

STADTMANNHEIM²

**Kommunale Wärmeplanung
für die
Stadt Mannheim**

Abschlussbericht

Mannheim, 11. Januar 2024

Gefördert durch:



Ministerium für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Part of **THE LÄND**

Erstellt durch:

MVV Regioplan

MVV Regioplan GmbH

Besselstraße 14b

68219 Mannheim

Tel. 0621 / 87675-0, Fax 0621 / 87675-99

E-mail info@mvv-regioplan.de

Internet www.regioplan.com

Projektleitung:	Dipl.-Kfm. techn. Alexander Fucker
Projektbearbeitung:	M.Sc. Geographie Fabian Roth
	M.Sc. Geographie Patrick Burst
	M. Sc. Wirtschaftsingenieurwesen Julia Stein
	M.Sc. Umweltingenieurwesen Ioannis Karakounos
	Dr.-Ing. Pinar Dörder
	Dipl.-Geogr. Ralf Münch
	M.Sc. Wirtschaftsingenieurwesen Katrin Rauland
	Dipl.-Kfm. techn. Alexander Fucker
Projekt-Nr.:	23 KEP 71238

In enger und vertrauensvoller Zusammenarbeit mit

Georg Pins, Nils Poker, Dominik Stroh, Hendric Glatting
Abteilung Klimaschutz
Stadt Mannheim
Glücksteinallee 11
68163 Mannheim

Alexandra Halkenhäuser
Netzstrategie & Konzessionen
MVV Energie AG
Luisenring 49
68159 Mannheim

Marianne Crevon, Sebastian Bohnet
Klimaschutzagentur Mannheim gGmbH
D2 5-8
68159 Mannheim

Marcus Adlon
MVV Umwelt GmbH
Otto-Hahn-Straße 1
68169 Mannheim

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung und Aufgabenstellung	1
1.1. Rechtlicher Rahmen	2
1.2. Rechtswirkung und Einordnung in übergeordnete Planungsebenen	4
1.3. Sonstige klimapolitische Rahmenbedingungen und Förderkulisse	5
1.4. Ablauf der kommunalen Wärmeplanung	7
1.5. Akteursbeteiligung	8
1.6. Datenschutz	10
1.7. Das Untersuchungsgebiet	10
2. Bestandsanalyse	13
2.1. Siedlungsstruktur und -entwicklung	13
2.2. Methodik und Datengrundlage	17
2.2.1. Verarbeitung der Daten	19
2.2.2. Auswertung Gebäudealter und Stockwerkszahlen	21
2.3. Beheizungsstruktur	22
2.4. Wärmeerzeugung und Versorgungsstruktur	24
2.5. Energie- und Treibhausgasbilanz 2020	27
2.6. Wärmeverbrauchsichten	36
3. Potenzialanalyse	41
3.1. Verbrauchsprognosen	41
3.2. Erzeugungspotenziale	44
3.2.1. Biomasse	45
3.2.2. Oberflächennahe Geothermie	46
3.2.3. Tiefengeothermie	49
3.2.4. Solarthermie	50
3.2.5. Photovoltaik zur Stromerzeugung	52
3.2.6. Umweltwärme aus Außenluft und Oberflächengewässer (mittels Wärmepumpe)	53
3.2.7. Abwärme	54
3.2.8. Abwasserwärme	55
3.2.9. Wind zur Stromerzeugung	56
3.2.10. Transformation Fernwärmenetzverbund Rhein-Neckar	59
3.2.11. Perspektive Gasnetz: Erdgasersatz mit synthetischen Gasen	60
4. Wärmewendestrategie	63
4.1. Ausweisung der Eignungsgebiete	63
4.2. Zielszenario 2030 / 2040	75

4.3. Maßnahmenkatalog	80
5. Fazit und Ausblick	81
6. Verwendete und weiterführende Literatur	83

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Übersicht über die Arbeitsschritte der KWP	8
Abbildung 2: Lage Mannheims in der Metropolregion Rhein-Neckar	11
Abbildung 3: Stadtstruktur Mannheims nach Stadtbezirken	14
Abbildung 4: Siedlungsstruktur nach Baualtersklassen	16
Abbildung 5: Verteilung der Baualtersklassen und Stockwerkszahlen	17
Abbildung 6: Datenintegration in GIS	18
Abbildung 7: Verteilung der Hauptenergieträger im Gebäudebestand über alle Sektoren	23
Abbildung 8: Brennstoff nach Baualtersklassen in Heizkesseln	23
Abbildung 9: Brennwertnutzung nach Baualtersklassen	24
Abbildung 10: Erzeugungsmix der Fernwärme für 2020 und 2022 in Mannheim	25
Abbildung 11: Fernwärmeanschlüsse und Fernwärmeverbrauch nach Stadtbezirken (2020)	25
Abbildung 12: Gasanschlüsse und Gasverbrauch nach Stadtbezirken (2020)	26
Abbildung 13: Nutzenergiebilanz des Mannheimer Wärmesektors nach Energieträgern (2020) - ohne Industrie	27
Abbildung 14: Endenergieverbrauch im Mannheimer Wärmesektor nach Eignungsgebieten und Energieträgern (2020)	29
Abbildung 15: Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren und Energieträgern (2020)	31
Abbildung 16: Endenergieverbrauch nach Baualtersklassen (2020)	32
Abbildung 17: Treibhausgasbilanz für Mannheim nach Energieträgern (2020)	33
Abbildung 18: CO ₂ -Emissionen nach Verbrauchssektoren und Energieträgern (2020)	34
Abbildung 19: CO ₂ -Emissionen nach Eignungsgebieten und Energieträgern (2020)	35
Abbildung 20: Gesamtwärmeverbrauch auf der Gemarkung Mannheim nach Kategorien zur Wärmeverbrauchsichte der KEA-BW Baden-Württemberg	38
Abbildung 21: Flächenbezogener Endenergieverbrauch für Wohngebäude nach Altersklassen: Ist-Stand (teilsaniert) und energetische Sanierung mit Ziel 2040	42
Abbildung 22: Wärmeverbrauchseinsparung aufgrund von Sanierungspotenzialen in Mannheim (Nutzenergie)	43
Abbildung 23: Wärmeverbrauchseinsparung aufgrund von Sanierungspotenzialen in Mannheim (Nutzenergie)	44
Abbildung 24: Schematische Abbildung einer Erdwärmesonde	47
Abbildung 25: Erdreichtemperaturen nach Tiefe unter der Geländeoberkante	47
Abbildung 26: Oberflächennahes Geothermiepotenzial für Mannheim	49

Abbildung 27: Potenziell für Abwasserwärme nutzbare Kanäle (inkl. 100 m breite Pufferzone)	56
Abbildung 28: LUBW-Windpotenzialflächen in Mannheim	57
Abbildung 29: Eignungsflächen für Windenergie	58
Abbildung 30: Wärmequellen und Technologien zur Vergrünung der Fernwärme im Mannheimer Modell	59
Abbildung 31: Entwicklung des Erzeugungsmixes der Fernwärme in Mannheim	60
Abbildung 32: Gebietsabgrenzungen der 57 Eignungsgebiete in Mannheim	65
Abbildung 33: Wärmeversorgungssituation in Eignungsgebieten (2020)	71
Abbildung 34: Zukünftige Wärmeversorgung in den Eignungsgebieten (2040)	73
Abbildung 35: Beispielhafte Darstellung eines Steckbriefs am Eignungsgebiet Neckarstadt-West	75
Abbildung 36: Endenergiebilanz 2020 und Zielszenario für die Jahre 2030 und 2040	77
Abbildung 37: Treibhausgasbilanz 2020 und Zielszenario für die Jahre 2030 und 2040	78
Abbildung 38: CO ₂ -Emissionen in 2030 - unterteilt nach Sektoren	79
Abbildung 39: CO ₂ -Emissionen in 2040 - unterteilt nach Sektoren	79

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Bausteine und Top-Maßnahmen des Handlungsfeldes „Energieproduktion“ aus dem Klimaschutz-Aktionsplan 2030	5
Tabelle 2:	Übersicht über Termine des Beteiligungsprozesses zum KWP	9
Tabelle 3:	Wärmewirkungsgrade im Jahresdurchschnitt nach Energieträger bzw. Heizungsart	20
Tabelle 4:	Modulflächen zur Solarenergienutzung nach Dachflächeneignung in Mannheim	51
Tabelle 5:	Photovoltaik Dachflächenpotenzial in Mannheim	52
Tabelle 6:	Siedlungstypen und städtebauliche Struktur der Eignungsgebiete	66

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	Jahr
Abb.	Abbildung
AUT	Ausschuss für Umwelt und Technik / Betriebsausschuss Technische Betriebe
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CO ₂	Kohlendioxid
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EWärmeG	Gesetz zur Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie in Baden-Württemberg
FW	Fernwärme
GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)
GIS	Geoinformationssystem
GWh	Gigawattstunden
HWK	Handwerkskammer
IHK	Industrie- und Handelskammer
Kap.	Kapitel
KEA-BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Förderbank des Bundes)
KlimaG BW	Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg
KMR	Kunststoffverbundmantelrohr
KSA	Klimaschutzagentur Mannheim gGmbH
KSAP	Klimaschutz-Aktionsplan 2030
KTF	Klima- und Transformationsfonds (der Bundesregierung)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kommunale(r) Wärmeplan(ung)
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
LGL	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg
LK	Lenkungsreis
m	Meter
MVV	MVV Energie
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde

PV	Photovoltaik
t	Tonne
UG	Untersuchungsgebiet
WPG	Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze

1. Einführung und Aufgabenstellung

Der Klimawandel und die damit zusammenhängenden Folgen gehören zu den größten globalen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Um den Anstieg der Erderwärmung zu stoppen, muss der Ausstoß von Treibhausgasen drastisch reduziert werden. Betroffen sind insbesondere die Bereiche Energie, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft. Insbesondere bei der Energieerzeugung und dem Energieverbrauch (Wärme und Strom) gibt es sehr großen Handlungsbedarf, denn fast die Hälfte des Energieverbrauchs in Deutschland entfällt auf den Wärmesektor. Daher hat die Umsetzung der **Wärmewende** eine große Bedeutung für den Klimaschutz, das Erreichen der Klimaziele und der Treibhausgasneutralität. Die Wärmewende beschreibt den ziel- und umsetzungsorientierten Transformationsprozess zu einer klimaneutralen Versorgung mit Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme, der zunächst eine drastische Reduzierung des Wärmebedarfs der Gebäude erfordert. Doch auch künftig werden noch erhebliche Mengen Energie für Wärme eingesetzt, die nach und nach möglichst vollständig aus verschiedenen Quellen erneuerbarer Energien und Abwärme gedeckt werden. So wird der Gebäudebestand langfristig klimaneutral. Städte und Gemeinden können und müssen hier ihren wichtigen Beitrag leisten, auch weil Wärme nur eingeschränkt transportfähig ist und erneuerbare Energiepotenziale lokal gehoben werden müssen.

Die Stadt Mannheim setzt sich mit dem Klimaschutz-Aktionsplan 2030 das Ziel, Klimaneutralität in Mannheim in 2030 zu erreichen und die Stadt gleichzeitig an die Herausforderungen des Klimawandels anzupassen¹.

Mit der Novellierung des **Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetzes Baden-Württemberg** (KlimaG BW) im Oktober 2020 wurden Stadtkreise und Große Kreisstädte verpflichtet, bis Ende 2023 einen kommunalen Wärmeplan (KWP) zu erstellen. Mit 325.691 Einwohner:innen (Stand: 31.12.2022)² gehört Mannheim als Stadtkreis zu den Kommunen in Baden-Württemberg, die zur Aufstellung eines KWP verpflichtet sind, und damit zu den Vorreiterstädten im Bundesgebiet.

Übergeordnetes Ziel der KWP in Baden-Württemberg ist es, ein umsetzungsorientiertes Strategie- und Handlungskonzept mit dem Ziel der Klimaneutralität bis 2040 zu entwickeln. Die Wärmepläne sollen dabei regelmäßig aktualisiert und fortgeschrieben werden.

Die kommunale Wärmeplanung (KWP) analysiert detailliert, welche Potenziale für regenerative Energien im Stadtgebiet genutzt werden können, wo welcher Energieträger in welcher Menge im Stadtgebiet verbraucht wird und zeigt die Sanierungspotenziale im Gebäudebereich zur Senkung

¹ vgl. www.mannheim.de/de/nachrichten/klimaschutz-aktionsplan-2030-beschlossen (Abruf: 15.12.2023).

² vgl. Statistikatlas Mannheim: Bevölkerung am Ort der Hauptwohnung, <https://web2.mannheim.de/statistikatlas/>.

des Wärmeverbrauchs ebenso wie die Potenziale zur Erschließung erneuerbarer Energien und Abwärme auf.

Die KWP hat drei Kernbestandteile, das Zielszenario, den Maßnahmenkatalog sowie die Festlegung von sog. Eignungsgebieten, in denen zentrale bzw. dezentrale Wärmeversorgungslösungen im Schwerpunkt zur Umsetzung des Zielszenarios vorgesehen sind. Damit stellt die KWP auch für Gebäudeeigentümer:innen und Energieversorgungsunternehmen eine wichtige Orientierung für Planungs- und Investitionssicherheit bei der Realisierung eigener (klimaneutraler) Versorgungssysteme dar.

1.1. Rechtlicher Rahmen

Stadtkreise und Große Kreisstädte in Baden-Württemberg sind gemäß Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz (KlimaG BW) verpflichtet, bis zum 31. Dezember 2023 einen kommunalen Wärmeplan im Sinne von § 27 KlimaG BW aufzustellen. Dieser ist nach Landesrecht spätestens alle sieben Jahre nach der jeweiligen Erstellung unter Berücksichtigung der weiteren Entwicklungen fortzuschreiben. Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) sieht auf Bundesebene inzwischen eine Aktualisierung alle fünf Jahre vor. Die zur Wärmeplanung verpflichteten Kommunen müssen die erforderlichen Daten innerhalb von drei Monaten nach Fertigstellung beim zuständigen Regierungspräsidium vorlegen. Dabei sind mindestens fünf Maßnahmen zu benennen, mit deren Umsetzung innerhalb der auf die Veröffentlichung folgenden fünf Jahre begonnen werden soll.

Die Regelungen enthalten darüber hinaus Vorgaben zum Schutz personenbezogener Daten und zur Öffentlichkeitsbeteiligung, wonach eine Pflicht zur frühzeitigen und fortlaufenden Beteiligung der Öffentlichkeit und von Interessengruppen sowie Vertreter:innen der Wirtschaft bei der Erstellung des kommunalen Wärmeplans besteht. Ergebnisse der Wärmeplanung sind dabei vor seinem Beschluss öffentlich auszulegen. Diese Pflichten wurden deutlich überkompensiert (vgl. Kap. 1.5).

Wärmeplanungsgesetz des Bundes (WPG)

Die Bundesregierung hat im August 2023 das **Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze** beschlossen, mit dem die Grundlagen für die Einführung einer flächendeckenden Wärmeplanung in ganz Deutschland geschaffen werden. Die Wärmeversorgung soll damit auf Treibhausgasneutralität umgestellt werden, um die Erreichung der **Klimaschutzziele der Bundesregierung bis 2045** im Wärmesektor zu unterstützen. Das Gesetz verpflichtet die Bundesländer dazu, sicherzustellen, dass in ihrem jeweiligen Gebiet bis zum 30.06.2026 alle Großstädte mit über 100.000 Einwohner:innen bzw. bis zum 30.06.2028 alle Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohner:innen Wärmepläne erstellen. Bereits bis 30.06.2026 bzw. 30.06.2028 nach Landesrecht aufgestellte kommunale Wärmepläne werden durch das Bundesgesetz anerkannt, müssen

aber erst im Rahmen der Fortschreibung – im Zyklus von fünf Jahren – die bundesrechtlichen Regelungen erfüllen.

Das Gesetz legt darüber hinaus das Ziel fest, bis zum Jahr 2030 die Hälfte der leitungsgebundenen Wärme klimaneutral zu erzeugen. Dazu sollen **Wärmenetze** bis 2030 zu einem Anteil von 30 % und bis 2040 zu 80 % mit Wärme aus erneuerbaren Energien oder aus unvermeidbarer Abwärme gespeist werden. Bereits alle ab Januar 2024 neu realisierten Wärmenetze müssen verpflichtend mindestens zu 65% mit erneuerbaren Energien oder Abwärme gespeist werden. Schließlich enthält das Wärmeplanungsgesetz für die Betreiber eines Wärmenetzes eine Verpflichtung zur Erstellung von Wärmenetzausbau- und Dekarbonisierungsfahrplänen.

Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Mit dem seit November 2020 geltenden Gebäudeenergiegesetz (GEG)³ soll die Wärmewende in den Gebäuden unterstützt und erreicht werden. Das Gesetz bezieht sich auf alle Gebäude, die beheizt oder klimatisiert werden und enthält im Wesentlichen Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden und an den Einsatz erneuerbarer Energien, indem es Vorgaben zur Heizungs- und Klimatechnik, zu Wärmedämmstandards, den sommerlichen Hitzeschutz von Gebäuden usw. macht.

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung wurde von der Bundesregierung eine Novellierung des GEG beschlossen, wonach ab 2024 laufende Heizungen überprüft und gegebenenfalls optimal eingestellt werden sollen. Künftig soll möglichst jede neu eingebaute Heizung zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Dies gilt im Neubau in Neubaugebieten bereits ab 1.1.2024. Für bestehende, funktionierende Heizungen ändert sich durch das Gesetz beim Heizungstausch nichts gegenüber den vorher gültigen Regelungen. Für neue Heizungen in Bestandsgebäuden gilt eine Übergangsfrist von drei Jahren. Ist absehbar, dass das Haus an ein Wärmenetz angeschlossen werden kann, gilt eine Frist von 10 Jahren. Heizungen mit fossilen Brennstoffen müssen spätestens 2045 abgeschaltet werden.

Zusammenhang von WPG und GEG

Der Kommunale Wärmeplan stellt nach Beschluss durch den Gemeinderat ein informelles Planungskonzept dar, das keine rechtliche Bindungswirkung entfaltet. Gemäß § 26 WPG i. V. m. § 71 Abs. 8 (3) GEG kann durch eine planungsverantwortliche Stelle eine Entscheidung über die Ausweisung von Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder als Wasserstoffnetzausbaugebiet getroffen werden, damit einen Monat nach Bekanntgabe der Entscheidung die Anforderungen an Heizungsanlagen gemäß § 71 GEG anzuwenden sind. Dies sieht im Wesentlichen vor,

³ Mit dem Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG) wurde die Energieeinsparverordnung (EnEV), das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und das Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz (EEWärmeG) abgelöst und deren Inhalte zu einer Vorschrift verbunden.

dass mindestens 65 % der mit der Heizungsanlage bereitgestellten Wärme mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme erzeugt werden. Diese Ausweisung wird aus Sicht des Gutachters empfohlen, da hierdurch auch der Zugang zu weiteren Fördermitteln für die Eigentümer:innen eröffnet werden kann. Die Bindungswirkung formal beschlossener Wärmepläne verschafft (privaten) Investor:innen Planungssicherheit.

1.2. Rechtswirkung und Einordnung in übergeordnete Planungsebenen

Beim kommunalen Wärmeplan handelt es sich um ein strategisches, informelles Planungsinstrument der Gemeinde, das mit einem Feststellungsbeschluss des Gemeinderats zum Abschluss des Planungsverfahrens verabschiedet wird. Mit dem Feststellungsbeschluss kommen dem Wärmeplan aber weder eine unmittelbare Außen- noch eine direkte rechtliche Bindungswirkung zu. Mittelbar kann der kommunale Wärmeplan aber bereits nach geltendem Recht zu berücksichtigen sein. So sind insbesondere die Ergebnisse und Inhalte des Wärmeplans für die Bauleitplanung abwägungsrelevant (siehe § 1 Abs. 6 (7) g BauGB). Mit der zukünftigen Möglichkeit der Entscheidung über die Ausweisung von Wärmenetz- oder Wasserstoffnetzausbaugebieten nach § 26 Abs. 1 WPG sind diese sogar, hinsichtlich der dort berücksichtigten Ergebnisse des Wärmeplans, dann nicht mehr Teil der Abwägung im Bauleitplanverfahren. Auch bestehen gemäß §§ 8 Abs. 2, 32 Abs. 5 WPG mittelbare Außenwirkungen für die betroffenen Netzbetreiber.

Im Rahmen der Erarbeitung des kommunalen Wärmeplans sind neben den klimarelevanten Gesetzen und Zielvorgaben auch die übergeordneten Planungsgrundlagen, wie der Einheitliche Regionalplan (ERP) oder der Flächennutzungsplan Heidelberg-Mannheim (FNP) sowie die wesentlichen kommunalen Klimaschutzpläne (z. B. Klimaschutz-Aktionsplan 2030) zu berücksichtigen.

Klimaschutz-Aktionsplan 2030

Der Klimaschutz-Aktionsplan 2030 (KSAP)⁴ ist die zentrale, querschnittorientierte Strategie der Stadt Mannheim auf dem Weg zur Klimaneutralität. Der Aktionsplan wurde im November 2022 vom Mannheimer Gemeinderat beschlossen und umfasst Ziele und Handlungsfelder für die Verwaltung sowie für die gesamte Stadtgesellschaft, d. h. einschließlich Unternehmen und Bürgerschaft. Insgesamt konnten im Erstellungsprozess 81 Maßnahmen in acht Handlungsfeldern erarbeitet werden, von denen 34 als TOP-Maßnahmen mit hoher Priorität identifiziert wurden. Der KSAP ist eingebettet in weitere Aktivitäten der Stadt, u. a. als Bestandteil des Prozesses zum „Local Green Deal“ (LGD), der mit der Stadtgesellschaft Antworten auf und Projekte für die Herausforderungen in Zeiten des

⁴ Erarbeitet durch das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie im Auftrag der Stadt Mannheim.

Klimawandels und der sozial-ökologischen Transformation entwickelt und dabei die Ziele einer klimaneutralen, nachhaltigen, integrativen Stadt mit hoher Lebensqualität verfolgt.

Der Aktionsplan enthält im Handlungsfeld „Energieproduktion“ und den Bausteinen „Stromerzeugung“, „Smart Grids“, „Dekarbonisierung der Wärmeversorgung“, „Wasserstoff“ und „Konkrete und übergreifende Maßnahmen“ Maßnahmen, die zum Ausbau der regenerativen Strom- und Wärmeversorgung und der Dekarbonisierung der Fernwärme in Mannheim beitragen sollen. Neben der kommunalen Wärmeplanung, die insbesondere als Grundlage für die strategische Förderung und Beratung dienen soll, sind im Handlungsfeld „Energieproduktion“ sieben TOP-Maßnahmen definiert, die in Tabelle 1 zusammengefasst sind.

Tabelle 1: Bausteine und Top-Maßnahmen des Handlungsfeldes „Energieproduktion“ aus dem Klimaschutz-Aktionsplan 2030

Quelle: Wuppertal Institut (2023)

Handlungsfeld „Energieproduktion“		
Baustein	Top-Maßnahme	Kurzbeschreibung/Ziel
Stromerzeugung	PV-Offensive	Aktivierung ungenutzter Dach- und anderer Flächen (z. B. Parkplätze, Parkhäuser, Garagen) im Bestand, die sich für den Ausbau anbieten
Smart Grids	Auf- und Ausbau von intelligenter Energiesteuerung und Smart Grids	Identifizierung passender Gebiete zum Aufbau von Smart Grids, d.h. intelligente Stromnetze, die digital die Stromerzeugung und -nachfrage steuern
Dekarbonisierung der Wärmeversorgung	Fern- und Nahwärme	Ausbau der Fernwärmeversorgung, Identifizierung von Gebieten mit Nahwärmepotenzialen, Dekarbonisierung bzw. emissionsarme Versorgung
	Geothermie	Erschließung der Geothermie-Potenziale in Mannheim
Wasserstoff	Förderung zur Umstellung der Wärmeversorgung	Beratung und Förderung auf Grundlage der kommunalen Wärmeplanung
	Wasserstoffstrategie	Steigerung und strategischer Ausbau der Produktion und Anwendung von „grünem“ Wasserstoff
Konkrete und übergreifende Maßnahmen	Energieautarkes Klärwerk	Das Großklärwerk des Eigenbetriebs Stadtentwässerung soll energieautark werden

1.3. Sonstige klimapolitische Rahmenbedingungen und Förderkulisse

Die aktuell wesentlichen Rahmenbedingungen für die Wärmeversorgung ergeben sich zum einen aus der Entwicklung der Energie- und Rohstoffpreise, der Kosten für Investitionen in

Wärmeversorgungstechnologien und der Verfügbarkeit von Ressourcen (z. B. personell, materiell, finanziell, institutionell). Zum anderen wird die Entwicklung u. a. durch energie- und wärmerrelevante Gesetze und Verordnungen oder die Förderkulisse von Bund und Ländern gesteuert:

- Entwicklung der Fördersätze in der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) für Einzelmaßnahmen, Wohn- und Nichtwohngebäude beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) oder der Bonus für die Modernisierung der energetisch schlechtesten Gebäude („Worst Performing Buildings“-Bonus) etc.,
- gesetzliche Verschärfung der Anforderungen bei Neubauten (z. B. Erneuerbare-Wärme-Gesetz BW), Pflicht zur Installation von Photovoltaik (PV) auf Dach- und Parkplatzflächen (PVPf-VO BW⁵) etc.,
- Förderung zur Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze durch Machbarkeitsstudien und Transformationspläne sowie Optimierungen; Konzeption, Planung und Umsetzung neuer Wärmenetze mit hohen Anteilen erneuerbaren Energien, inklusive kalter Nahwärme durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) bei der BAFA,
- Förderprogramme des Bundes zur energetischen Quartiersentwicklung und Maßnahmen zur Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit (KfW-Programm 432),
- Städtebauförderung des Bundes und des Landes; Programm für die städtebauliche Erneuerung und Entwicklung durch das Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen, Förderschwerpunkte sind u. a. Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel,
- Förderprogramm „Klimaschutz-Plus“ des Umweltministeriums des Landes Baden-Württemberg zur Unterstützung von Kommunen, Unternehmen, Vereine, kirchliche Organisationen und kommunale Betriebe und zur Erfüllung der Klimaschutzziele KlimaG BW,
- Städtische Förderprogramme für klimaschutzrelevante Maßnahmen, z. B. für die energetische Sanierung von und für Effizienzmaßnahmen an Wohn- und Nichtwohngebäuden, der Solar-Bonus (für Kunden von *MVV Solar*) sowie für die Dach- und Fassadenbegrünung oder Entsiegelung von Flächen. Die Förderprogramme werden durch die Klimaschutzagentur Mannheim (KSA) betreut.⁶

Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom 15.11.2023

Im 2. Nachtragshaushalt (Februar 2022) hat die Bundesregierung 60 Milliarden Euro an Kreditermächtigungen in ein Sondervermögen (sog. „Klima- und Transformationsfonds“; KTF) verschoben,

⁵ Verordnung des Umweltministeriums zu den Pflichten zur Installation von Photovoltaikanlagen auf Dach- und Parkplatzflächen (Photovoltaik-Pflicht-Verordnung- PVPf-VO) vom 11.10.2021, zuletzt geändert durch Verordnung vom 21.10.2022 (GBl. S. 610).

⁶ Nähere Infos dazu unter www.klima-ma.de/energie/foerderprogramme.

da diese Summe zur Überbrückung der „Corona-Pandemie“ – als Notsituation, die eine Ausnahme von der Schuldenbremse gem. Art. 115 GG rechtfertigte – nicht mehr benötigt wurden und im Haushalt für 2021 bereits verbucht waren.

Mit Urteil vom 15.11.2023 hat das Bundesverfassungsgericht diesen 2. Nachtragshaushalt für nichtig / verfassungswidrig erklärt, weil u. a. der Zusammenhang zwischen Notsituation und Überschreitung der Kreditobergrenzen unzureichend dargelegt ist und der Grundsatz der Vorherigkeit gem. Art. 110 verletzt ist. Dies hat eine Finanzierungslücke für den Wirtschaftsplan des KTF zur Folge (< 60 Milliarden Euro). Der Bundesfinanzminister löschte daraufhin die Kreditermächtigungen, verhängte eine sofortige Haushaltssperre für den KTF gem. § 41 Bundeshaushaltsordnung und kündigte die Aufstellung eines neuen Wirtschaftsplans für Jahre ab 2024 an. Für viele Förderausgaben bedeutet das, dass sie derzeit mit Antrags- bzw. Bewilligungsstopps gesperrt sind. Betroffen sind u. a. die kommunalen KfW-Programme Energetische Stadtsanierung 201, 202, 432 und die BAFA-Förderprogramme BEW, EEW (Energieeffizienz in der Wirtschaft), EBN und EBW (Energieberatung für (Nicht-)Wohngebäude – mit Ausnahme des BEG).

1.4. Ablauf der kommunalen Wärmeplanung

Die **Transformation der Wärmeversorgung** zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung und die kommunale Wärmeplanung als strategischer Steuerungsprozess sind von herausragender Bedeutung für den Klimaschutz. Jede Kommune entwickelt in ihrem kommunalen Wärmeplan einen individuellen Weg, der die spezifische städtebauliche und versorgungstechnische Ausgangssituation sowie vorhandene Potenziale, Strukturen, Prozesse und Zuständigkeiten vor Ort bestmöglich berücksichtigt. Er dient somit als strategische Grundlage und Fahrplan, um konkrete Entwicklungsziele und Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen und die handelnden Akteure in den nächsten Jahrzehnten bei der Transformation der Wärmeversorgung zu unterstützen. *„Mit der Wärmeplanung macht sich die Gemeinde die Wärmeversorgung als Aufgabe der kommunalen Daseinsvorsorge zu eigen“.*⁷

Die kommunale Wärmeplanung gliedert sich in vier wesentliche Arbeitsschritte: Zunächst wird eine **Bestandsaufnahme** durchgeführt, um die bestehenden Wärmeversorgungssysteme und -strukturen, aktuelle Wärmeverbräuche, die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen sowie vorhandenen Gebäudetypen und Baualtersklassen räumlich aufgelöst im Geoinformationssystem zu **analysieren**. Darauf folgt die **Potenzialanalyse**. Einerseits werden Sanierungspotenziale zur Energieeinsparung für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme und andererseits Potenziale für lokal verfügbare erneuerbare Energien sowie Abwärme in der Kommune abgeschätzt und bilanziert. Auf Basis der Ergebnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse erfolgt die **Entwicklung des**

⁷ www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/27-kommunale-waermeplanung.

Klimaneutralen Szenarios, das als Zielszenario für das Jahr 2040 mit einem Zwischenschritt für das Jahr 2030 dient. Dazu gehört auch eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2040 bzw. 2030. Dies gelingt im vierten Schritt durch die Ermittlung von Eignungsgebieten für eine zentrale Versorgung über Wärmenetze bzw. für eine dezentrale Einzelversorgung von Gebäuden. Für die Planung der zukünftigen Energieversorgung sind neben den Klimaschutzzielen insbesondere die wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die Gewährleistung der Versorgungssicherheit zu berücksichtigen. Neben den Eignungsgebieten beinhaltet die Handlungsstrategie – als Roadmap für die Umsetzung der Wärmewende – einen umfassend beschriebenen Maßnahmenkatalog mit Umsetzungsprioritäten für die nächsten Jahre, wobei mit der Umsetzung von fünf Maßnahmen innerhalb der auf die Veröffentlichung folgenden fünf Jahre begonnen werden soll.⁸ Dabei ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Verwaltung, Energieversorgern, Netzbetreibern, Bürgerschaft und weiteren relevanten Akteuren (z. B. IHK, MRN, Energieberater:innen, Schornsteinfeger:innen, Handwerkskammer) erforderlich. Der Prozess der Akteursbeteiligung lief parallel zum in nachfolgender Abbildung skizzierten Fachprozess und wird im Folgekapitel genauer beschrieben.



Abbildung 1: Übersicht über die Arbeitsschritte der KWP

1.5. Akteursbeteiligung

Der kommunale Wärmeplanungsprozess wurde zum Zwecke der Akzeptanz, Transparenz und inhaltlicher Rückkopplung mit den betroffenen Akteuren von einem breiten Beteiligungsprozess auf unterschiedlichen Ebenen begleitet.

Hierzu wurde im ersten Schritt ein Lenkungskreis – bestehend aus Stadtverwaltung, KSA und MVV etabliert, der als beratendes Gremium die Aufgabe hatte, inhaltliche Ergebnisse zu prüfen und mit der eigenen Strategie in Einklang zu bringen. Ziel war hierbei, alle handelnden Akteure strategisch hinter dem KWP zu vereinen, um diesen in der Folge geschlossen umsetzen zu können.

Im Gemeinderat als Beschlussgremium und Vermittler zur Bürgerschaft wurden fachliche Ergebnisse über den Fortschritt des KWP ebenso wie in seinem vorberatenden Gremium – dem

⁸ vgl. § 27 KlimaG BW.

Ausschuss für Umwelt und Technik / Betriebsausschuss Technische Betriebe (AUT) – ordnungsgemäß präsentiert und diskutiert. Am 27.10.2023 fand – über die übliche Berichterstattung in den Gremien hinaus – ein mehrstündiger Workshop mit allen Fraktionen statt. Am 15.11.2023 folgte ein Informationsabend für alle Bezirksbeiräte.

Die Bürgerschaft wurde mit zwei öffentlichen Informationsveranstaltungen, mit der Offenlage von Ergebnissen des KWP sowie regelmäßiger Pressearbeit über die KWP auf dem Laufenden gehalten und hatte ebenfalls mehrfach Gelegenheit inhaltliche Eingaben zu tätigen. Zudem wurden zwei Informationsveranstaltungen mit lokalen Umweltinitiativen durchgeführt.

Teilnehmende im Lenkungskreis (LK) waren unter anderem:

Dr. Katharina Rensing	Fachbereichsleiterin Klima, Natur, Umwelt, Stadt Mannheim
Georg Pins	Abteilungsleiter Klimaschutz, Stadt Mannheim
Nils Poker	Projektmanager Klimaresiliente Stadt, Stadt Mannheim
Dominik Stroh	Projektmanager Klimaschutzmonitoring, Stadt Mannheim
Hendric Glatting	Projektmanager Klimaneutrale Stadt, Stadt Mannheim
Marianne Crevon	Prokuristin, Klimaschutzagentur Mannheim
Sebastian Bohnet	Energieberater, Klimaschutzagentur Mannheim
Alexandra Halkenhäuser	Leiterin Netzstrategie und Konzessionen, MVV Energie
Marcus Adlon	Geschäftsführer, MVV Grüne Wärme
Andreas Gabriel	Teamleitung Produkt- und Projektmanagement, MVV Energie
Alexander Fucker	Projektleiter Nachhaltige Stadtentwicklung, MVV Regioplan

Tabelle 2: Übersicht über Termine des Beteiligungsprozesses zum KWP

Datum	Gremium	Inhalte
13.10.2022	1. LK-Sitzung: Kick-Off	Kennenlernen, Wesen / Ziele, Datenerhebung
24.01.2023	2. LK-Sitzung	Bestandsanalyse, Beteiligungsprozess, Datenerhebung
21.03.2023	1. Bürgerinformation	Bestandsanalyse, Wesen / Ziele, Maßnahmen, Fernwärme, Förderung
21.07.2023	3. LK-Sitzung	Bestands- und Potenzialanalyse, Eignungsgebiete, Maßnahmenkatalog, Beteiligungsprozess
23.07.2023	Sitzung des Hauptausschusses	Information zu strategischen Eckpunkten der KWP
21.09.2023	AUT-Sitzung	1. Zwischenpräsentation
25.09.2023	4. LK-Sitzung	Eignungsgebiete, Zielszenario, Handlungskonzept
27.10.2023	Workshop mit Gemeinderat	Präsentation Zwischenergebnisse, Klärung offener Fragen
09.11.2023	2. Bürgerinformation	Ergebnisse der KWP, Zusammenhang GEG

15.11.2023	Online-Austausch für alle Bezirksbeirat:innen	Ergebnisse der KWP, Klärung offener Fragen
09.11. – 01.12.2023	Bürgerschaft	Offenlage (Präsentation, Eignungsgebiete, Maßnahmenkatalog) mit Online-Feedback-Funktion
27.11.2023	5. LK-Sitzung	Beteiligungsergebnisse Offenlage, Zielszenario, Finalisierung des Maßnahmenkatalogs
25.01.2024	AUT-Sitzung	2. Zwischenpräsentation: Ergebnisse der KWP
06.02.2024	Gemeinderat	Beschluss KWP
07.02.2024	6. LK-Sitzung	Nächste Schritte der Wärmewendestrategie

Darüber hinaus haben zu einzelnen Fachfragen bilaterale Gespräche mit den verantwortlichen Akteuren aus Stadtverwaltung, Energieversorgung, Dienstleistern usw. stattgefunden. Neben regelmäßigen Veröffentlichungen der Stadt Mannheim zur kommunalen Wärmeplanung auf ihrer Homepage⁹ und im Amtsblatt hat auch der Mannheimer Morgen im Lokalteil mehrfach über den Fortschritt des fachlichen Prozesses berichtet.

1.6. Datenschutz

Gemäß den Vorschriften zum Datenschutz in § 27 Abs. 5 KlimaG BW wurden in allen Darstellungen gebäudebezogene Angaben in Rastern aggregiert. Die Einteilung in Kacheln als kleinräumige Gliederung wurde nur für einzelne Baublöcke angepasst, um die geforderte Mindestanzahl von fünf Gebäuden pro Kachel sicherzustellen. Einzelne für den Schutz persönlicher Daten kritische Kacheln in Randlagen wurden in Kartendarstellungen ausgeblendet, in allen Bilanzen und Potenzial- bzw. Szenarioberechnungen jedoch berücksichtigt.

Alle gebäudebezogenen Daten, wie zum Beispiel Energieverbräuche, Einschätzungen zum Sanierungspotenzial oder auch Angaben zu Heizungsanlagen pro Gebäude werden vertragsgemäß ausschließlich zum Zwecke der KWP verwendet und nach Projektende gelöscht.

1.7. Das Untersuchungsgebiet

Die Stadt Mannheim, mit rund 326.000 Einwohnenden¹⁰ zweitgrößte Stadt Baden-Württembergs, liegt im Nordwesten des Bundeslandes unmittelbar am Dreiländereck zu Rheinland-Pfalz und Hessen. Mannheim bildet neben seiner linksrheinischen Nachbarstadt Ludwigshafen am Rhein und der dritten Großstadt Heidelberg das wirtschaftliche und kulturelle Zentrum der Europäischen

⁹ vgl. § 27 KlimaG BW.

¹⁰ Info-Homepage der Stadt Mannheim zur KWP: www.mannheim.de/de/service-bieten/mannheim-auf-klimakurs/waermeplanung.

Metropolregion Rhein-Neckar. Die überregional nächstgelegenen Großstädte sind Frankfurt am Main, etwa 80 km nördlich, Karlsruhe, rund 65 km südlich und Stuttgart, etwa 135 km südöstlich. Auf der Verwaltungsebene bildet Mannheim einen eigenen Stadtkreis innerhalb der Region des Raumordnungsverbandes Rhein-Neckar. Naturräumlich liegt Mannheim in der Oberrheinischen Tiefebene am Mündungsdreieck von Rhein und Neckar zwischen dem Odenwald im Osten und dem Pfälzer Wald im Westen.

Gemäß Landesentwicklungsplan (LEP) 2002 bildet Mannheim mit Ludwigshafen ein oberzentrales Doppelzentrum im grenzüberschreitenden Verdichtungsraum Rhein-Neckar, das Ausgangspunkt einzelner Landesentwicklungsachsen nach Darmstadt (Hessen), Heidelberg und Schwetzingen(-Karlsruhe) ist. Gemäß des seit 2014 rechtsverbindlichen Einheitlichen Regionalplan Rhein-Neckar 2020 (ERP), der sich an den Leitsätzen und Zielen des Landesentwicklungsplanes ausrichtet, hat Mannheim in der Funktion als Oberzentrum (bzw. als Teil des Doppelzentrums) die Aufgabe, die gesamte Region mit hochqualifizierten Leistungen im sozialen, wirtschaftlichen, kulturellen und wissenschaftlichen Bereich zu versorgen.

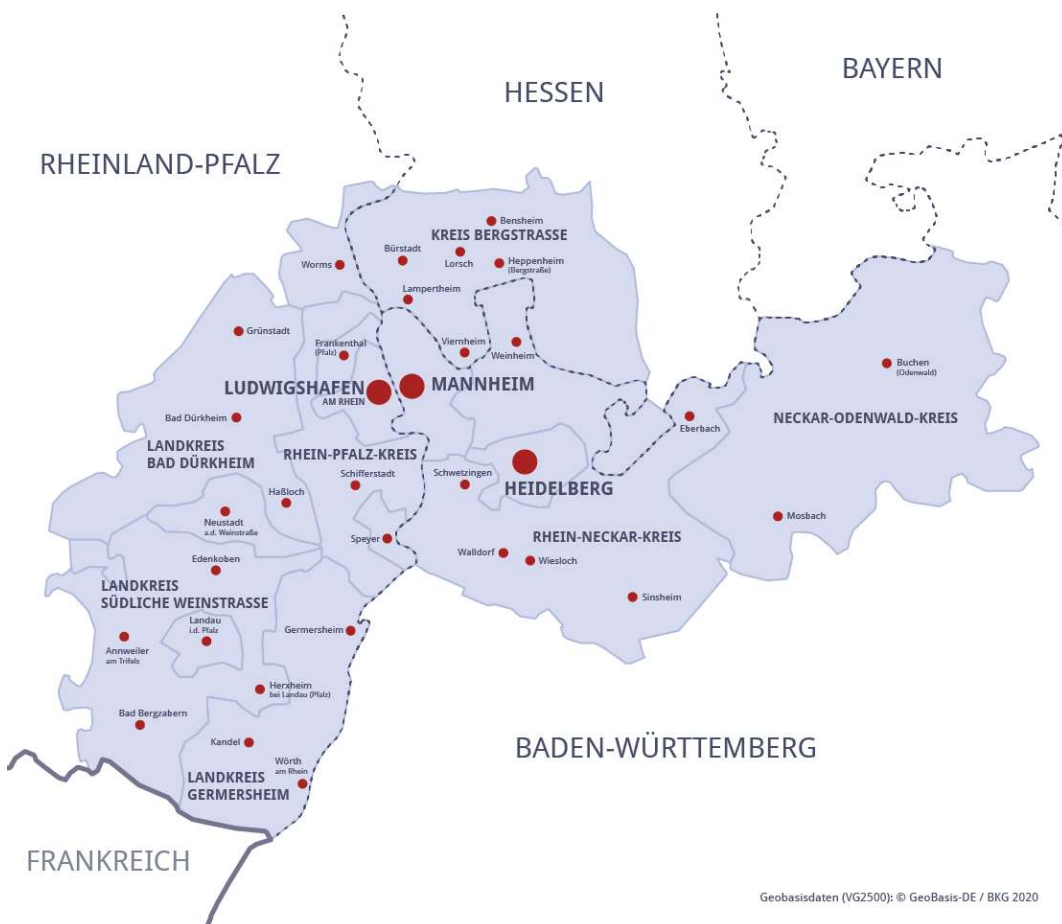


Abbildung 2: Lage Mannheims in der Metropolregion Rhein-Neckar

Quelle: <https://deutsche-metropolregionen.org/metropolregion/rhein-neckar>

2. Bestandsanalyse

Für die Bestandsanalyse werden die Siedlungsbereiche in Mannheim in (sinnvolle) Teilgebiete gegliedert, um eine effiziente, strategische Bearbeitung zu ermöglichen. Ziel ist eine räumlich aufgelöste Beschreibung der aktuellen Wärmeversorgungssituation in Mannheim.

2.1. Siedlungsstruktur und -entwicklung

Die Stadt Mannheim gliedert sich in 17 Stadtbezirke bzw. 38 Stadtteile und erstreckt sich von Sandhofen im Norden nach Rheinau und Friedrichsfeld im Süden, sowie östlich des Rheins von Neckarstadt, Innenstadt und Neckarau im Westen nach Wallstadt im Osten (vgl. Abbildung 3). Mannheim hat eine Fläche von 144,96 km², die sich auf ca. 42 % Siedlungsfläche, 16,5 % Verkehrsfläche, 36,5 % Vegetationsfläche (Landwirtschaft und Wald-/Gehölzfläche) sowie 5 % Gewässerfläche verteilt.¹¹

Die Einwohnerzahl beträgt aktuell knapp 326.000 (Stand: 31.12.2022) und ist in den letzten zwanzig Jahren um fast 10 % gestiegen. In jüngster Zeit verzeichnete Mannheim seit 2020 einen Zuwachs von rund 5.000 Einwohnern. Neben der Zuwanderung ist diese Entwicklung vor allem auf die Umnutzung der Konversionsflächen in Wohnquartiere nach Abzug der amerikanischen Streitkräfte zurückzuführen, insbesondere seit 2018 im Stadtteil Franklin (Stadtbezirk Käfertal), wo sich die Bevölkerung allein von 2020 bis 2022 um ca. 3.500 erhöht hat. Die aktuelle Bevölkerungsprognose 2023 für die nächsten 20 Jahre (bis 2042) erwartet für Mannheim einen weiteren Bevölkerungszuwachs um rund 3,7 %, am stärksten in Franklin, wo prognostiziert wird, dass die Bevölkerung bis dahin um etwa 40 % wachsen wird.

¹¹ vgl. www.mannheim.de/de/stadt-gestalten/daten-und-fakten/stadtgebiet-und-flaechennutzung.

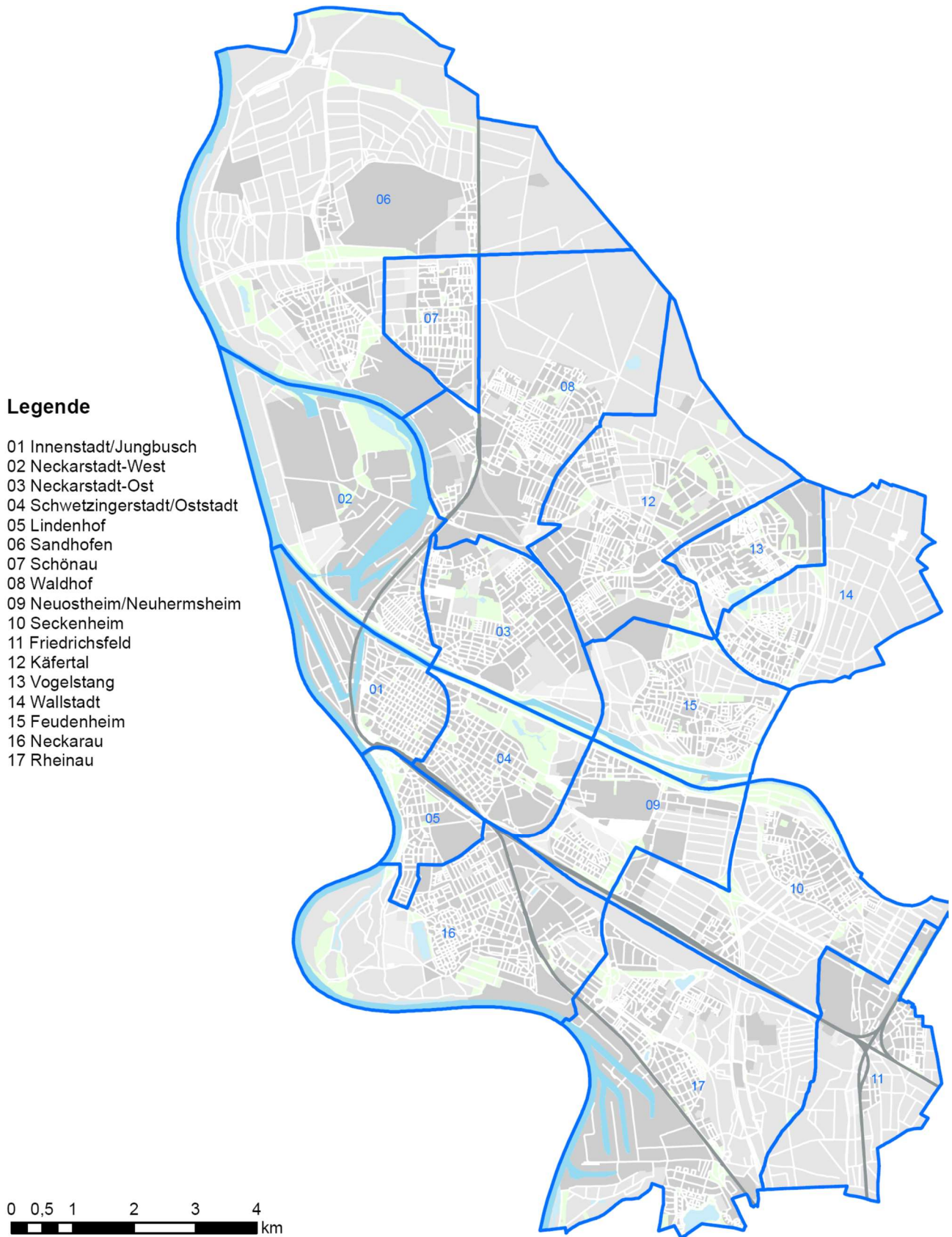


Abbildung 3: Stadtstruktur Mannheims nach Stadtbezirken

Quelle: www.mannheim.de/de/stadt-gestalten/daten-und-fakten/stadtteildaten-auf-einen-blick

Die Stadtentwicklung Mannheims begann im Wesentlichen mit der planmäßigen, anhand eines auf dem Reißbrett entworfenen Idealplans mit ebenmäßigen, quadratischen Bau- und Häuserblöcken zu Beginn des 17. Jahrhunderts, dessen Grundriss („Quadratstadt“) weitgehend erhalten ist und heute das Hauptgeschäftszentrum Mannheims bildet. Die Innenstadt weist eine dichte Blockrandbebauung auf, die durch Quer- und Ringstraßen durchzogen und eingefasst wird.

Um die historische Innenstadt grenzen mit Jungbusch, Neckarstadt-West und -Ost, Ost- und Schwetzingenstadt sowie Lindenhof mehrere innere Stadtbezirke an, die gegen Ende des 19. Jahrhunderts als gründerzeitliche Wohnquartiere mit dichter Blockrandbebauung angelegt oder erweitert wurden. Im Zuge der rasanten industriellen Entwicklung Mannheims ab Mitte/Ende des 19. Jahrhunderts entstanden weitere Wohnsiedlungen im Umfeld der Industrie- und Hafenanlagen, z. B. Waldhof, Rheinau oder Schönau. Diese Stadtteile sind als typische Arbeiterwohnsiedlungen durch genossenschaftliche Mehrfamilienhausbebauung in Zeilen- oder Reihenhaushausform geprägt. Ende des 19. Jahrhunderts und im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts folgten mehrere Eingemeindungen ehemals selbstständiger Gemeinden, wie z. B. Käfertal, Seckenheim, Feudenheim, Sandhofen, Wallstadt oder Friedrichsfeld. Die Stadtteile weisen in der Regel einen kleinteiligen und gewachsenen Ortskern mit historischem Bau- und Wohnbestand sowie Wohngebietserweiterungen ab der Zwischenkriegszeit auf. Ab den 1960er Jahren erfolgten weitere größere Siedlungsentwicklungen, wie zum Beispiel der Stadtteil Vogelstang, der als Großwohnsiedlung mit einer hohen Bevölkerungsdichte angelegt wurde.

Die Gewerbe- und Industriegebiete, die in Mannheim mit rund 20,4 km² gut ein Drittel der Siedlungsfläche ausmachen, liegen vor allem im Bereich der Rheinhäfen im Süden (Rheinau) und nordwestlich der Innenstadt (Neckarstadt-West, Jungbusch, Waldhof) sowie verkehrsgünstig zu den Autobahnen im Norden (Sandhofen), zentral (Neuostheim) oder im Süden (Friedrichsfeld).

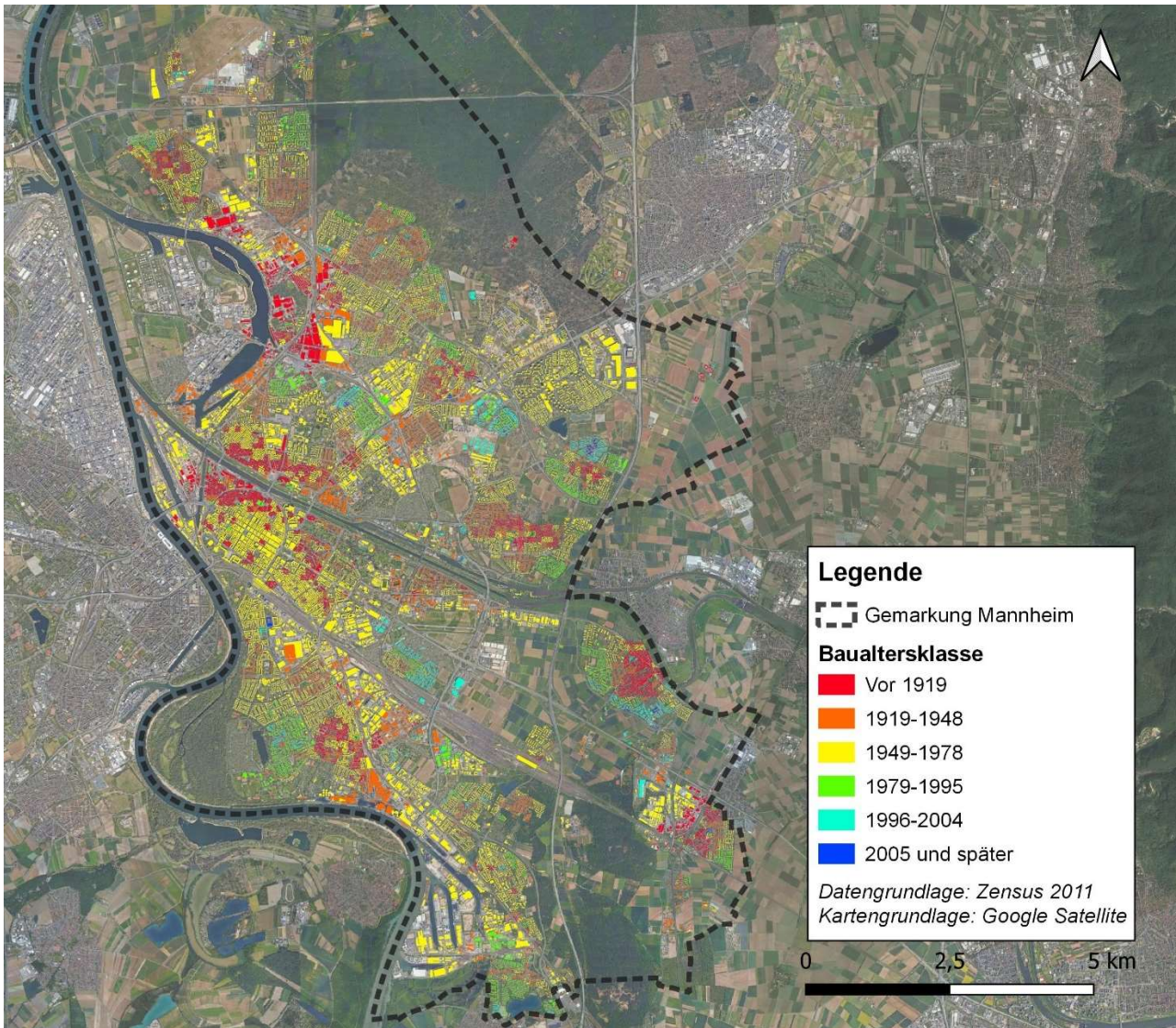


Abbildung 4: Siedlungsstruktur nach Baualtersklassen
Quelle: Daten der Stadt des Zensus 2011¹²

Baualtersklassen und Stockwerke

Die Stadtentwicklung und Stadtstruktur Mannheims spiegelt sich weitgehend auch in der Verteilung der Baualtersklassen wider, die in Abbildung 4 dargestellt ist. Die Daten stammen aus den Zensus-Erhebungen 2011. Kleinere Datenlücken wurden teilweise mit Interpolationen ergänzt.

Insgesamt werden 39.374 Gebäude auf Mannheimer Gemarkung betrachtet. Rund ein Drittel des Gebäudebestandes ist vor dem 2. Weltkrieg entstanden, darunter z. B. die Zentren von Sandhofen, Käfertal, Feudenheim und Seckenheim. 43 % der Gebäude Mannheims ist in der Nachkriegszeit im Zuge des Wiederaufbaus und der verschiedenen Siedlungserweiterungen gebaut worden. Etwa 20 % des Siedlungsbestandes ist nach Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung (ab 1979)

¹² Aufgrund des Alters der Zensusdaten (2011) ist die Aktualität nicht in allen Stadtgebieten gewährleistet.

entstanden. Nicht in den Statistiken der Abbildung 5 enthalten sind jüngste Neubau-Entwicklungen wie z. B. in Franklin.

Hinsichtlich der Geschossigkeit der Gebäude im Mannheimer Siedlungsbereich, die ebenfalls den Zensusdaten entnommen sind, überwiegen die zwei- und dreigeschossigen Gebäude mit gemeinsam etwa zwei Dritteln des Gebäudebestandes. Auch viergeschossige Gebäude nehmen mit etwa 12 % einen bemerkenswerten Anteil ein. Gebäude mit 5, 6 oder mehr Geschossen bilden ca. 6 % des Gebäudebestands und befinden sich z. B. im Bereich von Zeilenbebauung in Schönau-Nord und dem Nordwesten Feudenheims. Zudem verfügen weite Teile der Innenstadt und beispielsweise Bereiche der Oststadt und der Schwetzingenstadt über Gebäude mit 5 oder mehr Stockwerken. 56 Gebäude, insbesondere der Großsiedlungen im Herzogenried oder auf der Vogelstang haben 10 oder mehr Stockwerke.

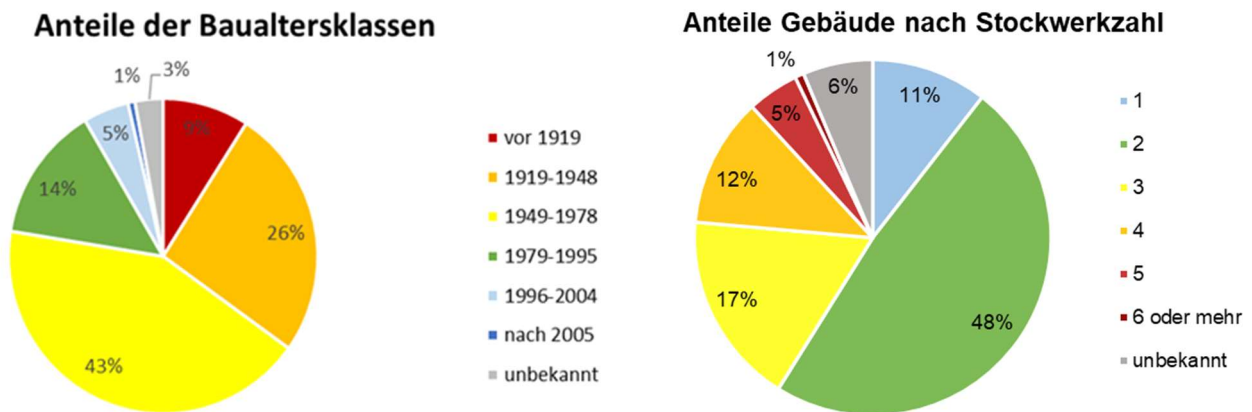


Abbildung 5: Verteilung der Baualtersklassen und Stockwerkszahlen (n = 39.374)

Denkmalschutz

Die vom städtischen Fachbereich Geoinformation und Stadtplanung zur Verfügung gestellten Daten beinhalten 2.198 Gebäude, zu denen das Schloss, Kirchen, Verwaltungsbauten, Villen und Wohnhäuser, aber auch Industrie- und Technikgebäude zählen. Dies entspricht einem denkmalgeschützten Gebäudebestand von ca. 5,5 %, die mit Blick auf energetische Sanierungen der Gebäudehüllen deutlich geringere Sanierungspotenziale aufweisen (vgl. Kap. 3.1) und gemäß § 105 GEG bei der Einsparung von Energie und der Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung auf Grund der Abwägung mit dem Denkmalschutz eine Sonderrolle einnehmen.

2.2. Methodik und Datengrundlage

Der Wärmeplan wurde in Verbindung mit einem Geoinformationssystem (GIS) erstellt. MVV Regio- plan nutzte hierfür das Open-Source-GIS QGIS in der aktuellsten Version. Dabei wurden

insbesondere bereits georeferenzierte Daten der Stadt zum Gebäudebestand mit Angaben zu den Verbräuchen leitungsgebundener Energieträger sowie Daten aus dem elektronischen Kkehrbuch der Schornsteinfeger:innen zu Feuerstellen im Stadtgebiet aufbereitet, miteinander verschnitten und ggf. weiter ergänzt.

Unter Beachtung des Datenschutzes wurden adressbezogene Daten, insbesondere Verbrauchsangaben oder Daten aus Kkehrbüchern der Schornsteinfeger:innen, für die Auswertung und Darstellung zusammengefasst. Alle Daten, die unter die Datenschutzbestimmungen fallen, werden nach Abschluss des Projektes gelöscht.

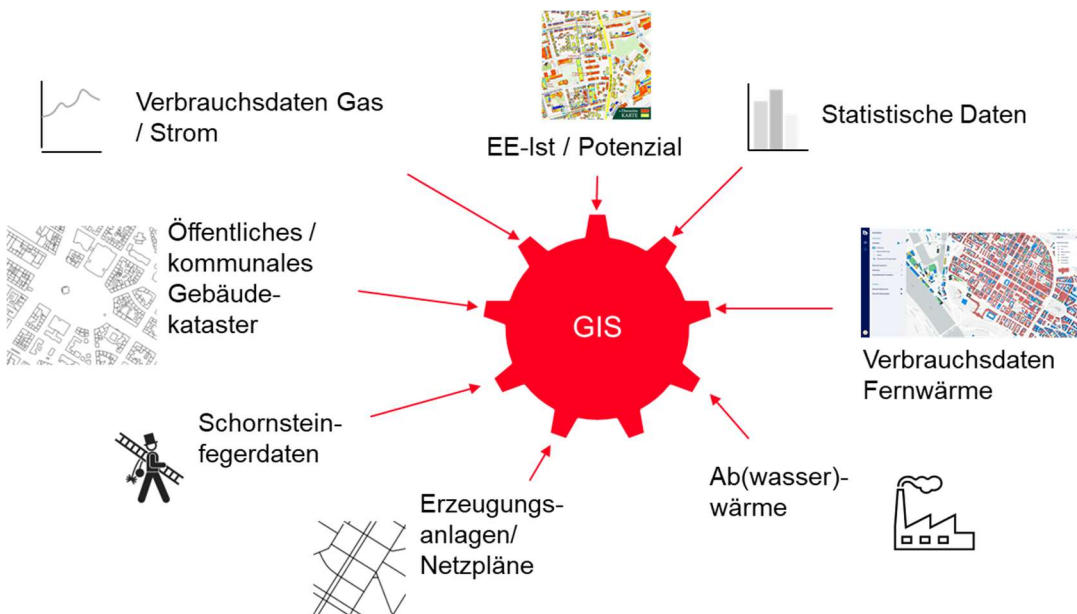


Abbildung 6: Datenintegration in GIS

Geliefert werden für die kommunale Wärmeplanung vorrangig folgende Daten:

- Digitales Stadtmodell, Basisdaten Gebäude
 - Hauskoordinaten mit Zuordnung von Adressen
 - ALKIS Datensatz der Stadt Mannheim mit z. B. Nutzungsart, Grundflächen, usw.
- Verbrauchsdaten
 - Fernwärmeverbräuche
 - Gasverbräuche
 - Stromverbräuche zur Beheizung von Gebäuden (Heizstrom)
 - Art, Brennstoff und Heizleistung der Feuerstätten (elektronisches Kkehrbuch)
- Netzdaten
 - Gas- und Stromnetze
 - Fernwärmenetze
 - Abwasserkanalsystem

- Erzeugerdaten
 - Heizzentralen
 - Erneuerbare und KWK-Anlagen
 - Beschlossene / in Entwicklung befindliche Projekte der Wärmeversorgung

2.2.1. Verarbeitung der Daten

Die Bestandsanalyse liefert die Berechnungsgrundlage auf Basis der Ist-Situation. Alle vorliegenden Informationen werden in einer Art „digitaler Zwilling“ zusammengefasst und für die weitere Verarbeitung und Analyse vorbereitet.

Adresskorrekturen und Umrechnung auf Gebäudeebene

Die Verbrauchsdaten für Fernwärme, Gas und Heizstrom werden im Regelfall ebenso wie die Leistungsdaten der Schornsteinfeger:innen adressbezogen zur Verfügung gestellt. Die Adressbezeichnungen der Energiedatenlieferanten unterscheiden sich mitunter erheblich von denen, die seitens der Stadt im ALKIS geführt werden, so dass ein Abgleich nicht ohne weiteres funktioniert. Daten, die lediglich durch Adresszusätze, Leerzeichen etc. voneinander abweichen, werden fehlerkorrigiert, um sie danach gebäudescharf ins GIS zu übertragen. Wenige Adressen sind jedoch nicht gebäudescharf zuordenbar und können daher nicht dargestellt werden. Sie werden in einem sog. „Fehlerlayer“ zugeordnet, der im weiteren Verlauf lediglich rechnerisch Berücksichtigung findet.

Hochrechnung nichtleitungsgebundener Verbräuche mit Vollbenutzungsstunden

Da für den Energieträger Gas sowohl die Leistungsdaten aus dem elektronischen Kkehrbuch als auch der jährliche Verbrauch über die Versorgungsdaten vorliegen, ist es möglich Vollbenutzungsstunden für den Energieträger Gas zu errechnen, die sich nach Art der Feuerstätte und Gebäudetyp unterscheiden.

Die Abschätzung der Vollbenutzungsstunden geschieht auf Nutzenergiebasis. Zur Umrechnung von End- auf Nutzenergie kommen die in der folgenden Tabelle dargestellten Wärmewirkungsgrade zum Einsatz.

Tabelle 3: Wärmewirkungsgrade im Jahresdurchschnitt nach Energieträger bzw. Heizungsart

Energieträger	Wärmewirkungsgrad im Jahresdurchschnitt	Heizungsart	Leistungs-klasse [kW]	Quelle
Wärme-netze	97 %	Hausübergabesta-tion indirekt	<150	Technikkatalog KEA-BW, https://www.iwu.de/fileadmin/publikatio-nen/energie/werk-zeuge/2005_IWU_LogaEtAl_Kurzverfahren-Energieprofil.pdf
Erdgas	90 %	Gasbrennwertge-rät 20% und Gas-therme 80%	alle Leistungs- klassen	Technikkatalog KEA-BW
Heizöl	87 %	Ölbrennwertkessel	10-offen	Technikkatalog KEA-BW
Luft-Wärme-pumpe	325 %	Luft-Wasser-Wär-mepumpe dezent-ral	1,8-8	Technikkatalog KEA-BW
Erdwärme-Wärme-pumpe	380 %	Sole/Wasser WP, Mittelwert Flä-chenheizung und Heizkörper		Technikkatalog KEA-BW
Biomasse	63 %	Mischwert aus Holzhackschnitzel-heizung, Pelletkes-sel mit Regelung und Raumaustrag und Holzheizung mit Scheitholz	alle Leistungs- klassen	Mischwert aus Technikkatalog KEA-BW
Direktstrom	100 %	Stromdirektheizung fest eingebaut		Technikkatalog KEA-BW
Wasserstoff, inkl. Beimi-schung zu Erdgas	95 %	H2 Brennwertkessel		Kurzgutachten zur Überarbeitung von An-forderungssystemen und Standards im GEG für Neubau-ten sowie Bestandsge-bäude einschl. der Wirtschaftlichkeitsbe-trachtungen für Neubauten und Bestands-gebäude (bmwk.de)
Synt. Brenn-stoffe (PtX)	95 %	PtG Brennwertkessel		Kurzgutachten zur Überarbeitung von An-forderungssystemen und Standards im GEG für Neubauten sowie Bestandsge-bäude einschl. der Wirtschaftlichkeitsbe-trachtungen für Neubauten und Bestands-gebäude (bmwk.de)
Solarther-mie	93 %			Substitutionseffekte von Erneuerbarer Wärme (umweltbundesamt.de)
Sonstige fossile Brennstoffe	75 %	Mischung aus Holz und Öl für grobe Abschätzung Kohle		Mischwert

Mit Hilfe errechneter Vollbenutzungsstunden können dann auch Leistungsdaten der nicht leitungs-gebundenen Energieträger wie bspw. Heizöl oder Biomasse zu realistischen Jahresverbräuchen hochgerechnet werden. Für Gebäude, bei denen mehrere Heizarten nur als Zusatzheizung zu einer anderen Heizart angegeben sind, wird angenommen, dass bspw. Holz für die Befuerung eines Kaminofens genutzt wird.

Berechnung der Wärmeverbrauchsdichte

Die Berechnung und Darstellung der Wärmeverbrauchsdichtekarten erfolgt vollständig im GIS. Für die Berechnung der Wärmeverbrauchsdichte wurde ein QGIS-Plugin entwickelt, das mit Python programmiert wurde.

Zusammen mit den Hauskoordinaten der Stadt Mannheim konnte so eine umfassende Datenbank für Wärmeenergieverbräuche erstellt werden. Die Nutzenergie(n) (in kWh/a) der Energieträger, die für alle Gebäude vorliegen,¹³ wurden in den Gebäudepolygonen aus den ALKIS-Daten der Stadt Mannheim ergänzt. Für die Darstellung der Wärmeverbrauchsdichte wurde eine Kachel-Darstellung, mit den Maßen von 75 m x 75 m gewählt. Daraus resultiert für jede Kachel eine flächenbezogene Wärmeverbrauchsdichte, der innerhalb der Kachel verbrauchten Wärmeenergie. Ballungen hoher Verbräuche können auf diese Weise deutlich gegen Bereiche mit geringen Verbräuchen umrissen werden. Die Ergebnisse werden in Kap. 0 beschrieben.

Berechnung der Wärmeliniedichte

Die Wärmeliniedichte wurde unter Nutzung des Plugins ebenfalls im GIS errechnet und dargestellt. Das relevante Straßennetz, das als Projektionsfläche für mögliche Trassenverläufe für Wärmenetze dienen soll, wurde aus öffentlichen Daten (OpenStreetMap) erzeugt. Dabei ist zu beachten, dass nicht alle in OpenStreetMap zur Verfügung gestellten Straßenzüge für die Verlegung von Wärmenetzen geeignet sind, so dass eine Auswahl der relevanten Straßen für Mannheim getroffen werden musste. Der auf die Straßenzüge projizierte Wärmeverbrauch wurde wiederum aus der Wärmeverbrauchsdatenbank bereitgestellt. Dargestellt werden die Daten in Kilowattstunden pro (Trassen)Meter pro Jahr (kWh/m*a).

2.2.2. Auswertung Gebäudealter und Stockwerkszahlen

Die Stockwerkzahl der Gebäude sowie das Baualter der Gebäude sind wichtige Kriterien, die für Analysen im Rahmen der KWP gebraucht werden: ersteres bspw. zur Berechnung der Energiebezugsflächen, letzteres zur Berechnung des energetischen Sanierungspotenzials der Gebäudehülle bis 2040.

Diese Informationen werden aus öffentlichen Daten (Zensus und/oder OSM) erhoben. Es ist zu erwähnen, dass nicht für jedes Gebäude immer zwingend beide Informationen vorliegen. Ggfs. kann es auch zu Interpolationen kommen, bspw. wenn für ein Gebäude keine Stockwerkzahl vorliegt, jedoch alle umliegenden Gebäude eine Stockwerkzahl zugewiesen haben. In diesem Falle wird dem

¹³ Es kommt vor, dass mehrere Energieträger in einem Gebäude genutzt werden, bspw. Gas und Holz.

Gebäude ohne Stockwerkzahl durch Interpolation der Stockwerkzahlen der Nebengebäude eben diese zugewiesen.

Im Falle der Kommunalen Wärmeplanung in Mannheim konnten ca. 94 % der Gebäude eine Stockwerkzahl zugewiesen werden. Alle weiteren Informationen zur den Stockwerkzahlen wurden durch einen Python-gestützten Algorithmus interpoliert. Bei den Baualtersklassen konnten knapp 97 % aller Gebäude ein Wert zugeordnet werden (vgl. a. Kap. 2.1).

2.3. Beheizungsstruktur

Das GEG¹⁴ sieht in § 72 ein Betriebsverbot für ineffiziente, fossil beschickte Heizungen vor, die ihre technische Nutzungsdauer überschritten haben. Im Gesetzestext heißt es:

- (1) Eigentümer von Gebäuden dürfen ihre Heizkessel, die mit einem flüssigen oder gasförmigen Brennstoff beschickt werden und vor dem 1. Januar 1991 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nicht mehr betreiben.*
- (2) Eigentümer von Gebäuden dürfen ihre Heizkessel, die mit einem flüssigen oder gasförmigen Brennstoff beschickt werden und ab dem 1. Januar 1991 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nach Ablauf von 30 Jahren nach Einbau oder Aufstellung nicht mehr betreiben.*
- (3) Die Absätze 1 und 2 sind nicht anzuwenden auf Niedertemperatur-Heizkessel und Brennwärtekessel sowie heizungstechnische Anlagen, deren Nennleistung weniger als 4 Kilowatt oder mehr als 400 Kilowatt beträgt.*

Für die Praxis bedeutet das, dass fossil beschickte Konstanttemperaturkessel, die älter als 1991 sind oder die nach 1991 über 30 Jahre in Betrieb waren, auszutauschen sind.

Mit Hilfe der für die kommunale Wärmeplanung zur Verfügung stehenden Datenbestände aus dem elektronischen Kkehrbuch der Schornsteinfeger:innen lassen sich Aussagen zum Energieträger und dem Alter der vorhandenen Heizungsanlagen treffen.

In Mannheim sind in Summe 66.410 Heizungen verbaut. Nachdem für alle Gebäude, die über mehr als einen Heizungstypen (bspw. Kaminofen) verfügen, der Energieträger mit dem höheren Verbrauch bestimmt wurde, ergibt sich folgende Verteilung der Hauptenergieträger in Mannheim.

¹⁴ Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 280) geändert worden ist.

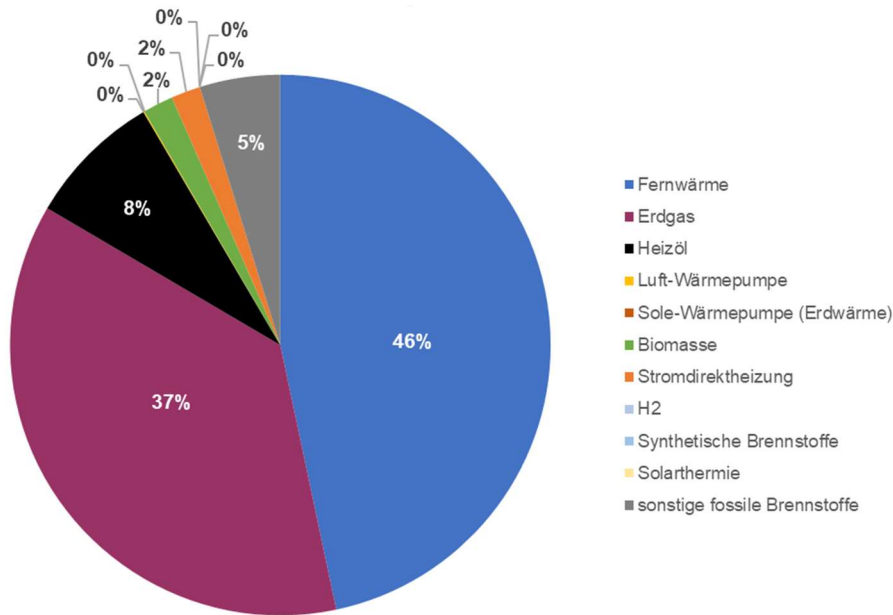


Abbildung 7: Verteilung der Hauptenergieträger im Gebäudebestand über alle Sektoren¹⁵

50 % der Gebäude nutzen demnach vorwiegend fossile Brennstoffe (insb. Erdgas und Heizöl), was den Transformationsbedarf in den Heizungskellern verdeutlicht. Fernwärmeversorgt sind 46 % der Gebäude. Elektrische Widerstandsheizungen bzw. Stromdirektheizungen sind noch in 2 % der Gebäude vorhanden und Biomasse wie bspw. Holz(pellets) sind mit 2 % sowie Wärmepumpen sind derzeit noch eher Nischentechnologien.

Die Auswertung von Baualtersklassen der Heizkessel, die gem. § 72 GEG relevant sind, zeichnet unterteilt nach Brennstoffen – folgendes Bild:

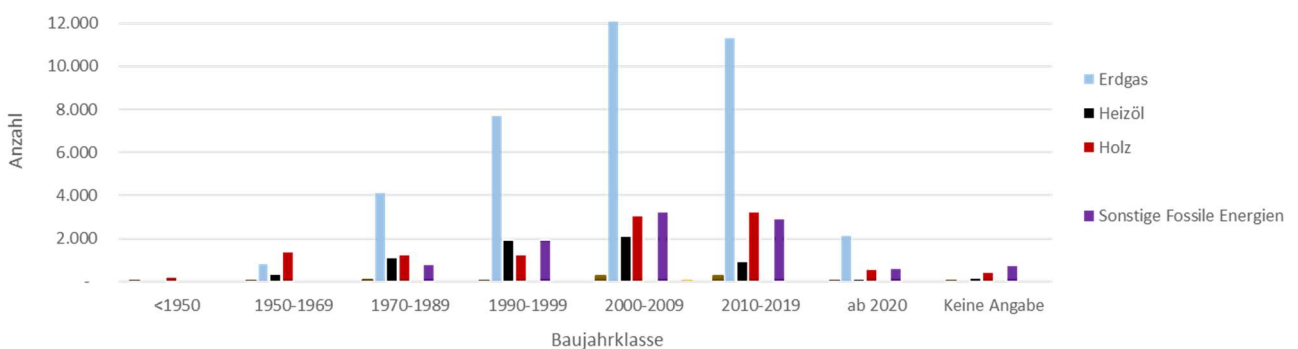


Abbildung 8: Brennstoff nach Baualtersklassen in Heizkesseln

Erdgas ist unter den „Verbrennertechnologien“ mit knapp 58 % vorherrschender fossiler Energieträger. Ca. 13 % der Heizkessel sind vor 1991 eingebaut worden, sind also bereits deutlich über

¹⁵ Der aktuelle Erzeugungsmix der Fernwärme findet sich in Abbildung 10. Die geplante Entwicklung des Erzeugungsmixes der Fernwärme geht aus Abbildung 31 hervor.

30 Jahre in Betrieb. Beim Heizöl trifft dieser Befund sogar auf 21 % der Heizkessel zu. Darüber hinaus nutzen diese Anlagen auch den Brennwert des Brennstoffs nicht, der sich als Kondensationswärme im Abgas befindet. In geringeren Abgastemperaturen schlummern Effizienzgewinne von rund 10 %.

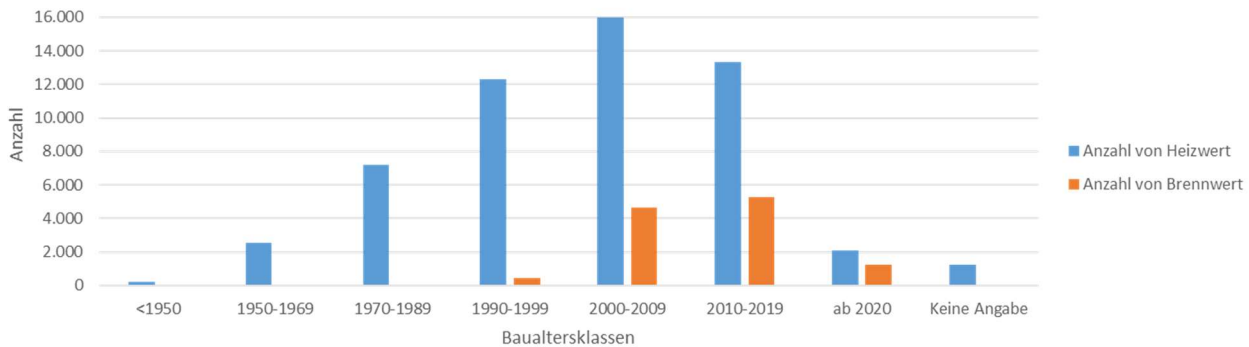


Abbildung 9: Brennwertnutzung nach Baualtersklassen

Eine Unterscheidung zwischen Konstant- und Niedertemperaturkesseln ist auf Basis der Daten im elektronischen KehrBuch allerdings nicht möglich. Dennoch ist bei rund 15 % der fossil befeuerten Heizkessel von Betroffenheit durch das GEG-Betriebsverbot auszugehen. Unabhängig davon, besteht bei diesen ein sehr hohes Potenzial in der Effizienz der Anlagentechnik, das es zu heben gilt.

2.4. Wärmeerzeugung und Versorgungsstruktur

Die höchsten Anteile des Mannheimer Wärmeverbrauchs werden mit Fernwärme und Erdgas gedeckt.

Die Fernwärme wird vom Großkraftwerk Mannheim und von der Abwärme des Kraftwerks zur thermischen Abfallverwertung in Mannheim sowie der Flusswärmepumpe auf dem Gelände des Großkraftwerks Mannheim erzeugt. Das Großkraftwerk ist ein Gemeinschaftskraftwerk der RWE Generation SE, der EnBW Energie Baden-Württemberg AG und der MVV RHE GmbH. Es befindet sich am Rhein in Neckarau, südwestlich der Casterfeldstraße. Als Brennstoffeinsatz dient Steinkohle und die Fernwärmeerzeugung erfolgt ausschließlich mit Kraft-Wärme-Kopplung. Das Kraftwerk zur thermischen Abfallverwertung, das von der MVV Umwelt Asset GmbH betrieben wird, befindet sich auf der Friesenheimer Insel und setzt überwiegend Hausmüll und teils Müll aus Industriebetrieben ein.

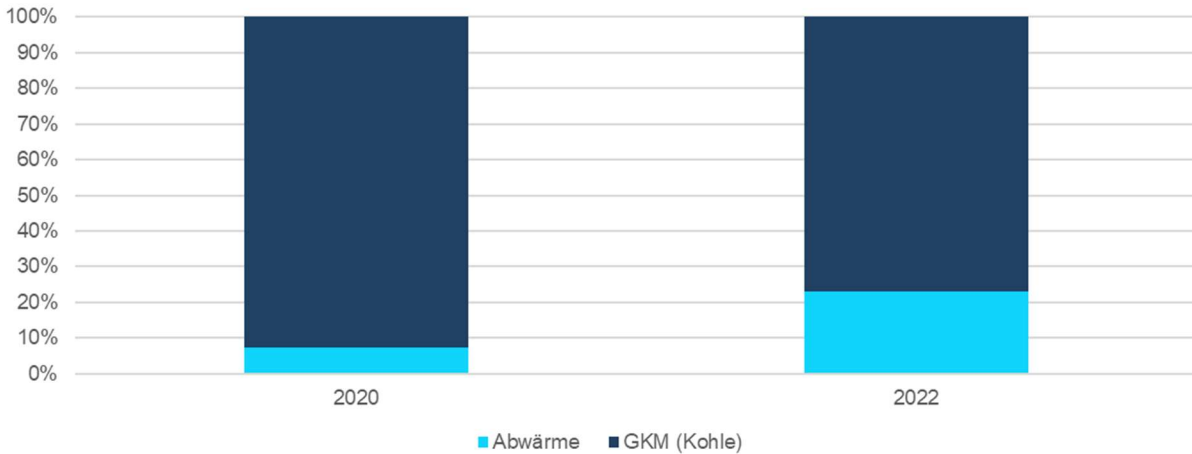


Abbildung 10: Erzeugungsmix der Fernwärme für 2020 und 2022 in Mannheim
 Quelle: MVV Energie AG

Die Verteilung der Fernwärmeanschlüsse und des Fernwärmeverbrauchs auf der Gemarkung Mannheim wird in der Abbildung 11 dargestellt. Die Bezirke Innenstadt/Jungbusch, Schwetzingenstadt/Oststadt, Neckarstadt-Ost, Neckarau und Käfertal und haben die höchsten Anschlussquoten.

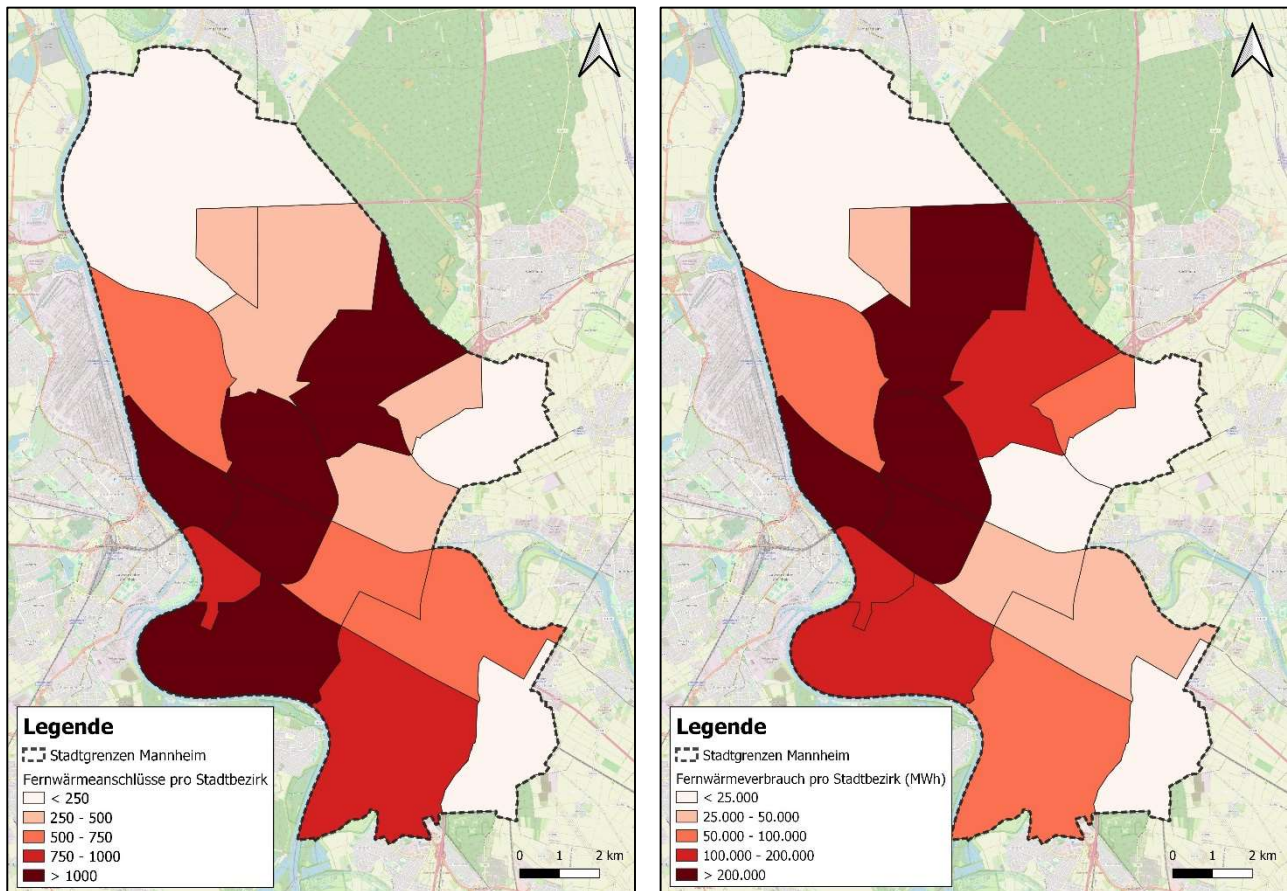


Abbildung 11: Fernwärmeanschlüsse und Fernwärmeverbrauch nach Stadtbezirken (2020)
 Quelle: MVV Netze GmbH

Die Verteilung der Gasanschlüsse und des Gasverbrauchs wird in der Abbildung 12 dargestellt.

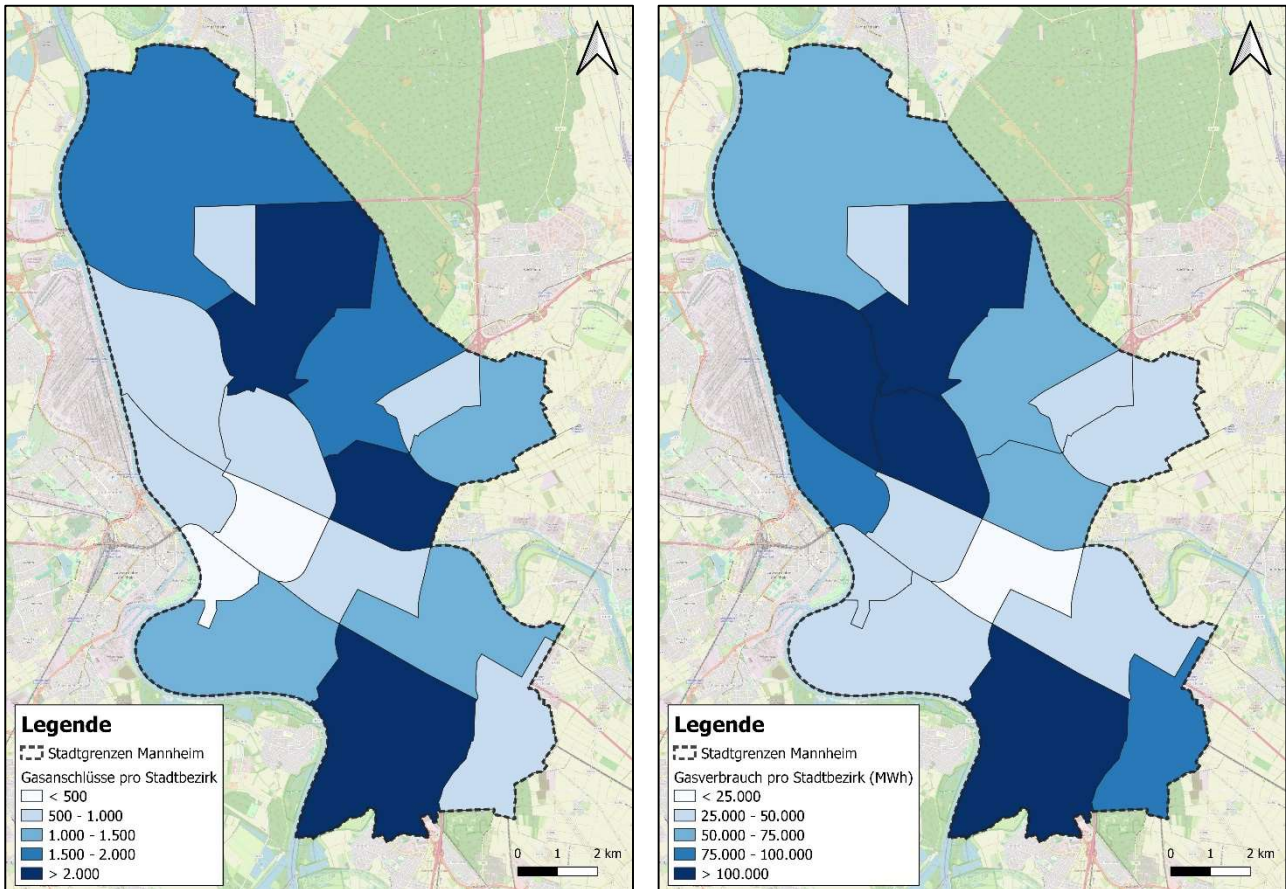


Abbildung 12: Gasanschlüsse und Gasverbrauch nach Stadtbezirken (2020)
Quelle: MVV Netze GmbH

Die genaue Verteilung der einzelnen Energieträger wird im nächsten Kapitel bilanziert.

2.5. Energie- und Treibhausgasbilanz 2020

Die Ausgangssituation in Mannheim soll im Folgenden mit Hilfe einer Energie- und Treibhausgasbilanz beurteilt werden. Hierfür müssen zum einen der Wärmeverbrauch und zum anderen die Treibhausgas-Emissionen im Wärmebereich ermittelt werden.

Im Wesentlichen wurden die Verbrauchswerte in Summe bilanziert und mit den CO₂-Emissionsfaktoren des Technikkatalogs der KEA-BW aufgerechnet. CO₂-Äquivalente und Vorketten der Energieträgerbereitstellung sind hierbei berücksichtigt. Der für das Jahr 2020 gültige Emissionsfaktor für die Fernwärme liegt vor und wurde in den weiteren Berechnungen verwendet.

Der gesamte Nutzenergieverbrauch in Mannheim beträgt rund 3.288 Gigawattstunden (GWh). Nutzenergie bezeichnet den Anteil der eingesetzten Energie, die tatsächlich im Gebäude als Wärme genutzt wird. Das heißt, sie stellt die ins Gebäude gelieferte Endenergie abzüglich der gebäudeinternen Verluste im Heizungssystem dar.

Abbildung 13 zeigt die Nutzenergiebilanz der Stadt Mannheim für das Jahr 2020 – ohne den Sektor Industrie, dessen Nutzenergieverbrauch bei rund 800 GWh liegt.

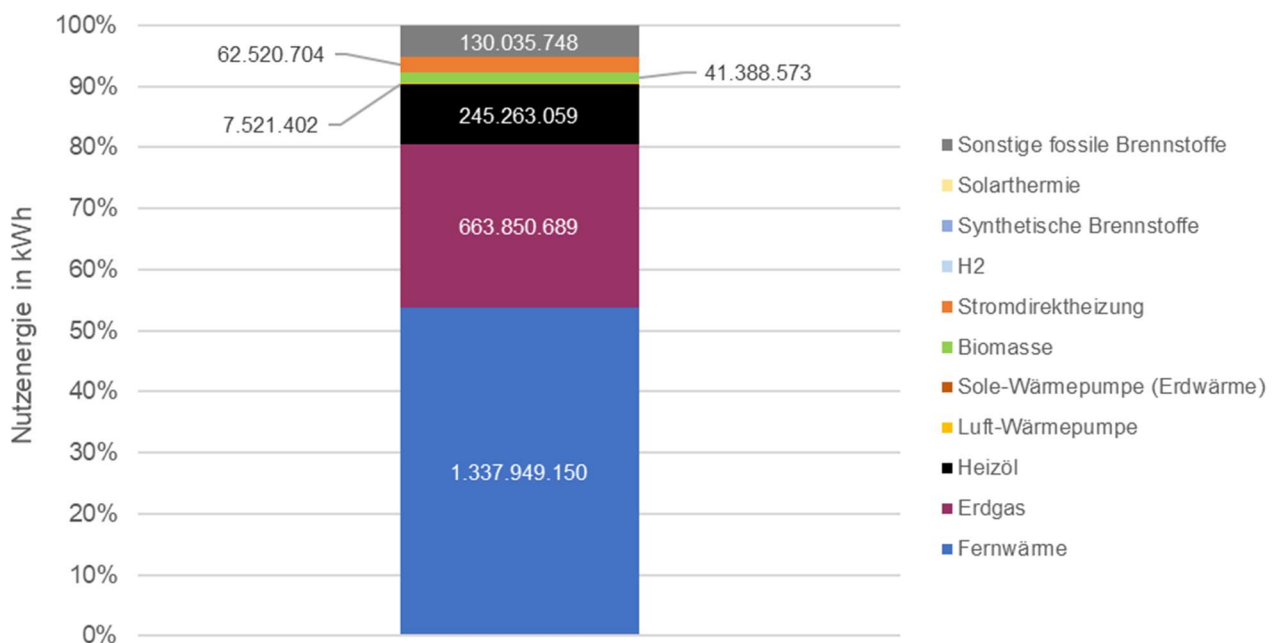


Abbildung 13: Nutzenergiebilanz des Mannheimer Wärmesektors nach Energieträgern (2020) - ohne Industrie

Der Anteil der Fernwärme im Jahr 2020 belief demnach auf rund 54 % und der von Erdgas rund 27 %. Heizöl kommt auf knapp 10 %. Die Stromdirektheizung trägt einen Anteil von rund 3 %. Erneuerbare Technologien, wie Biomasse und Luft-Wärmepumpe kommen zusammen auf unter 2 % der Nutzenergiebilanz. Ergänzend sei erwähnt, dass die Klassifizierung einzelner Heizungen durch

die Schornsteinfeger:innen und deren Einordnung auf Grundlage des KEA-Technikkatalogs nach der Hochrechnung mit den angenommenen Vollbenutzungsstunden zu einer Verzerrung des Verbrauchs sonstiger fossiler Energien geführt haben könnte, die im Zweifel in einer geringfügigen Erhöhung des Gesamtwärmeverbrauchs resultiert.

Weitere Technologien wie Sole-Wärmepumpen, Solarthermie oder synthetische Brennstoffe bzw. Wasserstoff (H₂) haben im Jahr 2020 keinen nennenswerten Anteil am Gesamtnutzenergieverbrauch. Eine Prognose, inwieweit diese Technologien am Wärme-Mix in den Jahren 2030 und 2040 zum klimaneutralen Zielszenario beitragen können, werden im Kap. 4.2 behandelt.

Die Abbildung 14 zeigt den gesamten Endenergieverbrauch in kWh/a für alle 57 Eignungsgebiete in Mannheim (vgl. a. Kap. 4.1), gegliedert nach den jeweils vorherrschenden Energieträgern. In Summe wurden im Jahr 2020 ca. 3.577 GWh verbraucht. Das sind 289 GWh (ca. 8 % der Endenergie) mehr als in der Nutzenergiebilanz, die den Wärmeverlusten von Heizung und Wärmeverteilung im Gebäude entsprechen, die bei der Raumwärme- und Warmwasserbereitung entstehen.

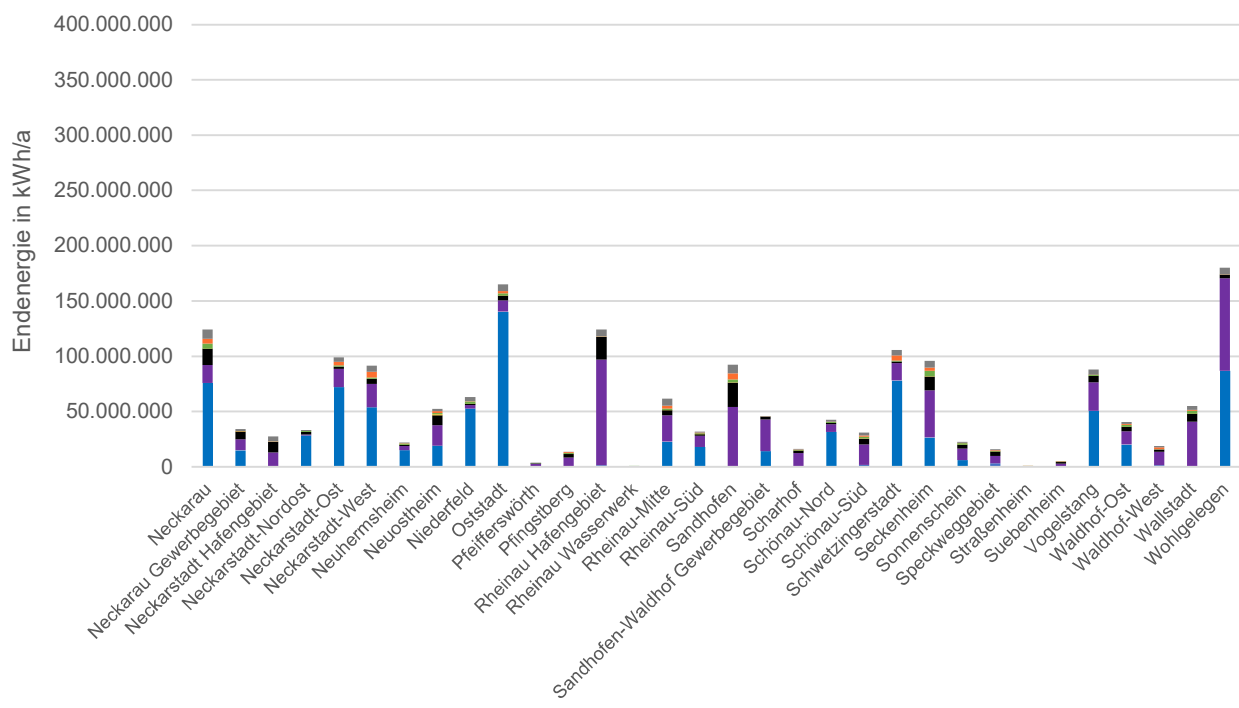
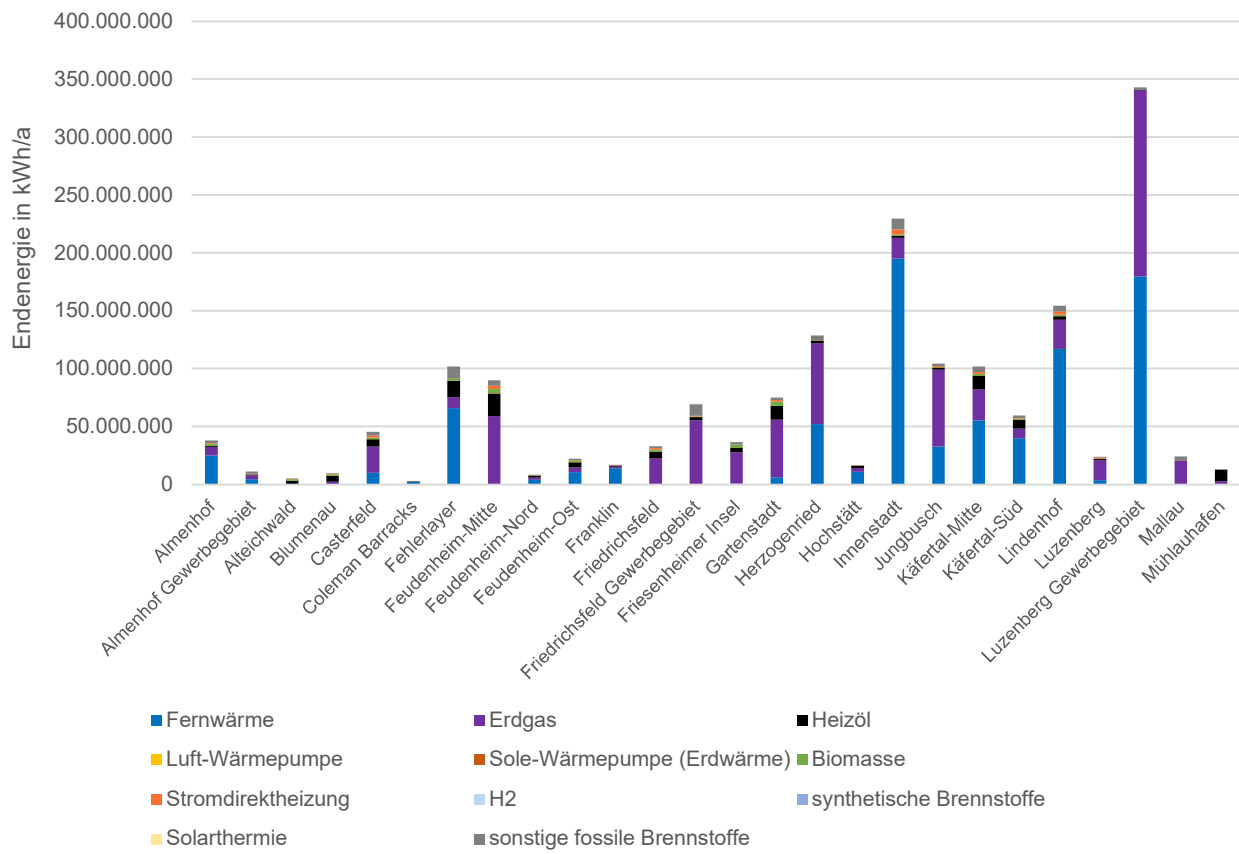


Abbildung 14: Endenergieverbrauch im Mannheimer Wärmesektor nach Eignungsgebieten und Energieträgern (2020)

In den Säulen werden die Endenergieverbräuche der Eignungsgebiete nach den einzelnen Versorgungstechnologien bzw. Energieträger dargestellt. Die primären Versorgungstechnologien, im Jahr 2020, über alle Eignungsgebiete insgesamt, sind Erdgas und Fernwärme.

Untergeordnet kommen Heizöl, sonstige fossile Energieträger (wie bspw. Flüssiggas) sowie vereinzelt bereits erneuerbare Energieträger bzw. -technologien wie Luft- und Abwasser-Wärmepumpen, Biomasse, Solarthermie zum Einsatz.

Das Gebiet „**Fehlerlayer**“ umfasst alle Verbrauchsdaten, die zwar verbraucht worden sind, aber nicht räumlich zugeordnet werden konnten.

Auffällig sind die verbrauchsstärksten Stadtgebiete in Mannheim. Das **Gewerbegebiet Luzenberg**, die **Innenstadt**, der **Lindenhof**, die **Oststadt** und **Wohlgelegen** weisen jeweils einen Endenergieverbrauch über 150.000 MWh auf.

Im **Gewerbegebiet Luzenberg** ist ein industrieller Großverbraucher ansässig, der den hohen Energieverbrauch erklärt. Über die Hälfte der in diesem Gebiet genutzten Energie kommt aus der Fernwärme, gefolgt von Erdgas.

Auch das Gebiet **Wohlgelegen** besitzt einen hohen Anteil an Gewerbe. Die Anteile an Fernwärme und Erdgas sind nahezu gleich. Dazu kommen noch Heizöl, sowie weitere fossile Energieträger

Die **Innenstadt** kann mit einer gemischten Nutzungsart von Wohnen, Einzelhandel / Nahversorgung und Verwaltungs- und Bürogebäuden beschrieben werden. Der Fernwärmeanteil beträgt bereits heute über 80 % der verbrauchten Endenergie – ähnlich wie in der **Oststadt** und im **Lindenhof**.

Weitere Eignungsgebiete, die bereits heute einen sehr starken Anteil an Fernwärme aufweisen sind die **Coleman Barracks**, **Franklin**, die **Hochstätt**, **Käfertal-Süd**, die **Neckarau**, die **Neckarstadt-Nordost**, **-Ost** und **-West**, das **Niederfeld**, das **Rheinau Wasserwerk**, **Schönau-Nord**, die **Schwetzingenstadt** und die **Vogelstang**. Alle hier genannten Eignungsgebiete decken ihren Wärmeverbrauch schon heute zum Großteil mit Fernwärme.

Dagegen stehen Stadt- bzw. Eignungsgebiete, die noch keinen oder nur wenige Fernwärmeanschlüsse und somit kaum einen Wärmeverbrauch aus der Fernwärme verzeichnen. In diesen Gebieten wird die Wärmeerzeugung primär über die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl gedeckt. Hier können bspw. die **Blumenau**, **Feudenheim-Mitte**, das **Friedrichsfeld Gewerbegebiet**, die **Gartenstadt**, die **Mallau** und **Sandhofen** genannt werden. Diese Gebiete decken ihren derzeitigen Wärmeverbrauch mit mehr als 80 % über fossile Energien.

Gebiete mit hohen Anteilen an erneuerbaren Energien (ohne Fernwärme), wie bspw. Wärmeerzeugungstechnologien mit Biomasse, Luft-Wärmepumpen oder Stromdirektheizungen (sofern mit Ökostrom betrieben) sind untergeordnet vorhanden. Wobei der Anteil der erneuerbaren Energien

am Gesamtenergieverbrauch der einzelnen Eignungsgebiete 40 % nie überschreitet. Als Eignungsgebiete können bspw. **Alteichwald**, **Blumenau** und **Siebenheim** genannt werden.

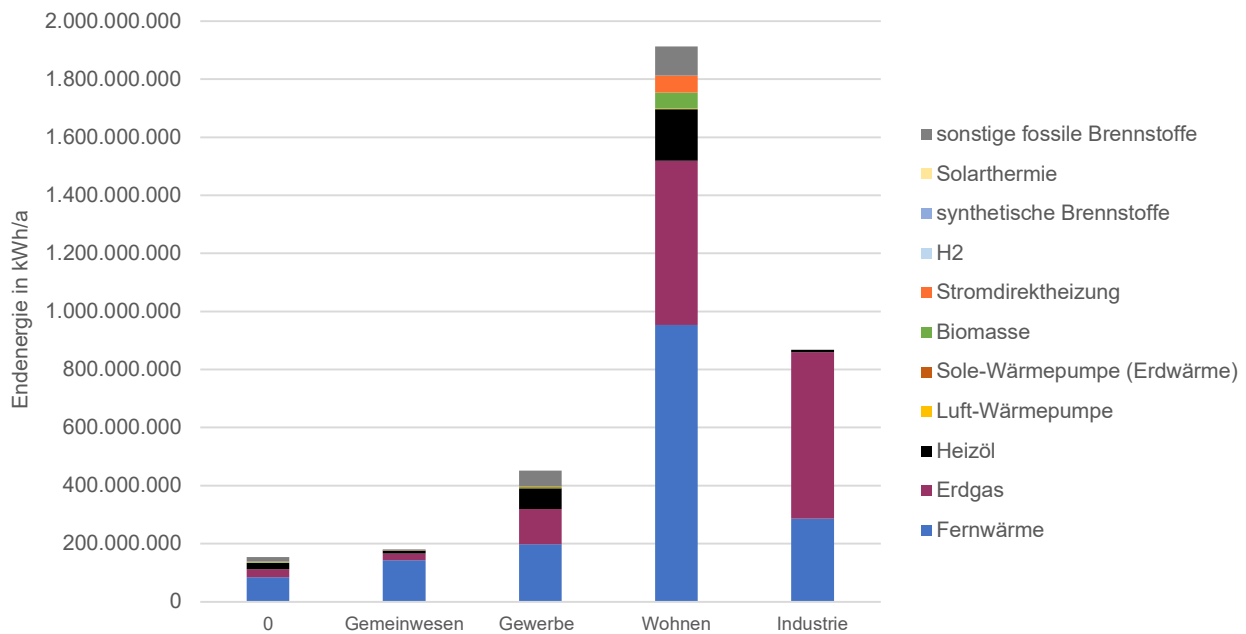


Abbildung 15: Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren und Energieträgern (2020)

In Abbildung 15 wird der Endenergieverbrauch auf die jeweiligen Sektoren (Gemeinwesen, Gewerbe, Wohnen, Industrie) dargestellt.

Der größte Anteil des Wärmeverbrauchs hat demnach der Sektor **Wohnen**, gefolgt von der **Industrie**, **Gewerbe** und **Gemeinwesen**.

Im Sektor **Gemeinwesen** stellt die Fernwärme den größten Anteil.

Im Sektor **Industrie** werden knapp über 65 % des Wärmeverbrauchs noch über fossile Energien, vor allem über Erdgas gedeckt. Heizöl und andere fossile Brennstoffe spielen hier nur sehr untergeordnet eine Rolle und tauschen in der Bilanz kaum auf. Positiv zu nennen ist jedoch, dass auch bei der Industrie die Fernwärme mit über 30 % eine große Rolle spielt.

Auch im Sektor **Gewerbe** wird derzeit bereits über 40 % des Endenergieverbrauchs aus der Fernwärme gedeckt. Lediglich ein sehr kleiner Teil wird durch erneuerbare Energien abgedeckt. Der restliche Wärmeverbrauch wird durch fossile Energie, v. a. Erdgas, beglichen.

Der verbrauchsstärkste Sektor ist der Sektor **Wohnen**. Die Mannheimer Fernwärme trägt im in diesem Sektor knapp 50 % zur Wärmeerzeugung bei. Erdgas deckt weitere ca. 30 % ab. Die

Energieträger Heizöl sowie auch Biomasse und Stromdirektheizungen komplettieren die Endenergiebilanz des Sektors.

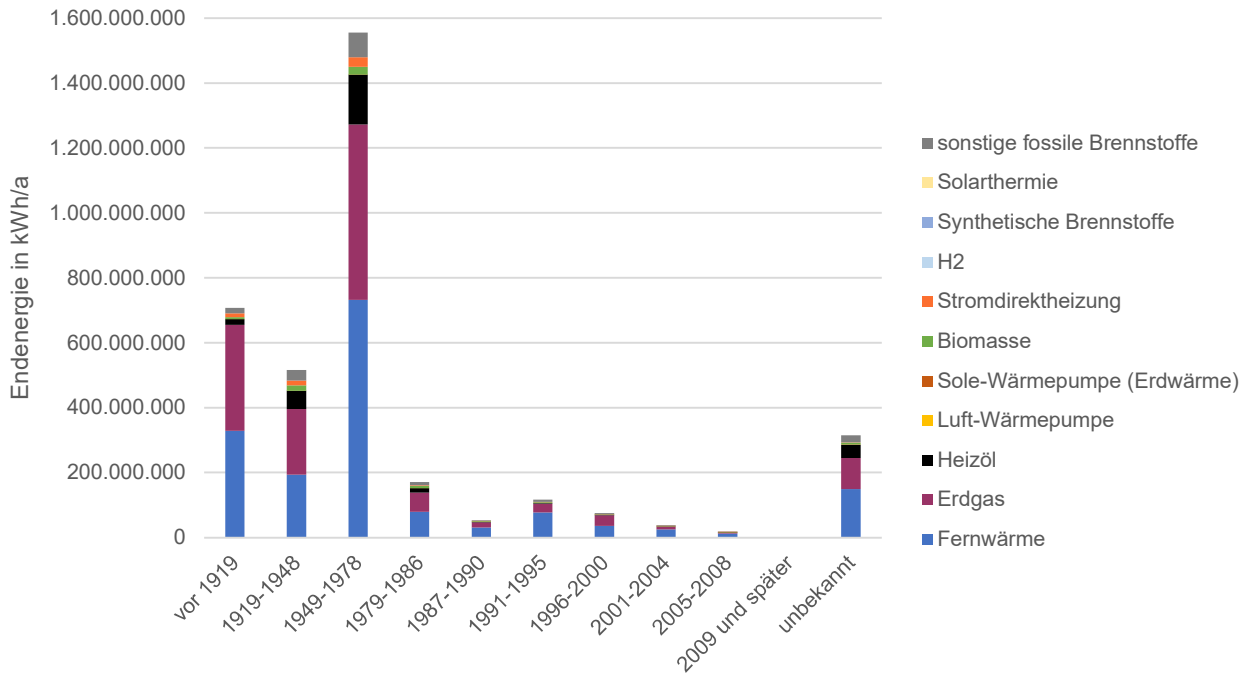


Abbildung 16: Endenergieverbrauch nach Baualtersklassen (2020)

Abbildung 16 zeigt, wie sich der Endenergieverbrauch der einzelnen Energieträger bzw. Heiztechnologien auf die Baualtersklassen der Bestandsgebäude verteilt.

Intuitiv einleuchtend ist zum einen, dass vor allem in den drei Baualtersklassen, die am häufigsten in Mannheim vorliegen, absolut die höchsten Verbräuche verzeichnet werden. Vor 1919, zwischen 1919-1948 (Nachkriegszeit und Phase des 2. Weltkriegs) und zwischen 1949 - 1978 (intensive Bauphase in der Nachkriegszeit). Generell lässt sich sagen, dass die Mannheimer Fernwärme in nahezu allen Baualtersklassen stark vertreten ist, ebenso wie Erdgas.

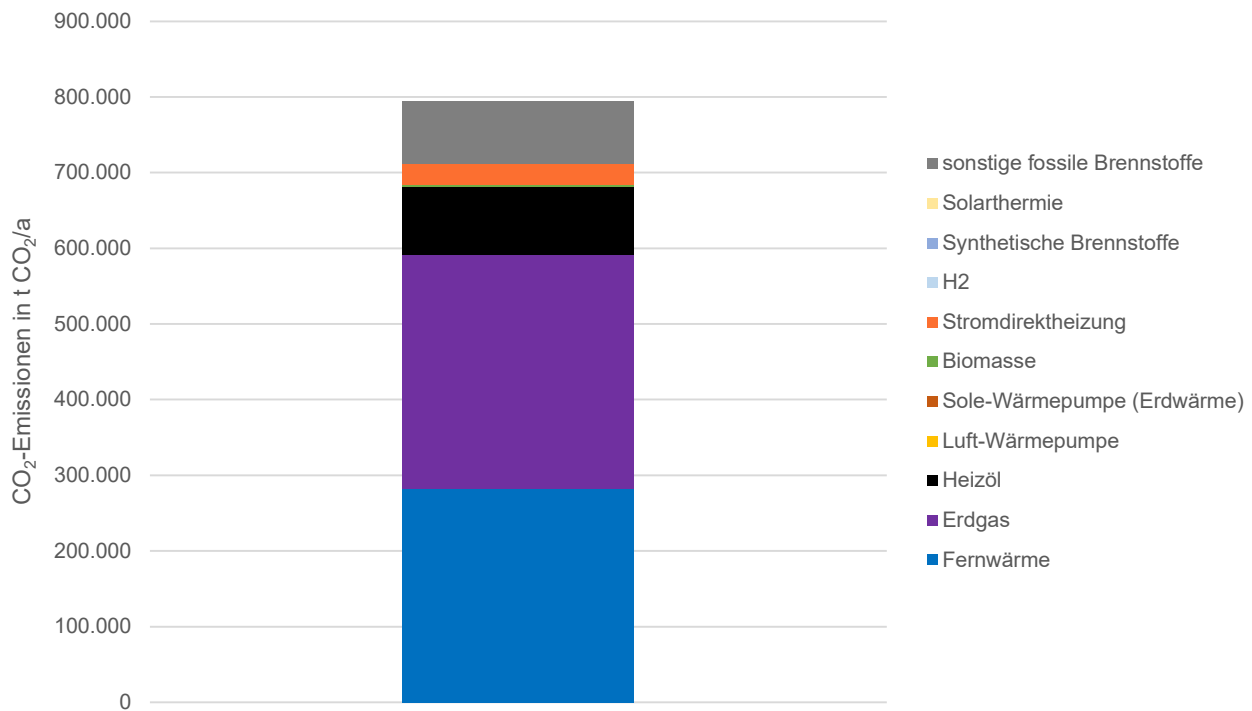


Abbildung 17: Treibhausgasbilanz für Mannheim nach Energieträgern (2020)

Abbildung 17 stellt die Mannheimer CO₂-Emissionen in Tonnen CO₂ pro Jahr für das Jahr 2020 im Wärmemarkt, gegliedert nach den einzelnen Energieträgern bzw. Heiztechnologien, dar. In Summe werden demnach 793.602 t CO₂ emittiert.

Die höchsten CO₂-Emissionen werden mit mehr als 38 % durch den Einsatz von **Erdgas** als Energieträger verursacht. **Fernwärme** hingegen erreicht einen Anteil an den CO₂-Emissionen von ca. 36 %, deckt allerdings rund 50 % des Endenergieverbrauchs. Der CO₂-Emissionsfaktor der Fernwärme profitiert gegenüber den fossilen Energieträgern von der gemeinsamen Strom- und Wärmeerzeugung in KWK und perspektivisch von seiner Transformationsfähigkeit (vgl. Kap. 3.2.9). Der CO₂-Anteil von **Heizöl** steigt gegenüber dem Verbrauchsanteil (10 %) aufgrund des schlechten CO₂-Emissionsfaktors von Heizöl auf über 11 %. Sonstige fossile Brennstoffe verursachen noch knapp 10 % der CO₂-Emissionen.

Die CO₂-Emissionswerte von **Biomasse**, **Stromdirektheizungen** und **Wärmepumpen** liegen zusammen unter 5 % der Gesamt-Emissionswerte, was mitunter an den äußerst geringen CO₂-Emissionsfaktoren erneuerbarer Energien liegt.

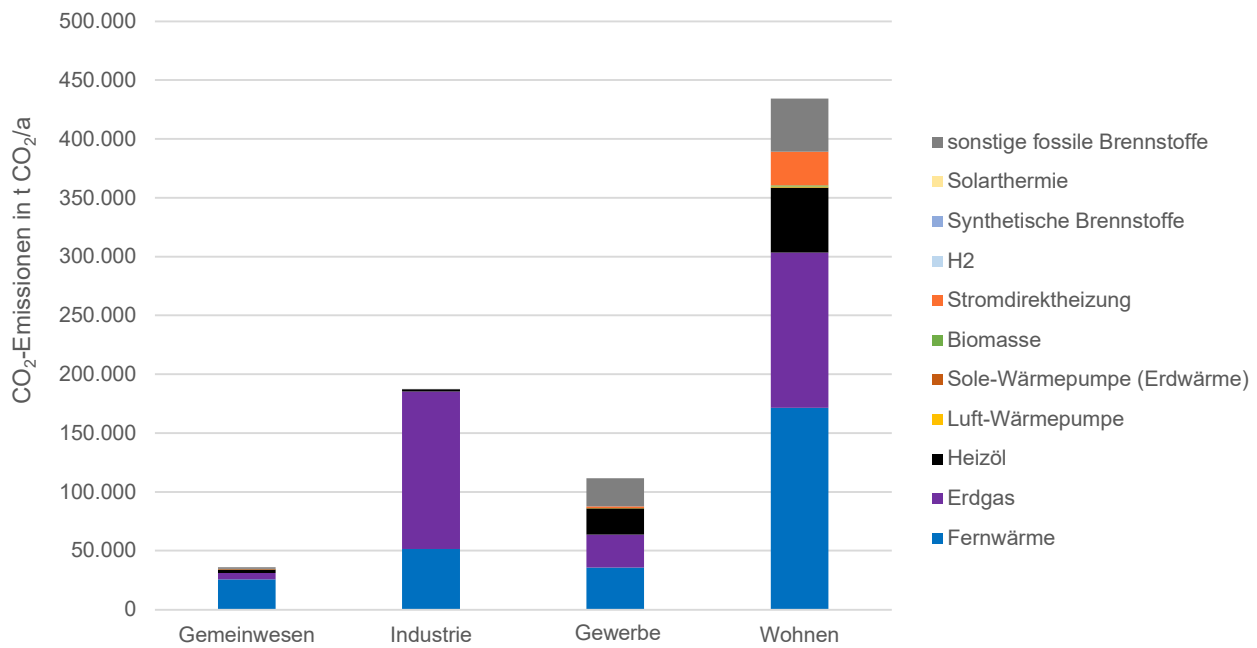


Abbildung 18: CO₂-Emissionen nach Verbrauchssektoren und Energieträgern (2020)

Aus Abbildung 18 gehen die CO₂-Emissionswerte aller Energieträger und Heiztechnologien, auf die Sektoren **Gemeinwesen**, **Industrie**, **Gewerbe** und **Wohnen** heraus, hervor.

Der größte CO₂-Emittent stellt der Sektor **Wohnen** mit mehr als 425.000 t CO₂ pro Jahr dar. Ursächlich hierfür sind die Verbräuche an Erdgas, Heizöl, Fernwärme, Heizstrom und sonstige fossile Brennstoffe.

Im Sektor **Industrie** werden über 180.000 t CO₂ pro Jahr emittiert, wobei hier primär Erdgas und Fernwärme als Emittenten zu nennen sind.

Der Sektor **Gewerbe** emittiert knapp über 110.000 t CO₂.

Im Sektor **Gemeinwesen** sind vor allem Fernwärme und Erdgas zu nennen, wobei die spezifischen und absoluten Anteile an CO₂-Emissionen des Energieträgers Erdgas deutlich höher sind.

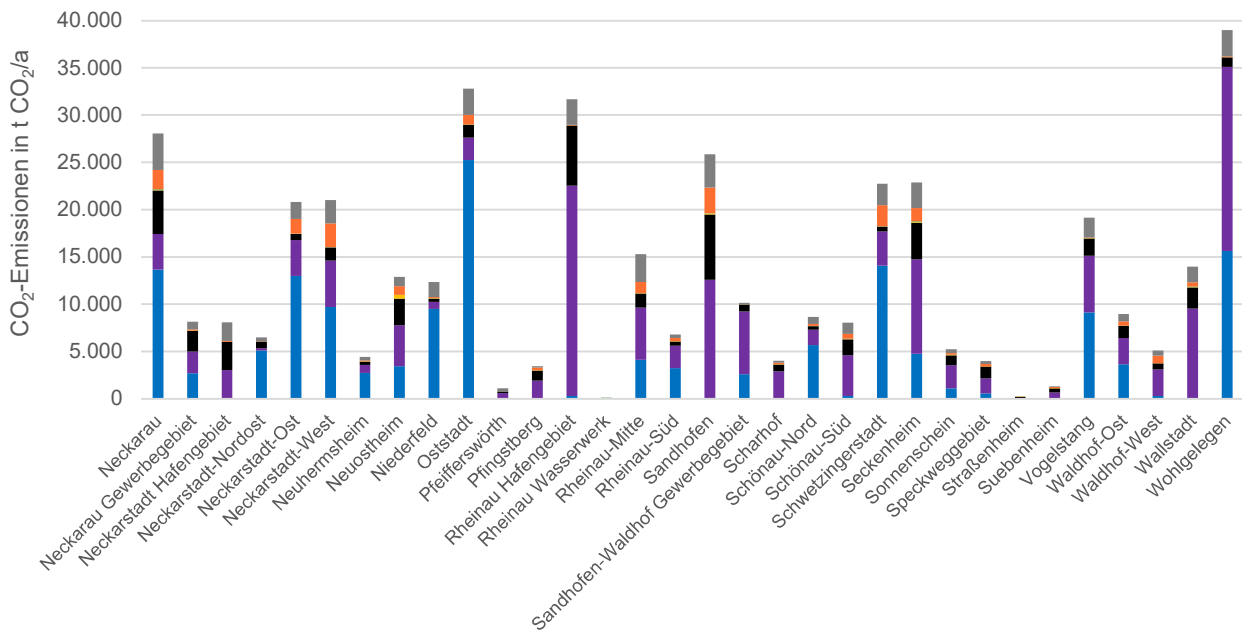
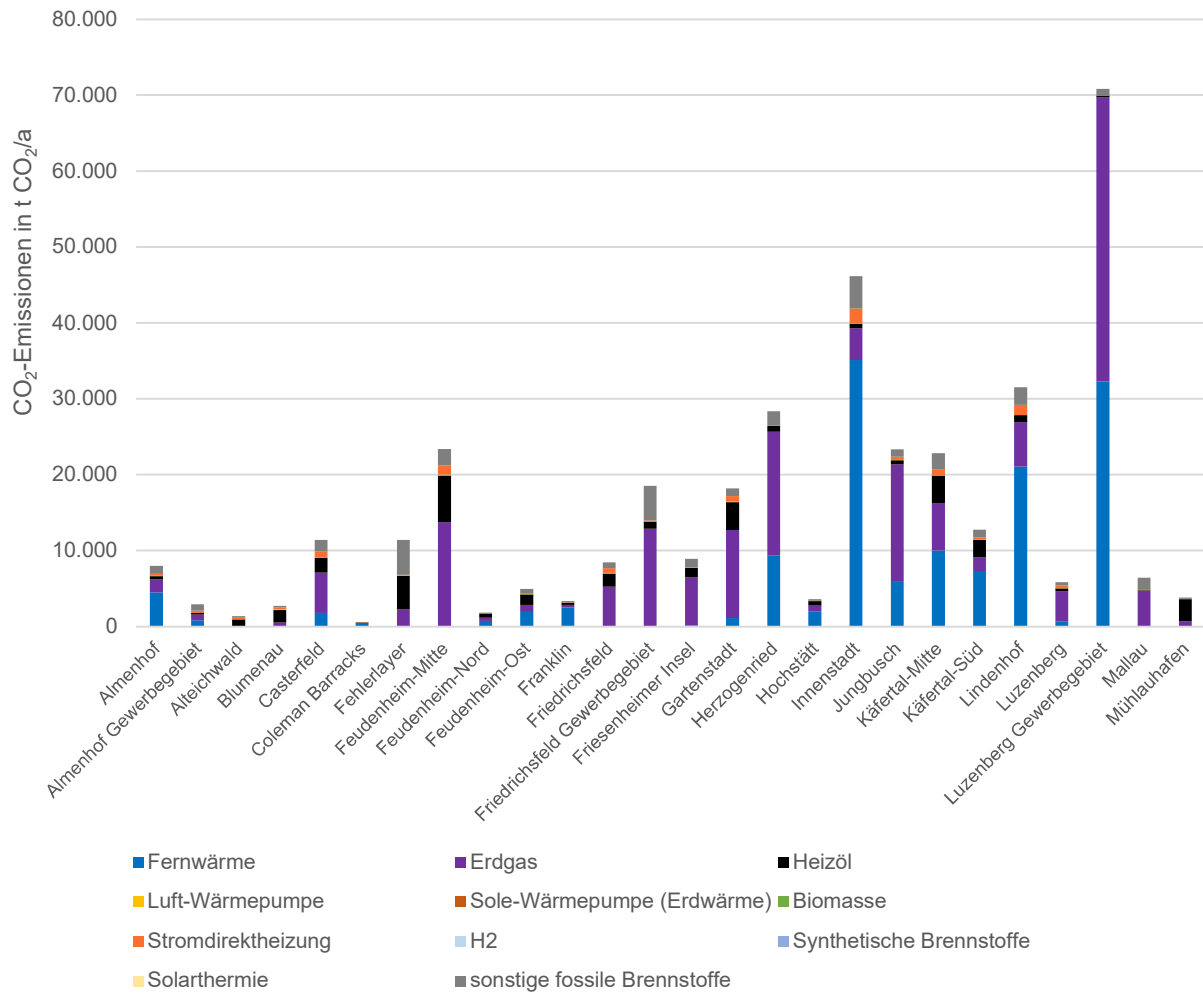


Abbildung 19: CO₂-Emissionen nach Eignungsgebieten und Energieträgern (2020)

Die Abbildung 19 stellt abschließend die CO₂-Emissionen verteilt auf die 57 Eignungsgebiete in Mannheim dar. Die Grafik korrespondiert mit Abbildung 14 und damit mit der Verteilung von Energieverbräuchen nach Eignungsgebieten.

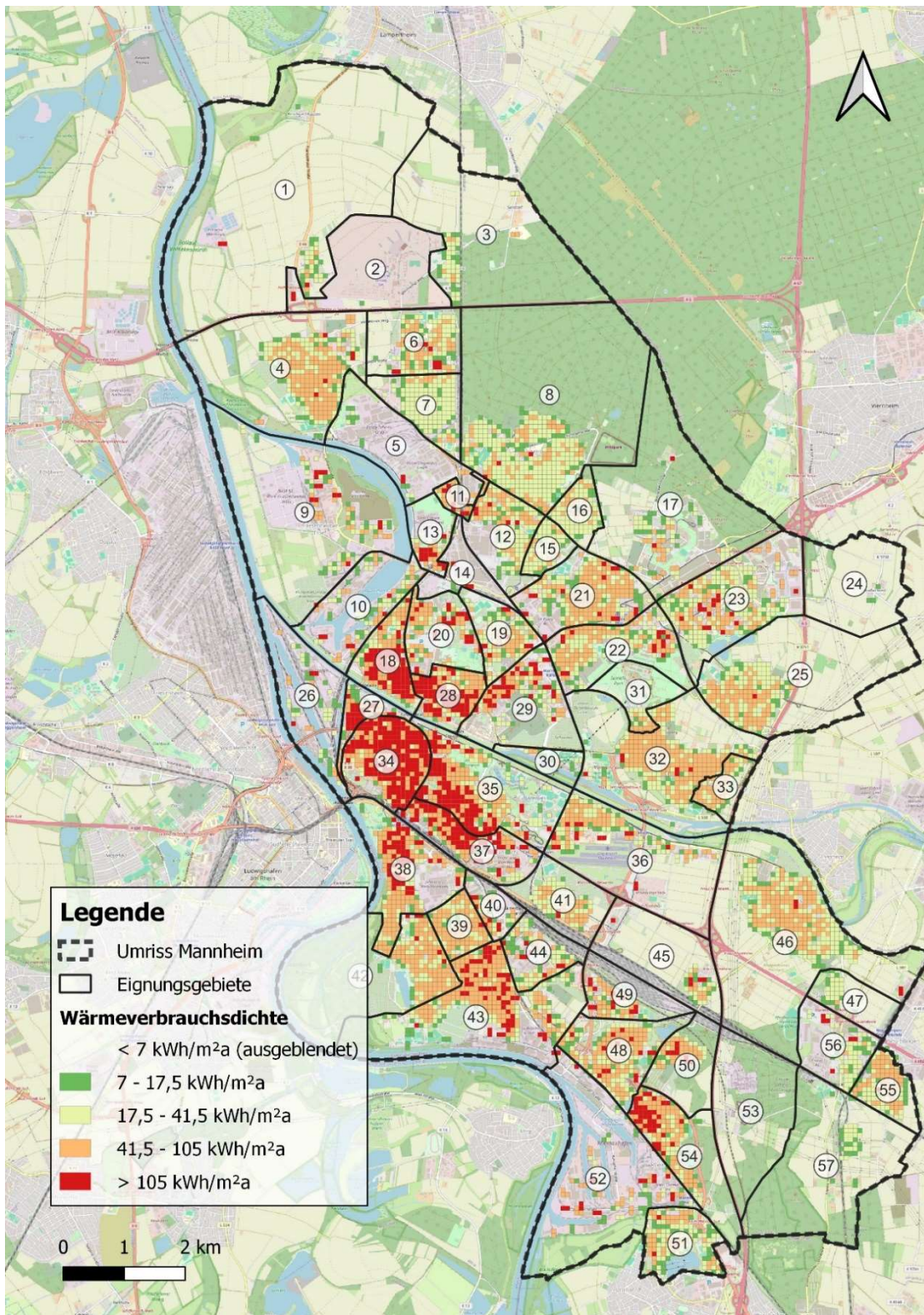
Alle Berechnungen beruhen auf den CO₂-Emissionsfaktoren des Technikkatalog der KEA-BW, lediglich der CO₂-Emissionsfaktor der Fernwärme beruht auf Berechnungen nach AGFW 309. Für die Berechnung der CO₂-Emissionen für Heizstromtechnologien (Wärmepumpen, Stromdirektheizungen, etc.) wurde der Strom-Mix aus dem Technikkatalog der KEA-BW verwendet (UBA und IINAS-Szenario).

Alle CO₂-Emissionsfaktoren sind in Anhang 1 ersichtlich.

2.6. Wärmeverbrauchsdichten

Als Wärme(verbrauchs)dichte wird der Wärmeverbrauch, bezogen auf eine räumlich begrenzte Fläche verstanden. Umso höher die Wärmedichte, desto höher auch der Wärmeverbrauch auf einer räumlich begrenzten Fläche. Der Wert summiert sich also auf und wird höher, umso mehr Verbraucher bzw. umso höher die Verbrauchswerte in der betrachteten Fläche liegen.¹⁶ Daher ist eine hohe Wärmeverbrauchsdichte ein guter Indikator dafür, dass zukunftsfähige, zentrale Wärmeversorgungssysteme (bspw. Anschluss an vorhandenes oder an neues Wärmenetz) kosteneffizient eingesetzt werden können. Für die Wirtschaftlichkeit eines zentralen Wärmeversorgungssystems ist im Geschäftsplan ein Überschuss aus der Differenz zwischen Einnahmen aus dem Wärmeverkauf auf der einen sowie zwischen Ausgaben für Kapital-, Energie- und Betriebskosten auf der anderen Seite erforderlich. Bei geringerer Dichte bieten sich daher dezentrale Lösungen besser an.

¹⁶ Verbräuche liegen auch für flächenintensive Gewerbe- oder Industriebetriebe adressbezogen (Lieferadresse) vor und sind dergestalt auch in GIS dargestellt. Hierdurch ergibt sich zwar eine teils fragmentarisch wirkende Kacheldarstellung der Wärmeverbrauchsdichten in Gewerbegebieten. Eine Unvollständigkeit der Daten liegt jedoch nicht vor, d. h. alle zuordenbaren Verbräuche sind auch berücksichtigt.



Gebiete:

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 1) Scharhof | 20) Herzogenried | 39) Almenhof |
| 2) Coleman Barracks | 21) Käfertal-Mitte | 40) Almenhof Gewerbegebiet |
| 3) Blumenau | 22) Käfertal-Süd | 41) Neuhermsheim |
| 4) Sandhofen | 23) Vogelstang | 42) Niederfeld |
| 5) Sandhofen-Waldhof Gewerbegeb. | 24) Straßenheim | 43) Neckarau |
| 6) Schönau-Nord | 25) Wallstadt | 44) Neckarau Gewerbegebiet |
| 7) Schönau-Süd | 26) Mühlauhafen | 45) Hochstätt |
| 8) Gartenstadt | 27) Jungbusch | 46) Seckenheim |
| 9) Friesenheimer Insel | 28) Neckarstadt-Ost | 47) Suebenheim |
| 10) Neckarstadt Hafengebiet | 29) Wohlgelegen | 48) Casterfeld |
| 11) Waldhof-West | 30) Pfeifferswörth | 49) Mallau |
| 12) Waldhof-Ost | 31) Feudenheim-Nord | 50) Pfingstberg |
| 13) Luzenberg | 32) Feudenheim-Mitte | 51) Rheinau-Süd |
| 14) Luzenberg Gewerbegebiet | 33) Feudenheim-Ost | 52) Rheinau Hafengebiet |
| 15) Speckweggebiet | 34) Innenstadt | 53) Rheinau Wasserwerk |
| 16) Sonnenschein | 35) Oststadt | 54) Rheinau-Mitte |
| 17) Franklin | 36) Neuostheim | 55) Friedrichsfeld |
| 18) Neckarstadt-West | 37) Schwetzingerstadt | 56) Friedrichsfeld Gewerbegebiet |
| 19) Neckarstadt-Nordost | 38) Lindenhof | 57) Alteichwald |

Abbildung 20: Gesamtwärmeverbrauch auf der Gemarkung Mannheim nach Kategorien zur Wärmeverbrauchsdichte der KEA-BW Baden-Württemberg

Abbildung 20 zeigt den Wärmeverbrauch pro m² Bodenfläche auf der gesamten Gemarkung Mannheims. Die Wärmeverbrauchsdichte wird von grün (geringer Verbrauch) bis rot (hoher Verbrauch) dargestellt. Diese Kartendarstellung orientiert sich an Grenzwerten der KEA-BW, die im Leitfaden zur Erstellung kommunaler Wärmepläne in Baden-Württemberg dokumentiert sind.

Da die städtebauliche Struktur Mannheims in vielen Stadtteilen durch mehrgeschossigen Wohnungsbau (Blockrandbebauung, Zeilenbauten, Großsiedlungen) geprägt ist, kommt es in vielen Eignungsgebieten zu einer hohen Wärmeverbrauchsdichte.

Hohe Wärmeverbräuche (primär rote Färbung, teilweise orange Färbung) werden rund um die Innenstadt verzeichnet, v. a. in der Oststadt, Schwetzingerstadt, Neckarstadt-West, Neckarstadt-Ost, Wohlgelegen sowie im Lindenhof auf. Aber auch Stadtteile wie Waldhof-West, Luzenberg und z. T. auch dessen Gewerbegebiet, Neckarau und Rheinau-Mitte weisen mitunter einen vergleichsweise hohen flächenbezogenen Wärmeverbrauch auf.

Einen mittleren Wärmeverbrauch (primär orangene Färbung, vereinzelt rote Färbung) weisen vor allem die Eignungsgebiete in einem Band von Osten nach Süden auf. Im Mannheimer Osten sind bspw. Feudenheim-Ost, Käfertal-Mitte und -Süd, Vogelstang, Neuostheim und Seckenheim zu nennen. Im Süden setzt sich dieses Band mit den Stadtteilen Niederfeld, Almenhof und dessen Gewerbegebiet, Neckarau Gewerbegebiet, Hochstätt, Casterfeld, Mallau, Pfingstberg, Rheinau-Süd, Rheinau Hagengebiet und fort. Im Norden kommen als Gebiete Sandhofen und die Friesenheimer Insel hinzu.

Einen mittleren bis niedrigen Wärmeverbrauch (grün bis gelbe Färbung, sehr untergeordnet orange und/oder rot) weisen vor allem die Stadtteile in den Randlagen Mannheims auf. Hier sind vor allem

die Eignungsgebiete Scharhof, Coleman-Barracks, Blumenau, das Gewerbegebiet zu Sandhofen-Waldhof, Schönau-Süd, Gartenstadt, Speckweggebiet, Sonnenschein, Franklin und Straßenheim zu nennen. Im Süden bzw. Südosten Mannheims sind vor allem Suebenheim und Alteichwald Eignungsgebiete, die einen mittleren bis geringen Wärmeverbrauch aufweisen.

Die Kennwerte zur Einteilung der Netzeignung stammen aus dem Leitfaden für kommunale Wärmepläne der KEA BW. Diese Kennwerte spiegeln grobe Orientierungshilfen wider, weshalb in einzelnen Quartieren genauere Betrachtungen in Form von Machbarkeitsstudien für Wärmenetze zu erwägen sind.

3. Potenzialanalyse

3.1. Verbrauchsprognosen

Die KEA-BW hat im Juni 2023 eine aktualisierte Version des Technikkatalogs mit Kennzahlen für die Ausarbeitung der kommunalen Wärmeplanung veröffentlicht. Der Technikkatalog enthält u. a. flächenbezogene Wärmeverbrauchskennwerte (in kWh/m²a) für Wohngebäude unterschiedlicher Baualtersklassen im Ist-Zustand einerseits, wobei hier bereits eine Teilsanierung der Gebäudehülle berücksichtigt ist. Andererseits werden Zielverbrauchskennwerte als maximales Potenzial der Wärmeverbrauchseinsparung ausgegeben, die nach energetischer Sanierung der Gebäudehülle bis zum Jahr 2040 erreicht werden können (vgl. Abbildung 21). Auf Basis dieser Werte werden in diesem Unterkapitel die maximalen Effizienzpotenziale der Nachfrageseite für das klimaneutrale Zielszenario 2030 bzw. 2040 ermittelt (vgl. a. Kap. 4.2).

Die potenzielle Energieeinsparung der in Baualtersklassen eingeteilten Gebäude kann mit den Kennwerten des Technikkatalogs berechnet werden. Beispiel: Für die (teilweise sanierten) Wohngebäude der Altersklasse 1949 - 1978 wird ein heutiger spezifischer Endenergieverbrauch von 208 kWh/m²a angenommen. Der verbleibende Endenergieverbrauch nach Sanierung dieser Gebäude im Jahr 2040 liegt bei 73 kWh/m²a. Dies entspricht einer Endenergieeinsparung von 64,9 %. Das größte Einsparungspotenzial durch energetische Gebäudehüllensanierungen haben die Baualtersklassen 1919 - 1948 und die Nachkriegsbauten von 1949 - 1978. Die späteren Baualtersklassen weisen niedrigere Potenziale auf, bedingt durch gestiegene gesetzliche Vorgaben zur Energieeinsparung im Bau seit Inkrafttreten der 1. Wärmeschutzverordnung Ende der 1970er und den darauffolgenden regelmäßigen Verschärfungen über die Energieeinsparverordnung (EnEV) bis hin zum GEG heute. Die Altersklasse „bis 1919“ umfasst viele Gebäude, die unter Denkmalschutz stehen und/oder bei denen bestimmte energetische Sanierungsmaßnahmen, z. B. eine Ertüchtigung der Gebäudehülle auf Grund der Bausubstanz oder ortsbildprägender Fassadenelemente kulturellen Zwecken entgegensteht. Entsprechend fällt das Einsparpotenzial in dieser Baualtersklasse mit rund 25 % vergleichsweise gering aus.

Für öffentliche Gebäude und Gewerbebetriebe wurden die KEA-BW-Zahlen gleichermaßen verwendet. Für die Industrie, die aufgrund des hohen stofflichen Nutzungsanteils von Erdgas einer eigenen Dekarbonisierungslogik folgt, wird eine andere Annahme für die Energieeinsparung bis 2040 getroffen: in den Gewerbegebieten wird der Prozessgasanteil von 17 % aus dem vorhandene Wärmebezug rausgerechnet. Zusätzlich wird bis 2040 von einer Raumwärmeeinsparung von 18 % ausgegangen. Der Wert stammt aus dem Ratgeber Energieeffizienz bei Wärmeversorgungssystemen in

Industrie und Gewerbe der Deutschen Energie-Agentur.¹⁷ Die Wärmebedarfseinsparung wird in der Abbildung dargestellt.

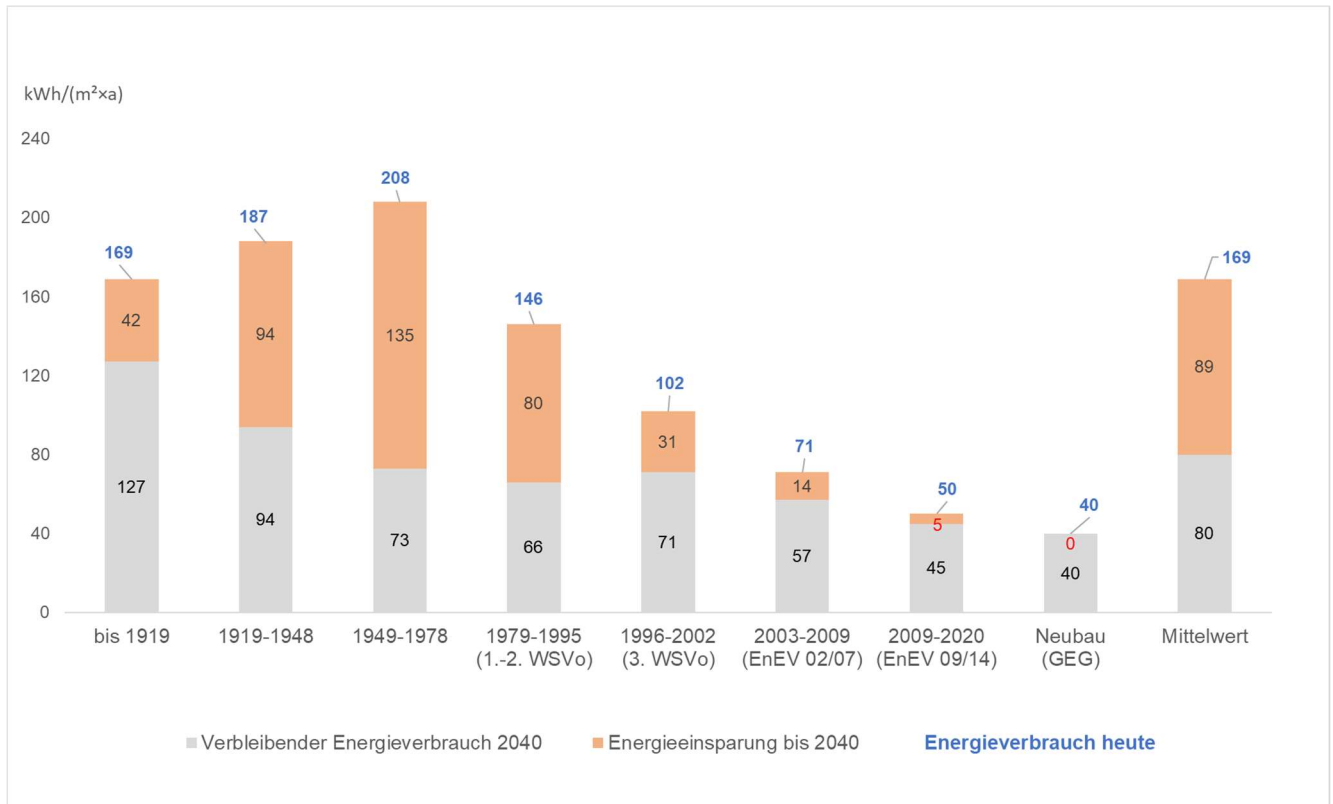


Abbildung 21: Flächenbezogener Endenergieverbrauch für Wohngebäude nach Altersklassen: Ist-Stand (teilsaniert) und energetische Sanierung mit Ziel 2040
 Quelle: KEA-BW (2023a)

Der Maxime folgend, dass erst durch Effizienzmaßnahmen der Energieverbrauch reduziert werden soll, bevor der verbleibende Verbrauchsanteil möglichst mit erneuerbaren und effizienten Heizungs-technologien gedeckt wird, stellen diese Kennzahlen eine wichtige Grundlage für die Abschätzung des zukünftigen Wärmeverbrauchs dar. Danach kann, wie gesetzlich gefordert, ein sehr ambitioniertes klimaneutrales Szenario für den Wärmemarkt bis 2040 – mit Zwischenschritt in 2030 – entworfen werden.

Die maximalen Wärmeverbrauchseinsparungen für 2030 und 2040 sind in Abbildung 22 dargestellt.

¹⁷ vgl. dena (2011)

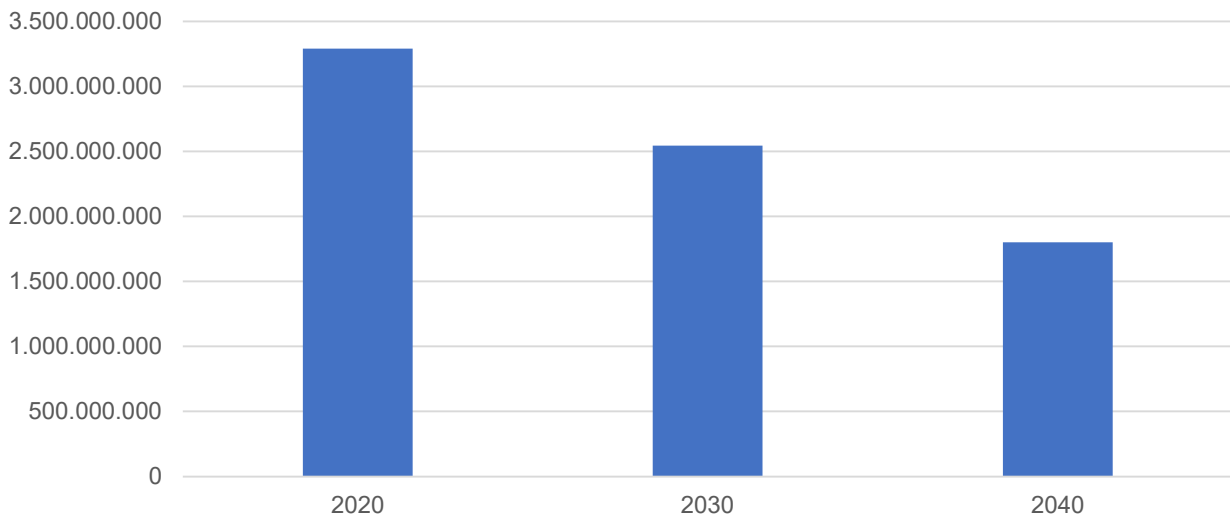


Abbildung 22: Wärmeverbrauchseinsparung aufgrund von Sanierungspotenzialen in Mannheim (Nutzenergie)

Da sich die energetische Stadtsanierung mit Sanierungsmanagements bundesweit als erfolgreicher, geförderter Ansatz zur Umsetzung der Energiewende in Quartieren etabliert hat, zeigt nachfolgende Abbildung die maximalen, prozentualen Sanierungspotenziale für die Sektoren Wohnen und Gemeinwesen in den Eignungsgebieten (vgl. a. Kap. 4.1). Diese Darstellung kann bei der Auswahl weiterer energetischer Quartierskonzepte im Rahmen der energetischen Stadtsanierung unterstützen.

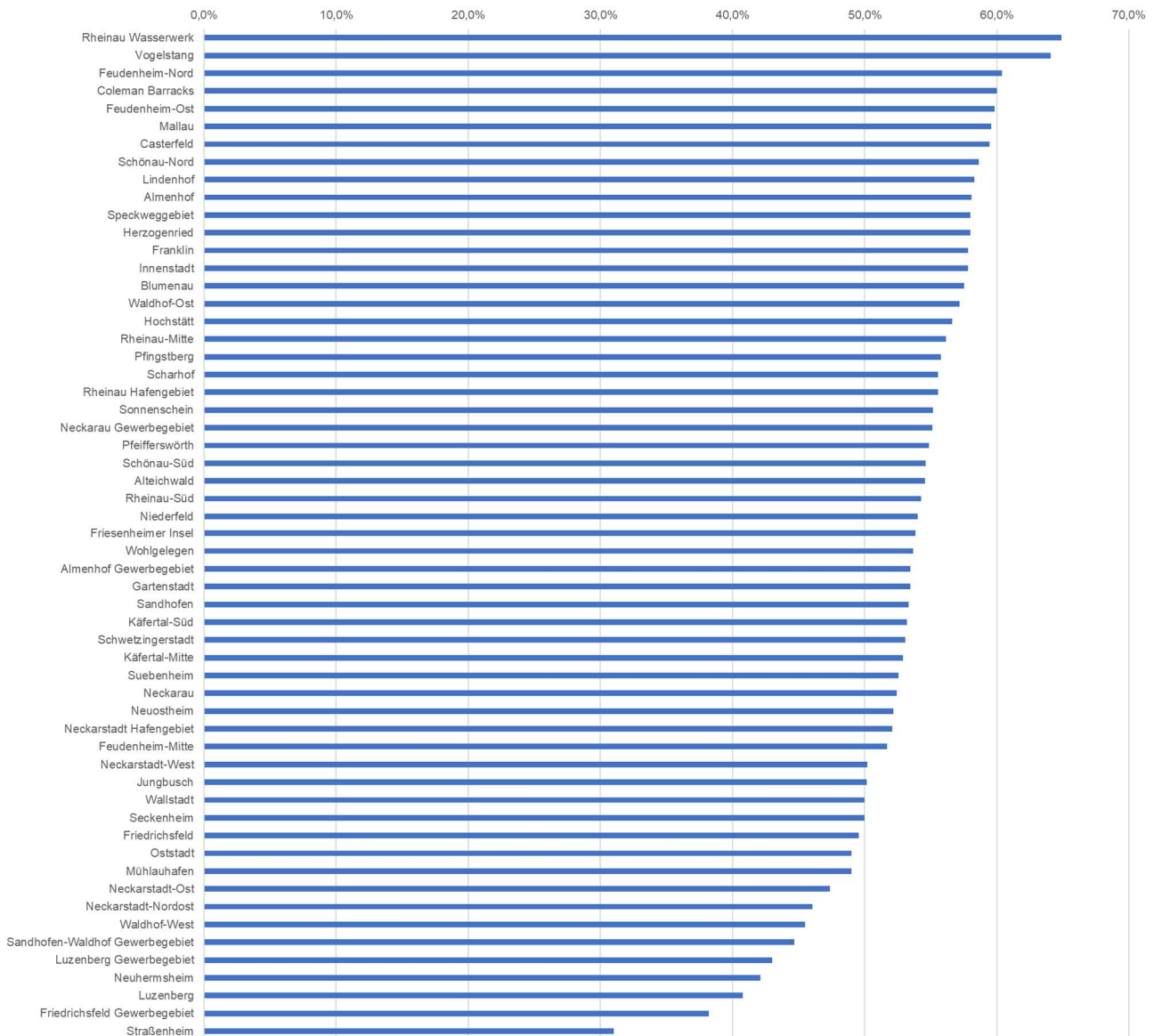


Abbildung 23: Wärmeverbrauchseinsparung aufgrund von Sanierungspotenzialen in Mannheim (Nutzenergie)

3.2. Erzeugungspotenziale

Erneuerbare Energien haben gegenüber fossilen Energieträgern deutliche Vorteile: sie stehen nahezu unerschöpflich zur Verfügung und wirken durch ihre sehr geringen CO₂-Emissionen klimaschonend, d. h. sie treiben den Treibhauseffekt nicht weiter an. Durch ihre lokale Verfügbarkeit stärken sie außerdem die lokale Wertschöpfung und reduzieren Importabhängigkeiten gegenüber den Exporteuren fossiler Energieträger. Vielfach sind Technologien marktreif entwickelt, so dass – bei langfristigem Planungshorizont (> 20 Jahre) und hinsichtlich steigender CO₂-Preise – erneuerbare Energiequellen mittlerweile konkurrenzfähig erschlossen werden können. Im Folgenden sind diese für Mannheim im Einzelnen dargestellt.

3.2.1. Biomasse

Die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen und organischen Abfällen für die Energieerzeugung auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen kann ein Baustein zur Nutzung lokaler erneuerbarer Energieressourcen und damit für die Umsetzung der Wärmewende sein. Vorausgeschickt sei jedoch, dass derartige Flächenpotenziale bereits heute intensiv genutzt werden. Es ist daher zu beachten, dass es sich beim Folgenden um das maximale theoretische Potenzial handelt.

Holzige Biomasse ist kurzfristig breit verfügbar und erneuerbar. Sie bietet als Energieträger die Möglichkeit bei Vergasung und Verbrennung hohe Temperaturen zu erzeugen und lässt sich gut transportieren und lagern, so dass sie überregional und saisonal flexibel verwendet werden kann. Vor dem Hintergrund von Naturschutz, Ressourceneffizienz und mit Rücksicht auf die Bedeutung der stofflichen Nutzung von Holz in u. a. der Bau-, Zellstoff- und Möbelindustrie können generell nur Waldrestholz aus der (nachhaltigen) Forstwirtschaft sowie holzartige Abfälle aus Haushalten, Gewerbe oder der Landschaftspflege für die Wärmeerzeugung verwendet werden.

Der Leitfaden für die kommunale Wärmeplanung der KEA-BW gibt einen Anhaltswert von 4,3 MWh/ha für Flächenerträge bezüglich der Energieerzeugung von Waldrestholz an. Die Fläche der Wald- und Gehölzflächen auf der Mannheimer Gemarkung beträgt 1.811 ha in 2022. Daraus ergibt sich ein maximaler potenzieller Energieertrag aus Waldrestholz von 7.787 MWh/a.

Aus der Landwirtschaft ergeben sich ebenfalls erneuerbare Biomassepotenziale – in Mannheim laut Statistischem Landesamt Baden-Württemberg auf landwirtschaftlichen Flächen mit ca. 2.943 ha. Der Leitfaden der KEA-BW gibt als Anhaltswert zur Energieerzeugung mit Mais 50 MWh/ha als Flächenertrag an. Weiter wird angenommen, dass ein 10%iger Anteil der landwirtschaftlichen Flächen für den Anbau von energetisch genutztem Mais (als Silage in Biogasanlagen) genutzt werden kann. Diese Annahme beruht auf der Tatsache, dass Maisanbau einer Konkurrenz zu anderer Ackerlandnutzung ausgesetzt ist, so dass 90 % der landwirtschaftlichen Flächen für andere Zwecke wie Lebensmittel- und Futterproduktionen genutzt werden. Der potenzielle Energieertrag aus dieser Maisverarbeitung entspricht demnach 14.714 MWh/a.

Des Weiteren können Bioabfälle verwertet werden, indem über Vergärung Biogas erzeugt wird. Dieses kann entweder zu Biomethan aufbereitet und in das Gasnetz gespeist, oder am Standort direkt für die Produktion von Wärme und Strom genutzt werden. Laut Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg können pro Tonne häuslichem Bioabfall 85 - 125 m³ Biogas mit einem Methangehalt von 50 - 80 % produziert werden. Im Folgenden wird der Mittelwert von 105 m³ pro Tonne angenommen. Pro m³ Biogas kann ein Heizwert von 5 kWh angesetzt werden.¹⁸

¹⁸ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2023): Merkblatt zur Ermittlung des Gesamtenergieverbrauchs.

In Mannheim gab es im Jahr 2022 ein Aufkommen von insgesamt ca. 14.700 t Grünabfälle und Abfälle aus der Biotonne.¹⁹ Daraus resultiert ein potenzieller Energieertrag von ca. 7.718 MWh/a.

In Summe ergibt sich ein Biomassepotenzial von ca. 30.219 MWh/a.

3.2.2. Oberflächennahe Geothermie

Bei der Erdwärme unterscheidet man grundsätzlich zwischen Tiefengeothermie und oberflächennahe Geothermie (weniger als 400 Meter Bohrtiefe). Je tiefer gebohrt wird, desto höher werden die Temperaturen, die sich zur Nutzung von Wärmeenergie an die Oberfläche befördern lassen. Durch Quellentemperaturen der oberflächennahen Geothermie von 8 – 12 °C (vgl. Abbildung 25) und der Nachschaltung einer Wärmepumpe eignet sich die Technologie bedingt auch für den effizienten Betrieb im unsanierten Gebäudebestand. Oftmals sind Anpassungen an den Heizflächen und oder der thermischen Gebäudehülle durch Reduktion der Transmissionswärmeverluste notwendig oder empfehlenswert, damit ein effizienter Heizbetrieb mit niedrigeren Vorlauftemperaturen im gebäudeinternen Heizungssystem gewährleistet werden kann.

Bei der oberflächennahen Geothermie (bis 400m Tiefe) gibt es vorrangig die folgenden Verfahren:

- Grundwassernutzung
- Erdwärmekollektoren (als Flächenkollektor oder Erdwärmekorb)
- Erdwärmesonden

Im weiteren Verlauf werden Erdwärmesonden betrachtet. In der Bohrung für eine Erdwärmesonde befindet sich ein geschlossenes Rohrsystem, das die Erdwärme mithilfe einer frostsicheren Wärmeträgerflüssigkeit (Sole) an die Oberfläche befördert und sie, ggf. durch ein kaltes Nahwärmenetz an der Erdoberfläche geleitet, an eine Wärmepumpe übergibt. Es wird von Erdwärmesondenfeldern gesprochen, wenn mehr als 5 Erdwärmesonden im räumlichen Zusammenhang stehen, wobei Mindestabstände zwischen den einzelnen Abteufungen zu berücksichtigen sind. Erdwärmesonden werden im folgenden Verlauf betrachtet, da die Felder sich als zentrale Erzeugungsquelle eines potenziellen Wärmenetzes anbieten. Eine Bodennutzung ist bei Erdwärmesonden im Gegensatz zu Erdwärmekollektoren weiterhin uneingeschränkt möglich, da Erdwärmekollektoren in ca. ein bis zwei Metern flächenintensiv unter der Erdoberfläche verteilt werden. Dies bedeutet nicht, dass auch die anderen Formen der Nutzung oberflächennaher Geothermie in einzelnen Fällen Sinn ergeben können.

¹⁹ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2023): Abfallbilanz 2022 – Ressourcen aus unserer kommunalen Kreislaufwirtschaft.

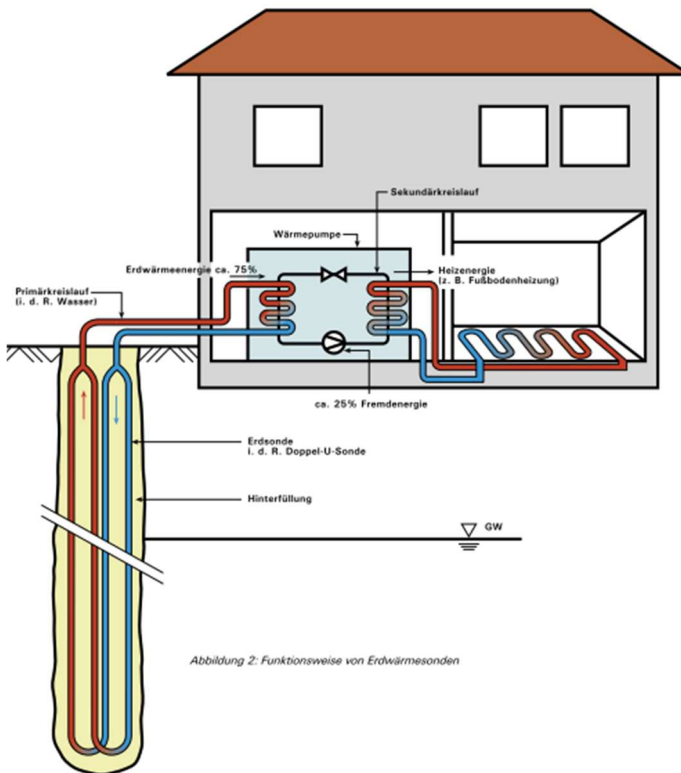


Abbildung 24: Schematische Abbildung einer Erdwärmesonde
Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg (2005)

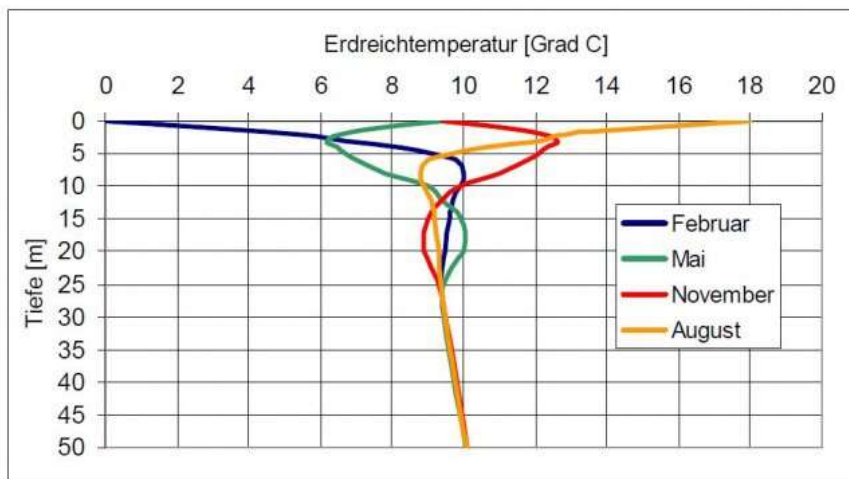


Abbildung 25: Erdreichtemperaturen nach Tiefe unter der Geländeoberkante
Quelle: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW (2023)

Abbildung 25 zeigt, dass die Temperaturen mit zunehmender Bohrtiefe ansteigen und in tieferen Erdschichten, ab einer Bohrtiefe von ca. 25 m, über das Jahr, also unabhängig von der Außentemperatur der Luft, sehr konstant bleiben. Bei einer oberflächennahen geothermischen Anlage wird eine Sole-Wärmepumpe hinter die geothermische Bohrung geschaltet. Die Sole-Wärmepumpe nutzt die Erdwärme als Umweltwärme zur Erzeugung von Heizenergie. Wärmepumpen arbeiten

effizienter mit einer möglichst geringen Temperaturspreizung zwischen Wärmequellentemperatur und Vorlauftemperatur des Heizungssystems. Somit arbeitet eine Luft-Wärmepumpe im Winter bei Lufttemperaturen unter 4°C deutlich ineffizienter als eine Sole-Wärmepumpe mit geothermischer Bohrung.

Wasserschutzgebiete

Bau und Betrieb von Erdwärmebohrungen in Wasserschutzgebieten der Zonen I bis III / IIIA sind i. d. R. verboten. Ausnahmen sind in den Zonen III / IIIA im Einzelfall möglich, wenn eine Verunreinigung des Grundwassers ausgeschlossen werden kann.

Flächen außerhalb von Wasserschutzgebieten sind hingegen grundsätzlich für Geothermie in Betracht zu ziehen. In diesen Gebieten sind Zustrombereiche von Grundwassernutzungen, Bohrtiefenbegrenzungen und Einzelfallbeurteilungen ggf. in Abstimmung mit der Unteren Wasserschutzbehörde zu erörtern.

Bergrecht

Für grundstücksübergreifende Erdwärmeerschließung oder Erdwärmeerschließungen mit einer Tiefe über 100 m sieht das Bundesberggesetz (BbergG) grds. eine umfassende bergrechtliche Genehmigung durch die Bergbehörde vor. Dieser Prozess ist deutlich aufwändiger als oberflächennah nach Geothermie zu bohren, was i. d. R. ohne Weiteres bzw. ggf. unter Auflagen (z. B. Bohrtiefenbegrenzung) möglich ist. Jede Sondenbohrung ist jedoch nach § 127 BbergG dem Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau als zuständige Bergbehörde und geowissenschaftliche Fachbehörde des Landes Baden-Württemberg anzuzeigen.

Die KEA-BW hat eine landesweite Ermittlung des Erdwärmesonden-Potenzials auf Flurstücksebene veröffentlicht. Die schematische Vorgehensweise zur Erhebung dieser Daten ist in Anhang 2 dokumentiert. Die Berechnung der jährlich entziehbaren Energie wurde mit bestimmten Parametern und Annahmen (u. a. Leistungszahl von Wärmepumpen, Jahresvolllaststunden) durchgeführt. Nach dieser Analyse besteht in Mannheim ein erneuerbares Wärmepotenzial aus oberflächennaher Geothermie von insgesamt 426.037 MWh/a.

In der folgenden Abbildung werden die oberflächennahen Geothermiepotenziale für Mannheim schematisch dargestellt.

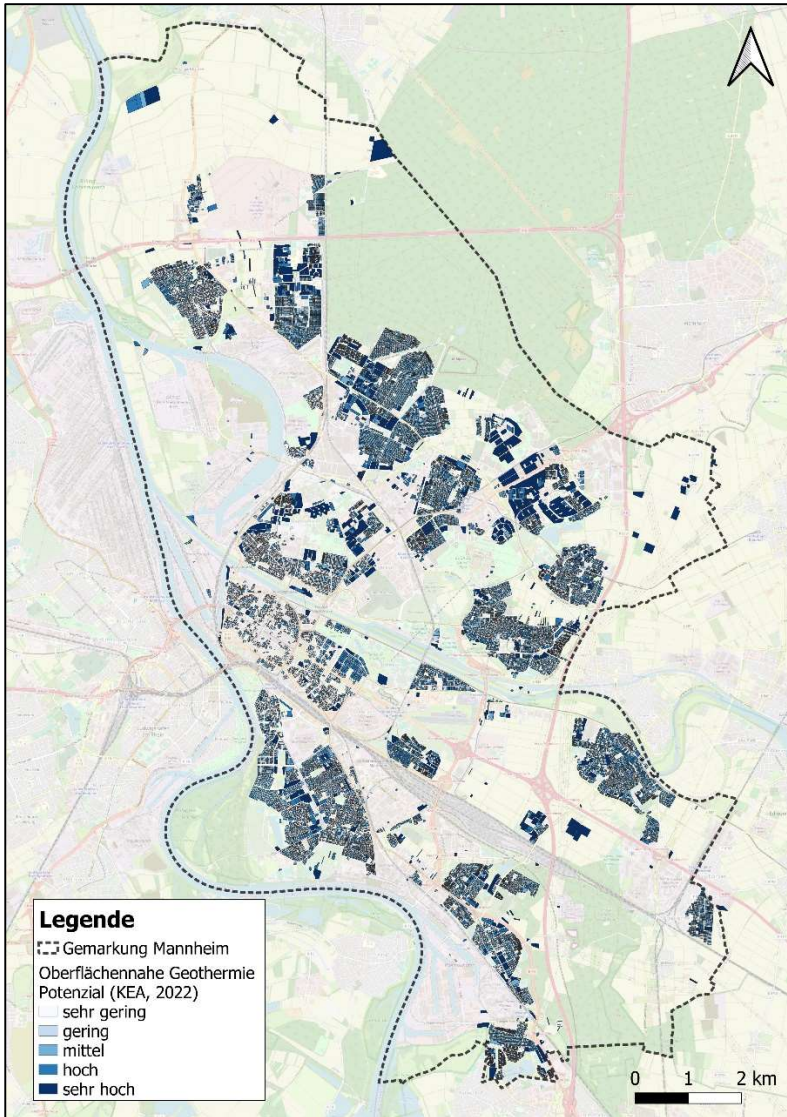


Abbildung 26: Oberflächennahes Geothermiepotenzial für Mannheim

Weitere Informationen zur Nutzung von Geothermie finden sich in den aktuellen Leitfäden zur Nutzung der Erdwärme (Grundwasser, Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren) des Umweltministeriums Baden-Württemberg.²⁰

3.2.3. Tiefengeothermie

Eine Tiefengeothermieanlage kann, unabhängig von Wettereinflüssen und Tages- und Nachtzeiten nahezu das gesamte Jahr ununterbrochen umweltfreundliche Wärme und/oder Strom liefern. Tiefengeothermie ist als lokale erneuerbare Energiequelle grundlastfähig und kann damit wesentlich zu einer hohen Versorgungssicherheit in einem klimaneutralen Wärmesektor beitragen. Der

²⁰ <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/erneuerbare-energien/geothermie>

Oberrhingraben gehört hierbei zu den Gebieten in Deutschland mit idealen Voraussetzungen zur Nutzung von hydrothermalen Geothermie. Beim hydrothermalen Verfahren wird natürliches Heißwasser über eine Entnahme- und eine Injektionsbohrung „umgewälzt“. Die Energie des Heißwassers soll zur klimaneutralen Fernwärmeversorgung der Region eingesetzt werden. Bei den tiefengeothermischen Bohrungen bis zu 4.000 m wird mit teleskopartigen Verrohrungen sichergestellt, dass sich unterschiedliche Schichten im Untergrund nicht miteinander verbinden, um z. B. zu verhindern, dass aufsteigendes Grundwasser in quellfähige Zonen eindringen kann, was zu Geländehebungen führen kann.

Der Realisierung einer tiefengeothermischen Anlage stehen umfangreiche Untersuchungen und Genehmigungen voran. Im ersten Schritt wird ein geeigneter Standort für das Geothermieheizwerk gesucht und ausgewählt. Hierzu werden seismische Untersuchungen des Untergrunds durch spezialisierte Dienstleistungsunternehmen durchgeführt und deren Ergebnisse ausgewertet werden. Nachdem Standorte mit bester Eignung auf Basis dieser Ergebnisse identifiziert wurden, werden Tiefenbohrungen veranlasst, die nach erfolgreicher Abteufung getestet werden. Fallen die Tests positiv aus, kann ein Geothermieheizwerk als erneuerbare Wärmequelle errichtet werden und den Betrieb aufnehmen.

In Mannheim entwickeln sowohl die beiden regionalen Energieunternehmen EnBW und MVV Energie mit ihrer gemeinsamen Projektgesellschaft GeoHardt GmbH²¹ im Süden als auch die Vulcan Energie Ressourcen GmbH²² im Norden der Gemarkung tiefengeothermische Projekte und erkunden derzeit standortspezifische Potenziale mit 3D-Seismik.

3.2.4. Solarthermie

Die Anwendungsmöglichkeiten zur Erzeugung von Wärme bzw. Kälte aus Sonnenenergie wird als Solarthermie bezeichnet. Solarthermische Kollektoren werden vorwiegend auf privaten oder gewerblichen Gebäudedächern installiert, können jedoch auch als solarthermische Großanlagen in Kombination mit Langzeitspeichern für die Nah- und Fernwärmeversorgung eingesetzt werden.

Mannheim liegt in einem Breitengrad, in dem die Strahlungsintensität der Sonne keinen ganzjährigen und vollständigen solarthermischen Heizbetrieb gewährleistet. In der Praxis bedeutet dies, dass in der Übergangszeit (Frühjahrs- und Herbstmonate) nur temporär auf eine Zuschaltung der konventionellen Heizung verzichtet werden kann. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei der Nutzung solarthermischer Anlagen durchschnittlich 60 % des Endenergieverbrauchs für die Warmwasserbereitung sowie 10 % des Endenergieverbrauchs für die Gebäudeheizung gedeckt werden

²¹ www.geohardt.de

²² <https://v-er.eu/de/>

können. Bei größerer Auslegung einer Solarthermieanlage inkl. Pufferspeicher lässt sich die Eigenverbrauchsquote weiter erhöhen. In der Sommer- und teils in der Übergangszeit können solarthermische Anlagen fossile Heizungsanlagen sogar vollständig ersetzen. Solarthermie ist eine Erfüllungsoption für das GEG und bewährt sich insbesondere in klimafreundlichen Hybridsystemen wie z. B. in Kombination mit Wärmepumpen.

Dachflächen

Die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) hat im Jahr 2021 eine aktualisierte Version des Solarkatasters für Dachflächen im Energieatlas für Baden-Württemberg veröffentlicht. Die Analyse beinhaltet unter anderem die Eignung der Dachflächen (sehr hohe, hohe, mittlere, geringe Einstrahlung) sowie Daten für die 3D-Dachfläche der Dachseiten, die sich für die Installation solar-technischer Modulanlagen (solarthermisch oder photovoltaisch) eignen, in m².

Die Daten für Mannheim werden nachfolgend tabellarisch aufgeführt.

*Tabelle 4: Modulflächen zur Solarenergienutzung nach Dachflächeneignung in Mannheim
Quelle: LUBW (2021)*

Dachflächen-Eignung	Modulfläche (m²)
sehr hoch	5.659.210
hoch	2.359.870
mittel	930.046
gering / zu prüfen	640.006
Insgesamt	9.589.132

Für die Berechnung des Potenzials der Solarthermie auf Dachflächen in Mannheim wird ebenfalls die Technik Kennzahl des Leitfadens für die kommunale Wärmeplanung verwendet. Der jährliche Kollektorertrag beträgt ca. 400 kWh/m². Als realistische Einschätzung des Potenzials wird die Annahme der Nutzung von 5 % der Dachflächen mit sehr hoher und hoher Eignung getroffen, woraus sich ein wirtschaftliches Potenzial für Mannheim von ca. 160.381 MWh/a ergibt.

Freiflächen

Alle Freiflächen, die im Energieatlas der LUBW als potenzielle Flächen für PV in Mannheim genannt sind, sind grundsätzlich auch für Solarthermie geeignet. Ob PV oder Solarthermie installiert wird, ist davon abhängig, ob eine Solarthermieanlage zur Wärmeerzeugung an ein Wärmenetz erschlossen werden kann oder soll. Durch die hohen Temperaturen der Solarthermieanlage ist eine direkte Wärmeeinspeisung ins Wärmenetz möglich, wobei eine aufwendige saisonale Speicherung von Solarwärme, im Sommer sehr hohen Wärmeüberschüssen im Netz in Kombination mit hohen

spezifischen Wärmegestehungskosten zum vorläufigen Ausscheiden der Technologie für eine Fernwärmenutzung geführt hat (vgl. a. Kap. 3.2.10).

Für die Berechnung der Potenziale für die Solarenergienutzung auf Freiflächen gibt der Energieatlas der LUBW generell Potenzialflächen auf Konversionsflächen und Seitenrandstreifen und auf benachteiligten Gebieten vor. Die Potenzialflächen (Stand 2018) liegen teilweise innerhalb weicher Restriktionsflächen wie Natura 2000- und Landschaftsschutzgebiete. Aufsummiert betragen diese Flächen 1.259.670 m² und damit ca. 46 % der gesamten Freiflächenpotenziale.

Gemäß den LUBW-Daten gibt es 2.710.550 m² potenzieller Freiflächen zur Nutzung von Solarenergie. Wenn alle Freiflächen für Solarthermie genutzt werden würden, ergibt sich hieraus ein theoretisches Potenzial für Solarthermie auf Freiflächen von 409.835 MWh/a.

3.2.5. Photovoltaik zur Stromerzeugung

Dachflächen

Gemäß den Angaben des Energieatlas BW (Stand 2018) gibt es auf Dachflächen in Mannheim bereits eine bestehende installierte PV-Leistung von 42,44 MW. Die berechnete Stromerzeugung beträgt 40.695 MWh/a. Die Netzeinspeisung wird mit 36.820 MWh/a angegeben.

Für die Berechnung der theoretisch maximalen Stromerzeugung von Photovoltaik auf Dachflächen können ebenfalls Daten aus dem Energieatlas der LUBW (PV-Dachflächenpotenzial) verwendet werden (vgl. Tabelle 5).

*Tabelle 5: Photovoltaik Dachflächenpotenzial in Mannheim
 Quelle: LUBW (2021)*

Dachflächen-Eignung	Modulfläche (m ²)	Maximal erzielbarer Jahresertrag (MWh/a)
sehr hoch	5.659.210	554.345
hoch	2.359.870	285.693
mittel	930.046	127.634
gering / zu prüfen	640.006	71.494
Insgesamt	9.589.132	1.039.167

Es wird angenommen, dass nicht alle Dachflächen in Mannheim mit PV-Anlagen bedeckt werden können, sondern nur 80 % des maximalen Potenzials erreicht werden. Das Potenzial für die PV-Stromerzeugung liegt somit bei 831.334 MWh/a.

Freiflächen

Der Energieatlas der LUBW (Stand 2018) gibt in Bezug auf die Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Bestand sieben installierte Anlagen mit einer berechneten Stromerzeugung von 1.366 MWh/a an.

Hinzu kommen mögliche Potenzialflächen für die Erzeugung von Strom mittels Freiflächen-Photovoltaik. Der Leitfaden für die kommunale Wärmeplanung in BW gibt eine Technik Kennzahl für die Berechnung der Stromerzeugung von PV auf Freiflächen vor, die als durchschnittlichen Flächenertrag einer PV-Freiflächenanlage von 40 kWh/m² Bodenfläche ausgeht. Auf Mannheimer Gemarkung liegen 2.710.550 m² geeignete Fläche für Freiflächen-Photovoltaik. Hieraus ergibt sich ein maximales technisches Potenzial von 108.422 MWh/a. Mit Blick auf Ausschlusskriterien, Raumwiderstände und Genehmigungsvoraussetzungen ist grds. jede Fläche einzeln zu prüfen. Der Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim hat die räumlichen Potenziale für Freiflächenphotovoltaik in einer eigenen Karte veröffentlicht.²³

3.2.6. Umweltwärme aus Außenluft und Oberflächengewässer (mittels Wärmepumpe)

Eine Potenzialberechnung für die Umweltwärme aus Außenluft wird nicht durchgeführt, da Luft immer und in ausreichendem Umfang zur Verfügung steht. Luft kann mithilfe von Luft-Wasser-Wärmepumpen mit geringem Stromeinsatz zur effizienten Wärmeerzeugung genutzt werden. Grundsätzlich entziehen Wärmepumpen der Außenluft (oder dem Erdreich bzw. dem Grundwasser oder einem anderen Wärmeträger wie industrieller Abwärme oder Abwasser) Wärme und heben („pumpen“) sie unter Zuführung von mechanischer Energie in einem Kreislaufprozess durch Verdampfung und Verdichtung eines Arbeitsmediums auf ein höheres Temperaturniveau. Diese „gepumpte“ Wärme kann dann an das Medium im Heizverteilsystem eines Gebäudes abgegeben und als Raumwärme genutzt werden. Zum Antrieb wird überwiegend elektrischer Strom genutzt, bei größeren Anlagen auch Gas.

Wärmepumpen erfüllen als effiziente Technologie die Vorgaben des GEG. Der Energiebedarf eines Wärmepumpensystems kann dabei neben konventionell erzeugtem Strom und Gas auch über regenerativ erzeugten Eigenstrom (z. B. PV) gedeckt werden. Bei steigenden Preisen für Wärmepumpentarife und sinkenden Kosten für Batteriespeicher werden Komplettlösungen für ein dezentrales Energiemanagement zunehmend wirtschaftlich. Diese Eigenverbrauchsoptimierung ist nicht zuletzt

²³ www.nachbarschaftsverband.de/fnp/VV_Anlagen_20230512/TOP%2001_20230512_IV_Wind%20und%20PV_Anlage_3_Photovoltaik_A3_20230420.pdf

auch auf Grund von gesunkenen EEG-Einspeisevergütungen und gestiegenen Strompreisen attraktiv. Der Einsatz der Wärmepumpen ist insbesondere bei gut gedämmten Häusern mit geringen Vorlauftemperaturen im Wärmeverteilsystem wie beispielsweise bei Flächenheizungen vorteilhaft. Dies ist im Neubau oder im sanierten Altbau der Fall, so dass als Einsatzorte bspw. Niedrigenergiehäuser mit Fußbodenheizung in Betracht kommen. Mit baulichen Anpassungen an der Heizungstechnik (z. B. Vergrößerung der Wärmeüberträgerflächen der Raumheizkörper) ist der Einsatz im unsanierten Altgebäudebestand ebenfalls technisch möglich, allerdings aufgrund der in der Regel höheren benötigten Vorlauftemperaturen im Vergleich zur Flächenheizung auf ökologischen und ökonomischen Nutzen zu prüfen.

Der Rhein als großes Oberflächengewässer, das entlang des Mannheimer Stadtgebiets fließt, wird bereits durch den Einsatz einer großen Flusswärmepumpe am Standort des Großkraftwerks genutzt. Der Einsatz weiterer Flusswärmepumpen ist bereits geplant (vgl. a. Kap. 3.2.10).

3.2.7. Abwärme

Die Wärmerückgewinnung aus unvermeidbarer Abwärme bei industriellen Prozessen oder anderen Anwendungen wie KWK-Prozessen ist nach der Abwärmevermeidung die effizienteste Methode zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung (z. B. in Wärmenetzen). Statt diese Wärme ungenutzt in die Umwelt abzugeben, werden spezielle Wärmerückgewinnungssysteme bzw. -tauscher eingesetzt, um die Abwärme zu erfassen und für weitere wärmerelevante Zwecke zu nutzen.

In Mannheim werden neben der Wärmeauskopplung aus dem Kraftwerksprozess des Großkraftwerks Mannheim schon heute unvermeidbare Abwärmequellen für die Dekarbonisierung des Fernwärmenetzes genutzt bzw. eine Nutzung ist in den nächsten Jahren geplant (vgl. a. Kap. 3.2.10):

- Einspeisung aus Produktionsprozessen von Daimler Truck (Waldhof, seit 2018)
- Heizkraftwerk zur thermischen Verwertung stofflich nicht verwertbarer Abfälle (Friesenheimer Insel, seit 2020)
- Biomassekraftwerk zur thermischen Verwertung von Alt- und Restholz (Friesenheimer Insel, geplant 2024 – 2026)

Darüber hinaus wurden im Rahmen der KWP und in Kooperation mit der IHK weitere industrielle Abwärmequellen direkt bei den großen Mannheimer Industrieunternehmen angefragt. Die KEA-BW hat hierfür ein Formular zur Erhebung der Abwärme in Unternehmen in Zusammenarbeit mit der Umwelttechnik BW erstellt.²⁴

²⁴ www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Wissensportal/Abwaerme-Energie-Datenerfassung_KWP_KEA-BW_V1.1.pdf

Insgesamt wurden 28 Mannheimer Unternehmen angeschrieben, von denen lediglich zwei den Erhebungsbogen ausgefüllt abgegeben haben. Auch wenn beide Unternehmen Abwärmequellen (Kühlkreislauf bzw. Abwasser) angegeben haben, war keines prinzipiell bereit Wärme auszukoppeln, abzugeben oder zu verkaufen.

3.2.8. Abwasserwärme

Um das Potenzial der Abwasserwärme im städtischen Entwässerungssystem beurteilen zu können, sind neben einer ausreichenden Dimensionierung des Abwasserkanals zur Installation von Wärmetauschertechnologie und vorhandener hydraulischer Kapazitäten vor allem ein ausreichender Trockenwetterabfluss von 15 Liter pro Sekunde (bzw. die Abwassermenge von mindestens 6.000 Einwohner:innen) entscheidend, um eine ausreichende Überströmung bzw. Wärmeabnahme des Wärmetauschers zu gewährleisten – unabhängig davon, ob dieser als Rinnenwärmetauscher im Kanal oder in Kombination mit einer Schachtsieb- und -pumpanlage außerhalb des Kanals installiert wird.

Der Mannheimer Eigenbetrieb Stadtentwässerung (EBS) ist Vorreiter bei der Nutzung von Abwasserwärme für die klimaneutrale Wärmeversorgung und betreibt selbst zwei Anlagen zur Gebäudebeheizung im Pumpwerk Ochsenpferch (seit 2011) und im Verwaltungsgebäude der EBS (seit 2015 zum Heizen und Kühlen). Darüber hinaus ist seit 2017 das Mannheimer Stadtarchiv Marchivum mit einem Wärmetauscher im Zulaufkanal zum Pumpwerk Ochsenpferch und einer Hausanschlussleitung an die Abwasserwärme angeschlossen. Zusammen haben die drei Anlagen in 2019 eine Wärmearbeit von 840.300 kWh erbracht.²⁵

Der Eigenbetrieb Stadtentwässerung hat außerdem für sein im Eigentum befindliches Kanalnetz alle potenziell nutzbaren Kanäle mit ausreichender Dimensionierung (Kanalbreite \geq 600 mm) identifiziert. Diese sind in nachfolgender Abbildung blau dargestellt und haben eine Gesamtlänge von rund 89.000 m.

In der 100 m breiten türkisenen Pufferzone befinden sich alle Gebäude, für die eine Prüfung der Wärmeversorgung mit Abwasserwärmenutzung gemeinsam mit dem Eigenbetrieb Stadtentwässerung grds. empfehlenswert ist.

²⁵ www.mannheim.de/sites/default/files/2021-02/EBS_Umweltbericht_2021_WEB_ES.pdf

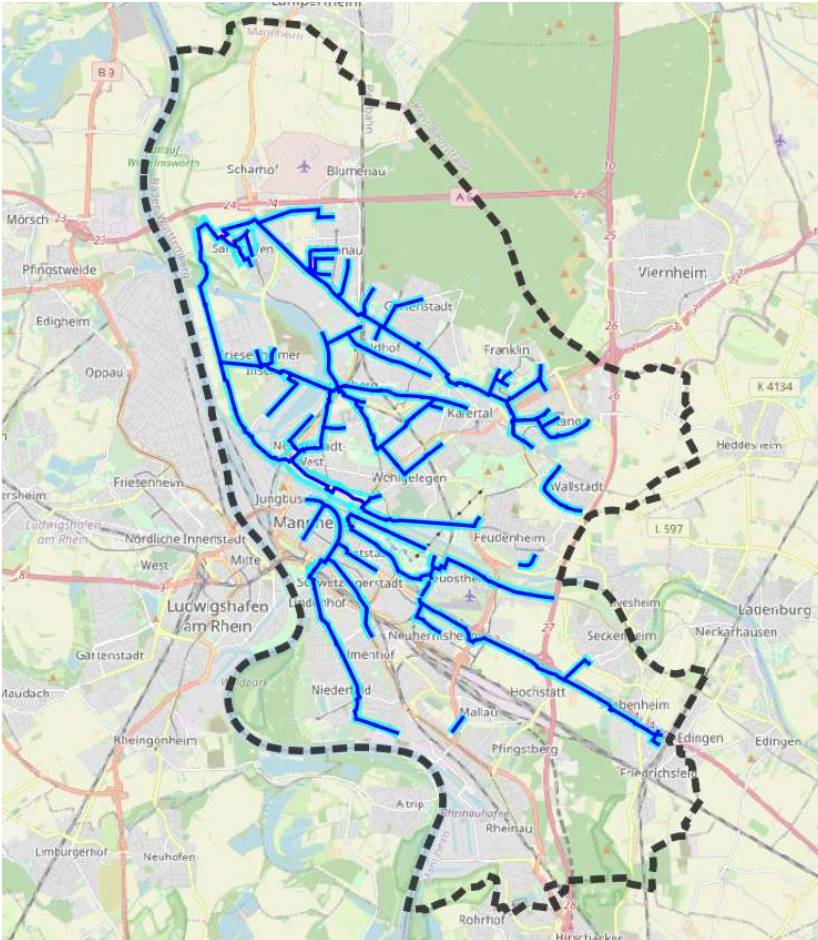


Abbildung 27: Potenziell für Abwasserwärme nutzbare Kanäle (inkl. 100 m breite Pufferzone)
Quelle: Eigenbetrieb Stadtentwässerung Mannheim (2023)

Da die Kanäle sowohl von ihrer Dimensionierung als auch beim Trockenwetterabfluss sehr unterschiedlich beschaffen sind, ist eine genaue Ermittlung des Leistungspotenzials nicht möglich. Unter den groben Annahmen jedoch, dass durchschnittlich in jedem Meter verfügbare Haltungslänge des Kanals ca. $0,5 \text{ m}^2$ überströmte Wärmetauscherfläche installiert und für jeden Quadratmeter überströmte Wärmetauscherfläche mit Wärmepumpen eine Wärmeleistung von 3 kW entzogen werden kann, ergibt sich ein theoretisches Leistungspotenzial von ca. 133,5 MW. Dieses Potenzial reduziert sich durch technische Restriktionen. Bspw. muss sichergestellt sein, dass die Abwassertemperatur durch Wärmeentnahmen nicht so weit abgesenkt wird, dass der Klärwerksbetrieb gestört wird. Daher ist der Einbau eines Wärmetauschers immer frühzeitig mit dem Eigenbetrieb Stadtentwässerung abzusprechen und eine Bewilligung einzuholen.

3.2.9. Wind zur Stromerzeugung

Mit einer zunehmenden strombasierten Wärmeversorgung und durch die im Zielszenario (vgl. Kap. 4.2) angenommenen Deckungsanteile elektrisch betriebener Wärmepumpen stellen Windkraftanlagen zur regenerativen Stromerzeugung insbesondere in der Heizperiode auch einen

notwendigen Baustein für die Wärmewende dar. Dabei ergänzt die Windkraft mit ihrem Erzeugungsprofil das von PV gut. Während PV sein Maximum im Sommerhalbjahr erreicht, liegt dieses für die Windkraft im Winterhalbjahr. Zudem ist die Windkraft hinsichtlich ihrer Flächeneffizienz besonders sparsam.

Im Energieatlas der LUBW ist zwar keine Windkraftanlage auf der Gemarkung der Stadt Mannheim verzeichnet. Allerdings wird eine Potenzialfläche von ca. 86,5 ha ermittelt, die hinsichtlich Windhöheffigkeit und ausschließender Planungskriterien für die Installation von Windkraftanlagen grds. geeignet ist (mit Flächenrestriktionen). Die Fläche befindet sich nördlich der Coleman Barracks, umfasst ein Potenzial für fünf Windkraftanlagen und damit einen möglichen Netto-Stromertrag von 46.796 MWh/a (LUBW, Stand 2019). Das entspricht dem Jahreswärmebedarf von fast 12.000 Haushalten mit Wärmepumpen. In Abbildung 28 werden die Windpotenzialflächen dargestellt. Ob diese Potenzialflächen künftig genutzt werden können, ist nicht Gegenstand der KWP.

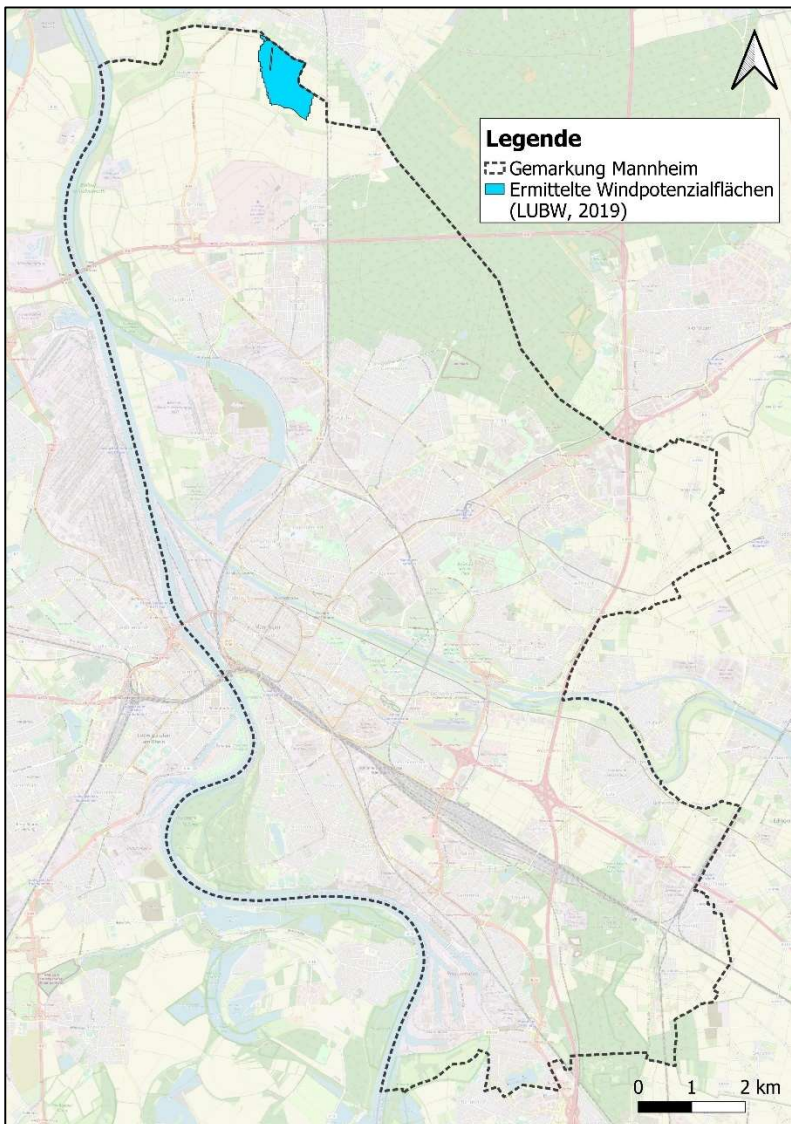


Abbildung 28: LUBW-Windpotenzialflächen in Mannheim
Quelle: LUBW (2019)

Der Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim hat 2023 eine Potenzialanalyse für Windenergie und Freiflächenphotovoltaik im Außenbereich im Verbandsgebiet erstellt und räumliche Potenzialkarten erstellt.²⁶ In der Potenzialkarte für Windenergie sind grundsätzlich geeignete Flächen sowie Flächen, die einer vertiefenden Prüfung bedürfen, dargestellt. In Abbildung 29 werden ausschließlich die geeigneten Flächen (ohne vertiefende Prüfung) auf der Mannheimer Gemarkung gezeigt. Die größte Fläche befindet sich zwischen der Frankenthaler Straße und dem Klärwerk Mannheim im Norden. Weitere Flächen befinden sich im Bereich der Frankenthaler Straße an der nördlichen Gemarkungsgrenze, nördlich der Coleman Barracks, entlang der östlichen Gemarkungsgrenze (Käfer-taler Wald) sowohl nördlich als auch südlich der A6, auf landwirtschaftlichen Flächen Nahe Straßenheim im Osten sowie an der westlichen Gemarkungsgrenze auf der Friesenheimer Insel. In Summe wird eine Fläche von ca. 438 ha für die Windenergienutzung, wobei die Belange der Flugsicherung (Flughafen Mannheim-Neustheim, militärischer Flugplatz Coleman) aktuell generell überprüft werden, so dass keine gesicherte Aussage zu räumlichen Einschränkungen gegeben werden kann.

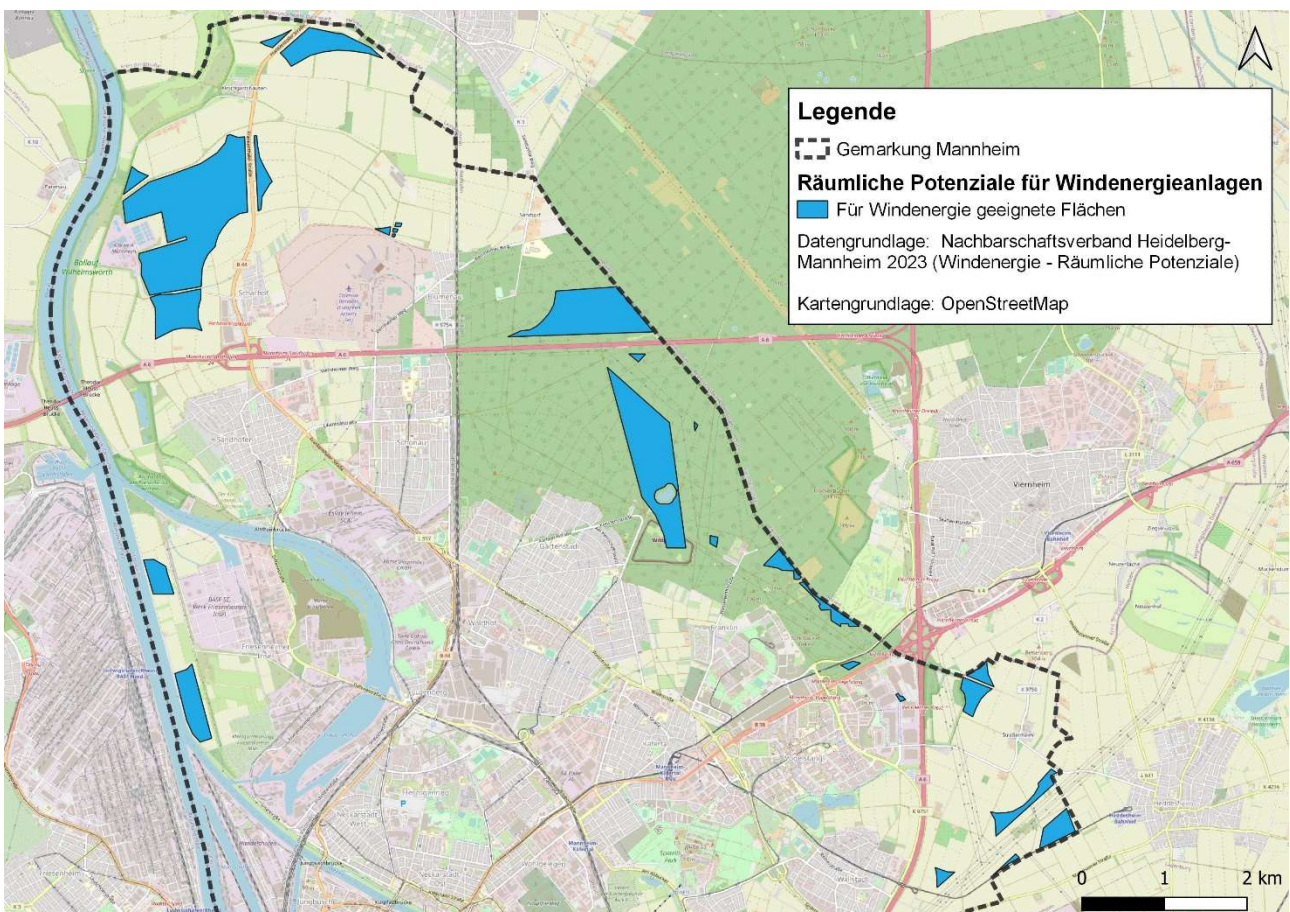


Abbildung 29: Eignungsflächen für Windenergie
Quelle: Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim (2023)

²⁶ Die Standorte für Windenergieanlagen werden zukünftig durch den Verband Region Rhein-Neckar (VRRN) anhand von Flächenzielen gesteuert (vgl. Kapitel 1.2). Durch die rechtlichen Änderungen hinsichtlich verringerter Mindestabstände zu Wohnen und der erhöhten Durchsetzbarkeit regenerativer Energien haben sich die räumlichen Potenziale für Windenergie erhöht; vgl. www.nachbarschaftsverband.de/fnp/VV_Anlagen_20230512/TOP%201_20230512_IV_Wind%20und%20PV.pdf.

3.2.10. Transformation Fernwärmenetzverbund Rhein-Neckar

Auf der UN-Klimakonferenz in Glasgow im Jahr 2021 hat die MVV Energie AG mit ihrem Mannheimer Modell ihren „#klimapositiv-Kurs“ kommuniziert. Nach diesem strategischen Leitrahmen, in dem auch die Wärmewende eine wesentliche Säule darstellt, hat sich der Energieversorger, der unter anderem das Fernwärmenetz in Mannheim betreibt, verpflichtet die Fernwärmeerzeugung bis 2030 vollständig auf grüne Energiequellen umzustellen.²⁷



Abbildung 30: Wärmequellen und Technologien zur Vergrünung der Fernwärme im Mannheimer Modell
Quelle: MVV Energie AG

Erste große Investitionsprojekte sind bereits umgesetzt: Mit dem Bau eines neuen Dükers unter dem Altrhein und einer ca. 3 km langen Verbindungsleitung wurde das Kraftwerk zur thermischen Abfallverwertung auf der Friesenheimer Insel an das Fernwärmenetz angeschlossen, so dass seit 2020 mit ansteigenden Mengen unvermeidbare Abwärme eingespeist werden kann. Ein weiterer wichtiger Meilenstein war die Inbetriebnahme einer innovativen Flusswärmepumpe am Rhein auf dem Standort des Großkraftwerks Mannheim im Oktober 2023. Neben weiteren Großwärmepumpen ist die Anbindung des Biomasseheizkraftwerks auf der Friesenheimer Insel an die Fernwärme und die Erschließung von Tiefengeothermie (vgl. Kap. 3.2.3) geplant. Spitzenlasten sollen mit Hilfe von Biomethan oder ggf. Wasserstoff abgefahren werden.

Nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über die geplante Entwicklung des Erzeugungsmixes der Fernwärme auf Basis des Transformationsplanes der MVV Energie. Ab 2030 sinkt der CO₂-Emissionsfaktor der Fernwärme demnach auf null. Natürlich können projektspezifische

²⁷ www.mvv.de/ueber-uns/strategie/mannheimer-modell

Unsicherheiten (z. B. bei der Auffindung von Geothermie) während des Transformationsprozesses noch zu prozentualen Veränderungen der Anteile einzelner Erneuerbarer-Energien-Technologien führen.

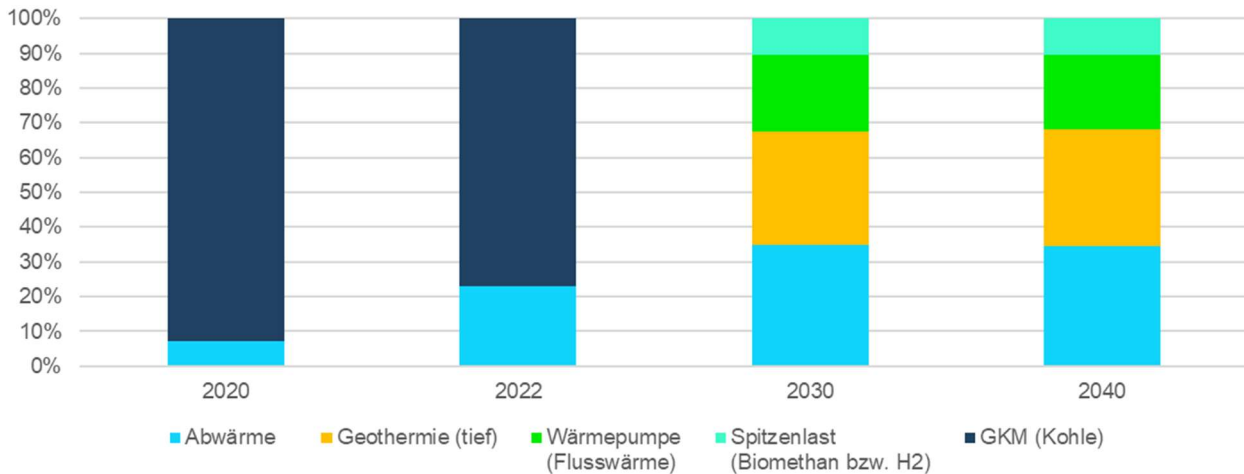


Abbildung 31: Entwicklung des Erzeugungsmixes der Fernwärme in Mannheim
Quelle: MVV Energie AG

Im Zielszenario (vgl. Kap. 4.2) wird entsprechend von einer vollständigen Dekarbonisierung der Fernwärme bis 2030 ausgegangen. In dessen Zuge ist eine intensive Nachverdichtung und ein weiterer Ausbau des Fernwärmenetzes in bestimmten Eignungsgebieten Mannheims geplant (vgl. hierzu Kap. 4.1). Einen Rückbau der Fernwärme wird es hingegen nicht geben.

3.2.11. Perspektive Gasnetz: Erdgasersatz mit synthetischen Gasen

Auch wenn Erdgas mittelfristig noch als Brückentechnologie zur Klimaneutralität, insbesondere in der Industrie, von Bedeutung sein wird, ist – auch unabhängig vom Ukraine-Krieg – absehbar, dass der fossile Energieträger perspektivisch auslaufen wird. Das wirft die Frage nach der Perspektive des Gasverteilnetzes auf.

Im Industriesektor wird mit fossilen Gasen in KWK-Anlagen Strom und Prozesswärme zur Deckung des Eigenbedarfs z. B. bei Hochtemperaturanwendungen (Glas-, Zement-, Stahlherstellung, Petrochemie, usw.) erzeugt. Strombasierte Lösungen sind jedoch aufgrund von Limitationen bei der benötigten Temperatur nur teilweise geeignet.

Neben Biomethan (vgl. Kap. 3.2.1) könnten erneuerbare Gase, die durch Synthetisierung brennbarer Gase mittels überschüssiger elektrischer Energie, die aus regenerativen Quellen stammt, in Zukunft einen Beitrag zur Dekarbonisierung des Wärmemarkts leisten. Diese Power-To-Gas

genannten Technologien stehen derzeit stark in der Diskussion. Einige Dutzend Pilotprojekte sind bereits umgesetzt oder geplant. Im Fokus stehen synthetisches Methan und Wasserstoff.

Wasserstoff wird dabei je nach Produktionsverfahren unterschieden. Die klimaneutralen Varianten sind im Wesentlichen „grüner“ Wasserstoff, der durch ein Elektrolyseverfahren aus Wasser unter Einsatz erneuerbarer Energien entsteht und „blauer“ Wasserstoff, der wie „grauer“ Wasserstoff durch Dampfreformierung aus Erdgas umgewandelt wird, dessen CO₂ bei der Entstehung jedoch abgeschieden und gespeichert wird (Carbon Capture and Storage; kurz: CCS). Grundsätzlich ist im Laufe des Power-To-Gas-Verfahrens bei Wasserstoff mit energetischen Verlusten von ca. 30 %, bei synthetischem Methan über 40 % zu rechnen.

Die Gasbeschaffenheit, die Qualität und die Bedingungen für einen Netzzugang sind in den Regelwerken des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.) festgelegt.²⁸ Während synthetisches Methan mit der bestehenden Erdgasinfrastruktur kompatibel ist und umgehend transportiert und gespeichert werden kann, können nur bis zu 10 % des äußerst flüchtigen Wasserstoffs beigemischt werden, sofern keine kritischen Komponenten wie bspw. Gasturbinen und -motoren oder Kavernen- bzw. Porenspeicher angeschlossen sind.

Mit Blick auf diese Ausgangssituation, den hohen spezifischen Gestehungskosten von Wasserstoff, den Restriktionen hinsichtlich des verfügbaren erneuerbaren Stroms und des Gasverteilnetzes sowie dem regulatorischen Fokus auf die Wasserstoffverwendung in Sektoren, die sich nach heutigem Stand der Technik kaum anders dekarbonisieren lassen (bspw. Industrieprozesse und Verkehrsbereiche wie der Fernlast-, Luft- und Schiffsverkehr), wurde für die KWP im Lenkungskreis entsprechend festgelegt, dass Wasserstoff für eine Anwendung in der Beheizung von Wohn-, Gewerbe- und öffentlichen Gebäuden mittelfristig nicht in Frage kommt.

²⁸ www.dvgw.de/leistungen/regeln-und-normen

4. Wärmewendestrategie

Die Wärmewendestrategie bildet die Schnittstelle zwischen der Erstellung des kommunalen Wärmeplans und dessen Umsetzung im Anschluss. Sie integriert gleichzeitig die Entwicklungsstrategien der verantwortlichen Akteure, allen voran der Stadt Mannheim und dem mehrheitlich kommunalen Energieversorger MVV, aber auch der städtischen Wohnungsbaugesellschaften, der Netzbetreiberin MVV Netze, des Handwerks, von Eigentümer:innen, Gewerbetreibenden und Industrie. Um Akzeptanz und Engagement für die Wärmewende zu fördern und möglichst viele Akteure hinter der gemeinsamen Wärmewendestrategie zu vereinen, wurde im Rahmen der Wärmeplanerstellung von Beginn an Wert auf einen breiten und umfassenden Beteiligungsprozess gelegt (vgl. Kap. 1.5).

Die Wärmewendestrategie besteht aus diesen wesentlichen Bausteinen:

1. Ausweisung der Eignungsgebiete für die künftige Wärmeversorgung
2. Klimaneutrales Zielszenario für 2040
3. Maßnahmenkatalog

Im Weiteren werden die einzelnen Bausteine vertieft.

4.1. Ausweisung der Eignungsgebiete

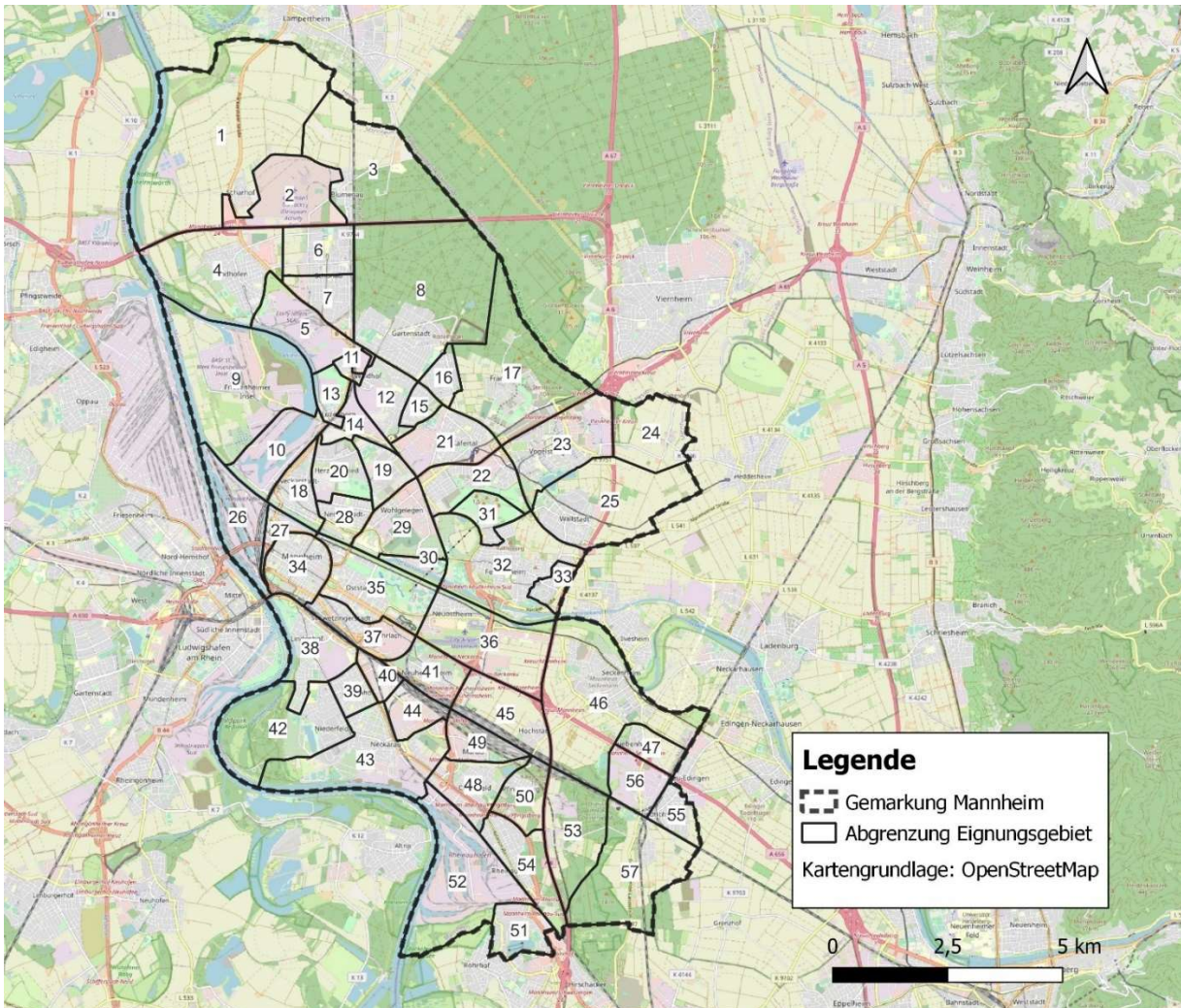
Die Abgrenzung der Eignungsgebiete und deren Einteilung in Gebiete, in denen die Nutzung erneuerbarer Energien über ein Wärmenetz oder in denen dies dezentral mit Einzelheizungen erfolgt, wurde anhand von zahlreichen Bewertungskriterien vorgenommen:

- Städtebauliche und verwaltungstechnische Gliederung der Stadt Mannheim unter Betrachtung von Gebäudebauklassen,
- vorwiegende Nutzungsarten (unterteilt in: Wohnen / Gemeinwesen / Gewerbe / Industrie),
- Wärmeverbrauchsdaten unter Einschätzung der Eignung für Wärmenetze (Einteilung nach Leitfadern für kommunale Wärmepläne der KEA-BW),
- Netzsituation im Bestand, insbesondere die Verfügbarkeit von Gas- und Wärmenetzen,
- Netzstrategie mit Blick auf maximale Transport- und Ausbaupkapazitäten sowie technischer Restriktionen (z. B. Hydraulik) bestehender Leitungen, CO₂-Minderungskosten, Ressourcenknappheit und Minimierung der Baustellenbelastung.

Oberste Prämisse ist hierbei ein Optimum im Dreiklang der Ziele Klimaneutralität, bestmögliche Unterstützung der Bürgerschaft und Unternehmen sowie frühzeitige Schaffung von Planungssicherheit ohne Ausübung von Zwang. Die Feinabstimmung erfolgte in enger, iterativer Kollaboration und Diskussion im Lenkungskreis, um konkrete Projekte, Ausbaupläne, Gebietsentwicklungen und lokales Knowhow für die Schärfung der Eignungsgebietsausweisung zu nutzen. Zur Vorbereitung wurden

Steckbriefe der einzelnen Eignungsgebiete mit konkreten Einteilungsvorschlägen sowie Übersichtskarten über die zukünftige Wärmeversorgung eingebracht.

Im Zuge des Abstimmungsprozesses sind letztlich für die KWP in Mannheim **57 Eignungsgebiete** festgelegt worden, die in Abbildung 32 dargestellt sind.



Gebiete:

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 1) Scharhof | 20) Herzogenried | 39) Almenhof |
| 2) Coleman Barracks | 21) Käfertal-Mitte | 40) Almenhof Gewerbegebiet |
| 3) Blumenau | 22) Käfertal-Süd | 41) Neuhermsheim |
| 4) Sandhofen | 23) Vogelstang | 42) Niederfeld |
| 5) Sandhofen-Waldhof Gewerbegeb. | 24) Straßenheim | 43) Neckarau |
| 6) Schönau-Nord | 25) Wallstadt | 44) Neckarau Gewerbegebiet |
| 7) Schönau-Süd | 26) Mühlauhafen | 45) Hochstätt |
| 8) Gartenstadt | 27) Jungbusch | 46) Seckenheim |
| 9) Friesenheimer Insel | 28) Neckarstadt-Ost | 47) Suebenheim |
| 10) Neckarstadt Hafengebiet | 29) Wohlgelegen | 48) Casterfeld |
| 11) Waldhof-West | 30) Pfeifferswörth | 49) Mallau |
| 12) Waldhof-Ost | 31) Feudenheim-Nord | 50) Pfingstberg |
| 13) Luzenberg | 32) Feudenheim-Mitte | 51) Rheinau-Süd |
| 14) Luzenberg Gewerbegebiet | 33) Feudenheim-Ost | 52) Rheinau Hafengebiet |
| 15) Speckweggebiet | 34) Innenstadt | 53) Rheinau Wasserwerk |
| 16) Sonnenschein | 35) Oststadt | 54) Rheinau-Mitte |
| 17) Franklin | 36) Neuostheim | 55) Friedrichsfeld |
| 18) Neckarstadt-West | 37) Schwetzingenstadt | 56) Friedrichsfeld Gewerbegebiet |
| 19) Neckarstadt-Nordost | 38) Lindenhof | 57) Alteichwald |

Abbildung 32: Gebietsabgrenzungen der 57 Eignungsgebiete in Mannheim

In Kap. 2.1 werden die Gebiete hinsichtlich der städtebaulichen Struktur und den vorhandenen Baualtersklassen der Gebäude beschrieben. Die Daten des Gebäudealters sind in Baualtersklassen eingeteilt, die „vor 1919“, „1919-1948“, „1949-1978“, „1979-1995“, „1996-2004“ und „2005 und später“ umfassen.

Tabelle 6: Siedlungstypen und städtebauliche Struktur der Eignungsgebiete

Nr.	Eignungsgebiet	Städtebauliche Struktur/Beschreibung
1	Scharhof	Klärwerk Mannheim im Westen, Siedlungsgebiet vorwiegend Einzel- und Doppelhäuser. Südlich der Wohnbebauung Gewerbe. Gebäudealter: Zentrale Wohnbebauung vor 1919, sonst vorwiegend Beginn 1996-2004.
2	Coleman Barracks	Nutzung als Lagerfläche des US-Militärs. Gebäudealter: 1949-1978, vereinzelt 1996-2004.
3	Blumenau	Vorwiegend Einzel- und Doppelhäuser, vereinzelt Reihenhäuser. Gebäudealter: überwiegend 1919-1948 und 1949-1978
4	Sandhofen	Vorwiegend Einzel- und Doppelhauswohngebiete, vereinzelt Reihenhäuser und Blockrandbebauung, entlang Bahnlinie Zeilenbebauung. Gebäudealter: Zentrum, z. T. auch Richtung Süden vor 1919, Norden tlw. 1979-1995, Westen und große Teile Süden Baualtersklasse 1949-1878.
5	Sandhofen-Waldhof Gewerbegebiet	Industriegebiet. Gebäudealter: überwiegend vor 1919 und 1949-1978, östlich z. T. zwischen 1919-1948.
6	Schönau-Nord	Westlich Zeilenbebauung, östlich Blockrandbebauung, im Nordosten Einzel- und Doppelhaus sowie Reihenhauswohngebiet. Gebäudealter: Nordosten 1979-1995, Richtung Südosten vorwiegend Altersklasse 1949-1978, z. T. 1919-1948.
7	Schönau-Süd	Nördlich entlang Kattowitzer Zeile Zeilenbebauung, restliches Gebiet vorwiegend Einzel- und Doppelhäuser, vereinzelt Reihenhäuser. Gebäudealter: überwiegend Altersklassen 1919-1948 und 1949-1978.
8	Gartenstadt	Westlich überwiegend Zeilen- und Reihenhausbebauung, östlich vorwiegend Einzel- und Doppelhäuser sowie vereinzelt Reihenhäuser. Gebäudealter: überwiegend 1919-1948, im Westen und östlichen Außenbereichen Ende 1970er, Anfang 1980er.
9	Friesenheimer Insel	Industriegebiet. Gebäudealter: Ansiedlung größerer Unternehmen ab 1905.
10	Neckarstadt- Hafengebiet	Industrie- und Hafengebiet. Gebäudealter: z. T. vor 1919, zudem Teile der Altersklassen 1919-1948 und 1949-1978.
11	Waldhof-West	Überwiegend Blockrandbebauung. Gebäudealter: überwiegend vor 1919.
12	Waldhof-Ost	Nordwestlich Blockrandbebauung, nördlich und im Süden Zeilen- und Reihenhäuser. Östlich vorwiegend Einzel- und Doppelhäuser. Östlich Industrie. Gebäudealter: überwiegend 1949-1978, vereinzelt auch 1919-1948.
13	Luzenberg	Südlich Blockrandbebauung, östlich Zeilenbebauung. Nördlich ehemaliges Spiegelfabrik Gelände, für welches Neuplanungen für Standort zum Wohnen und Arbeiten sowie für Frei- und Grünflächen laufen. Gebäudealter: vor 1919, z. T. 1919-1948.

14	Luzenberg Gewerbegebiet	Industriegebiet. Gebäudealter: weitgehend vor 1919, z. T. später, südlich Hafenbahnstraße Klasse 1979-1995.
15	Speckweggebiet	Vorwiegend Einzel- und Doppelhausbebauung, südlich und östlich Zeilenbebauung. Gebäudealter: überwiegend 1949-1978, z. T. 1919-1948 und 1979 -1995.
16	Sonnenschein	Vorwiegend Einzel- und Doppelhäuser, östlich z. T. Reihenhäuser, im Nordwesten Zeilenbebauung. Gebäudealter: Überwiegend 1949-1978, vereinzelt aber auch Bereiche von 1919-1948 sowie 1979-1995 und 1996-2004.
17	Franklin	Zeilen- und Blockstrukturen. Gebäudealter: Neubaugebiet (Stand 2023).
18	Neckarstadt-West	Überwiegend Blockrandbebauung, entlang Zeppelinstraße, Rainweidenstraße und östlich der Ludwig-Jolly-Straße Zeilenbebauung. Gebäudealter: nördlich 1919-1948, zentral und südlich vorwiegend 1949-1978 oder vor 1919.
19	Neckarstadt-Nordost	Überwiegend Zeilenbebauung, z. T. Einzel- und Doppelhäuser. Gebäudealter: westlich 1919-1948 und 1949-1978, östlich 1979-1995, im Norden des Gebiets teilweise auch 1996-2004 und nach 2005.
20	Herzogenried	Östlich Hochhauswohngebiete, westlich überwiegend Zeilen- und Reihenhäuserbebauung. Gebäudealter: Überwiegend 1949-1978.
21	Käfertal-Mitte	Entlang der Straßen „Auf dem Sand“ und „Ob. Riedstraße“ sowie „Mannheimer Straße“ Zeilen- und Blockrandbebauung, sonst überwiegend Einzel- und Doppelhauswohngebiete, nördlich Hochhauswohngebiet. Im Westen Gewerbe. Gebäudealter: Westliches Gewerbe 1949-1978, östliche Wohnbebauung durchmischt. Entlang Wormser Straße vor 1919, weitere Teile 1919-1948 und 1919-1978. Im Norden Teile 1979-1995, südlich vereinzelt nach 2005.
22	Käfertal-Süd	Östlich und nordwestlich Blockrandbebauung, zwischen Mannheimer Straße/Bäckerweg/Dürkheimer Straße/Deidesheimer Straße Zeilenbebauung, sonst Einzel-/Doppel- und Reihenhäuser. Gebäudealter: westlich 1919-1948 und Teile 1949-1978, im Osten vorwiegend 1979-1995 und 1996-2004.
23	Vogelstang	Überwiegend Zeilenbebauung und Hochhauswohngebiete, z. T. Einzel- und Doppel- sowie Reihenhäuser. Gebäudealter: überwiegend 1949-1978.
24	Straßenheim	Einzel- und Reihenhäuser. Gebäudealter: Höfe vor 1919, Wohnbebauung nordöstlich 1996-2004.
25	Wallstadt	Durchmischung von Einzel-/Doppel-/Reihenhäusern, Zeilenbebauung. Gebäudealter: Zentrum vor 1919, in Gürteln darum zunächst Gebäudealtersklassen 1919-1948 und 1949-1978. Östlich und südwestlich Gebäudealter 1979-1995, Wallstadt-Nord ab 1997, z. T. Gebäude nach 2005.
26	Mühlauhafen	Gewerbegebiet. Gebäudealter: z. T. vor 1919, nördlich 1919-1948, sonst 1949-1978.
27	Jungbusch	Überwiegend Blockrandbebauung. Gebäudealter: überwiegend vor 1919.

28	Neckarstadt-Ost	Südlich Schafweide Hochhäuser, nördlich der Käfertaler Straße Blockrandbebauung. Im Norden des Gebiets Durchmischung von Einzel-/Doppel-/Reihen- und Zeilenbebauung. Gebäudealter: vorwiegend vor 1919, außerdem 1919-1948 und 1949-1978.
29	Wohlgelegen	Im Nordwesten Blockrandbebauung, sonst Gewerbegebiet. Gebäudealter: nördlich und westlich z. T. vor 1919 und 1919-1948, sonst vorwiegend 1949-1978.
30	Pfeifferswörth	Hallen / größere Gebäude des Sektors Gemeinwesen, Sportanlagen. Gebäudealter: vorwiegend 1949-1978.
31	Feudenheim-Nord	Nördlich BUGA-Gelände, südlich Wingertsbuckel Mischung verschiedener Bebauungsformen (Drei Hochhäuser entlang Adolf-Damaschke Ring, Zeilen-, Reihen-, Einzel- und Doppelhäuser). Gebäudealter: nördlich (BUGA) Neubau, südlich Wingertsbuckel vorwiegend 1949-1978.
32	Feudenheim-Mitte	Überwiegend Einzel- und Doppelhäuser, vereinzelt Reihenhäuser und Blockrandbebauung. Gebäudealter: vor 1919, insbesondere entlang Hauptstraße und Talstraße, sonst weitgehend 1919-1948. Südlich und östlich z. T. 1949-1978. Bereich Max-Frisch-Straße im Osten 1996-2004.
33	Feudenheim-Ost	Nördlich Zeilenbebauung, mittig Reihenhäuser, südlich v. a. Einzel- und Doppelhäuser. Gebäudealter: südlich 1979-1995, nördlich der Ilvesheimer Straße vorwiegend 1949-1978.
34	Innenstadt	Blockrandbebauung in „Quadraten“, nur vereinzelt Zeilenbebauung. Gebäudealter: nördlich und vereinzelt über die Innenstadt hinweg vor 1919, weitgehend Wiederaufbau nach dem 2. Weltkrieg (Altersklasse 1949-1978).
35	Oststadt	Südwestlich Blockrandbebauung, in Richtung Luisenpark vorwiegend Einzel- und Doppelhauswohngebiet. Gebäudealter: zentral vor 1919 und zwischen 1919-1948. An westlicher Grenze zu Innenstadt und östlich der Otto-Beck-Straße überwiegend 1949-1978.
36	Neuostheim	Nordwestlich Mischung von Einzel- und Doppel- sowie Reihenhäusern. Entlang Seckenheimer Landstraße z. T. Blockrand- und Zeilenbebauung. Sonst Bildungszentrum und im Osten des Eignungsgebiets Gewerbegebiet. Gebäudealter: im Nordosten z. T. vor 1919, sonst überwiegend 1919-1948. Östlich der B 38 a vorwiegend 1949-1978.
37	Schwetzingenstadt	Nordwestlich Blockrandbebauung, südwestlich Gewerbegebiet (Fahlach). Gebäudealter: z. T. vor 1919 / 1919-1948, überwiegend aber 1949-1978. An der westlichen Grenze vereinzelt Gebäudealtersklasse 1996-2004.
38	Lindenhof	Nördlich Blockrandbebauung, östlich John Deere Werk, südlich Einzel- und Doppelhauswohngebiet. Gebäudealter: überwiegend 1949-1978, vereinzelt 1919-1948. Entlang Helmut-Kohl-Straße nach 2011.
39	Almenhof	Entlang der Gebietsgrenzen Zeilenbebauung, sonst überwiegend Einzel-/Doppel- und Reihenhäuser. Gebäudealter: nördliche Hälfte überwiegend 1919-1948, südliche Hälfte überwiegend 1949-1978.
40	Almenhof Gewerbegebiet	Gewerbegebiet. Gebäudealter: überwiegend 1949-1978, vereinzelt älter.
41	Neuhermsheim	Überwiegend Einzel- und Doppel- sowie Reihenhäuser, westlich Zeilenbebauung. Gebäudealter: westlich z. T. 1919-1948 sowie zwischen 1949-1978, entlang Hermsheimer Straße (v. a. nördlich) 1979-1995, am Nord- und Ostrand von Neuhermsheim 1996-2004.

42	Niederfeld	Überwiegend Einzel- und Doppel- sowie Reihenhäuser, westlich Zeilenbebauung. Gebäudealter: nördlicher Bereich überwiegend 1949-1978, südlicher Bereich vorwiegend 1979-1995, z. T. 1996-2004.
43	Neckarau	Vorwiegend Blockrandbebauung, im Westen Wohngebiet mit Einzel- Doppel- und Reihenhäusern. Gebäudealter: Zentrum von Neckarau vor 1919, in Randbereichen des Gebiets vorwiegend 1949-1978. Gewerbe im Süden überwiegend zwischen 1919 und 1948.
44	Neckarau Gewerbegebiet	Gewerbegebiet, lediglich entlang westlichem Bereich Franz-Grashof-Straße Zeilenbebauung. Gebäudealter: vorwiegend Altersklassen 1919-1948 und 1949-1978.
45	Hochstätt	Überwiegend Zeilenbebauung, entlang Hochstättstraße und Wasengrund Einzel-/Doppel- und Reihenhäuser. Gebäudealter: im Süden vor 1919, Richtung Osten 1919-1948. Im nordwestlichen Teil des Siedlungsbereichs Hochstätt 1949-1978. SAP-Arena: Baubeginn 2002.
46	Seckenheim	Heterogene Struktur aus Durchmischung von überwiegend Einzel-, Doppel- und Reihenhäusern mit vereinzelter Zeilen- und Blockrandbebauung. Gebäudealter: Stadtteilkern überwiegend vor 1919, darum schmaler Gürtel mit Baualtern zwischen 1919-1948 und 1949-1978. Westlich 1979-1995, südwestlich 1996-2004, z. T. auch 2005 und später.
47	Suebenheim	Einzel- und Doppelhauswohngebiet. Gebäudealter: vorwiegend 1919-1948 und 1949-1978, z. T. aber auch 1996-2004.
48	Casterfeld	Überwiegend Einzel- und Doppel- sowie Reihenhäuser, Richtung Westen zunehmend Zeilenbebauung. Gebäudealter: vorwiegend 1949-1978, vereinzelt 1919-1948, 1979-1995 und 1996-2004.
49	Mallau	Gewerbegebiet. Gebäudealter: östlich v. a. 1949-1978, westlich z. T. 1979-1995.
50	Pfingstberg	Einzel-, Doppel- und Reihenhäuser, z. T. Blockrandbebauung. Gebäudealter: überwiegend 1919-1948, vereinzelt 1949-1978 und 1979-1995 entlang Straße „Waldlichtung“.
51	Rheinau-Süd	Überwiegend Einzel-, Doppel- und Reihenhäuserwohngebiet, im Westen und Osten z. T. Zeilenbebauung. Gebäudealter: überwiegend 1979-1995, vereinzelt auch 1996-2004. Z. T. entlang Gustav-Nachtigall-Straße / Karl-Schwanner-Straße 1919-1948.
52	Rheinau Hafengebiet	Gewerbegebiet. Gebäudealter: vorwiegend Altersklasse 1949-1978.
53	Rheinau Wasserwerk	Wasserwerk und Umspannstation. Gebäudealter: Wasserwerk Baujahr 1927 mit neueren An- und Nebenbauten.
54	Rheinau-Mitte	Westlich überwiegend Blockrandbebauung, vereinzelt Zeilenbebauung. Östlich v. a. Einzel-, Doppel- und Reihenhäuser. Gebäudealter: überwiegend 1949-1978.
55	Friedrichsfeld	Heterogene Struktur aus Durchmischung von überwiegend Einzel-, Doppel- und Reihenhäusern mit vereinzelter Zeilen- und Blockrandbebauung. Gebäudealter: Zentrum (entlang der Bahnlinie, die von Nordost nach Südwest verläuft) vor 1919. U. a. entlang Kolmarer Straße 1919-1948, weiter außerhalb überwiegend 1949-1978. Im Südosten 1979-1995.

56	Friedrichsfeld Gewerbegebiet	Gewerbegebiet. Gebäudealter: Entlang der Bahnlinie, die von Nordost nach Südwest verläuft, vor 1919. Sonst überwiegend 1949-1978.
57	Alteichwald	Einzel- und Doppelhauswohngebiet. Gebäudealter: gemischt, jeweils z. T. 1919-1948, 1949-1978, 1979-1995 und 1996-2004.

In Abbildung 33 ist die Bestandssituation der Wärmeversorgung (im Jahr 2020), unterteilt in die Kategorien

- „vorwiegend fossile Brennstoffe“ (25): Scharhof, Blumenau, Sandhofen, Sandhofen-Waldhof-Gewerbegebiet, Schönau-Süd, Gartenstadt, Friesenheimer Insel, Neckarstadt Hafengebiet, Waldhof-West, Luzenberg, Speckweggebiet, Sonnenschein, Wallstadt, Mühlauhafen, Pfeifferswörth, Feudenheim-Mitte, Neuostheim, Suebenheim, Casterfeld, Mallau, Pfingstberg, Rheinau Hafengebiet, Friedrichsfeld, Friedrichsfeld Gewerbegebiet, Alteichwald,
- „Mischgebiet fossile Brennstoffe / Fernwärme“ (16): Waldhof-Ost, Luzenberg Gewerbegebiet, Franklin, Herzogenried, Käfertal-Mitte, Vogelstang, Straßenheim, Feudenheim-Nord, Feudenheim-Ost, Almenhof Gewerbegebiet, Neckarau Gewerbegebiet, Hochstätt, Seckenheim, Rheinau-Süd, Rheinau Wasserwerk, Rheinau-Mitte,
- „vorwiegend Fernwärme“ (16): Coleman Barracks, Schönau-Nord, Neckarstadt-West, Neckarstadt-Nordost, Käfertal-Süd, Jungbusch, Neckarstadt-Ost, Wohlgelegen, Innenstadt, Oststadt, Schwetzingenstadt, Lindenhof, Almenhof, Neuhermsheim, Niederfeld und Neckarau,

dargestellt. Die Einordnung bezieht sich auf den prozentualen Anteil der fernwärmeversorgten Gebäude innerhalb der Gebiete, der der Legende entnommen werden kann.

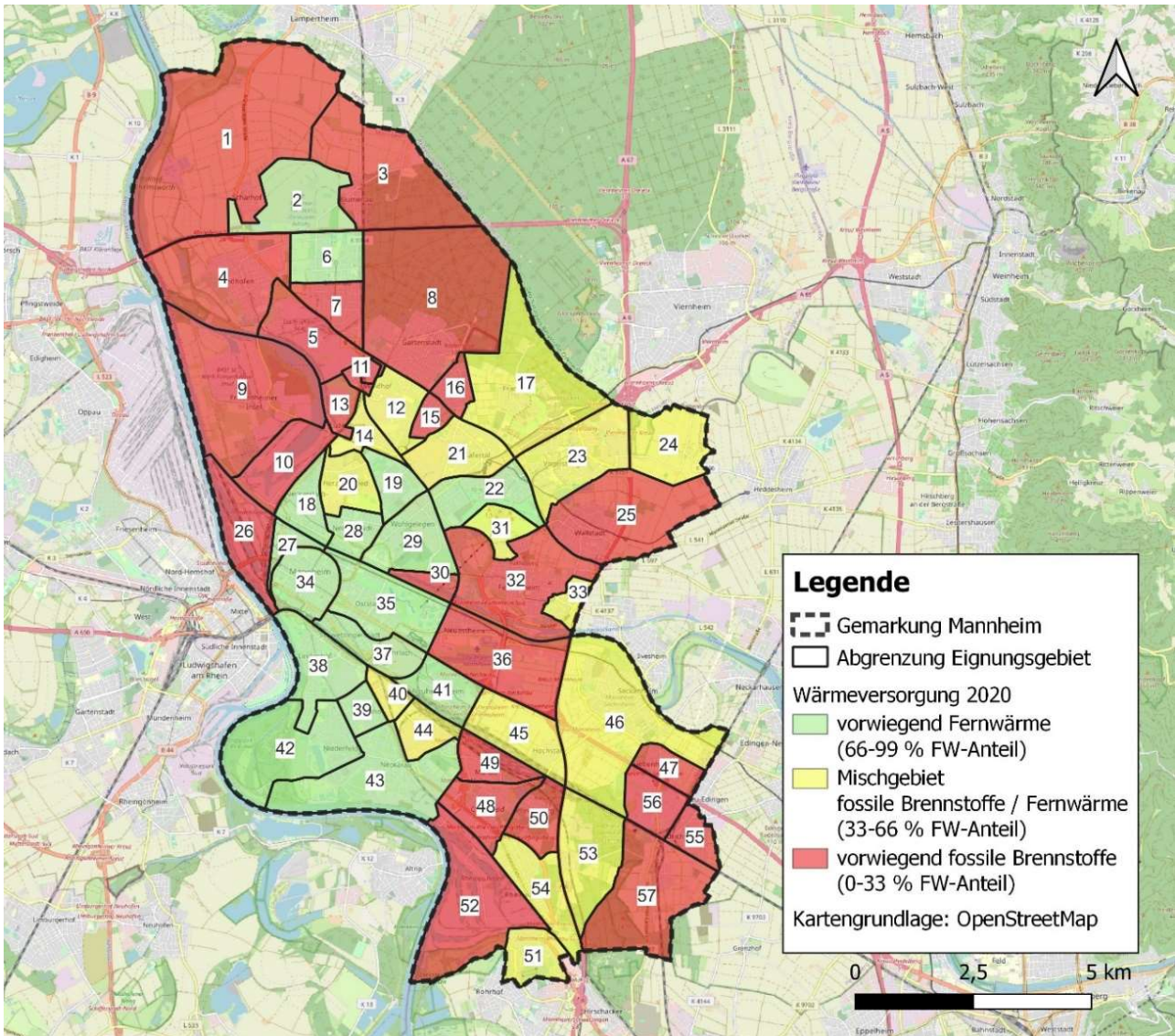


Abbildung 33: Wärmeversorgungssituation in Eignungsgebieten (2020)

Ein wesentliches Ergebnis der kommunalen Wärmeplanung ist die Ausweisung von Eignungsgebieten für die zukünftige Wärmeversorgung in 2040. Diese Einteilung soll vor allem den Gebäudeeigentümer:innen und Investor:innen Orientierung bei der Beantwortung der Frage nach der nächsten Heizung geben.

Da Klimaneutralität nur durch Energieeinsparung und Deckung des Restverbrauchs mit erneuerbaren Energien möglich ist, sind die Gebiete in die Kategorien

- „Fokus Umweltwärme und Wärmepumpe mit erneuerbarem Strom“ (26): Scharhof, Blumenau, Sandhofen, Sandhofen-Waldorf Gewerbegebiet, Schönau-Süd, Gartenstadt, Friesenheimer Insel, Neckarstadt Hafengebiet, Waldhof-West, Waldhof-Ost, Speckweggebiet, Sonnenschein, Straßenheim, Wallstadt, Mühlauhafen, Pfeifferswörth, Feudenheim-Mitte, Neuostheim, Seckenheim, Suebenheim, Mallau, Pfingstberg, Rheinau Wasserwerk, Friedrichsfeld, Friedrichsfeld Gewerbegebiet, Alteichwald,

- „Mischgebiet“ (3): Luzenberg, Casterfeld, Rheinau Hafengebiet,
- „Fokus Wärmenetz“ (28): Coleman Barracks, Schönau-Nord, Luzenberg Gewerbegebiet, Franklin, Neckarstadt-West, Neckarstadt-Nordost, Herzogenried, Käfertal-Mitte, Käfertal-Süd, Vogelstang, Jungbusch, Neckarstadt-Ost, Wohlgelegen, Feudenheim-Nord, Feudenheim-Ost, Innenstadt, Oststadt, Schwetzingenstadt, Lindenhof, Almenhof, Almenhof Gewerbegebiet, Neuhermsheim, Niederfeld, Neckarau, Neckarau Gewerbegebiet, Hochstätt, Rheinau-Süd, Rheinau-Mitte,

ausgewiesen. Die Einordnung ist zum einen vom zukünftigen prozentualen Anteil der Fernwärme (FW) sowie vom prognostizierten, prozentualen Zuwachs der Fernwärmeanschlüsse abgeleitet. Das bedeutet, dass bspw. ein Eignungsgebiet, das für die aktuelle Wärmeversorgungssituation in 2020 als Mischgebiet einen FW-Anteil von 33 - 66 % verbucht, auf Grund eines vergleichsweise geringen FW-Ausbaus von unter 30 % für die zukünftige Wärmeversorgung in 2040 als Fokusgebiet für dezentrale Wärmelösungen angezeigt ist.

Mischgebiete sind als Gebiete zu verstehen, in denen neben einer Wärmenetzversorgung auch auf dezentrale Heizungstechnologien gesetzt wird, also zum jetzigen Zeitpunkt keine eindeutige Einordnung sinnvoll war.

Die Ergebnisse der Zuteilung für die Zukunft der Eignungsgebiete ist nachfolgender Abbildung zu entnehmen.

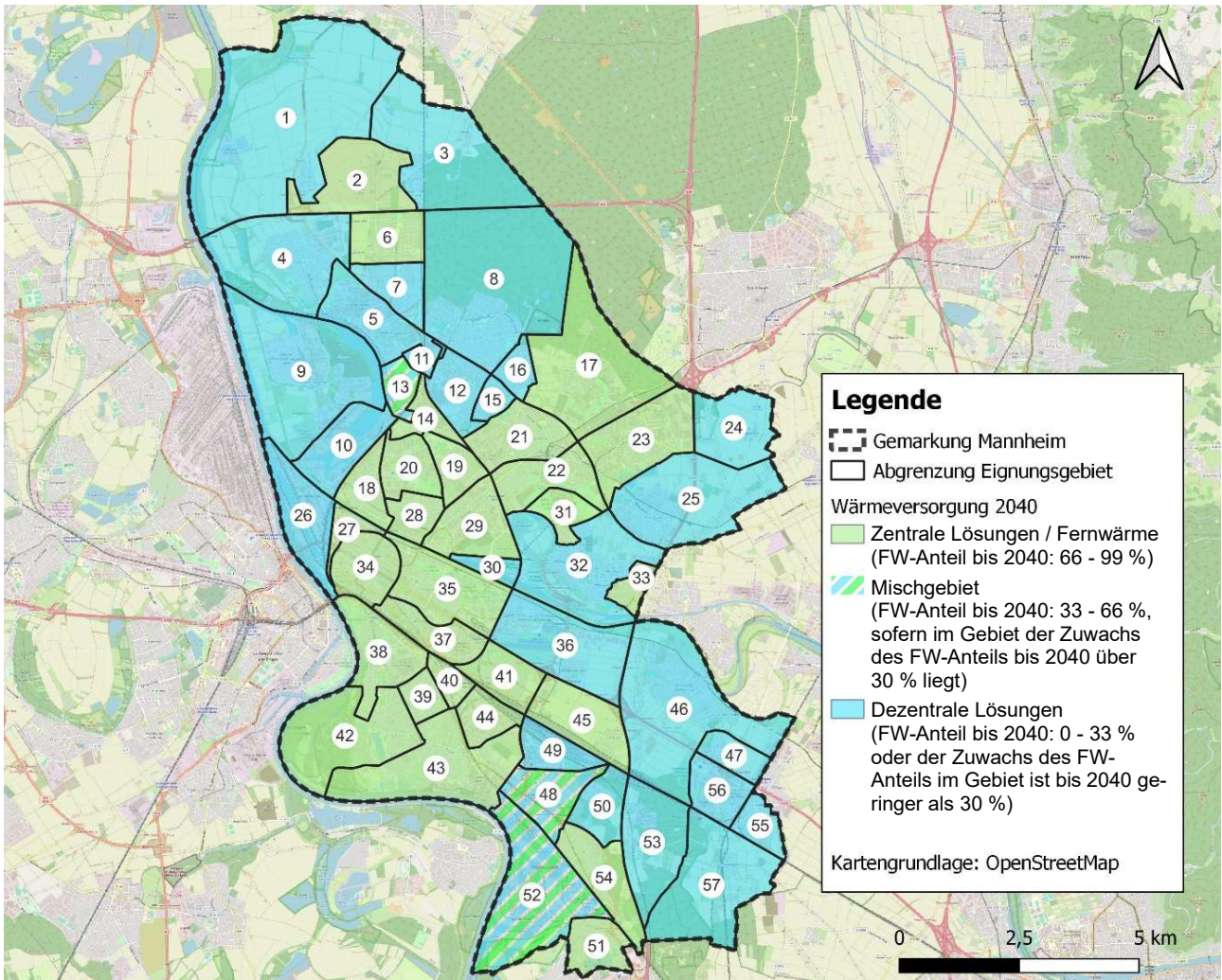


Abbildung 34: Zukünftige Wärmeversorgung in den Eignungsgebieten (2040)

Die Gebiete mit dem Fokus auf **dezentrale Lösungen** befinden sich in eher peripheren Lagen des Stadtgebiets, wo die städtebauliche Dichte abnimmt und die Grundstücke und Freiflächen zwischen den insgesamt kleineren Gebäudetypen insgesamt größer ausfallen. Ökologische CO₂-Reduktionspotenziale lassen sich durch den Wärmenetzausbau an anderer Stelle im Mannheimer Stadtgebiet deutlich günstiger erschließen. Die Versorgungsalternativen zu fossilen Erdgas- und Heizölheizungen bilden in diesen zukünftig dezentral versorgten Eignungsgebieten u. a. Luft-Wasser-Wärmepumpen, Sole-Wasser-Wärmepumpen (Erdwärme), Wasser-Wasser-Wärmepumpen, Direktstromheizungen, Biomasse (z. B. Pellets, Holzvergaserkessel), ergänzend Solarthermie oder bivalente Hybrid-Heizsysteme zur schrittweisen Reduktion von CO₂-Emissionen. Darüber hinaus können – idealerweise gemeinsam mit einem interessierten Ankerkunden mit großer Wärmeabnahme wie bspw. einer Schule – Machbarkeitsstudien für Wärmenetze Aufschluss darüber geben, ob kleinere Wärmenetze im Quartierskontext realisiert werden können. Wesentlich begünstigt wird

eine wirtschaftliche Tragfähigkeit möglicher Wärmenetze durch eine hohe initiale Anschlussquote anliegender Gebäude.

Mischgebiete sind bereits in Teilen mit Fernwärme erschlossen oder eine Teilerschließung ist künftig angedacht. Straßenzüge, die keinen Wärmenetzanschluss erhalten, werden mit dezentralen Lösungen wie in den Gebieten mit Fokus auf Umweltwärme und Wärmepumpen versorgt. Die Entwicklung dieser Gebiete ist aktuell noch nicht langfristig abzuschätzen und sollte im Rahmen der regelmäßigen Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans regelmäßig geprüft werden.

In den Gebieten mit Fokus auf **Zentrale Lösungen / Fernwärme** soll der Ausbau oder die Verdichtung des Wärmenetzes vorangetrieben werden. Mannheim verfügt bereits über einen starken Fernwärmenetzverbund, der von MVV betrieben wird. Ein vollständiger Wärmenetzanschluss wird jedoch auch in den Wärmenetzfokusgebieten nicht erreicht werden, da vereinzelt Lösungen wie Wärmepumpen, Biomasse- oder Direktstromheizungen installiert werden können.

Steckbriefe zu den Eignungsgebieten

Mit Hilfe von Steckbriefen (vgl. Anhang 3) werden wesentliche Informationen zur Beschreibung aller Eignungsgebiete in übersichtlicher Form zusammengefasst. Die Steckbriefe dienen zur Strukturierung des Stadtgebietes – von der Perspektive der Gesamtstadt hin zu den Quartieren als handhabbare Umsetzungsebene. Im Rahmen des Beteiligungsprozesses waren sie außerdem eine solide Diskussionsgrundlage und wurden im Erstellungsprozess der kommunalen Wärmeplanung iterativ aktualisiert.

Die Steckbriefe bilden für jedes Eignungsgebiet in Mannheim folgende Informationen ab:

- Karte zur primären Nutzungsart (Unterteilung in Gemeinwesen, Gewerbe und Wohnen),
- Karte zur aktuell vorhandenen Wärmeversorgungsinfrastruktur (Gas- und Wärmenetze),
- Karte mit Wärmeverbrauchsichte in Rasterdarstellung,
- Wärmeverbrauch im Jahr 2020 sowie prognostizierte Wärmeverbräuche für die Jahre 2030 und 2040,
- mögliche Ankerkunden für die Option eines Nahwärmenetzes,
- zwei Karten mit erneuerbaren Energiepotenzialen durch oberflächennahe Erdwärme sowie Solarenergie auf Dachflächen (auch Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik sind hier abgebildet),
- dezentrale Wärmeversorgungsoptionen und die Möglichkeit der Grundwasser-/Abwasserwärmenutzung.

Die erste Seite des Steckbriefes befasst sich also mit der Ausgangssituation und den Kriterien für die Wärmenetzeignung, während sich die zweite Seite den Potenzialen der Eignungsgebiete widmet. In Abbildung 35 ist beispielhaft der Steckbrief des Eignungsgebiets „Neckarstadt-West“ nördlich

der Mannheimer Innenstadt dargestellt. Die Steckbriefe aller Eignungsgebiete können dem Anhang 3 entnommen werden.

18 Eignungsgebiete Neckarstadt-West

Primäre Nutzungsarten:
Wohnen



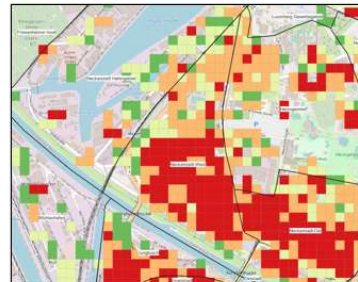
Gebäudefunktion
 Gemeinwesen
 Wirtschaft oder Gewerbe
 Wohnen

Netzsituation:
Gas & Fernwärme



Netzsituation
 Bestand: Gasnetz
 Bestand: Fernwärmenetz

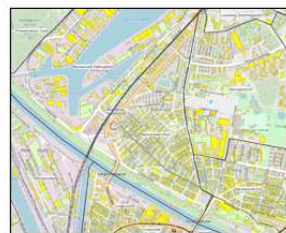
Wärmeverbrauchsichte:
Hoher Verbrauch



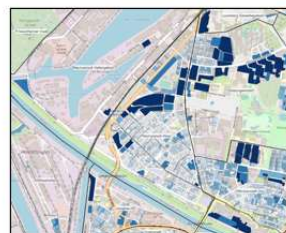
Wärmeverbrauchsichte
 < 7 kWh/m²a (ausgeblendet)
 7 - 17,5 kWh/m²a
 17,5 - 41,5 kWh/m²a
 41,5 - 105 kWh/m²a
 > 105 kWh/m²a

18 Eignungsgebiete Neckarstadt-West

Potenziale	
Wärmeverbrauch 2020	Ca. 96.451 MWh (Endenergie)
Wärmebedarf 2030	Ca. 68.025 MWh
Wärmebedarf 2040	Ca. 42.993 MWh
Fernwärme (langfr. mit EE)	Prioritäres Fernwärmegebiet Bestand: 66-99% Bis 2040: 66-99 %
Nahwärmeeption	Nein, Fernwärme vorhanden
Potenzial Solar	Ja, Dachflächen (gesamt: ca. 21.174 MWh)
Potenzial oberflächen- nahe Erdwärme	Ja (gesamt: ca. 5.787 MWh) Einzelfallprüfung nötig
Dezentrale Wärme- versorgungsoptionen	Wärmepumpe (Luft, Erdwärme, Abwasserkanal), Biomasse, Kombination mit Solarthermie
Grundwasser via Wärmepumpe (W/W)	grds. möglich, Einzelfallprüfung nötig



Solarpotenzial auf Dachflächen
 sehr gut
 gut
 bedingt
 vor Ort zu prüfen
 Abgrenzung Eignungsgebiet
 Datenquelle: LUBW



Max. Potenzial oberflächennaher Erdwärme
 sehr gering
 gering
 mittel
 hoch
 sehr hoch
 Abgrenzung Eignungsgebiet
 Datenquelle: LUBW

Abbildung 35: Beispielhafte Darstellung eines Steckbriefs am Eignungsgebiet Neckarstadt-West

4.2. Zielszenario 2030 / 2040

In § 27 KlimaG BW wird klargestellt, dass eine KWP ein klimaneutrales Szenario für das Jahr 2040 mit Zwischenziel für das Jahr 2030 zur zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs und der zur Bedarfsdeckung klimaneutralen Versorgungsstruktur erfordert. Das Zielszenario im Folgenden bildet dieses klimaneutrale Zukunftsszenario entsprechend ab. Hierbei werden die prognostizierten Bedarfe (vgl. Kap. 3.1) und die erneuerbaren Energiepotenziale (vgl. Kap. 3.2) in einem städtischen Transformationspfad gebündelt. Hierzu werden für jedes Eignungsgebiet der zukünftige Energiemix

für 2030 und 2040 abgeschätzt (Wärmeversorgungsszenario), der die Ausweisungsergebnisse der Eignungsgebiete (vgl. Kap. 4.1) berücksichtigt. Über einen Zwischenschritt 2030 wird der Energiemix nach und nach durch klimafreundliche Energieträger ersetzt. Für die Fernwärme wird der Transformationsplan zu Grunde gelegt (vgl. Kap. 3.2.10).

In Abbildung 36 ist die Endenergiebilanz und das Zielszenario für den Wärmesektor (in kWh/a), gegliedert nach Energieträgern dargestellt. Der Wert für 2020 entspricht der Summe der Endenergieverbräuche aller Eignungsgebiete Mannheims für das Jahr 2020. Die Energieträger Fernwärme, Erdgas, Heizöl, Luft-Wärmepumpen, Sole-Wärmepumpen (Erdwärme), Biomasse, Stromdirektheizung, synthetische Brennstoffe / H₂, Solarthermie und sonstige fossile Brennstoffe sind für die Jahre 2020, 2030 und 2040 relevant. Ziel der Wärmeplanung ist eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040. Dazu ist eine Ablösung der fossilen Energieträger notwendig, weshalb die Anteile von Erdgas, Heizöl und sonstiger fossilen Energien in den Szenarien bis 2030 zunächst deutlich gesenkt und bis 2040 auf null reduziert werden. Durch Sanierungspotenziale und bessere Wirkungsgrade von Heizungstechnologien (z. B. Wärmepumpen) wird der Endenergiebedarf bzw. -verbrauch künftig deutlich rückläufig sein (müssen). Der geringe Anteil, den Wärmepumpen in Zukunft zur Endenergiebilanz beitragen, ist mit der hohen Effizienz der Technologie zu erklären. Je nach Wärmequelle wurden für Wärmepumpen Coefficients of Performance (COP; Effizienzkennzahl für Wärmepumpen) von 3,25 (Außenluft) und 3,8 (oberflächennahe Erdwärme) angenommen. Das heißt, dass eine kWh Strom in jeweils über drei kWh Wärme gewandelt werden. Der Anteil den die Wärmepumpen zur Deckung des Wärmebedarfs (Nutzenergie) beitragen ist also über drei Mal höher. Der Anteil der Fernwärme steigt durch konsequente Nachverdichtung und weiteren Ausbau im Jahr 2030 deutlich an, obwohl durch energetische Gebäudesanierungen der Endenergieverbrauch im Wärmemarkt insgesamt sinken wird. Letzterer Effekt schlägt sich bis zum Jahr 2040 dann mit einem insgesamt geringeren Fernwärmeevolumen in der Bilanz nieder, wobei der Anteil der Fernwärme am Endenergieverbrauch im Wärmesektor bis dahin auf über 75 % steigt. Im Jahr 2040 stellt das Zielszenario einen Endenergieverbrauch im Wärmesektor von ca. 1.708 GWh dar, was einer Reduktion von ca. 52 % gegenüber 2020 entspricht.

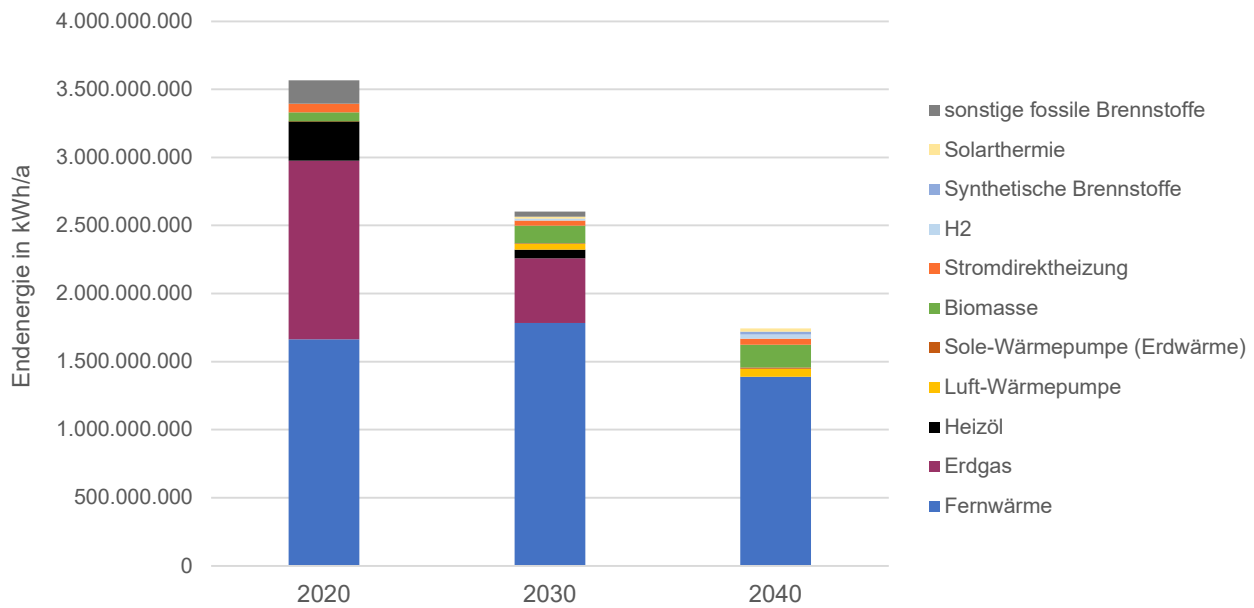


Abbildung 36: Endenergiebilanz 2020 und Zielszenario für die Jahre 2030 und 2040

Zur Berechnung der CO₂-Emissionen (inkl. Äquivalente und Vorketten) für 2030 und 2040 wurden die CO₂-Emissionswerte des Technikkataloges der KEA-BW herangezogen (vgl. Anhang 1). Hier wird auch ein CO₂-Emissionsfaktor des prognostizierten Strommixes auf Grundlage des IINAS-Szenarios²⁹ ausgewiesen, der für Wärmepumpen, deren Anteil bereits bis 2030 deutlich steigt, und für Direktstromheizungen zur Anwendung kommt. Neben der Gebäudeeffizienz und dem Auslaufen der Energieträger Gas und Heizöl leistet also auch besonders die Dekarbonisierung der Stromerzeugung einen wesentlichen Beitrag zum Rückgang der Emissionen. Daher ist auch die Hebung lokaler erneuerbarer Stromerzeugungspotenziale z. B. aus PV und Wind (vgl. Kap. 3.2.5 und 3.2.9) entscheidend. Die Wärmepumpen tragen wegen des zukünftig noch höheren Anteils an erneuerbarem Strom und der – gegenüber einer Direktstrom-Nutzung – erhöhten Effizienz daher nur in sehr geringem Ausmaß zur CO₂-Emissionsbelastung bei. Die Fernwärmeversorgung wurde auf Basis des Transformationsplanes der Fernwärme mit einem CO₂-Emissionsfaktor von 0 g CO₂/kWh ab 2030 angenommen (vgl. Kap. 3.2.10). Unter diesen ambitionierten Annahmen ist eine nahezu vollständige Klimaneutralität für den Wärmesektor in Mannheim möglich, wie nachfolgende Abbildung zeigt.

²⁹ IINAS = Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien, www.iinas.org

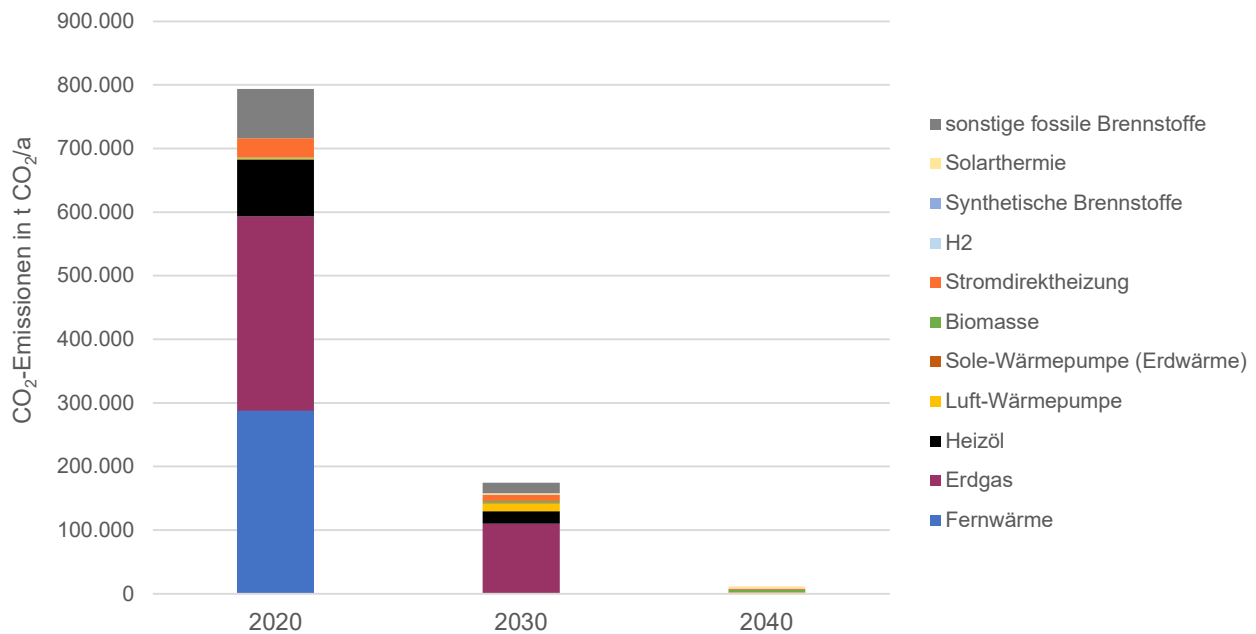


Abbildung 37: Treibhausgasbilanz 2020 und Zielszenario für die Jahre 2030 und 2040

Im Wärmebereich wurden in Mannheim in 2020 insgesamt CO₂-Emissionen von 793.602 t CO₂ emittiert. Bis 2030 ist ein Rückgang von ca. 77 % auf dann 180.611 t CO₂/a berechnet, bis 2040 ein Rückgang von fast 99 % auf dann 11.466 t CO₂/a. Insbesondere ist das auf den Rückgang des Energieverbrauchs und der fossilen Energieträger Gas und Heizöl zurückzuführen, deren Verbrauch in 2020 noch bei rund 60 % der Emissionen lag.

Abbildung 38 zeigt das Szenario für CO₂-Emissionen im Jahr 2030 unterteilt nach den einzelnen Sektoren Gemeinwesen, kommunale Liegenschaften, Gewerbe sowie Wohnen.

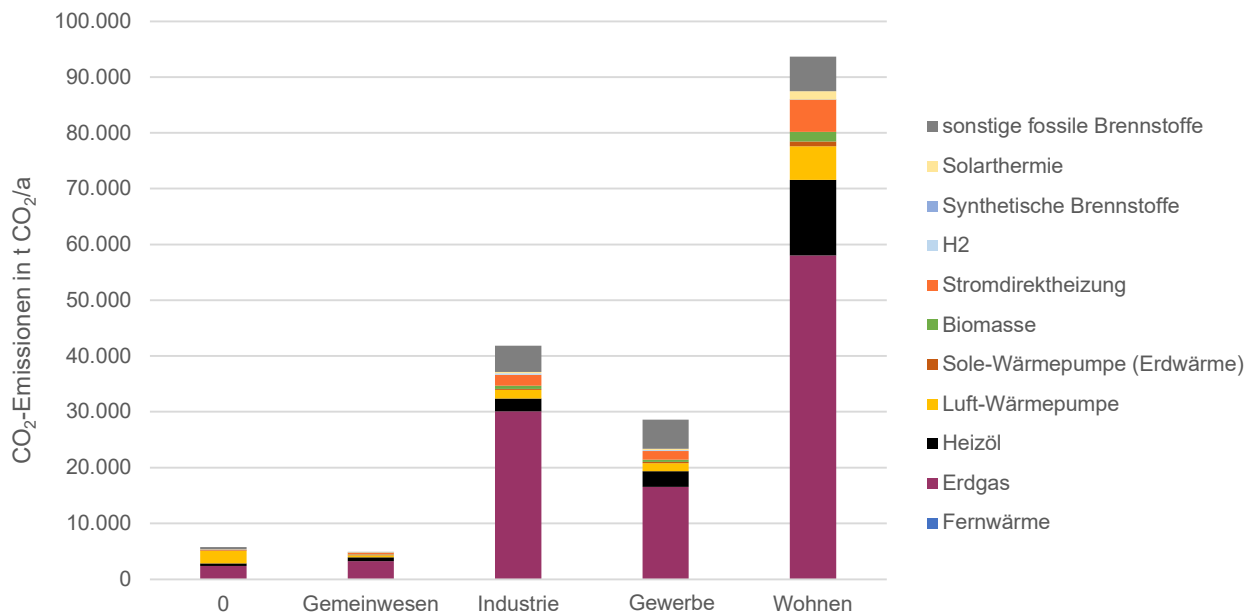


Abbildung 38: CO₂-Emissionen in 2030 - unterteilt nach Sektoren

Abbildung 39 zeigt das Szenario für CO₂-Emissionen im Jahr 2040 unterteilt nach den einzelnen Sektoren Gemeinwesen, kommunale Liegenschaften, Gewerbe sowie Wohnen.

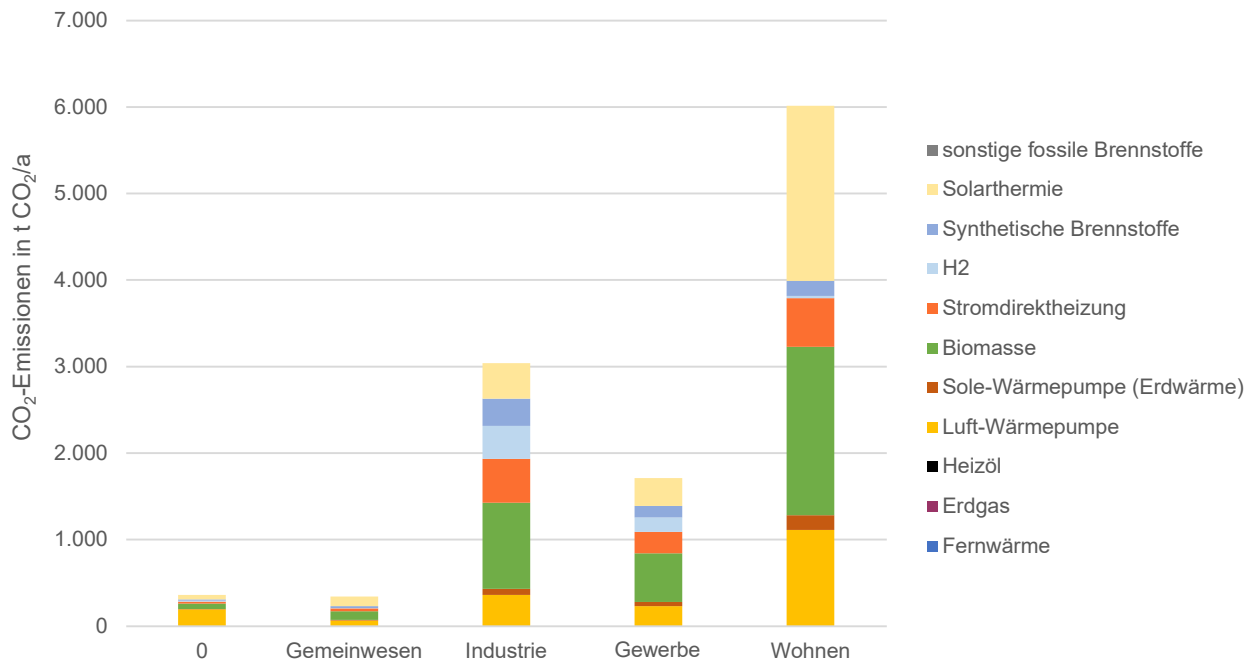


Abbildung 39: CO₂-Emissionen in 2040 - unterteilt nach Sektoren

Es wird deutlich, dass die CO₂-Emissionen in Mannheim auch in Zukunft hauptsächlich in den Sektoren Wohnen und Industrie entstehen: in 2040 entfallen noch rund 52 % der CO₂-Emissionen auf

den Sektor Wohnen und rund 27 % auf den Sektor Industrie. Dort liegen entsprechend die größten Reduktionspotenziale, weshalb im nächsten Unterkapitel das Handlungskonzept mitunter auf die Gebäudeeigentümer:innen zugeschnitten wurde und auch industrielle Ansätze zur Wasserstoffversorgung verfolgt.

4.3. Maßnahmenkatalog

Das umsetzungsorientierte Handlungskonzept zur Unterstützung und Ermöglichung der Wärmewende in Mannheim umfasst „harte“, d. h. investive und „weiche“, d. h. kommunikative Maßnahmen. Insgesamt wurden 17 Maßnahmen definiert, die sich in die sechs Maßnahmencluster „Wärmeverbrauch minimieren“, „Fernwärmenetz entwickeln“, „Dezentrale Lösungen unterstützen / Speichertechnologien“, „Planungssicherheit erzeugen“, „Erfolgskontrolle sicherstellen“ und „Flankierende, beschleunigende Aktivitäten“ gliedern. Es werden die Themenbereiche Fernwärmeversorgung 2.0, Wärmewende in den einzelnen Sektoren, übergeordneter Support und Öffentlichkeitsarbeit sowie Monitoring der Wärmewende abgedeckt.

Der Maßnahmenkatalog befindet sich im Anhang 4. Er leitet sich vollständig aus den Zielen des Klimaschutzaktionsplanes ab. Die Zusammenhänge werden in der entsprechenden Beschlussvorlage V813/2023 dargestellt.

Die KWP ist somit stringent kompatibel mit dem Leitbild der Stadt Mannheim und dem Klimaschutzaktionsplan.

5. Fazit und Ausblick

Die Herausforderungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung in Mannheim sind enorm. Der Ausstieg aus fossilen Energieträgern und der Einstieg in einen nachhaltigen Umgang mit Energie kann nicht von der Kommune allein bewältigt werden. Verhaltens-, Konsum- und Investitionsänderungen innerhalb der breiten Stadtgesellschaft sind erforderlich, um die Treibhausgasemissionen zu verringern. Hierbei sind auch Fragen nach der Wohnfläche pro Kopf relevant. Natürlich muss die lokale Klimaschutzstrategie Mannheims von nationalen und internationalen Regelungen eingerahmt sein, die zusätzliche Handlungsanreize bei allen Akteuren der Stadtgesellschaft fordern.

Die Ausgangslage für Mannheim ist jedoch sehr gut. Die Stadt Mannheim betreibt seit über 15 Jahren aktiv Klimaschutz und hat dieses Querschnittsthema in ihrer Verwaltungsstruktur und im Stadtkonzern institutionalisiert. Vorangetrieben werden die Klimaschutzstrategie und -projekte von der Abteilung Klimaschutz im Fachbereich Klima, Natur, Umwelt im Dezernat V (Bürgerservice, Klima- und Umweltschutz, technische Betriebe), der gemeinnützigen Klimaschutzagentur Mannheim, die zentrale Akteurin für die Bewusstseinsstärkung und die Förderung von Klimaschutzmaßnahmen in der Mannheimer Stadtgesellschaft ist, und der Geschäftsstelle Local Green Deal. Bereits heute unterstützt die Stadt ihre Bürger:innen mit Energieberatungsangeboten für Wohngebäude und Industrie/Gewerbe sowie mit vielfältigen städtischen Förderprogrammen, die u. a. die energetische Gebäudesanierung, die Heizungserneuerung oder die Installation von (Stecker-)Solaranlagen begünstigen.

Zum Jahresende 2023 hat der Gemeinderat zu Gunsten einer deutlichen Ausweitung und Erhöhung des städtischen Klimafonds entschieden, der seit 2020 besteht. „Der Klimafonds wird nun bis einschließlich 2030 auf jährlich 10 Millionen Euro aufgestockt. [...] Somit stehen von 2024 bis 2030 insgesamt bis zu 70 Millionen Euro zur Verfügung.“³⁰ Dies ist nur ein weiteres Beispiel dafür, dass in Mannheim vielfach am selben Strang gezogen wird.

Darüber hinaus verfügt Mannheim über eines der größten Fernwärmesysteme Europas, das sich im Eigentum des kommunalen Energieversorgers MVV befindet. Der #klimapositiv-Kurs der MVV wurde hinsichtlich seiner Klimaschutzziele und der daraus abgeleiteten Maßnahmen von der Science Based Target Initiative nach strengsten wissenschaftlichen Standards validiert und als Net-Zero-kompatibel anerkannt. MVV war damit weltweit Vorreiter in der Energiebranche. Im Rahmen des Mannheimer Modells wird der effiziente Betrieb und der Ausbau des Wärmenetzes in Zukunft ebenso konsequent vorangetrieben wie die Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung bis 2030. Anlässlich der Bilanz-Presskonferenz für das Geschäftsjahr 2023 erklärte der

³⁰ www.mannheim.de/de/nachrichten/mehr-geld-fuer-klimaschutz

Vorstandsvorsitzende, dass das Tempo mit einem weiterentwickelten Mannheimer Modell erhöht wird und MVV bereits 2035 – und damit fünf Jahre früher als ursprünglich geplant – klimapositiv wird. Gelingt es, die im KWP vorgeschlagenen Maßnahmen wirkungsvoll umzusetzen und alle notwendigen Gruppen zu aktivieren, wird die Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040 vollständig dekarbonisiert sein. Trotz der sehr guten Voraussetzungen ist dies ein ambitioniertes Ziel.

6. Verwendete und weiterführende Literatur

Bundesamt für Energie (2004): Wärmenutzung aus Abwasser, Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen, Bern/Zürich.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2011): Energieeffizienz bei Wärmeversorgungssystemen in Industrie und Gewerbe, Berlin.

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu) (Hrsg.) (2023): Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden, 4. Auflage, Berlin.

Eigenbetrieb Stadtentwässerung Mannheim (2021): Umweltbericht der Stadtentwässerung Mannheim, Mannheim.

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2020): Wärmepumpen in Bestandsgebäuden. Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „WP_{smart} im Bestand“, Freiburg.

Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW) (2023a): Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung V1.1, www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/technikkatalog, letzter Abruf: 18.12.2023.

Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW) (2023b): Landesweite Ermittlung des Erdwärmesonden-Potenzials für Gemeinden in Baden-Württemberg, www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/erdwaermesonden-potenzial, letzter Abruf: 18.12.2023.

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), 2016-2023: Energieatlas Baden-Württemberg, Karlsruhe. www.energieatlas-bw.de, letzter Abruf: 12.10.2023.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Umweltministerium) (Hrsg.) (2020): Kommunale Wärmeplanung, Handlungsleitfaden, Stuttgart.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2023): Abfallbilanz 2022 – Ressourcen aus unserer kommunalen Kreislaufwirtschaft, Stuttgart.

Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim (2023): Neuer Sachstand zur Windenergie, Anlage 1: Karte Windenergie – Räumliche Potenziale, Anlage 3: Karte Photovoltaik – Räumliche Potenziale, Mannheim. Abrufbar unter: www.nachbarschaftsverband.de/fnp/fnp_wind.html

Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2005): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden, 4. überarbeitete Neuauflage, Stuttgart.

Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2008): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmekollektoren, 1. Auflage, Stuttgart.

Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2009): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen, 1. Auflage, Stuttgart.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH (Hrsg.) (2023): Klimaschutz-Aktionsplan 2030 in Mannheim, Januar 2023.

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) (2023): Optimierung von Erdwärmesonden, Wädenswil. <https://erdsondenoptimierung.ch>

Sonstige Quellen:

Bebauungspläne Mannheim: www.gis-mannheim.de/mannheim/index.php?service=fb61

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG): www.bafa.de/DE/Energie/.../effiziente_gebaeude_node.html, letzter Abruf: 18.12.2023.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW): www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/.../effiziente_waermenetze_node.html, letzter Abruf: 18.12.2023.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW): Das DVGW-Regelwerk: www.dvgw.de/leistungen/regeln-und-normen, letzter Abruf: 28.12.2023

Forst Baden-Württemberg, Interaktive Karte: <https://gis.forstbw.de/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5be9828e88954db6b38cc68ae6a3e69a>, letzter Abruf: 18.12.2023.

Geoportal Baden-Württemberg: Kartenviewer des Geoportal-BW, www.geoportal-bw.de

Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW): Quartierssanierung und -versorgung – Förderratgeber, www.kfw.de/inlandsfoerderung/.../Kommunen/Quartiersversorgung/TS-Quartiersversorgung.html, letzter Abruf: 18.12.2023.

Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW): Energetische Stadtsanierung – Zuschuss, [www.kfw.de/inlandsfoerderung/.../Kommunen/Quartiersversorgung/.../Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-\(432\)/](http://www.kfw.de/inlandsfoerderung/.../Kommunen/Quartiersversorgung/.../Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/), letzter Abruf: 18.12.2023.

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau: Kartenviewer, isong.lgrb-bw.de/.

MVV Energie AG: Mannheimer Modell, Mannheim. www.mvv.de/ueber-uns/strategie/mannheimer-modell, letzter Abruf: 18.12.2023.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart. www.statistik-bw.de

Kommunale Wärmeplanung Mannheim

Anlage 1: Emissionsfaktoren der Wärme- und Stromerzeugung

Emissionsfaktoren Wärme- und Stromerzeugung		Emissionsfaktor CO ₂						
		2020	2021	2030	2040	Anmerkungen	Referenzen	
Einheit								
Wärmeerzeugung		t CO ₂ - Äquivalent pro MWh Endenergie					A,E,F	
	Heizöl		0,318	0,311	0,311	0,311	N,P	1
	Erdgas		0,247	0,233	0,233	0,233	N	1
	Braunkohle		0,411	0,473	0,473	0,473	N	1
	Steinkohle		0,438	0,431	0,431	0,431	N	1
	Abfall		0,121	0,121	0,121	0,121	G,N	2
	Holz		0,022	0,022	0,022	0,022		1
	Biogas		0,090	0,090	0,086	0,081		2
	Synthetisches Methan			0,041	0,036	0,031	C	3
	Synthetisches Methanol			0,048	0,044	0,041	C	3
	Elektrische Wärmepumpe		0,137	0,029	0,028	0,028	K,L	9
	Stromdirektheizung		0,438	0,057	0,056	0,054	M	9
	Solarthermie		0,025	0,013	0,013	0,013		9
	Tiefe Geothermie (Wärmeerzeugung)			0,036	0,025	0,014		9
	Abwärme aus Prozessen			0,040	0,038	0,036	D,H	4
Wärmenetz aus KWK	Brennstoff: Stein-/Braunkohle		0,260	0,300	0,300	0,300	K,H	4
	Gasförmiger und flüssiger Brennstoff		0,260	0,180	0,171	0,171	K,H	4
	Erneuerbarer Brennstoff		0,260	0,040	0,039	0,038	K,H	4
Wärmenetz aus Heizwerk	Brennstoff: Stein-/Braunkohle		0,260	0,400	0,400	0,400		4
	Gasförmiger und flüssiger Brennstoff		0,260	0,300	0,300	0,300		4
	Erneuerbarer Brennstoff		0,260	0,060	0,042	0,024		4
	Wärmenetzleitungen			0,043	0,042	0,040		9
Stromerzeugung		t CO ₂ - Äquivalent pro MWh Endenergie					A,E,F	
	Wasserkraft		0,003	0,003	0,003	0,003		1
	Windkraft		0,010	0,010	0,009	0,008		1
	Fotovoltaik		0,040	0,040	0,035	0,030		1
	Geothermie		0,089	0,089	0,080	0,071		1
	Festbrennstoffe, Holz		0,025	0,025	0,025	0,025	H	1
	Flüssige Biomasse		0,116	0,116	0,113	0,110		5
	Biogas		0,097	0,097	0,092	0,087		5
	Synthetisches Methan			0,041	0,036	0,031	C	3
	Klärgas/Deponiegas		0,051	0,051	0,048	0,046		5
	Wasserstoff			0,050	0,035	0,019	J,O	7,8,10
	Strom-Mix-D (UBA)			0,485			B	9
	Strom-Mix-D (IINAS Szenario)		0,438		0,270	0,032	N,O	6

Kommunale Wärmeplanung Mannheim

Anlage 1: Emissionsfaktoren - Anmerkungen

A	Inklusive Äquivalente und Vorketten. Ausgangsjahr 2021 aufgrund der Datenverfügbarkeit.
B	Wert 2021 vorläufig, siehe Referenz [9].
C	Eigene Berechnungen basierend auf den in Referenz [3] genannten Wirkungsgraden und einem Strom-Mix mit 0,024 t CO ₂ -Äquivalent pro MWh Endenergie.
D	Bei Betrachtung der Abwärme aus Gas-KWK sollen Emissionen anhand der Emissionsfaktoren des Energieträgers (siehe Eintrag "Wärmenetz aus KWK") und wenn möglich der Größenklasse der BHKW ausgerechnet werden.
E	Entwicklungsfaktoren 2030 und 2040 wurden durch die KEA-BW geschätzt, Werte für das Jahr 2040 entsprechend interpoliert.
	Für erneuerbare Brennstoffe wurde eine zeitliche Entwicklung zum Referenzjahr 2021 um -5% (2030), respektive -60% (2040) zugrunde gelegt, bei allen anderen Brennstoffen und Energieträgern, wenn nicht anders ausgewiesen, um -5% (2030, 2040). Dies geht perspektivisch auf Änderungen im Produktionsprozess solcher Anlagen zurück.
F	Keine Unterscheidung nach Anlagengrößen. Faktoren hier gelten für mittlere Anlagengröße.
G	Hier keine gesonderte Angabe für Emissionsfaktoren für Abfallprodukte.
H	Die Ermittlung der Emissionen von Abwärme aus Gas-KWK ist bevorzugt nach dem Carnot-Prinzip vorzunehmen. Siehe weitere Anmerkung zur Vereinfachung der Berechnungsmethodik in Anmerkungen [D,K].
I	In der THG-Bilanzierung von Kommunen wird Abwärme als Energieträger Emissionen zugeordnet, anders als GEG & AGFW 309-1/309-6 (die THG-Emissionen im Bilanzkreis des Abwärmelieferanten (Scope 1 nach GHG-Protokoll)).
J	Annahme: Herkunft des synthetischen Wasserstoffs ist "grün", aus überschüssigen EE Strom.
K	Für Wärme aus gebäudeintegrierten oder gebäudenahen KWK-Anlagen (gemäß DIN V 18599-9:2018-09) können die hier verwendeten Pauschalwerte vereinfacht angewandt werden. Alternativ erfolgt die Ermittlung des Emissionsfaktors gemäß der Carnot-Methode und der Anlagengröße (siehe [H]).
L	Werte hier als Mittelwert für Sole-Wasser, Wasser-Wasser, Luft-Wasser Wärmepumpen entsprechend Referenz [9], Tabelle 60. Hier Vereinfachung ohne Vorketten für die entsprechende Quellerschließung.
M	Als Faktor zur Stromerzeugung (siehe "Strom-Mix-D") zum jeweiligen Betrachtungszeitpunkt zu addieren.
N	Angabe als Heizwert.
O	Wert nach Referenz [8] adaptiert für Zieljahr 2040.
P	Zur Homogenisierung zur THG-Bilanzierung in BICO2BW mit der CO ₂ -Bilanzierung im Zuge der kommunalen Wärmeplanung zu ermöglichen sind hier zusätzlich Werte für 2020 angegeben [nach Referenz 1]. Dort, wo Faktoren in BICO2BW nicht hinterlegt sind, können diese aus dem GEG verwendet werden (siehe Spalte "2021", Referenz [4]).

Kommunale Wärmeplanung Mannheim

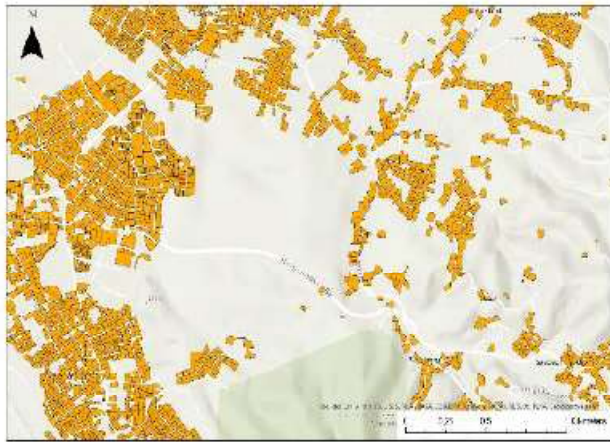
Anlage 1: Emissionsfaktoren - Referenzen

1	IINAS, 2021: GEMIS: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 5.0, IINAS.
2	ifeu et al., 2019: BioRest: Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem. In: Umweltbundesamt Texte 115/2019.
3	Deutsche Energieagentur (dena), 2018: Heutige Einsatzgebiete für Power Fuels, Factsheets zur Anwendung von klimafreundlich erzeugten synthetischen Energieträgern.
4	Gebäudeenergiegesetz (GEG), Anlage 9: Umrechnung in Treibhausgasemissionen.
5	Umweltbundesamt, 2017: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2016.
6	Fritsche und Greß, 2020: Kurzstudie: Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2019 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050. Bericht für die HEA - Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V.
7	Adolf et al., 2017: Wasserstoff - Energie der Zukunft?, Wuppertal Institut, In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 67 (2017), 11, S. 74-77.
8	Bukold, Huneke, Claußner, 2020: Grün oder blau? Wege in die Wasserstoff-Wirtschaft 2020 bis 2040, Greenpeace Energy.
9	Umweltbundesamt, 2022: Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2021.
10	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), 2022: Kurzbericht Ökologische Bewertung der Wasserstoffbereitstellung Sensitivitätsanalyse zu THG-Emissionen von Wasserstoff.

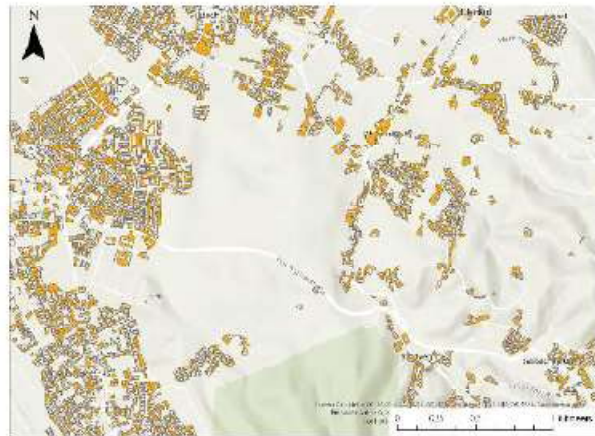
Kommunale Wärmeplanung Mannheim

Anlage 2: Ermittlung der oberflächennahen Geothermie-Potentiale

Grundlage Flurstücke

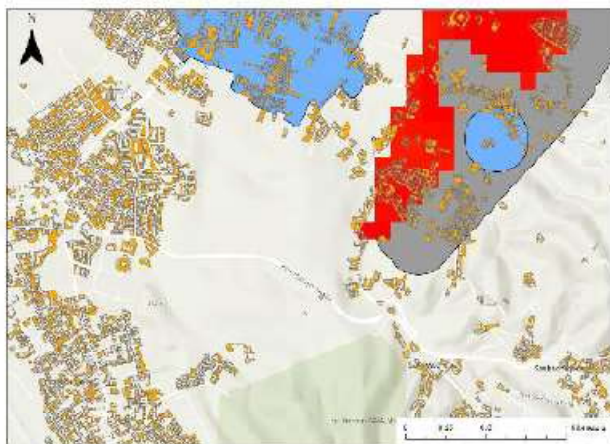


Schritt 1. Ausweisung von Freiflächen
(Flurstücke abzüglich Gebäude)



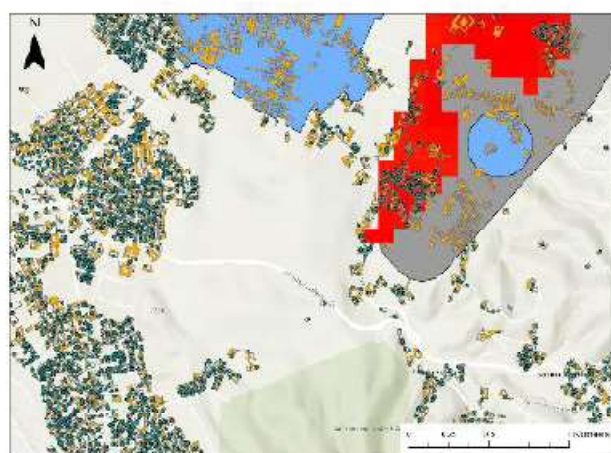
Schritt 2. Berücksichtigung von Restriktionen für
Sondenplatzierung

(hellblau: Schutzgebiete und Zustrombereiche von
Grundwassernutzungen, rot: Bohrtiefenbegrenzung, grau:
Einzelfallbeurteilung)

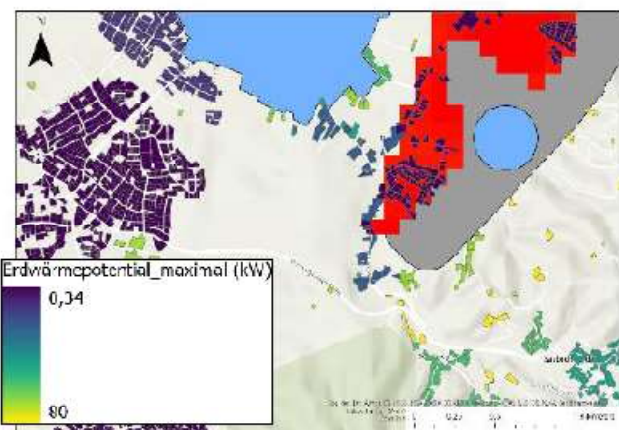


4. Platzierung Erdwärmesonden auf freien, zulässi-
gen Flächen

(grüne Punkte)



6. (a) Ermittlung geothermisches
Potential (kW) je Flurstück



6. (b) Ermittlung geothermisches
Potential (kW/ha) als Raster

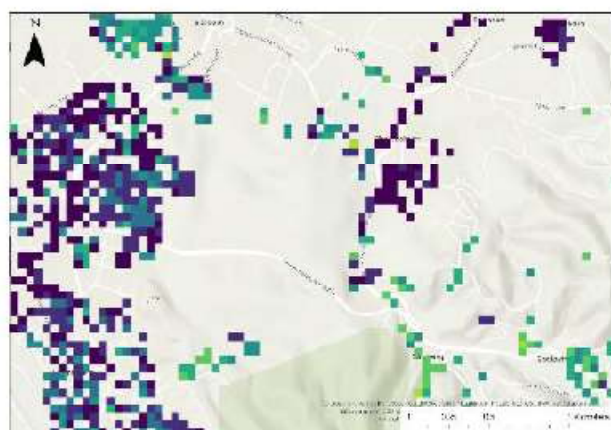


Abbildung 4: Graphische Übersicht über das methodische Vorgehen der Ermittlung des oberflächennahen Geothermiepotentials (Schritte 3. bis 5. wurden hier aus Gründen der Darstellung ausgespart). Erläuterungen siehe Text.

Quelle: Landesweite Ermittlung des Erdwärmesonden-Potentials für Gemeinden in Baden-Württemberg (11/2023), KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg, Karlsruhe.

Online-Quelle: <https://www.kea>

[bw.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Wissensportal/Erdwaermesonden/231110_Dokumentation_Potenzial_EWS-BW.pdf](https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Wissensportal/Erdwaermesonden/231110_Dokumentation_Potenzial_EWS-BW.pdf)