ansätze aufgezeigt. Für das Zielszenario wird für die bestehenden und neuen Nahwärmenetze ein Technologiemix aus oberflächennaher Geothermie (Sonden, Grundwasser), zentralen Luftwärmepumpen und Biomasse und Biogas angenommen. Oberflächennahe Geothermie kann dabei sowohl über kalte Nahwärmenetze mit dezentralen Wärmepumpen oder zentrale Wärmepumpen genutzt werden. Auch die Kombination mit zentralen Luft Wärmepumpen ist denkbar. Letzteres kann auch eine Option für Mikronetze darstellen.

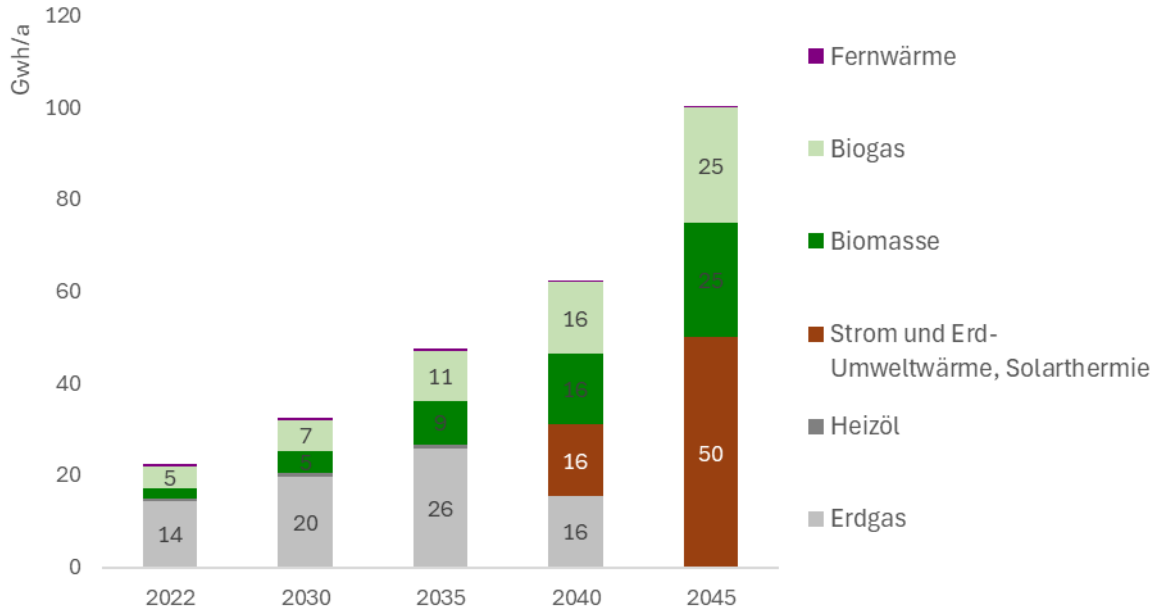
Abbildung 67: Fokusgebiete und weitere Wärmenetze Potenzialgebiete



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025

Abbildung 68 zeigt die im Zielszenario angenommene Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Nahwärmenetze nach Energieträgern. Der Erdgasbedarf steigt dabei zunächst, da zum einen davon ausgegangen wird, dass auch vorhandene Nahwärmenetze noch ausgebaut werden, zum anderen auch Erdgas, zumindest als Spitzenlast, noch in neuen Netzen eingesetzt wird. Innovative Wärmeversorgung mit Wärmepumpen leisten in dem Szenario erst nach 2035 einen signifikanten Beitrag. Zu betonen ist, dass es sich hier um die Annahmen für ein übergeordnetes Zielszenario handelt. Die Entwicklung der Nahwärmenetze ist dabei umso mehr von der Entwicklung einzelner Projekte abhängig, die maßgeblich von den Akteuren vor Ort und der Entwicklung des Rechts- und Förderrahmens abhängen.

Abbildung 68: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der Nahwärme im Zielszenario



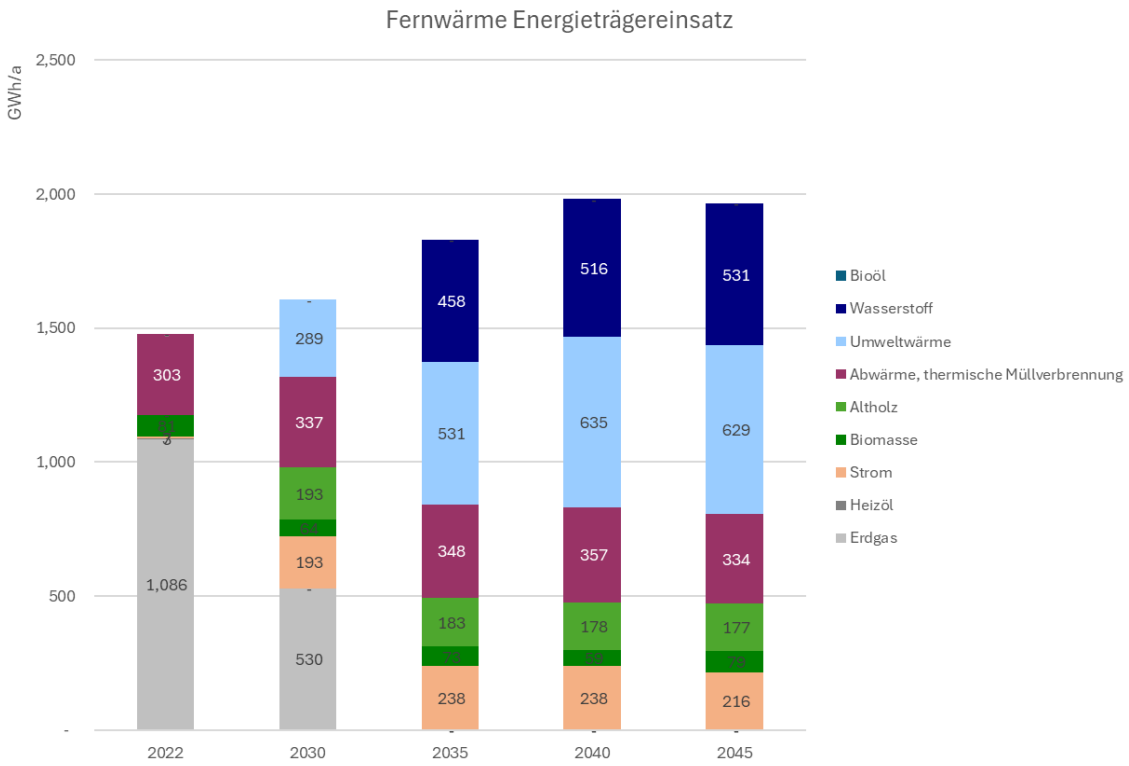
Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025

5.2.3 Entwicklung der Wärmeerzeugung in der Fernwärme

Abbildung 69 zeigt die Entwicklung des Erzeugungsmixes in der Fernwärme im Zielszenario, die im Rahmen des Transformationsplans Fernwärme der N-ERGIE erarbeitet wurde. Dargestellt ist der Energieträgereinsatz, so dass die Wärmeverluste im Netz und die Erzeugungsverluste berücksichtig sind.

Im Szenario wird Heizöl bereits bis 2030 vollständig ersetzt und Erdgas bis 2035. Das von der N-ERGIE selbst gesetzte Ziel, bereits bis 2035 mit der Fernwärmeerzeugung am Standort Sandreuth klimaneutral zu werden, wird erreicht, sofern die Emissionen aus der Müllverbrennung nicht eingerechnet werden. Da Müll als Energieträger in der thermischen Abfallbehandlung nur zu 50 % als erneuerbare Energie angerechnet wird, sind langfristig weitere Maßnahmen, wie CCS/CCU-Konzepte erforderlich (vgl. Kapitel 4.2.9).

Abbildung 69: Entwicklung des Energieträgereinsatzes der Fernwärmeerzeugung im Zielszenario



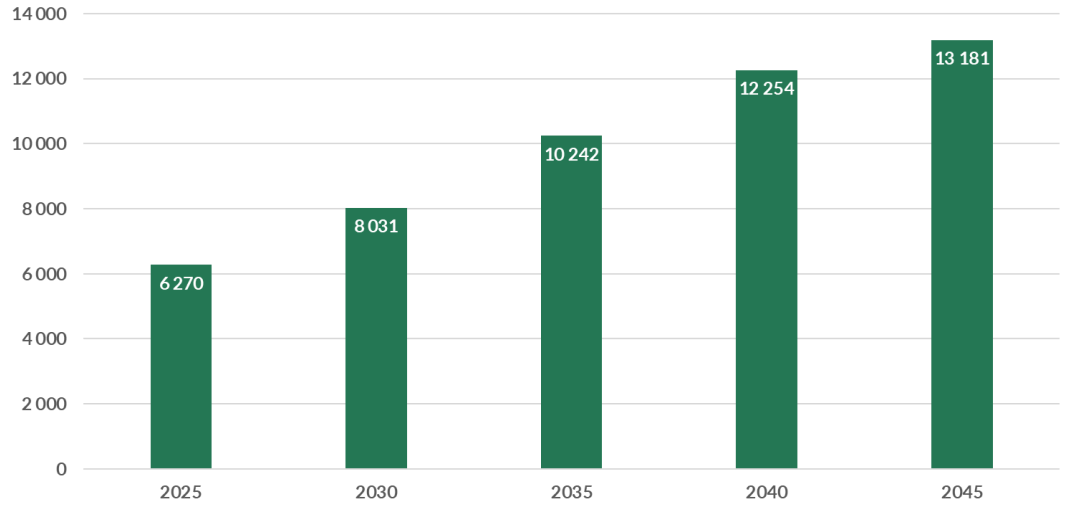
Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025: Primärdaten: Ergebnisse Transformationsplan Fernwärme N-ERGIE Stand Januar 2025;

Als erste erzeugungsseitige Maßnahmen sind die Errichtung und der Betrieb einer Anlage zur Verbrennung von Altholz sowie die Erschließung von Abwasserpotenzialen aus der Kläranlage über eine Großwärmepumpe berücksichtigt. Im Zeitraum nach 2030 sieht das Szenario als zentrale Maßnahmen den Energieträgerwechsel von Erdgas auf Wasserstoff vor sowie die Erschließung von Tiefengeothermie.

Wie das gesamte Zielszenario stellt auch die hier dargestellte Entwicklung der Fernwärmebereitstellung nur einen möglichen Dekarbonisierungspfad dar auf Grundlage der identifizierten Potenziale und daraus abgeleiteten technischen Maßnahmen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die definierten Maßnahmen im Sinne einer weiteren Prüfung bzw. detaillierteren Konzeptionierung einzuordnen sind. Insbesondere Maßnahmen und die damit verbundene Entwicklung im Zielszenario, die weiter in der Zukunft liegen, sind mit hohen Unsicherheiten verbunden.

Neben der vollständigen Umstellung der Fernwärmeversorgung auf erneuerbare Energien und Abwärme ist im Szenario ein ambitionierter Ausbau des Wärmenetzes unterstellt, mit dem wie oben bereits ausgeführt der Anteil der Fernwärme am Wärmeendenergieverbrauch auf 49 % steigt. Abbildung 70 zeigt die im Szenario resultierende Entwicklung der Fernwärmeanschlüsse, die sich im Zeitraum von 20 Jahren mehr als verdoppeln. Wie oben bereits erwähnt stellt das Szenario nicht den letzten Planungsstand des Transformationsplans dar, so dass aus heutiger Sicht die dargestellte Ausbaudynamik nach hinten verschoben wird.

Abbildung 70: Entwicklung der Gebäudeanzahl mit Fernwärmeanschluss im Zielszenario



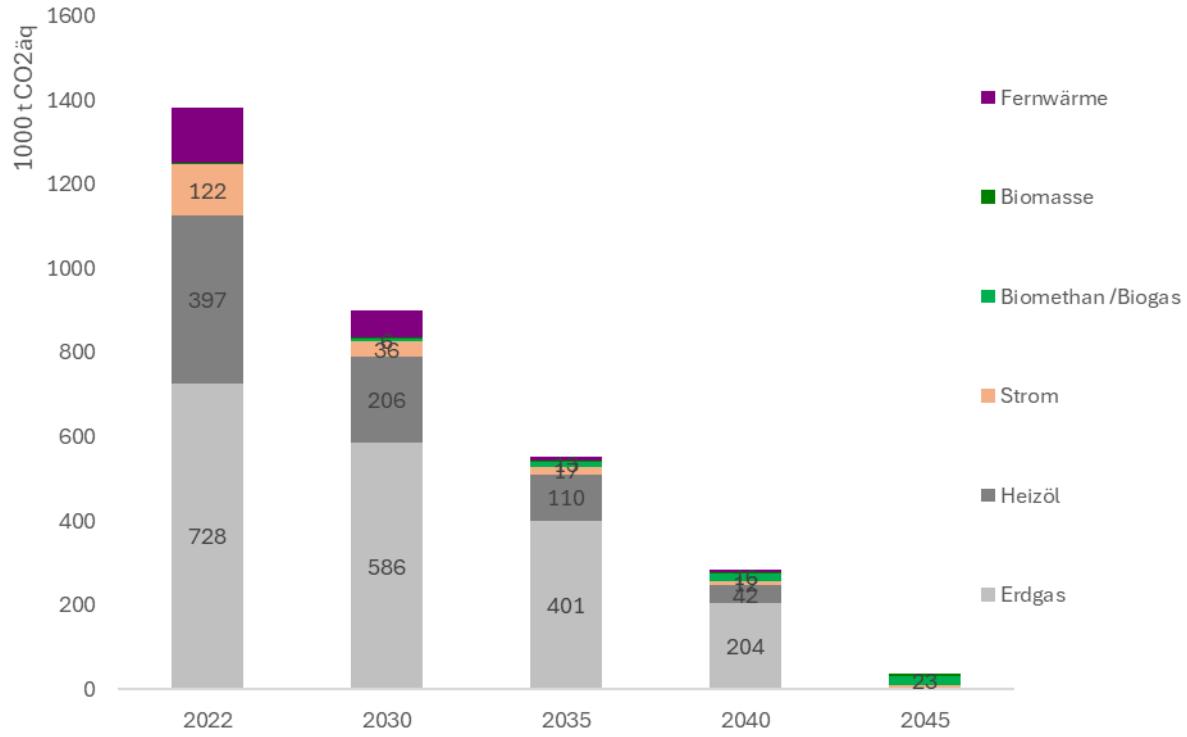
Quelle: (N-ERGIE, 2024c)

5.3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Zielszenario

Basierend auf der im vorhergehenden Kapitel dargestellten Entwicklung des Energieträgermixes, analysiert Abbildung 71 die Entwicklung der THG-Emissionen inklusive Vorketten.

Die Emissionsfaktoren werden entsprechend Technikkatalog Wärmeplanung angesetzt (vgl. Kapitel 2.5). Die THG-Emissionen inklusive Vorketten sinken bis 2045 um 97 %. Die Restemissionen im Jahr 2045 sind überwiegend den Emissionen der Biogasnutzung und deren Vorketten zuzuschreiben sowie zu geringen Teilen den Vorketten des Strombezugs. Bis 2045 wird dabei eine vollständige Umstellung des Stromsystems auf erneuerbare Energien unterstellt.

Abbildung 71: Entwicklung der THG-Emissionen inklusive Vorketten im Zielszenario



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025

5.4 Einteilung in voraussichtliche Wärmversorgungsgebiete

Auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse und den detaillierten Analysen des N-ERGIE Transformationsplans zur Entwicklung der Fernwärme werden folgende Versorgungsgebiete für die Wärmeversorgung definiert:

Prüfgebiet Fernwärmeausbau Priorität I

- Das Prüfgebiet umfasst jene Straßenzüge und Quartiere, in denen ein Fernwärmeausbau aufgrund der hohen Bebauungsdichte, des hohen Wärmebedarfs und der Nähe zur bereits vorhandenen Wärmenetzinfrastruktur beabsichtigt wird. Die Umsetzung des Fernwärmeausbaus wird in diesem Gebiet durch die N-ERGIE priorisiert und entsprechend der Priorisierung ab 2025 angestrebt. Eine hohe Anschlussquote wird in diesem Gebiet erwartet, allerdings muss die Anschlussmöglichkeit der einzelnen Gebäude individuell geprüft werden und nicht jedes Gebäude kann angeschlossen werden. In diesem Gebiet befinden sich Neubauquartiere sowie Ausbaugebiete im Gebäudebestand, deren Fernwärmeerschließung bereits beschlossen und von der N-ERGIE veröffentlicht wurde. Weitere Ausbaugebiete werden sukzessive ermittelt und ebenfalls veröffentlicht.

Prüfgebiet Fernwärmeausbau Priorität II

- Auch dieses Gebiet eignet sich aufgrund der hohen Bebauungsdichte, des hohen Wärmebedarfs und der Nähe zur bereits vorhanden Wärmenetzinfrastruktur für einen Fernwärmeausbau. In diesem Gebiet wird der sukzessive Ausbau des Fernwärmnetzes durch N-ERGIE ebenfalls geprüft sowie priorisiert und ist aus

heutiger Sicht für den Zeitraum nach 2030 vorstellbar. Die Anschlussmöglichkeit der einzelnen Gebäude muss ebenfalls individuell geprüft werden und nicht jedes Gebäude kann angeschlossen werden.

Prüfgebiet Fernwärmeausbau Priorität III

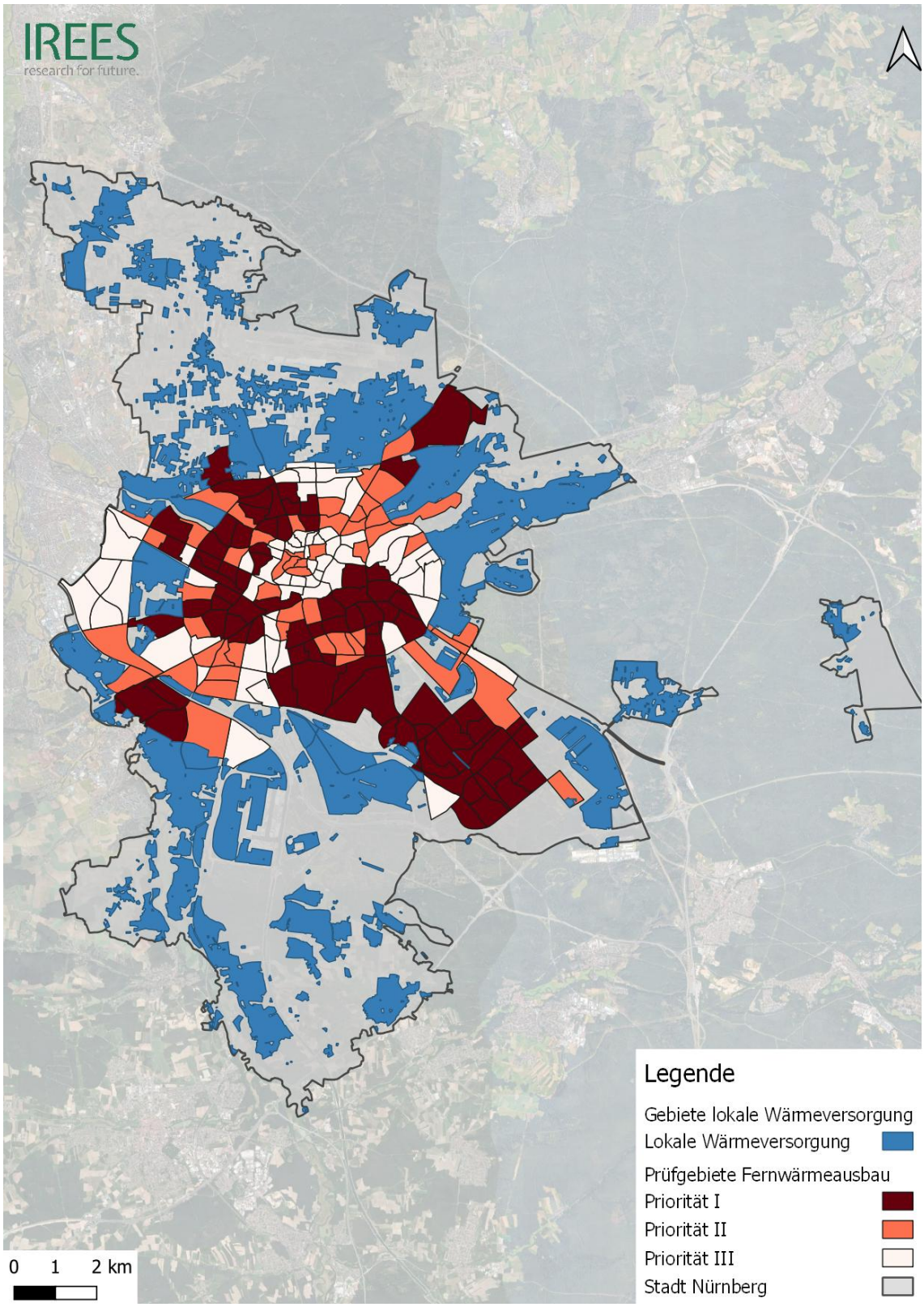
- Für die Straßenzüge und Quartiere in diesem Prüfgebiet wird ein Fernwärmeausbau empfohlen. Allerdings ist dieser in der zeitlichen Priorisierung nach den anderen Prüfgebieten vorgesehen. Die Prüfung für einen sukzessiven Ausbau des Fernwärmnetzes ist in diesem Gebiet aus heutiger Sicht für den Zeitraum frühestens ab 2035 wahrscheinlich. Auch hier ist die Anschlussmöglichkeit der einzelnen Gebäude individuell zu prüfen und nicht jedes Gebäude kann angeschlossen werden.

Gebiete für lokale Wärmeversorgung

- Das Gebiet umfasst jene Straßenzüge und Gebiete, in denen großflächige Fernwärmelösungen aus heutiger Sicht mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht realisiert werden und daher ausgeschlossen werden können. Ziel ist es hier, die Gebäude durch gebäudeindividuelle dezentrale Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien zu versorgen - insbesondere über Wärmepumpen. Darüber hinaus bestehen auch Potenziale für eine gemeinschaftliche Wärmeversorgung mit lokalen Nahwärmenetzen oder Mikronetzen (vgl. Kapitel 5.2.2).

Abbildung 72 zeigt die räumliche Darstellung der definierten Wärmeversorgungsgebiete.

Abbildung 72: Definierte Eignungsgebiete für Wärmeversorgungsoptionen



Quelle: Eigene Abbildung IREES / e-think 2025

6 Kommunale Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog

Basierend auf dem Konzept wird ein konkreter Umsetzungs- und Maßnahmenplan entwickelt. Die einzelnen Maßnahmen bauen aufeinander auf, sind aber auch teilweise unabhängig voneinander. Mit dem Umsetzungsplan wird eine zeitliche Priorisierung vorgeschlagen, wobei eine detaillierte Prüfung für alle Maßnahmen erforderlich ist.

Der Umsetzungsplan besteht aus Maßnahmen, die im Detail jeweils in Form von Maßnahmenblättern beschrieben sind. Der Umsetzungsplan ist für einen Zeitraum von 2025 bis 2045 ausgelegt. Eine genaue Festlegung, wann einzelne Maßnahmen beginnen und enden, ist in diesem Planungsstadium nicht möglich.

Die empfohlene **Priorisierung der Maßnahmen** soll dabei als Orientierung dienen, um zeitnah in eine gemeinsame Umsetzung des Wärmeplans zu kommen. Das bedeutet nicht, dass die Planung für Maßnahmen mit niedrigerer Priorität nicht auch bereits früher durch die einzelnen Akteure vorangebracht werden können. Folgende Kategorien zur Priorisierung werden angewendet:

- **Hohe Priorität** bedeutet,
  - (1) dass für die Maßnahme eine Detailplanung bzw. konkrete Umsetzungsstrategie unmittelbar entwickelt werden sollte aufgrund der Relevanz für andere Maßnahmen bzw. für den Wärmeversorgungsplan.
  - (2) und/oder die Planung der Maßnahmen bereits angefangen bzw. weit fortgeschritten ist und eine Umsetzung bzw. Machbarkeit bereits als wahrscheinlich anzusehen ist.
- **Mittlere Priorität** bedeutet,
  - (1) dass die Maßnahme in der zeitlichen Priorisierung und der Relevanz für andere Maßnahmen derzeit nicht kritisch ist.
  - (2) und/ oder dass für die Umsetzung der Maßnahme weitere Abstimmungen und Prüfung erforderlich sind.
- **Niedrige Priorität** bedeutet,
  - (1) dass die Maßnahme aus heutiger Sicht für die Umsetzung des Wärmeplans nicht unbedingt erforderlich ist.
  - (2) und/oder eine weitere Prüfung für die Maßnahme als alternative oder ergänzende Lösung unter möglicherweise geänderten Rahmenbedingungen in Zukunft erfolgen sollte.

Mit Bezug auf die Art der entwickelten Maßnahmen wird unterschieden zwischen:

- Organisatorische und informatorische Maßnahmen
- Fokusgebiete zum beschleunigten Fernwärmeausbau
- Fokusgebiete und gebietsbezogene Maßnahmen außerhalb des Prüfgebietes Fernwärme
- Maßnahmen in der Fernwärmeerzeugung
- Maßnahmen zur Beschleunigung von Effizienzmaßnahmen und erneuerbaren Energien in der dezentralen Wärmeversorgung

6.1 Organisatorische und informatorische Maßnahmen

6.1.1 Task Force Wärme

Maßnahme

Task Force Wärme

Kategorie	**Abhängigkeit / Bezug zu anderen Maßnahmen**
Informatorische und organisatorische Maßnahmen	▪ Bezug zu Klimaschutzkonzept: Teil der Maßnahme Aufbau Governance-Strukturen Klimaschutz & Wärmewende
Umsetzung /Priorität	**Umsetzungszeitraum**
Kurzfristig / hohe Priorität	▪ 2025 – 2030:

Eigenschaften

- Task Force Wärme für Begleitung, Monitoring und Umsetzung des Wärmeplans
- Vorbereitung strategische und politische Entscheidungen zum Wärmeplan und eine Struktur, um Einzelinteressen auszugleichen und Entscheidungen schneller zu ermöglichen.
- Regelmäßige Jour-Fixe Termine fördern strategische Entscheidungen und beschleunigen die operative Umsetzung durch Transparenz
- Vorausschauende Planung in der Steuerungsgruppe beschleunigt die Umsetzung und erhöht die Akzeptanz bei Bürgerinnen und Bürgern



Bildquelle: IREES

Ziel und Strategie

Im Klimaschutzkonzept der Stadt Nürnberg ist vorgesehen, dass zur erfolgreichen Umsetzung der Ziele des Klimaschutzkonzepts und der kommunalen Wärmeplanung geeignete Governance-Strukturen innerhalb der Stadtverwaltung aufgebaut werden. Hierbei müssen auch die städtischen Beteiligungen berücksichtigt werden. Dazu soll eine Steuerungsgruppe Klimaschutz und Wärmewende gegründet werden, welche die Maßnahmenumsetzung kontrolliert, ggf. nachsteuert und Prioritäten setzt. Als Teil dieser Struktur wird für die Umsetzung des Wärmeplans die Gründung einer Task Force Wärme vorgeschlagen.

Maßnahmenbeschreibung

Um den Mehrwert des kommunalen Wärmeplans als strategisches Instrument optimal zu nutzen, wird vorgeschlagen eine Task Force Wärme mit relevanten Akteuren aufzusetzen, die verschiedene Organisationsstrukturen zusammenbringt.

Die Steuerungsgruppe oder Task Force Wärme hat zum Ziel strategische und politische Entscheidungen basierend auf den Ergebnissen des kommunalen Wärmeversorgungsplans vorzubereiten und eine passende Struktur für die Steuerung der Umsetzung aufzusetzen. Dadurch sollen Einzelinteressen frühzeitig erkannt und ausgeglichen und Entscheidungen insbesondere im Bereich der Wärmeinfrastrukturplanung schneller ermöglicht werden.

Durch regelmäßige Jour-Fixe Termine können nicht nur strategische Entscheidung auf politischer und unternehmerischer Ebene vorbereitet werden, sondern insbesondere auch die operative Umsetzung durch Transparenz über bestehende Hemmnisse und mögliche Synergien beschleunigt werden. Mit vorausschauender Planung innerhalb der Steuerungsgruppe kann die Umsetzung in einzelnen Quartieren schneller vorangebracht werden und die Akzeptanz bei den Bürgerinnen und Bürgern erhöht werden.

Insbesondere durch integrierte Infrastrukturplanung, so dass Straßenzüge nur einmal aufgerissen werden und Baumaßnahmen koordiniert erfolgen.

Stand der Maßnahme

Die Maßnahme ist noch nicht gestartet.

Beteiligte Akteure/ Abstimmungsbedarf	**Kosten / Investitionen (geschätzt)**
▪ Stadt Nürnberg (verschiedene Ämter) ▪ N-ERGIE ▪ Weitere Akteure je nach Projekt	▪ Personalaufwand bei der Stadt und N-ERGIE

6.1.2 Interimslösung Wärmenetze

Maßnahme

Interimslösung Wärmenetze

Kategorie	**Abhängigkeit / Bezug zu anderen Maßnahmen**
Organisatorische Maßnahmen	▪ Maßnahme aus Klimaschutzkonzept
Umsetzung /Priorität	**Umsetzungszeitraum**
Kurzfristig / mittlere Priorität	▪ 2025 – 2026: Entwicklung der Interimslösung als Angebot

Eigenschaften

- Contracting / Mietangebot für Übergangslösungen
- Übergangsweiser Einbau einer neuen Heizung, wenn Wärmenetz geplant, aber noch nicht verfügbar ist zum Zeitpunkt eines Heizungsedefektes
- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit für Wärmenetze und der Umsetzungswahrscheinlichkeit

Ziel und Strategie

Ziel ist es, ein Angebot für den Übergang von den alten bzw. defekten Erzeugern bis zum Wärmenetzanschluss zu schaffen.

Maßnahmenbeschreibung

In Bereichen, in denen ein Wärmenetz installiert werden soll, sollten Energiedienstleister bis zur Fertigstellung, also während der Planungs- und Ausführungsphase eine Vermietung von Heizanlagen oder einen entsprechenden Service über Dritte anbieten, falls alte Heizanlagen im Planbereich kaputtgehen, der Anschluss an ein geplantes Wärmenetz aber noch nicht möglich, jedoch absehbar ist. Alternativ zu flächendeckenden Angeboten durch Energiedienstleister, kann die Schaffung solcher Interimslösungen Teil der Netzplanung bzw. -ausschreibung sein.

Stand der Maßnahme

Die Maßnahme ist noch nicht gestartet.

Beteiligte Akteure/ Abstimmungsbedarf	**Kosten / Investitionen (geschätzt)**
▪ N-ERGIE ▪ Unternehmen	▪ -

6.1.3 Weitere relevante Maßnahmen aus dem Integrierten Klimaschutzkonzept

Weitere wichtige Maßnahmen für die Umsetzung des Wärmeplans sind im Integrierten Klimaschutzkonzept der Stadt Nürnberg genannt, das ebenfalls im Jahr 2025 erarbeitet wurde (Kapfer et al., 2025):

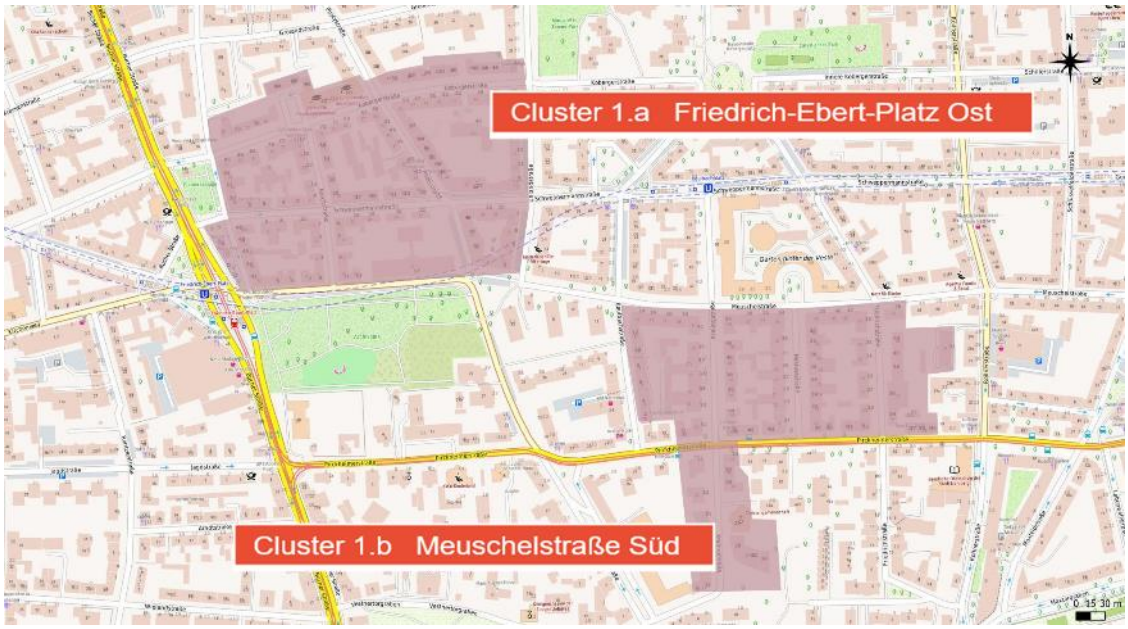
- Bürgerenergieprojekte unterstützen
- Qualifizierungsprogramm PV, Wärmepumpen sowie minimal-investive Maßnahmen
- Intensivierung der städtischen Energie-Beratungsangebote
- Einrichtung eines Klima- und Energieberatungszentrums in der Altstadt
- Ausbau der Energieeffizienzberatungskapazitäten

6.2 Fokusgebiete zum beschleunigten Fernwärmeausbau

Von der N-ERGIE Aktiengesellschaft wurden zur Priorisierung des Fernwärmeausbaus Cluster im Stadtgebiet Nürnberg als Fernwärmeausbaugebiete definiert. Diese Ausbaugebiete wurden im Zuge eines Pressetermins der Öffentlichkeit vorgestellt und auf der N-ERGIE Homepage (https://fernwaerme.n-ergie.de/) kommuniziert. Ziel ist es, in diesen Gebieten hohe Anschlussquoten zu erreichen. In diesen Gebieten werden die Kunden vor den definierten Umsetzungszeiträumen separat akquiriert. Im

weiteren Verlauf der Ausbaustrategie der N-ERGIE werden sukzessive weitere Cluster[46] definiert werden.

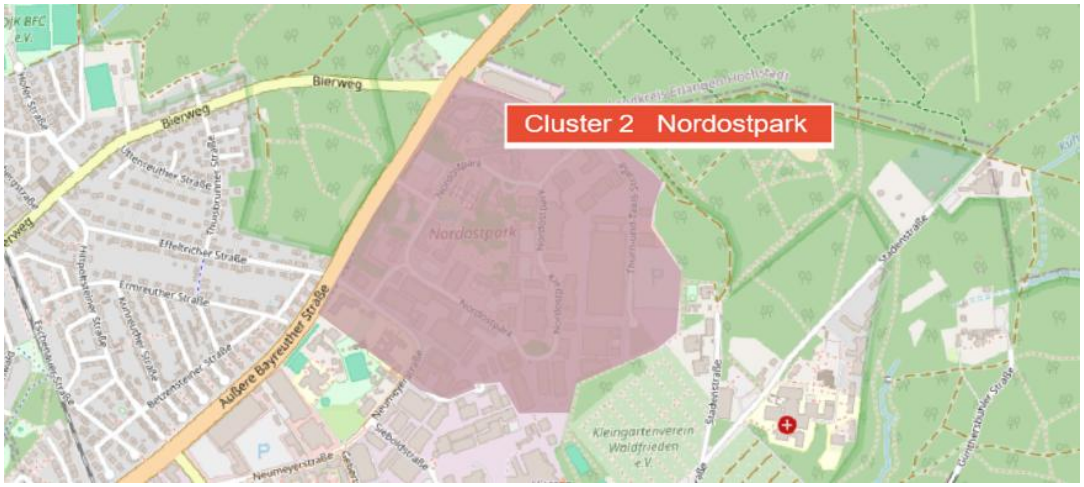
6.2.1 Fokusgebiet Fernwärme 1 - Cluster 1a/1b



Quelle: N-ERGIE

Im Cluster 1a (Friedrich-Ebert-Platz Ost) und 1b Meuschelstraße Süd befinden sich ca. 180 Wohngebäude mit ca. 1.400 Wohneinheiten. Die Erschließung des Ausbaugebietes erfolgt ab Herbst 2025 mit Cluster 1a und ab 2026 mit Cluster 1b.

6.2.2 Fokusgebiet Fernwärme 2 - Cluster 2



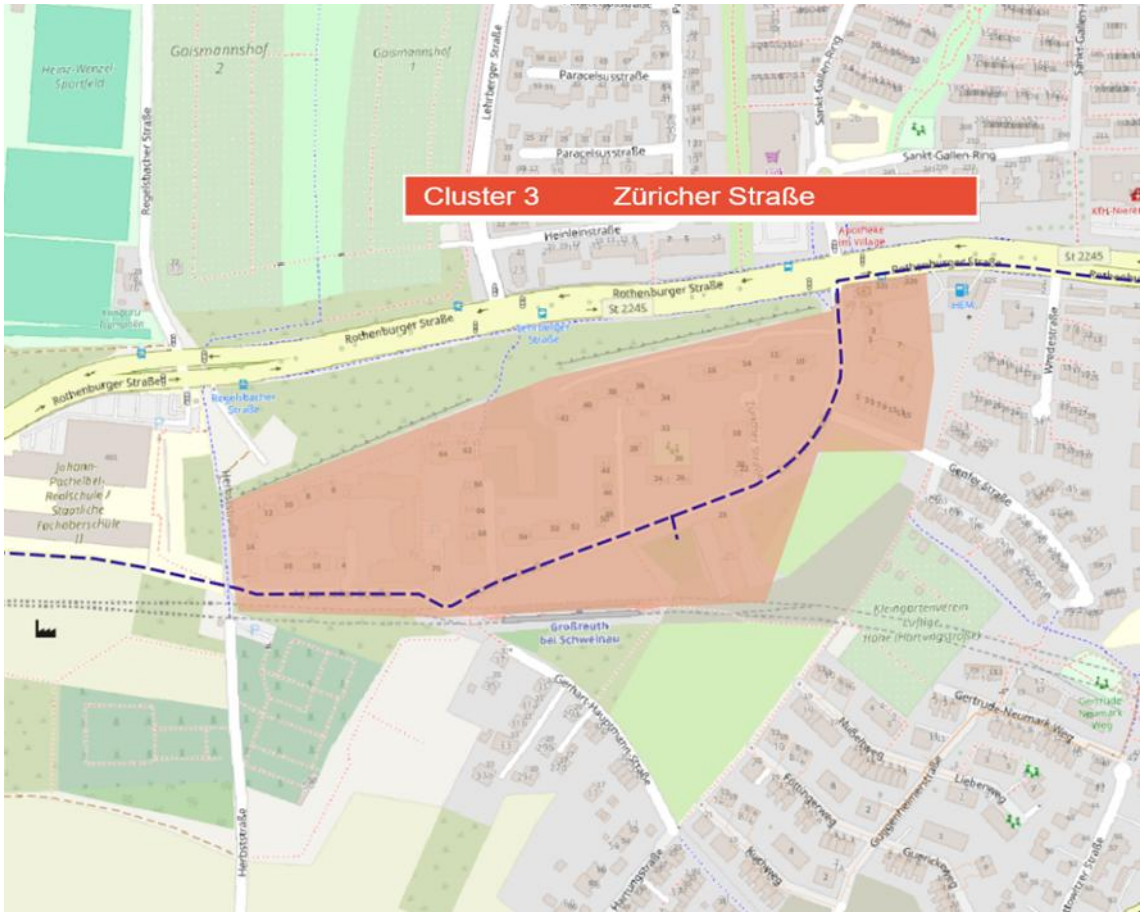
Quelle: N-ERGIE

[46] Die Bezeichnung / Nummerierung der Cluster entspricht der internen Bezeichnung bei der N-ERGIE

Das Cluster 2 (Nordostpark) ist ein Gewerbegebiet mit knapp 70 Objekten und dem östlich gelegenen Martha-Maria-Krankenhaus.

Das Gebiet wird voraussichtlich ab 2027 an die Fernwärmeversorgung angeschlossen.

6.2.3 Fokusgebiet Fernwärme 3 - Cluster 3

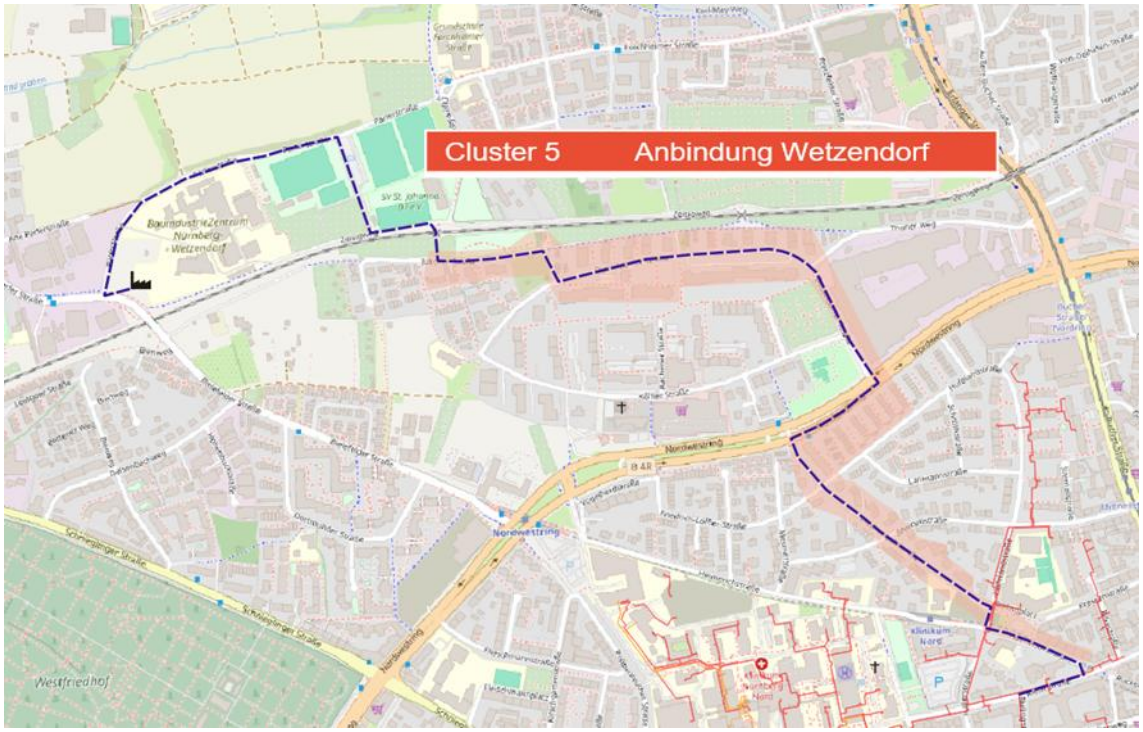


Quelle: N-ERGIE

Das Cluster 3 (Züricher Str.) ist ein Teilstück der Fernwärmezuleitung zur Erschließung des Tiefen Feld. Im Ausbaugebiet befinden sich ca. 60 Wohngebäude mit ca. 450 Wohneinheiten sowie ein Neubau.

Die Umsetzung der Maßnahme erfolgt ab 2025.

6.2.4 Fokusgebiet Fernwärme 4 - Cluster 5 (Anbindung Wetzendorf)



Quelle: N-ERGIE

Das Cluster 5 (Anbindung Wetzendorf) ist die Zuleitung zur Erschließung des Neubaugebietes in Wetzendorf. Entlang der Fernwärmetrasse befinden sich ca. 140 Gebäude mit 400 Wohneinheiten.

Die Erschließung erfolgt in mehreren Bauabschnitten. Baubeginn ist ab 2025.

6.3 Fokusgebiete und gebietsbezogene Maßnahmen außerhalb des Prüfgebietes Fernwärme

6.3.1 Fokusgebiet Süd Altenfurt

Fokusgebiet

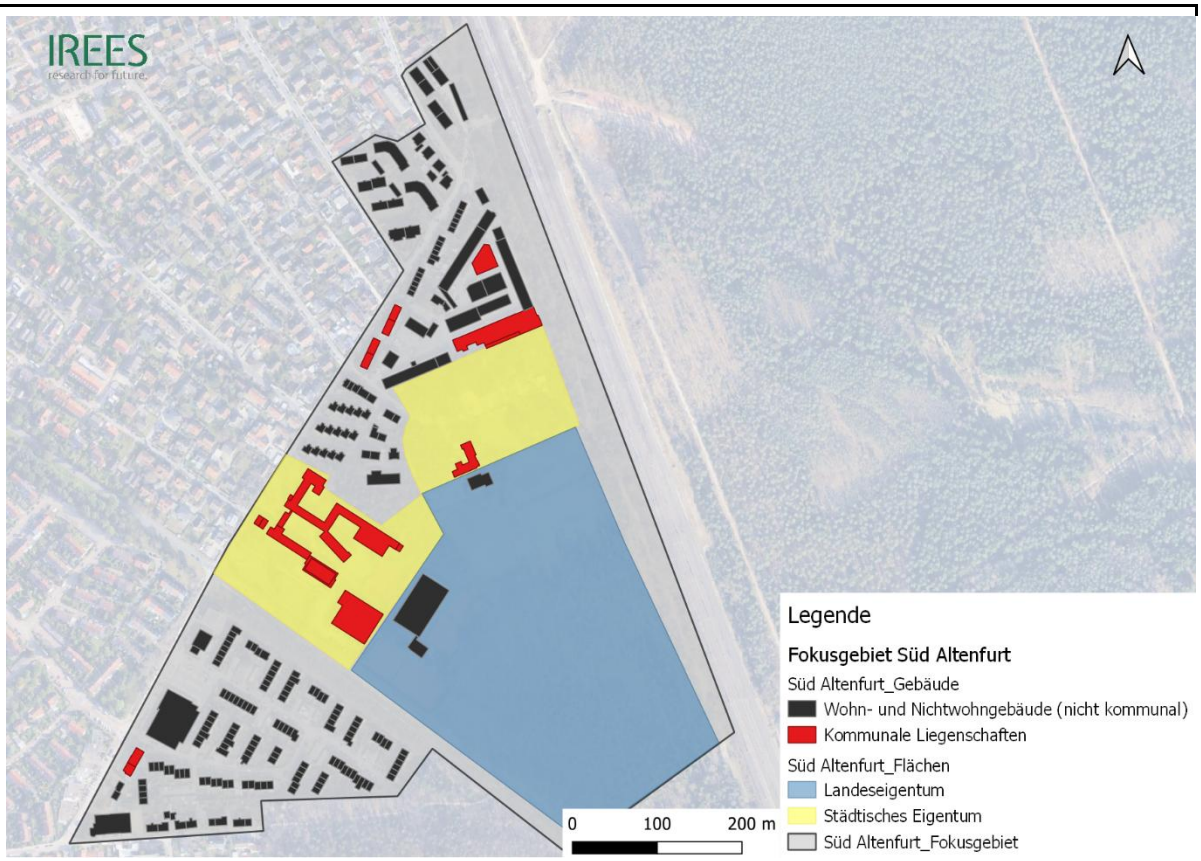
Machbarkeitsstudie Wärmenetz Süd Altenfurt

Kategorie	**Abhängigkeit von anderen Maßnahmen**
Fokusgebiet außerhalb Fernwärmeprüfgebiet	▪ Keine ▪ Bezug zu Klimaschutzkonzept: Relevanz für übergeordnete Maßnahmen Nr. 21 – Quartiersbezogene Sanierung- und Energiekonzepte

Umsetzung / Priorität	Umsetzungszeitraum
Kurzfristig/ Hohe Priorität	▪ 2025 – 2026: Durchführung Machbarkeitsstudie ▪ 2026 – 2029: Schrittweise Umsetzung Wärmenetz und Erzeugung

Eigenschaften und Gebietsbezug

- Anzahl Gebäude: 125 bis 250
- Wärmeliniendichte > 1,7 MWh/Meter
- Wärmebedarf Status-Quo im Gebiet: 6 960 MWh/a
- Derzeitige Beheizungsstruktur: überwiegend Erdgas
- Ankerkunden: Kommunale Gebäude- städtische Schulen und Turnhallen, Jugendfreizeitheim, Feuerwehr, städtischer Geschosswohnungsbau
- Bruttogeschossfläche Gebäude Ankerkunden: 26 112 m²
- Ankerkunden Wärmebedarf: 1 340 MWh/a



Quelle: IREES / e-think 2025

Ziel und Strategie

Die Maßnahme zielt darauf ab, die gemeinschaftliche Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz mit erneuerbaren Energien im Fokusgebiet Süd Altenfurt zu prüfen und vorzubereiten. Das Projekt soll als Vorbild für andere dezentrale Wärmenetze in identifizierten Nahwärmepotenzialgebieten dienen.

Maßnahmenbeschreibung

Der dargestellte Gebietsumriss soll keine endgültige Festlegung für die Wärmenetzversorgung darstellen, sondern als Rahmen für weitergehende Analysen dienen. Es wird empfohlen, für die Machbarkeitsstudie keine Vorfestlegung hinsichtlich der Wärmeversorgungsart zu treffen, abgesehen vom Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Die hier beschriebenen Ansätze sollen als Orientierungshilfe dienen. Darüber hinaus sollen, basierend auf bereits vorliegenden Untersuchungen im Gebiet, zunächst die Sanierungszustände der Gebäude und die Effizienzpotenziale erfasst werden.

Beschreibung Fokusgebiet

Das Gebiet befindet sich im Süden von Altenfurt an der Stadtgrenze und außerhalb des Prüfgebietes für den Ausbau des Fernwärmenetzes

- Das Gebiet hat sowohl im aktuellen Zustand als auch im Zielzustand eine ausreichend hohe Wärmedichte, um den wirtschaftlichen Betrieb eines Nahwärmenetzes zu überprüfen. Zudem besteht auf den städtischen Flächen durch eine wahrscheinlich zukünftige Umnutzung des Bauhofs weiteres Verdichtungspotenzial mit dem die Wärmedichte noch erhöht werden würde.
- Kommunale Gebäude sind als Ankerkunden vorhanden. Dies macht auch eine Projektentwicklung für Dritte attraktiv aufgrund der Verlässlichkeit für Anschlüsse und den Wärmebedarf.
- Weitere Ankerkunden vorhanden: Tennisverein und Gewerbekunde
- In dem Gebiet sind Flächen für Energieerzeugungsanalgen und möglicher Wärmequellenerschließung im städtischen und Landeseigentum vorhanden. Eine Nutzung muss jedoch geprüft werden.
    - Flächen zur Aufstellung von Erzeugungsanlagen auf städtischen Grundstücken
    - Flächenpotenziale für geothermischen Nutzung unter den Sportfeldern

Potenziale für eine klimaneutrale Wärmeversorgung

- Geothermische Nutzung durch Erdwärmesonden mit zentraler Wärmepumpe oder kalter Nahwärme mit dezentralen Wärmepumpen
- Möglichkeit zur Regeneration des Erdwärmesondenfeldes durch Gebäudekühlung und Solarthermie/PVT-Modulen auf Dächern
- Spitzenlast: Biomasseheizwerke / zentrale Luft/Wärmepumpe/Elektrodenheizkessel

Relevante Unterlagen / Daten

- Gebietsauszug GIS-Daten aus KWP Nürnberg (Gebäudedatenbank KWP Nürnberg IREES / e-think 2025)
- Energetische Daten zu den kommunalen Gebäuden und installierten Wärmeerzeugern (Hochbauamt Nürnberg)
- Energetisches Sanierungskonzept Gebäude: Hermann-Kolb-Str. 37-43 (Hochbauamt Nürnberg)

Beteiligte Akteure/ Abstimmungsbedarf	**Kosten / Investitionen (geschätzt)**
▪ Stadt Nürnberg (Initiator, Ankerkunde), ▪ Gebäudebesitzer, ▪ Land Bayern (Flächenprüfung) ▪ Projektentwickler	▪ Machbarkeitsstudie: 20 – 50 T EURO ▪ Investitionen Netz und Wärmeerzeugung:

6.3.2 Fokusgebiet Schniegling

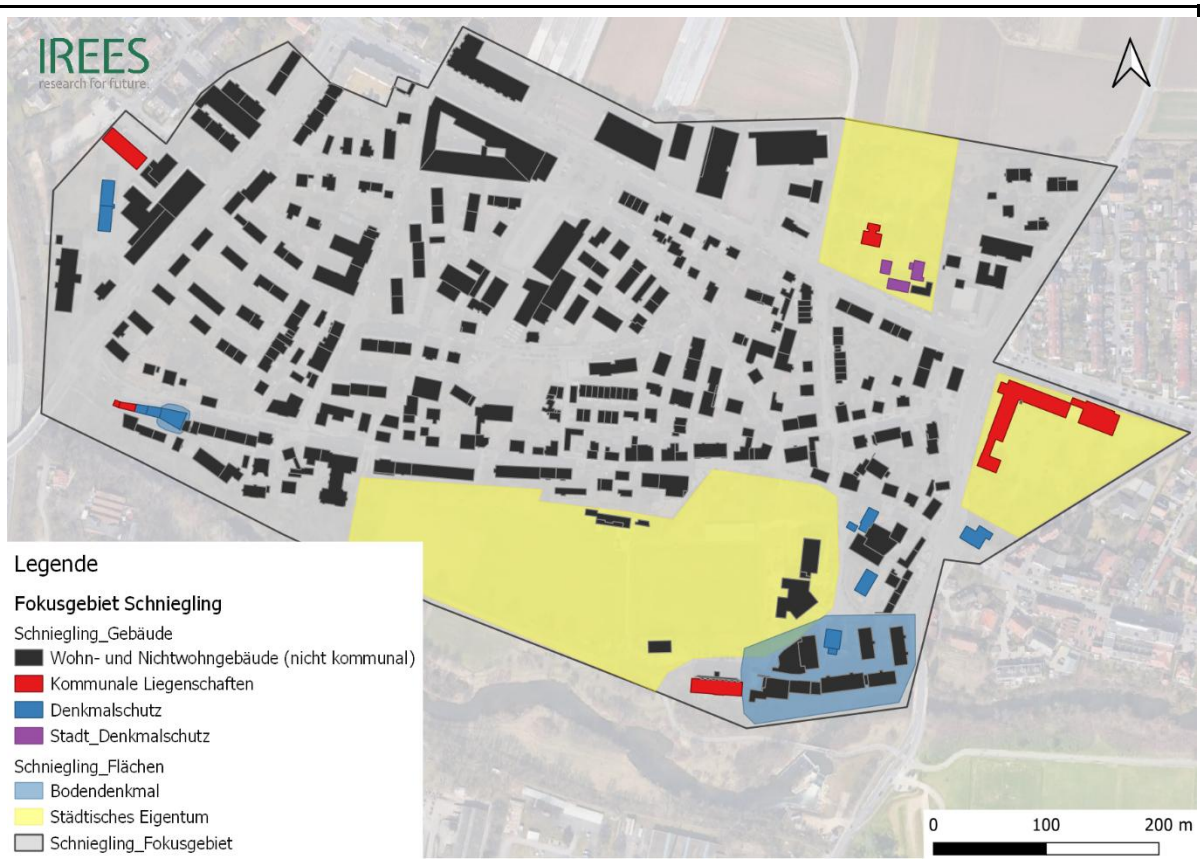
Fokusgebiet

Machbarkeitsstudie Wärmenetz Schniegling

Kategorie	**Abhängigkeit von anderen Maßnahmen**
Fokusgebiet außerhalb Fernwärmeprüfgebiet	▪ Keine ▪ Bezug zu Klimaschutzkonzept: Relevanz für übergeordnete Maßnahmen Nr. 21 – Quartiersbezogene Sanierung- und Energiekonzepte
Umsetzung / Priorität	**Umsetzungszeitraum**
Kurzfristig / Hohe Priorität	▪ 2025 – 2026: Durchführung Machbarkeitsstudie ▪ 2026 – 2029: Schrittweise Umsetzung Wärmenetz und Erzeugung

- Eigenschaften und Gebietsbezug
- Anzahl Gebäude: 300 bis 400
- Wärmeliniendichte: 1,5 bis 2,4
- Wärmebedarf Status-Quo im Gebiet: 21 430 MWh/a
- Derzeitige Beheizungsstruktur: überwiegend Erdgas

- Ankerkunden: Kommunale Gebäude- Städtische Schulen und Turnhallen, Jugendfreizeitheim, Feuerwehr, städtischer Geschosswohnungsbau
- Bruttogeschossfläche Gebäude Ankerkunden: 19 205 m²
- Ankerkunden Wärmebedarf: 2 235 MWh/a



Quelle: IREES / e-think 2025

Ziel und Strategie

Mit der Maßnahme soll gemeinschaftliche Wärmeversorgung über eine Wärmenetz mit erneuerbaren Energien im Fokusgebiet Schniegling mit einer Machbarkeitsstudie geprüft und die Umsetzung vorbereitet werden. Das Umsetzung des Projektes soll als Vorreiterkonzept für die Entwicklung anderer dezentraler Wärmenetze mit erneuerbaren Energien in den im Wärmeplan identifizierten Nahwärmepotenzialgebieten dienen.

Maßnahmenbeschreibung

Der dargestellte Gebietsumriss soll keine endgültige Festlegung für die Wärmenetzversorgung darstellen, sondern als Rahmen für weitergehende Analysen dienen. Es wird empfohlen, für die Machbarkeitsstudie keine Vorfestlegung hinsichtlich der Wärmeversorgungsart zu treffen, abgesehen vom Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Die hier beschriebenen Ansätze sollen als Orientierungshilfe dienen. Darüber hinaus sollen, basierend auf bereits vorliegenden Untersuchungen im Gebiet, zunächst die Sanierungszustände der Gebäude und die Effizienzpotenziale erfasst werden.

Beschreibung Fokusgebiet

Das Gebiet befindet sich im Stadtteil Schniegling an der Stadtgrenze und außerhalb des Prüfgebietes für den Ausbau des Fernwärmenetzes.

- Das Gebiet hat sowohl im aktuellen Zustand als auch im Zielzustand eine ausreichend hohe Wärmedichte, um den wirtschaftlichen Betrieb eines Nahwärmenetzes zu überprüfen.
- Die Siedlungsstruktur ist durch Mischbebauung mit Industrie-, Gewerbe- und Wohngebäuden geprägt.
- Kommunale Gebäude sind als Ankerkunden vorhanden. Dies macht auch eine Projektentwicklung für Dritte attraktiv aufgrund der Verlässlichkeit für Anschlüsse und dem Wärmebedarf.
- Denkmalgeschützte Gebäude vorhanden.
- Gewerbe- und Industriegebäude als weitere mögliche Ankerkunden vorhanden.
- Mögliche Flächenpotenziale für zur geothermischen Nutzung unter Sportfeldern und Ackerflächen.
- Gute Grundwasserwärmepotenziale vorhanden.

Potenziale für eine klimaneutrale Wärmeversorgung

- Kaltes Nahwärmenetz / Anergienetz mit Grundwasserbrunnen für Wärme- und Kältebereitstellung und dezentralen Wärmepumpen
- Nutzung von Oberflächengewässer (Pegnitz) als Wärmequelle mit zentraler Wärmepumpe - Zugang zu Pegnitz
- Erdwärmesonden mit zentraler Wärmepumpe
- Spitzenlast: Biomasseheizwerke / zentrale Luft/Wärmepumpe/ Elektrodenheizkessel

Relevante Unterlagen / Daten

- Gebietsauszug GIS-Daten aus KWP Nürnberg (Gebäudedatenbank KWP Nürnberg IREES / e-think 2025)
- Energetische Daten zu den kommunalen Gebäuden und installierten Wärmeerzeugern (Hochbauamt Nürnberg)

Beteiligte Akteure/ Abstimmungsbedarf	**Kosten / Investitionen (geschätzt)**
▪ Stadt Nürnberg (Initiator, Ankerkunde), ▪ Weitere Ankerkunden (Industrie- und Gewerbegebäude)	▪ Machbarkeitsstudie: 20 – 50 T EURO ▪ Investitionen Netz und Wärmeerzeugung:

6.3.3 Klimaneutrale Wärmeversorgung Gartenstadt

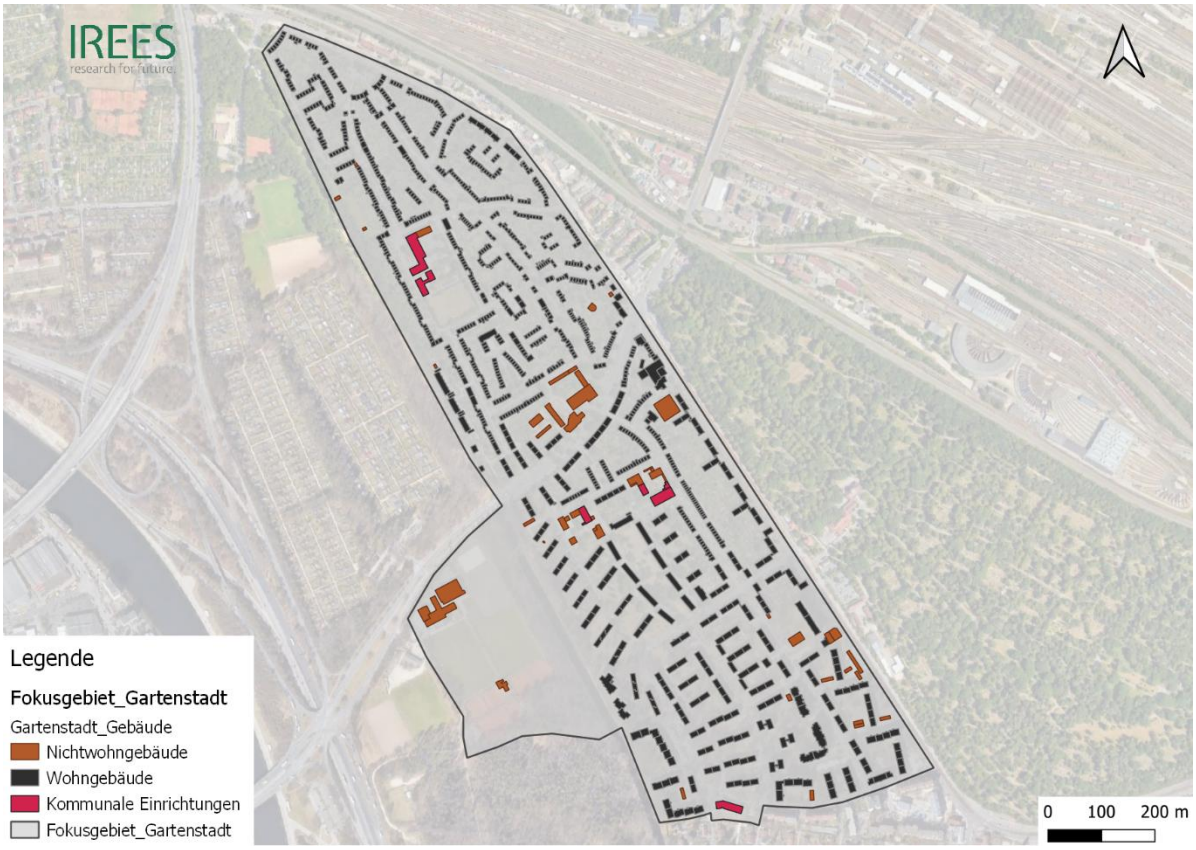
Maßnahme

Konzeption und Machbarkeitsstudie klimaneutrale Wärmeversorgung Gartenstadt

Kategorie	**Abhängigkeit von anderen Maßnahmen**
Gebietsbezogene Maßnahme	▪ Keine ▪ Bezug zu Klimaschutzkonzept: Relevanz für übergeordnete Maßnahmen Quartiersbezogene Sanierung- und Energiekonzepte
Umsetzung / Priorität	**Umsetzungszeitraum**
Kurzfristig / Hohe Priorität	▪ 2025 – 2026: Durchführung Machbarkeitsstudie ▪ 2026 – 2029: Schrittweise Umsetzung Wärmenetz und Erzeugung

Eigenschaften und Gebietsbezug

- Anzahl Gebäude: 1 100 bis 1 300
- Wärmeliniendichte: 1,5 bis 2,4 MWh/m*a
- Wärmebedarf Status-Quo im Gebiet: 29.804 MWh/a
- Derzeitige Beheizungsstruktur: überwiegend Erdgas
- Ankerkunden: Überwiegender Anteil der Gebäude im Besitz der Baugenossenschaft Gartenstadt



Quelle: IREES / e-think 2025

Ziel und Strategie

Ziel dieser Maßnahme ist es, eine klimaneutrale Wärmeversorgung für die Gartenstadt zu konzipieren und deren Realisierung vorzubereiten. Dies soll durch die Kombination von gemeinschaftlicher und gebäudeindividueller Wärmeversorgung erreicht werden. Die Umsetzung soll unabhängig von Wärmenetz oder gebäudeindividueller Wärmeversorgung zeitlich abgestimmt erfolgen, um Planungs- und Kostenvorteile zu nutzen. Das Projekt wird als Vorreiterkonzept für die Entwicklung weiterer quartiersbezogener Wärmeversorgungskonzepte und für die Maßnahmen „Energiewendeviertel“ dienen.

Maßnahmenbeschreibung

Die Gartenstadt ist ein Stadtteil im Süden von Nürnberg mit der Bezirksnummer 45. Der Gebietsumriss dient als Rahmen für die Analyse, ohne Vorfestlegung. Auch bei der Wärmeversorgung sollte keine Vorfestlegung erfolgen, außer dem Ziel einer klimaneutralen Versorgung. Diese Ansätze sind zur Orientierung gedacht. Zunächst sollen die Sanierungszustände der Gebäude und Effizienzpotenziale erfasst werden.

Beschreibung Fokusgebiet

Die Gartenstadt im Stadtteil Südliche Außenstadt, Bezirk Gibitzenhof, ist ein historischer Stadtteil, gegründet 1908 während der Gartenstadtbewegung. Die Wohnungsgenossenschaft Gartenstadt Nürnberg eG wurde ebenfalls 1908 gegründet und verwaltet viele Gebäude im Stadtteil. Es gibt etwa 880 Einfamilienhäuser und 1600

Wohneinheiten in Mehrfamilienhäusern. Das Fokusgebiet umfasst den nördlichen und mittleren Teil bis zur Johann-Krieger-Straße.

- Das Gebiet weist im östlichen Teil einen hinreichend hohe Wärmdichte im Status-Quo und im Zielszenario für die Prüfung eines wirtschaftlichen Betriebs eines Nahwärmenetzes aus.
- Die Eignung der Gebäude für dezentrale Wärmepumpen ist überwiegend mit mittleren Barrieren zu beurteilen. Einschränkungen ergeben sich aus dem angewendeten Ansatz durch das Gebäudealter, dem Umstand das zahlreiche Gebäude unter Denkmalschutz stehen sowie den teilweise beschränkten Möglichkeiten zur Aufstellung von Luftwärmepumpen, insbesondere im Bereich der zweigeschoßigen Reihenhaussiedlungen.
- Die Gebäude- und Siedlungsstruktur ist durch Reihenhaus- und niederstöckigen Mehrfamilienwohngebäuden geprägt. Teilweise wurden diese Gebäude in der Vergangenheit bereits thermisch saniert, inkl. Dämmung der Außenfassade.
- Für einen großen Anteil der Gebäude besteht Ensemble-Denkmalschutz durch welche die Möglichkeiten zur ambitionierten thermischen Sanierung eingeschränkt sind
- Die Wohnungsbaugenossenschaft Gartenstadt hat einen hohen Anteil an Gebäuden und wäre als zentraler Ansprechpartner und Ankerkunde für die Maßnahme relevant. Dies macht auch eine Projektentwicklung für Dritte attraktiv aufgrund der Verlässlichkeit für Anschlüsse und Wärmebedarf
- Mögliche Flächenpotenziale für erneuerbare Nutzung: Grünflächen zwischen Mehrfamilienhäusern, Doppelnutzung Sport- und Erholungsflächen

Potenziale für eine klimaneutrale Wärmeversorgung

- Geothermienutzung über kaltes Nahwärmenetz mit dezentralen Gebäudeblock Wärmepumpen, zentraler Luftwärmepumpe
- Regeneration von Geothermie Sondenfeld über zentrale Luftwärmepumpe mit eigen PV und/ oder Nutzung Ludwig-Donau Kanal für Regeneration
- Dezentrale Wärmepumpen für Mehrfamilienhäusern über Container-Heizzentralen
- Dezentrale Wärmepumpen mit Mikronetze in Reihenhäusern

Relevante Unterlagen / Daten

- Gebietsauszug GIS-Daten aus KWP Nürnberg (Gebäudedatenbank KWP Nürnberg IREES / e-think 2025)
- Energetische Daten der Gebäude der Wohnungsgenossenschaft

Beteiligte Akteure/ Abstimmungsbedarf	Kosten / Investitionen (geschätzt)
▪ Stadt Nürnberg (Initiator) ▪ Gartenstadt Nürnberg eG	▪ Machbarkeitsstudie: 20 – 50 T EURO

6.3.4 Prüfung Nahwärmenetzversorgung Nordwestliche Außenstadt - Knoblauchsland Süd

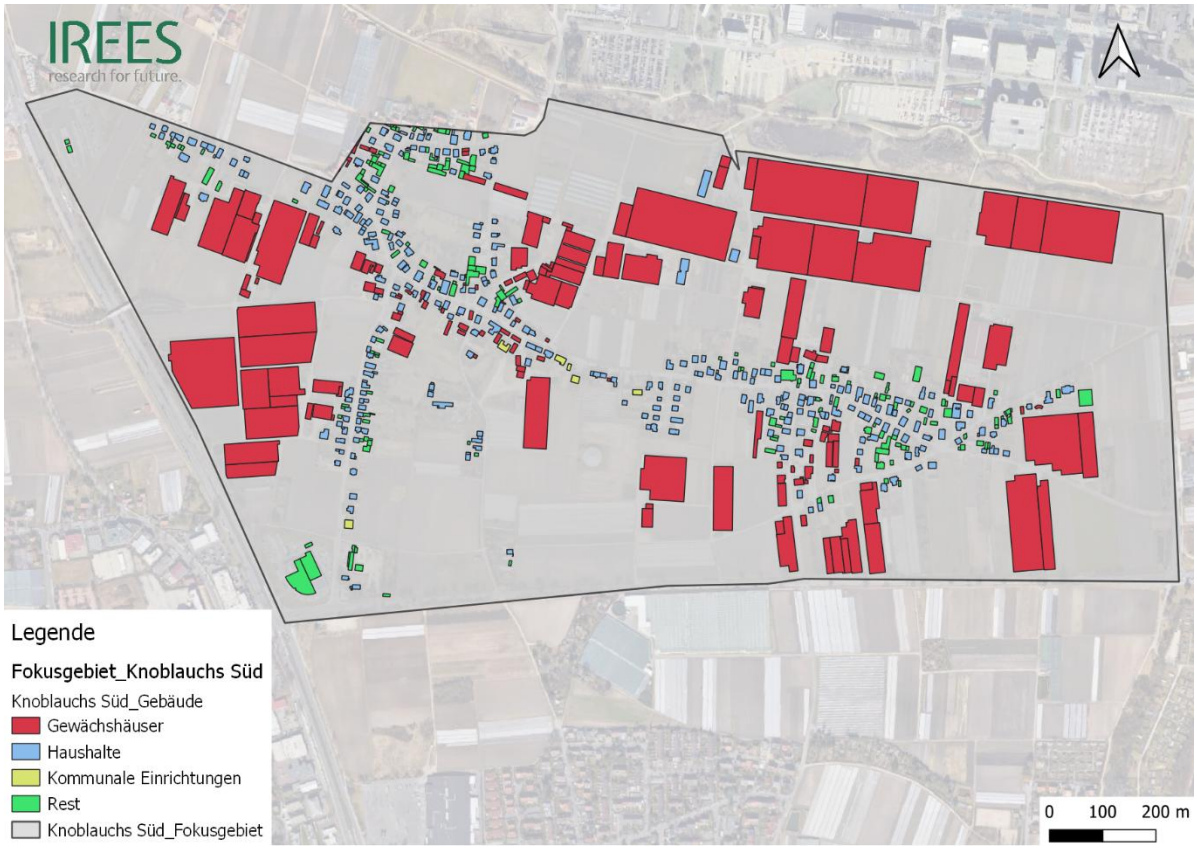
Maßnahmen

Prüfung Nahwärmenetzversorgung Nordwestliche Außenstadt - Knoblauchsland Süd

Kategorie	Abhängigkeit von anderen Maßnahmen
Gebietsbezogene Maßnahmen	▪ Keine ▪ Bezug zu Klimaschutzkonzept: Relevanz für übergeordnete Maßnahme Quartiersbezogen Sanierung- und Energiekonzepte und Maßnahme Pufferung dezentraler Wärmespeicher
Umsetzung / Priorität	**Umsetzungszeitraum**
Kurzfristig / Hohe Priorität	▪ 2025 – 2026: Durchführung Machbarkeitsstudie

Eigenschaften und Gebietsbezug

- Anzahl Gebäude: 500 bis 700
- Wärmeliniendichte: 1,8 bis 3,3 MWh/m*a
- Wärmebedarf Status-Quo im Gebiet: 52 500 MWh/a
- Derzeitige Beheizungsstruktur: Erdgas und Nahwärme
- Ankerkunden: Landwirtschaftliche Betriebe / Gewächshäuser
- Bruttogeschossfläche Gebäude Ankerkunden: 281.483 m²
- Ankerkunden Wärmebedarf: ~ 39 000 MWh/a



Quelle: IREES / e-think 2025

Ziel und Strategie

Die Maßnahme zielt darauf ab, gemeinsam mit den lokalen Akteuren die Möglichkeit einer gemeinschaftlichen Wärmeversorgung über ein Wärmenetz mit erneuerbaren Energien zu prüfen. Die Umsetzung des Projekts könnte als Vorreiterkonzept für die Entwicklung anderer dezentraler Wärmenetze mit erneuerbaren Energien in den im Wärmeplan identifizierten Nahwärmepotenzialgebieten dienen.

Maßnahmenbeschreibung

Aufgrund der im Wärmeplan für das Gebiet identifizierten Wärmedichten, der bestehenden Gebäude- und Gewerbestruktur sowie der bereits vorhandenen Wärmeinfrastruktur, bietet das Gebiet günstige Voraussetzungen für die Weiterentwicklung der Nahwärmenetzversorgung außerhalb des Fernwärmegebietes. Der dargestellte Gebietsumriss soll keine Vorfestlegung für die Wärmenetzversorgung darstellen, sondern dient als Rahmen für die weitergehende Analyse. Es wird empfohlen, keine Vorfestlegung für die Wärmeversorgungsart in der Machbarkeitsstudie vorzunehmen, außer dem Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Die hier dargestellten Ansätze sollen dabei als Orientierung dienen. Zudem sollen basierend auf bereits vorliegenden Untersuchungen in dem Gebiet im ersten Schritt die Sanierungszustände der Gebäude und die Effizienzpotenziale ermittelt werden.

Beschreibung Gebiet

Das Gebiet befindet sich in der nördlichen Außenstadt im südlichen Teil des sogenannten „Knoblauchland“ - statistischen Bezirke Almoshof (Bezirk 75) und Lohe (Bezirk 85).

- Das Gebiet hat sowohl im aktuellen Zustand als auch im Zielzustand eine ausreichend hohe Wärmedichte, um den wirtschaftlichen Betrieb eines Nahwärmenetzes zu überprüfen.
- Neben Wohngebieten sind insbesondere Gewächshäuser mit hohem Wärmebedarf vorhanden. Die Ortsteile sind die am stärksten durch Gewächshäuser geprägten Gebiete in Nürnberg und haben den höchsten Anteil an Gewächshausflächen im Vergleich zur landwirtschaftlichen Fläche.
- Gemüse Scherzer betreibt ein Biomasse-Heizwerk, das den Flughafen Nürnberg über ein Nahwärmenetz mit Wärme versorgt.
- Laut Markstammdatenregister werden in dem Gebiet acht Erdgas-BHKWs betrieben, die überwiegend in den letzten fünf Jahren in Betrieb genommen wurden.
- Viele der Gewächshäuser verfügen über große Wärmespeicherkapazitäten (Pufferspeicher) zur Zwischenspeicherung von Wärme.
- In diesem Gebiet gibt es umfangreiche landwirtschaftliche Flächen. Es sollte untersucht werden, ob eine Energiegewinnung durch die Doppelnutzung mit Agrothermie (Erdwärmekollektoren unter bewirtschafteten Feldern) oder Agro-PV möglich ist.

Potenziale für eine klimaneutrale Wärmeversorgung

- Ausweitung des vorhandenen Nahwärmenetzes/ Ausbau Wärmenetz
- Einbindung vorhandener BHKWs als Spitzen-/Mittellast in Verbindung mit erneuerbaren Energien Wärme
- Einbindung der dezentralen Wärmespeicher zur Pufferung in einem Wärmenetz
- Neben zentrale Versorgung sind auch dezentrale EE Versorgungsoptionen zu Prüfen für Gewächshäuser – z.B. Wärmepumpen als Hybridlösung (siehe Projekt NaWaeG - Nachhaltige und zukunftssichere Wärmeversorgung für Gewächshäuser mit Wärmepumpen)[47]
- Mögliche Wärmeversorgung mit EE: Biomasse, Biogas, Agrothermie, Wärmepumpen (zentral, dezentral)

Relevante Unterlagen / Daten

- Gebietsauszug GIS-Daten aus KWP Nürnberg (Gebäudedatenbank KWP Nürnberg IREES / e-think 2025)
- AGRARSTRUKTURELLEN GUTACHTEN Knoblauchsland mit Anhang zu Almoshof und Lohe (Moninger & Schmidtell, 2017a, 2017b)

[47] https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/nawaege.html

Beteiligte Akteure/ Abstimmungsbedarf	Kosten / Investitionen (geschätzt)
▪ Stadt Nürnberg ▪ Gemüse Scherzer ▪ Weitere landwirtschaftliche Betriebe in dem Gebiet	▪ Machbarkeitsstudie: 50 T – 70 T EURO

6.4 Maßnahmen in der Fernwärmeerzeugung

Technische Maßnahmen Beschreibungen

- Erkundung Tiefengeothermiepotenziale
- Altholzanlage
- Großwärmepumpen Kläranlage Muggenhof
- Untersuchung Dekarbonisierung thermische Müllverbrennung
- Voraussetzung für zukünftigen Wasserstoffbezug (H2-ready GUD und Leitungsbau mit Anschluss Kernnetz

6.4.1 Altholzkraftwerk

Maßnahme

Altholzkraftwerk

Kategorie	Abhängigkeit / Bezug zu anderen Maßnahmen
Dekarbonisierung Fernwärmeerzeugung	▪ Dekarbonisierung der thermischen Abfallbehandlung (MVA) ▪ Bezug zu Klimaschutzkonzept: Relevanz für übergeordnete Maßnahme Dekarbonisierung Fernwärme
Umsetzung / Priorität	**Umsetzungszeitraum**
Kurzfristig / Hohe Priorität	▪ Ab 2026

Eigenschaften

- Altholzkraftwerk zur Strom- und Wärmeerzeugung (KWK)
- Standort: Nürnberg-Sandreuth, auf dem bestehenden Firmengelände der N-ERGIE
- Brennstoffe: Altholz der Kategorien AI bis AIV, Gärreste aus der anaeroben Behandlung von Siedlungsabfällen und Siebüberläufe aus der Kompostierung.
- Geplantes Ausbaupotenzial: 28 MWth Fernwärmeleistung / 7,3 MWel elektrischer
- Energetischen Potenzial: 139 GWh/a (Wärme)

- Spätere Ergänzung durch CO2 Abscheidung in Kombination mit CCS/CCU Konzept für die Müllverbrennungsanlage, um Brennstoff vollständig klimaneutral zu stellen



Quelle: N-ERGIE/ Claus Felix

Ziel und Strategie

Mit der Maßnahme soll die Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung vorangebracht werden durch die thermische Verwertung von Altholz zur Erzeugung von Dampf für die Fernwärmeversorgung und Stromproduktion im Kraft-Wärme-Kopplungsprozess.

Maßnahmenbeschreibung

Mit dem Aufbau des Altholzkraftwerks soll das identifizierte Altholzpotenzial der Region, welches am Hafen in Nürnberg zur Verfügung steht, genutzt werden. Als Brennstoff wird dabei Altholz der Kategorien AI bis AIV, Gärreste aus der anaeroben Behandlung von Siedlungsabfällen und Siebüberläufe aus der Kompostierung verwendet. Altholz der Kategorie I und II sind gemäß dem Gebäudeenergiegesetz der Biomasse zuzuordnen. Das eingesetzte Altholz ist gemäß dem mengengewichteten Durchschnittswert über die Herkunftsnachweise zu rund 90 % biogenen und somit zu 10 % fossilen Ursprungs. Mit dem Aufbau des Altholzkraftwerks wird daher im Vergleich zum Einsatz fossiler Energieträger unmittelbar eine signifikante Reduktion der Treibhausgas-Emissionen erreicht. Für eine vollständige Klimaneutralität der Fernwärmeerzeugung sind langfristig die fossilen Anteile auf null zu reduzieren, sodass eine anteilige CO2-Abscheidung aus

dem Rauchgas erforderlich ist. Dies kann perspektivisch über CCS/CCU-Konzepte erfolgen. Aufgrund des vergleichsweisen geringen Bedarfs an CCS/U-Kapazität für den Altholzkessel ist eine eigenständige Lösung bzw. Nachrüstung der bestehenden Abgasbehandlungsanlage voraussichtlich nicht kosteneffizient umsetzbar. Da am Standort Sandreuth auch die thermische Abfallbehandlungsanlage steht, die als Dampflieferant für die Fernwärme ebenfalls eine anteilige CO2-Abscheidung erfordert (50 % fossiler Anteil im Abfall), wird eine übergreifende Lösung erwogen.

Stand der Maßnahme

Die Maßnahme befindet sich bereits in fortgeschrittener Planung

- Am 27. September 2023 hat der Nürnberger Stadtrat die 30. Änderung des Flächennutzungsplans und den Bebauungsplan Nr. 4669 „Altholzverbrennung“ beschlossen, um die planungsrechtlichen Voraussetzungen für das Projekt zu schaffen.
- Die N-ERGIE wird ein immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren bei der Regierung von Mittelfranken einleiten.
- Der Baubeginn ist voraussichtlich für das Jahr 2026 vorgesehen, abhängig vom Abschluss des Genehmigungsverfahrens.

Beteiligte Akteure / Abstimmungsbedarf	**Kosten / Investitionen (geschätzt)**
▪ N-ERGIE	▪ Investitionen Altholzkraftwerk: ~110 Mio. EURO

6.4.2 Großwärmepumpe zur Abwassernutzung Kläranlage Muggenhof

Maßnahme

Großwärmepumpe zur Abwassernutzung Kläranlage Muggenhof

Kategorie	**Abhängigkeit / Bezug zu anderen Maßnahmen**
Dekarbonisierung Fernwärmeerzeugung	▪ Dekarbonisierung der thermischen Abfallbehandlung (MVA) ▪ Bezug zu Klimaschutzkonzept: Relevanz für übergeordnete Maßnahme Dekarbonisierung Fernwärme
Umsetzung / Priorität	**Umsetzungszeitraum**
Mittelfristig / Hohe Priorität	▪ 2025 – 2026: Durchführung Machbarkeitsstudie ▪ 2026 – 2029: Schrittweise Umsetzung Wärmenetz und Erzeugung

Eigenschaften

- Großwärmepumpen zur Nutzung der Wärme aus dem Abwasser der Kläranlage
- Standort: Kläranlage Muggenhof in unmittelbarer Nähe zum Standort Heizwerk Muggenhof
- Geplantes Ausbaupotenzial: 14 MW_{th} Fernwärmeleistung
- Energetisches Potenzial: 100 GWh/a (Wärme)



Quelle: IREES Auszug GIS-Daten Nürnberg, Hintergrund: Basmap Google Satellite Hybrid

Ziel und Strategie

Mit der Maßnahme soll die Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung vorangebracht werden durch die zentrale Nutzung von Wärme aus dem Abwasser der Kläranlage mit einer Großwärmepumpe.

Maßnahmenbeschreibung

Aus dem gereinigten Abwasserstrom der Kläranlage Muggenhof, der in Richtung Vorfluter fließt, soll Wärmeenergie mittels einer Hochtemperaturwärmepumpe von durchschnittlich ca. 15°C auf die Fernwärmetemperatur von bis zu 120 °C gehoben werden. Die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf soll 40 bis 60 K betragen. Die Wärme soll in das Fernwärmenetz West nahe Muggenhof eingespeist werden. Wärmeleistung läge theoretisch bei rund 37 MW, allerdings ergeben sich Restriktionen durch Auslegungsbegrenzung auf die Sommerlast, die Einbindung und die Flächenverfügbarkeit. Der technische Platzbedarf erlaubt bei der vorgegebenen Fläche von 20m x 20m eine Wärmepumpe mit max. 15 – 20 MW. Die klarwasserseitige Einbindung

der Wärmepumpe kann nur Abwärme bis zu 8 MW bereitstellen. Daraus ergibt sich ein Nutzwärmepotenzial von max. 15 MW aus der Wärmepumpe.

Stand der Maßnahme

Die Maßnahme befindet sich in der Vorplanung.

- Potenzialstudie im Jahr 2019
- Konkretisierung durch Machbarkeitsstudie im Jahr 2022

Beteiligte Akteure/ Abstimmungsbedarf	**Kosten / Investitionen (geschätzt)**
▪ N-ERGIE ▪ SUN (Kläranlage)	▪ Investitionen: ~ 40 Mio. EURO

6.4.3 Erkundung und Erschließung Tiefengeothermiepotenziale

Maßnahme

Erkundung und Erschließung Tiefengeothermiepotenziale

Kategorie	**Abhängigkeit / Bezug zu anderen Maßnahmen**
Dekarbonisierung Fernwärmeerzeugung	▪ Bezug zu Klimaschutzkonzept: Relevanz für übergeordnete Maßnahme Dekarbonisierung Fernwärme
Umsetzung / Priorität	**Umsetzungszeitraum**
Mittelfristig / Mittlere Priorität	▪ 2023 – 2026: Potenzialuntersuchung ▪ 2026 – 2032: Mögliche Erschließung Tiefengeothermie

Eigenschaften

- Projekt „Erdwärme für die Fernwärmeversorgung“ von N-ERGIE
- Geophysikalische Untersuchung des Tiefengeothermiepotenzials und Identifizierung von möglichen Flächen
- Machbarkeitsstudie zum Aufbau einer Tiefengeothermieanlage als geschlossenes System
- Mögliche Gebiete mit Potenzial und Flächen im Süden Nürnbergs



Quelle: BellGeospace/Phillipp Prinzing

Ziel und Strategie

Mit der Maßnahme soll die Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung vorangebracht werden durch die Erkundung und Erschließung von Tiefengeothermie in Nürnberg.

Maßnahmenbeschreibung

Umfangreiche Voruntersuchungen und Analysen haben ergeben, dass der Süden von Nürnberg am ehesten dafür geeignet scheint, um Erdwärme erschließen zu können. Das ist das Ergebnis aus den geophysikalischen Messflügen, die im Auftrag der N-ERGIE im vergangenen Jahr durchgeführt wurden. Gestützt wird dies durch die bereits bestehenden geologischen Kenntnisse für die Region und aus dem Abgleich mit vorliegenden Daten zu bestehenden Thermal-Bohrungen sowie weiteren Untergrunduntersuchungen. Zunächst sind weitere umfangreiche Analysen und Bewertungen des Untergrunds notwendig. Unter anderem stehen seismische Messungen mithilfe von Spezialfahrzeugen an, für die die N-ERGIE jetzt Genehmigungen einholen wird. Belastbare Ergebnisse, auf deren Grundlage sich die N-ERGIE dann zusammen mit der Stadt Nürnberg auf die Suche nach geeigneten Flächen machen könnte, liegen bestenfalls im kommenden Jahr vor. Im Projekt „Erdwärme für die Fernwärmeversorgung“ liegen die Ergebnisse zur Machbarkeitsstudie für das Closed-Loop Verfahren vor. Mögliche Förderanträge nach der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) werden aktuell erarbeitet und zusammengestellt

Stand der Maßnahme

Die Erkundung der Tiefengeothermiepotenziale durch die N-ERGIE hat bereits begonnen.

- 2023 Start des Projektes „Erdwärme für die Fernwärmeversorgung“
- 2023 Genehmigung durch StMWi zur Untersuchung Untersuchungen in einem rund 200 Quadratkilometer großen „Erlaubnisfeld zur Aufsuchung von Erdwärme
- 2024 Geophysikalische Messflüge und erste Ergebnisse zu Potenzialen und möglichen Flächen

Beteiligte Akteure/ Abstimmungsbedarf	**Kosten / Investitionen (geschätzt)**
▪ N-ERGIE ▪ Stadt Nürnberg	▪ Kosten Erkundungsprojekt: ~15 Mio. EURO ▪ Investitionen Tiefengeothermieerschließung: ~143 Mio. €

6.4.4 Anschluss an Heizkraftwerk Sandreuth an Wasserstoffkernnetz

Maßnahme

Voraussetzung für den Bezug von Wasserstoff für das Heizkraftwerke Sandreuth und die Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff in der Erzeugung

Kategorie	**Abhängigkeit / Bezug zu anderen Maßnahmen**
Dekarbonisierung Fernwärmeerzeugung	▪ Bezug zu Klimaschutzkonzept: Relevanz für übergeordnete Maßnahme Dekarbonisierung Fernwärme
Umsetzung / Priorität	**Umsetzungszeitraum**
Langfristig / Mittlere Priorität	▪ 2028 – 2032 Anschluss des Standorts an Wasserstoffkernnetz

Eigenschaften

- Transformation der GH67,5 Erdgasleitungsabschnitte vom Netzkopplungspunkt Reutles bis zum HKW Sandreuth über 18 km
- Geplante Maßnahmen beginnend 2027 bis zur voraussichtlichen Inbetriebnahme 2032
- Angemeldete Wasserstoffausspeisung für KWK am Standort Sandreuth: 1 330 GWh



Quelle: N-ERGIE

Ziel und Strategie

Mit der Maßnahme soll die Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung vorangebracht werden. Die Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff stellt dabei den letzten Baustein dar.

Maßnahmenbeschreibung

Zur Versorgung des HKW wird ein ca. 18 km langer Leitungsabschnitt des Erdgasnetzes GH67,5 aus dem Netz der öffentlichen Gasversorgung herausgelöst und in das Wasserstoff-Kernnetz für den Transport von Wasserstoff umgewidmet. Hierdurch entsteht am Standort Sandreuth die Möglichkeit der anteiligen Strom- und Fernwärmeerzeugung durch Wasserstoff, womit ein Beitrag zur Dekarboniserung geleistet wird.

Stand der Maßnahme

Die Maßnahmen befinden sich in Planung

- 2024: Meldung der Leitung ins Kernnetz ist durch BNetzA genehmigt und N-ERGIE Netz GmbH ist Wasserstoff-Kernnetzbetreiber;
- 2025 ff.: Weitere Maßnahmen zur Transformation der Leitung

Beteiligte Akteure/ Abstimmungsbedarf	Kosten / Investitionen (geschätzt)
▪ N-ERGIE ▪ N-ERGIE Netz GmbH	▪ Investitionen: 7,2 Mio. EURO

6.4.5 Dekarbonisierung der Müllverbrennung – CO2 Abscheidung

Die Maßnahme zur Dekarbonisierung der Müllverbrennung durch CCS/CCU ist im Integrierten Klimaschutzkonzept der Stadt Nürnberg beschrieben.

6.5 Maßnahmen zur Beschleunigung von Effizienzmaßnahmen und erneuerbaren Energien in der dezentralen Wärmeversorgung

6.5.1 Pilotprojekte Sanierungssprint

Maßnahme

Pilotprojekte zur Etablierung des Sanierungssprints

Kategorie	Abhängigkeit / Bezug zu anderen Maßnahmen
Beschleunigung der Transformation der dezentralen Wärmeversorgung	▪ Keine
Umsetzung / Priorität	**Umsetzungszeitraum**
Mittelfristig/ Mittlere Priorität	▪ 2025 – 2028:

Eigenschaften

- Der Sanierungssprint ist eine Maßnahme zur Beschleunigung der Bauzeiten von (energetischen) Sanierungen.
- Die bessere Zusammenarbeit der verschiedenen Gewerke reduziert nicht nur die Bauzeiten, sondern fördert auch die Attraktivität des Handwerks und die Qualität der Arbeiten.
- Neben energetischen Maßnahmen können auch weitere Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen integriert werden.
- Zentrales Element ist der Taktplan mit einer tagesgenauen und teilweise raumweisen Planung. Tägliche Besprechungen sollen die Einhaltung sicherstellen und Abweichungen berücksichtigen.

- Die Pilotierung des Sanierungssprints hilft beim Aufbau von Kompetenzen und der Zusammenarbeit der Gewerke.





Quelle: IREES / Jana Deuer 2025

Ziel und Strategie

Mit der Maßnahme soll gezeigt werden, dass vollumfängliche energetische Sanierungen auf Effizienzhaus 55 und die Umstellung auf erneuerbare Energieversorgung durch verbesserte Abstimmung und Planung in maximal 22 Tagen möglich sind. Mit Pilotprojekten sollen anschauliche Best-Patrices im Stadtgebiet von Nürnberg geschaffen und kommunikativ genutzt werden, um Motivation bei Gebäudeeigentümerinnen und Gebäudeeigentümern für ambitionierte Sanierungsmaßnahmen zu schaffen und Handwerker und Planer das Konzept des Sanierungssprints nahezubringen.

Maßnahmenbeschreibung

Zum Aufbau von Kompetenzen für eine zukünftige Skalierung des Sanierungssprints sind Pilotprojekte hilfreich. Dies zeigt aktuell die Pilotphase in Baden-Württemberg. Dort werden im Jahr 2025 mehrere Gebäude im Sprint saniert und diese als Best-Practice-Beispiele zur Information und Schulung von Handwerks- und Planungsbetrieben herangezogen. Begleitet wird das Projekt von der Universität Stuttgart und „Zukunft Altbau“, einem Bereich der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg.

Zur Koordination der Pilotprojekte sind eine Projektleiterin sowie ein Sanierungscoach (Qualifikation in der Bauüberwachung und ggf. auch Energieberatung) einzusetzen, um die Abstimmung mit Handwerkern und Eigentümerinnen zu übernehmen sowie die Baustelle zu überwachen. Zur Fortführung ist die Einrichtung einer kommunalen oder landesweiten Aktionsstelle zu empfehlen.

Stand der Maßnahme

Die Maßnahme ist noch nicht gestartet.

Beteiligte Akteure/ Abstimmungsbedarf	Kosten / Investitionen (geschätzt)
▪ Stadt Nürnberg	▪ Kosten für Projektleitung und Projektsteuerung in der Pilotphase, Marketing und Kommunikation für Multiplikation: ~ 15 000 bis 30 000 EURO

6.5.2 Energiewendeviertel Nürnberg

Maßnahme

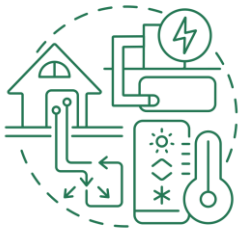
Energiewendeviertel Nürnberg

Kategorie	Abhängigkeit / Bezug zu anderen Maßnahmen
Beschleunigung der Transformation der dezentralen Wärmeversorgung	▪ Relevanz für Transformationsplan Gasnetz
Umsetzung / Priorität	**Umsetzungszeitraum**
Mittelfristig/ Mittlere Priorität	▪ 2025 – 2030:

Eigenschaften

- Adaption des Konzeptes der „Energiewendeviertel“ der Stadt Frankfurt am Main und Mainova auf Gebiete außerhalb des Fernwärmeprüfgebietes
- Bündelung von energie- und klimabezogenen Aktivitäten in einem Quartier, um diese in vorgegebener Geschwindigkeit zukunftsfähig zu machen
- Integrierte und enge Abstimmung der Umsetzung von Infrastruktur- und gebäudeseitigen Maßnahmen
- Durch Abstimmung von Planungs- und Umsetzungsaktivitäten mit anderen Infrastrukturmaßnahmen wie Wassersnetz sollen Synergien





Ziel und Strategie

Mit der Maßnahme sollen die Ziele des Wärmeplans und der Klimaschutzkonzeptes in einem vorgegebenen Zeitraum durch Bündelung aller erforderlichen Aktivitäten erreicht werden. Durch Pilotierung in ausgewählten Quartieren soll eine wichtige Grundlage für eine Skalierung des „Energiewendelviertel“-Ansatzes gewonnen werden, um die Transformationsgeschwindigkeit zu erhöhen und gleichzeitig die bauseitige Belastung der Bürgerinnen und Bürgern in den Quartieren zu minimieren.

Maßnahmenbeschreibung

Das Konzept der „Energiewendelviertel“ wird in der Stadt Frankfurt am Main gemeinsam mit der Mainova vorangetrieben, um durch Bündelung aller netzbaulichen Aktivitäten in ausgewählten Quartieren, Synergien zu nutzen, die Umsetzungsgeschwindigkeit der Transformation zu erhöhen und die Akzeptanz bei den Bürgerinnen und Bürgern für die Energiewende zu erhöhen. Die hier vorgeschlagene Maßnahme adaptiert diesen Ansatz mit dem Fokus auf Gebiete außerhalb des Fernwärmeprüfgebietes. Außerhalb der Fernwärmeprüfgebiete stehen dabei wärmeseitig eine gebündelte Umstellung auf dezentrale Wärmepumpen und oder kleinere Wärmenetze, erforderliche Modernisierung von Stromnetzen, serielle Sanierung und Klimaanpassungsmaßnahmen im Vordergrund. Zentrale Ansatz dabei ist die zeitlichen Bündelungen von Baumaßnahmen, um Belastungen in den Viertel zu minimieren und Synergien zu nutzen. Auf Seiten der öffentlichen Infrastruktur sind dabei kombinierte und zielgerichtete Erneuerungen und der Ausbau des Strom- und Wassernetzes, Straßenbeleuchtung, Telekommunikationsinfrastruktur und Verkehrswegeinfrastruktur zu berücksichtigen. Gebäudeseitig können Synergien und Kostenvorteile durch gleichzeitige Umstellung auf dezentrale Erneuerbare Energien (Wärmepumpen, PV) und serielle Sanierungen gehoben werden. Ein wichtiger Hebel und Voraussetzung für das Konzept ist die Unterstützung eines städtischen Ansprechpartners („Energiewendemanager“), die Beschleunigung von Genehmigungs- und Verwaltungsprozessen sowie die Beteilung der Bürgerinnen und Bürger, die durch entsprechende Kommunikation und Beteiligungsformate adressiert werden müssen. Erster Schritt für die Umsetzung der Maßnahme ist die das Aufsetzen einer Arbeitsgruppe mit den planungsrelevanten Akteuren aus Stadt und Energie- und Infrastrukturbetreiber und die Auswahl von Pilotviertel. Die Arbeitsgruppe kann dabei als Teil oder Untergruppe der Task-Force Wärme agieren.

Stand der Maßnahme

Die Maßnahme ist noch nicht gestartet.

Beteiligte Akteure/ Abstimmungsbedarf	**Kosten / Investitionen (geschätzt)**
▪ Ämter der Stadt Nürnberg ▪ N-ERGIE Netz ▪ Bürgerinnen und Bürger in ausgewählten Pilotvierteln	▪ Personalaufwand für ämterübergreifende Koordination

6.5.3 Weitere Maßnahmen aus dem Integrierten Klimaschutzkonzept

Im Integrierten Klimaschutzkonzept der Stadt Nürnberg sind weitere Maßnahmen beschrieben mit hoher Relevanz für die Umsetzung des kommunalen Wärmeplans. Für die Beschreibung wird auf Kapfer et al. (2025) verwiesen:

- Austauschprogramm Öl und Gas,
- Transformationsplan Gasnetz

7 Verstetigung und Controlling-Konzept

Für die Konkretisierung und Umsetzung des kommunalen Wärmeplans ist eine Verstetigungsstrategie und ein Controlling-Konzept entwickelt worden. Die Überprüfung der Zielerreichung ist auch ein zentraler Schritt für die Umsetzungsphase. Das Controlling-Konzept soll es ermöglichen, anhand von Indikatoren den Fortschritt des kommunalen Wärmeplans laufend zu überwachen und ggf. bei Abweichung vom Zielpfad rechtzeitig gegenzusteuern bzw. Anpassungen in den Maßnahmen vorzunehmen.

7.1 Verstetigungskonzept

Um den Mehrwert des kommunalen Wärmeplans als strategisches Instrument optimal zu nutzen, wird als zentrale Maßnahme die Gründung der „Task Force Wärme“ vorgeschlagen (siehe Kapitel 6.1.1). Die Planungsgruppe hat zum Ziel, strategische und politische Entscheidungen basierend auf den Ergebnissen des kommunalen Wärmeplans vorzubereiten und eine passende Struktur für die Steuerung der Umsetzung aufzusetzen.

Um die notwendigen Schritte zur Konkretisierung und Umsetzung des kommunalen Wärmeplans einzuleiten, sind politische Entscheidungen auf Ebene der Stadt sowie strategische/unternehmerische Entscheidungen auf Ebene der Energieversorger, insbesondere der N-ERGIE zur Verfolgung des Projektes und der priorisierten Maßnahmen erforderlich. Wenn diese vorliegen, kann eine Projektstruktur aufgesetzt werden, um im ersten Schritt die Detailprüfungen der identifizierten Maßnahmen zu managen und die Kommunikation und Diskussionen zu den erarbeiteten Maßnahmen an die Bürgerinnen und Bürger voranzutreiben. Für die Entscheidung und Priorisierung der technischen Maßnahmen sollten die Ergebnisse in verschiedenen Gremien innerhalb der Stadt vorgestellt werden.

In der Folge kann die Projektstruktur und der Prozess zur Umsetzung aufgesetzt werden, mit der die Durchführung der erforderlichen technischen Prüfaufträge und detaillierten Machbarkeitsanalysen, die Beantragung von Fördergeldern sowie der Kommunikationsprozess, die Akteursbeteiligung und das Monitoring angegangen werden könnten. Die technische Umsetzung der ersten Maßnahmen ist nach positiver Detailprüfung und nach Förderzusage möglich.

Die Verstetigungsstrategie und die Task Force Wärme sollten dabei mit den im Integrierten Klimaschutzkonzept vorgeschlagenen Maßnahmen zum Aufbau von Governance-Strukturen innerhalb der Stadtverwaltung verzahnt werden. Das IKSK schlägt dazu eine Steuerungsgruppe Klimaschutz und Wärmewende vor, welche die Maßnahmenumsetzung kontrolliert, ggf. nachsteuert und Prioritäten setzt. Als Teil dieser Struktur wird für die Umsetzung und Verstetigung des Wärmeplans die „Task Force Wärme“ vorgeschlagen. Abbildung 73 skizziert die Verstetigung für die Umsetzung des Wärmeplans und die nun erforderlichen Schritte.

Abbildung 73: Skizzierung der nächsten Schritte zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans



Quelle: Eigene Abbildung IREES

7.2 Controllingkonzept

Für die kommunale Wärmeplanung ist ebenso wie für das Integrierte Klimaschutzkonzept ein Controllingkonzept erforderlich, mit dem ein Monitoring und ggf. eine Nachsteuerung für die Umsetzung der Maßnahmen und zur Erreichung des Zielpfads ermöglicht werden. In diesem Zusammenhang wird der Begriff Controlling mit der Steuerung des Vorhabens und dem Monitoring mit der Messung des aktuellen Fortschritts verbunden. Sowohl Monitoring als auch Controlling sind Teil des Controlling-Konzeptes, wobei die Steuerung ein essenzieller Teil der oben dargestellten Verstetigungsstrategie darstellt. Daher wird im Folgenden auf das Monitoring eingegangen.

Da Wärmeplan und Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Nürnberg parallellaufende Prozesse sind, wird empfohlen, das Controlling und Monitoring zu integrieren. Für das vorgeschlagene Controlling-Konzept des Integrierten Klimaschutzkonzeptes der Stadt Nürnberg wird auf Kapfer et al., (2025) verwiesen.

Für den Wärmeplan ist dabei insbesondere die regelmäßige Fortschreibung der End- und THG-Bilanz für Nürnberg relevant sowie das Monitoring auf Ebene der Maßnahmen in Form einer Wirkungs- und Umsetzungskontrolle und ggf. Neubewertung.

Monitoring über Zielindikatoren aus der Energie- und THG-Bilanz

Es wird empfohlen die jährliche Erstellung der Energie- und THG-Bilanz in Nürnberg auch in Zukunft fortzuführen als Grundlage für eine Bewertung des Zielpfades. Mit Bezug auf die Beurteilung des Fortschritts des Wärmeplans wird darüber hinaus empfohlen, auf Basis der im Wärmeplan erstellten Endenergiebilanz für den Wärmebereich in Nürnberg eine Anwendungsbilanz fortzuschreiben. Diese

differenziert den Endenergieverbrauch nicht nur nach Sektoren und Energieträgern, sondern auch nach den Anwendungen Raumwärme, Warmwasser, Klimatisierung und Prozesswärme /-kälte. Für die Beurteilung des Fortschrittes kann darauf aufbauend ein temperaturbereinigter Endenergieverbrauch für Raumwärme ermittelt werden, mit dem Effizienzfortschritte und verändertes Nutzungsverhalten im Gebäudebereich quantifiziert werden können. Neben der Temperaturbereinigung können durch relative Indikatoren aus der Energie- und THG-Bilanz verzerrende Effekte wie die Bevölkerungsentwicklung herausgerechnet werden. Folgende Indikatoren aus der erweiterten Energie- und THG-Bilanz werden für das Monitoring vorgeschlagen:

- Temperaturbereinigter Endenergieverbrauch für Wärmeanwendungen (alle Sektoren) und daraus resultierende THG-Emissionen
- Temperaturnbereinigter Endenergieverbrauch für Wärmeanwendungen Private Haushalte – absolut und pro Einwohner und daraus resultierende THG-Emissionen
- Anteil dezentraler erneuerbarer Energien am Wärmeendenergieverbrauch
- Anteil Fernwärmeversorgung am Wärmeendenergieverbrauch
- Anteil erneuerbarer Energien/ Abwärme am Erzeugungsmix in der Fernwärme
- THG-Emissionsfaktor Fernwärme

Monitoring über Frühindikatoren

Auch im Controlling-Konzept des IKSK werden sogenannte Frühindikatoren genannt, mit denen eine Bewertung des Fortschritts mit Bezug auf den Zielpfad ermöglicht wird. Während die Änderungen auf Ebene der Energie- und THG-Bilanz nicht unmittelbar sichtbar sind und auch aufgrund von Datenlücken und statistischen Effekten eine Beurteilung erst ex-post nach mehreren Jahren ermöglichen, können Frühindikatoren dazu dienen, die Dynamiken im Wärmebereich zu identifizieren und mit den erforderlichen Dynamiken, die sich aus dem Zielszenario ergebenen, zu vergleichen. Tabelle 19 fasst relevante Frühindikatoren für die Beurteilung des Fortschritts beim Wärmeplan zusammen:

Tabelle 19: Mögliche Frühindikatoren für das Monitoring des Wärmeplans

Frühindikatoren	**Datenquelle**
Neu installierte Wärmepumpen im Vergleich zum Vorjahr	Anfrage geförderte Wärmepumpen im BEG (Bafa/KfW)
Gesamtzahl installierter Wärmepumpen	Abfrage N-ERGIE– Kunden mit WP-Tarif
Bestand an fossilen Heizkesseln – Vergleich zum Vorjahr	Schornsteinfegerdaten
Neu installierte Biomasse-Zentralheizungskessel	Schornsteinfegerdaten
Gesamtanschlüsse an Wärmenetze / Neuanschlüsse Wärmenetze	Abfrage N-ERGIE
Zubau Trassenkilometer Fernwärme	Abfrage N-ERGIE

Geförderte Effizienzmaßnahmen in Gebäuden im Rahmen von BEG	Abfrage KfW (unklar ob verfügbar)

Monitoring und Controlling Umsetzungsindikatoren

Für ein effektives Monitoring sind nicht nur Indikatoren mit Bezug auf die THG-Emissionen der Wärmeversorgung und des Energieverbrauchs relevant, sondern insbesondere auch mit Bezug auf die Umsetzungsschritte der entwickelten Maßnahmen und Ziele. Energieverbrauch und THG-Emissionen als relative oder absolute Größe sind im Rahmen eines Controlling-Konzeptes zwar zentrale **Ziel-Indikatoren**, jedoch sind gerade Maßnahmen im Bereich der Wärmeinfrastruktur mit entsprechend langen Umsetzungszeiten erst zu einem späteren Zeitpunkt in der kommunalen THG-Bilanz sichtbar. Frühindikatoren können Verzögerungen in der Maßnahmenumsetzung nicht direkt aufzeigen.

Ein Fokus allein auf energie- und treibhausgasbedingten Kennwerten als Grundlage für ein Monitoring und die Steuerung des kommunalen Wärmeplans ist somit nicht zielführend. Ergänzend sind die Planungs- und Umsetzungsfortschritte in den Maßnahmen zu evaluieren, um die Auswirkung möglicher Verzögerungen oder Anpassungen auf die Zielsetzung rechtzeitig zu erfassen. Daher wird empfohlen, entsprechende maßnahmenspezifische **Umsetzungsindikatoren** zu berücksichtigen. Zunächst wird empfohlen, die vorgeschlagene Kategorisierung des Umsetzungsstandes von Maßnahmen im Integrierten Klimaschutzkonzept der Stadt Nürnberg ebenfalls für die Maßnahmen im Wärmeplan zu übernehmen, um eine transparente Übersicht auch für die fortlaufende Kommunikation an Bürgerinnen und Bürgern zu erhalten:

- 0 = Neu/nicht begonnen
- 1 = Zuordnung der Zuständigkeit
- 2 = In Planung
- 3 = Bereit zur Umsetzung
- 4 = In Umsetzung
- 5 = Abgeschlossen

Da die Umsetzung von Maßnahmen in vielen Fällen über mehrere Jahre erfolgt, ist eine differenziertere Betrachtung erforderlich, um Verzögerungen zu erkennen. Dazu sind für die einzelnen Maßnahmen Meilensteinpläne zu entwickeln, die ebenfalls in das Controlling-Konzept aufgenommen werden. Mit dem Meilensteinplan werden die Maßnahmen weiter in Untermaßnahmen aufgeteilt. Die Dauer der Maßnahmen und deren Abhängigkeit zueinander sollten ebenfalls dargestellt und laufend angepasst werden. Zur Visualisierung der Maßnahmen und Untermaßnahmen kann ein GANT-Diagramm eingesetzt werden, sodass sofort ersichtlich ist, welche Arbeiten gleichzeitig stattfinden. Durch Zuordnung der Umsetzungsindikatoren der einzelnen Maßnahmen auf einer Zeitachse wird der konkrete Fortschritt und mögliche

Verzögerungen erkennbar (z.B. Genehmigungsverfahren eingeleitet, Förderantrag gestellt, Detailplanung ausgeschrieben etc.).

Nachsteuerung

Unter das Controlling-Konzept fällt auch die Unterstützung einer regelmäßigen Überprüfung und Nachsteuerung des Wärmeplans, da sowohl politische als auch technologische Veränderungen zu erwarten sind, genauso wie Veränderungen in der Stadt. Neben der Nachsteuerung auf Maßnahmenebene umfasst dies auch die Nachsteuerung mit Bezug auf den Zielpfad.

8 Fazit und Ausblick

Für die Untersuchung wurden detaillierte Daten für das Stadtgebiet Nürnberg zusammengetragen und um nationale Daten ergänzt. Es wurden spezifische Potenzialanalysen für den Ausbau von Wärmenetzen und die Erschließung lokaler erneuerbarer Potenziale durchgeführt. Szenarien für die Wärmenachfrage, die Wärmebereitstellung und den Netzausbau wurden modelliert und techno-ökonomische Bewertungen vorgenommen. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung Nürnberg wurde ein umfassender Maßnahmenkatalog entwickelt, der die Erschließung lokaler Potenziale für eine nachhaltige Wärmeversorgung vorsieht. Eine dekarboniserte Wärmeversorgung für Nürnberg ist demnach möglich.

Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse analysiert den Wärmeendenergieverbrauch und die Gebäudestruktur auf kommunaler Ebene in Nürnberg. Verschiedene Datenquellen wie das Amtliche Liegenschaftskataster, 3D-Gebäudemodelle und Gasverbrauchsdaten wurden verwendet und in einer GIS-Gebäudedatenbank zusammengeführt. Diese Datenbank enthält Informationen zu Gebäudestandort, Gebäudekubatur, Baualter und leitungsgebundenem Energieverbrauch.

Der witterungsbereinigte Endenergieverbrauch für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in Nürnberg betrug im Jahr 2022 rund 5,96 TWh/a, wobei 4,2 TWh/a aus fossilen Energien gewonnen wurden. Erdgas dominiert mit einem Anteil von 51 % des Wärmeendenergieverbrauchs im Gebäudesektor, gefolgt von Heizöl mit 22 %. Die Fernwärmeversorgung deckt 21 % des Wärmeendenergieverbrauchs ab. Die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen aus dem Wärmeendenergieverbrauch betragen 1.386 kt CO2-Äquivalente (CO2äq), was etwa 2,6 t CO2äq pro Einwohner entspricht.

Bezogen auf die beheizten Gebäude bzw. beheizten Gebäudeflächen ergibt sich folgendes Bild: In Nürnberg werden etwa 60 % der Gebäude mit Erdgas beheizt, 18 % mit Heizöl und 9 % mit Fernwärme. Hinsichtlich der versorgten Gebäudefläche hat Fernwärme jedoch einen Anteil von 18 %, was darauf hindeutet, dass insbesondere Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude über Fernwärme versorgt werden.

Das Fernwärmenetz ist seit 1937 beginnend mit der Dampfnetzversorgung sukzessive ausgebaut worden. Es zeichnet sich durch eine hohe Anzahl unterschiedlicher Teilnetze aus, in denen unterschiedliche Temperaturregimes gefahren werden. Das Heißwassernetz hat eine Trassenlänge von 320 Kilometer, das Dampfnetz eine Länge von 38 Kilometer. Neben der Fernwärmeversorgung gibt es in Nürnberg auch kleinere Nahwärmenetze. Im Rahmen der Analyse konnten 17 Nahwärmenetze identifiziert werden, mit einer Trassenlänge zwischen 150 und 1500 Metern.

Potenzialanalyse

In den untersuchten Wärmebedarfsszenarien reduziert sich der Wärmebedarf der Gebäude in Nürnberg im Zeitraum von 2022 bis 2045 zwischen 10 % und 34 %. Neben den Effizienzpotenziale durch Gebäudesanierung ist dabei der Temperaturanstieg durch den Klimawandel berücksichtigt, der mittel- bis langfristig zu milderen

Temperaturen führt und somit ebenfalls den Wärmebedarf senkt. Der Klimawandeleffekt resultiert in einem Rückgang des Wärmebedarfs von 9 %. Um neben den Energieeffizienzpotenzialen in Gebäuden auch die Potenziale für Energieeffizienz industrieller Prozesse in Nürnberg abzuschätzen, werden branchenspezifische Entwicklungen aus aktuellen Langfristszenarien als Grundlage verwendet und auf die Wirtschafts- und Branchenstruktur in Nürnberg. Je nach Wirtschaftszweig liegt der Rückgang der Energieintensität zwischen 19 % und 40 % bis zum Jahr 2045.

Neben den Energieeffizienzpotenzialen ist die Analyse der lokalen Potenziale für erneuerbare Energien und Abwärme ist wesentlich, um mögliche Lösungsräume für eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2045 unter Berücksichtigung der lokalen Bedingungen zu erarbeiten. Dabei wird zwischen Flächenpotenzialen und Punktpotenzialen unterschieden, um die Verfügbarkeit und Nutzbarkeit verschiedener Energiequellen systematisch zu erfassen. Die Ermittlung theoretischer Flächenpotenziale erfolgt auf Grundlage einer Weißflächenanalyse. Dabei werden Flächen für eine energetische Nutzung identifiziert unter Berücksichtigung von Restriktionsflächen. Für die identifizierten Flächenpotenziale werden spezifische Berechnungen für die einzelnen Energiequellen vorgenommen, die weitere räumliche Daten wie Einstrahlung, Wärmeentzugsleistung, Untergrundbeschaffenheit etc. berücksichtigen. Im letzten Schritt werden die nutzbaren Flächen noch mal reduziert über einen Landnutzungsfaktor. Dieser berücksichtigt, dass identifizierte Freiflächen aufgrund von Nutzungskonkurrenz nur zu einem geringen Teil tatsächlich für eine Energie- bzw. Wärmenutzung zur Verfügung stehen. Punktpotenziale werden entsprechend verortet und auf Grundlage vorliegender Informationen, wie z.B. Temperaturniveau von Abwärmequellen, Abwassermengen etc. quantifiziert. Das Vorgehen und die zugrundeliegenden Daten für die einzelnen Energiequellen werden im folgenden Kapitel beschrieben. Für die Potenziale zur Nutzung in der Fernwärme sind im Rahmen des Transformationsplans Fernwärme (N-ERGIE) tiefergehende Analysen durchgeführt worden, die bereits eine weitere Abstufung nach technischen-wirtschaftlich realisierbaren Potenzialen mit möglichen Standortbestimmungen analysiert. Tabelle 12 fasst die Ergebnisse der Potenzialanalyse für erneuerbare Energien und Abwärme zusammen.

Tabelle 20: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialanalyse

Energiequelle	**Lokales Potenzial [GWh/a]**	**Potenzial für Fernwärme N-ERGIE [GWh/a]**
Oberflächengewässer	292	89
Freifläche-Solarthermie	3 592 (Weißfläche) 72 (LNF 2%)	20
oberflächennahe Geothermie	1 035 (Weißfläche) 21 (LNF 2%)	0

Grundwasser	30	0
Tiefengeothermie	Unsicher	460
Umgebungsluft	17 (nur Fernwärme)	17
Biomasse Stadt Nürnberg Biomasse Allokation regionale Potenzial Metropolregion Nürnberg	35- 47 541	112
Altholz	139	139
Biogas/Biomethan	87	0
Abwärme (Industrie, Rechenzentren)	392	221
Abwärme Abwasser Kläranlage	109	100
Weitere identifizierte technische Potenziale Fernwärmeerzeugung (bedingt lokale Potenziale)		
Wasserstoff- KWK Wasserstoff Heizwerke		480 35
Abwärme Wasserstofferzeugung		36
Abwärme Sandreuth (Großwärmepumpen)		78
Abfallverbrennung		168
Ersatzbrennstoffe		90
Strom aus erneuerbarer Energien Elektroheizkessel		0,5

Für die dezentrale Erschließung von Umgebungsluft, Grundwasser und Erdwärme über Wärmepumpen werden standortspezifische Analysen auf Einzelgebäudeebene durchgeführt, um die Eignung der Gebäude in Nürnberg für Wärmepumpen zu bewerten. Die Analyse zeigt, dass etwa 40 % der Gebäude, die etwa 25 % des Wärmebedarfs in Nürnberg abdecken, als geeignet oder sehr gut geeignet für Luft/Wärmepumpen eingestuft werden können. Weitere 40 % der Gebäude werden als „geeignet mit Barrieren“ bewertet, während rund 20 % der Gebäude als „ungeeignet bzw. mit hohen Barrieren“ klassifiziert werden. Für Erdwärmepumpen sind die Anteile aufgrund standortspezifischer Einschränkungen auf Flurstückebene geringer. Die Analyse kommt zu dem Ergebnis, dass rund 20 % der Gebäude als geeignet oder sehr gut geeignet für Erdwärmepumpen eingeschätzt werden.

Zielszenario

Basierend auf der Bestands- und Potenzialanalyse wird ein Zielszenario für die Entwicklung einer klimaneutralen Wärmeversorgung erstellt. Es handelt sich um ein

normatives Szenario, das die Klimaschutzziele erreicht, sodass Technologien zur Wärmeversorgung mit fossilen Energien nicht berücksichtigt werden. Dieser Zielpfad wird sich jedoch nicht automatisch ergeben. Es sind Maßnahmen vor Ort durch die Stadt, Energieversorger, Gebäude- und Wohnungseigentümer sowie alle Bürgerinnen und Bürger erforderlich, ebenso wie langfristige energie- und förderpolitische Rahmenbedingungen auf Bundes- und Landesebene. Um die Ziele zu erreichen, ist eine umfassende Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen in Gebäuden, eine schnelle Umstellung auf erneuerbare Wärmeversorgungssysteme sowie der bedeutende Ausbau der Fernwärmeversorgung notwendig. Heizöl und Erdgas werden vollständig ersetzt durch Reduktion des Wärmeverbrauchs (Energieeffizienz), die Umstellung auf Wärmenetzversorgung mit erneuerbaren Energien sowie dezentrale erneuerbare Wärme. Die Fernwärmeversorgung hat bis 2045 in dem Szenario einen Anteil von 49 %. Dezentrale gebäudeindividuelle erneuerbare Wärmeversorgung und kleinere Nahwärmenetze und Energieverbünde mit erneuerbaren Energien haben einen Anteil von 51 %. Das Zielszenario mit Zieljahr 2045 stellt ein ambitioniertes Szenario dar, das ohne zusätzliche politische Maßnahmen und eine erhebliche Steigerung der Aktivitätsraten in allen Bereichen gegenüber dem Status quo nicht realisierbar ist. Für eine Zielerreichung bereits bis zum Jahr 2040 würde darüber hinaus ein zusätzlicher Dekarbonisierungsbedarf von 986 GWh im Jahr 2040 bestehen. Um dies zu erreichen, wären signifikant höhere Aktivitätsraten beim Heizungstausch auf Wärmepumpen sowie eine Steigerung der Sanierungsrate notwendig. Der Fernwärmeausbau ist im Zielszenario nach dem Transformationsplan zum Stand Januar 2025 berücksichtigt worden. Dieser sieht vor, dass bereits bis 2040 ein Großteil des Ausbaus erreicht wird. Mit dem letzten Planungsstand im April 2025 sind weitere Detailprüfungen zur Priorisierung der Fernwärmeausbaugebiete durch die N-ERGIE vorgenommen worden. Mit dem neuen Planungsstand ist der angestrebte Ausbaupfad in einem längeren Zeitraum wahrscheinlich. Bei der dezentralen Wärmeversorgung haben bis zum Jahr 2045 Wärmepumpen den höchsten Anteil und decken 60 % des Wärmebedarfs der dezentral versorgten Gebäude. Neben der Fernwärmeversorgung und der Umstellung auf dezentrale erneuerbare Energien werden auch die identifizierten Nahwärmepotenzialgebiete im Zielszenario berücksichtigt. Es wird angenommen, dass zusätzlich zu den bestehenden Nahwärmenetzen ein gewisser Anteil von Gebäuden in den identifizierten Nahwärmepotenzialgebieten über weitere Wärmenetze bis zum Jahr 2045 versorgt werden.

Das Szenario für die Entwicklung der Wärmeerzeugung in der Fernwärme sieht bis zum Jahr 2035 den vollständigen Ersatz von Erdgas und Heizöl vor. Zu den ersten Maßnahmen auf der Erzeugungsseite gehören die Errichtung und der Betrieb einer Anlage zur Verbrennung von Altholz sowie die Nutzung von Abwasserpotenzialen aus der Kläranlage über eine Großwärmepumpe. Nach 2030 sieht das Szenario als zentrale Maßnahmen den Wechsel des Energieträgers von Erdgas auf Wasserstoff sowie die Nutzung von Tiefengeothermie vor.

Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Auf Grundlage der Analysen wird das Stadtgebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt, mit der auch eine zeitliche Differenzierung der wahrscheinlichen Entwicklung:

Prüfgebiet Fernwärmeausbau Priorität I

- Das Prüfgebiet umfasst jene Straßenzüge und Quartiere, in denen ein Fernwärmeausbau aufgrund der hohen Bebauungsdichte, des hohen Wärmebedarfs und der Nähe zur bereits vorhandenen Wärmenetzinfrastruktur beabsichtigt wird. Die Umsetzung des Fernwärmeausbaus wird in diesem Gebiet durch die N-ERGIE priorisiert und entsprechend der Priorisierung ab 2025 angestrebt. Eine hohe Anschlussquote wird in diesem Gebiet erwartet, allerdings muss die Anschlussmöglichkeit der einzelnen Gebäude individuell geprüft werden und nicht jedes Gebäude kann angeschlossen werden. In diesem Gebiet befinden sich Neubauquartiere sowie Ausbaugebiete im Gebäudebestand, deren Fernwärmeerschließung bereits beschlossen und von der N-ERGIE veröffentlicht wurde. Weitere Ausbaugebiete werden sukzessive ermittelt und ebenfalls veröffentlicht.

Prüfgebiet Fernwärmeausbau Priorität II

- Auch dieses Gebiet eignet sich aufgrund der hohen Bebauungsdichte, des hohen Wärmebedarfs und der Nähe zur bereits vorhanden Wärmenetzinfrastruktur für einen Fernwärmeausbau. In diesem Gebiet wird der sukzessive Ausbau des Fernwärmnetzes durch N-ERGIE ebenfalls geprüft sowie priorisiert und ist aus heutiger Sicht für den Zeitraum nach 2030 vorstellbar. Die Anschlussmöglichkeit der einzelnen Gebäude muss ebenfalls individuell geprüft werden und nicht jedes Gebäude kann angeschlossen werden.

Prüfgebiet Fernwärmeausbau Priorität III

- Für die Straßenzüge und Quartiere in diesem Prüfgebiet wird ein Fernwärmeausbau empfohlen. Allerdings ist dieser in der zeitlichen Priorisierung nach den anderen Prüfgebieten vorgesehen. Die Prüfung für einen sukzessiven Ausbau des Fernwärmnetzes ist in diesem Gebiet aus heutiger Sicht für den Zeitraum frühestens ab 2035 wahrscheinlich. Auch hier ist die Anschlussmöglichkeit der einzelnen Gebäude individuell zu prüfen und nicht jedes Gebäude kann angeschlossen werden.

Gebiete für lokale Wärmeversorgung

- Das Gebiet umfasst jene Straßenzüge und Gebiete, in denen großflächige Fernwärmelösungen aus heutiger Sicht mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht realisiert werden und daher ausgeschlossen werden können. Ziel ist es hier, die Gebäude durch gebäudeindividuelle dezentrale Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien zu versorgen - insbesondere über Wärmepumpen. Darüber hinaus bestehen auch Potenziale für eine gemeinschaftliche Wärmeversorgung mit lokalen Nahwärmenetzen oder Mikronetzen.

Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog

Basierend auf dem Konzept wird ein konkreter Umsetzungs- und Maßnahmenplan entwickelt. Der Umsetzungsplan besteht aus Maßnahmen, die im Detail jeweils in Form von Maßnahmenblättern beschrieben sind. Der Umsetzungsplan ist für einen Zeitraum von 2025 bis 2045 ausgelegt. Neben den im Wärmeplan entwickelten Maßnahmen sind weitere relevante Maßnahmen im Rahmen der Erarbeitung des Integrierten Klimaschutzkonzeptes für die Stadt Nürnberg (IKSK) integriert worden.

- Organisatorische und informatorische Maßnahmen
  - Task Force Wärme
  - Interimslösung Wärmenetze (IKSK Maßnahme)
  - Bürgerenergieprojekte unterstützen (IKSK Maßnahme)
  - Qualifizierungsprogramm PV, Wärmepumpen sowie minimal-investive Maßnahmen (IKSK Maßnahme)
  - Intensivierung der städtischen Energie-Beratungsangebote (IKSK Maßnahme)
  - Einrichtung eines Klima- und Energieberatungszentrums in der Altstadt (IKSK Maßnahme)
  - Ausbau der Energieeffizienzberatungskapazitäten (IKSK Maßnahme)
- Fokusgebiete zum beschleunigten Fernwärmeausbau
  - Definition von 4 Fokusgebieten (Cluster)
- Fokusgebiete und gebietsbezogene Maßnahmen außerhalb des Prüfgebietes Fernwärme
  - Fokusgebiet Süd Altenfurt
  - Fokusgebiet Schniegling
  - Klimaneutrale Wärmeversorgung Gartenstadt
  - Prüfung Nahwärmenetzversorgung Nordwestliche Außenstadt - Knoblauchsland Süd
- Maßnahmen in der Fernwärmeerzeugung
  - Altholzkraftwerk
  - Großwärmepumpe zur Abwassernutzung Kläranlage Muggenhof
  - Erkundung und Erschließung Tiefengeothermiepotenziale
  - Anschluss an Heizkraftwerk Sandreuth an Wasserstoffkernnetz
  - Dekarbonisierung der Müllverbrennung – CO2 Abscheidung
- Maßnahmen zur Beschleunigung von Effizienzmaßnahmen und erneuerbaren Energien in der dezentralen Wärmeversorgung
  - Pilotprojekte Sanierungssprint
  - Energiewendeviertel Nürnberg
  - Austauschprogramm Öl und Gas (IKSK Maßnahme)
  - Transformationsplan Gasnetz (IKSK Maßnahme)

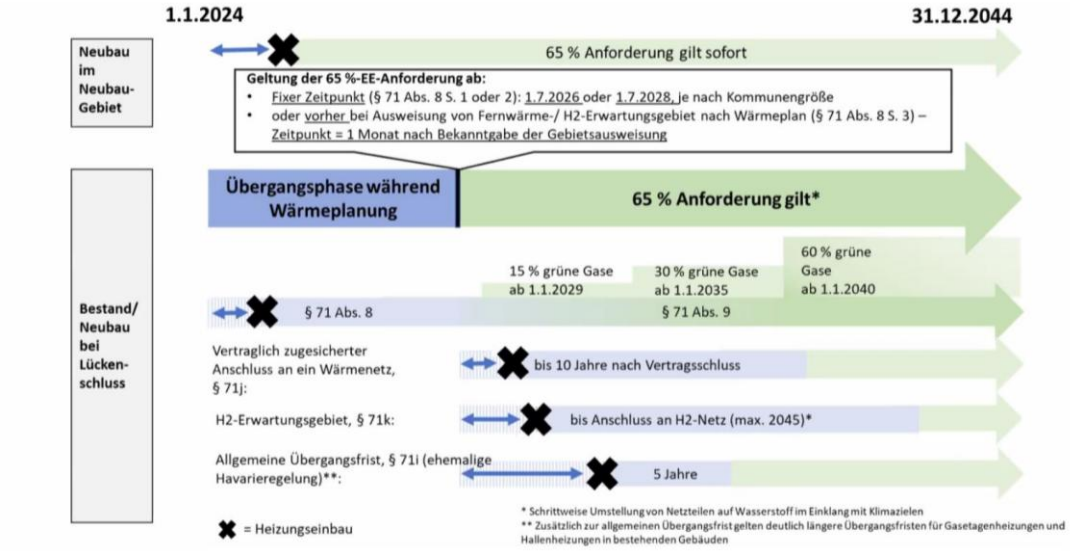
Ausblick

Die kommunale Wärmeplanung wird durch das Wärmeplanungsgesetz (WPG) und das Gebäudeenergiegesetz (GEG) auf Bundesebene rechtlich verankert. Nach dem GEG dürfen ab 2024 in Neubauten in Neubaugebieten nur neue Heizungen eingebaut werden, die mindestens 65% mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Für alle anderen Gebäude gilt diese Regel, sobald die Frist für kommunale Wärmepläne

abläuft oder ein Wärmeplan verabschiedet wurde (siehe Abbildung 74). Für Nürnberg wird wegen der unklaren Zukunft des GEG von der Stadtverwaltung ein In-Kraft-Treten mit Fristablauf und nicht durch Beschluss empfohlen. Damit soll sichergestellt werden, dass Änderungen aus einer schon angekündigten Anpassung des GEG die Bürgerschaft nicht unnötig verwirren. Die 65 %-Pflicht nach GEG tritt damit nach Auslaufen der Übergangsfrist am 1. Juli 2026 in Kraft.

Die Gasheizungen, die ab 2024 eingebaut wurden, dürfen bis zum 31. Dezember 2028 zu 100 % mit fossiler Energie betrieben werden und dürfen auch repariert werden. Falls die Gasheizungen innerhalb eines Wasserstofferwartungsgebiets (H2-Erwartungsgebiet §71k) liegen würden, dürften diese bis zum Anschluss an ein Wasserstoffnetz (H2-Netz) bis max. 31. Dezember 2044 zu 100 % mit fossiler Energie betrieben werden. Für Nürnberg ist ein solches Netz nicht angedacht. Entsprechend müssen Gasheizungen nach aktueller Rechtslage schrittweise mit grünen Gasen dekarbonisiert sein (15 % ab 1.1.2029, 30 % ab 1.1.2035, und 60 % ab 1.1.2040), oder durch andere Versorgungen ersetzt werden (Fernwärme oder Wärmepumpe/ Biomasseheizung).

Abbildung 74: Auswirkung des kommunalen Wärmeplans auf die Fristen für die 65 % erneuerbare Pflicht nach GEG im Gebäudebestand



Quelle: BMWK

9 Literatur

AGEB. (2025). *Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland—Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken* (29. April 2025). AG Energiebilanzen e.V. https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2024/11/AGEB_23e.pdf

Agemar, T., Alten, J.-A., Ganz, B., Kuder, J., Kühne, K., Schumacher, S., & Schulz, R. (2014). The Geothermal Information System for Germany – GeotIS. *Zeitschrift Der Deutschen Gesellschaft Für Geowissenschaften*, *165*(2), 129–144. https://doi.org/10.1127/1860-1804/2014/0060

Agemar, T., Schellschmidt, R., & Schulz, R. (2012). Subsurface temperature distribution in Germany. *Geothermics*, *44*, 65–77. https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2012.07.002

AGFW & DVGW. (2023). *Praxis Leitfaden Kommunale Wärmeplanung*.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. (2025). *Energie-Atlas Bayern: Energiepotenziale aus Waldderbholz, Energiepotenziale aus Flur- und Siedlungsholz, Energiepotenziale für Pappeln (Kurzumtriebplantagen)*. https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/?c=677751,5422939&z=7&r=0&l=atkis&t=biomasse

Bayerische Vermessungsverwaltung. (2025a). *3D-Gebäudemodelle (LoD2) Bayern*. OPEN Data - Kostenfreie Geodaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung. https://geodaten.bayern.de/opengeodata/OpenDataDetail.html?pn=lod2

Bayerische Vermessungsverwaltung. (2025b). *ALKIS-Tatsächliche Nutzung (TN) Bayern*. OPEN Data - Kostenfreie Geodaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung. https://geodaten.bayern.de/opengeodata/OpenDataDetail.html?pn=tatsaechlichenutzung

Bayerische Vermessungsverwaltung. (2025c). *Hausumringe Bayern*. OPEN Data - Kostenfreie Geodaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung. https://geodaten.bayern.de/opengeodata/OpenDataDetail.html?pn=hausumringe

Bayerisches Landesamt für Statistik,. (2025). *Volkszählung und Bevölkerungsfortschreibung: Gemeinden, Bevölkerung (Volkszählungen und aktuell), Stichtag—Stadt Nürnberg (09564* [Dataset]. https://www.statistikdaten.bayern.de/

Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2025). *Energie-Atlas Bayern: Biogaspotenziale*. https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/?c=677751,5422939&z=7&r=0&l=atkis&t=biomasse

BDH. (2025, Januar 27). *Heizungen: Absatz 2024 um die Hälfte eingebrochen*. Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V. https://www.bdh-industrie.de/presse/pressemeldungen/artikel/heizungen-absatz-2024-um-die-haelfte-eingebrochen

BMWK. (2020). *Die Nationale Wasserstoffstrategie*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.html

BNetzA. (2024). *Genehmigung für das Wasserstoff-Kernnetz*. Bundesnetzagentur. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html

Böttcher, F., Casasso, A., Götzl, G., & Zosseder, K. (2019). TAP - Thermal aquifer Potential: A quantitative method to assess the spatial potential for the thermal use of groundwater. *Renewable Energy*, *142*, 85–95. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.086

Bundesamt für Energie. (2017). *Broschüre Geothermie in der Schweiz*. https://www.bundespublikationen.admin.ch/de/product/000000000862653776/Brosch%C3%BCre%20Geothermie%20in%20der%20Schweiz

Bundesverband Geothermie. (2025). *Geschlossenes System*. Bundesverband Geothermie. https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/g/geschlossenes-system

Bürger, V., Braungardt, S., & Steinbach, J. (2020). Anforderungen und Handlungsoptionen zur Erfüllung der im Hamburgischen Klimaschutzgesetz erlassenen EE-Nutzungspflicht im Gebäudebestand und die daraus resultierenden Kosten für Gebäudeeigentümer. *Öko-Institut, IREES im Auftrag der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft der Freien und Hansestadt Hamburg*.

Cischinsky, H., & Diefenbach, N. (2018). *Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016—Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand* (1. Auflage). Institut Wohnen und Umwelt (IWU).

DBFZ. (2024). *Ressourcendatenbank Deutsches Biomasseforschungszentrum*. Deutsches Biomasseforschungszentrum. https://www.dbfz.de/arbeitsgruppe-ressourcen/portfolio/produkte

Destatis. (2023). *Bevölkerung nach Nationalität und Geschlecht (Quartalszahlen)*. Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/liste-zensus-geschlecht-staatsangehoerigkeit.html

DWD Climate Data Center (CDC). (2022a). *Raster der Monatsmittel der Lufttemperaturminima (2m) für Deutschland, Version v19.3.* (No. urn:x-wmo:md:de.dwd.cdc::GRD_DEU_P1M_T2M-N) [Dataset]. https://dwd-geoportal.de/products/GRD_DEU_P1M_T2M-N/

DWD Climate Data Center (CDC). (2022b). *Raster der Monatssumme der Sonnenscheindauer in Stunden für Deutschland, Version v19.3.* (No. urn:x-wmo:md:de.dwd.cdc::GRD_DEU_P1M_SD) [Dataset]. https://dwd-geoportal.de/products/GRD_DEU_P1M_SD/

DWD Climate Data Center (CDC). (2022c). *Rasterdaten der vieljährigen mittleren Jahressummen für die Globalstrahlung auf die horizontale Ebene basierend auf Boden- und Satellitenmessungen für Deutschland, Version v21.3* (No. urn:x-wmo:md:de.dwd.cdc::GRD_DEU_P30Y_RAD-G_P1Y) [Dataset]. https://dwd-geoportal.de/products/GRD_DEU_P30Y_RAD-G_P1Y/

Endres, M., Maurer, E., Polterauer, N., Ruckdeschel, M., Seitz, W., Heymann, P., & Weihermüller, M. (2019). *Energienutzungsplan Europäische Metropolregion Nürnberg*. Energieagentur nordbayern GmbH. https://www.nuernberg.de/imperia/md/klimaschutz/dokumente/enp_emn_studie_final_2020-01-07.pdf

Energieagentur Nordbayern, & Nürnberg, S. (2024). Fortschreibung Endenergie- und THG-Bilanz 2022. *Im Auftrag der Stadt Nürnberg*. https://www.nuernberg.de/imperia/md/klimaschutz_nuernberg/dokumente/endenergie_und_thg_bilanz_nuernberg_2022.pdf

Fichtner, Fraunhofer ISE, TFZ, Qconcept Energy, DBI-Gas- und Umwelttechnik GmbH, & IE Leipzig. (2019). *Evaluation des Marktanreizprogramms zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneu- erbarer Energien im Wärmemarkt im Förderzeitraum 2015 bis 2018* (Nummer November). Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).

Fleiter, T., Rehfeldt, M., Manz, P., Bussmann, S., Neuwirth, M., Herbst, A., & Lotz, M. T. (2024). *Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3—O45-Szenarien—Modul Industriesektor*. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Consentec im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_O45_Industriebericht_v11.pdf

FNB Gas e.V. (2024a). *Gemeinsamer Antrag für das Wasserstoff-Kernnetz—Geänderte Fassung vom 26. September 2024 Anlage 1: Projektübersicht für das Szenario zum Wasserstoff-Kernnetz (Antrag 22.07.2024)*. Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Wasserstoff/Antrag_FNB_Anlage1.xlsx?__blob=publicationFile&v=2

FNB Gas e.V. (2024b). *Gemeinsamer Antrag für das Wasserstoff-Kernnetz—Geänderte Fassung vom 26. September 2024 Anlage 2: Leitungsmeldungen weiterer potenzieller Wasserstoffnetzbetreiber*. Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Wasserstoff/geaendert_Anlage2.xlsx?__blob=publicationFile&v=3

FNR. (2022). Basisdaten Bioenergie Deutschland 2022. *Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.* https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2022/Mediathek/broschuere_basisdaten_bioenergie_2022_06_web.pdf

GEF Ingenieur AG. (2024, August 2). *Transformationsplan Nürnberg Korrektur Wärmeatlas*.

GKD Bayern. (2025a). *Abfluss: Stammdaten Nürnberg Lederersteg / Pegnitz*. Gewässerkundlicher Dienst Bayern. https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/abfluss/regnitz/nuernberg-lederersteg-24225000

GKD Bayern. (2025b). *Wasserstand: Stammdaten Neumühle / Rednitz*. Gewässerkundlicher Dienst Bayern. https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/wasserstand/kelheim/neumuehle-24211200

GKD Bayern. (2025c). *Wassertemperatur: Stammdaten Güntersthal / Pegnitz*. Gewässerkundlicher Dienst Bayern. https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/wassertemperatur/regnitz/guentersthal-24222002

GKD Bayern. (2025d). *Wassertemperatur: Stammdaten Hausen Messstation / Regnitz*. Gewässerkundlicher Dienst Bayern. https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/wassertemperatur/bayern/hausen-messstation-24204200

Huber, A. (2016). Messresultate Erdsondenregeneration Mettmenstetten. *5. Tagung Solarwärme Schweiz*.

Janßen, K., Kuhlmann, H., Oude-Aost, H., & Vorspel, L. (2024). *POTENZIALANALYSE FERNWÄRME UND WÄRMEPUMPE IM STADTGEBIET NÜRNBERG* [Unveröffentlicht]. Fraunhofer IFAM im Auftrag der N-ERGIE Netz GmbH.

Kapfer, J., Schlotfeldt, F., Bollow, J., Keßeler, J., Kreis, P., Metzler, M., & Matthias Sandrock. (2025). *INTEGRIERTES KLIMASCHUTZKONZEPT STADT NÜRNBERG*. Hamburg Institut.

Kirschstein, X., Ohagen, M., Reber, J., Vardon, P. J., & Bishara, N. (2024). Regeneration of shallow borehole heat exchanger fields: A literature review. *Energy and Buildings*, *317*, 114381. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114381

Krautkremer, B., Kasten, J., Steindl, M., Effenberger, M., Venus, T., Richter, F., & Kern, M. (2024). *Biogaspotenzial Bayern*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Fraunhofer IEE, Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH. https://www.energieatlas.bayern.de/sites/default/files/2024_05_21_Biogaspotenzial_Bayern_Endbericht.pdf

Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung. (2024). *Digitalen Basis-Landschaftsmodell als Teil des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems(ATKIS®-Basis-DLM)* [Geodaten]. https://geodaten.bayern.de/opengeodata/OpenDataDetail.html?pn=atkis_basis_dlm

LIAG. (2025). *Geothermisches Informationssystem (Geotis)—Aktuelle Forschungsdaten zu Potential und Nutzung geothermischer Energie*. Leibnitz-Institut Für Angewandte Geophysik (LIAG). https://www.re3data.org/repository/r3d100010392

Loga, T., Stein, B., Diefenbach, N., & Born, R. (2015). *Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden – zweite erweiterte Auflage –*.

Mendelevitch, R., Repenning, J., Matthes, F. Chr., & Deurer, J. (2024). *Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland—Rahmendaten*. Umweltbundesamt (UBA), Forschungsnehmer: Öko-Institut e.V. und IREES GmbH. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgas-projektionen-2024-fuer-deutschland

Moninger, S., & Schmidtell, G. (2017a). *Agrastrukturelles Gutachten Knoblauchsland*. BBV LandSiedlung GmbH im Auftrag der Stadt Nürnberg Stadtplanungsamt. https://www.nuernberg.de/imperia/md/stadtplanung/broschueren/2017_knoblauchsland_agrarstrukturelles_gutachten_ortsteilsteckbriefe_opt.pdf

Moninger, S., & Schmidtell, G. (2017b). *Anhang zum Agrastrukturellen Gutachten Knoblauchsland*. BBV LandSiedlung GmbH im Auftrag der Stadt Nürnberg Stadtplanungsamt. https://www.nuernberg.de/imperia/md/stadtplanung/broschueren/2017_knoblauchsland_agrarstrukturelles_gutachten_ortsteilsteckbriefe_opt.pdf

N-ERGIE. (2024a). *N-ERGIE Transformationsplan (Entwurf) Kapitel 1—Ist-Analyse der Wärmeerzugung (unveröffentlicht)*. Datenbereitstellung für die kommunale Wärmeplanung Nürnberg vom 21.05.2024.

N-ERGIE. (2024b, Juni 4). *Fernwärme in Nürnberg: Gestern – Heute – Morgen*. N-ERGIE Magazin. https://magazin.n-ergie.de/artikel/fernwaerme-in-nuernberg-gestern-heute-morgen/

N-ERGIE. (2024c, Dezember 19). *Transformationsplan Fernwärme—Datenmeldung für die Kommunale Wärmeplanung der Stadt Nürnberg*.

N-ERGIE. (2025a). *Erdwärme für Nürnberg*. https://www.n-ergie.de/n-ergie/unternehmen/unsere-energie/erdwaerme/!ut/p/z1/nZHNDoJADISfhiutKLjxBkRXVAQlBNyLQYMrCbAGUF7fv4skCMbe2nwzaafAIASWR7eER1Ui8ih99Dum7dfuwKILD21cLaeoea658Vbm3DJVCF6AbZk4MBy0HaQK6uPZhqhTolCiAvtFj43S0dgqxhCROso_-k-n3_QdAOu2D4C9kC8JaP64G6DLUQ_gaD3AM-SWNZsp9t2xAMZTcXi_XM8PQ8KBFfEpLuJCvhaP8bmqLuVEQgnrupa5EDyN5aPIJGyTnEVZQdgk4ZL5vh9iYiVuFpBSvwPlsI-d/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/

N-ERGIE. (2025b). *Versorgungsnetz Fernwärme*. https://www.n-ergie-netz.de/n-ergie-netz/unternehmen/versorgungsnetz-fernwaerme/%21ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjo8zifT2dDQyd_A183c1cTQ0C3RyNjPy9Xc2dTEz0w_EpCPQ00o-iRL-ROYn6DfzCzAwCXQ0Ng52Ngg2NLc2I02-AAhwNnIKMnIwNDNz9jcjRj2wSRf4HKYjCb3y4fhQ-K8AxgFcBKIhRFWAJQyyuQA0kQs4syA0FgQiDTM9MAEya-YI%21/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/?utm_source=chatgpt.com

NIBIS Kartenserver. (2015). *Wärmeleitfähigkeiten für Erdwärmesondenanlagen (Sonden-Bezugstiefe 100 m)*.

SCHERZER GEMÜSE. (2025). *Hochtechnologie und Umweltschutz – Prima für's Klima!* SCHERZER GEMÜSE. https://scherzer-gemuese.de/energie/

Schulz, D. R., Knopf, S., Suchi, D. E., & Dittmann, J. (2013). *Geothermie-Atlas zur Darstellung möglicher Nutzungskonkurrenzen zwischen CCS und Tiefer Geothermie*. Leibnitz-Institut für Angewandte Geophysik und Bundesanstalt für Geowissenschaften Und Rohstoffe.

Schwarz, Michael. (o. J.). *Bescheinigung über den Primärenergiefaktor und Emissionsfaktor für das Verbundnetz der N-ERGIE Aktiengesellschaft in Nürnberg*. Abgerufen 13. April 2025, von https://fernwaerme.n-ergie.de/primaerenergiefaktor/

Sensfuß, F., Franke, K., & Kleinschmitt, C. (2022). *Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3*. https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45_Webinar_Angebot_Nov_2022_final_webinarversion.pdf

StA. (2025a). *Kehrbuchdaten für Nürnberg Jahr 2022 auf Straßenzugebene* [Stadt Nürnberg - Amt für Stadtforschung und Statistik für Nürnberg und Fürth, persönliche Mitteilung vom 5. August 2024].

StA. (2025b). *Kommunale Wärmeplanung Stadt Nürnberg, Datenlieferung StA* [Stadt Nürnberg - Amt für Stadtforschung und Statistik für Nürnberg und Fürth, persönliche Mitteilung vom 1. Juli 2024].

StabuA. (2022). Baupreisindizes: Deutschland, Jahre, Messzahlen mit/ohne Umsatzsteuer, Gebäudearten, Bauarbeiten (Hochbau). *Statistisches Bundesamt (Destatis). Stand 2.7.2022*.

Stadt Nürnberg. (2024). *Auszug der Bezirkstabellen und Karten aus den lnnergebietlichen Strukturdaten Nürnberg 2023*. Stadt Nürnberg Amt für Stadtforschung und Statistik für Nürnberg und Fürth. https://www.nuernberg.de/imperia/md/statistik/dokumente/veroeffentlichungen/tabellenwerke/gebietszahlen/innergebietliche_strukturdaten_nuernberg_2023_www-version_geschwarzt.pdf

Stadt Nürnberg. (2025). *Die Wirtschaftsstruktur Nürnbergs—Stadtportal Nürnberg*. https://www.nuernberg.de/internet/stadtportal/wirtschaftsstruktur.html

Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg. (2024). *Hauptkanäle in Nürnberg*. https://www.nuernberg.de/internet/sun/hauptkanaele.html

Statistische Ämter des Bundes und der Länder. (2024). *Die Ergebnisse des Zensus—Gebäude mit Wohnraum nach überwiegender Heizungsart in Gitterzellen* (Version Version 3: 04.11.2024) [Dataset]. https://www.zensus2022.de/DE/Ergebnisse-des-Zensus/_inhalt.html

Statistische Ämter des Bundes und der Länder. (2025a). *Betriebe und tätige Personen, nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008)—Stichtag: 30.09. - Regionale Tiefe: Kreise u. Krfr. Städte, Verarbeitendes Gewerbe -Stichtag 30.09.2023, Nürnberg, kreisfreie Stadt* [Dataset]. https://www.regionalstatistik.de/

Statistische Ämter des Bundes und der Länder. (2025b). *Niederlassungen nach ausgewählten Wirtschaftsabschnitten (WZ 2008)—Jahr—Regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte, Unternehmensregister-System (URS), Nürnberg, kreisfreie Stadt* [Dataset]. https://www.regionalstatistik.de/

Steinbach, J., Bohlayer, M., Schindler, V., & Bunnenberg, L. (2023). *Gutachten zur Dekarbonisierung der Prozesswärmeerzeugung in Hamburg—Anhang 1 Branchensteckbriefe*. IREES Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien GmbH Path to Zero GmbH für die Behörde für Umwelt Klima Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA) Hamburg - Amt Energie und Klima Referat Energiewende in der Wirtschaft. https://irees.de/wp-content/uploads/2024/05/Gutachten-zur-Dekarbonisierung.pdf

TUM. (2024). *Kommunale Wärmeplanung Nürnberg—Datenpaket TUM. Persönliche Mitteilung vom 22.11.2024 von Marco Kerl (TUM Institut Hydrogeologie)* [Dataset].

Zosseder, K., & Böttcher, F. (2024). *Bayernweite, räumlich detaillierte Bestimmung des umsetzbaren Potenzials der oberflächennahen Geothermie zur Einbindung in den Energie-Atlas Bayern*. Technische Universität München (TUM) Lehrstuhl Hydrogeologie im Auftrag Landesamt für Umwelt (LfU). https://www.cee.ed.tum.de/fileadmin/w00cbe/hydro/Pictures/pic_projects/EnergieAtlas/EAB_Abschlussbericht_final_20240408.pdf