



Endbericht

Wärmemasterplan 2.0 der Stadt Mainz

Projekt-Nr.: B-MZSW-001

Auftraggeber: Mainzer Stadtwerke AG
Rheinallee 41
55118 Mainz

Auftragnehmer: GEF Ingenieur AG
Ferdinand-Porsche-Straße 4a
69181 Leimen

Version: 4.0

Leimen, 22.08.2023



Zusammenfassung

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung ist für das Erreichen der Klimaschutzziele auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene von herausragender Bedeutung. Die Unternehmensgruppe Mainzer Stadtwerke AG hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Landeshauptstadt Mainz bei diesem Vorhaben umfassend zu unterstützen und den Bürgerinnen und Bürgern durch zielgerichtete Maßnahmen eine langfristige, gesicherte, umweltfreundliche und bezahlbare Wärmeversorgung bereitstellen zu können.

Um dieses Unternehmensziel weiter voranzutreiben und zu erreichen, wurde der Wärmemasterplan aus dem Jahre 2015 fortgeschrieben und auf das gesamte Gebiet der Landeshauptstadt ausgedehnt. Hierbei wurde untersucht, welche Möglichkeiten der klimaneutralen Wärmeversorgung sich im Untersuchungsraum zukünftig anbieten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im vorliegenden Wärmemasterplan 2.0 dargestellt.

Mittels eines mehrstufigen Vorgehens wurde das Stadtgebiet in für 35 funktionale Teilgebiete gegliedert und Empfehlungen für die zukünftige klimaneutrale Wärmeversorgung ermittelt.

Folgendes wurde durchgeführt:

- Analyse und Zusammenfassung der aktuellen und relevanten Rechtslage,
- einer Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger in Form von Interviews ausgesuchter Vertreterinnen und Vertreter,
- der Identifikation von Handlungsfeldern, welche für Akzeptanz und Umsetzung der Wärmewende aus Bürgersicht relevant sind,
- der Analyse und Bewertung unterschiedlicher Wärmeerzeugungstechnologien unter wirtschaftlichen, ökologischen und sozio-ökonomischen Gesichtspunkten,
- Berücksichtigung der künftig zu erwartenden Wärmeverbräuche, des vorhandenen Leitungsnetzes der Fernwärme und der Gasversorgung, der städtebaulichen Gegebenheiten sowie vorhandenen Gebäudestrukturen.

Im Fokus stand die Erarbeitung von für die Bürgerinnen und Bürger wirtschaftlich, ökologisch und tragbaren Wärmeversorgungslösungen. Mit diesem Fokus konnten im nächsten Schritt verschiedene Handlungsfelder identifiziert und Maßnahmen beschrieben werden, die zum Erreichen einer klimaneutralen Wärmeversorgung benötigt werden. Diese Maßnahmen unterteilen sich in

- Maßnahmen im Neubau
- Maßnahmen im Bestand
- Flankierende Maßnahmen

Der größte Effekt zur Dekarbonisierung ist dabei durch Maßnahmen für Bestandsgebäude zu erreichen, welche am Beispiel der Neustadt näher ausgeführt wurden. Beschrieben wurden unter anderem:

- die Notwendigkeit der Erstellung eines Umstellungsplans,
- die erforderliche Entflechtung der beiden Infrastrukturen Gas und Fernwärme,

- die notwendigen Absprachen mit weiteren Gewerken (z.B. Trinkwasser, IKT),
- die juristischen und logistischen Hindernisse, die es zu bewältigen gilt,
- weitere Maßnahmen, die im Umfeld der Wärmetransformation durchzuführen sind.

Das beschriebene Vorgehen lässt sich auf weitere Stadtbezirke in Mainz übertragen.

Im letzten Schritt der Untersuchung wurden die Möglichkeiten der Umsetzung für das gesamte Stadtgebiet einer realistischen Einschätzung unterzogen. Mittels der Anzahl an umzustellenden Gasanschlüssen auf alternative Erzeugungstechnologien bzw. Fernwärme und den damit verbundenen Bauarbeiten für Fernwärmeleitungen sowie üblichen Bauleistungen, wurden Zeithorizonte zur Umsetzung abgeschätzt. Dabei wurde die Möglichkeit der vollständigen Umsetzung für die Zieljahre 2030, 2035 und 2045 bewertet. Während eine Umsetzung für das Zieljahr 2030 nicht möglich ist, zeigt sich, dass das extrem ambitionierte Zieljahr 2035 nur mit einem stark erhöhten Mehraufwand an Ressourcen und Kapazitäten erreicht werden kann. Die Vorgaben der Bundesregierung zum Erreichen der Klimaneutralität bis 2045 kann vermutlich durch eine moderate Erhöhung des Kapazitäts- und Ressourceneinsatzes erreicht werden, auch wenn diese Vorgabe weiterhin ambitioniert bleibt.

Für eine erfolgreiche Umsetzung ist es jedoch unerlässlich, dass die Unternehmensgruppe Mainzer Stadtwerke AG sowie die Stadt Mainz eng zusammenarbeiten. Die notwendigen Schritte der Umsetzungsplanung und politischen Weichenstellung sollten umgehend beginnen bzw. weiter vorangetrieben werden. Nur durch eine spartenübergreifende Planung und Konzipierung von Projekten, unter der konsequenten Einbeziehung der Bürgerschaft, kann das Ziel einer klimaneutralen und bezahlbaren Wärmeversorgung für die Stadt Mainz und deren Bürgerinnen und Bürger erreicht werden.

Abkürzungen

<i>BAFA</i>	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
<i>BauGB</i>	Baugesetzbuch
<i>BBergG</i>	Bundesberggesetz
<i>BBodSchG</i>	Bundesbodenschutzgesetz
<i>BImSchG</i>	Bundesimmissionsschutzgesetz
<i>BiomasseV</i>	Biomasseverordnung
<i>BEG</i>	Bundesförderung für effiziente Gebäude
<i>BEW</i>	Bundesförderung effiziente Wärmenetze
<i>BHKW</i>	Blockheizkraftwerk
<i>BNatSchG</i>	Bundesnaturschutzgesetzes
<i>CCS</i>	Carbon Capture and Storage
<i>COP</i>	Coefficient of Performance
<i>DN</i>	Nominal diameter (deutsch: Nennweite)
<i>EFH</i>	Einfamilienhaus
<i>EWG</i>	Erneuerbare-Wärme-Infrastrukturgesetz
<i>FW</i>	Fernwärme
<i>GEG</i>	Gebäudeenergiegesetz
<i>GHD</i>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
<i>HAST</i>	Hausanschluss-Station
<i>HKW</i>	Heizkraftwerk
<i>IKT</i>	Informations- und Kommunikationstechnik
<i>KSG</i>	Bundesklimaschutzgesetz
<i>KSpG</i>	Kohlendioxidspeicherungsgesetz
<i>KWK</i>	Kraft-Wärme-Kopplung
<i>KWKG</i>	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
<i>KWP</i>	Kommunale Wärmeplanung
<i>MFH</i>	Mehrfamilienhaus
<i>MFW</i>	Mainzer Fernwärme GmbH
<i>MN</i>	Mainzer Netze GmbH
<i>MSW</i>	Mainzer Stadtwerke AG
<i>MW</i>	Mainzer Wärme GmbH
<i>NW</i>	Nahwärme

<i>B&I-Aufwand</i>	Aufwand für Betrieb und Instandhaltung
<i>PEF</i>	Primärenergiefaktor
<i>PeX</i>	Vernetztes Polyethylen
<i>PV</i>	Photovoltaik
<i>RH</i>	Reihenhaus
<i>TAB</i>	Technische Anschlussbedingungen Fernwärme
<i>TGA</i>	Technische Gebäudeausrüstung
<i>T_{RL}</i>	Rücklauftemperatur des Fernwärmenetzes
<i>T_{VL}</i>	Vorlauftemperatur des Fernwärmenetzes
<i>UBA</i>	Umweltbundesamt, Dessau
<i>Vbh</i>	Vollbenutzungsstunden
<i>WE</i>	Wohneinheit
<i>WHG</i>	Wasserhaushaltsgesetzes
<i>WMP 1.0</i>	Wärmemasterplan 1 (2015)
<i>WMP 2.0</i>	Wärmemasterplan 2 (aktuelles Projekt)
<i>ZFH</i>	Zweifamilienhaus

Inhalt

1. Einleitung	9
2. Zielsetzung des Wärmemasterplans 2.0	11
3. Begriffsdefinitionen.....	13
4. Methodisches Vorgehen	15
5. Gesetzes- und Förderrahmen	16
5.1 Methodik Gesetze und Förderrahmen.....	16
5.2 Aktuelle Lage	16
5.2.1. Übergreifende Aspekte.....	16
5.2.2. Landes- und Kommunalebene	18
5.3 Absehbare Neuerungen	19
5.4 Förderungen.....	20
6. Datengrundlage.....	23
6.1 Digitaler Wärmebedarfsatlas	23
6.2 Gebäude und Sanierungsmodell	24
6.3 Neubau- und Sanierungsgebiete ab 2010	25
6.4 Bilanzierung der Treibhausgasemissionen	26
7. Partizipation der Hauseigentümerinnen und -eigentümer	28
7.1 Zielstellungen	28
7.2 Methodik.....	28
7.3 Ergebnisse der Befragung der Interessenvertreter.....	30
7.3.1. Übergreifende Themen	30
7.3.2. Themen für Großunternehmen	31
7.3.3. Themen für Kleineigentümerinnen und -eigentümer	31
7.3.4. Meinungen zu bestimmten Technologien.....	32
7.4 Einbeziehung aktueller Forschungsergebnisse	32
7.4.1. Akzeptanz von Technologien.....	34
7.5 Identifizierte Handlungsfelder	35
8. Technologieanalyse.....	36
8.1 Diskussion Technologien als Lösungsoptionen	37
8.1.1. Technologien als Lösungsoptionen	37
8.1.2. Weitere Technologien als Lösungsoptionen	45
8.1.3. Technologiesteckbriefe	46
8.2 Methodik.....	46

8.2.1. Technik.....	47
8.2.2. Wirtschaftlichkeit	50
8.2.3. Rechtsrahmen.....	54
8.2.4. Ökologische Kriterien	55
8.2.5. Sozio-ökonomische Kriterien.....	55
8.3 Fazit der Technologiebetrachtung	57
9. Gebietsspezifikationen.....	59
9.1 Methodik.....	59
9.2 Gebietszuschnitte.....	60
10. Maßnahmenentwicklung zum Erreichen der Klimaneutralität.....	64
10.1 Methodik.....	64
10.2 Identifikation von Wärmeversorgungs-lösungen je Gebiet	64
10.2.1. Fernwärme	67
10.2.2. Inselnetze.....	68
10.2.3. Dezentrale Lösungen	69
10.3 Maßnahmen im Neubau	72
10.3.1. Neues Stadtquartier ehemalige GFZ-Kaserne (O 53).....	73
10.3.2. Neubauprojekt „Wohnquartier Am Medienberg“ (Le 3).....	74
10.3.3. Neubauprojekt Hechtsheimer Höhe (He 130).....	74
10.3.4. Housing Area „Finther Landstraße“	75
10.3.5. Wohnquartier „Vor der Frecht“ (B 168)	76
10.4 Maßnahmen zur Bestandstransformation	77
10.4.1. Erschließung der Neustadt mit Fernwärme	77
10.4.2. Weitere Gebiete zur Fernwärmeerschließung	79
10.4.3. Erarbeitung von Wärmelösungen für Ortskerne	80
10.4.4. Nahwärmelösungen in Form von Insel-/Contracting-lösungen in Gebieten mit Hochhausbebauung..	80
10.4.5. Anschluss HKW Lerchenberg an die Mainzer Fernwärme.....	81
10.4.6. Anschluss HW Berliner Siedlung an die Mainzer Fernwärme.....	81
10.5 Flankierende Maßnahmen	81
10.5.1. Netzentflechtung.....	81
10.5.2. Kapazitätsprüfungen Wärmenetz & Wärmeherzeugung	82
10.5.3. Kapazitätsprüfung Stromnetz	82
10.5.4. Aufbau von Personal- und Technikkapazitäten sowie Finanzressourcen.....	82
10.5.5. Kontinuierliche Prüfung der Nutzungsmöglichkeiten von H ₂ in der Raumwärme und Beachtung dieser Option beim Aufbau einer H ₂ -Infrastruktur.....	83

10.5.6. Aufbau von Abwärmekatastern.....	83
10.5.7. Benötigte Rechtsgrundlagen für Umstellungen Gas zu Fernwärme	84
10.5.8. Abschaffung von Hürden der Datenverfügbarkeit	84
10.5.9. Umgang mit Flächenbedarf für regenerative Wärmelösungen.....	85
10.5.10. Ringtausch von Heizungsanlagen im Zuge einer Konversion von Gas zu Fernwärme:	85
10.5.11. Energieberaternetzwerk.....	86
10.5.12. Modell zur Demonstration neuer dezentraler Gebäudeheizungen im Bestand	86
10.5.13. Einbindung Bürgerinnen und Bürger	87
10.5.14. Aktualisierung des Wärmeatlas Mainz	87
11. Umsetzung der Wärmetransformation.....	88
11.1 Methodik.....	88
11.2 Einschätzung der Umsetzungsmöglichkeiten.....	88
12. Nächste Schritte	91
13. Fazit	92
Abbildungsverzeichnis	94
Tabellenverzeichnis	95
Literaturverzeichnis	96
Anhang.....	98

1. Einleitung

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung ist für das Erreichen der Klimaschutzziele auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene von herausragender Bedeutung. Die aktuellen Diskussionen über die Novellierung des Gebäude-Energie-Gesetzes (GEG65) spiegeln die gesellschaftlichen Herausforderungen dieses Transformationsprozesses wider.

Anders als bei der Mobilitätswende, bei der aufgrund von überschaubaren Kfz-Lebensdauern in den nächsten 20 Jahren ein kompletter Fahrzeuggenerationenwechsel und damit ein vom Bestand entkoppelter Technologiewechsel stattfinden wird, muss bei der Wärmewende ein Technologiewechsel innerhalb des langlebigen Gebäudebestands stattfinden.

Die zukünftig eingesetzte Heizungstechnik muss deshalb individuell auf die bestehenden Gebäudestrukturen und deren Umfeldbedingungen angepasst werden. Dies kann zu hohen Anpassungsinvestitionen für die Gebäudeeigentümer und damit möglicherweise auch zu höheren Infrastrukturbereitstellungskosten für die Bewohnerinnen und Bewohner führen. Die Entwicklung der Wärmearbeitspreise basierend auf der bereitgestellten Energie ist aktuell kaum prognostizierbar. Aufgrund der Komplexität des Themas, einer fehlenden sachlichen Aufklärung und verstärkt durch fehlende klare politische Rahmenbedingungen sind Hauseigentümer aktuell sehr verunsichert.

Auch für Betreiber von leitungsgebundenen Wärme-, Gas- oder Strominfrastrukturen bestehen noch große Planungsunsicherheiten, da über die Technologieauswahl und den Wechselzeitpunkt grundsätzlich die Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer entscheiden werden und der Gesetzgeber einzelne Technologien für Heizungszwecke, wie z.B. den Einsatz von Wärmepumpen oder erneuerbarem Wasserstoff, mal mehr oder weniger stark regulieren möchte. Nur klare politische Rahmenvorgaben und eine abgestimmte kommunale Wärmeplanung kann für alle an der Wärmewende Beteiligten eine verbindliche Planungssicherheit für die Zukunft schaffen, bestehende Unsicherheiten auflösen und dadurch effiziente und langfristig bezahlbare Lösungen realisieren.

Die Notwendigkeit einer abgestimmten verbindlichen Wärmeplanung ist im Kontext der Diskussionen um das „GEG65“ zwischenzeitlich in der Bundespolitik angekommen, weshalb nun eine kommunale Wärmeplanung für größere Kommunen gesetzlich verpflichtend werden soll. Für die Landeshauptstadt Mainz muss nach aktuellem Diskussionsstand im Gesetzgebungsverfahren eine rechtsverbindliche Wärmeplanung bis Ende 2026 vorliegen.

Bereits deutlich früher wurde die Notwendigkeit einer abgestimmten kommunalen Wärmeplanung von der Landeshauptstadt Mainz und der Mainzer Stadtwerke AG (MSW) erkannt. Bereits im Jahr 2022 wurde mit der Überarbeitung und Aktualisierung des ersten Wärmemasterplans (WMP 1.0) aus dem Jahr 2015 begonnen, um diesen unter dem Titel „Wärmemasterplan 2.0“ (WMP 2.0) an die Anforderungen einer beschleunigten Wärmewende im Sinne einer angestrebten Treibhausgasneutralität bis zum gesetzlich vorgeschriebenen Jahr 2045 oder idealerweise auch 2035, gemäß Stadtratsbeschluss aus dem Jahr 2021, anzupassen.

Die Unternehmensgruppe MSW stellt als lokales Energieversorgungsunternehmen in Mainz für rund 225.000 Einwohnerinnen und Einwohner sowie Gewerbe- und Industriebetriebe die Versorgung mit Strom, Gas, Wärme und Wasser sicher.

Innerhalb des Geschäftsfeldes Wärme verfügt die MSW mit der Mainzer Netze GmbH (MN), der Mainzer Fernwärme GmbH (MFW), der Mainzer Wärme Plus GmbH (MWP) sowie der Mainzer Stadtwerke Energie und Service GmbH (MSES) über kompetente Tochterunternehmen, mit deren Hilfe eine beschleunigte Wärmewende hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung für die Stadt Mainz und ihre Bürgerinnen und Bürger zielgerichtet unterstützt werden kann. Dabei kann die MSW-Gruppe technologieoffen verschiedene Lösungsansätze für eine nachhaltige Wärmeversorgung anbieten und für gebietsspezifische Rahmenbedingungen als ganzheitlich optimierte Lösung vorschlagen. Dabei steht neben der unternehmerischen Machbarkeit vor allem die Suche nach der besten

Lösung für die Kundinnen und Kunden im Vordergrund, da nur diese Lösungen auch in der Breite akzeptiert werden. Der WMP 2.0 sucht also nach den technisch-wirtschaftlich günstigsten Lösungen aus Kundensicht.

Eine nachhaltige Wärmeversorgung kann z. B. durch gezielten Ausbau der Fernwärmenetze, dem Aufbau von lokalen Wärmeinseln oder dem Anschluss von elektrischen Wärmepumpen an die Stromnetze in Kombination mit dezentralen Photovoltaikanlagen erfolgen. Auch hybride Lösungen z.B. zwischen Wärmepumpen und H2-ready Gaskesseln sind möglich. Dabei muss jedoch stets die Versorgungssicherheit im Sinne einer zuverlässigen Wärme- bzw. Energiebereitstellung zu jeder Tages- und Jahreszeit für die Gesamtheit der Nutzerinnen und Nutzer garantiert sein.

Die konsequente Fortschreibung und inhaltliche Erweiterung des Wärmemasterplans 1.0 aus dem Jahr 2015 erfolgt durch die GEF Ingenieur AG (GEF) im Auftrag der MSW und der Landeshauptstadt Mainz. Der daraus resultierende Wärmemasterplan 2.0 soll eine strategisch-inhaltliche Vorarbeit für die danach anstehende kommunale Wärmeplanung der Landeshauptstadt Mainz darstellen. Ziel ist es, so schnell wie möglich für die Mainzer Bürgerinnen und Bürger die notwendige Planungssicherheit für Investitionen in ein zukunftsfähiges Heizungssystem sicherzustellen und die Mainzer Wärmewende im Sinne des Klimaschutzes zu beschleunigen.

2. Zielsetzung des Wärmemasterplans 2.0

Die vorliegende Untersuchung liefert Antworten auf die zentrale Fragestellung, mit welchen Lösungsansätzen das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Mainzer Stadtgebiet erreicht werden kann.

Hierzu wird auf Basis einer umfassenden Detail- und Potenzialanalyse der Mainzer Wärmeversorgungssituation und unter Berücksichtigung möglicher künftiger Entwicklungen, eine langfristig ausgelegte Strategie für das Versorgungssystem entwickelt. Dabei liegt der Fokus auf der Erarbeitung eines möglichst umsetzungsorientierten Konzepts, das durch die Identifikation von Handlungsfeldern und die Entwicklung von Maßnahmen gestützt wird.

Damit eine hohe Umsetzungswahrscheinlichkeit erreicht wird, gilt es insbesondere diejenigen Maßnahmen herauszuarbeiten, die sowohl für die Kundinnen und Kunden als auch für den Versorger besonders attraktiv sind. Zugleich sollen die Maßnahmen die Klimaschutzziele der Stadt Mainz unterstützen. Das Optimum aus Kundennutzen, Ökologie und Wirtschaftlichkeit für den Versorger steht somit im Fokus der Konzepterstellung.

Der Wärmemasterplan 2.0 stellt im Gegensatz zu einer kommunalen Wärmeplanung, wie sie in Baden-Württemberg für Gemeinden verpflichtend eingeführt ist oder im Gesetzesentwurf „Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“ (Mai 2023) von Bauministerin Klara Geywitz vorgesehen ist, keine Verbindlichkeit dar. Sie dient allerdings als inhaltliche Grundlage für die kommende kommunale Wärmeplanung.

Daraus ergeben sich weitere Leitfragen für den Wärmemasterplan 2.0:

- Wie kann die künftige klimaneutrale Wärmeversorgung der Stadt Mainz effizient, bezahlbar und mit der notwendigen Akzeptanz erfolgen?
- Welche gebietsbezogenen Konzepte für den Transformationspfad für die künftige Wärmeversorgung können herangezogen werden?
- Wo sind Ausdehnung und Verdichtung des Fernwärmenetzes anhand noch festzulegender Bewertungskriterien (z. B. technische Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Sozialverträglichkeit, rechtliche Machbarkeit, notwendige Voraussetzungen, Risiken/Hemmnisse, Klimaschutzpotential) sinnvoll?
- Welche Rahmenbedingungen können die Stadt Mainz und – sofern im Einflussbereich – MSW schaffen, um den Hauseigentümerinnen und -eigentümern einen schnellen Umstieg bzw. einen Anreiz zur Sanierung von Gebäuden zu ermöglichen?
- Welche Rahmenbedingungen sind darüber hinaus erforderlich, die nicht durch die Stadt Mainz und MSW beeinflussbar sind?

Der gezielte flächige Ausbau einer zukunftsfähigen Leitungsinfrastruktur (z. B. Ausweitung des Fernwärmenetzes) soll mit dem flächigen Rückbau bzw. Stilllegung einer bestehenden Leitungsinfrastruktur (z. B. Rückbau bzw. Stilllegung des Gasnetzes) einhergehen. Das bedeutet insbesondere eine intensive Einbindung der letztlich für die Wahl des Wärmemediums verantwortlichen Hauseigentümerinnen und -eigentümer unter Berücksichtigung des Gebäudebestandes. Schließlich müssen sie die erforderlichen Anpassungsinvestitionen finanziell tragen. Und sie allein entscheiden über den Zeitpunkt der Umstellung der Gebäudeinfrastruktur.

Der Wärmemasterplan 2.0 stellt eine Art Fahrplan dar und soll in den nächsten Jahren als Orientierungshilfe bei der Planung und Realisierung von Projekten im Wärmebereich dienen. Hierzu werden bei der Masterplanerstellung sowohl kurzfristig umsetzbare Maßnahmen als auch mittel- bis langfristig zu realisierende Maßnahmen abgeleitet.

Da der Wärmemarkt von diversen externen Faktoren (Politik, Wirtschaft, Umwelt etc.) beeinflusst wird und sich somit die hier zugrunde liegenden Randbedingungen verändern können, ist der Wärmemasterplan nicht als statisches Werkzeug zu sehen. Bei der konkreten Konzipierung von Projekten sind die Ergebnisse zu prüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren.

Der Wärmemasterplan 2.0 hat ausdrücklich nicht zum Ziel, eine Umsetzungsplanung darzustellen. Ebenfalls ist die Betrachtung von Prozesswärme nicht Bestandteil des Wärmemasterplans 2.0. Diese wird in einer nachgelagerten kommunalen Wärmeplanung behandelt wird.

3. Begriffsdefinitionen

Begriff	Definition im Rahmen des WMP 2.0
BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal; vom ifeu entwickelte Methodik zur kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland
Carnot	Berechnungsmethodik zur Bestimmung der Treibhausgasemissionen von KWK-Anlagen auf Basis der exergetischen Methode, siehe FW 309-6.
Dezentrale Wärmeversorgung	Unter dezentraler Wärmeversorgung werden alle Wärmeversorgungs-lösungen verstanden, die nicht Fernwärme sind. Dies können z.B. Wärmepumpen, Gaskessel oder Pelletkessel sein, aber auch Nahwärmewärmenetze, die keine Verbindung zum zentralen Fernwärmenetz der Stadt Mainz besitzen.
E-Gase	Unter E-Gasen werden synthetische Gase zur Verbrennung verstanden, die mittels erneuerbarer Energiequellen hergestellt werden. Dies kann z.B. Biomethan sein oder Wasserstoff aus Photovoltaik- oder Windstrom
Fernwärme	Wärme, die mittels eines Trägermediums, i.d.R. Wasser, aus einem oder mehreren Erzeugerstandorten über ein Leitungsnetz an Gebäude verteilt wird. Aufgrund des für die Mainzer Fernwärme vorliegenden Transformationsplans, der aufzeigt, wie die Mainzer Fernwärme bis 2045 klimaneutral produziert werden kann, wird die Fernwärme im Sinne des GEG als klimaneutrale Versorgungslösung im Rahmen den WMP 2.0 angesehen.
Inselnetz	Andere Bezeichnung für autarke Nahwärmenetze
Klimaneutralität	<p>Unter Klimaneutralität bzw. Treibhausgasneutralität wird allgemein verstanden, dass keine Treibhausgase emittiert werden bzw. diese vollständig durch andere Maßnahmen kompensiert werden. Dies bedeutet, dass innerhalb eines Bilanzraumes keine Emissionen entstehen bzw. diese vollständig kompensiert werden. Im Rahmen des WMP 2.0 ist der Bilanzraum das Gebiet der Landeshauptstadt Mainz.</p> <p>Eine vollständige Klimaneutralität kann nur erreicht werden, wenn alle in den Bilanzraum eingehenden Energieströme aus erneuerbaren Quellen stammen und keine fossile Energie zum Einsatz kommen. Da Mainz jedoch an das öffentliche Stromnetz angeschlossen ist und daraus Strom bezieht, kann eine „echte“ Klimaneutralität erst im Jahr 2045 erreicht werden, wenn der bundesdeutsche Strommix vollständig regenerativ ist. Ebenso muss zum Erreichen der vollständigen Klimaneutralität der Transformationsprozess der Fernwärme abgeschlossen sein. Die Klimaneutralität der Stadt Mainz wird im Rahmen des WMP 2.0 auf den Sektor Wärme dahingehend beschränkt, dass keine fossilen Energieträger im Stadtgebiet zum Einsatz kommen. Strom und Fernwärme, welche in absehbarer Zeit aufgrund gesetzlicher</p>

Begriff	Definition im Rahmen des WMP 2.0
	Vorgaben klimaneutral werden müssen, werden ausdrücklich als Lösungsoptionen zum Erreichen der Klimaneutralität angesehen.
Leitungsgebundene Wärmeversorgung	Unter Leitungsgebundener Wärmeversorgung wird die Wärmeversorgung mittels Nah- oder Fernwärme verstanden
Leitungsinfrastruktur	Die Gewerke Fernwärme, Nahwärme, Gas und Strom benötigen Leitungen zum Transport des jeweiligen Energieträgermediums. Das jeweilige Leitungsnetz stellt die Infrastruktur dar.
Nahwärme	Juristisch existiert keine Unterscheidung zwischen Nah- und Fernwärme. Im Rahmen des WMP 2.0 werden als „Nahwärme“ Versorgungsnetze bezeichnet, die mehrere Gebäude mit Wärme versorgen, über eine eigene Erzeugung verfügen, die für dieses Netz die Wärme bereitstellt und die über keine Verbindung zum Fernwärmenetz der Stadt Mainz verfügen, d.h. Nahwärmenetze können wie autarke Inseln betrieben werden.
Primärenergiefaktor	Primärenergie ist die von noch nicht weiterbearbeiteten Energieträgern stammende Energie. Primärenergieträger sind zum Beispiel Steinkohle, Braunkohle, Erdöl, Erdgas, Wasser, Wind, Kernbrennstoffe und Solarstrahlung. Der Primärenergiefaktor (PEF) eines Energieträgers für die Endenergiebereitstellung enthält sämtliche Faktoren der Primärenergieerzeugung mit den Vorketten, einschließlich Hilfsenergie, für die Förderung, Aufbereitung Umwandlung, Transport und Verteilung des Energieträgers. Für die Berechnungen gemäß GEG sind diese festgelegt in DIN V 18599-1 Anhang A 1.
Untersuchungsraum	Untersuchungsraum der vorliegenden Studie ist das Stadtgebiet der Landeshauptstadt Mainz
Zentrale Wärmeversorgung	Unter zentraler Wärmeversorgung wird im WMP 2.0 die Wärmeversorgung mittels Fernwärme verstanden. Dies ist mit dem Erzeugerstandort begründet, da dieser die Wärme für das gesamte Fernwärmenetz aus einem zentralen Punkt bereitstellt.

4. Methodisches Vorgehen

Das Vorgehen zur Erstellung des WMP 2.0 gliedert sich in mehrere aufeinander aufbauenden Phasen, siehe Abbildung 1.



Abbildung 1: Methodisches Vorgehen

Hierbei stellt die Phase 1 den Grundstein für die weiteren Arbeiten dar, durch die Aufnahme der Vorarbeiten des WMP 1.0, die Identifikation des aktuellen rechtlichen Rahmens und dessen möglicher Entwicklungen, sowie die Partizipation der Hauseigentümer in Interviewform, aus der verschiedene Anforderungen abgeleitet wurden.

Phase 2 stellt den weiteren Ausgangsrahmen der darauffolgenden Phase 3 dar, indem verschiedene Kriterien und Bewertungssystematiken für Technologien, Untersuchungsraum und deren Zielzustände definiert werden.

Die Phase 3 stellt den Hauptteil des vorliegenden WMP 2.0 dar. In ihr wird der gesamte Untersuchungsraum in mehrere Gebiete unterteilt, um die weiteren Ableitungen beherrschbar zu machen. Die jeweiligen Gebiete werden hinsichtlich ihrer spezifischen Ausgangslage unter verschiedenen Aspekten bewertet und eine Wärmeerzeugungsvariante wird entsprechend dem generierten, generellen Lösungsportfolio als Empfehlung hervorgehoben. Diese jeweiligen Lösungen werden in Gebietssteckbriefen zusammengeführt.

Im Anschluss wird in Phase 4 abgeleitet, inwiefern sich die erarbeiteten Lösungsvorschläge bis 2030, 2035 und 2045 realistisch umsetzen lassen, bzw. welche weiteren Schritte notwendig sind, um eine Umsetzung bis zum jeweiligen Stichjahr zu realisieren.

Eine genaue Beschreibung der jeweiligen Methodik findet sich zu Beginn des korrespondierenden Kapitels.

5. Gesetzes- und Förderrahmen

5.1 Methodik Gesetze und Förderrahmen

Auf gesetzlicher Ebene sind wesentliche Anforderungen an den WMP 2.0 zu formulieren. Diese erstrecken sich auf die Vielzahl an Teilbereichen des Energierechts und den ergänzenden Überschneidungen in Rechtsgebiete wie das Umweltrecht und das Raumplanungs- und Baurecht. Ergänzend sei an dieser Stelle auf das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) als zentraler Rahmen des deutschen Energierechts mit Kernbereichen wie Energiewirtschaftsrecht, Energiekartellrecht, Energiewettbewerbsrecht und Energieverbraucherschutzrecht hingewiesen.

Der einschlägige Gesetzesrahmen und die zugehörige Förderlandschaft unterliegen insbesondere im Bereich Energie und im Sektor Wärme einer seit vielen Jahren besonderen Regelungs- und Veränderungsdynamik. Der folgende Abschnitt umfasst den Stand der aktuellen Gesetzeslage mit Stand Mai 2023. Weitere relevante absehbare Neuerungen sind im Unterpunkt 5.3 aufgezeigt.

Die aktuelle Förderlandschaft wird aufgezeigt und mit einer ersten Bewertung versehen, auf welcher Ebene hier eine Verbindung zu den Zielen des WMP 2.0 zu sehen ist. Auch hier sind in Zukunft weitere Fördermaßnahmen vor allem im Bereich der Wärmedämmung von Gebäuden sowie dem Heizungsaustausch zu erwarten, jedoch noch nicht absehbar.

5.2 Aktuelle Lage

Die nationale Gesetzgebung, deren Entwicklung und die bestehenden Förderprogramme sind vor dem Hintergrund der Strategien auf europäischer Ebene zu sehen. So umfasst der EU-Klima- und Energierahmen 2030 die europaweiten Zielvorgaben und politischen Ziele für den Zeitraum 2021-2030. Mit dem EU-Klimagesetz wurden durch die Europäische Union die Ziele einer Treibhausgasemissionenminderung auf 55 % gegenüber 1990 und der Treibhausgasneutralität bis 2050 definiert und international im Rahmen des Pariser Übereinkommens völkerrechtlich verbindlich hinterlegt.

National verankert das Bundesklimaschutzgesetz (KSG) das Ziel, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 um mindestens 65 %, bis zum Jahr 2040, um mindestens 88 % zu mindern und bis 2045 treibhausgasneutral zu sein. Um diese Zwischenziele und die vollständige Treibhausgasneutralität bis 2045 zu erreichen, muss der Wärmebedarf, der heute noch größtenteils fossil gedeckt wird, baldmöglichst klimaneutral bereitgestellt und in Zukunft aus einem Mix aus unterschiedlichen erneuerbaren Energien und Abwärme so wie unterschiedlichen Umwandlungstechnologien gedeckt werden. Um dies zu ermöglichen, muss sowohl die Wärmeerzeugerseite transformiert als auch massiv in den Fernwärmenetzausbau investiert werden und eine signifikante Senkung des Energieeinsatzes durch Effizienzsteigerungen und Gebäudesanierungen erfolgen.

5.2.1. Übergreifende Aspekte

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die relevanten Gesetze ab Juli 2023. Das **KSG** dient der Umsetzung der Klimaschutzziele und dem Ziel der Klimaneutralität 2045 in Deutschland. Es teilt Emittenten von Treibhausgasemissionen in die Sektoren wie folgt: Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und Sonstiges. Das Gesetz schreibt die deutschen Klimaschutzziele und jährlich sinkende Emissionsobergrenzen für die einzelnen Sektoren bis 2030 verbindlich fest. Im Frühjahr hat sich der Koalitionsausschuss darauf geeinigt, dass anstelle der Klimaschutzziele, die jeder Sektor für sich einhalten muss, zukünftig eine sektorübergreifende und mehrjährige Gesamtrechnung stehen soll. Eine Novelle des Klimaschutzgesetzes liegt derzeit noch

nicht vor. Die Klimaschutzziele sind durch die öffentliche Hand u.a. bei allgemeinen Planungsaufgaben oder Beschaffung zu berücksichtigen.

Im Bereich des **Umweltschutzrechts** spielt das Gewässerschutzrecht in Form des **Wasserhaushaltsgesetzes** (WHG), das Immissionsschutzrecht in Form des **Bundesimmissionsschutzgesetzes** (BImSchG), das Bodenschutz- und Altlastenrecht in Form des **Bundesbodenschutzgesetzes** (BbodSchG) und das Naturschutzrecht in Form des **Bundesnaturschutzgesetzes** (BnatSchG) eine größere Rolle. Das WHG regelt die Nutzung und den Schutz von Gewässern, welche im Rahmen der Wärmeversorgung in Zukunft verstärkt als EE-Quelle in Anspruch genommen werden dürften. Dabei kann dies die Nutzung von Grundwasser durch Sonden oder auch die Nutzung von Oberflächengewässern für den Einsatz von Großwärmepumpen betreffen. Das BImSchG dient dem Schutz der Umwelt vor schädlichen Einwirkungen durch u.a. Luftverunreinigungen. Dies ist im Zuge der Wärmewende immer dann von Bedeutung, wenn es um die Inbetriebnahme oder den Weiterbetrieb von Feuerstätten geht. Hier ist im Besonderen auch auf die **Biomasseverordnung** (BiomasseV) verwiesen, da dort geregelt wird, welche Stoffe für die Erzeugung von Wärme als Biomasse gelten. Das BbodSchG kommt u.a. zum Tragen, wenn schädliche Bodenveränderungen durch Baumaßnahmen zu erwarten sind. Im Rahmen der Wärmewende werden gerade in dicht besiedelten Ballungsräumen verstärkt Flächen zur Nutzung untersucht, die Altlastenverdachtsfälle sein können. Hier greift das Altlastenrecht. Das BnatSchG dient der nachhaltigen Nutzung der Naturgüter, sodass auch hier gerade bezüglich der erforderlichen Flächen für die Wärmewende Nutzungskonflikte zu prüfen sind.

Im Bereich der Speicherung von Wärme oder Kohlenstoff im Untergrund im Rahmen von Untergrundspeichern oder Carbon-Capture-Storage (CCS) sind das **Bundesberggesetz** (BbergG) und das **Kohlendioxid-speicherungs-gesetz** (KSpG). Da Erdwärme als bergfreier Bodenschatz eingestuft wird, ist das Bergrecht auch für die Nutzung von Erdwärme, zum Beispiel für Bohrungen zur Nutzung hydrothermalen Wassers im Rahmen von tiefer Geothermie, in Deutschland maßgeblich.

Das Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (**Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz** – KWKG) regelt die Abnahme von Strom aus KWK-Anlagen, die auf Basis von Steinkohle, Braunkohle, Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen gewonnen wird. Das KWKG regelt darüber hinaus auch die Zuschlagszahlungen und Vergütungen für Strom aus neuen, modernisierten und nachgerüsteten KWK-Anlagen, der auf Basis von Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen gewonnen wird bzw. für Strom aus bestehenden KWK-Anlagen, der auf Basis von gasförmigen Brennstoffen gewonnen wird und Zuschläge zu Wärme- und Kältenetzen und Speichern.

Das Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (**Gebäudeenergiegesetz** – GEG) regelt, dass in Neubauten „Wärme- und Kälteenergiebedarf zumindest anteilig durch die Nutzung erneuerbarer Energien nach Maßgabe der §§ 34 bis 45 gedeckt wird.“ (§ 10, GEG). Hierbei sind die Nutzungen von Solarthermie, Geothermie, Biomasse, Abwärme, Photovoltaik, Kraft-Wärme-Kopplung oder Fernwärme möglich. Im Speziellen für die Fernwärme (§ 44) gilt dabei, dass die im Fernwärmenetz verteilte Wärme zu einem wesentlichen Anteil aus erneuerbaren Energien stammen muss und dabei mindestens zu 50% aus Anlagen zur Nutzung von Abwärme oder 50% aus KWK-Anlagen, oder zu 50% aus einer Kombination von erneuerbaren, Abwärme und KWK. Hier umfasst § 44 des GEG die Ersatzmaßnahme für die Erfüllungsoptionen zur Nutzung erneuerbarer Energien. Somit kommt auch die Nutzung von Fernwärme bestimmter Qualität in Betracht, um die Nutzung erneuerbarer Energien nachzuweisen.

Darüber hinaus können Gemeinden über eine Bestimmung nach Landesrecht zum Zwecke des Klima- und Ressourcenschutzes Gebrauch machen und von einem Anschluss- und Benutzungszwang an ein Fernwärmenetz Gebrauch machen (§ 109 Anschluss- und Benutzungszwang).

5.2.2. Landes- und Kommunalebene

Auf landes- und kommunaler Ebene kommen weitere Regelungen und Planungen zum Tragen und können zur Steuerung eingesetzt werden.

Die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie durch Gemeinden sieht das Raumplanungs- und Baurecht bei der Aufstellung von **Bauleitplänen** vor (BauGB). Hier ist ebenfalls die Festsetzung von Flächen für Anlagen zur dezentralen und zentralen Erzeugung erneuerbarer Energien, wie Freiflächenanlagen für Solarthermie oder Standorte für weitere EE-Erzeuger, möglich.

Die **Kommunale Wärmeplanung** (KWP) ist ein planerisches Instrument auf kommunaler Ebene. Im Rahmen einer KWP wird der Wärmebedarf der Kommune und die Potenziale erneuerbarer Energien ermittelt sowie ein Konzept zur Wärmeversorgung erstellt. "Die Wärmepläne sollen in ihrer Innen- und Außenwirkung ein hohes Maß an rechtlicher Verbindlichkeit haben, damit die Umsetzung der Wärmewende tatsächlich beschleunigt und besser koordiniert erfolgt. Die Wärmepläne sollen das zentrale Planungs- und Steuerungsinstrument für die Wärmewende vor Ort sein und auf ordnungs- und planungsrechtliche Vorgaben (z.B. GEG, EnWG, Baurecht) sowie Förderinstrumente (v.a. BEG, BEW) unmittelbar einwirken."¹ In Rheinland-Pfalz wird die Erstellung einer KWP aktuell mit bis zu 90 Prozent der Kosten gefördert, finanzschwache Kommunen erhalten 100 Prozent Förderung, wenn der Antrag bis 31.12.23 gestellt wird. "Voraussetzung für eine Förderung ist, dass noch kein Fokus- oder Klimaschutzteilkonzept für das Handlungsfeld Wärme- und Kältenutzung vorliegt..."²

Die Erstellung von Wärmenetz-**Transformationsplänen** dient der Transformation von Fernwärmeversorgungssystemen in einen dekarbonisierten Zustand bis zum Jahr 2045, durch die Planung eines sukzessive aufwachsenden Mindestanteils an EE- und Abwärme-Nutzung.

Analog hierzu besteht die Möglichkeit Strategien für eine Gasnetztransformation zu entwickeln, welche die Umstellung eines Erdgasnetzes hin zu einem E-Gasnetz beschreiben. Eine Verpflichtung solche Pläne zu entwickeln, besteht nach aktueller Rechtslage nicht.

Darüber hinaus sind **Luftreinhaltepläne**, wie auch hier im Besonderen der Luftreinhalteplan Stadt Mainz und ihre Auswirkungen – etwa durch Verbrennungsverbote - auf den Bau von Anlagen zu beachten.

Die Regelung von Anschluss- und Benutzungszwang eines Fernwärmenetzes findet sich in § 26 GemO **Gemeindeordnung** (GemO), Landesrecht Rheinland-Pfalz. Dieser Paragraph regelt, dass Gemeinden durch Satzung für Grundstücke ihres Gebiets den Anschluss an bestimmte Energieversorgungseinrichtungen vorschreiben (Anschlusszwang). Sie können auch die Benutzung vorschreiben (Benutzungszwang).

Städtebauliche Verträge haben sich ebenfalls für die rechtlich bindende Steuerung als hilfreich erwiesen. Hier lassen sich zum Beispiel beim Verkauf kommunaler Liegenschaften Regelungen wie die Nutzung von Dachflächen für Solarthermie oder Photovoltaik oder der Anschluss an ein Wärmenetz, usw. festlegen.

Tabelle 1: Übersicht relevanter Gesetzestexte (Stand Juni 2023)

Instrument	Bezeichnung	Ebene
Gesetz (übergeordnet)	Bundesklimaschutzgesetz (KSG)	Bund
Gesetz (Umwelt)	Wasserhaushaltsgesetzes (WHG)	Bund
Gesetz (Umwelt)	Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG)	Bund

¹ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/diskussionspapier-kommunale-waermeplanung.html>

² <https://www.energieagentur.rlp.de/info/die-energieagentur-informiert/aktuelle-meldungen/aktuelles-detail/neuer-foerderschwerpunkt-kommunale-waermeplanung/>

Instrument	Bezeichnung	Ebene
Gesetz (Umwelt)	Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG)	Bund
Gesetz (Umwelt)	Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG)	Bund
Gesetz	Bundesberggesetz (BBergG), Kohlendioxidspeicherungsgesetz (KSpG)	Bund
Gesetz	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz – KWKG	Bund
Gesetz	Gebäudeenergiegesetz – GEG	Bund
Bauleitplanung	Raumplanungs- und Baurecht	Kommune
Gemeindeordnung	Anschluss- und Benutzungszwang	Kommune
Planung	Kommunale Wärmeplanung (KWP)	Kommune
Planung	Transformationsplan	Versorger

5.3 Absehbare Neuerungen

Die Bundesregierung hat am 19.04.2023 die 2. Novelle des Gebäudeenergiegesetzes (GEG65) im Bundeskabinett beschlossen. Der Gesetzentwurf zur Novelle des GEG wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gemeinsam mit dem Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen erarbeitet.

Der hier dargestellte Stand bezieht sich auf 2.Novelle vom 19.04.2023 und auf die laufenden Diskussionen zu eingereichten Änderungen im Rahmen der ersten Lesung am 15.06.2023. Die Rechtsgültigkeit des Entwurfs steht noch aus, aktuell ist jedoch von folgenden Änderungen auszugehen:

Ab dem 1.1.2024 muss jede neu eingebaute Heizung mindestens 65% erneuerbare Energie nutzen. Bestehende Heizungen können weiter genutzt werden, Reparaturen sind möglich. Ab dem 01.01.2045 ist die Nutzung fossiler Brennstoffe in Heizungen verboten. Die Nutzung von mindestens 65% erneuerbarer Energien in neu eingebauten Heizungen kann durch individuelle Lösungen (rechnerischer Nachweis) oder durch Nutzung einer pauschalen Erfüllungsoption nachgewiesen werden. Als Erfüllungsoptionen gelten der Anschluss an ein Wärmenetz, eine elektrische Wärmepumpe, eine Stromdirektheizung, eine Hybridheizung (Kombination aus Erneuerbaren-Heizung und Gas- oder Ölkessel) oder eine Heizung auf der Basis von Solarthermie. Ebenfalls ist der Einbau von wasserstofftauglichen Gasheizungen möglich, sofern es einen rechtsverbindlichen Transformationsplan für Gasnetze oder einen Investitionsplan für Wasserstoffnetze gibt und diese Heizungen ab 2030 mit mindestens 50 Prozent Biomechan oder anderen grünen Gasen und spätestens ab 2035 mit mindestens 65 Prozent Wasserstoff betrieben werden. Für Bestandsgebäude sind darüber hinaus noch Biomasseheizungen als Option vorgesehen.

Übergangsfristen u. a. von drei Jahren bei einer Heizungshavarie und von bis zu zehn Jahren, wenn ein Anschluss an ein Wärmenetz absehbar ist, sind vorgesehen.

Der Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) wurde im Bundeskabinett in Bezug auf den Anschluss an Fernwärmenetze überarbeitet: Der Anschluss an Fernwärmenetze soll auch als Erfüllungsoption gelten, wenn bestehende Fernwärmenetze aktuell geringere Anteile als 65% an Erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme aufweisen, sofern der Fernwärmeversorger bis spätestens 31.12.2026 einen Transformationsplan vorlegt. Des Weiteren sind in dem Entwurf weitere Übergangsfristen für Gebäudeeigentümer in Bezug auf den Anschluss an Fernwärmenetze vorgesehen. So sollen Gebäudeeigentümer von den

Pflichten zum Einbau einer EE-Heizung befreit werden, wenn sie einen Vertrag mit einem Fernwärmversorger abschließen, der, spätestens nach Ablauf des 31.12.2034, die Belieferung des Gebäudes mit Fernwärme garantiert. Voraussichtlich wird der Bundestag die Novelle des GEG nach der Sommerpause noch im Laufe des Jahres 2023 beraten und beschließen. Es wird erwartet, dass bis zur Verabschiedung der Gesetzesnovelle noch weitere Änderungen auftreten können und werden.

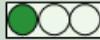
Aus den zuständigen Ministerien wurde zuletzt mehrfach bekannt, dass eine Verzahnung zwischen dem Gebäudeenergiegesetz und dem „Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“ geben soll. Der Referentenentwurf sieht lt. Information des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB), Stand 02.06.2023, u.a. folgende Eckpunkte für die Wärmeplanung vor:

- verpflichtende Vorgaben zur Sicherstellung der Durchführung von Wärmeplanungen an die Länder:
 - Die Wärmeplanung **soll** für Gebiete ab 100.000 Einwohner bis 31.12.2025 erfolgen, für Gebiete zwischen 10.000 bis 100.000 Einwohnern bis 31.12.2027.
 - Die Wärmeplanung **muss** für Gebiete ab 100.000 Einwohner bis 31.12.2027 erfolgen, für Gebiete mit 10.000 bis 100.000 Einwohnern bis 31.12.2028.
 - Für Gebiete unter 10.000 Einwohner sieht der Gesetzentwurf keine Verpflichtung vor.
- Kern der Wärmeplanung ist die Ausweisung von Wärmenetzgebieten und Gebieten für dezentrale Wärmeversorgung auf Basis einer Bestands- und Potenzialanalyse mit der Maßgabe einer möglichst kosteneffizienten klimaneutralen Versorgung.
- Bereits vorhandene Wärmepläne nach Landesrecht sollen anerkannt werden.
- Dekarbonisierung von Wärmenetzen:
 - 50% bis 2030
 - 100% bis 2045
 - Vorliegen eines Transformationsplans bis spätestens 31.12.2026

Der Referentenentwurf befindet sich Stand Juli 2023 in der Ressortabstimmung. Des Weiteren wurde die Länder- und Verbändeanhörung am 21.07.2023 eingeleitet.

5.4 Förderungen

Die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW, verwaltet durch das BAFA) ist die aktuelle Fördermöglichkeit für den Netzneubau (mit hohen Anteilen erneuerbarer Wärmequellen) und die Dekarbonisierung von Bestandsnetzen für Unternehmen iSd. § 14 BGB, Kommunen (soweit wirtschaftlich tätig), kommunale Eigenbetriebe, kommunale Unternehmen, kommunale Zweckverbände, eingetragene Vereine und eingetragene Genossenschaften. Diese Förderung umfasst die Erstellung von Machbarkeitsstudien und Transformationsplänen (BEW, Modul 1), die Umsetzung von Maßnahmen (BEW, Modul 2) und eine Betriebskostenförderung für Wärmepumpen (BEW, Modul 3). Im Zuge dieser Förderung werden erneuerbare Wärmequellen bevorzugt gefördert. Wärmequellen auf Basis von Biomasse und Wasserstoff werden nur teilweise gefördert, da hier die verfügbaren Mengen und Preise nicht absehbar sind, siehe Abbildung 2. Fossile Brennstoffe werden nicht gefördert und sind nur noch bis 31.12.2045 in den vorzulegenden Konzepten zulässig.

Bewertung	Wärmequelle	Technologie	Anmerkung
	Solarthermie	Kollektoren	Förderung: Invest & Betriebskosten
	Umweltwärme (Luft, Erdwärme, Grundwasser, Oberflächengewässer, Abwasser)	Wärmepumpe	Förderung: Invest & Betriebskosten
	Tiefe Geothermie	ggf. Wärmepumpe	Förderung: Invest
	Abwärme	ggf. Wärmepumpe	Förderung: Invest & Betriebskosten
	Biomethan		Förderung Invest für Besicherung, verfügbare Mengen unklar
	Biomasse	Heizwerk	Förderung: Invest für Heizwerke, Beschränkungen je nach Netzlänge
	Thermische Abfallbehandlung		Keine Förderung, Wärme nutzbar, ab 2045 nur biogener Anteil oder CCS
	Wasserstoff		Keine Förderung Verfügbare Mengen & Zeitpunkt unklar
	Fossile Brennstoffe		

	= erwünscht, voll gefördert
	= mit Einschränkungen, teilw. gefördert
	= nur als Brücke verwendbar

Abbildung 2: Förderungen einzelner Wärmequellen nach BEW

Ebenfalls unter dem Dach der BAFA ist am 1. Mai 2023 ist die überarbeitete Richtlinie des Förderprogramms „Bundesförderung Energie- und Ressourceneffizienz“ (EEW) in Kraft getreten. Im Rahmen des Modul 2 (Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien) werden der Ersatz oder die Neuanschaffung von Anlagen zur Bereitstellung von Wärme aus bzw. durch Solarkollektoranlagen, Wärmepumpen, tiefer Geothermie oder Biomasse-Anlagen gefördert. Die bereitgestellte Wärme muss zu über 50 Prozent für Prozesse, d. h. zur Herstellung, Weiterverarbeitung oder Veredelung von Produkten oder zur Erbringung von Dienstleistungen verwendet werden.

Die KfW bietet eine Reihe von Krediten für Private, Unternehmen und kommunale Unternehmen an, die in den Bereichen Energetische Stadtanierung – Quartiersversorgung (201, 202), Erneuerbare Energien (270, 271, 280), Energieeffizient Bauen und Sanieren (217-220) und Geothermie (272, 282) angesiedelt sind.

Im Bereich der Gebäude sind Förderungen über die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) möglich. Diese umfasst die Unterstützung bei der Sanierung von Gebäuden, wie Gebäudehülle, Anlagentechnik, Heizungstechnik und Heizungsoptimierung und Fachplanungen für Wohn- und Nichtwohngebäude. Auch hier verändert sich die Fördersituation in den vergangenen Jahren hin zu hohen Anteilen an erneuerbarer Energie und weg von Gashybrid- und Biomasseheizungen. Ein Anschluss an ein Fernwärmenetz ist förderfähig, wenn die Wärme eine oder mehrere der nachfolgenden drei Bedingungen erfüllt: Die Wärme stammt zu einem Anteil von mindestens 55% aus erneuerbarer Energie oder Abwärme, weist einen Primärenergiefaktor (PEF) von 0.25 oder geringer auf oder ein Transformationsplan liegt für das Fernwärmenetz vor.

Das Land Rheinland-Pfalz bietet darüber hinaus Förderprogramme im Bereich Energie (EFRE-Mittel) an, u. a. Energieeffizienz und intelligente Netz- und Speicherinfrastruktur, Kommunale Gebäudeenergieeffizienzmaßnahmen und Wärmewende im Quartier, so auch das mit dem Förderprogramm „Zukunftsfähige Energieinfrastruktur“ (ZEIS) für Nahwärmenetze, bei dem über Investitionsanreize neue Potenziale erschlossen werden.

6. Datengrundlage

Als Grundlage des Wärmemasterplans 2.0 wurden Daten des Wärmemasterplans 1 (2015) verwendet. Dieser erste Masterplan diente als Grundlage für die Unternehmensgruppe Mainzer Stadtwerke AG, um im Bereich der Wärmeversorgung eine dauerhafte Etablierung am Mainzer Wärmemarkt unter Berücksichtigung des Beitrags zur Erfüllung städtischer Klimaschutzziele in Abstimmung mit dem Dezernat Umwelt, Grün, Energie und Verkehr sowie dem damaligen städtischen Umweltamt zu erzielen. Dabei wurde auf Basis einer Bestands- und Potenzialanalyse des Wärmebedarfs und dessen Entwicklung ein digitaler Wärmeatlas, inkl. Wärmebedarfsentwicklung und vier Sanierungspfaden erarbeitet. Darüber hinaus wurden potenzielle Technologien analysiert. Die Ergebnisse waren Grundlage für die einheitliche Bewertung der Technologien im Spannungsfeld Versorger- Kunden- Umweltinteressen. Unter Berücksichtigung der Kundenperspektive konnten so im Ergebnis Einzelmaßnahmen und Begleitmaßnahmen in einem Maßnahmenfahrplan verdichtet und priorisiert werden.

Dabei zeigten sich drei strategische Säulen: der flächendeckende Erhalt des Gasnetzes, ein gezielter Ausbau der Fernwärme, sowie der Auf- und Ausbau von Wärmeinseln, wobei 60 Fokusgebiete und drei Quartiere mit hohem Entscheidungsdruck (Heilig-Kreuz-Areal, Lerchenberg, Berliner Siedlung) definiert wurden. Im Ergebnis wurde festgehalten, dass ein regelmäßiger Abgleich der Ergebnisse des WMP 1.0 mit aktuellen Randbedingungen erforderlich ist.

6.1 Digitaler Wärmebedarfsatlas

Im Rahmen der Erstellung des WMP 1.0 (2015) wurde für die Stadt Mainz ein umfassender digitaler Wärmeatlas vorgelegt. Für die Erstellung wurde ein gebäudebezogener Ansatz gewählt. Die Wärmebedarfsdarstellung erfolgte mithilfe eines Gebäudemodells, das unter Verwendung von realen Verbrauchswerten kalibriert wurde. Die gebäudebezogene Methode hat den Vorteil einer hohen Exaktheit und lässt eine realitätsnahe Abbildung der aktuellen Versorgungsstrukturen zu. Zugleich können die Ergebnisse auch nachträglich auf jede beliebige Ebene aggregiert werden. Auf Basis der Daten des Gebäudemodells wurde im Anschluss eine einheitliche Wärmebedarfsmodellierung vorgenommen, d. h. es wurden auch Bedarfswerte für Gebäude mit unbekanntem Verbrauch geschätzt. Die Daten zur örtlichen Gebäudestruktur und des daraus resultierenden Wärmebedarfs wurden mit den Verbrauchsdaten (Strom, Gas und Fernwärme) adressscharf verknüpft. Die Stromdaten bezogen sich ausschließlich auf die zu Heizzwecken genutzten Verbräuche durch Direktheizung oder elektrische Wärmepumpen. Da im Rahmen des Wärmemasterplans der Fokus auf der Bewertung von Quartieren lag, wurden die Daten für die weiteren Analysen in aggregierter Form verwendet. Hierzu eignen sich besonders sogenannte Wärmedichtekarten. Dabei werden die Einzelwerte auf ein Raster mit einer definierten Zellgröße (z. B. 400 Meter auf 400 Meter) aufsummiert und als Wärmedichte (GWh/km²a) angezeigt. Diese Informationen lassen sich auch für die hier vorliegende Studie verwenden, weil sich abgesehen von wenigen Neubaugebieten kaum qualitative Unterschiede der Datenbasis entwickelt haben.

Der Wärmeatlas in seiner vorliegenden Form wurde als Grundlage für die Arbeiten in diesem Projekt verwendet, die Daten zu Wärmebedarf und Wärmebedarfsentwicklung wurden nicht aktualisiert, können aber auf Ebene der Gebiete als valide angesehen werden. Eine Karte, die den Wärmebedarf aus dem Atlas in WMP 1.0 zeigt, ist in Abbildung 3 dargestellt. In dieser und anderen Karten, die später in diesem Bericht vorgestellt werden, wurden die gebäudescharfen Daten je nach Standort zu einem Raster von 400 m x 400 m aggregiert.

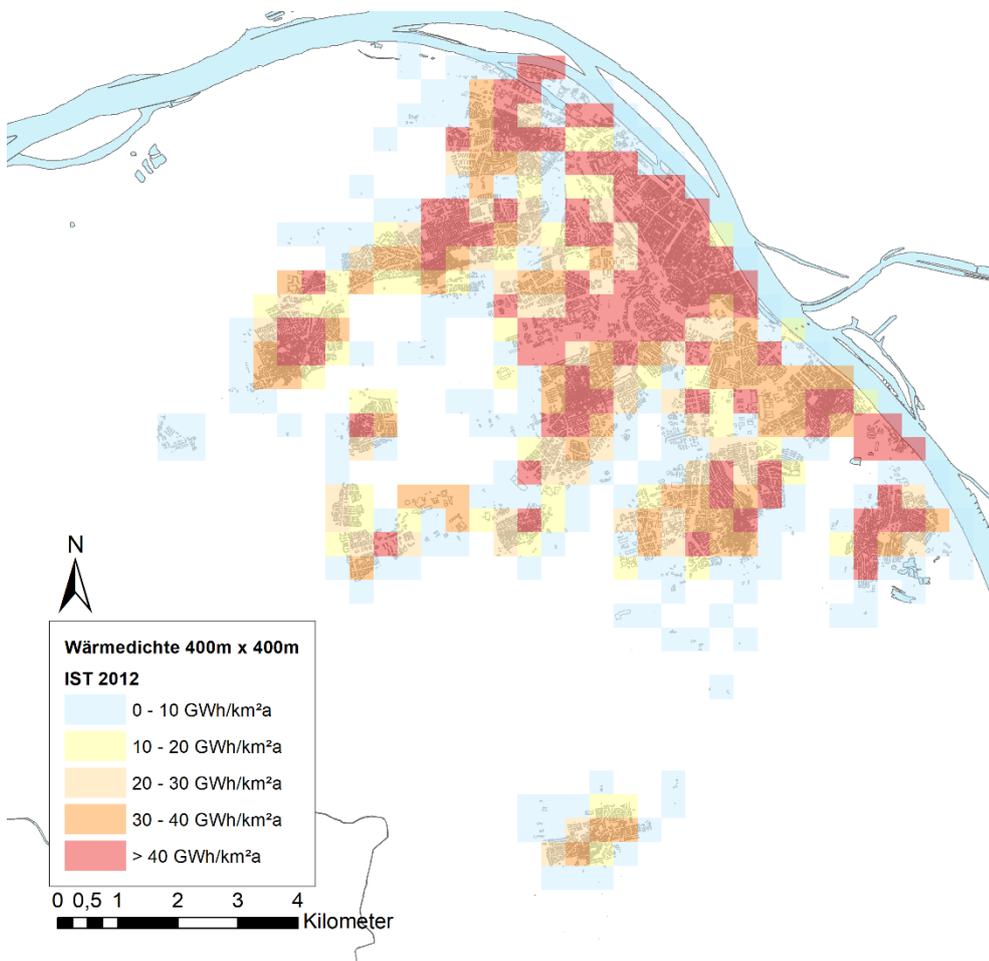


Abbildung 3: Wärmedichtekarte 400m x 400m, Nutzenergie 2012

6.2 Gebäude und Sanierungsmodell

Das Gebäudemodell basierte auf charakteristischen Merkmalen wie der Grundfläche und Höhe der Gebäude im Stadtgebiet. Diese wurden anhand ihrer baulichen Merkmale zu sogenannten Gebäudetypen (Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus) zugeordnet sowie in Baualterklassen eingeteilt. Für die jeweiligen Gebäudetypen wurden im Anschluss anhand der Verbrauchswerte (Nutzenergie) spezifische Bedarfskennwerte (kWh/m²a, Bezugsebene Bruttogeschossfläche) für jeden Gebäudetyp abgeleitet. Die Bruttogeschossfläche wurde anhand der Gebäudegrundfläche und der Gebäudehöhe abgeschätzt. Zur Validierung der ermittelten Gebäudetypen wurden die Ergebnisse der Wärmebedarfsmodellierung mit den vorhandenen Verbrauchswerten abgeglichen. Hierbei konnte auf Stadtebene eine gute Übereinstimmung festgestellt werden. Auf kleinräumiger Ebene (z. B. Einzelobjekte) waren Abweichungen des Modells zu erkennen, welche jedoch aufgrund der Aggregation der Werte zu vernachlässigen sind.

Für die Wärmebedarfsentwicklung wurden in Zusammenarbeit mit dem Klimaschutzbeirat der Stadt Mainz für die Stützjahre 2020, 2030 und 2050 insgesamt vier Sanierungspfade definiert. Für jeden Sanierungspfad wurden dabei Annahmen zur Sanierungsrate und zur Sanierungstiefe getroffen. Die Sanierungsrate ist mit der Sanierungsaktivität – wie viel wird pro Jahr saniert – gleichzusetzen. Die Sanierungstiefe gibt an, wie stark der Wärmebedarf nach erbrachter Sanierung sinkt.

In Tabelle 2 sind die jeweiligen Sanierungspfade dargestellt. Mit dem Szenario "Basis 1" wurde eine untere Schranke, d. h. die bis 2050 niedrigste Wärmebedarfsreduktion, festgelegt. Der Klimaschutzbeirat betrachtete selbst dieses Szenario als sehr ambitioniert. Mit den Szenarien "Basis 2" und "Trend" wurden eine höhere Sanierungsaktivität bzw. tiefergreifendere Sanierungsmaßnahmen unterstellt. Die obere Schranke bildete das Szenario "Trendplus", das eine noch größere Wärmebedarfseinsparung annimmt.

Tabelle 2: Sanierungspfade für den Bereich "Private Haushalte"

	2014 - 2020		2021 - 2030		2031 - 2050	
	Sanierungsrate	Sanierungstiefe	Sanierungsrate	Sanierungstiefe	Sanierungsrate	Sanierungstiefe
Szenario "Basis 1"	1 %	30 %	1 %	30 %	1 %	30 %
Szenario "Basis 2"	1 %	50 %	1 %	50 %	1 %	50 %
Szenario "Trend"	2 %	30 %	2,5 %	30 %	3 %	30 %
Szenario "Trendplus"	2 %	50 %	3 %	50 %	4 %	50 %

Das Sanierungsmodell umfasst nur Wohngebäude. Für Nichtwohngebäude (Bereiche Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Öffentliche Gebäude) wurde ein linearer Sanierungsansatz gewählt, der für jedes Stützjahr eine jährliche Einsparung des Wärmebedarfs von 0,25 % (im Szenario "Basis 1" und "Basis 2") bzw. 0,5 % (im Szenario "Trend" und Szenario "Trendplus") gegenüber dem Ausgangsjahr 2013 ansetzt. Industriegebäude wurden im Sanierungsmodell nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse der Sanierungsszenarien wurden zur Auswertung als Wärmedichtekarten aufbereitet.

Die Szenarien werden ebenfalls im Rahmen des WMP 2.0 nicht überarbeitet. Zu Beginn des Projekts wurde entschieden, alle weiteren Betrachtungen auf die beiden Szenarien BASIS 2 und TREND zu stützen.

6.3 Neubau- und Sanierungsgebiete ab 2010

Im Rahmen des WMP 1.0 wurden bereits 2015 bestehende Neubau- und Sanierungsgebiete erfasst, da diese Gebiete bezüglich ihres Wärmebedarfs und der Anschlusssituation, wie zum Beispiel eines Anschluss- und Benutzungszwangs, getrennt zu berücksichtigen sind. Die bestehenden Informationen zu Neubau- und Sanierungsgebieten wurden überarbeitet und um die neu hinzugekommenen Gebiete ergänzt. Sofern die erfassten Gebiete bereits über eine Versorgung durch Fernwärme verfügen, wurden sie aus den Planungen für zukünftige Wärmeversorgungen ausgeschlossen. Eine Teilliste mit 22 bestehenden und geplanten Neu- und Sanierungsgebieten war Teil des WMP 1.0, einschließlich der kartografischen Informationen über ihre Lage und Ausdehnung. Für den WMP 2.0 wurde diese Liste erheblich erweitert, indem die von der Stadt, MN, MFW und MW vorgeschlagenen Gebiete hinzugefügt wurden. Diese Gebiete wurden in das im Projekt verwendete GIS-Modell von Mainz digitalisiert. Um diese Gebiete angemessen zu beurteilen, wurde ihre geplante oder bereits vorhandene Wärmequelle einbezogen.

Im Rahmen der Bearbeitung des WMP 2.0 fand keine Aktualisierung des zugrundeliegenden Wärmeallasses statt. Obwohl einige dieser Projekte bereits seit einem Jahrzehnt bebaut werden, werden sie im WMP 2.0 als Neubaugebiete bezeichnet, weil sie zum Zeitpunkt der Erhebung der Daten des Wärmeallasses noch nicht gebaut waren. Im Zuge einer nachgelagerten kommunalen Wärmeplanung ist der Wärmebedarf dieser Flächen zu erfassen und der neu aufzubauende Wärmeallass um diese entsprechend zu ergänzen.

Daraus ergab sich eine Zusammenstellung von 52 Gebieten, die in Abbildung 4 dargestellt ist.

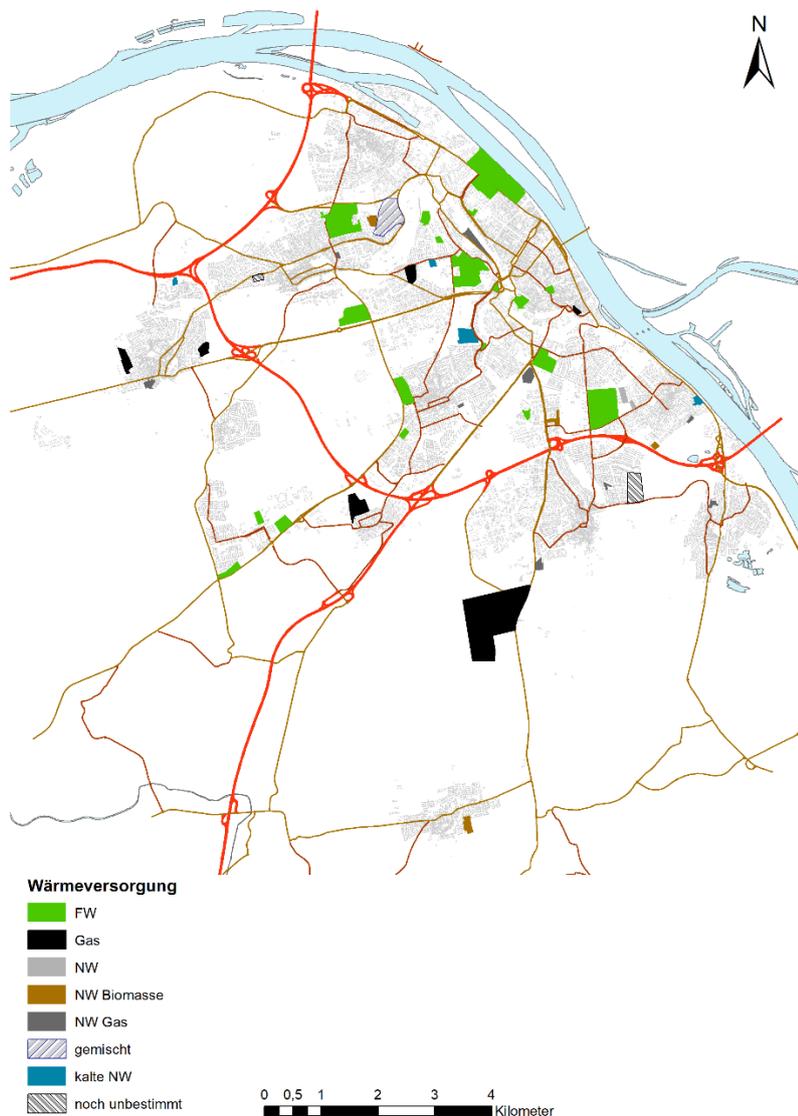


Abbildung 4: Übersichtskarte mit Neubau- und Sanierungsgebieten ab 2010, für die im Wärmeatlas des WMP 1.0 kein Wärmebedarf erfasst wurde.

Eine Tabelle mit allen Neubau- und Sanierungsgebieten, die entsprechende Bebauungsplannummer (soweit zutreffend), Wärmeversorgung und Status befindet sich in Anlage 1.

6.4 Bilanzierung der Treibhausgasemissionen

Ein wesentlicher Aspekt im Hinblick auf die städtischen Klimaschutzziele sind die Treibhausgasemissionen. Im Rahmen des Wärmemasterplans wurden die endenergiebedingten Emissionen, die durch die Wärmeerzeugung entstehen, anhand von Kohlendioxid-Äquivalenten (CO_{2e}) ermittelt. Die Bilanzierungsmethodik legt die vom IFEU-Institut empfohlenen Richtlinien zugrunde³.

³ https://www.ifeu.de/energie/pdf/Bilanzierungsmethodik_IFEU_April_2014.pdf.

Neben Kohlendioxid haben weitere klimaschädliche Emissionen Einfluss auf die Treibhausgasbilanz (z. B. Methan). Um eine umfassende Bilanz erstellen zu können, empfiehlt es sich daher, Emissionsfaktoren zu verwenden, die diese Treibhausgase in Form von CO₂-Äquivalenten (CO_{2e}) berücksichtigen. Die Emissionsfaktoren berücksichtigen weiterhin alle Emissionen, die bei Gewinnung, Umwandlung und Transport des Energieträgers entstehen (Vorkette).

Die Bilanzierung erfolgt auf Basis der im Sanierungsmodell ermittelten Wärmebedarfe für die jeweiligen Stützjahre. Die verwendeten CO_{2e}-Äquivalente sowie die Erläuterung der Berechnungsmethodik sind in Anlage 1 des WMP 1.0 aufgeführt. Die Ergebnisse der Bilanzierung sind ebenfalls in der Wärmetlas-Datenbank enthalten und können somit auch bei weiteren (räumlichen) Analysen herangezogen werden.

Die für das Bezugsjahr 2012 ermittelten CO_{2e}-Emissionen sind nach Energieträger aufgeschlüsselt in Abbildung 5 dargestellt.

CO_{2e}-Emissionen im Wärmesektor in Mainz 2012 (ohne Prozesswärme)

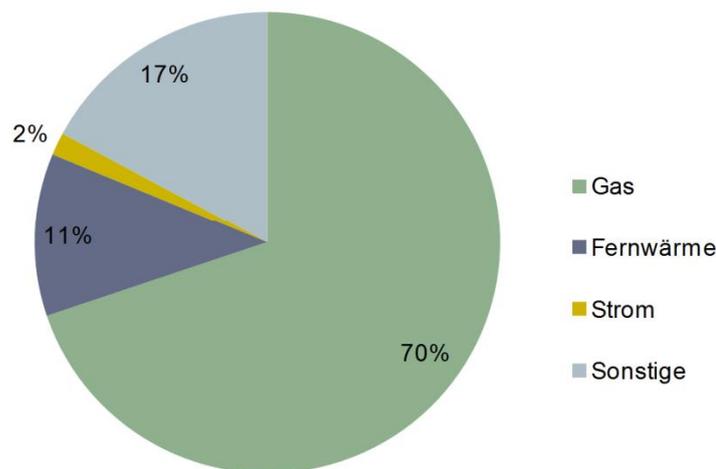


Abbildung 5: Treibhausgasemissionen in CO₂-Äquivalenten für den Bereich Wärme (exkl. Prozesswärme), Bezugsjahr 2012

7. Partizipation der Hauseigentümerinnen und -eigentümer

7.1 Zielstellungen

Die Perspektiven der Hausbesitzer in Bezug auf energetische Sanierungen und die Einführung neuer Heiztechnologien wurden als entscheidend für den Erfolg des WMP 2.0 angesehen. Aus diesem Grund wurden Hauseigentümerinnen und -eigentümer in Phase 1 in den WMP 2.0-Prozess eingebunden. Dies soll dazu dienen, die technisch optimale Machbarkeit an den erwartbaren Präferenzen, Möglichkeiten und Beteiligungsvoraussetzungen der Hauseigentümer zu spiegeln. Die Einbindung ermöglicht auch die Ableitung möglicher notwendiger finanzieller und anderer Unterstützungen, um die Bereitschaft der Mitwirkung der Hauseigentümer zu erhöhen.

7.2 Methodik

Durch das Projektteam wurde beschlossen, dass die sinnvollste Form der Beteiligung, die in dem kurzen Zeitrahmen durchführbar war, eine Reihe von gezielten Interviews mit Interessensgruppen sein würde. Um eine maximale Abdeckung relevanter Erfahrungen mit einem Minimum an Interviews zu erreichen, wurde beschlossen, sich auf Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer mit Immobilien in der Innenstadt zu konzentrieren.

Die relevanten Interessensgruppen lassen sich in fünf allgemeine Gruppen einteilen:

1. große Privateigentümer;
2. öffentliche und städtische Eigentümer;
3. Wohnungseigentümergeinschaften und Eigentümergenossenschaften;
4. Umweltorganisationen und Verbände;
5. Baufirmen.

Einzelne private Eigentümer von Einfamilienhäusern oder Einzelwohnungen wurden nicht kontaktiert, da ihre Meinungen bereits in früheren nationalen Studien untersucht wurden (Georgiev & Rupp, 2018; Weiß et al., 2018; Weiß & Pfeifer, 2020). Es ist nicht zu erwarten, dass sich die Ansichten in Mainz von denen ähnlicher städtischer Gebiete unterscheiden werden. Außerdem vertreten die Umweltorganisationen und Verbände die Interessen der einzelnen privaten Eigentümerinnen und -eigentümer.

Um eine Liste geeigneter Interviewpartnerinnen und -partner zu erhalten, wurden Mitglieder des Projektteams befragt. Vorschläge wurden von der Stadt, MW, MFW und MSW unterbreitet. Insgesamt wurden 20 relevante Organisationen vorgeschlagen und die relevanten Ansprechpartner kontaktiert. Zehn davon erklärten sich bereit, an einem Interview teilzunehmen. Zusammengenommen repräsentieren diese Organisationen insgesamt circa 20.000 Wohnungen in Mainz.

Der mit MSW und Stadt abgestimmte Fragenkatalog wurde auf jede der Interessensgruppen zugeschnitten, um sicherzustellen, dass die Fragen für ihre Situation relevant sind. Dies führte zu einem Satz von vier separaten Fragekatalogen. Die Fragenkataloge sind in Anlage 2 verfügbar.

Die Interviews wurden anhand eines halbstrukturierten Protokolls (Kallio et al., 2016) geführt, bei dem die nachfolgenden Fragen und die allgemeine Richtung des Interviews flexibel waren und auf den Antworten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer basierten.

Es wurden insgesamt 10 Interviews online über Teams mit Aufzeichnung oder per Telefon durchgeführt. An einigen nahmen mehrere Vertreterinnen und Vertreter teil, so dass insgesamt 15 Personen beteiligt waren. Tabelle 3 fasst die Angaben zu den befragten Personen zusammen.

Tabelle 3: Angaben zu Interviews

Interviewnummer	Interessengruppe	Anzahl Wohneinheiten in Mainz	Gruppentyp
1	Private Eigentümer	1.500	Große Unternehmen
2	Umweltorganisationen und Verbände		Kleineigentümer / WEGs
3	Baufirma		Große Unternehmen
4	öffentliche und städtische Eigentümer	11.000	Große Unternehmen
5	öffentliche und städtische Eigentümer	4.000	Große Unternehmen
6	Umweltorganisationen und Verbände		Kleineigentümer / WEGs
7	Wohnungseigentümergeinschaften und Eigentümergenossenschaften	2.500	Kleineigentümer / WEGs
8	Wohnungseigentümergeinschaften und Eigentümergenossenschaften	50	Kleineigentümer / WEGs
9	Umweltorganisationen und Verbände		Kleineigentümer / WEGs
10	Private Eigentümer	500	Große Unternehmen

Wie in Tabelle 3 zu sehen ist, wurden die fünf oben gelistete Arten von Organisationen einbezogen. Diese wurden für die Interviewanalyse in zwei Gruppentypen zusammengefasst: diejenigen, die große Unternehmen repräsentieren, und diejenigen, die Einzelpersonen oder kleine WEGs vertreten. Gemeinsame Themen wurden auf Grundlage der Interviewantworten identifiziert und herausgearbeitet. Hierbei zeigte sich, dass einige Themen für alle Interviewten relevant sind, während andere Themen nur innerhalb eines Gruppentyps relevant sind.

Um die Anonymität der Antworten zu wahren, werden im Folgenden aggregierte Themen vorgestellt. Zur Veranschaulichung bestimmter Standpunkte werden Zitate angeführt.

Abbildung 6 fasst die für den Partizipationsteil des WMP 2.0 angewandte Methodik zusammen.

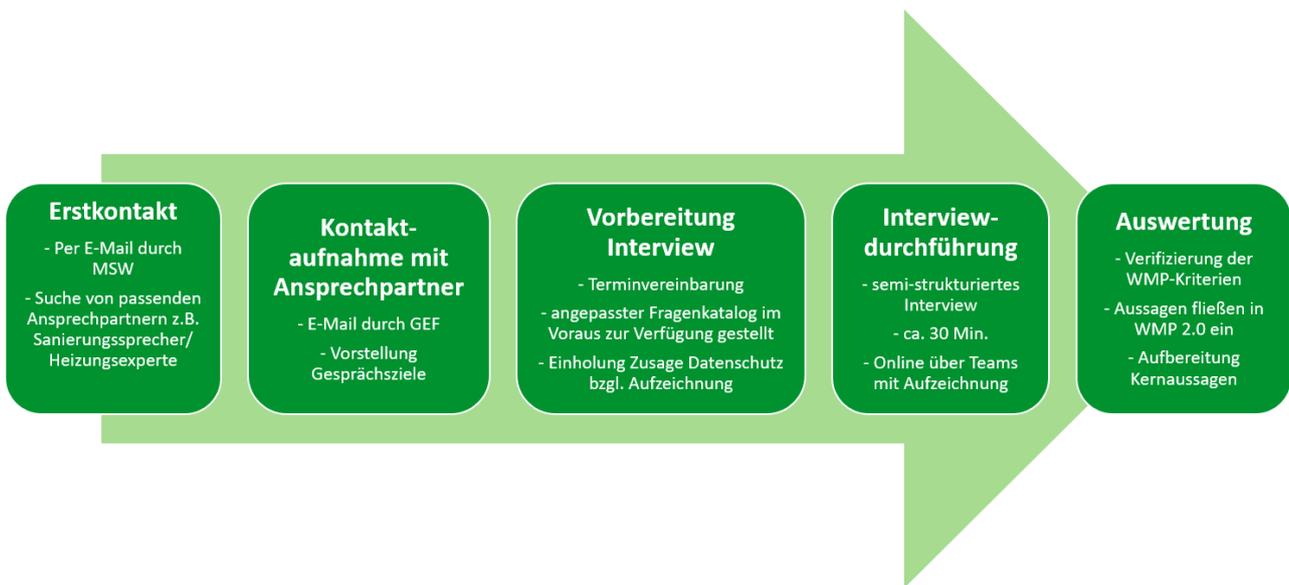


Abbildung 6: Methodik Partizipation

7.3 Ergebnisse der Befragung der Interessenvertreter

7.3.1. Übergreifende Themen

Folgende übergreifende Themen wurden in beiden Gruppentypen festgestellt, ausgewählte Zitate sind in *kursiv* dargestellt:

1. Alle Befragten sind sich der Bedeutung der energetischen Gebäudesanierung bewusst, und dass diese unvermeidbar notwendig ist, um die Klimaziele zu erreichen.
2. Alle Interviewpartnerinnen und -partner zeigten Offenheit gegenüber neuen Technologien und signalisierten Bereitschaft, diese zu erproben, um Erfahrungen zu sammeln.
„Wir wollen alles ausprobieren und wir sind für alles offen.“
3. Der Mangel an Informationen und Verständnis für Heiztechnologien hindert das Energiesparen bei den Endnutzern.

„Den Mieterinnen und Mietern fehlen jegliche Informationen zur Wärmenutzung. Sie wissen nicht mal, was sie für einen Energieträger haben. Jährliche Abrechnungen sind komplett vom Verhalten im Winter entkoppelt.“

„Das Verständnis von Heizungssystemen fehlt, gerade bei Mieterinnen und Mietern mit niedrigem Bildungs- und Einkommenshintergrund.“

Externe Hindernisse für energetische Sanierungen wurden in jedem Interview erwähnt. Übergreifende Themen in dieser Kategorie waren:

1. Die komplizierte und sich ändernde Förderlandschaft verhindert langfristige Planung.
„Kurzfristige Anpassungswellen in Förderrahmen sind problematisch, da Strategien einen langfristigen Planungsverlauf mit Realisierung über 12 Monaten oder länger haben.“

2. Fehlende Handwerker und Fachwissen verhindert Umsetzung.

„Der Mangel an Handwerkern ist tatsächlich eklatant.“

„Wir betreiben eine eigene Werkstatt [...] und durch unser Fachwissen haben wir die Chance, die Heizungsanlagen zu optimieren. Wir stellen aber fest, dass Fremdfirmen bei Notdienst-Einsätzen oder bei Reparaturen mitunter Heizungssysteme negativ beeinflussen, indem sie beispielsweise Heizkurven verstellen...“

Insgesamt zeigten sich alle Interviewpartnerinnen – und -partner besorgt über eine mangelnde Sanierungs-Geschwindigkeit, die auf mehrere Faktoren zurückzuführen ist.

„Wir sind weit davon entfernt, das bis 2045 zu erreichen.“

7.3.2. Themen für Großunternehmen

Die Merkmale des Gruppentyps der Großunternehmen waren:

- Langfristige Sanierungszyklen bis 30 Jahren oder länger, mit Planungszeiträumen von bis zu 2 Jahren.
- Investitionsvolumen über 10.000.000 Euro im Jahr.
- Sachliche Entscheidungen anhand interner Expertise.
- Eigene Klimaziele gesetzt mit CO₂-Bilanz als Leitlinie.
- Bestandsaufnahme für Sanierungsfahrpläne durchgeführt.
- Förderungen werden in Anspruch genommen, wenn vom administrativen Aufwand sinnvoll.
- Kosten werden langfristig von der Mieterin oder dem Mieter getragen; Mietrestriktionen relevant (11% jetzt 8%).

Die Haupthürden für eine energetische Sanierung sind für diese Gruppe die trägen Genehmigungsverfahren:

„Die öffentliche Verwaltung ist manchmal ein Hindernis. Entscheidungen werden im Widerspruch zur Strategie anderer Abteilungen getroffen.“

„Sie haben uns ein halbes Jahr lang hängen lassen und haben dann die Unterlagen nicht mehr gefunden. Das hat zu Folge gehabt, dass die Durchführung über den Bewilligungszeitraum hinten rausgerutscht ist.“

7.3.3. Themen für Kleineigentümerinnen und -eigentümer

Diese Gruppe wies die folgenden gemeinsamen Charakteristika auf:

- Einzelmaßnahmen zur Senkung von Energiekosten.
- Kosten müssen selbst getragen werden.
- Für ältere Eigentümerinnen und -eigentümer ist es häufig nicht bezahlbar.
- Förderanträge sind häufig zu kompliziert und werden nicht in Anspruch genommen.
- Suchen und verlassen sich auf externe Beratung.
- Wünschen sich eine klare Aussage, wann Fernwärme verfügbar sein wird, um damit planen zu können.
- Bei Wohnungseigentümergeinschaften (WEGs) kann der Entscheidungsprozess lange dauern, da das Gremium nur einmal im Jahr zusammentritt.

„Für kleine Vermieter ist es extrem unattraktiv, eine Mietwohnung zu sanieren. Der Vermieter hat wirtschaftlich keine Möglichkeit, einen Mehrerlös zu gewinnen. Während der Renovierung muss er für Ersatzwohnraum bezahlen.“

In dieser Gruppe sind die Hürden die Finanzierung und der Mangel an Fachwissen und Informationen.

7.3.4. Meinungen zu bestimmten Technologien

7.3.4.1. Fernwärme

Viele positive Aspekte der Fernwärme (FW) wurden genannt: sie ist verlässlich, skalierbar, dauerhaft verfügbar, leichter in der Bedienung als dezentral und hat die wenigsten Störungen.

„Aufgrund höherer Vorlauf-Temperaturen, gerade in Altbestand, denkmalgeschützt, da freuen wir uns immer, wenn wir an die FW anbinden können.“

„Ohne FW wird die Wärmewende nicht möglich. In der Innenstadt soll man über eine Satzung [nach]denken mit Anschlusszwang.“

Es zeigt sich aber auch, dass nicht alle Vorteile gut genug bekannt sind. Einzelne Befragte haben kein Vertrauen in die Fernwärme oder möchten nicht von einem einzigen Versorger abhängig sein.

„Wie transparent ist die Preis- und Vertragsgestaltung?“

Offene Fragen zur Wärmeerzeugung stehen im Raum. Die Befragten wussten, dass FW dekarbonisiert sein muss, aber fragten auch wie.

„Ist auch für Kunden wichtig zu wissen, wie die Wärme für FW produziert wird.“

Es zeigte sich, dass eine langfristige öffentliche Bekanntgabe von FW-Ausbaugebieten zur eigenen Planung sehr wichtig ist.

7.3.4.2. Wärmepumpen

Die großen Unternehmen haben viel Erfahrung mit Hybrid-Systemen (häufig WP mit Gas für Spitzenlast) gesammelt. Kompliziertere Systeme werden jetzt eingebaut: Kombinationen aus WP, PV, Erdwärme, usw.

Das größte Problem ist der Mangel an Fachkräften, die eine WP richtig einstellen können.

„Das Problem ist, [dass] eine WP sensibler ist. Wenn ich da meine Kurven nicht richtig im Griff habe, dann läuft es so ineffizient, dass ich es eigentlich gar nicht mehr wirtschaftlich betreiben kann. Wir merken, dass selbst im eigenen Personal das Verständnis gar nicht da ist. Das Schlimme ist, dass das System als schlecht abgetan wird, nach dem Motto ‚funktioniert nicht, es [ist] blöd, brauche ich nicht‘ aber in Wirklichkeit würde es funktionieren, wenn ich es richtig betreibe“

7.4 Einbeziehung aktueller Forschungsergebnisse

In Deutschland wurden detaillierte Untersuchungen mit einzelnen Hausbesitzern durchgeführt, um die Bedingungen zu ermitteln, die energetische Sanierungen wahrscheinlicher machen (Bergmann et al., 2021; Georgiev & Rupp, 2018; Stieß et al., 2010; vom Hofe, 2018; Weiß et al., 2018; Weiß & Pfeifer, 2020). Diese Forschungsergebnisse können in den WMP 2.0 übernommen werden.

Der Entscheidungsfindungsprozess für energetische Sanierungen ist in Abbildung 7 zusammengefasst.

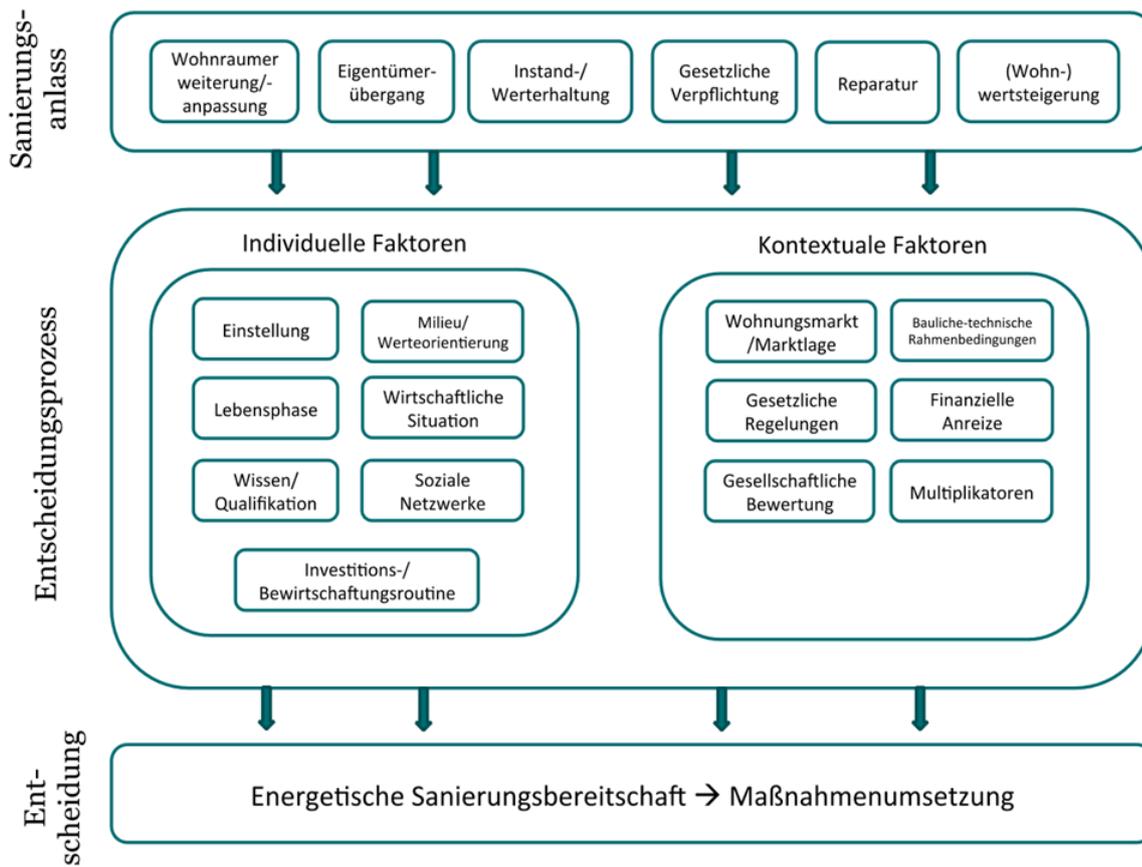


Abbildung 7: Entscheidungsfindungsprozess für energetische Sanierungen (Weiß et al., 2018)

Hier ist zu beachten, dass die Relevanz der einzelnen Anlässe sich zwischen den Eigentümergruppen unterscheidet. In Mainz befinden sich ca. die Hälfte der Gebäude in einer (zumindest teilweisen) Selbstnutzung. Hier gibt es das Problem, die Eigentümerinnen und -eigentümer zu erreichen, denn ihre Motivationen sind meist nicht wirtschaftlich oder ökologisch getrieben.

In Mainz gehören ca. ein Drittel der Gebäude privaten Kleinvermietern. Hier ist es nicht leicht, diese Vermieterinnen und Vermieter mit Informationen und Angeboten zu erreichen. Ihr Hauptmotiv ist, möglichst wenig Aufwand mit den Mieterinnen und Mietern und dem Mietobjekt zu haben.

Dagegen sind ca. 20% der Gebäude im Besitz von professionellen Vermietenden, die von wirtschaftlichen Motiven getrieben sind. Motive hier sind: wenig Aufwand mit Mietobjekten und kalkulierbare Renditen.

Es ist aus der Literatur bekannt, dass Eigenheimbesitzerinnen und -besitzer und private Kleinvermieterinnen und Kleinvermieter selten strategisch und langfristig agieren. In vielen Fällen ist es schwierig, diese vom Wechsel der Heizungsanlage zu überzeugen. Deswegen ist es umso wichtiger, diese durch eine gezielte Kommunikationsstrategie einzufangen und mitzunehmen.

Die bekannten ökonomischen und nicht-ökonomischen Motive und Hemmnisse für Eigenheimbesitzerinnen und -besitzer beim Thema energetische Gebäudesanierung sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Ökonomisch und nicht-ökonomische Motive und Hemmnisse für energetische Sanierungen (Weiß et al., 2018)

	Motive	Hemmnisse
Ökonomisch	<ul style="list-style-type: none"> •Wertsteigerung •Reduzierung Heizkosten 	<ul style="list-style-type: none"> •Unwille weiteren Kredit aufzunehmen •Unsicherheit der Investition
Nicht-ökonomisch	<ul style="list-style-type: none"> •Wohnkomfort •Klimaschutz 	<ul style="list-style-type: none"> •Meinung, das Haus sei in gutem Zustand •Keine Zeit •Angst vor Stress

Viele Themen aus der Literatur wurden auch in den Interviews festgestellt, wie bereits oben erwähnt.

7.4.1. Akzeptanz von Technologien

Viele Studien haben gezeigt, dass die Akzeptanz von Technologien nicht fix ist, sondern von mehreren Faktoren beeinflusst wird. Einige Faktoren liegen außerhalb der Kontrolle der Stadt (z.B. Geographie, Geschichte, Kultur, lokale Firmen). Andere dagegen können durch das Projekt beeinflusst werden (prozedurale Gerechtigkeit, Vertrauen, Beteiligung in Entscheidungsprozesse).

Es wurde festgestellt, dass eine neue Lösung akzeptiert wird, wenn sie als nützlich, angemessen und erschwinglich empfunden wird, Vertrauen schafft und auf faire Weise umgesetzt wird (Heiskanen et al., 2014; Sunhorizon, 2020; Wolsink, 2007; Wüstenhagen et al., 2007).

„Es ist deshalb für Promotoren einer Innovation mit großer Tragweite von entscheidender Bedeutung, dass schon bei der Bekanntmachung der Innovation möglichst positive Eindrücke vermittelt werden.“ (Artho, 2008)

Speziell für Wärmepumpen kam eine kürzlich durchgeführte Studie zu dem Schluss, dass das Haupthindernis für die Akzeptanz der Technologie der Mangel an Informationen über diese Technik ist (Palomba et al., 2022). Es wurde festgestellt, dass die Zufriedenheit mit der Technologie steigt, wenn die Menschen lernen, wie sie funktioniert. Die Autoren fanden heraus, dass in jedem Gebäude, in dem diese Technologie eingeführt wurde, die Bewohner zufrieden waren.

Was die Fernwärme betrifft, so ist eine positive Imagebildung der leitungsgebundenen Wärme wichtig. Es hat sich gezeigt, dass die Entscheidung für den Anschluss an ein Wärmenetz auf der allgemeinen Akzeptanz und dem persönlichen Engagement der Initiatoren beruht. Diese reduzieren Ängste und Vorurteile und schaffen Vertrauen (Clausen et al., 2012; Deffner, 2010). „Die Förderung der Akzeptanz und der Nutzung lokaler Nahwärmesysteme wird als Kommunikationsprozess interpretiert.“ (Böhnisch et al., 2006)

Abbildung 8 zeigt ein schematisches Diagramm, das die wichtigsten Faktoren zur Erreichung der Akzeptanz veranschaulicht.

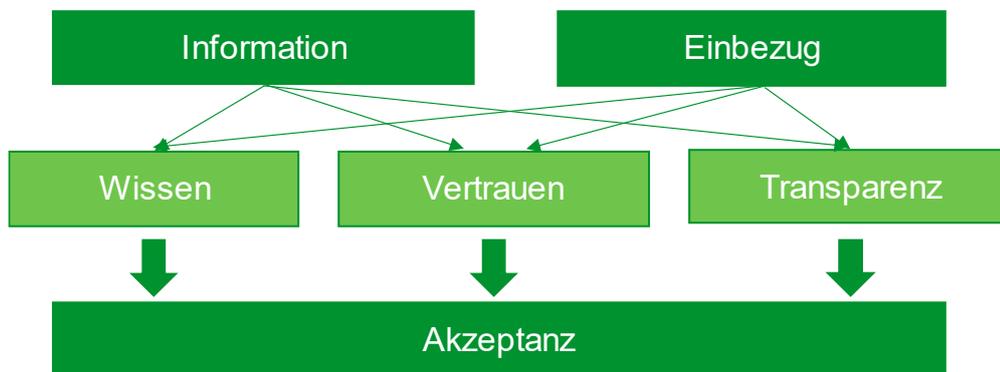


Abbildung 8: Der Weg zu Akzeptanz (Borg, 2020; Kluge & Ziefle, 2016)

7.5 Identifizierte Handlungsfelder

Auf der Grundlage der Interviews und unter Einbeziehung der einschlägigen Literatur wurden in diesem Teil des Projekts 4 Empfehlungen für die Stadt Mainz erarbeitet. Von jeder dieser Empfehlungen wird erwartet, dass sie bei relativ geringen Kosten zu einer Verbesserung der Wärmeeffizienz führt.

1. Beratung durch Heizungsexperte ermöglichen. Diese können vor Ort Mieterinnen und Mietern sowie Kleingewerbetreibenden zeigen, wie die Heizungen am effizientesten funktionieren.

„Wenn du die Mieter mitnehmen kannst, kannst du unglaublich schnell sehr viel Energie sparen. Und das, ohne viel zu tun, sondern nur, um die Menschen in der Nutzung zu beeinflussen. Das wäre super investiertes Geld.“

2. Neue Technologien umsetzen und die Erfahrungen veröffentlichen.

„Die Stadt sollte in Vorleistung gehen – state-of-the-art Lösungen umsetzen und darüber reden.“

3. Förderung der Ausbildung von Wärmepumpen-Installateuren und -installateurinnen

„Man ist Heizungsbauer oder man ist Elektriker. Aber diese Symbiose von beiden, und das braucht man gerade im Bereich WP, das gibt es selten.“

4. Fachtagungen für Heizungsexperten veranstalten.

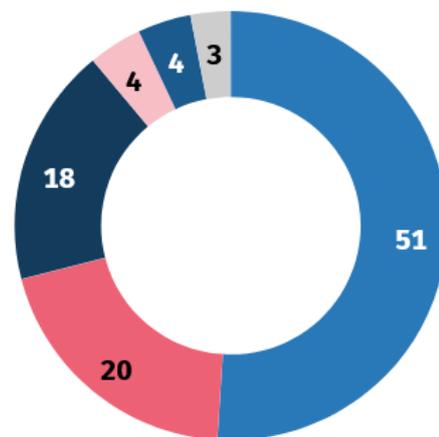
„Wäre schön, wenn die Expertinnen und Experten sich treffen würden. Jeder baut an seinen eigenen Projekten, jeder schraubt seine Stellschrauben. Wenn alle zusammenarbeiten, können sie an einem Strang ziehen – zum Beispiel beim Thema kaltes NW-Netz.“

8. Technologieanalyse

Auf dem Markt in Deutschland sind für die Wärmebereitstellung unterschiedliche Technologieoptionen verfügbar. Im Bestand wird noch zu über 70 % mit fossilen Brennstoffen geheizt, wobei fast 50 % der Heizungen Gasheizungen sind (Abbildung 9). Der Anteil der Fernwärme ist mit 18 % fast so hoch wie der Anteil der Öl-Heizungen (20 %).

Zum Heizen primär verwendete Energieträger 1. Halbjahr 2022

Anteil der Haushalte in %
Haushalte insgesamt 38 Millionen



■ Gas ■ Heizöl ■ Fernwärme ■ Strom ■ Holz/Holzpellets ■ Sonstige

Vorabauswertung Mikrozensus.

© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2023

Abbildung 9: Primärenergiequellen für Heizung (Statistisches Bundesamt, 2023)

Laut der Vorabauswertung des Statistischen Bundesamtes zum Mikrozensus nutzten lediglich 3 % der Haushalte erneuerbare Energien wie Biomasse, Solarenergie oder Erdwärme zum Heizen. Fernwärme nutzten 18 % der Haushalte zur Heizung, 4 % betrieben ihre Heizung mit Strom und weitere rund 4 % gaben an, Holz oder Holzpellets zum Heizen zu nutzen.⁴ Ohne Kenntnis der Systematik der Befragung und der Auswertungen im Einzelnen, lässt sich weder beurteilen, wie die erneuerbaren Anteile sich etwa bei Geothermie und Umgebungswärme auf die Kategorien „Strom“ und „Sonstiges“ verteilen noch wie hoch der Anteil von Wärmepumpenheizungen und Strom-direktheizungen in der Kategorie „Strom“ jeweils ist.

Bei im Jahr 2021 fertiggestellten Wohngebäuden waren erstmals mehr als die Hälfte der eingebauten Heizungen Wärmepumpen.⁵

Die Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer sowie Planer können jedoch nur selten zwischen allen diesen Technologien frei wählen. Fernwärmenetze gibt es nicht überall und in Städten und Gemeinden, in denen Fernwärmenetze grundsätzlich vorhanden sind, ist in der Regel weder das gesamte Stadt- oder Ortsgebiet mit dem

⁴ Statistisches Bundesamt, Pressemitteilung Nr. N 071 vom 19. Dezember 2022

⁵ Statistisches Bundesamt, Pressemitteilung Nr. 226 vom 2. Juni 2022

Fernwärmenetz erschlossen, noch kann sich nach den Bedingungen des jeweiligen Versorgers jeder, der das möchte, an die Fernwärme anschließen. Zudem müssen Gesetze und Verordnungen sowohl des Bundes und der Länder als auch Bebauungspläne, Verordnungen und ggf. weitere Satzungen der Kommunen eingehalten werden.

Um die Zielvorgaben des KSGs zur Verringerung der Treibhausgase zu erreichen, ergibt sich für den Wärmemarkt, dass es in kurzer Zeit eine radikale Abkehr von der Verfeuerung fossiler Brennstoffe geben muss. Sowohl der energierechtliche Rahmen auf Bundesebene als auch auf Länderebene werden dem noch nicht gerecht. Vieles ist hier im Umbruch aber noch keineswegs abschließend geklärt. Als Beispiel seien hier nur ein verbindlicher und klarer Rechtsrahmen als Grundlage für die kommunale Wärmeplanung und die ausstehende Novelle des Gebäudeenergie-Gesetzes genannt.

An die Entscheidung für eine der im Wettbewerb stehenden Heizungsarten ist der Betreiber langfristig, in der Regel mindestens 20 Jahre, gebunden. Daher muss solch eine Entscheidung gründlich unter unterschiedlichen Aspekten abgewogen werden. Die Veränderung des Wärmemarktes hat auf Seiten der Betreiber der Wärme-, Gas- und Stromnetze noch längerfristige Konsequenzen. Ein großflächiger Ersatz von fossil befeuerten Heizungen durch Wärmepumpen im Bestand erfordert großflächige Kapazitätserweiterungen der elektrischen Verteilnetze. Gleichzeitig geht die Auslastung der Gasnetze zurück, die aber für eine relativ lange Übergangszeit noch vorgehalten werden müssen. Parallel dazu muss eine unwirtschaftliche Parallelversorgung von Gebieten mit Gas und Fernwärme vermieden werden. Derzeit fehlt der gesetzliche Rahmen, der es den Gasnetzbetreibern erlauben würde, den Betrieb von Netzen einstellen zu können, wenn ein wirtschaftlicher Weiterbetrieb nicht mehr gegeben ist.

Bei aller noch bestehenden Rechtsunsicherheit in vielen Detailfragen können im Rahmen des WMP 2.0 nur Technologien als Lösungsoptionen empfohlen werden, die mittel- bis langfristig zur Treibhausgasneutralität führen.

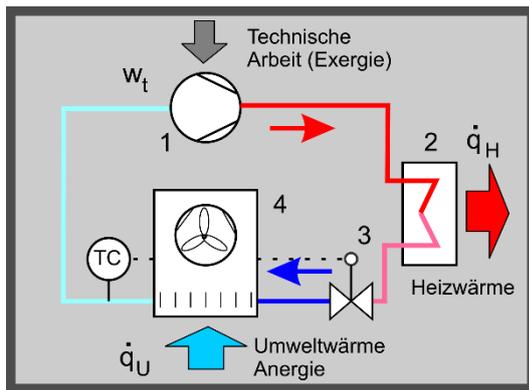
8.1 Diskussion Technologien als Lösungsoptionen

8.1.1. Technologien als Lösungsoptionen

Im Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung war bereits festgelegt worden, dass ab 2025 nur neue Heizungen einzubauen sind, bei denen mindestens 65% der eingesetzten Energie aus erneuerbaren Quellen stammt. In dem später vom BMWK vorgelegten Referentenentwurf stand inhaltlich nichts substantiell anderes. Die wesentliche Änderung im Referentenentwurf besteht im Vorziehen des Termins auf das Jahr 2024.

8.1.1.1. Wärmepumpen

Bei Ein- und Zweifamilienhäusern kommen als Alternative zu klassischen Heizöl- und Gaskesseln grundsätzlich Luft- und Erdwärmepumpen in Betracht. In Anbetracht der Mehrinvestitionen und dem Aufwand für Genehmigungsverfahren, für Erdsondenbohrungen für Erdwärmepumpen usw., werden voraussichtlich im unteren Leistungsbereich Luftwärmepumpen bevorzugt werden. Wärmepumpen funktionieren nach dem umgekehrten Prinzip eines Kühlschranks, in dem sie der Umgebungsluft oder dem Erdreich Wärme entziehen, damit eine Flüssigkeit bei niedrigem Druck zum Verdampfen bringen und dieses Gas durch mechanische Pumpenkompression auf ein deutlich höheres Temperaturniveau bringen und zur Raumheizung nutzbar machen. Ein Fließbild einer Wärmepumpe ist in Abbildung 10 zu sehen.



R+I-Fließbild einer Kompressionswärmepumpe und Darstellung der Wärme- und Exergieströme:

- 1) Kompressor,
- 2) Verflüssiger (Kondensator),
- 3) Drossel (thermostatisches Expansionsventil),
- 4) Verdampfer

Dunkelrot: Gasförmig, hoher Druck, sehr warm

Rosa: Flüssig, hoher Druck, warm

Blau: Flüssig, niedriger Druck, sehr kalt

Hellblau: Gasförmig, niedriger Druck, kalt

Abbildung 10: R+I-Fließbild einer Kompressionswärmepumpe und Darstellung der Wärme- und Exergieströme.⁶

Die zwei wichtigsten technischen Kenngrößen für Wärmepumpen sind

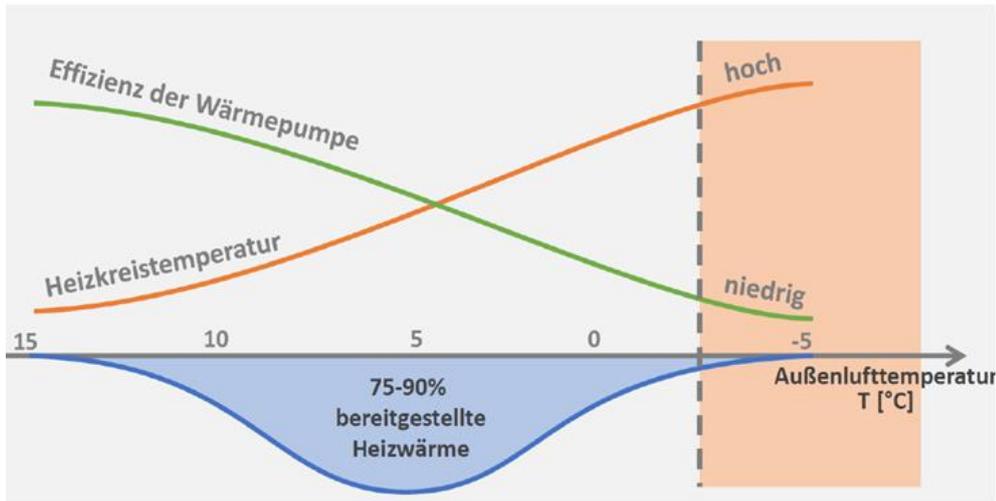
- COP, die sogenannte Leistungszahl ist das Verhältnis von erzeugter Wärmeleistung zur eingesetzten elektrischen Leistung. Grundsätzlich gilt hier:
 - Je niedriger die Vorlauftemperatur der Heizverteilung im Gebäude, desto höher der COP.
 - Je höher die Umwelttemperatur (z.B. Außentemperatur) desto höher der COP
- JAZ, die Jahresarbeitszahl ist das Verhältnis der in einem Jahr erzeugten Wärme zur eingesetzten elektrischen Antriebsenergie. Grundsätzlich gilt hier:
 - Je niedriger die Vorlauftemperatur der Heizverteilung im Gebäude, desto höher die JAZ.

Die Temperaturabhängigkeit der Effizienz ist in

Abbildung 11 dargestellt. Grundsätzlich gilt: Je niedriger die Außentemperatur (horizontale Achse), desto höher ist die Heizkreistemperatur (orange Linie) und desto geringer ist der Wirkungsgrad der Wärmepumpe (grüne Linie). Entscheidend für den durchschnittlichen Wirkungsgrad ist, bei welchen Temperaturen die meiste Wärme bereitgestellt wird (blauer Bereich). Laut Fraunhofer ISE Studie wird 75-90 % der benötigten Wärme bei gemäßigten Außentemperaturen bereitgestellt (Günther et al., 2020). Die erforderlichen Vorlauftemperaturen sind nicht sehr hoch, was zu guten Wirkungsgraden führt.

⁶ <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WP-%C3%9Cbersicht.png>

Effizienz Wärmepumpe



Quelle: Fraunhofer ISE: Focus Wärmepumpen

© 2022 Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH | Alle Rechte vorbehalten.

7

Abbildung 11: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außentemperatur, Heizkreistemperatur und Effizienz mit Darstellung der insgesamt erzeugten Wärme⁷

Bei der Nutzung von Erdwärme als Wärmequelle liegen die Temperaturen bereits oftmals in einer Tiefe von ein bis zwei Metern unter der Erdoberfläche ganzjährig konstant in einer Größenordnung von +10° C. Darum bricht der COP bei Erdwärmepumpen bei sehr niedrigen Außentemperaturen nur in sehr viel geringerem Maße ein als bei Wärmepumpen, die Luft als Wärmequelle nutzen (vgl. Abbildung 11).

Die Luft-Wasser-Wärmepumpe im nachfolgenden Beispiel mit einer elektrischen Leistung von 4 kW liefert bei der Auslegungstemperatur von -12 °C für Mainz noch rund 11 kW Wärmeleistung.

Um eine Heizlast von 13 kW bei -12 °C abdecken zu können, müssten zusätzlich rd. 2 kW mit einem elektrischen Heizstab hinzugeheizt werden. Die elektrische Leistungsaufnahme von Wärmepumpe mit ca. 4 kW und Heizstab mit ca. 2 kW beträgt dann zusammen rund 6 kW.

⁷ <https://blog.innovation4e.de/2021/02/17/waermepumpen-im-bestand-folge-2-koennen-sie-ueberhaupt-ausreichend-hohe-heizkreistemperaturen-liefern/>

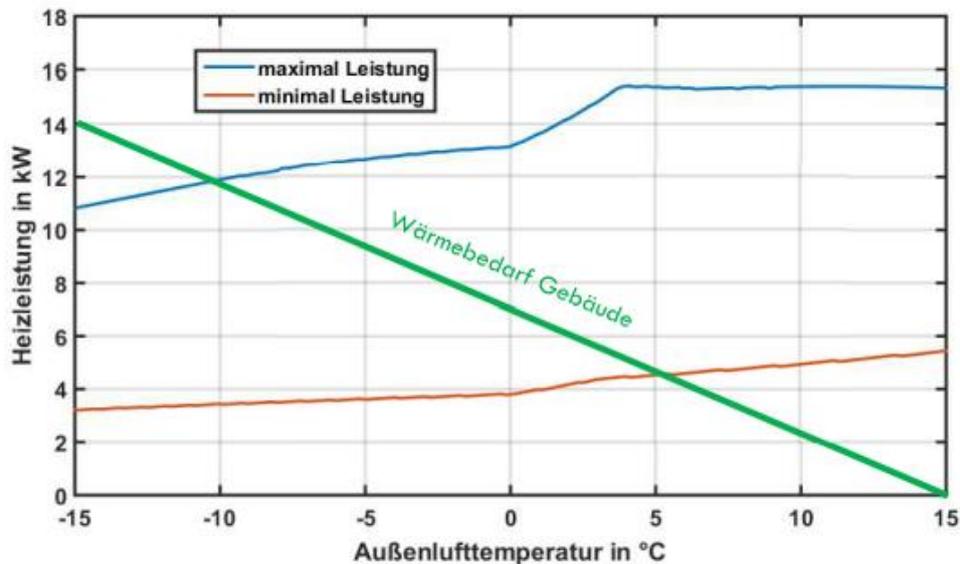


Abbildung 12: Wärmepumpenleistung einer sehr effizienten Wärmepumpe und Wärmebedarf eines Gebäudes in Abhängigkeit von der Außentemperatur.⁸

Die oben dargestellte Wärmepumpe (Abbildung 12) zählt mit zu den effizientesten Luft-Wasserwärmepumpen auf dem Markt und markiert somit den aktuellen Stand der Technik mit COP ca. 5. Die blaue und die orangen Linien zeigen die maximale bzw. minimale Leistungen dieser Wärmepumpe bei unterschiedlichen Außentemperaturen. Die standardmäßig angebotenen Wärmepumpen mit R290 als Kältemittel haben laut Datenblatt einen COP von etwas über 3 bei -7° C Außentemperatur und 35 °C Vorlauftemperatur und liegen damit in einer Größenordnung von ca. 25% unter dem Wert der obigen Wärmepumpe. Für die Mehrzahl der marktverfügbaren Luftwärmepumpen ist bei -12 °C also derzeit noch eher von 2/3 bis einfacher Stromaufnahme relativ zur Heizlast auszugehen.

Die meisten Luft-Wärmepumpen sind monoenergetisch ausgelegt, d. h. bis zum ausgelegten Bivalenzpunkt, der beispielsweise bei -8 °C liegt, heizt die Wärmepumpe allein, bei noch kälteren Außentemperaturen kommt in der Regel zusätzlich ein elektrischer Heizstab zum Einsatz.

Jahresarbeitszahlen von ca. 3 sind für die heute gängigen Luftwärmepumpen jedoch keine Utopie (Günther et al., 2020). Für den Einsatz von Wärmepumpen sind die Gebäude idealerweise gut gedämmt und haben eine Flächenheizung bzw. möglichst große Heizkörperoberflächen, damit die Vorlauftemperatur möglichst niedrig gehalten werden kann. Die gängigste Form der Flächenheizung ist die Fußbodenheizung. Nachteilig dabei ist, dass eine Fußbodenheizung nicht mit allen Fußbodenoberflächen gut funktioniert und grundsätzlich sehr träge ist. Flächenheizungen geben die Wärme nicht durch Konvektion, sondern als Strahlung an den Raum ab. Darum können Flächenheizungen grundsätzlich auch als Wandflächen- oder Deckenheizungen realisiert werden.

Für den Einsatz von Wärmepumpen ist es jedoch nicht zwingend erforderlich, dass die Gebäude sehr gut gedämmt sind und über eine Fußbodenheizung o. ä. verfügen, wenn die Heizkörper im Gebäude groß genug sind. Die Heizkörperflächen sollten relativ zur Heizlast so groß sein, dass auch bei sehr niedrigen Außentemperaturen mit Vorlauftemperaturen von max. 55 °C gefahren werden kann und über die gesamte Heizperiode im Mittel deutlich niedrigere Vorlauftemperaturen möglich sind. Diese Voraussetzungen sind bei Bestandsgebäuden sehr häufig gegeben oder mit relativ geringem Investitionsaufwand realisierbar.

⁸ <https://lambda-wp.at/wp-content/uploads/2020/12/Info-Brosch%C3%BCre.pdf>

Eine messtechnische Auswertung des Fraunhofer ISE von 266 Wärmepumpen im Bestand erbrachte als Ergebnis, dass auch die meisten Systeme in Altbauten und Heizkörpern bei richtiger Auslegung auf gute Jahresarbeitszahlen in der Größenordnung von 3 kommen und selbst bei allen 117 messtechnisch ausgewerteten Luftwärmepumpen der Heizstabeinsatz im Durchschnitt der Heizperiode nur bei 2,8 % lag (Abbildung 13).



Abbildung 13: Zusammenhang Heizstab- und Wärmepumpeneinsatz⁹

Die Messung zeigen ferner, dass die meisten Luft-WP an kalten Wintertagen noch mit einem COP > 1,5 betrieben werden können und das auch in Gebäuden, bei denen die Heizverteilung ausschließlich über Radiatoren erfolgt (Günther et al., 2020).

Für die verbleibenden Gebäude, bei denen die Wärmepumpeneignung weder durch geringinvestive Maßnahmen, wie beispielsweise den Tausch einiger kleinerer Heizkörper gegen größere Heizkörper, noch durch wirtschaftlich sinnvolle Verbesserungen an der energetischen Qualität der Gebäudehülle erreicht werden kann, besteht die Möglichkeit, eine Hybrid-Heizung einzubauen. Diese könnte aus einem Gaskessel zur Deckung der Spitzenlast und einer Wärmepumpe zur Deckung der Grund- und Mittellast bzw. zur Deckung von mindestens 65% des jährlichen Wärmebedarfs bestehen. Nachteilig für den Betreiber ist, dass er Investitionen und Instandhaltungsaufwendungen sowohl für den Gaskessel als auch die Wärmepumpe zu tragen hat.

Auch Luftwärmepumpen im Bestand können bei grundsätzlicher Eignung des Gebäudes und richtiger Auslegung rund $\frac{3}{4}$ des jährlichen Wärmebedarfs aus Umgebungswärme decken. Erfolgt die Bereitstellung der elektrischen Antriebsenergie vollständig aus Wind- und Solarstrom, würden 100 % der Wärme aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt. Die technischen und wirtschaftlichen Potenziale für Wind- und Solarstromanlagen in Deutschland reichen grundsätzlich für einen Großteil des elektrischen Jahresenergiebedarfs für Wärmepumpen und die Elektrifizierung der Mobilität aus. Eine große Herausforderung bezüglich der Energiebereitstellung wird sein, diese Potenziale für eine schnelle und wirksame Umsetzung des KSGs innerhalb der nächsten zwei Jahrzehnte zu erschließen. In Mainz gibt es ein großes, noch nicht erschlossenes Potenzial für Solaranlagen.

Die viel größere Herausforderung ist es jedoch, die zeitgleich erforderliche elektrische Leistung jederzeit zu sichern, also auch zu den Tagen und Wochen im Jahr, zu denen die Wind- und Solarstromleistung gegen Null geht und es gleichzeitig sehr kalt ist. Diese Phasen nennt man in der Stromversorgung "kalte Dunkelflaute". D.h. die nicht von Wind- und Solarstrom abgedeckte Residuallast der Stromversorgung muss durch Stromerzeugungsanlagen mit gesicherter Leistung gedeckt werden. Typischerweise werden das vor allem Gas- und Gas- und Dampfturbinenkraftwerke (GUD) sein, die perspektivisch mit Wasserstoff oder mit biogenen Gasen betrieben werden.

⁹ <https://blog.innovation4e.de/2021/03/10/wie-stark-verringert-der-einsatz-eines-heizstabs-die-effizienz-von-waermepumpen/>

Auch die Verteilnetze müssen über alle Spannungsebenen für diese "kalten Dunkelflauten" ausgelegt werden. Dies bedeutet eine deutliche Erhöhung der bestehenden Übertragungs- und Verteilkapazitäten. Wenn es sehr kalt ist, ist die Heizlast in den Gebäuden bei hoher Gleichzeitigkeit nämlich sehr hoch. Gleichzeitig ist der COP der Wärmepumpen niedrig und eine Zusatzheizung durch elektrische Heizstäbe könnte dann erforderlich werden. Die elektrischen Verteilnetze der Mainzer Netze GmbH (MN) werden insbesondere in Gebieten, in denen Wärmepumpen die vorrangige Wärmequelle in Bestandsgebäuden werden sollen, durch Aufstellung zusätzlicher Trafostationen und durch Verlegung zusätzlicher Niederspannungskabel verstärkt werden müssen.

Zudem sind viele Wärmepumpen technisch auch zum Kühlen geeignet. Dafür kann der Heizkreis im Sommer grundsätzlich zum Kühlen verwendet werden. Dabei ist jedoch auf Kondensatvermeidung/-abführung zu achten. Am besten geeignet sind auch hier Flächenheizverteilungen, normale Heizkörper wegen des Kondensatanfalls dagegen eher nicht. Dem Komfortgewinn durch Nutzung der aktiven Kühlfunktion der Wärmepumpe steht entsprechend ein höherer Strombedarf gegenüber. Dieser wird im Sommer durch dezentrale Photovoltaik-Kapazitäten gedeckt werden können, da Kühlen und Solarstromerzeugung besser zeitlich korrelieren als Heizen und Solarstromerzeugung.

8.1.1.2. Holzpelletkessel

Der Markt für Holzpellet-Heizungen ist im Verhältnis zu anderen Heiztechniken ein Nischenmarkt geblieben. Dennoch existiert ein breites Angebot an Kesseln mit moderner Feuerungstechnik, Steuerung und standardisierter Brennstofflager und -transportsystemen für die Kesselbeschickung. Die Nachfrage kann gut durch das Angebot gedeckt werden.

Wie unter Ziffer 8.2.1 und im Technologiesteckbrief näher ausgeführt wird, werden Pellets überwiegend aus Sägenebenenprodukten oder Koppelprodukten aus der heimischen Forstwirtschaft gepresst. In den bisher bereitgestellten Mengen sind Pellets ein nachhaltiger ökologischer Brennstoff. Die energetische Verwertung von Holz und Anbaubiomasse sind jedoch nur sehr begrenzt nach oben skalierbar, wenn man hohe Maßstäbe an Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit anlegt. Darum wird die energetische Nutzung von Biomasse grundsätzlich zurecht und auf Anraten von Wissenschaftlern nur begrenzt zur Energietransformation in unterschiedlichen Sektoren zugelassen und gefördert.

Der überwiegende Teil der energetischen Holznutzung findet jedoch immer noch in Form von Einzelraumöfen und Scheitholz statt. Häufig sind hier die Wirkungsgrade gering und die Staubemissionen hoch. Eine Regelbarkeit der Öfen ist allenfalls über eine Variation der Größe der aufgelegten Holzscheite und manuell bedienbarer Luftklappen gegeben. In Räumen von wärmegeprägten Gebäuden kommt es zumeist sehr schnell zu einer Überhitzung des Aufstellraumes. Der Überhitzung kann einzig durch Öffnen der Fenster begegnet werden. Außerhalb von sehr ländlichen Gebieten, wo der Brennstoff buchstäblich vor der Haustür per extensiver Forstwirtschaft „geerntet“ werden kann, sind Scheitholzöfen darum eher unter „Schöner Wohnen“ als unter einer zielgerichteten Wärmebereitstellung einzuordnen.

Holzpellet-Zentralheizungen nutzen den Brennstoff heute jedoch sehr effektiv und stellen eine vollwertige Heizungsalternative dar. Die Verbrennungstechnik entspricht zumeist dem Stand der Technik. Trotz der grundsätzlichen Begrenztheit der nachhaltigen nutzbaren Potenziale, besteht in Deutschland noch ein ungenutztes Potenzial für nachhaltige Holzpelletherstellung, so dass Holzpelletsheizungen zwar nur einen kleinen Teil zur Energietransformation beitragen, als Nischentechnik aber durchaus ihre Berechtigung haben können. Sie kommen insbesondere in verdichteten Ortskernen in Betracht, insbesondere wenn dort weder ein EE-Gasnetz noch Fernwärme als Option zur Verfügung stehen und Wärmepumpen aus unterschiedlichen technischen Gründen schlecht geeignet sind. Hinreichend große und gut zu belüftende Kellerräume oder die Möglichkeit, ein Holzpellet-Silo im Außenbereich aufstellen zu können, sind jedoch Voraussetzung.

8.1.1.3. H₂-ready-Kessel

Erneuerbare Gase und e-Fuels, also grüner Wasserstoff und dessen Derivate, bleiben höchstwahrscheinlich noch längere Zeit ein knappes Gut (Clausen, 2022). Die Erzeugungs- und Kostensenkungspotenziale für grünen Wasserstoff in Deutschland reichen bei weitem nicht aus, um den inländischen Bedarf zu decken. Es müssen also gezielt an sehr sonnenreichen oder windhöffigen Gebieten auf der Welt große Produktionskapazitäten für grünen Wasserstoff geschaffen werden. Die höchste Priorität bei derzeit bekannten Projekten für eine Wasserstoffinfrastruktur zielt darauf ab, die großen Industriezentren mit den Überseehäfen zu verbinden, um baldmöglichst eine Option für die Dekarbonisierung der Industrie zu schaffen (Wietschel et al., 2021, 2022). Weitere Anwendungen folgen in der Priorisierung, beispielsweise die Dekarbonisierung des Flugverkehrs, Schiffsverkehrs und des nicht schienengebundenen Schwerlastfernverkehrs und die Bereitstellung der Dunkelreserve für die Stromversorgung oder für die Spitzenabdeckung der Fernwärmeversorgung. Ob, wann und in welchem Mischungsverhältnis die Einspeisung von H₂ in Gasverteilnetze und dessen Verwendung in dezentralen H₂-Heizkesseln möglich sein wird, ist derzeit noch offen (Gerhardt et al., 2020). Ob eine H₂-Privilegierung der zentralen Fernwärmeversorgungssysteme gegenüber dezentralen H₂-Heizungssystemen mit einer hohen Zahl von Heizgas-Bestandskunden gewünscht ist, muss noch politisch diskutiert und entschieden werden. Für die gesamte Erzeugungs- und Transportkette von importiertem grünem Wasserstoff kann man einen Gesamtwirkungsgrad in der Größenordnung von 50 % annehmen. Bei einer H₂-Erzeugung aus temporären Solar- und Windstromüberschüssen in Europa mit direkter Einspeisung in geeignete Gastnetze sind auch Wirkungsgrade in der Größenordnung um 70% möglich. Gemäß aktueller Studienlage wird aber, gemessen am Bedarf für grünem Wasserstoff in Deutschland, eine hohe Importabhängigkeit erwartet.

Zum Vergleich:

- Um mit einer Wärmepumpe mit Jahresarbeitszahl 3 eine Wärmemenge von 3 kWh zu erzeugen, wird 1 kWh elektrischer Antriebsstrom benötigt.
- Um mit einem hocheffizienten H₂-Gaskessel dieselbe Wärmemenge von 3 kWh zu erzeugen, wird unter Vernachlässigung der Kesselverluste ein H₂-Brennstoffäquivalent von 3 kWh benötigt. Um den Wasserstoff zu erzeugen und für den Transport zu verflüssigen, müssen rund 6 kWh elektrische Energie aufgewendet werden.
- ⇒ Die direkte Nutzung von Solar- und Windstrom für die Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpe ist gegenüber der Wärmeerzeugung im H₂-Kessel mit importiertem Wasserstoff um Faktor 6 effizienter
- ⇒ Wie oben bereits erwähnt ist aber der große Vorteil von grünem Wasserstoff, dass damit die Wärme- und Stromerzeugung gesichert werden kann, wenn weder die Sonne scheint noch der Wind weht („Dunkelflaute“).

Man sollte darum in weiteren vertieften Planungen den Einsatz von Wasserstoff als Heizgas auf solche Gebiete fokussieren, wo Alternativen nur schlecht funktionieren oder mit unverhältnismäßigem Aufwand bereitgestellt werden können. Beispielsweise in Gebieten, in denen einerseits relativ neue, intakte und nutzbare Gasnetzstrukturen vorhanden sind, andererseits aber eine hohe Heterogenität der vorherrschenden Gebäudestruktur besteht. Oder dort, wo die Platzverhältnisse in und um die Gebäude sowie im öffentlichen Straßenraum etc. sehr beengt sind. Zudem bieten sich H₂-ready-Kessel als Spitzenlastkessel in großen Mehrfamilienhausstrukturen oder Nahwärmenetzen an, z.B. zur bivalenten Versorgung gemeinsam mit Luft- oder Erdwärmepumpen. Voraussetzung hierzu ist, wie eingangs geschrieben, die grundsätzliche Möglichkeit einer H₂-Versorgung bzw. die Verfügbarkeit von Wasserstoff.

8.1.1.4. Wärmepumpen-Hybridheizung

In den bisher diskutierten Versionen für die Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) (Stand Juni 2023) sind Hybridheizungen bestehend aus einer Wärmepumpe und einem Gas- oder Heizölkessel mit einer gemeinsamen Regelung und Steuerung als Erfüllungsoption zulässig, sofern sich damit in der Jahresbilanz ein Einsatz von 65% erneuerbaren Energien für die Wärmebereitstellung erreichen lässt. Der Nachweis kann durch eine „zugelassene Person“ (z.B.: Gebäudeenergieberater) erfolgen. Außerdem werden im Gesetz technische Mindestanforderungen definiert, bei deren Einhaltung die Bedingung 65% erneuerbare Energien ohne weiteren Nachweis als erfüllt gilt.

Über das Jahr soll dabei ein möglichst großer Teil der Wärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden. Der Gaskessel soll nur dann einspringen, wenn es so kalt ist, dass die Leistung der Wärmepumpe nicht mehr ausreichend ist, um die Heizlast zu decken. Idealerweise ist der Gaskessel „H₂-ready“, so dass er mit Wasserstoff befeuert werden kann, sobald dieser verfügbar ist.

Eine quantitative Bewertung der Wärmepumpen-Gas-Hybridheizung wurde für diesen Bericht nicht vorgenommen. Nachteilig an Hybrid-Heizung ist aus Sicht der Heizungsbetreiber, dass in eine Wärmepumpe und einen Gaskessel investiert werden muss und beide instand zu halten sind. Bei Einfamilienhäusern sollte vor einer Investitionsentscheidung in jedem Falle geprüft werden, ob die Mehrinvestitionen, die für eine Hybridanlage gegenüber einer einfachen Wärmepumpe anfallen, nicht sinnvoller für Dämmmaßnahmen oder eine Vergrößerung der Heizflächen eingesetzt wären, so dass die Heizlast zu jeder Zeit mit der Wärmepumpe gedeckt und auf die teurere Hybridheizung verzichtet werden kann.

Bei größeren Gebäuden und Quartiersversorgungen ist zu prüfen, ob die Mehrinvestitionen für einen Spitzenlastkessel nicht ganz oder teilweise dadurch kompensiert werden können, dass eine Wärmepumpe mit geringerer Leistung gewählt werden kann. Wenn der Spitzenlastkessel mit E-Gasen oder E-Fuels betrieben werden kann, wäre damit in Zukunft sogar ein Anteil von 100% erneuerbarer Energien möglich. Die Wärmespitzenlast an sehr kalten Tagen mit einem H₂-Kessel zu erzeugen, reduziert gegenüber reinem Wärmepumpenbetrieb elektrische Lastspitzen im elektrischen Verteilnetz.

8.1.1.5. Fernwärme

Fernwärme als Wärmebereitstellung aus einem Wärmenetz setzt aus Sicht des Versorgers für die wirtschaftliche Erschließung eine hohe Wärmedichte und einen hinreichend hohen absoluten Wärmebedarf voraus. Fernwärme kann grundsätzlich sowohl bei gering sanierten Altbauten als auch bei Neubauten mit einer hohen energetischen Qualität der Gebäudehülle funktionieren.

Neben der Nachverdichtung in grundsätzlich bereits erschlossenen Gebieten mit teils sehr hoher Bebauungs- und Wärmedichte, ist die Erschließung neuer Gebiete mit hoher Wärmedichte und hohem Wärmebedarf weiter voranzutreiben, sofern diese eine wirtschaftlich erschließbare Entfernung zum Bestandsnetz haben.

Bei größerer Entfernung zum Bestandsnetz könnte es in einigen Bereichen des Mainzer Stadtgebietes entsprechend der oben genannten Kriterien eine sinnvolle Option sein, Fernwärmestrukturen als Inselnetze mit dezentralen Erzeugern zu errichten.

Aufgrund der jüngeren politischen Ereignisse und der damit verbundenen teilweise sprunghaften Gas- und Strompreisanstiege sowie der Verlagerung der Transformationsaufgabe auf den FernwärmeverSORGER hat die Fernwärme in der Wahrnehmung der potenziellen Nutzer stark an Attraktivität gewonnen. Derzeit übersteigt die Nachfrage nach Fernwärmeanschlüssen deutlich die kurz- und mittelfristig realisierbaren Anschlüsse. Die Nachverdichtung und der Ausbau der Fernwärme sowie die vertrieblichen Aktivitäten sollten auf möglichst große Wärmesen-

ken fokussiert werden, so dass dem hohen Aufwand des Ausbaus der Fernwärme ein möglichst hoher unternehmerischer und klimatischer Nutzen für die CO₂-neutrale Energietransformation gegenübersteht. Diese Fokussierung hat zur Folge, dass Einfamilienhäuser und Strukturen mit geringem Wärmebedarf bis auf Weiteres hintenanstehen müssen.

8.1.1.6. Entflechtung Fernwärme-, Gas- und Stromnetze für Wärmepumpenausbau

In Innenstadtgebieten mit sehr hoher Wärmedichte und -nachfrage und gleichzeitig teilweise über 50 Jahre alten Gasnetzstrukturen, wie beispielsweise in der Mainzer Neustadt, bietet sich eine Entflechtung der Netze zugunsten der Fernwärme an. Der Bau der Fernwärmetrassen und -anschlüsse sowie die Abschaltung der Gasanschlüsse muss abgestimmt, geplant und durchgeführt werden. Parallelstrukturen von Gas- und Fernwärmenetzen sind weder volkswirtschaftlich noch aus unternehmerischer Sicht sinnvoll.

Ähnliches gilt für die Strom- und Gasnetze in Gebieten, bei denen die CO₂-neutrale Wärmetransformation primär durch elektrische Wärmepumpen erfolgen soll.

Der energierechtliche Rahmen auf Bundesebene für eine Netzentflechtung und eine gebiets- bzw. straßenweise Gasnetzstilllegung muss jedoch erst geschaffen werden, damit Gasnetzbetreiber rechtssicher von der Gasnetzanschlusspflicht entbunden werden und in Fokusgebieten für Fernwärme oder Wärmepumpen ein Gasnetz nicht auf Dauer für geringe Leistungen oder nur noch wenige Netzanschlüsse weiterbetrieben werden muss.

8.1.2. Weitere Technologien als Lösungsoptionen

8.1.2.1. H₂-ready Block-Heizkraftwerke

Dezentrale KWK-Anlagen zur Deckung der thermischen Lasten in Wärmenetzen und großen Mehrfamilienhäusern könnten zusätzlich zur Entlastung der elektrische Verteilnetze beitragen, da die KWK-Stromproduktion zeitlich mit dem Wärmepumpenstrombedarf korreliert. Dies kann auch bei sehr niedrigen Außentemperaturen im Netz den Lastbedarf und damit den erforderlichen Netzausbau minimieren. Ein geeigneter Mix kann zumindest den Ausbaubedarf der elektrischen Verteilnetze verzögern und einen schnelleren Wärmepumpen-Roll-Out ermöglichen.

8.1.2.2. Brennstoffzellen

Brennstoffzellen erzeugen durch elektrochemische Prozesse elektrische und thermische Energie. Dazu haben sie kaum bewegte Teile und verursachen viel weniger Lärm als Gasmotoren-BHKW. Derzeit sind die leistungsspezifischen Investitionen für Brennstoffzellen aber noch um Faktor 5 bis 7 über denen klassischer Gasmotoren-BHKW.

8.1.2.3. Mikrogasturbinen

Mikrogasturbinen laufen leiser als Gasmotoren, sind deutlich besser in der Leistung modulierbar und können mit höheren Prozesstemperaturen umgehen. Der elektrische Wirkungsgrad ist gegenüber Gasmotoren eher geringer. Seit einigen Jahren sind in Europa Mikrogasturbinen kommerziell verfügbar, die in den USA gefertigt werden. Bislang gibt es in Europa keine Niederlassungen, in denen größere Reparaturen durchgeführt werden können. Daher müssen die Mikrogasturbinen im Schadensfall nach Amerika und retour verschifft werden - was mit monatelangen Betriebsausfällen verbunden ist. Somit stellen Mikrogasturbinen für Europa noch nicht wirklich eine Alternative zu Gasmotoren-BHKW dar.

8.1.3. Technologiesteckbriefe

Eine systematisierte Einzelbeschreibung der einzelnen Technologien findet sich in den Technologiesteckbriefen, welche als Anlage 3 zu diesem Bericht vorliegen.

8.2 Methodik

Die vergleichende Technologieanalyse erfolgte für Heizungstechnologien aus Sicht der Endnutzer.

Folgende Technologien wurden dabei betrachtet:

- Erdgaskessel als Referenz
- H₂-Ready-Kessel
- Luftwärmepumpe
- Erdwärmepumpe
- Pelletkessel,
hier nur Pelletzentralheizungen und wassergeführte Pelletkaminöfen, keine Einzelraumöfen
- Fernwärme, hier gemeint als Wärmeversorgung über ein Wärmenetz, unabhängig davon, ob es sich um das zentrale Fernwärmenetz in Mainz oder ein enger abgegrenztes Inselwärmenetz handelt.

KWK-Anlagen (BHKW) wurden in der Vergleichsmatrix nicht mit betrachtet. Zum einen, weil sie eher eine Erzeugungsoption für den Fernwärmeversorger darstellen und für den Endwärmennutzer kaum eine Rolle spielen, zum anderen, weil eine unmittelbare Vergleichbarkeit mit rein wärmeerzeugenden Technologien nicht sinnvoll möglich ist. Zudem wäre für einen zielgerichteten Einsatz eine Förderung in Abhängigkeit der bereitgestellten Leistung sinnvoll.

Brennstoffzellen sind auch KWK-Anlagen, stellen aber heute noch nicht wirklich eine marktgängige Option dar. Bei zunehmender Marktreife und sinkenden leistungsspezifischen Investitionen könnten Brennstoffzellen jedoch – die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff vorausgesetzt – eine interessante Zukunftsoption darstellen.

Tabelle 5: Hauptkriterien und Gewichtung für Technologieanalyse

Kriterium	Gewichtung
Technik	30%
Wirtschaftlichkeit	30%
Rechtsrahmen	10%
ökologische Kriterien	20%
Sozio-ökonomisch (Akzeptanz)	10%
	100%

Zur Bewertung der Technologien wurden Hauptkriterien und deren Gewichtung gemäß Tabelle 5 angewendet.

Zu jedem Hauptkriterium wurden mehrere Unterkriterien gebildet und mit 1 bis 4 Punkten bewertet. Das arithmetische Mittel aus dem Punkten für die Unterkriterien, ergibt jeweils die Punkte für das Hauptkriterium.

Des Weiteren können 0 Punkte für ein Unterkriterium vergeben werden. Die Vergabe von 0 Punkten bedeutet die Nichterfüllung eines notwendigen Kriteriums und Ausschluss der Technologie als Lösungsoption.

8.2.1. Technik

Das Technikkriterium geht als Ganzes mit 30% in die Bewertung ein. Folgende Unterkriterien wurden gesetzt:

- **Marktreife**

Aller hier betrachteten Technologien haben eine hohe Marktreife. Erdgas-Kessel und Fernwärme sind seit vielen Jahrzehnten im Einsatz und erhalten daher mit 4 Punkten die volle Punktzahl.

Allen anderen Technologien wurden 3 von 4 Punkten vergeben.

Wärmepumpen haben sich in den letzten Jahren im Neubau etabliert und sind längst keine fremde Technik mehr. Dennoch besteht hier durchaus noch Potenzial zur Weiterentwicklung, sowohl hinsichtlich Effizienz als auch hinsichtlich Montagefreundlichkeit.

Auch Pelletheizungen haben sich in den letzten 25 Jahren in einen Nischenmarkt etabliert. Es gibt heute ein vielfältiges Angebot an Kesseln mit moderner Feuerungstechnik. Ebenso sind gut standardisierte Brennstofflager- und Transportsysteme marktverfügbar.

Auch H₂-ready-Kessel erhielten 3 von 4 Punkten. Diese sind zwar relativ neu, die feuerungsseitige Anpassung, die zu etablierten Erdgaskesseln erforderlich ist, stellt aber keine besonders große technische Herausforderung dar. Die eigentliche Herausforderung ist das Verfügbarmachen von ausreichend grünem H₂ und nicht die Feuerungstechnik.

- **Verfügbarkeit Technologie**

Die Verunsicherung aufgrund der zuletzt sehr politisch geführten Debatte um das Gebäudeenergiegesetz hat zu kurzfristigen Disruptionen geführt. Die Aussicht, ab 2024 keine rein fossil befeuerten Heizkessel mehr einbauen zu dürfen, hat etliche Hauseigentümer dazu veranlasst, kurzfristig noch neue Gaskessel zu bestellen. Oftmals auch dann, wenn die vorhandenen Gaskessel noch gut funktionierten und nicht reparaturbedürftig waren.

Im Neubaubereich ist die Nachfrage nach Wärmepumpen stetig gestiegen.

Sowohl für Wärmepumpen als auch für Gaskessel war die Nachfrage zuletzt höher als das Angebot. Beide Technologien werden seit Jahren von etablierten Herstellern in Serie produziert. Viele Wärmepumpenhersteller haben jüngst in neue Produktionsstätten investiert, die sich aber größtenteils noch im Bau befinden. Zudem treten asiatische und amerikanische Hersteller verstärkt in den deutschen und europäischen Markt ein. Die aktuellen Engpässe bei Gaskesseln und Wärmepumpen sind nur vorübergehend. Grundsätzlich kann beiden Technologien eine hohe Verfügbarkeit bescheinigt werden.

H₂-ready Kessel für die Verfeuerung von 100% Wasserstoff sind noch eher selten. Hier ist jedoch klar die Brennstoffverfügbarkeit der Engpass und nicht die Technologie. Letztlich sind die technologischen Anpassungen, damit Gaskessel Wasserstoff verfeuern können, relativ gering,. Deshalb ist davon auszugehen, dass H₂-ready Kessel Standard werden, bevor grüner Wasserstoff in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht. Darum sind hier für die Technologieverfügbarkeit 3 von 4 Punkten vergeben.

Auch für die Verfügbarkeit von Holzpellet-Heizungen sind 3 von 4 Punkten vergeben. Der Markt für Holzpellet-Heizungen ist im Verhältnis zu anderen Heiztechniken ein Nischenmarkt geblieben. Dennoch existiert ein breites Angebot an Kesseln mit moderner Feuerungstechnik und Steuerung. Es gibt auch einige standardisierte Brennstofflager und -Transportsysteme für die Kesselbeschickung. Die Nachfrage kann gut durch das Angebot gedeckt werden.

Für Fernwärme ist die volle Punktzahl vergeben. Die Technologie, um die Fernwärme zum Kunden zu übertragen, ist ausgereift und verfügbar.

- **Verfügbarkeit „Brennstoff“**

Als „Brennstoff“ aus Sicht des Verbrauchers ist für dezentrale Heizsysteme die Primärenergiequelle angenommen, für Fernwärmesysteme das Vorhandensein einer Netzinfrastruktur.

- Für **Erdgas** sind zwei Punkte vergeben. Die Erdgasressourcen reichen zwar weltweit grundsätzlich noch für mehrere Hundert Jahre, Deutschland ist aber in hohem Maße importabhängig. Die Herkunftsländer sind nicht selten Kriegspartei wie beispielsweise Russland oder politisch instabil.
- **Wasserstoff** ist bis auf Weiteres ein knappes Gut. Heute steht grüner Wasserstoff zu Heizzwecken nur in geringem Maße zur Verfügung. Die Mainzer Stadtwerke speisen allerdings heute schon einen Teil des im Energiepark Mainz produzierten Wasserstoffs in die vorhandene Erdgasleitung nach Ebersheim ein und ersetzen damit einen Teil des Erdgases durch Wasserstoff. Nach vorherrschender Expertenmeinung sollte grüner Wasserstoff jedoch mit höchster Priorität für die Dekarbonisierung der Industrie und des Schiff- und Flugverkehrs eingesetzt werden. Außerdem ist Wasserstoff zur Deckung der Dunkelreserve (Residuallast) einer dekarbonisierten Strom- und Fernwärmewirtschaft in gewisser Weise alternativlos. Es ist somit fraglich, ob und in welchem Umfang Wasserstoff in Zukunft als Ersatz für Erdgas in Gasnetzen im urbanen Raum zur Verfügung stehen wird. Darum wird für die Brennstoffverfügbarkeit nur ein Punkt vergeben.

Wasserstoff als Lösungsoption für Gebäudeheizungen sollte darum auf solche Siedlungs- und Gebäudestrukturen beschränkt werden, die aufgrund von historischer Bausubstanz, baulichen Heterogenität und beengten Platzverhältnissen um das Gebäude und im öffentlichen Straßenraum weder mit Wärmepumpen noch mit Fernwärmeinfrastrukturen gut erschlossen werden können. Dies wäre insbesondere dann sinnvoll, wenn dort Gasnetzstrukturen vorhanden sind, für die ein Erneuerungsbedarf erst in mehreren Jahrzehnten zu erwarten ist.

- **Wärmepumpen** erhalten volle 4 Punkte, weil die Ressourcen Umgebungswärme und oberflächennahe Geothermie grundsätzlich nahezu unerschöpflich sind.
- **Holzpellet-Heizungen**
Holzpellets werden zumeist aus Fräs- und Sägespänen gepresst, die in der Sägeindustrie als Nebenprodukte anfallen. Des Weiteren kommen rindenfreie Hackschnitzel aus Schwachholz zum Einsatz, das nicht für die stoffliche Verwertung in der Sägeindustrie geeignet ist. Wichtig ist, dass der Rohstoff für die Pelletproduktion grundsätzlich als Nebenprodukt der Forstwirtschaft und Sägeindustrie anfällt und für die Pelletproduktion in Deutschland grundsätzlich keine Bäume gefällt oder gar Wälder gerodet werden. Pellets haben am gesamten Energieholzeinsatz in privaten Haushalten einen Anteil von weniger als 15%. Der Holzbrennstoffeinsatz in Deutschland wird immer noch dominiert von Scheitholz, das in Einzelraumöfen mit geringer Effizienz verfeuert wird. Für Holzpellets lässt sich also durchaus noch ein nicht unerhebliches Potenzial nutzen. Klar ist aber auch, dass die Produktion von Holzpellets nicht beliebig skalierbar ist, wenn Holzpellets ein ökologischer Brennstoff bleiben soll. Darum wurden für Holzpellets lediglich 2 Punkte vergeben.

- **Betriebs- und Instandhaltungsaufwand (B&I-Aufwand)**

- Für **Erdgas-** und **Wasserstoffheizungen** ist die regelmäßige Durchführung von Wartungen und insbesondere die Reinigung des Wärmetauschers angeraten. Die regelmäßige Überprüfung und Messung durch den Schornsteinfeger sind verpflichtend. Darum sind für beide je zwei Punkte vergeben.
- Für **Luft-** und **Erdwärmepumpen** ist die regelmäßige Durchführung von Wartungen und Inspektionen ebenfalls angeraten. Die Schornsteinfegerprüfung entfällt jedoch. Darum sind für beide 3 Punkte vergeben.

- **Pelletheizungen** haben einen hohen Anteil an Mechanik und bewegter Teile, die verschleifen können. Der Aschebehälter muss regelmäßig entleert werden und die gesamte Anlage muss von Zeit zu Zeit von Staubablagerungen gereinigt werden. Der Schornsteinfeger muss zweimal jährlich prüfen und fegen. Der B&I-Aufwand ist bei modernen Pelletheizungen zwar viel geringer als bei Scheitholzheizungen, aber dennoch wesentlich höher als bei Gasheizungen oder gar bei Wärmepumpen. Darum ist nur ein Punkt vergeben.
- Bei **Fernwärme** ist die **Hausübergabestation** regelmäßig zu warten. Die Organisation erfolgt durch den Versorger. Eine Schornsteinfegerprüfung entfällt. Darum sind für Fernwärme 4 Punkte vergeben.
- **Platzbedarf**
 - Gasheizungen und Fernwärme erhalten die maximal möglichen 4 Punkte.
 - Erdwärmepumpen nehmen, wenn die Erdsonde einmal installiert ist, nur geringfügig mehr Platz auf dem Grundstück und im Gebäude als Gaskessel ein. Für die Aufstellung eines Bohrgerätes wird jedoch oftmals mehr Platz benötigt, als in beengten Bausituationen zur Verfügung steht. Des Weiteren müssen Mindestabstände zur Nachbarbohrung eingehalten werden, um eine gegenseitige Beeinträchtigung zu vermeiden. Darum sind 2 Punkte vergeben.
 - Luftwärmepumpen müssen bei Bestandsgebäuden in der Regel mit einer Außeneinheit aufgestellt werden. Zum Nachbarn sind Schallgrenzwerte einzuhalten, die Abstände zum nächsten Gebäude erfordern. Bei kompletter Innenaufstellung benötigt die Luftwärmepumpe ungefähr den doppelten Platz gegenüber einer Gastherme. Hinzu kommt der Luftkanal der einen entsprechend großen Kanal, Wanddurchbruch und Schacht erfordert, so dass im Gebäudebestand die komplette Innenaufstellung zumeist keine Option ist. Für die Außengeräte und Abstände ist bei enger Bebauung manchmal nicht ausreichend Platz gegeben. Darum wird in der Bewertung ein Punkt abgezogen und somit 3 Punkte vergeben.
 - Holzpellet-Heizungen
Bei Gebäuden, die zuvor mit Heizöl versorgt waren, kämen anstelle der Heizöl-Heizungen und -Tanks Pellet-Heizungen und -Lager in Betracht. Bei bisher gasversorgten Gebäuden sind die Kellerräume aber zumeist anderweitig genutzt, so dass hier erhebliche Nutzungskonflikte zu erwarten sind, die aus Sicht der Gebäudenutzer gegen eine Pellet-Heizung sprechen. Grundsätzlich ist die Installation einer Pellet-Heizung jedoch in fast allen unterkellerten Gebäuden möglich. Darum werden 2 von 4 Punkten vergeben.

- **Effizienz**

Für die Effizienz wurde der Jahresnutzungsgrad von Kesseln bzw. die Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen zum Vergleich herangezogen. Insbesondere bei Luftwärmepumpen spielt zudem eine Rolle, dass der Wirkungsgrad bei kalten Außentemperaturen stark einbricht. Bei Wasserstoffheizungen führt der extrem hohe Einsatz an EE-Strom gegenüber Wärmepumpen zur Abwertung.

Fernwärme wurde beim Effizienzkriterium ebenfalls nur mit zwei Punkten bewertet. Zum einen, weil hier gegenüber dezentralen Wärmeerzeugern ganzjährig zusätzliche Verluste für die Wärmeverteilung entstehen und zum anderen, weil die Spitzenlasterzeugung in Fernwärmesystemen zumeist durch ineffizientere Erzeuger erfolgen muss. Die Punkvergabe für Effizienz ist in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Kriterien Punktevergabe Effizienz

Jahresnutzungsgrad (Hi) /JAZ	Punkte
<85 % fossil	0
85 % - 92 %	1
92 % - 110 %	2
+ EE-Strombedarf für H ₂	1
2,7 – 3,2	3
> 3,5	4

- Lastflexibilität/Modularität**

Für dieses Kriterium wurden Gaskessel als Referenz herangezogen, die in nahezu beliebigen Leistungen verfügbar sind und bis hinunter auf ca. 1/5 ihrer Nennleistung modulierbar sind. Das gilt in ähnlicher Weise für Wärmepumpen und für Fernwärme. Für alle diese Technologien sind 4 Punkte vergeben. Holzpelletkessel sind heute auch für ein breites Leistungsspektrum verfügbar und durch die normierten Pellets relativ gut modulier- und regelbar, allerdings lässt sich die Leistung nur auf ca. 1/3 der Nennlast modulieren. Darum ist es empfehlenswert, einen Pelletkessel zusammen mit einem Pufferspeicher zu betreiben. Für die Pelletheizung werden daher 3 Punkte vergeben.

Die Kriterien für die Technologien und ihre jeweilige Punktebewertungen sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Technikkriterien und die Bewertung für die einzelnen Heiztechniken

Kriterium	Gew.	Erdgas Referenz		H ₂ -Kessel		Luftwärmepumpen		Wärmepumpen mit Erdsonde		Pelletkessel		Fernwärme	
		Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte
Technik	30%	3,14	0,94	2,57	0,77	3,43	1,03	3,43	1,03	2,29	0,69	3,43	1,03
Marktreife		4		3		3		3		3		4	
Verfügbarkeit Technologie		4		3		4		4		3		4	
Verfügbarkeit "Brennstoff"		2		1		4		4		2		2	
B&I-Aufwand		2		2		3		3		1		4	
Platzbedarf		4		4		3		2		2		4	
Effizienz		2		1		3		4		2		2	
Lastflexibilität/Modularität		4		4		4		4		3		4	

Skalierung Punkte: 1= schlechtester Wert; 4 = bester Wert; 0= Ausschluss

8.2.2. Wirtschaftlichkeit

Das Wirtschaftlichkeitskriterium geht mit einer Gewichtung von 30 % in den Vergleich ein. Folgende Kriterien fanden Eingang in die Betrachtung:

- Wärmegestehungskosten
- Investitionshöhe

- Preisstabilität
- Förderrahmen

Dabei wurden die Gebäude/Lastfälle entsprechend Tabelle 8 betrachtet.

Tabelle 8: Gebäude-Heizlasten und Jahresarbeiten Nutzwärme für Wirtschaftlichkeitsvergleich

	Gebäude Nr.	1	2	3	4	5
Heizlast	kW _{th}	14	8	45	135	27
Jahresarbeit	MWh _{th} /a	20	11	63	190	38

8.2.2.1. Prämissen für Wärmegestehungskosten

Für die unter Ziffer 8.1 aufgeführten Wärmeerzeugungstechnologien wurde für Erdgaskessel, Luft- und Erdwärmepumpen, Holzpellet-Heizungen und Fernwärme eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung aus Verbrauchersicht durchgeführt. Zu H₂-Kesseln ist eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

Die Wärmegestehungskosten wurden in einer annuitätischen Wirtschaftlichkeitsrechnung in Anlehnung an VDI 2067 ermittelt. Dabei gingen folgende Prämissen ein:

Nutzungsdauern:

- Für Kessel, Warmwasserspeicher, Brennstofflager: 20 Jahre
- Rohre und Schornsteine: 50 Jahre
- Druckhaltung: 15 Jahre

Zinssatz: 5%

B&I-Sätze in Anlehnung an VDI 2067

Als bedarfsgebundene Kosten gingen in die Vergleichsrechnung folgende Werte ein, die die Preise für Privathaushalte im Jahr 2023 widerspiegeln sollen (alle Angaben brutto inkl. MWSt):

- Gaspreis: 16,2 ct/kWh (H_s)
- Strompreis für Hilfsenergie und Wärmepumpenantrieb: 37,6 Ct/kWh_{el}
- Holzpelletpreis: 400 €/t mit Heizwert 4,8 kWh/kg
- Fernwärme Leistungspreis: 28,89 €/kW
- Fernwärme Arbeitspreis: 15,9 ct/kWh

Investitionszuschüsse wurden ausschließlich bei der Annuität für die kapitalgebundenen Kosten innerhalb der Wärmegestehungskosten berücksichtigt, beim Kriterium Investitionshöhe nicht. Dies findet seine Begründung darin, dass eher davon auszugehen ist, dass Wärmeerzeuger zu Nutzung erneuerbarer Energien noch langfristig durch die Bundesregierung gefördert werden. Investitionsabhängige B&I-Kosten und Ersatzbeschaffungen werden durch die Förderung jedoch nicht begünstigt.

8.2.2.2. Ermittlung der Investitionen

Für die unter Ziffer 8.1 aufgeführten Wärmeerzeugungstechnologien wurde für Erdgaskessel, Luft- und Erdwärmepumpen, Holzpellet-Heizungen und Fernwärme eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung aus Verbrauchersicht durchgeführt. Zu H₂-Kesseln ist eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

Für die Ermittlung der Investitionen wurden Heizkostenvergleiche vom AGFW¹⁰ und BDEW¹¹ herangezogen. Für den Vergleich Gaskessel, Luft- und Erdwärmepumpen wurde im Wesentlichen auf eine Metastudie¹² von Prognos und die dort extrapolierten Exponentialfunktionen für die leistungsspezifischen Investitionen zurückgegriffen.

Da die Basisdaten dort auf die Jahre 2018/2019 zurückgehen, wurden zusätzlich alle Technologien mit einem Teuerungsfaktor von 1,72 multipliziert (das entspricht einer Preissteigerung von 20% p.a. für 3 Jahre. Das spiegelt die angespannte Marktlage und die Engpässe beim Fachhandwerk wider, die bereits vor dem Angriffskrieg von Russland auf die Ukraine bestanden. Die disruptiven Ereignisse des letzten Jahres, sind nicht in die Investitionsansätze für die Vergleichsrechnungen eingegangen. Die Daten der jüngsten verfügbaren Vergleichsstudien und Heizkostenvergleiche wurden weitgehend vor dem Angriffskrieg auf die Ukraine erhoben.

Aufgrund der hohen Nachfrage nach Wärmepumpen im Neubaubereich und die durch die Diskussionen um das Gebäudeenergiegesetz befeuerte Erwartung an einer erheblichen Nachfragessteigerung für Wärmepumpen, sind zuletzt mancherorts irrational hohe Preise für Wärmepumpen aufgerufen worden. Diese sind nicht in den Vergleich eingegangen. Der wachsende Markt verbunden mit der Erweiterung der Produktionskapazität vieler europäischer Hersteller sowie der Einstieg international tätiger Technologiefirmen in den europäischen Wärmepumpenmarkt bietet aber erhebliche Chancen von Kostensenkungen durch wachsenden Wettbewerb, Lernkurven- und Skaleneffekte.

Die für Holzpellet-Kessel vorliegenden Marktdaten sind lückenhaft und nicht in der Systematik verfügbar wie für Gaskessel und Wärmepumpen. Die Investitionen für das Pelletlager und die Fördertechnik wurden aus dem AGFW-Heizkostenvergleich entnommen. Die Angaben zu den Pelletkesseln dort erscheinen unplausibel. Es wurden als Kesselpreise darum die Preise für Gaskessel herangezogen und mit einem Aufschlag von 20% versehen. Ansonsten wurden dieselben Teuerungsmultiplikatoren und dieselbe Exponentialfunktion für die Ermittlung der leistungsspezifischen Investitionen wie für die Gaskessel angewendet.

Für Fernwärme liegen keine Preisinformationen zu Baukostenzuschüssen, Anschlusskostenbeiträgen o. ä. vor. Darum wurden Anschlusskostenbeiträge gemäß von GEF geschätzten Investitionen für die Hausanschlussstation und 5 m Anschlussleitung außen abgeschätzt. Die leistungsspezifischen Investitionen wurden hier mit derselben Funktion ermittelt, wie bei den Gaskesseln.

8.2.2.3. Preisstabilität

Für Erdgas- und H₂-Kessel ist nur ein Punkt vergeben. Grund ist die sehr hohe Importabhängigkeit, die für Erdgas manifest ist und für Wasserstoff zu erwarten ist.

Für Holzpellets sind 2 Punkte vergeben, weil der Rohstoff überwiegend aus heimischer Forstwirtschaft und Sägeindustrie stammt.

Für Luft-Wasser-Wärmepumpen sind 3 Punkte vergeben, für Erdwärmepumpen aufgrund der höheren Jahresarbeitszahlen und somit geringeren Strompreisabhängigkeit 4 Punkte. Die Strompreise waren zwar zuletzt auch sehr volatil, gehen aber nur einem geringeren Anteil in den Wärmegestehungskostenänderung als Brennstoffpreise bei

¹⁰ AGFW Statistik Heizkostenvergleich in Anlehnung an VDI 2067, Stichtag 01.04.2020

¹¹ BDEW-Heizkostenvergleich Altbau 2021

¹² Prognos Kurzgutachten zur aktuellen Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen, Berlin 29.09.2022

Heizkesseln ein, weil Wärmepumpen vor allem Umgebungs- oder Erdwärmeenergie nutzen. Bei einer Jahresarbeitszahl von 3 beispielsweise dreimal so viel Umgebungswärme wie Strom.

Für Fernwärme sind ebenfalls 3 Punkte vergeben, da die Preise auf einer Vielzahl von Wärmequellen und Parametern beruhen und Schwankungen einzelner Energieträger nur anteilig und gedämpft an die Endkunden weitergegeben werden. Des Weiteren werden in Kürze sämtliche Fernwärmeversorgungsgebiete in Mainz über gültige Transformationspläne verfügen und durch den Transformationsprozess unabhängiger von Energieimporten werden.

8.2.2.4. Förderrahmen

Im Rahmen der Förderprogramme des Bundes erhalten nur noch Heizungstechnologien eine Förderung, die erneuerbare Energiequellen nutzen. Hervorzuheben ist vor allem das Förderprogramm „Bundesförderung Energieeffiziente Gebäude“ (BEG) über die auch neuen Heizungen gefördert werden.

Für Wärmepumpen wird zusätzlich zu 25% Grundförderung ein Bonus von 5 Prozentpunkten gewährt, wenn als Wärmequelle Wasser, Erdreich oder Abwasser erschlossen wird oder ein natürliches Kältemittel eingesetzt wird. Dieser Bonus beträgt maximal 5 Prozentpunkte. Im kleinen Leistungsbereich gehen viele der namhaften europäischen Hersteller zu R290 (Propan) als Kältemittel über. Darum wurden für die Berechnung der Wärmegestehungskosten sowohl für Luft-Wasser-Wärmepumpen als auch für Erdwärmepumpen zusätzlich zur Grundförderung von 25% der Wärmepumpenbonus von 5% angesetzt.

Für Fernwärme sind die Fördersätze in Summe genauso hoch. Voraussetzung ist dabei, dass bestimmte Vorgaben hinsichtlich des Primärenergiefaktors erfüllt werden. Wenn die Hausübergabestation im Eigentum des Versorgers verbleibt, kann dieser die Investition dafür über das Förderprogramm „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEW) auch mit bis zu 40% fördern lassen.

Pelletheizungen erhalten im Rahmen des BEG nur eine Grundförderung von 10%.

Zu allen im Rahmen des BEG förderfähigen Heizungstechniken kommt noch ein Tauschbonus von 10%, wenn ein fossil befeuerter Kessel im Bestand durch die neue Heizung ersetzt wird.

Für Wärmepumpen und Fernwärme sind darum 4 Punkte vergeben und für Pelletkessel 2 Punkte.

Für H₂-ready Kessel gibt es in aktuellen Programmen noch keine Förderung. Dennoch ist ein Punkt vergeben, in der Erwartung, dass es dazu eine Förderung auf Bundes- oder Landesebene geben wird.

Erdgaskessel als fossil befeuerte Kessel erhalten keine Förderung und daher auch 0 Punkte.

Die Kriterien für die Wirtschaftlichkeit und ihre jeweilige Punktebewertungen sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Kriterien für die Wirtschaftlichkeit und die Bewertung für die einzelnen Heiztechniken

Kriterium	Erdgas Referenz			H ₂ -Kessel		Luftwärmepumpen		Wärmepumpen mit Erdsonde		Pelletkessel		Fernwärme	
	Gew.	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Kriterium	Gew.	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte
Wirtschaftlichkeit	30%	1,75	0,53	1,50	0,45	3,00	0,90	3,00	0,90	2,75	0,83	3,75	1,13
Wärmegestehungskosten		2		1		3		3		4		4	
Investitionshöhe		4		3		2		1		3		4	
Preisstabilität		1		1		3		4		2		3	
Förderrahmen		0		1		4		4		2		4	

Skalierung Punkte: 1= schlechtester Wert; 4 = bester Wert; 0= Ausschluss

Die Punktevergabe erfolgte gemittelt über alle betrachteten Wärmeerzeugerleistungen. Grundsätzlich sinken die leistungsspezifischen Investitionen jedoch mit zunehmender Leistung. Daraus ergibt sich, dass die kapitalgebundenen Kosten mit zunehmenden Leistungen tendenziell einen geringeren Anteil an den Wärmegestehungskosten haben.

Nach Gesamtpunkten für die Wirtschaftlichkeit und für das Unterkriterium Wärmegestehungskosten schneiden Luft- und Erdwärmepumpen gleich ab. Bei Einfamilienhäusern dürfte sich in der Regel für Luft-Wärmepumpen die bessere Gesamtwirtschaftlichkeit ergeben. Bei größeren Leistungen fallen die leistungsspezifischen Mehrinvestitionen für die Bohrung einer Erdwärmepumpe jedoch tendenziell deutlich geringer aus, so dass hier Erdwärmepumpen aufgrund der höheren Effizienz gegenüber Luftwärmepumpen oftmals geringere Wärmegestehungskosten erzielen können. Bei größeren Mehrfamilienhäusern und Arealversorgungen sollte durch einen Fachplaner auf jeden Fall ein projektspezifischer Kostenvergleich mehrerer Erzeugungsoptionen nach VDI 2067 durchgeführt werden.

8.2.3. Rechtsrahmen

Dieses Kriterium geht als Ganzes mit 10 % in die Bewertung ein. Zum Rechtsrahmen gehen folgende Kriterien ein:

- Gesetzliche Vorgabe zur CO₂-Reduktion

Um die gesetzlichen Klimaschutzziele zu erfüllen, dürfen bis 2045 keine fossilen Brennstoffe mehr verbrannt werden oder das CO₂ muss abgeschieden und sicher gespeichert werden. Darum fallen Erdgaskessel bei diesem Kriterium durch. Alle anderen Technologien erhalten hier 4 Punkte.

- Umlegbarkeit auf Mieter

Brennstoff und Energiekosten sowie Wartungskosten für die Heizung dürfen auf die Mieterinnen und Mieter umgelegt werden, Reparaturen dagegen nicht. Modernisierungen, welche mit Energieeinsparungen für die Mieterinnen und Mieter verbunden sind, können mit bis zu 8 % der Kosten jährlich auf die Miete umgelegt werden.

Da die Hausübergabestationen bei der Fernwärme in Mainz im Eigentum des Versorgers verbleiben, fallen im laufenden Betrieb keine Reparaturkosten für die Wärmeversorgung auf Seite der Anschlussnehmer an. Die Kosten für Fernwärme können Vermieter vollständig auf die Mieterinnen und Mieter umlegen. Deshalb erhält Fernwärme hier die volle 4 Punkte, die anderen Technologien je 3 Punkte.

- Einsatzbeschränkungen durch Verordnungen zum Schutz von Luft und Böden, Lärmschutz etc.

Die Erdgasheizung erhält nur einen Punkt. Standardkessel dürfen bereits heute nicht mehr betrieben werden, wenn sie älter als 30 Jahre alt sind. Es ist heute davon auszugehen, dass Erdgaskessel für Neubauten und bei Kesselerneuerungen in naher Zukunft verboten werden.

Fernwärme erhält die volle Punktzahl von vier Punkten, weil es für Fernwärme, dort wo sie für Endkunden angeboten wird, keine gesetzlichen Einsatzbeschränkungen gibt.

Alle anderen erhalten 3 Punkte aus unterschiedlichen Gründen:

Bei Luftwärmepumpen kann es zu Einsatzbeschränkungen und Leistungsabsenkungen zur Einhaltung von Schallgrenzwerten kommen. Des Weiteren können Denkmalschutzvorgaben und Gestaltungssatzungen die Aufstellung von Außengeräten untersagen.

Bei Erdwärmesonden gibt es gebietsweise Einschränkungen zum Boden und Wasserschutz

Bei Pellets können örtlich verschärfte Grenzwerte zur Reinhaltung der Luft, etwa in Kurgebieten oder LKW-Einfahrverbote zu Einschränkungen führen

- Genehmigungsbedarf

Für Luftwärmepumpen und Fernwärme ist weder ein gesondertes Genehmigungsverfahren noch eine Schornsteinfegerprüfung erforderlich. Daher erhalten sie die volle Punktzahl.

Für Pelletkessel und Gaskessel sind Schornsteinfegerabnahmen und -Prüfungen erforderlich. Daher einen Punkt Abzug.

Für Erdwärmepumpen ist eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich, bei gewerblicher Nutzung unter Umständen auch eine bergrechtliche Genehmigung. Darum erhalten Erdwärmepumpen für dieses Kriterium nur 2 Punkte.

Die Kriterien für die Rechtsrahmen und ihre jeweilige Punktebewertungen sind in Tabelle 10 Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 10: Kriterien für Rechtsrahmen und die Bewertung für die einzelnen Heiztechniken

Kriterium	Erdgas Referenz			H ₂ -Kessel		Luftwärmepumpen		Wärmepumpen mit Erdsonde		Pelletkessel		Fernwärme	
	Gew.	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Kriterium	Gew.	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte
Rechtsrahmen	10%	0,00	0,00	3,00	0,30	3,50	0,35	2,75	0,28	3,25	0,33	4,00	0,40
Vorgabe CO ₂ -Reduktion		0		3		4		4		4		4	
Umlegbarkeit auf Mieter		3		3		3		3		3		4	
Einsatzbeschränkungen		1		3		3		2		3		4	
Aufwand Genehmigung		3		3		4		2		3		4	

Skalierung Punkte: 1= schlechtester Wert; 4 = bester Wert; 0= Ausschluss

8.2.4. Ökologische Kriterien

Die ökologischen Kriterien wurden insgesamt mit 20% gewichtet. Tabelle 11 zeigt, welche ökologischen Kriterien aufgestellt wurden und wie sie bepunktet wurden.

Tabelle 11: Ökologische Kriterien und Bewertung für die einzelnen Heiztechniken

Kriterium	Erdgas Referenz			H ₂ -Kessel		Luftwärmepumpen		Wärmepumpen mit Erdsonde		Pelletkessel		Fernwärme	
	Gew.	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Kriterium	Gew.	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte
ökologische Kriterien	20%	0,00	0,00	3,20	0,64	3,60	0,72	3,80	0,76	3,40	0,68	4,00	0,80
PEF		1		3		3		4		4		4	
CO ₂ -Einsparung (Carnot, BSKO)		0		3		3		4		4		4	
Feinstaub		3		4		4		4		2		4	
Transportkette / Lieferverkehr zum Endkunden		2		3		4		4		3		4	
Risiken für Boden und Wasser		2		3		4		3		4		4	

Skalierung Punkte: 1= schlechtester Wert; 4 = bester Wert; 0= Ausschluss

8.2.5. Sozio-ökonomische Kriterien

Als sozio-ökonomische Kriterien wurden

- Allgemeine Akzeptanz
- Konfliktpotenziale mit Dritten
- sowie „Vermieter-/Mieter-Dilemma herangezogen

Die sozio-ökonomischen Kriterien haben gesamthaft einen Anteil von 10% an der Bewertung.

Zum ersten Punkt ist anzumerken, dass GEF die Einschätzung, vor der zumeist wenig sachorientierten Debatte um das Vorziehen der Novelle des Gebäudeenergiegesetzes, aufgestellt hat. Wärmepumpen waren bis dato in der breiten Bevölkerung eher neutral bis positiv besetzt. Grundsätzlich wird dies durch den zuletzt stetig wachsenden Marktanteil bei Heizsystemen im Neubau bestätigt. Wie lange es dauern wird, bis sich die Aufregung legt, bleibt abzuwarten. Wesentlich für die Akzeptanz werden jedoch nicht zuletzt sinkende Preise für Wärmepumpen sein.

Objektive Konfliktpotenziale bestehen jedoch durch die Schallemissionen bei Luftwärmepumpen. Neben der Einhaltung von objektiven Schallgrenzwerten, wird aber in Zukunft eine Rolle spielen, dass mancher Nachbar eine Schallquelle, die er sieht, subjektiv immer hören wird, im Zweifel sogar, wenn Sie abgeschaltet ist.

Bei Erd-, Grund- und Abwasserwärmepumpen bestehen objektive Nutzungskonflikte der gegenseitigen Beeinflussung bei räumlich naher Entnahme. Fälschlicherweise werden Risiken im Untergrund in der öffentlichen Meinung auf die tiefe Geothermie projiziert. In den Bergämtern und bei den Bohrfirmen dürfte man aus dem Desaster in Staufen gelernt haben. Dort kam es durch Wassereintrag in eine Keuper-Schicht durch eine Erdsonden-Bohrung zu erheblichen Hebungen und Senkungen der Geländeoberfläche und zu erheblichsten Gebäudeschäden. Nach Expertenmeinung war das vorhersehbar und vermeidbar. Grundsätzlich sind diese Risiken technisch gut beherrschbar.

Erdgaskessel hatten bis zuletzt eine hohe Akzeptanz, einerseits galten sie trügerischerweise als umweltfreundlich und solange sie im Keller oder unter dem Dach zuverlässig ihren Dienst verrichten, stören sie in der Nachbarschaft niemanden.

Wasserstoffkessel erfüllen alle diese Vorteile auch und sind dazu örtlich nahezu emissionsfrei. Vermeintlich kann alles so bleiben wie es ist, nur das Gas wird durch ein umweltfreundliches ersetzt. Tatsächlich ist grüner Wasserstoff bis auf Weiteres ein knappes Gut. Er muss per Elektrolyse aus Wind- und Solarstrom gewonnen werden. In Deutschland reichen die Potenziale bei weitem nicht aus. Allein für den Bedarf von Sektoren, zu deren Dekarbonisierung Wasserstoff ohne Alternative ist, bleibt auf Jahre eine große Herausforderung genügend grünen Wasserstoff zu günstigen Kosten bereitzustellen. Bis der Wasserstoff beim Gasverbraucher für die Heizung ankommt, sind in der Vorkette nach der Bereitstellung von Solar- und Windstrom für Elektrolyse und Transport rund 50 % Verluste bezogen auf den Strom-Input entstanden. Gegenüber einer Wärmepumpe mit Jahresarbeitszahl 3 muss für die Bereitstellung derselben Wärme also sechsmal so viel Strom im Jahr eingesetzt werden. Die Nutzungskonflikte mit anderen Sektoren liegen also auf der Hand.

Gegenüber Fernwärme besteht oftmals der Vorbehalt, sich langfristig von einem Versorger abhängig zu machen. Des Weiteren wird gerne der nicht sachgerechte Vergleich zwischen reinen Brennstoffkosten z.B. für Gas und den Wärmebereitstellungskosten gemacht anstatt eines Vollkostenvergleichs. Damit erscheint die Fernwärme im Vergleich teurer als sie tatsächlich bei sachgerechtem Vergleich ist.

Das „Vermieter-Mieter-Dilemma“ ist vielschichtig. Zunächst hat grundsätzlich der Vermieter die Investitionen für neue Heiztechniken und energetische Sanierungsmaßnahmen zu tragen, während den Nutzen aus geringerem Energieverbrauch und eingesparten Energieverbrauchskosten der Mieter bzw. Wohnungsnutzer hat. Allerdings dürfen Vermieter die Kaltmiete im Zuge energetischer Sanierungsmaßnahmen um bis zu 8 % pro Jahr erhöhen. Allerdings dürfen sie keine Reparaturen zur Substanzerhaltung auf die Mieterinnen und Mieter umlegen bzw. müssen diese auf die Sanierungsumlage anrechnen. Die Abgrenzung birgt erhebliches Konfliktpotenzial und führt immer wieder zu Rechtsstreitigkeiten. Tendenziell steigt das Konfliktpotenzial mit der Höhe der Investitionen.

In diesem Kriterium erhält der Gaskessel 4 Punkte, die Fernwärme 3 und alle anderen Technologien 2 Punkte, aufgrund unterschiedliche Konfliktpotenziale und Nutzungskonkurrenzen.

Tabelle 12: Sozio-ökonomische Kriterien und Bewertung für die einzelnen Heiztechniken

Kriterium	Gew.	Erdgas Referenz		H ₂ -Kessel		Luftwärmepumpen		Wärmepumpen mit Erdsonde		Pelletkessel		Fernwärme	
		Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Kriterium	Gew.	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte
Sozio-Ökonomisch	10%	4,00	0,40	2,00	0,20	2,00	0,20	2,00	0,20	2,00	0,20	3,00	0,30
Allgem., Akzeptanz, Konfliktpotenziale mit Dritten, Vermieter/Mieter-Dilemma		4		2		2		2		2		3	

Skalierung Punkte: 1= schlechtester Wert; 4 = bester Wert; 0= Ausschluss

8.3 Fazit der Technologiebetrachtung

Der durchgeführte Technologievergleich ergibt die in Tabelle 13 dargestellte Gesamtbewertung der betrachteten Technologien aus Verbrauchersicht.

Tabelle 13: Gesamtbewertung für die einzelnen Heiztechniken

Kriterium	Gew.	Erdgas Referenz		H ₂ -Kessel		Luftwärmepumpen		Wärmepumpen mit Erdsonde		Pelletkessel		Fernwärme	
		Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte	Kriterium	Gew.	Pkte	gew. Pkte	Pkte	gew. Pkte
Technik	30%	3,14	0,94	2,57	0,77	3,43	1,03	3,43	1,03	2,29	0,69	3,43	1,03
Wirtschaftlichkeit	30%	1,75	0,53	1,50	0,45	3,00	0,90	3,00	0,90	2,75	0,83	3,75	1,13
Rechtsrahmen	10%	0,00	0,00	3,00	0,30	3,50	0,35	2,75	0,28	3,25	0,33	4,00	0,40
ökologische Kriterien	20%	0,00	0,00	3,20	0,64	3,80	0,72	3,60	0,76	3,40	0,68	4,00	0,76
Sozio-Ökonomisch	10%	4,00	0,40	2,00	0,20	2,00	0,20	2,00	0,20	2,00	0,20	3,00	0,30
Summe	100%		1,87		2,36		3,20		3,17		2,73		3,62

Skalierung Punkte: 1= schlechtester Wert; 4 = bester Wert; 0= Ausschluss

Die Begründung zu den einzelnen Bewertungspunkten findet sich in den vorhergehenden Unterkapiteln. Entsprechend den vergebenen Punkten ergibt sich das nachfolgende Ranking:

1. Fernwärme
2. Luftwärmepumpe
3. Erdwärmepumpe
4. Holzpelletkessel
5. H₂-Gaskessel
6. Erdgaskessel, dieser erfüllt verbindliche ökologische und rechtliche Kriterien nicht, die für die Dekarbonisierung notwendig sind

Fernwärme stellt sich aus Sicht des Verbrauchers als die günstigste Lösung zur klimaneutralen Wärmeversorgung dar. Sofern diese verfügbar ist, sollte ein Fernwärmeanschluss angestrebt werden, da diese langfristig und kostengünstig regenerative Wärme zur Verfügung stellen kann.

Sofern Fernwärme nicht möglich ist oder andere Rahmenbedingungen herrschen, die einen Anschluss an die Fernwärme erschweren, stellt die Luftwärmepumpe, gefolgt von der Erdwärmepumpe die nächstbessere Lösung für den Wärmeverbraucher dar. Die Luftwärmepumpen hat hierbei nach Punkten einen minimalen Vorsprung vor der Erdwärmepumpe. Aufgrund der höheren Effizienz könnte sich das Ranking bei größeren Leistungen oftmals zugunsten der Erdwärmepumpe umkehren, weil die Mehrinvestitionen für die Bohrung und die Erdsonden leistungsspezifisch geringer ausfallen.

Erdgaskessel stellen im Sinne des WMP 2.0 keine klimaneutrale Wärmelösung dar, in Tabelle 13 erhielten sie darum auch zweimal 0 Punkte. Der Neueinbau von Erdgaskesseln sollte daher vermieden werden. Falls keine Alternative zu einem Gaskessel möglich ist, sollte zumindest ein H₂-ready Gaskessel zum Einsatz kommen, dies ist jedoch nur dann sinnvoll, sofern der Gasnetzbetreiber im entsprechenden Gebiet ein H₂-Netz plant. Bestehende Gaskessel sollten spätestens mit dem Ablauf ihrer technischen Nutzungsdauer durch klimaneutrale Lösungen ersetzt werden.

9. Gebietspezifikationen

9.1 Methodik

Die Beantwortung der zentralen Fragestellung, wie das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Mainzer Stadtgebiet erreicht werden kann, ist die Hauptaufgabe des WMP 2.0. Um diese Aufgabe zu lösen, erfolgt zunächst eine Gliederung des Untersuchungsraums in mehrere, großflächige Teilgebiete. Diese Aufteilung soll ein pragmatisches Vorgehen zur Ermittlung geeigneter Versorgungsoptionen innerhalb der einzelnen Teilgebiete erlauben.

Die Aufteilung des Stadtgebiets erfolgt unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien, die es erlauben, grundsätzliche Eignungen für eine Wärmeversorgungsstruktur (Fernwärme, Nahwärme-Inselnetz, Dezentrale Versorgung) zu identifizieren. Diese identifizierte künftige Wärmeversorgungsstruktur muss allerdings nicht alleine in einem Stadtteil oder Bezirk vorkommen. Es besteht die Möglichkeit der Kombination verschiedener Optionen innerhalb eines Gebietes. Gleichermaßen erheben die Teilgebietsgrenzen keinen Anspruch an Unverrückbarkeit. Zur Ermittlung einer tiefergreifenden lokalen Auflösung der Versorgungsoptionen ist eine detaillierte Untersuchung auf (Teil)Quartiers- oder Straßenzugebene notwendig. Diese ist aber nicht Aufgabe des WMP 2.0, sondern eines späteren Planungsprozesses. Die Ergebnisse des WMP 1.0 haben weiterhin Gültigkeit und werden durch den WMP 2.0 fortgeschrieben und inhaltlich ergänzt.

Die Datenstruktur des WMP 1.0 ist die Hauptgrundlage für die Gebietsauswahl. Diese wurde, wie in Kapitel 6 beschrieben, teilweise hinsichtlich

- Altersstruktur und Lage Gasnetz
- Lage Wärmenetz
- Neubaugebiete und deren geplante/bestehende Wärmeversorgung

aktualisiert und ergänzt.

Nachfolgende Kriterien wurden für die Ermittlung der Gebiete und deren Grenzen herangezogen:

- Wärmeentwicklungsszenarien
- Wärmedichtekarten auf Basis von Verbrauchsdaten
- Siedlungstypen auf Basis der Biotoptypenkartierung
- Wärmedichte Szenario B2, 2030 > 20 GWh/km² => Möglichkeit für Fernwärme oder Nahwärme-Inselnetz
- Wärmedichte Szenario B2, 2030 < 20 GWh/km² => Möglichkeit dezentrale Erzeugerstrukturen
- Baujahr Gasnetz älter als 1970 => Rückbau bzw. Stilllegung Gasnetz
- Baujahr Gasnetz zwischen 1970 und 1990 => möglicher Rückbau bzw. Stilllegung Gasnetz
- Gasnetz jünger als 1990 => mögliche Weiternutzung mittels E-Gasen
- Lage Fernwärmenetz => Möglichkeit Ausbau/Verdichtung

Darüber hinaus fand ein punktueller Abgleich der Gebietsgrenzen mittels Luftbilder, die die Bebauungsstruktur zeigen, statt.

Die verschiedenen Kriterien sind in die Wahl der Gebietsgrenzen derart eingeflossen, als dass sich für diese eine logische und schlüssige Gebietsgrenze ergibt. Hierdurch kann es durchaus dazu kommen, dass in den Randbezirken einzelner Gebietsflächen geringere Wärmedichten auftreten als in deren Zentrum, vgl. hierzu die beispielhafte Abbildung 14.

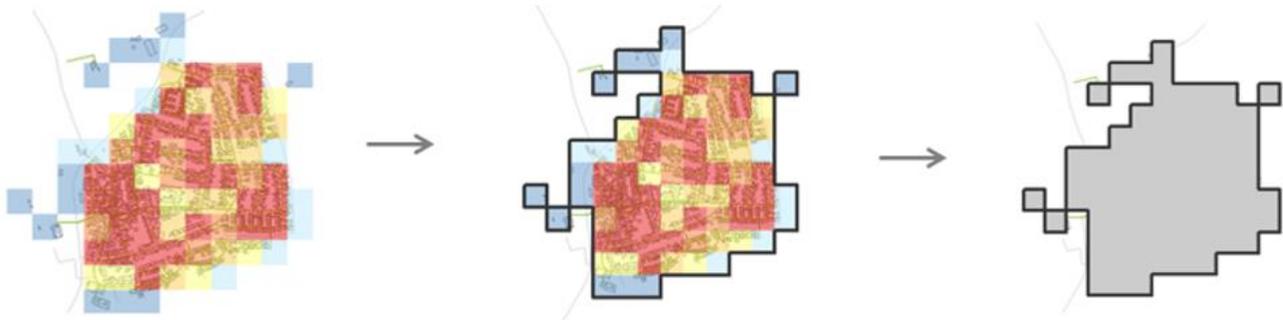


Abbildung 14: Beispiel: Geringere Wärmedichte im Randbezirk

Eine weitere Differenzierung wäre im Rahmen des WMP 2.0 möglich, jedoch nicht zielführend gewesen. Denn die hieraus entstehenden Teilgebiete befänden sich dann auf einer straßenscharfen Bezugsebene. Dies widerspricht einerseits dem pragmatischen Ansatz, andererseits würde es schon fast dem Niveau einer Umsetzungsplanung entsprechen. Abbildung 15 zeigt schematisch den Prozess der Festlegung der Gebiete in WMP 2.0.

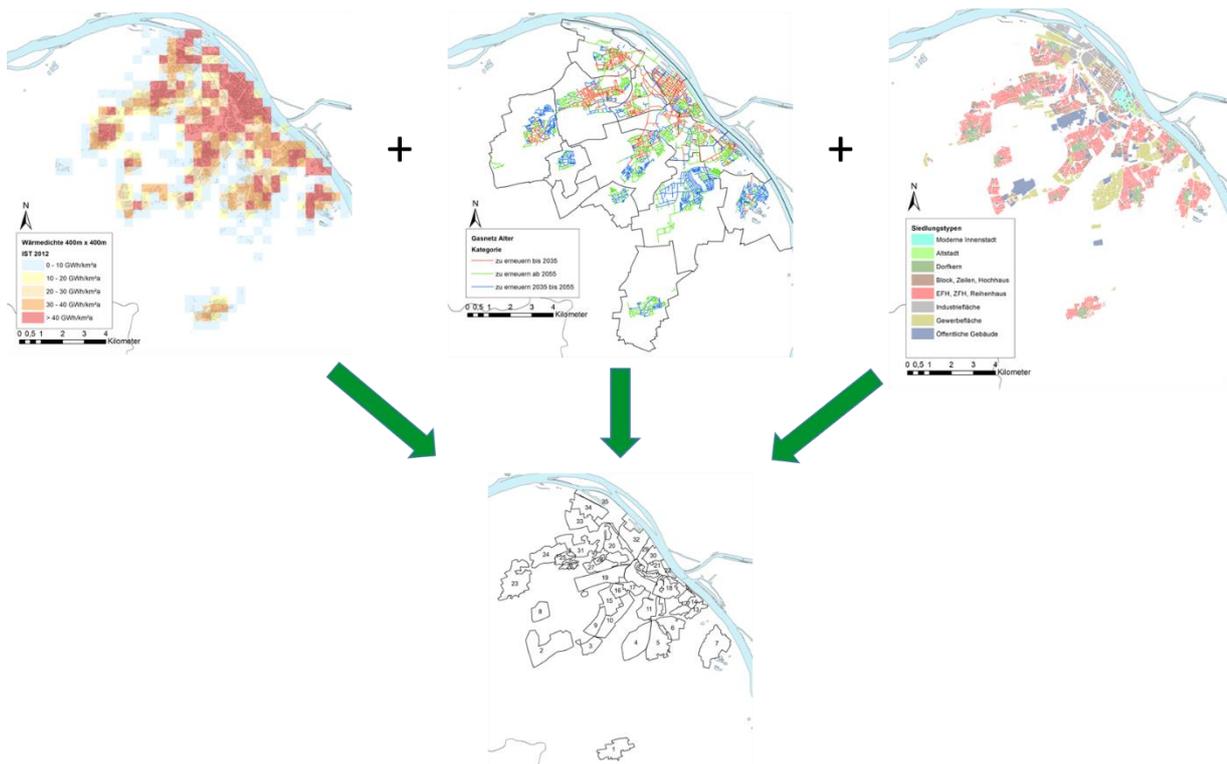


Abbildung 15: Eingeflossenes Kartenmaterial zur Gebietsbildung

9.2 Gebietszuschnitte

Auf Basis der gewählten und in Unterkapitel 9.1 beschriebenen Methodik fand der Zuschnitt von insgesamt 35 Gebieten statt, siehe Abbildung 16.

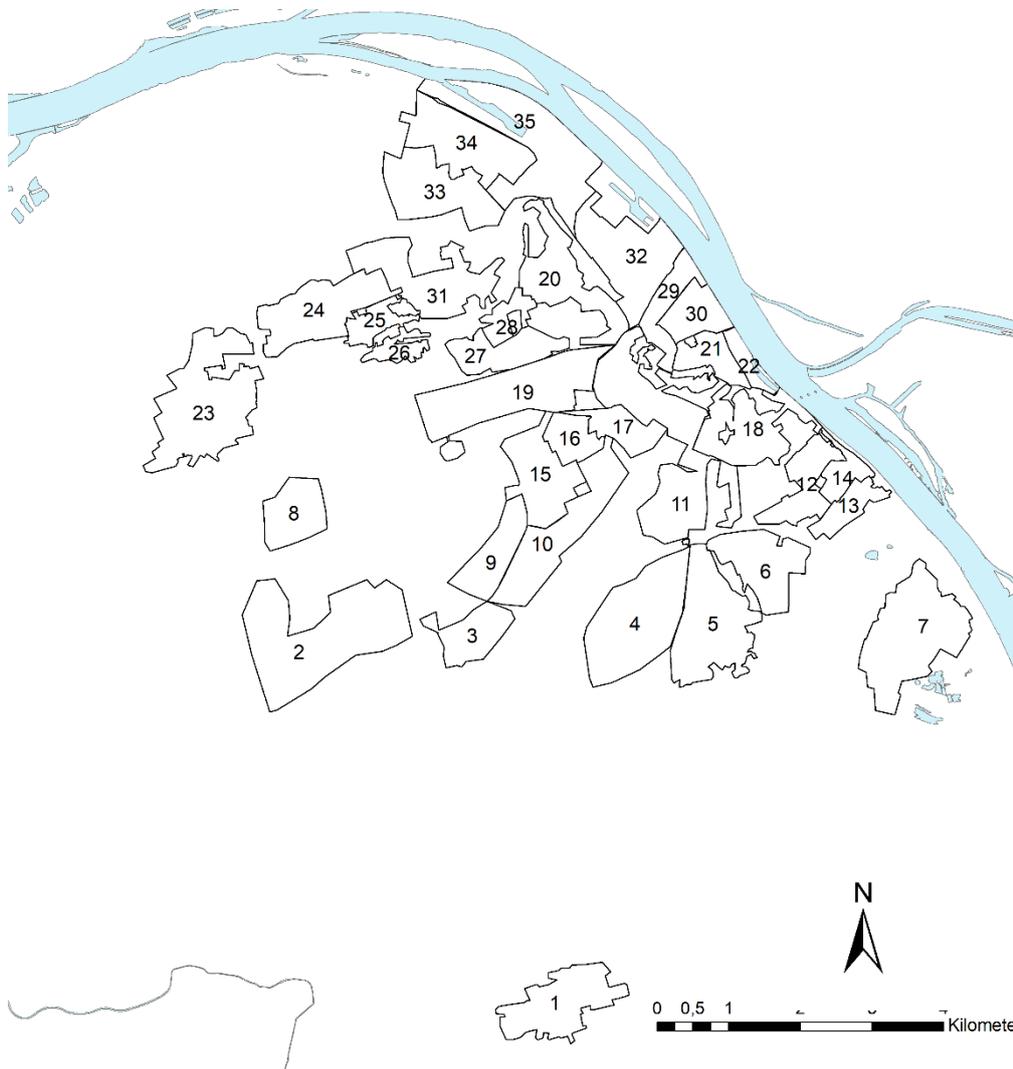


Abbildung 16: Übersicht der Teilgebiete

Eine Übersicht der Gebiete und deren wichtigsten Eckdaten für den Ausgangszustand findet sich in Tabelle 14. Die Benennung der Gebiete erfolgt in Abhängigkeit des Stadtteils und der geographischen Lage.

Tabelle 14: Eckdaten der Teilgebiete (Ist-Zustand 2012)

Gebietsnummer	Gebietsname	Anzahl Gebäude (2012)	Fläche [km ²]	Wärmebedarf (2012) [GWh]	Ø-Wärmedichte (2012) [GWh/km ²]
1	Ebersheim	2.771	1,10	36,6	33,2
2	Lerchenberg	2.209	2,41	63,6	26,4
3	Marienborn	1.256	0,62	22,3	36,0
4	Hechtsheim West	876	1,71	43,8	25,6
5	Hechtsheim Mitte	4.713	1,52	69,5	45,6

Gebietsnummer	Gebietsname	Anzahl Gebäude (2012)	Fläche [km ²]	Wärmebedarf (2012) [GWh]	Ø-Wärmedichte (2012) [GWh/km ²]
6	Hechtsheim Ost	1.878	0,96	37,6	39,3
7	Laubenheim	4.264	1,77	71,6	40,5
8	Drais	1.592	0,68	25,6	37,6
9	Bretzenheim West	837	0,68	25,2	36,8
10	Bretzenheim Ost	1.730	1,30	41,3	31,7
11	Oberstadt Mitte	1.891	2,30	175,2	76,2
12	Weisenau Nord-West	1.271	0,67	36,9	55,4
13	Weisenau Süd-Ost	895	0,38	21,8	56,9
14	Weisenau Mitte	1.731	0,32	28,1	88,1
15	Bretzenheim Nord-West	3.752	0,98	57,8	59,2
16	Bretzenheim Nord	771	0,42	22,2	53,2
17	Römersteine	1.081	0,47	22,2	46,9
18	Oberstadt Süd	2.300	1,06	49,8	46,9
19	Universität	274	1,74	77,2	44,5
20	Hartenberg Ost	980	1,07	57,6	53,7
21	Altstadt Süd	1.317	0,44	55,3	124,4
22	Altstadt Ost	292	0,25	22,7	89,7
23	Finthen	5.521	1,91	89,2	46,8
24	Gonsenheim West	2.771	1,21	53,0	43,8
25	Gonsenheim Mitte	1.940	0,33	24,4	73,8
26	Gonsenheim Süd	272	0,25	5,6	22,1
27	Hartenberg West	1.023	0,67	34,1	50,7
28	Hartenberg Mitte	586	0,29	11,2	39,2
29	Altstadt Nord	1.323	0,52	68,1	131,0
30	Altstadt Mitte	1.033	0,52	77,6	148,1
31	Gonsenheim Nord	2.747	1,22	55,2	45,2
32	Neustadt	2.594	1,33	139,6	105,1

Gebietsnummer	Gebietsname	Anzahl Gebäude (2012)	Fläche [km ²]	Wärmebedarf (2012) [GWh]	Ø-Wärmedichte (2012) [GWh/km ²]
33	Mombach Süd	2.578	1,18	45,2	38,2
34	Mombach Mitte	2.750	1,24	42,2	34,1
35	Mombach Nord	815	2,00	11,5	5,7

10. Maßnahmenentwicklung zum Erreichen der Klimaneutralität

10.1 Methodik

Die Maßnahmenentwicklung zum Erreichen der Klimaneutralität der Stadt Mainz folgt einem mehrstufigen Prozess. Im ersten Schritt dieses Prozesses werden auf Basis der ermittelten Gebietsgrenzen, vgl. Kapitel 9, generelle Lösungsoptionen für die Wärmeversorgung der verschiedenen Teilgebiete bestimmt. Hierzu findet eine Bewertung der jeweiligen Randbedingungen innerhalb der Gebiete statt, mit anschließender Zuordnung einer korrespondierenden Erzeugungstechnologie, entsprechend dem in Kapitel 8 aufgespannten Technologieportfolio. **Hierbei ist hervorzuheben, dass die so identifizierten Wärmeversorgungslösungen und die Technologiezuordnung eine Empfehlung sind.** Ein Abweichen von dieser Empfehlung ist im Rahmen einer späteren Planung und Umsetzung jederzeit möglich, der WMP 2.0 stellt keine Verbindlichkeit dar.

Die Zuordnung des allgemeinen Lösungsportfolios erfolgt mittels der nachfolgenden fünf Kategorien:

- Fernwärme-Vorranggebiet
- Fernwärme-Eignungsgebiet
- Gebiet mit Teilgebieten, die fernwärmegeeignet sind oder werden könnten
- Gebiete, die vorrangig für dezentrale Versorgung geeignet sind
- Dezentrale Versorgung.

Eine genaue Definition der verschiedenen Kategorien findet sich in Unterkapitel 10.2. Auf Basis der so bestimmten Wärmeversorgungseignung ist für jedes Gebiet ein Lösungsportfolio aufgespannt, das in Anlage 4 „Gebietssteckbriefe“ detailliert dargestellt ist. Sollten innerhalb der Gebiete Bereiche vorkommen, die sich für eine dezentrale Nahwärme-Insellösung eignen, so sind diese aufgeführt.

Im Anschluss an die Identifikation der allgemeinen Versorgungseignung sind verschiedene Handlungsfelder bestimmt. Diese beinhalten Maßnahmen, mit denen die Wärmetransformation im Mainzer Stadtgebiet vorangetrieben werden kann und die notwendig sind, um die Klimaneutralität zu erreichen. Die Handlungsfelder gliedern sich in

- Maßnahmen im Neubau
- Maßnahmen zur Bestandstransformation
- Flankierende Maßnahmen

welche jeweils durch die darin beschriebenen Maßnahmen weiter differenziert werden.

10.2 Identifikation von Wärmeversorgungslösungen je Gebiet

Die Vorschläge für die Einteilung der Gebiete erfolgten nach folgenden Kriterien:

Auf Basis der Wärmedichte gemäß dem Wärmeatlas von 2015, dem Gasnetzalter und der örtlich vorhandenen Infrastruktur für Gas und Fernwärmestrukturen sowie der Lage der nächstgelegenen Fernwärmestrukturen ist eine Synthese durchgeführt worden. Des Weiteren ist für das gesamte Gebiet der Stadt Mainz eine Teilgebietseinteilung auf Basis dieser Synthese durchgeführt, vgl. Kapitel 9. Ergänzend dazu sind die Siedlungsstrukturen aus der

von der Stadt Mainz zur Verfügung gestellten Biotopkartierung und die seit 2015 bekannten und/oder umgesetzten Neubaugebiete und deren Wärmeversorgung qualitativ mitberücksichtigt und betrachtet. So konnten die rechnerischen Ergebnisse durch pragmatisches „Hinschauen“ verifiziert und praxisorientiert ergänzt werden.

Die Datengrundlage für die Ermittlung der Wärmedichten ist auf dem Stand des Wärmeatlas von 2015 und berücksichtigt damit keine Veränderungen, die danach entstanden sind. Die Energiebedarfe der Neubaugebiete, die zwischen 2014 und 2022 entwickelt wurden, waren nur teilweise bekannt. Die meisten in den Karten ausgewiesenen Neubaugebiete verfügen aber bereits über leitungsgebundene Wärmeversorgungen mit Fernwärme, Nahwärme oder kalter Nahwärme. Im Rahmen des WMP 2.0 wurden keine technischen Planungsleistungen durchgeführt. Die für die Synthese durchgeführten Überschlagsrechnungen zur Investitionsbewertung über Wärmedichte und Fläche liefern nur Anhaltswerte für einen Vergleich der relativ großflächigen Gebiete. Vor der Investitionsentscheidung ist jedoch eine detaillierte straßen- und ggf. auch hausanschlussstarke Planung und samt Kostenermittlung erforderlich, die aber nicht Gegenstand des WMP 2.0 ist.

Im Folgenden, die ausführliche Erläuterung zur Legende der Gebietseinteilungen:



Fernwärme-Vorranggebiet

Hierbei handelt es sich um ein Gebiet, das entweder eine Bebauungsstruktur mit sehr hoher Wärmedichte aufweist, die praktisch flächendeckend für die Erschließung mit Fernwärme prädestiniert ist, oder ein Gebiet, das Satzungsgebiet ist.



Fernwärme-Eignungsgebiet

Hierbei handelt es sich um ein Gebiet, in dem sich eine Vielzahl von Gebäudestrukturen befinden, die fernwärmewürdig und bereits Fernwärmetrassen vorhanden oder in der Nähe sind, so dass größere Teile des Gebiets wirtschaftlich erschlossen werden könnten.

In solchen Gebieten befinden sich häufig jedoch auch Teilgebiete mit EFH, ZFH und Reihenhäusern oder Gewerbegebäuden mit geringem Wärmebedarf. Ein Anschluss an die Fernwärme erscheint hier allenfalls dann sinnvoll, wenn die Gebäude direkt an einer Fernwärmetrasse liegen und ein gewisser Mindestwärmebedarf gegeben ist. Manchmal befinden sich in solchen Gebieten auch Industriebetriebe mit Prozesswärmebedarf und Hochdruck-Gasversorgung. Die hier benötigten hohen Temperaturen können nicht durch Fernwärme bereitgestellt werden.



Gebiet mit Teilgebieten, die fernwärmegeeignet sein oder werden könnten

Es handelt sich hierbei um Gebiete, die gesamthaft für Fernwärme eher ungeeignet erscheinen, in denen sich jedoch einzelne verdichtete Areale etc. befinden, die fernwärmegeeignet sein könnten oder in Zukunft vielleicht an die Fernwärme angeschlossen werden könnten. Beispielsweise wenn die heute dort bestehenden dezentralen Heizungsanlagen am Ende ihrer Lebensdauer angelangt sind oder wenn die Fernwärmetrassierung in benachbarten Gebieten weiter verdichtet wurde.



Gebiete, die vorrangig für dezentrale Versorgung geeignet sind

Es handelt sich um Gebiete mit einem hohen Anteil von Ein-, Zweifamilien- und Reihenhäusern, die gesamthaft in der Fläche für eine leitungsgebundene Versorgung nur bedingt geeignet sind und/oder sich zu den bestehenden Fernwärmetrassen in einer größeren Entfernung befinden, so dass eine Verbindung mit dem Fernwärmenetz auch mittel- bis langfristig wirtschaftlich nicht sinnvoll erscheint.

In solchen Gebieten befinden sich jedoch einzelne Areale mit verdichteten Mehrfamilienblock- und/oder Hochhausbebauungen, die sich für leitungsgebundene Versorgungsoptionen anbieten könnten.

Ebenso befinden sich in solchen Gebieten oftmals sehr eng bebaute **Ortskernstrukturen**. Der Sanierungszustand und die Haustechnik sind als sehr heterogen anzunehmen. In solchen Ortskernen ergeben sich nicht zuletzt aufgrund der engen Bebauung für viele dezentrale Erzeugungsoptionen mit Erneuerbaren Energien starke Restriktionen, so dass Alternativen zur Gasversorgung stark eingeschränkt sind. Da wasserstoffbasierte Gase für Raumheizzwecke kurz- bis mittelfristig eher nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung

stehen werden, wird empfohlen in solchen Gebieten die Option einer leitungsgebundenen Nah- oder Fernwärmeversorgung planerisch vertieft zu untersuchen. Deutlich ist, dass eine leitungsgebundene Wärmeversorgung in solchen verdichteten Ortskernen mit hohem technischem und investivem Aufwand verbunden ist und auf kurze Distanz viele Hausanschlüsse mit eher geringen Anschlussleistungen zu realisieren sind.

Dezentrale Versorgung

Gebiete, die für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung weitgehend ungeeignet erscheinen und sich und zumeist gut für die Erschließung mit dezentralen Wärmeerzeugungstechniken für die Nutzung Erneuerbaren-Energien eignen. Die dominierenden Erzeugungsoption werden hier voraussichtlich Luft- und teilweise auch Erdwärmepumpen sein.

Die elektrischen Verteilnetze im Bestand müssen in Gebieten und Teilgebieten für vorrangige oder ausschließliche dezentrale Wärmeerzeugung für die zukünftigen Anforderungen ggf. ausgebaut und ertüchtigt werden. Abbildung 17 zeigt die Ergebnisse dieses Prozesses.

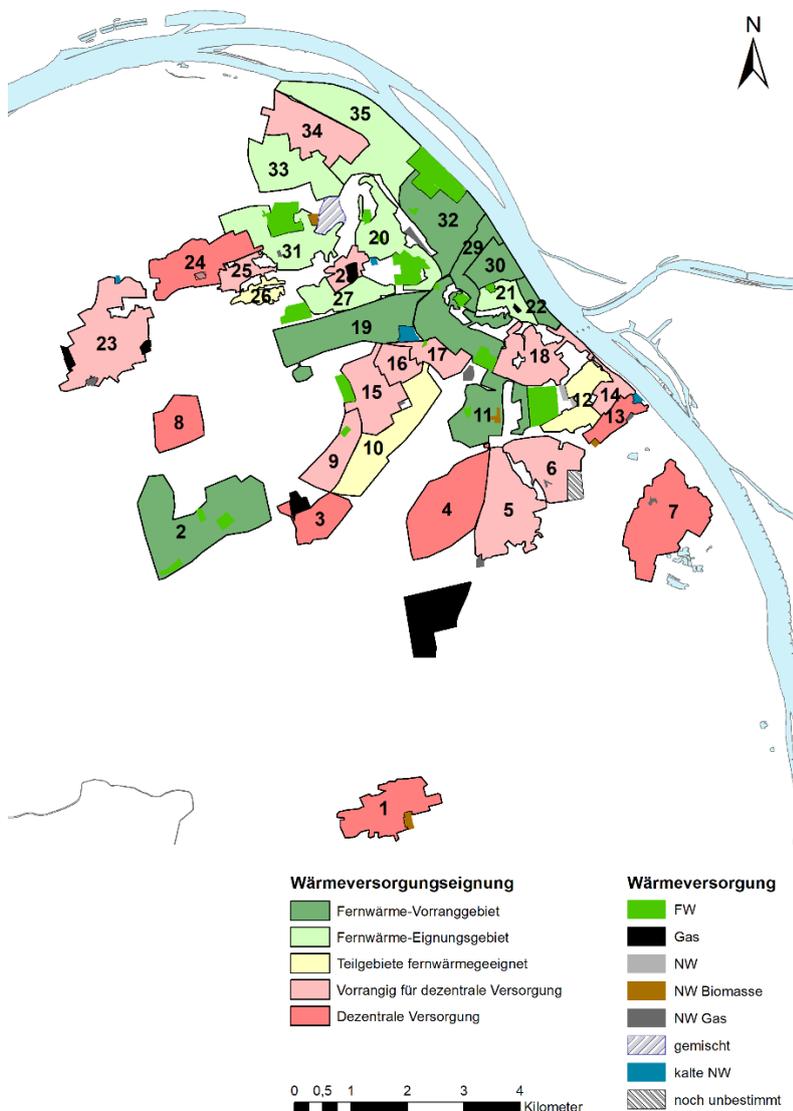


Abbildung 17: Übersicht der Wärmeversorgungsseignung je Teilgebiet

10.2.1. Fernwärme

Im Rahmen der Untersuchung zur Wärmeversorgungsseignung konnten sieben Gebiete identifiziert werden, die als Fernwärme-Vorranggebiet möglichst flächendeckend mit Fernwärme erschlossen werden sollen, siehe Tabelle 15. Besonders hervorzuheben sind hierbei das Gebiet Neustadt sowie die Gebiete der Altstadt. In diesen Gebieten treten die höchsten Wärmedichten im Mainzer Stadtgebiet auf, vgl. Abbildung 3, zusätzlich weist das Gasnetz insbesondere in den Gebieten Neustadt und Altstadt-Nord einen hohen kurzfristigen Erneuerungsbedarf auf.

Aufgrund dieser Randbedingungen wird empfohlen, diesen Gebieten eine hohe Priorität im Rahmen der Wärmeversorgungsplanung einzuräumen und zeitnah die Planung für eine gebietsweite Umstellung auf Fernwärmeversorgung anzustoßen. Hierbei ist insbesondere darauf zu achten, dass eine Entflechtung der leitungsgebundenen Infrastrukturen Gas und Fernwärme stattfindet, aber gleichzeitig die Versorgungssicherheit aller Kunden erhalten bleibt. Die Entflechtung ist notwendig und wird empfohlen, da die parallele Aufrechterhaltung zweier Infrastrukturen zu Heizzwecken einen hohen Kostenfaktor darstellt, den es zu vermeiden gilt. Darüber hinaus konkurrieren Gas und Fernwärme um den gleichen Kundenstamm, wodurch sich eine für die Stadtwerke unvorteilhafte Marktsituation ergibt. Notwendige Maßnahmen hierzu werden in den nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben.

Das Gebiet Lerchenberg nimmt bei den identifizierten Fernwärme-Vorranggebieten eine Sonderrolle ein, da dieses ein Fernwärme Satzungsgebiet ist und über kein Gasnetz verfügt. Das Gebiet der Universität nimmt ebenfalls eine Sonderrolle ein, da dieses zum heutigen Zeitpunkt bereits zum großen Teil mit Fernwärme vollversorgt wird.

Tabelle 15: Übersicht der für Fernwärme geeigneten Gebiete

Nr.	Name Gebiet	Wärmebedarf Szenario Basis2				Wärmebedarf Trend				Gasnetz Sanierungsbedarf			Prio
		2030	2035	2040	2045	2030	2035	2040	2045	kurzfristig	2030-2050	nach 2050	
		GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh				
2	Lerchenberg	59,3	57,8	56,4	55,0	56,7	54,2	51,8	50,4	Satzungsgebiet Fernwärme			
19	Universität	73,6	71,8	70,0	68,3	70,4	67,3	64,4	62,6	94%	0%	5%	
11	Oberstadt Mitte	165,0	160,9	157,0	153,1	157,9	151,0	144,4	140,3	35%	36%	29%	++
22	Altstadt Ost	21,1	20,6	20,1	19,6	20,2	19,3	18,5	17,9	28%	6%	66%	+
29	Altstadt Nord	62,8	61,3	59,8	58,3	59,9	57,3	54,8	53,2	61%	29%	10%	++++
30	Altstadt Mitte	71,8	70,0	68,3	66,6	68,4	65,4	62,6	60,8	35%	25%	40%	++
32	Neustadt	128,9	125,7	122,6	119,6	122,8	117,5	112,3	109,1	67%	21%	12%	++++
20	Hartenberg Ost	54,0	52,6	51,3	50,1	51,6	49,4	47,2	45,9	39%	19%	42%	++
21	Altstadt Süd	51,2	50,0	48,7	47,5	49,0	46,9	44,8	43,6	32%	24%	44%	+
27	Hartenberg West	31,4	30,7	29,9	29,2	30,1	28,8	27,5	26,7	49%	26%	25%	+++
31	Gonsenheim Nord	50,6	49,3	48,1	46,9	48,4	46,3	44,3	43,0	51%	29%	20%	+++
33	Mombach Süd	41,5	40,5	39,5	38,5	39,8	38,1	36,4	35,4	44%	23%	33%	++
35	Mombach Nord	10,8	10,5	10,3	10,0	10,3	9,9	9,4	9,2	37%	13%	51%	+
10	Bretzenheim Ost	38,1	37,1	36,2	35,3	36,4	34,9	33,3	32,4	1%	35%	64%	
12	Weisenau Nord-West	34,5	33,6	32,8	32,0	33,0	31,5	30,2	29,3	36%	22%	42%	
26	Gonsenheim Süd	5,3	5,2	5,0	4,9	5,0	4,8	4,6	4,5	21%	55%	24%	
		Fernwärme-Vorranggebiet				Fernwärme-Eignungsgebiet				Gebiet mit Teilgebieten, die fernwärmegeeignet sein oder werden könnten			

Die in Tabelle 15 aufgeführten Wärmebedarfe umfassen den gesamten Wärmebedarf des jeweiligen Gebietes, gemäß Wärmetlas. Konkrete Anschlussquoten für die Fernwärme sind in diesen Zahlen nicht enthalten, das Absatzpotenzial für die Fernwärme ist geringer als der kumulierte Gesamtwärmebedarf der Gebiete.

Neben den sieben Fernwärme-Vorranggebieten konnten weitere sechs Gebiete identifiziert werden, die eine hohe Eignung für die Fernwärme aufweisen. Diese Gebiete in Hartenberg, Mombach, Gonsenheim und der südlichen Altstadt zeichnen sich dadurch aus, dass sie über eine Vielzahl von Gebäudestrukturen verfügen, die fernwärmegeeignet erscheinen. Zusätzlich befinden sich in diesen Gebieten bereits Fernwärmetrassen oder diese befinden sich in unmittelbarer Nähe, so dass größere Teile der Gebiete unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit weiter mit Fernwärme erschlossen werden könnten. Im Gegensatz zu den Fernwärme-Vorranggebieten, weisen die Fernwärme-Eignungsgebiete ebenfalls verstärkt Bereiche mit Einfamilien-, Zweifamilien- und Reihenhäusern auf, die einen geringeren Wärmebedarf besitzen. Diese sollten nur dann an die Fernwärme angeschlossen werden, wenn die betroffenen Gebäude direkt an der Fernwärmetrasse liegen und ein Mindestwärmebedarf gegeben ist.

Die Gebiete Bretzenheim Ost, Weisenau Nord-West und Gonsenheim Süd erscheinen in ihrer Gesamtheit für die Fernwärme wenig geeignet, weisen jedoch einzelne, verdichtete Areale auf, die fernwärmegeeignet sein könnten. Andere Bereiche besitzen heute bereits Wärmeinsellösungen, deren Erzeugung langfristig durch einen Anschluss an die Fernwärme ersetzt werden könnte.

Eine detaillierte Aufschlüsselung zu den einzelnen Gebieten findet sich in Anlage 4 „Gebietssteckbriefe“.

10.2.2. Inselnetze

Im Rahmen der Gebietsanalyse wurden mehrere Bereiche identifiziert, die für die Errichtung von Nahwärmeinseln geeignet erscheinen. Als Erzeugertechnologie für diese Inselnetze kommen verschiedene Techniken in Frage. Neben den bekannten Technologien der Wärmepumpe (Luft-Wärmepumpe oder Erdsondenwärmepumpe) kommen ebenfalls H₂-ready-BHKW oder Biomassekesselanlagen/H₂-Kesselanlagen in Betracht, vorausgesetzt die notwendige H₂-Infrastruktur kann wirtschaftlich dargestellt werden.

Ebenso sind Kombinationen der oben aufgeführten Technologien möglich. So könnte eine Wärmepumpe in Kombination mit einem BHKW betrieben werden. Die Wärmepumpe läuft in der Grundlast, bezieht hierbei den benötigten Strom aus dem öffentlichen Stromnetz. In Zeiten der Höchstlast wird das BHKW hinzugeschaltet, wodurch dieses einerseits die Wärmelast mitabdeckt, andererseits stellt das BHKW-Eigenstrom für die Wärmepumpe bereit, wodurch dieser nicht durch das öffentliche Stromnetz zur Verfügung gestellt werden muss. Hierdurch können dezentral platzierte BHKWs für eine Entlastung des Stromnetzes in Kälteperioden sorgen. Strom, der darüber hinaus durch das BHKW zur Verfügung gestellt werden kann, kann in das Stromnetz eingespeist werden und steht weiteren Wärmepumpen, die bei umliegenden Wohngebäuden eingesetzt werden, zur Verfügung. Hierdurch werden die höheren Netzebenen ebenfalls entlastet.

Inselnetze müssen, im Gegensatz zum Fernwärmenetz, nicht mit hohen Temperaturen betrieben werden, vorausgesetzt die Technische Gebäudeausstattung (TGA) der angeschlossenen Gebäude ist entsprechend ausgelegt. Somit eröffnet sich die Möglichkeit der kalten Nahwärmenetze, die Betriebskosten und Wärmeverluste reduzieren. Kalte Nahwärmenetze können beispielsweise realisiert werden, in dem eine zentrale Sammelschiene durch mehrere Erdsonden mit wärmerem Wasser gespeist wird. Dieses Wasser wird anschließend zu den umliegenden Gebäuden transportiert, in denen einzelne Wärmepumpen eine für das Gebäude geeignete Vorlauftemperatur bereitstellen. Der Vorteil eines solchen Systems: Im Gegensatz zu einer Luftwärmepumpe bleibt der COP der Wärmepumpe, d. h. deren Effizienz, das gesamte Jahr annähernd konstant.

Eine detaillierte Aufführung der für Inselnetze geeigneten Bereiche, bzw. von Bereichen die zu prüfen sind, befindet sich in Tabelle 16, sowie in den Gebietssteckbriefen, siehe Anlage 4.

Tabelle 16: Zu prüfende Bereiche für Nahwärmenetze

Gebietsnummer	Gebietsname	Für Nahwärmenetz zu prüfender Bereich
1	Ebersheim	Hochhäuser Dresdener Straße
3	Marienborn	Hochhäuser Am Sonnigen Hang
5	Hechtsheim Mitte	Ortskern
6	Hechtsheim Ost	- Wohnblöcke/Hochhäuser im Bereich der Alten Mainzer Straße - Wohnblöcke um den Platz Auf dem Hewwel / Pro
7	Laubenheim	Blockbebauung Rüsselsheimer Allee
9	Bretzenheim West	Bereich zwischen Holunder- und Buchenweg
10	Bretzenheim Ost	Hochhäuser und Blocks Südring zusammen mit Karl-Zörgiebel-Straße aus Gebiet 15
14	Weisenau Mitte	Ortskern
15	Bretzenheim Nord-West	- Hochhäuser und Blocks Karl-Zörgiebel-Straße zusammen mit Südring aus Gebiet 10 - Ortskern
16	Bretzenheim Nord	Michael-Müller-Ring
23	Finthen	- Siedlung am Sertoriusring im Nordwesten - Siedlung Katzenberg / Nelkenweg
24	Gonsenheim West	Hochhäuser Finther Landstraße im Südwesten
28	Hartenberg Mitte	Bildungseinrichtungen und öffentliche Gebäude westlich von Ida-von-Hahn-Straße

10.2.3. Dezentrale Lösungen

Gebiete, die aus wirtschaftlicher Sicht nicht mit Fernwärme erschlossen werden können, benötigen dezentrale Lösungsvarianten für die Wärmeversorgung. Die Wirtschaftlichkeit ist meist aufgrund der Entfernung zum Fernwärmenetz oder einer zu geringen Wärmedichte mittel- bis langfristig nicht gegeben. Eine Auflistung dieser Gebiete findet sich in Tabelle 17.

Bei der Kategorisierung wurde in Gebiete mit einer überwiegend dezentralen Versorgung und solchen mit einer rein dezentralen Versorgung unterschieden. In Gebieten der Kategorie „vorrangig für dezentrale Versorgung geeignet“ können sich einzelne Areale mit verdichteten Mehrfamilienblock- und/oder Hochhausbebauungen befinden, die sich für leitungsgebundene Versorgungsoptionen anbieten könnten. Diese leitungsgebundenen Versorgungsoptionen können als dezentrale Nahwärmeinseln realisiert werden. Innerhalb dieser Kategorie befinden sich oftmals ebenfalls sehr eng bebaute Ortskernstrukturen, deren Sanierungszustand und Haustechnik als stark heterogen anzunehmen ist. Aufgrund der engen Bebauung ergeben sich starke Restriktionen für den Einsatz dezentraler Erzeugungsoptionen auf Basis Erneuerbarer Energien. Das könnten beispielsweise Einschränkungen beim Einsatz von Wärmepumpen aufgrund von Platzmangel und Schallemissionen sein. Da E-Gase für Raumheizzwecke kurz- bis mittelfristig voraussichtlich nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen werden, wird

empfohlen in solchen Gebieten die Option einer leitungsgebundenen Nah- oder Fernwärmeversorgung planerisch vertieft zu untersuchen, wobei zu erwarten ist, dass diese hohen Gestehungskosten aufweisen wird.

In Gebieten der Kategorie „Dezentrale Wärmeversorgung“ konnte keine Eignung für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung identifiziert werden. Gebäude innerhalb der Gebiete sollten zum Erreichen der Klimaneutralität zukünftig überwiegend durch Luft- und/oder Erdwärmepumpen mit Wärme versorgt werden.

Die in Tabelle 17 aufgeführte Priorisierung der Gebietsumstellung richtet sich vornehmlich nach dem Erneuerungsbedarf der vorhandenen Gasnetzinfrastruktur, sowie zweitrangig nach dem Alter des Stromnetzes, vgl. Abbildung 18.

Im Rahmen des WMP 2.0 ist keine dezidierte Untersuchung zur Reihenfolge des notwendig werdenden Ausbaus des Strom-Niederspannungsnetzes erfolgt. Diese erfolgt nachgelagert zum WMP 2.0, beginnend mit den Gebieten der Kategorisierung „Dezentrale Wärmeversorgung“, gefolgt von Gebieten der Kategorie „Vorrangig für dezentrale Versorgung geeignet“. Aufgrund der bereits existierenden Strominfrastruktur können Wärmepumpen schon heute unverzüglich angeschlossen werden, wie dies zum 1.1.2024 durch die BNetzA verpflichtend sein wird, sofern der Netzanschluss oder die Wärmepumpe in der Leistung (EnWG §14a) durch den Netzbetreiber begrenzt werden kann. Bestehende Kapazitätsreserven im Netz werden somit ausgeschöpft, bei parallelem Monitoring des Wärmepumpenzuwachs, der resultierenden Netzhöchstlast und der Spannungsqualität in den einzelnen Gebieten. Eine Kapazitätsprüfung des Stromnetzes sollte im Rahmen dieses Monitorings regelmäßig erfolgen.



Abbildung 18: Erneuerungsbedarf Stromnetz [MN]

Durch den vermehrten Einsatz von Wärmepumpen sowie der weiteren Verbreitung der Elektromobilität wird erwartet, dass die Stromnetze eine höhere Belastung erfahren, als es derzeit der Fall ist. Entsprechend sind im Rahmen der Wärmewende ebenfalls die Kapazitäten des Stromnetzes zu prüfen.

Tabelle 17: Übersicht der für dezentrale Wärmeversorgung geeigneten Gebiete

Nr.	Name Gebiet	Wärmebedarf Szenario Basis2				Wärmebedarf Trend				Gasnetz Sanierungsbedarf			Prio
		2030	2035	2040	2045	2030	2035	2040	2045	kurzfristig	2030-2050	nach 2050	
		GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh				
5	Hechtsheim Mitte	63,5	62	60,4	59	60,9	58,3	55,7	54,1	0%	76%	24%	+
6	Hechtsheim Ost	34,3	33,6	32,7	31,9	33	31,5	30,2	29,3	0%	68%	32%	+
9	Bretzenheim West	23,4	22,8	22,3	21,7	22,4	21,4	20,5	19,9	6%	73%	21%	+
14	Weisenau Mitte	25,7	25,1	24,4	23,8	24,6	23,6	22,5	21,9	37%	19%	44%	++
15	Bretzenheim Nord-West	53,0	51,7	50,4	49,1	50,8	48,6	46,5	45,2	38%	16%	46%	++
16	Bretzenheim Nord	20,3	19,8	19,3	18,8	19,5	18,6	17,8	17,3	45%	35%	20%	+++
17	Römersteine	20,4	19,9	19,4	18,9	19,5	18,7	17,9	17,4	9%	30%	61%	+
18	Oberstadt Süd	45,8	44,7	43,6	42,5	43,9	41,9	40,1	39,0	33%	22%	45%	++
23	Finthen	81,8	79,8	77,8	75,9	78,5	75,0	71,8	69,7	24%	59%	17%	++
25	Gonsenheim Mitte	22,3	21,8	21,2	20,7	21,4	20,5	19,6	19,0	69%	14%	17%	+++
28	Hartenberg Mitte	10,2	10,0	9,7	9,5	9,8	9,4	9,0	8,7	69%	6%	25%	+++
34	Mombach Mitte	39,1	38,1	37,2	36,2	37,4	35,7	34,2	33,2	54%	15%	31%	+++
1	Ebersheim	33,5	32,7	31,9	31,1	32,1	30,7	29,3	28,5	0%	42%	58%	++
3	Marienborn	20,5	20,0	19,5	19,0	19,6	18,8	17,9	17,4	0%	66%	34%	++
4	Hechtsheim West	41,6	40,5	39,5	38,6	39,6	37,9	36,2	35,2	0%	78%	22%	++
7	Laubenheim	65,5	63,9	62,4	60,8	62,9	60,1	57,5	55,8	8%	78%	14%	++
8	Drais	23,5	23,0	22,4	21,8	22,6	21,6	20,6	20,0	0%	73%	27%	++
13	Weisenau Süd-Ost	20,0	19,5	19,0	18,6	19,2	18,3	17,5	17,0	19%	39%	41%	++
24	Gonsenheim West	48,4	47,2	46,0	44,9	46,3	44,2	42,3	41,1	44%	14%	41%	+++
Gebiete, die vorrangig für dezentrale Versorgung geeignet sind													
		Gebiete für dezentrale Wärmeversorgung											

Eine detaillierte Aufschlüsselung zu den einzelnen Gebieten findet sich in Anlage 4 „Gebietssteckbriefe“.

10.3 Maßnahmen im Neubau

Die Bundesregierung hat mit dem GEG und den darin definierten Mindestanforderungen an den Energieeffizienzstandard für Neubauten die Weichen für geringere Energieverbräuche in der Zukunft gestellt. Seit 2023 muss für Neubauten der Energieeffizienzstandard EH-55, ab 2025 der Energieeffizienzstandard EH-40 eingehalten werden. Dies bedeutet, dass der Energieverbrauch eines Neubaus max. 55 % bzw. 40 % des Referenz-Standardgebäudes entsprechen darf. Mit der Einhaltung dieses Standards wird der Energieverbrauch des Gebäudes gegenüber dem Referenzgebäude reduziert, er ist jedoch noch nicht klimaneutral.

Das Ziel der Bundesregierung, ab dem Jahr 2045 klimaneutral zu sein, kann nur erfüllt werden, sofern etwaige eingesetzte fossile Energieträger durch Energie aus regenerativen Quellen ersetzt werden. Um dies bewerkstelligen zu können und das Ziel der Landeshauptstadt Mainz, das Erreichen der Klimaneutralität möglichst bis 2035,

erfüllen zu können, ist es unabdingbar, bei Neubauten bereits heute eine klimaneutrale Wärmeversorgung anzubieten bzw. die Neubauten derart zu errichten, dass eine Ablösung fossiler Energieträger mit minimal möglichem Investitionsaufwand möglich ist.

Auf diese Weise können Neubauten gegenüber Neubauten, die nur das Mindestmaß der gesetzlichen Forderungen erfüllen, mehr CO₂ einsparen.

Im Rahmen der Erarbeitung des WMP 2.0 wurden mehrere Neubauprojekte identifiziert, die sich für die modellhafte Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung anbieten. Die identifizierten Neubauprojekte sind:

1. Neues Stadtquartier ehemalige GFZ-Kaserne (O 53)
2. Wohnquartier Am Medienberg (Le 3)
3. Wohnquartier Hechtsheimer Höhe (He 130)
4. Housing Area Finther Landstraße
5. Vor der Frecht (B 168)

Eine Karte mit den jeweiligen Standorten ist in Abbildung 19 in grün dargestellt.

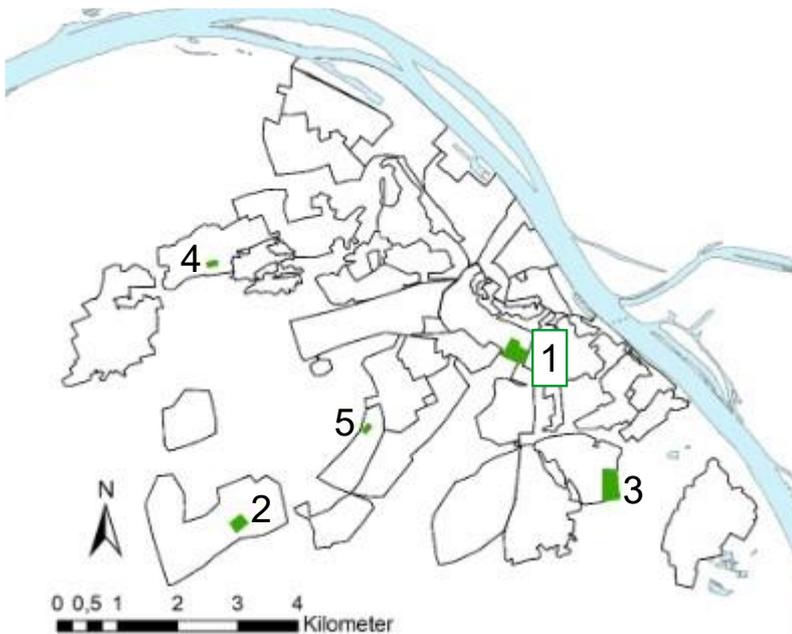


Abbildung 19: Standorte der fünf Modellprojekte

10.3.1. Neues Stadtquartier ehemalige GFZ-Kaserne (O 53)

Bei dem Neubauprojekt „Neues Stadtquartier ehemalige GFZ-Kaserne“ handelt es sich um ein Neubauprojekt auf einer Konversionsfläche mit ca. 95.000 m², das jeweils hälftig der GVG und BioNTech gehört. In dem von der GVG erschlossenen Teil sollen ca. 450 Wohneinheiten (WE), einige kleinere Gewerbeeinheiten sowie eine Kindertagesstätte entstehen. Der von BioNTech zu erschließende Bereich soll Labore, Büros, ein Parkhaus mit Tiefgarage, Lager bzw. Logistikeinrichtungen, Kantinen und Gewerbeeinheiten (Einzelhandel) beinhalten.

Das Neubauprojekt befindet sich in Gebiet 11, Oberstadt Mitte, das als Fernwärme-Eignungsgebiet gekennzeichnet ist und von Fernwärme-Vorranggebieten umrandet ist. Das Fernwärmenetz befindet sich in unmittelbarer

Nähe zum Quartier, so dass ein Anschluss an die Fernwärme mit geringem Aufwand realisiert werden kann. Abbildung 20 fasst die geographische Lage und Randbedingungen dieses Gebiets zusammen.

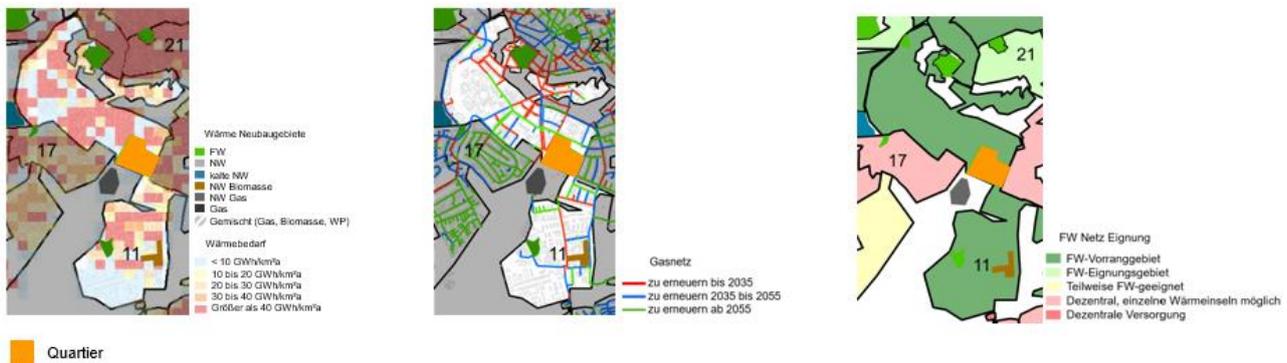


Abbildung 20: Wärmedichte, Gasnetzalter und Gebieteignung um „Neues Stadtquartier ehemalige GFZ-Kaserne“

10.3.2. Neubauprojekt „Wohnquartier Am Medienberg“ (Le 3)

Das Neubauprojekt „Wohnquartier Am Medienberg“, ehemals „Spargelacker“, umfasst eine Fläche von ca. 49.000 m² mit ca. 450 WE, einer Kindertagesstätte und einer Quartiersgarage. „Wohnquartier Am Medienberg“ befindet sich im Fernwärme-Satzungsgebiet Lerchenberg (Gebiet 24, Abbildung 21), in dem Fernwärme flächendeckend zur Verfügung steht. Ein Gasnetz ist in diesem Gebiet nicht verfügbar. Der Anschluss an die Fernwärme wird für das Projekt „Wohnquartier Am Medienberg“ daher empfohlen.



Abbildung 21: Randbedingungen um „Wohnquartier Am Medienberg“

10.3.3. Neubauprojekt Hechtsheimer Höhe (He 130)

Bei dem Neubauprojekt „Hechtsheimer Höhe (He 130)“ handelt es sich ebenfalls um ein Neubauprojekt auf einer Konversionsfläche. Jedoch verzögert sich die Umsetzung dieses Projekts aufgrund verschiedener zu klärender Punkte. Die Lage ist in Abbildung 22 dargestellt.



Abbildung 22: Luftbild Lage „Hechtsheimer Höhe“

Gepplant ist eine Bruttogeschossfläche von ca. 75.000 m². Darin entstehen sollen ca. 410 WE, wovon 234 EFH, RH oder DH sind und 15 MFH mit insgesamt ca. 173 WE. Die Randbedingungen sind in Abbildung 23 abgebildet.

Der „He 130“ befindet sich neben Gebiet 6, das für eine überwiegend dezentrale Versorgung geeignet ist. Eine Fernwärmeinfrastruktur ist in absehbarer Zeit nicht in diesem Gebiet zu erwarten. Eine Möglichkeit zur Wärmeversorgung kann der Aufbau eines Nahwärmenetzes darstellen. Im fortlaufenden Planungsprozess sollten weitere Versorgungslösungen untersucht werden, um die ökologisch und wirtschaftlich beste Lösung, unter Berücksichtigung aller Randparameter, zu ermitteln.

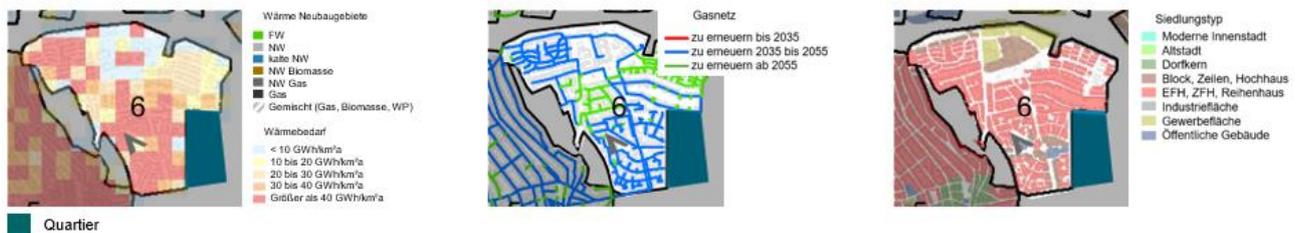


Abbildung 23: Randbedingungen „Hechtsheimer Höhe (He 130)“

10.3.4. Housing Area „Finther Landstraße“

Bei dem Projekt „Finther Landstraße“ handelt es sich um eine mögliche Konversionsfläche in Gebiet 24, Gonsenheim West, das für dezentrale Wärmeversorgungs-lösungen geeignet erscheint. Aktuell befinden sich mehrere ehemalige Kasernenwohngebäude, vgl. Abbildung 24, im Bereich der Finther Landstraße, die derzeit als Flüchtlingsunterkunft genutzt werden.



Abbildung 24: Luftbild „Finther Landstraße“

Zum jetzigen Zeitpunkt ist die zukünftige Nutzungsweise noch nicht entschieden. In Abhängigkeit des künftigen Nutzungs- und Baukonzepts ist die Wärmeversorgung zu klären. Die Heizungsanlage der Bestandsgebäude ist abgängig, so dass in jedem Fall eine Lösung für die zukünftige Wärmeversorgung geplant werden muss. Ein Fernwärmeanschluss ist aufgrund der Distanz zum Fernwärmenetz nicht wirtschaftlich. Eine mögliche Lösung bei Weiternutzung der Bestandsgebäude als auch für ein Neubauprojekt kann daher der Aufbau eines kalten Nahwärmenetzes sein, bestehend aus Erdsonden, einer Sammel- und Verteiltrasse und dezentralen Wärmepumpen, die die Erdwärme ganzjährig nutzen. Eine solch klimaneutrale Wärmeversorgung kann voraussichtlich mittels eines PeX-Systems für den Wärmetransport kosteneffizient realisiert werden. Die Randbedingungen sind in Abbildung 25 dargestellt.

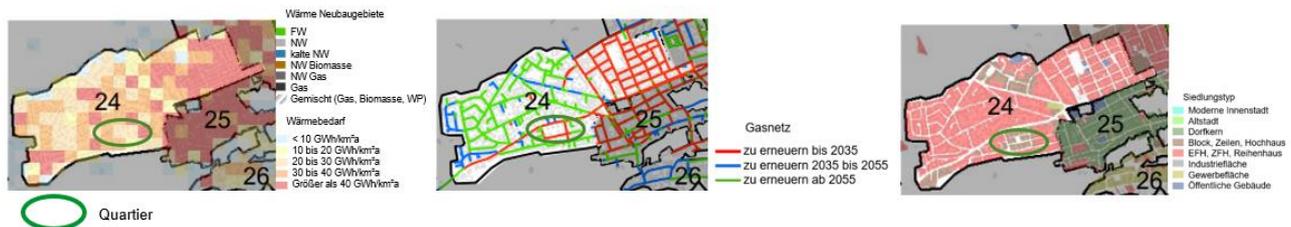


Abbildung 25: Randbedingungen „Finther Landstraße“

10.3.5. Wohnquartier „Vor der Frecht“ (B 168)

Das Wohnquartier „Vor der Frecht“ befindet sich in Gebiet 9, Bretzenheim West, das vornehmlich für dezentrale Wärmeversorgungslösungen geeignet ist (Abbildung 26). Eine Fernwärmeerschließung ist für das Gebiet 9 eher unwahrscheinlich. Jedoch verläuft eine Fernwärmeleitung zur Versorgung des Lerchenbergs in unmittelbarer Nähe zu diesem Neubauprojekt, so dass ein Fernwärmeanschluss für dieses Gebiet realisiert werden kann. Dieses Beispiel zeigt, dass die identifizierten Eignungen aus Unterkapitel 10.2 nicht absolut sind, sondern jeweils Einzelfallentscheidungen zu treffen sind, die von der generellen, identifizierten Eignung abweichen können.

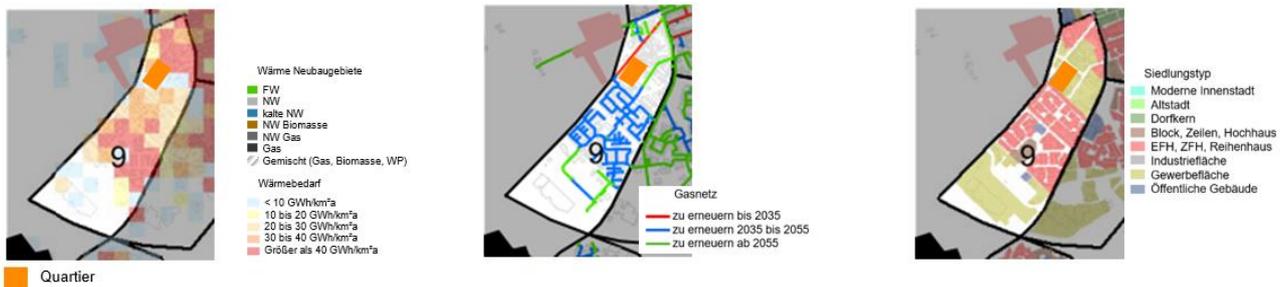


Abbildung 26: Randbedingungen „Vor der Frecht“

10.4 Maßnahmen zur Bestandstransformation

Ein Großteil des Wärmeverbrauchs innerhalb der Landeshauptstadt Mainz findet innerhalb der Bestands-Wohngebäude statt, so dass für diese ebenfalls Maßnahmen aufzuzeigen und umzusetzen sind. Eine der größten Herausforderungen hierbei stellt die koordinierte Umstellung von fossiler, dezentraler Wärmeerzeugung hin zur Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien, ohne dass es zu längeren Unterbrechungen der Wärmebereitstellung für die einzelnen Gebäude kommt.

Exemplarisch ist im Rahmen des WMP 2.0 das Gebiet der Neustadt herangezogen, um den Weg und die Schritte für eine Umstellung von Gas auf Fernwärme aufzuzeigen, bei gleichzeitiger Entflechtung der beiden Gewerke Gas und Fernwärme im Versorgungsgebiet.

10.4.1. Erschließung der Neustadt mit Fernwärme

Das Gebiet Neustadt ist, wie in Unterkapitel 10.2.1 und Anlage 4 aufgezeigt, aufgrund seiner Bebauungsstruktur, Wärmedichte, Nähe zur Ingelheimer Aue und vorhandener Infrastruktur stark prädestiniert für eine Wärmeversorgung mittels Fernwärme.

Die bisherige Wärmeversorgung des Gebietes wird vornehmlich mittels der zum großen Teil parallel verlegten Infrastruktur Erdgas und Fernwärme realisiert. Um die Umstellung auf ein rein fernwärmeversorgtes Gebiet zu bewerkstelligen, sind mehrere Schritte notwendig.

- **Vorplanung**

Die Vorplanung umfasst die detaillierte Aufnahme der Bestandsgebäude und deren Anforderungen (Wärmeleistung, erforderliche Temperaturen, TGA), um für diese die notwendige Hydraulik des Fernwärmenetzes zu bestimmen. Darüber hinaus sind Informationen über die weiteren Gewerke innerhalb der Straße einzuholen und einen möglichen Erneuerungsbedarf derselben festzustellen. Als Beispiel seien hier Trinkwasserleitungen genannt, für welche eine Bruchgefahr besteht, bei Tiefbauarbeiten in deren Nähe. Der Erneuerungsbedarf der gas- und fernwärmefremden Gewerke ist zu berücksichtigen, um so zu vermeiden, dass Straßenzüge innerhalb kurzer Zeitabstände mehrmals aufgebrochen werden müssen. Hierbei gilt, je mehr Sparten betroffen bzw. beteiligt sind, desto komplizierter gestaltet sich die Umsetzung und desto länger dauert die Baumaßnahme. Außerdem kann eine Verlegung der anderen Sparten notwendig sein, um ausreichend Platz für neue Fernwärmetrassen zu schaffen. Dieser Aufwand muss ebenfalls in der Vorplanung berücksichtigt werden.

- **Einbindung der Anwohnerinnen und Anwohner**

Der Vorplanung vorausgehend oder parallel zu dieser sollte eine intensive, zielgerichtete Kommunikation mit den Anwohnerinnen und Anwohnern des betreffenden Gebietes geführt werden, um diese über die

Notwendigkeit der bevorstehenden Arbeiten zu unterrichten und im besten Fall deren Überzeugung und Zustimmung zu diesen zu erlangen. Näheres hierzu siehe Abschnitt 10.5.13.

- **Erstellung eines Umstellungszeitplans**

Basierend auf den Vorplanungen sollte ein Zeitablauf erstellt werden, der mehrere Ebenen umfasst. Zum einen muss ein Grob Ablauf auf Jahresbasis erstellt werden. In diesem enthalten sind die wichtigsten Eckpunkte der Umstellung, wie z.B. wann welche Straßenzüge eine Umstellung erfahren, welche Gewerke möglicherweise parallel hierzu erneuert oder auch neu verlegt werden (z.B. Glasfaser als Teil der IKT).

Wochenscharf ist der Ablauf in jedem Umstellungsjahr zu erfassen und zu planen, so dass jederzeit die Versorgung der sich ändernden Netze gewährleistet werden kann und im Gesamtkontext der städtebaulichen Entwicklung umsetzbar ist.

Tagesscharf sollte die Umstellung einzelner Gebäude geplant werden. Hierbei ist insbesondere darauf zu achten, zu welchem Zeitpunkt die Umrüstung der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) erfolgt, um eine unterbrechungsfreie Versorgung zu gewährleisten bzw. die Zeit der Unterbrechung zu minimieren. Hierzu wird eine übergeordnete Koordination durch die Mainzer Stadtwerke zur Synchronisation empfohlen, welche eine städtische Unterstützung, z.B. zur Regelung des Verkehrsflusses, benötigt.

Die Planungen müssen neben dem Auf-, Aus- und Umbau der relevanten Versorgungssparten wie IKT, Stromnetzanpassung, Ladeinfrastruktur, Abwasser etc. unter anderem auch Verkehrskonzepte im jeweiligen Umstellungsgebiet umfassen. Neben dem zeitlichen Aufwand sind ebenso die kostenmäßige Aufwendungen zu erfassen.

- **Umsetzung**

Die Umsetzung kann nur in der heizfreien Zeit durchgeführt werden, um die Einschränkungen für die Kunden möglichst gering zu halten. Während der Umstellung von Gas auf Fernwärme wird es zu kurzzeitigen Ausfällen der Warmwasserbereitstellung kommen. In anderen Städten haben sich Kompensationsangebote bewährt, um eine höhere Akzeptanz zu schaffen und die Unzufriedenheit zu mindern. Ein solches Kompensationsangebot war beispielsweise das zur Verfügung stellen einer saisonalen Dauerkarte für die öffentlichen Schwimmbäder. Zur Umsetzung des Vorhabens sind, basierend auf den vorhergehenden Planungen, entsprechende Kapazitäten (Material, Planungs- und Arbeitskräfte) vorzuhalten und einzusetzen. Von großer Wichtigkeit ist die Terminierung der einzelnen Bautrupps und Gewerke, sowie der Stand der Umrüstung der TGA innerhalb der Gebäude. Es ist ein Verfahren zu entwickeln, das Lösungen bereithält, sollte die TGA in den einzelnen Gebäuden noch nicht dem für die Fernwärme benötigten Stand entsprechen.

- **Rechtsgrundlage**

Aktuell existiert keine belastbare Rechtsgrundlage, die eine verpflichtende Umstellung von Gas auf Fernwärme zulässt. Entsprechend gilt, dass unabhängig von dem oben beschriebenen Zeitplan nach derzeitiger Rechtslage das Gasnetz flächendeckend in Betrieb gehalten werden muss, bis der letzte Kunde umgestellt oder nachgewiesen ist, dass ein Betrieb des Gasnetzes für die Mainzer Netze GmbH wirtschaftlich nicht mehr tragbar ist. Somit ergibt sich die Gefahr des „Stranded Investment“.

Hieraus ergibt sich der Bedarf an eine belastbare Rechtsgrundlage. Diese kann

- auf **Landesebene** im Zuge der gesetzlichen Verankerung der **Kommunalen Wärmeplanung (KWP)**
- oder **Bundesebene** durch die gesetzlichen Regelungen zur **KWP und** die Anpassungen des **EnWG** geschaffen werden.

- Auf **kommunaler Ebene** besteht die Möglichkeit, ein **Satzungsgebiet** auszuweisen; einhergehende Konsequenzen sind die Begründung des Satzungsgebietes sowie die Lösung der Frage, ob eine Wärmenetzkonzession auszuschreiben ist.

Abbildung 27 stellt beispielhaft einen Ablaufplan dar.

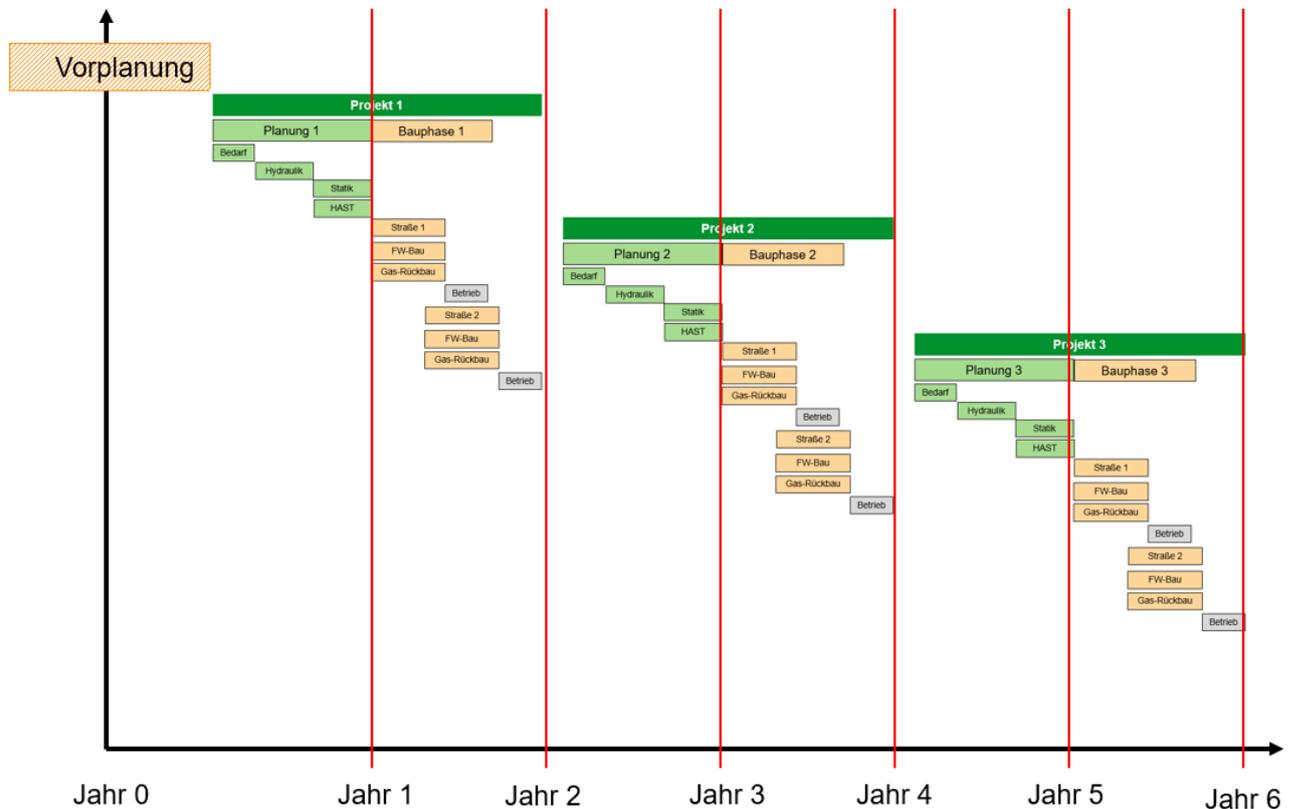


Abbildung 27: Beispiel für groben Ablaufplan

10.4.2. Weitere Gebiete zur Fernwärmeerschließung

Weitere Gebiete, bei denen sich eine möglichst flächendeckende Erschließung mit Fernwärme anbietet:

- FW-Anschluss Gonsenheim Nord (Gebiet 31)
- Altstadt (Gebiet 29, 30, 22)
- Oberstadt Mitte (Gebiet 11)
- Mombach Nord

Ein flächendeckender Ausbau der Fernwärme bietet sich aufgrund vorhandener FW-Netzinfrastruktur und geplanter Netzverstärkungsmaßnahmen (z.B. Maschenschluss) in Gonsenheim Nord bei ausreichender Wärmedichte sehr stark an. Darüber hinaus zeichnen sich die weiteren Gebiete ebenfalls durch hohe Wärmedichten und bereits vorhandene FW-Infrastrukturen aus. Für alle genannten Gebiete muss analog der Erschließung der Neustadt mit Fernwärme ein Zeitplan erarbeitet werden, um die die Ablösung des Gasnetzes zu koordinieren. Hierbei gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie unter 10.4.1 aufgeführt.

10.4.3. Erarbeitung von Wärmelösungen für Ortskerne

Für Gebiete, die über Ortskerne verfügen, s. Anlage 4, bieten sich wie in Anlage 1 beschrieben, folgende Wärmeerzeugungslösungen an:

1. (Wärmepumpen/Hybride/Holzpelletkessel) (lokale Einschränkung aufgrund von Platz, Emissionen etc.)
2. Nahwärmenetze
3. Gasnetze mit H₂-Versorgung

Aufgrund der dichten Bebauungsstruktur sind Wärmepumpen nur eingeschränkt nutzbar in diesen Bereichen (Platz, Schallemission). Sollte die Bebauungsstruktur eine großflächige Nutzung von Wärmepumpen ermöglichen, ist zu prüfen, ob die Stromnetze für eine entsprechende Netzlast ausgelegt sind und ggf. zu verstärken sind.

Nahwärmenetze bieten sich für Ortskerne an, in denen alte Gasnetzstrukturen vorhanden sind, die zeitnah zu ertüchtigen sind (z.B. Weisenau, Finthen, Gonsenheim Mitte, Bretzenheim).

Die Nutzung von Gasnetzen für den H₂-Transport bietet sich für dicht bebaute Ortskerne an, die über neuere/bereits ertüchtigte Gasnetze verfügen (z.B. Ebersheim, Marienborn).

Die zeitliche Umsetzung der verschiedenen Lösungen sollte in Abhängigkeit des Alters und somit des damit verbundenen Sanierungsaufwands der in den einzelnen Gebieten vorherrschenden Wärmeversorgungsinfrastruktur erfolgen. Darüber hinaus kann die derzeit zu erarbeitende Wärmestrategie (Stand Juli 2023) genutzt werden, um die vorgeschlagene Priorisierung zu überarbeiten und diese in den zeitlich-strategischen Kontext einzugliedern.

10.4.4. Nahwärmelösungen in Form von Insel-/Contractinglösungen in Gebieten mit Hochhausbebauung

In Gebieten, die die sich nicht für eine großflächige Erschließung mit Fernwärme eignen, können sehr wohl Bereiche existieren, die eine ausreichende Wärmedichte für die Errichtung von Nahwärmenetzen aufzeigen, die als Inselnetze kleinere Bereiche mit Wärme versorgen. Als regenerative Wärmeerzeugung können für diese Bereiche beispielsweise

- Luftwärmepumpen
- Erdwärmepumpen
- KWK-Anlagen mit Spitzenlastkessel (als H₂-ready-Ausführung)

genutzt werden.

Der Einsatz von KWK-Anlagen auf Basis erneuerbarer Gase hat hierbei den positiven Nebeneffekt, dass durch den lokal erzeugten Strom die übergeordnete Netzebene entlastet werden kann, sollte ein hoher Strombedarf aufgrund von Wärmepumpennutzung und E-Mobilität in den umliegenden Bereichen auftreten.

Gebiete, die entsprechende für Nahwärmeinseln geeignete Bereiche aufweisen, sind beispielsweise:

- Gebiet Finthen: Bereich Hochhäuser Sertoriusring,
- Gebiet Bretzenheim: Bereich Hochhäuser und Baublocks Südring / Karl-Zörgiebel-Straße
- Gebiet Gonsenheim: Bereich Hochhäuser Finther Landstraße

10.4.5. Anschluss HKW Lerchenberg an die Mainzer Fernwärme

Das Satzungsgebiet Lerchenberg verfügt, neben dem Anschluss an das Hauptfernwärmenetz, ebenfalls über ein eigenes Heizkraftwerk. Im Rahmen der Wärmewende und im Zuge der Effizienzsteigerung sollte angestrebt werden, eine möglichst vollständige Abdeckung des Wärmebedarfs des Gebietes Lerchenberg durch den Bezug aus dem Mainzer Fernwärmenetz zu erreichen. Die Ablösung des Heizkraftwerkes sollte hierbei unter Berücksichtigung der Restlaufzeit des dortigen Biogas-BHKW erfolgen. Im Rahmen der Erhöhung des Fernwärmebezugs hat eine Leistungserhöhung der

- Fernwärme-Übergabestation zum Gebiet Lerchenberg
- Druckerhöhungsstationen

zu erfolgen. Damit einhergehend kann die Realisierung eines Transformationsplans für das Gebiet erfolgen.

10.4.6. Anschluss HW Berliner Siedlung an die Mainzer Fernwärme

Im Rahmen der Wärmetransformation kann die Integration von Wärmeinseln in das Fernwärmenetz ebenfalls eine Lösung zur Effizienzsteigerung sein. Für solch eine Realisierung bietet sich beispielsweise die Berliner Siedlung an. Eine möglichst vollständige Abdeckung des Wärmebedarfs durch den Bezug aus dem Mainzer Fernwärmenetz sollte angestrebt werden, wobei die Restlaufzeit des dortigen Biogas-BHKW berücksichtigt werden muss. Zur Umsetzung sind nachfolgende Maßnahmen erforderlich:

- Fernwärmeleitung zur Anbindung an das Netz MFW
- Fernwärme-Übergabestation an das Netz Berliner Siedlung
- Erneuerung der vorhandenen Heizkessel im erforderlichen Umfang und Anbindung an das Fernwärmenetz MFW (Spitzenlastabdeckung am Netzende insbes. Heiligkreuzviertel)

Durch die beschriebenen Maßnahmen kann die Realisierung eines Transformationsplans für das Gebiet gleichzeitig erfolgen.

10.5 Flankierende Maßnahmen

Neben den umsetzungsorientierten Maßnahmen sind ebenfalls flankierende Maßnahme notwendig, diese können sowohl planerischer, als auch strategischer oder politischer Art sein.

10.5.1. Netzentflechtung

Mit einem flächendeckenden Ausbau der Fernwärme und Nahwärme wird diese Form der Netzinfrastruktur massiv ausgebaut. Gleichzeitig jedoch existiert in den meisten Gebieten ebenfalls eine Gasnetzinfrastruktur, die dem gleichen Zweck dient wie die Fernwärmeinfrastruktur: die Wärmeversorgung der Gebäude. Der parallele Unterhalt dieser zwei Netzinfrastrukturen ist kostspielig und langfristig wirtschaftlich schwer tragbar, da beide Infrastrukturen um denselben Kundenstamm buhlen.

Der konsequente Rückbau bzw. die Stilllegung einer Infrastruktur bei gleichzeitigem Ausbau der anderen ist somit der logische Schritt, um die Wirtschaftlichkeit der Netze zu verbessern. Zum Erreichen der Klimaziele sollte hierbei der Fernwärme der Vorrang gegeben werden, solange nicht sichergestellt werden kann, dass erneuerbare Gase in ausreichendem Maße für die Gasnetzbereiche zur Verfügung stehen.

Im Zuge der Netzentflechtung sind ebenfalls Endzeitpunkte für die Außerbetriebnahme des Gasnetzes bzw. Teile desselben festzulegen, da aus obig genannten Kostengründen Gasnetze nicht unbegrenzt lange vorgehalten werden können. Darüber hinaus sollte, um die Ziele für eine CO₂-neutrale Raumwärmeversorgung zu erreichen sowie auf Grund des Netzalters, das Netz in den Fernwärme-Vorranggebieten nicht länger als 2045 vorgehalten werden müssen.

10.5.2. Kapazitätsprüfungen Wärmenetz & Wärmeerzeugung

Die identifizierten Wärmeversorgungs-lösungen aus Unterkapitel 10.2 setzen einen massiven Ausbau der Fernwärmeinfrastruktur voraus. Um diesen durchführen und beherrschen zu können ist es unerlässlich, dass eine Prüfung der Leitungs- und Erzeugerkapazitäten stattfindet. Im Zuge dieser Überprüfung sind ebenfalls Maßnahmen zu erarbeiten, welche bei etwaigen hydraulischen Engpässen entlastend wirken. Solche Maßnahmen können z.B.

- Maschenschlüsse
- Verstärkungsleitungen
- Pumpstationen

sein.

10.5.3. Kapazitätsprüfung Stromnetz

Mit der fortschreitenden Wärmewende und den in Unterkapitel 10.2 identifizierten Wärmeversorgungs-lösungen für die dezentral zu versorgenden Gebiete kommt es zu einem vermehrten Zubau von Wärmepumpen. Gleichermaßen wird durch die Elektrifizierung des Verkehrs ein Zuwachs von Ladestationen erwartet, was in einer zu erwartenden Zunahme der Spitzenlast im Stromnetz resultiert. Insbesondere in der Heizperiode, wenn der COP von Luftwärmepumpen sinkt, wird die Stromspitze im Netz ansteigen. Aus diesem Grund hat analog der Überprüfung der Fernwärmehydraulik eine Überprüfung der Stromnetzkapazitäten stattzufinden und entsprechende Maßnahmen zum Erhalt der Versorgungssicherheit sind zu treffen.

Hierzu zählt unter anderem auch, dass Flächen für notwendige Trafo-Stationen vorgehalten werden.

10.5.4. Aufbau von Personal- und Technikkapazitäten sowie Finanzressourcen

Neben der notwendigen Prüfung der Erzeugungs- und Übertragungskapazitäten ist es von Bedeutung, dass ausreichend Personalkapazitäten verfügbar sind für Planung, Umsetzung und Überwachung aller notwendigen Maßnahmen im Rahmen der Wärmewende. In Abschnitt 11.2 wird abgeschätzt, welche Personalressourcen voraussichtlich notwendig sind. Auf Seiten der Mainzer Stadtwerke AG hat eine weitere Personalaufwandsabschätzung zu erfolgen, in deren Folge der mögliche Aufbau weiterer Personalkapazitäten notwendig ist. Dieser Aufbau kann nur mit einem parallelen Aufbau der zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel erfolgen, der für das Personal, aber auch für die erforderlichen Investitionen in Technik und Infrastrukturmaßnahmen erforderlich sind. Ohne eine Aufstockung dieser Kapazitäten besteht die Gefahr, die Wärmewende nicht innerhalb des gesteckten Zeithorizonts erfüllen zu können.

10.5.5. Kontinuierliche Prüfung der Nutzungsmöglichkeiten von H₂ in der Raumwärme und Beachtung dieser Option beim Aufbau einer H₂-Infrastruktur

Das bestehende Erdgassystem ist heute für eine Wasserstoff-Beimischung von bis zu 10% zugelassen. Studien zeigen, dass bis 100% Beimischung technisch möglich sein sollten. Hierfür müssten aber einzelne Komponenten der Erdgasinfrastruktur getauscht werden, auch in den Heizungsanlagen der Kunden. Sollte künftig Wasserstoff in großen Mengen zu attraktiven Preisen bereitstehen, könnte die Mainzer Netze GmbH als örtlicher Gasnetzbetreiber Teile der Gasnetze gemäß den Vorgaben einer kommunalen Wärmeplanung voraussichtlich über mehrere Jahre auf Wasserstoff umstellen. Entsprechende Konzepte gibt es bei der Mainzer Stadtwerke AG, wobei im ersten Schritt die Anbindung der Industrie im Fokus liegt, da hier – anders als im privaten Bereich – zum Teil keine Alternativen zu einer gasförmigen Energieversorgung bestehen. Ob und wann eine Versorgung mit Wasserstoff für private Haushalte erfolgt, ist heute unklar. Es ist aufgrund des deutlich ungünstigeren Wirkungsgrads für die Bereitstellung von grünem Wasserstoff (siehe auch Abschnitt 8.2.1) davon auszugehen, dass ein mögliches H₂-Netz nicht die Ausdehnung und Verästelung des heutigen Erdgasnetzes haben wird, sondern nur dort zur Anwendung kommen wird, wo Wärmenetze oder Wärmepumpen aufgrund der Umfeldbedingungen nicht oder nur schwierig möglich sein werden.

Ein Aspekt, der für die Mainzer Stadtwerke AG sehr interessant erscheint, ist die Nutzung von Wasserstoff im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung. Dies ist künftig in Großkraftwerken, wie auf der Ingelheimer Aue in Mainz, möglich. Es ermöglicht die Versorgung von Fernwärmesystemen mit CO₂-freier Wärme, wenn entsprechend emissionsfreier Wasserstoff genutzt wird. Außerdem ist die dezentrale Nutzung von H₂-KWK, dort wo Wasserstoff in Zukunft leitungsgebunden zur Verfügung steht, äußerst interessant. Da die Elektrifizierung der Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen zu einem hohen Leistungsbedarf im Stromsystem führen wird, ist ein möglichst hoher Anteil an KWK-Wärme aus Sicht des Energiesystems wünschenswert. Denn diese Technologie verringert den Wärmebedarf, der aus elektrischer Energie erzeugt werden muss und erzeugt gleichzeitig in diesen Zeiten elektrische Energie und entlastet somit zielgerichtet das Stromsystem.

Grüner Wasserstoff, der mit Strom aus erneuerbaren Energien hergestellt wird, kann, wenn er zu wirtschaftlichen Preisen und in entsprechenden Mengen zur Verfügung steht, ein interessanter Baustein zur Dekarbonisierung des Wärmesektors werden. Aus diesem Grund wird die Mainzer Stadtwerke AG die Markt- und Technologieentwicklung in diesem Bereich aufmerksam verfolgen. Sobald erste kommerzielle Anwendungen möglich erscheinen sollen entsprechende Pilotprojekte angestoßen werden, um frühzeitig Erfahrungen zu sammeln, Knowhow zu generieren und eine solide Beurteilungskompetenz aufzubauen. Weiter werden die MSW beim Aufbau von H₂-Infrastrukturen und -Anwendungen, die im ersten Schritt in der Industrie und dem Verkehrssektor zu finden sein werden, die Möglichkeit einer breiteren H₂-Nutzung im Wärmesektor einplanen. So werden zum Beispiel H₂-Leitungen, die heute zur Versorgung der Industrie geplant werden, so dimensioniert, dass künftig hierüber auch ein relevanter Teil der Energie zur Wärmeversorgung transportiert werden könnte.

Als aktuelles Fazit kann festgehalten werden, dass es aus heutiger Sicht eher unwahrscheinlich sein wird, dass große flächendeckende H₂-Netze in der kommunalen Wärmeplanung der Stadt Mainz ausgewiesen werden. Es ist eher mit begrenzten kleineren Teilnetzen und gezielten H₂-Anschlüssen für Kraftwärmekopplungsanlagen zur Nahwärmeversorgung zu rechnen.

10.5.6. Aufbau von Abwärmekatastern

Der Aufbau von Abwärmekatastern kann helfen, Abwärmequellen effizient in Neubauprojekte einzubinden oder den Ausbau des Fernwärmenetzes voranzutreiben. Grundsätzlich kann Abwärme in mehrere Kategorien unterteilt werden:

- Abwärme, auf einem für direkte Nutzung passenden Temperaturniveau (z.B. bestimmte Industrieprozesse)
- Abwärme, die mittels einer Wärmepumpe auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben werden muss (z.B. Rechenzentren, Industrieprozesse)
- Abwärme, die aus anderen Quellen zur Verfügung steht (z.B. Abwasserkanal)

Für die unterschiedlichen Abwärmequellen wird empfohlen, eigene Kataster zu bilden, die durch unterschiedliche Akteure zu erstellen sind.

- Abwärmekataster Industrie:

Sollte im Zuge eines Maßnahmenpaketes einer dem WMP 2.0 nachgelagerten KWP erstellt werden. Zu erfassen sind u.a.: Temperaturniveau, verfügbare Leistung (min/max), Dauer der Verfügbarkeit

- Abwärmekataster Rechenzentren:

Zu erfassen sind unter anderem:

- Temperaturniveau
- verfügbare Leistung (min/max)
- Dauer der Verfügbarkeit.

Darüber hinaus wäre eine Vorgabe zur Abwärmenutzung bei Errichtung eines Rechenzentrums sinnvoll. Aktuell ist eine solche Vorgabe auf Bundesebene im Gespräch.

- Kataster für Abwärmenutzung aus Abwasserkanal

Ein solches Kataster kann im Zuge einer Kommunalen Wärmeplanung bzw. eines sich daraus ergebenden Maßnahmenpakets erstellt werden. Zu beachten ist, dass identifizierte Potentiale erschöpflich sind und nicht beliebig über die Strecke eines Abwasserkanals entnommen werden können.

Gemäß dem Entwurf des WPGs ist für die Erstellung solcher Kataster die planungsverantwortliche Stelle zuständig, was in diesem Fall die Stadt Mainz ist. Diese kann zur Erfüllung ihrer Pflichten Dritte beauftragen.

10.5.7. Benötigte Rechtsgrundlagen für Umstellungen Gas zu Fernwärme

Wie unter 10.4.1 aufgeführt mangelt es an einer belastbaren Rechtsgrundlage für einen auf die Kundinnen und Kunden bezogenen zwangsmäßig durchgeführten Wechsel von Gas auf Fernwärme. Diese kann auf **Landesebene** im Zuge der gesetzlichen Verankerung der **KWP** oder auf **Bundesebene** durch die gesetzlichen Regelungen zur **KWP und die Anpassungen des EnWG** geschaffen werden. Auf **kommunaler Ebene** besteht die Möglichkeit, ein **Satzungsgebiet auszuweisen**; einhergehende Konsequenzen sind die Begründung des Satzungsgebietes sowie die Lösung der Frage, ob eine Wärmenetzkonzession auszuschreiben ist.

10.5.8. Abschaffung von Hürden der Datenverfügbarkeit

Vorgaben der DSGVO erschweren das effiziente Identifizieren und Aufarbeiten von Wärmesenken und Wärmepotentialen. Auf Bundesebene sollten Maßnahmen ergriffen werden, die eine datenschutzrechtlich zulässige Erfassung und Verarbeitung erlauben.

10.5.9. Umgang mit Flächenbedarf für regenerative Wärmelösungen

Im Zuge der Wärmewende werden Begehrlichkeiten Privater an Flächen der öffentlichen Hand zur Errichtung regenerativer Wärmeerzeuger auftreten. Als Beispiel sei hier die Anfrage einzelner Interessenten genannt, die gerne auf öffentlichem Grund eine Wärmepumpe mit Erdsonden errichten würden zur Versorgung mehrerer Bestandswohngebäude mit Wärme. Besonders Flächen im öffentlichen Raum, oberirdisch und unterirdisch, bedürfen der intensiven Prüfung zur Nutzung regenerativer Wärmerversorgung im Hinblick auf resultierende Nutzungskonflikte. Die Flexibilität dieser Flächen zu erhalten, ist besonders wichtig. Im Neubau hingegen ist es einfacher, Flächen für regenerative Wärmeversorgung, zum Beispiel auf Baufeldern, festzulegen.

10.5.10. Ringtausch von Heizungsanlagen im Zuge einer Konversion von Gas zu Fernwärme:

Im Rahmen der großflächigen Umstellung von Gas auf Fernwärme stellt sich die Frage, wie mit potenziellen Fernwärmekundinnen und -kunden umgegangen wird, die über relativ neue, funktionsfähige Gasthermen oder Gaskessel verfügen und solchen, deren Wärmeerzeuger vor der Umstellung abgängig werden.

Für diese Kundengruppen kann sich ein koordinierter Ringtausch der Erzeugungsanlagen anbieten, der wie folgt abläuft:

- Kundinnen und Kunden, die über jüngere, funktionsfähige Anlagen verfügen und die in absehbar kurzer Zeit von Gas auf Fernwärme umgestellt werden, wird ein Festpreis für deren Anlage angeboten.
- Die Kundenanlage wird im Anschluss unter Stickstoff gesetzt und eingelagert.
- Sollte in nächster Zeit eine weitere, gasbasierte Kundenanlage außer Betrieb gehen, die Umstellung aber zeitlich noch weit entfernt liegt, wird diesem Kunden die Altanlage zu einem Vorzugspreis ohne Gewährleistung angeboten.

Durch dieses Vorgehen minimiert sich zum einen der finanzielle Verlust auf der Kundenseite, da für funktionstüchtige Kundenanlagen eine Ablösesumme angeboten wird bzw. der Neukauf einer Anlage, die nur für eine kurze Zeitdauer zum Einsatz kommen muss, vermieden wird. Zum anderen wird auf Versorgerseite so eine Kundenbindung geschaffen, die eine generalstabsmäßige Umstellung begünstigt. Die Wärmekundinnen und -kunden erhalten durch dieses Vorgehen finanzielle und versorgungstechnische Sicherheit, der Wärmeversorger erhält kalkulierbaren Kundengewinn und Planungssicherheit.

Im besten Fall werden die Heizungsbetriebe der Stadt Mainz in diesen Ringtausch miteingebunden, so dass diese für Demontage und Montage der Kundenanlagen verantwortlich sind, jedoch durch eine übergeordnete, zentrale Stelle koordiniert werden.

Andere Städte haben dieses Modell im Zuge von Dampfnetzumstellungen bereits erfolgreich umgesetzt, so dass dieses sich übertragen lässt.

Neben diesem grundsätzlichen Vorgehen sind im Zuge des Ringtauschs unter anderem noch folgende Punkte zu klären:

- Gewährleistung auf die Ersatzanlagen
- Lagerung und Verkaufspreis der Anlagen
- Konkurrenzsituation in Richtung konzessionierter Handwerker

Eine mögliche Gewährleistungspflicht oder deren Ausschluss auf die zur Verfügung stehende, gebrauchte Anlage ist juristisch zu prüfen.

Die Lagerung der Anlagen sollte an einer oder mehreren zentralen Stellen erfolgen. Es ist darauf zu achten, dass die Anlagen entsprechend mit Stickstoff beaufschlagt sind, um Korrosionsschäden zu vermeiden. Darüber hinaus sollte eine Datenbank gepflegt werden, in denen die Anlagendaten (Baujahr, Nennleistung, Hersteller etc.) vorhanden sind, sowie Lagerort, Status der Anlage etc.

Der Konkurrenzsituation gegenüber konzessionierten Handwerkern kann möglicherweise dahingehend begegnet werden, indem die Handwerker vertraglich in den Ringtausch eingebunden werden, mit einer zentralen Koordination. Hierdurch wird der organisatorische Aufwand für die Handwerker minimiert, bei einer planbaren Auslastung, die ein stetes Einkommen gewährt. Die Konkurrenzsituation kann hierdurch voraussichtlich entschärft werden.

10.5.11. Energieberaternetzwerk

Im Rahmen der Partizipationsphase wurde ein erhöhter Bedarf an Beratung innerhalb der Bürgerschaft festgestellt, vgl. Kapitel 7. Durch die Stadt Mainz existiert bereits durch das Energieberaternetzwerk ein Beratungsangebot für die Bürgerinnen und Bürger der Stadt Mainz, das in Kooperation mit der Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz und der Mainzer Stiftung für Klimaschutz und Energieeffizienz ein abgestuftes Beratungsprogramm für alle Fragen zum Thema Gebäudeenergie anbietet. Ergänzt wird dieses Angebot durch Fördermittel der Mainzer Stiftung, die sich an alle sanierungsinteressierten Mainzer richtet.¹³ Dieses Beratungsangebot sollte weiter ausgebaut werden und der Kontakt zu Expertinnen und Experten im Handwerk weiter erleichtert werden. Diese Angebote sollten im Rahmen der Energiewende ausgebaut und bekannt gemacht werden.

10.5.12. Modell zur Demonstration neuer dezentraler Gebäudeheizungen im Bestand

Wenn ein Anschluss von Gebäuden an Wärmenetze mit einem wirtschaftlich leistbaren Aufwand nicht realisierbar ist, kommen erprobte dezentrale Techniken in Frage. Diese Techniken können mit dem geplanten „Mainzer Energiehaus“ demonstriert werden. Im Zuge der Wärmewende sollen auch für solche Bestandsgebäude die Anforderung von 65 % Anteil erneuerbarer Energie in der eingesetzten Endenergie erfüllt werden. Der Weg dahin kann den betroffenen Hauseigentümern und den Umsetzern der Technik mit dem „Mainzer Energiehaus“ experimentell und dialogartig präsentiert werden. Den in der Ausbildung oder in der Weiterbildung stehenden Handwerkern wird auf diese Weise neue Technik nahegebracht. Die praktische Umsetzung kann in einem oder mehreren flexibel einsetzbaren Containern erfolgen. Dabei sind drei Gruppen von Energieanlagen und Kombinationen daraus zu betrachten:

- Wärmepumpen mit regenerativen Wärmequellen, wie Umgebungswärme und Abwärme
- solarthermisch gespeiste Wärmeerzeuger
- Verbrennungsanlagen, die mit regenerativen Brennstoffen (grüne Gase, flüssige und feste grüne Brennstoffe) betrieben werden, wozu unter anderem Brennwärmtessel, Brennstoffzellenheizungen, Blockheizkraftwerke zählen.

¹³ <https://www.mainz.de/microsite/klimaneutral/klimaaktiv/mitmachen/energieberatung.php>

10.5.13. Einbindung Bürgerinnen und Bürger

Die Einbindung der Bürgerinnen und Bürger sollte weiter vorangetrieben werden. Insbesondere bei Großprojekten, wie beispielsweise die Erschließung der Neustadt mit Fernwärme, ist die Stadt auf das Verständnis und die Zustimmung der Bürgerinnen und Bürger angewiesen. Es muss ein Bewusstsein für die Notwendigkeit der Maßnahmen geschaffen werden, sowie die damit einhergehenden Einschränkungen im täglichen Leben, z.B. die Sperrung von Straßenzügen, Lärm und Dreck in Folge von Bauvorhaben.

Es sollte spätestens mit Beginn der Vorplanungen, günstigenfalls bereits vor Beginn derselben, eine Offensive gestartet werden, die durch zielgerichtete Kommunikationsformen die Bürgerinnen und Bürger und insbesondere die Anwohnerinnen und Anwohner der betreffenden Umstellungsgebiete von vornerein über alle relevanten Punkte der Umstellung informiert. Hierzu gehören unter anderem:

- grundsätzliche Sinnhaftigkeit des Vorhabens
- Art und Weise der Baumaßnahmen
- Folgen und Einschränkungen durch die Baumaßnahmen
- geänderte Verkehrsführungen
- logistische Baukonzepte
- Vorteile der Bürgerschaft durch die Umsetzungen

Hierzu können Informationsveranstaltungen, Broschüren, Webseiten, Podiumsdiskussionen, Plakataktionen etc. genutzt werden, die den Weg zu einem klimaneutralen Mainz aufzeigen und für Verständnis und Mitarbeit werben. Im besten Fall kann so neben dem Verständnis ebenfalls die Zustimmung der Bürgerinnen und Bürger erworben werden, bis hin zur Überzeugung, dass die durchzuführenden Maßnahmen den richtigen und notwendigen Weg darstellen, um weiterhin in einer lebenswerten Stadt zu wohnen.

10.5.14. Aktualisierung des Wärmetlas Mainz

Im Rahmen der vorbereitenden Maßnahmen für die weitere Wärmeplanung im Zuge der KWP, sowie deren Umsetzung, sollte der Wärmetlas für Mainz einer Aktualisierung unterzogen werden. Die vorliegenden Daten weisen mittlerweile einen nicht unerheblichen zeitlichen Versatz auf, durch welchen es zu Abweichungen zum Ist-Zustand kommt, z.B. bei mittlerweile umgesetzten Neubauprojekten. Eine solide Datenbasis ist unerlässlich, um weitere Planungen zu konkretisieren und durchzuführen. Im besten Fall wird der aktualisierte Wärmetlas fortwährend und konsequent in festgesetzten zeitlichen Abständen, z.B. jährlich, stetig weiter aktualisiert.

11. Umsetzung der Wärmetransformation

In den vorhergehenden Kapiteln wurden die möglichen wirtschaftlich-technologischen Lösungen zur klimaneutralen Wärmezeugung, deren Einsatzeignung für einzelne Gebiete des Untersuchungsraums sowie mögliche Maßnahmen zur Umsetzung vorgestellt und erläutert. Nachfolgend soll eine Einschätzung zur Umsetzbarkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen erarbeitet werden, die den Fokus auf die leitungsgebundene Wärmeversorgung in Form von Fernwärme legt.

11.1 Methodik

Um eine realistische Einschätzung der Beherrschbarkeit und Umsetzungsmöglichkeiten der vorgeschlagenen Wärmetransformation im Rahmen der Fernwärme für das Mainzer Stadtgebiet zu erhalten, sind zwei Ansätze gewählt. Mittels eines Bottom-Up Ansatzes werden die notwendigen Umstellungen von Hausanschlüssen, sowie die notwendigen, zu bauenden Trassenmeter der Fernwärme grob abgeschätzt. Diese Abschätzung wird im Anschluss mittels üblicher Bauleistungen, wie sie aus anderen Städten bekannt sind, hinsichtlich ihrer benötigten Zeitdauer bewertet. Gleichermaßen findet Top-Down eine Abschätzung der notwendigen Kundenumstellungen pro Jahr von Gas auf Fernwärme und der zugehörigen notwendigen Trassenbauleistung statt, unter Berücksichtigung der Zeithorizonte 2030, 2035 und 2045. Hieraus lässt sich im Anschluss ableiten, inwiefern die Wärmetransformation möglich ist bzw. welche weiteren Anstrengungen über das übliche Maß hinaus notwendig zum Erreichen der jeweiligen Zielmarken sind. Innerhalb dieser beiden Ansätze werden nur die Fernwärme-Vorranggebiete, Fernwärme-Eignungsgebiete und die als teilweise für Fernwärme geeigneten Gebiete berücksichtigt.

Zur Abschätzung der grundsätzlich möglichen Anzahl an Kundenstationen von Gas auf Fernwärme ist der Wert 100 Umstellungen pro Jahr gewählt. Dieser Wert ist aus Dampfnetzumstellungen in München, Dortmund und Salzburg der GEF bekannt und lässt sich auf die Situation in Mainz übertragen. Auf Seiten der Mainzer Fernwärme wird dieser Wert ebenfalls als realistisch und möglich eingeschätzt.

Zur Abschätzung der möglichen Trassenbauleistung eines Bautrupps wird davon ausgegangen, dass ein Bautrupp pro Tag ca. 20 m Fernwärmeleitung (Vor- und Rücklauf) verlegen kann. Die Baumaßnahmen können nur innerhalb der frostfreien Zeit erfolgen, so dass, unter der Annahme von 60 Frosttagen p.a., sich bei durchschnittlich 210 Arbeitstagen pro Jahr eine mögliche Arbeitszeit von 150 Tagen p.a. ergibt, woraus eine Bauleistung von 3 km/a pro Bautrupp resultiert. In der weiteren Betrachtung wird von vier Bautrupps ausgegangen, die parallel arbeiten. Dies hat zur Folge, dass innerhalb des Umstellungsgebietes mehrere Baustellen parallel existieren, wodurch sich weitere Herausforderungen an die Logistik und Straßenverkehrsführung ergeben, welche nicht unerheblich sind.

Vereinfacht wird die zu bauende FW-Trassenlänge pro Gebiet bestimmt, indem die jeweilige FW-Trassenlänge von der Länge des Gasnetzes abgezogen wird. Es wird also modellmäßig von einer Parallelverlegung ausgegangen, die nicht mehr genutzt werden soll.

11.2 Einschätzung der Umsetzungsmöglichkeiten

In Unterkapitel 10.2 wurden die Empfehlungen zur Wärmeversorgung für die einzelnen Gebiete dargestellt. Hierbei zeigt sich insbesondere die Unterteilung in Gebiete, die für Fernwärme geeignet und Gebiete, die nicht geeignet sind. Da in den Gebieten, welche nicht für Fernwärme geeignet sind, vornehmlich die Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer für eine Umstellung der Wärmeversorgung verantwortlich und diese nicht durch eine zentrale Stelle zu koordinieren sind, kann für diese Gebiete nur schwer eine Abschätzung zur Umstellung vorgenommen werden. Jedoch beläuft sich die Anzahl der Gasanschlüsse, in den Gebieten, die nicht als Fernwärme-Vorranggebiet, Fernwärme-Eignungsgebiet oder als teilweise für Fernwärme geeignet eingestuft sind, auf ca. 16.400. Dies würde im

Umkehrschluss bedeuten, dass durchschnittlich pro Jahr die in Tabelle 18 dargestellten Umstellungen von Gas auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung unter Berücksichtigung des jeweiligen Zeithorizonts zu erfolgen hätten.

Tabelle 18: Abschätzung Zubau Wärmepumpen

Zieljahr	Verfügbare Jahre	Anzahl Gasanschlüsse	Notwendige Umstellungen pro Jahr
2030	7	16.400	2.342
2035	12	16.400	1.366
2045	22	16.400	746

Die reine Installation einer Wärmepumpe kann ca. 2-3 Tage erfordern, jedoch sind zuvor noch weitere Arbeiten notwendig wie das Schaffen von Durchbrüchen, Elektroinstallationen, Verlegen von Rohrleitungen, Anpassung der TGA etc., so dass sich der gesamte Prozess der Umstellung von Gas auf Wärmepumpe auf bis zu ca. 6 Wochen ausdehnen kann. Anhand der Zahlen in Tabelle 18 ist ersichtlich, dass die notwendigen Umstellungen nur durch eine massive Zunahme der fachkundigen Handwerksbetriebe möglich sind, wie auch durch den Bundesverband Wärmepumpe e.V. in seiner Branchenstudie 2023 festgehalten¹⁴. Der Bundesverband Wärmepumpe geht jedoch ebenfalls davon aus, dass die Verfügbarkeit von Wärmepumpen in den nächsten Jahren steigen wird und das Ziel der Bundesregierung von 500.000 Wärmepumpen pro Jahr ab 2024 möglich ist.

Die Abschätzung der Umsetzbarkeit der für Fernwärme geeigneten Gebiete erfolgt mittels der in 11.1 vorgestellten Methodik. Die Ergebnisse sind in Tabelle 19 dargestellt. Hierbei wurde je Gebietseignung ein eigener Anschlussgrad definiert.

Tabelle 19: Einschätzung der Umsetzungsmöglichkeiten und Zeitdauern

Ge-biet	Name	Anzahl Gas-anschlüsse	Anschluss-grad	Anzahl Um-stellungen	Umstellungs-dauer [a]	Trassenlänge Gas - FW [km]	zu bauende FW [km]	Bauzeit [a]
2	Lerchenberg	3	100%	3	0,0	-	-	-
10	Bretzenheim Ost	717	50%	359	3,6	14,53	14,53	1,21
11	Oberstadt Mitte	623	100%	623	6,2	8,49	8,49	0,71
12	Weisenau Nord-West	418	50%	209	2,1	9,41	9,41	0,78
19	Universität	6	100%	6	0,1	1,45	1,45	0,12
20	Hartenberg Ost	329	90%	296	3,0	5,54	5,54	0,46
21	Altstadt Süd	501	90%	451	4,5	8,59	8,59	0,72
22	Altstadt Ost	107	100%	107	1,1	0,94	0,94	0,08
26	Gonsenheim Süd	82	50%	41	0,4	2,97	2,97	0,25
27	Hartenberg West	365	90%	329	3,3	8,60	8,60	0,72
29	Altstadt Nord	393	100%	393	3,9	4,55	4,55	0,38
30	Altstadt Mitte	287	100%	287	2,9	0,18	0,18	0,02
31	Gonsenheim Nord	1.057	90%	951	9,5	16,44	16,44	1,37
32	Neustadt	1.164	100%	1.164	11,6	15,90	15,90	1,33

¹⁴ https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user_upload/waermepumpe/08_Sonstige/Filedump/BWP_Branchenstudie_2023_DRUCK.pdf

33	Mombach Süd	854	90%	769	7,7	14,67	14,67	1,22
35	Mombach Nord	-	90%	-	-	-	-	-
	Summe	6.906		5.988	59,9		112,26	9,37

In der Summe ist erkennbar, dass durch den parallelen Einsatz von vier Bautrupps der Zeithorizont 2035 für die Trassenbaumaßnahmen eingehalten werden kann, jedoch die Umstellung der Hausanschlüsse nur durch eine massive Erhöhung der Kapazitäten erreicht werden kann. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die notwendigen Zeitabläufe für Abstimmungen, Planungen und Genehmigungen (vgl. 10.4) bei obiger Abschätzung noch keinerlei Berücksichtigung gefunden haben.

In Tabelle 20 sind die notwendigen Umstellungen für Hausanschlüsse, sowie die benötigten, zu bauenden FW-Trassenlängen dargestellt.

Tabelle 20: Einschätzung notwendiger Umsetzungen in Bezug auf Zeithorizonte

Zieljahr	verfügbare Jahre	Anzahl Hausanschlüsse gesamt	Umstellungen Hausanschlüsse p.A.	Notwendiger Leitungsbau [km]	Benötigte Bauleistung p.a. [km/a]
2030	7	5.988	855	112,26	16,0
2035	12	5.988	499	112,26	9,36
2045	22	5.988	272	112,26	5,1

Das Zieljahr 2030 erscheint in beiden Punkten als stark unrealistisch, allein für das Bereitstellen der Hausanschlüsse müssten die notwendigen Kapazitäten um mehr als den Faktor 7,5 steigen. Das Zieljahr 2035 erscheint unter den angesetzten Rahmenparametern der Bewertung als extrem ambitioniert.

Bei einem sofortigen Planungsbeginn und reibungslosem Ablauf, können die notwendigen Fernwärmetrassen möglicherweise innerhalb der nächsten Jahre errichtet werden. Jedoch geht dies mit verstärkten Bauarbeiten an mehreren Stellen innerhalb der Stadt einher. Die logistischen Herausforderungen für die Verkehrsführung dürften enorm sein. Die Kapazitäten für die Umstellung der Hausanschlüsse müssten sich mehr als vervierfachen, was aus Sicht der GEF unrealistisch erscheint.

Das Zieljahr 2045 erscheint, bei einer Verdopplung bis Verdreifachung der Kapazitäten für Hausanschlüsse und der dazugehörigen Hausstationen stark ambitioniert, aber möglich. GEF sind jedoch zum aktuellen Zeitpunkt keine Versorgungsunternehmen bekannt, die eine solche hohe Zahl von Umstellungen pro Jahr auf Dauer realisieren könnten.

Die Notwendigkeit der Priorisierung der Umstellung der einzelnen Gebiete wird mittels dieser Einschätzung noch einmal hervorgehoben und aus Sicht der GEF sollten, um den größtmöglichen Effekt zu erreichen, die FW-Vor-ranggebiete als erstes umgestellt werden, beginnend mit der Neustadt.

Diese Abschätzungen beruhen auf stark vereinfachten Ansätzen und ersetzen keinesfalls eine detaillierte Planung.

12. Nächste Schritte

Zur Fortführung der Mainzer Wärmewende steht als nächster wichtiger Schritt die Durchführung der kommunalen Wärmeplanung (KWP) an, welche viele der zuvor beschriebenen Maßnahmen aufgreift. Für Mainz ist die kommunale Wärmeplanung voraussichtlich verpflichtend bis 30.06.2026 zu erarbeiten. Die Stadt Mainz als kreisfreie Stadt wird voraussichtlich planungsverantwortliche Stelle sein. Die KWP ist noch nicht verabschiedet.

Voraussichtlich umfasst die KWP folgende Bestandteile:

- **Bestandsanalyse:** Der aktuelle Wärmebedarf und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen mit Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen, Baualtersklassen, der Versorgungsstruktur aus Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und Speichern werden detailliert ermittelt.
- **Potentialanalyse:** Die Potenziale zur Energieeinsparung für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen, Industrie und öffentlichen Liegenschaften und die lokal verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energien und Abwärme werden ermittelt.
- **Zielszenario:** Szenarien, wie eine zukunftsfähige Wärmeversorgung, unter Betrachtung der Versorgungskosten aussehen soll, werden entwickelt.
- **Wärmewendestrategie:** Die Einteilung des beplanten Gebiets in Wärmeversorgungsgebiete sowie die Darstellung der Versorgungsoptionen für das Zieljahr 2045 inkl. eines Maßnahmenkatalog werden erarbeitet.

Unter KWP ist sowohl die erstmalige Erstellung eines Wärmeplanes als auch der dauerhafte Prozess der Nutzung und Fortschreibung dessen zu verstehen. Der Prozess der KWP benötigt demnach auch eine Verstetigungsstrategie, ein Controlling-Konzept mit Indikatoren und eine Kommunikationsstrategie.

Die Stadtverwaltung agiert bei der KWP als Schlüsselakteurin. Die Mainzer Stadtwerke, große Industrieunternehmen sowie Handwerkerinnen und Handwerker sind in den Prozess einzubinden. Darüber hinaus erfordert die KWP eine intensive Einbeziehung der Bürgerinnen und Bürger zu den Themen Versorgungsoptionen und Sanierung.

Für die Bestands- und Potentialanalyse ist es notwendig, die im WMP 2.0 verwendeten Daten des Wärmeatlas, Gebäudetypen, Baualtersklassen und der Potentiale zu aktualisieren.

Im Rahmen der Entwicklung des Zielszenarios und der Darstellung der Wärmeversorgungsgebiete werden Abstimmungen zwischen der Stadt Mainz und den Mainzer Stadtwerken stattfinden, insbesondere in den Bereichen der Entwicklung der Fern- und Nahwärmenetze sowie der Gas- und Stromnetze. Die Mainzer Stadtwerke AG wird deshalb auf Basis des WMP 2.0 sowohl für die Fern- und Nahwärme als auch Gas- und Stromnetze Pläne, Konzepte und Zeithorizonte entwickeln, die in die KWP einfließen können.

Bei Erarbeitung und Umsetzung der KWP ist daher explizit darauf zu achten, dass alle Akteure untereinander koordiniert in ihrem Vorgehen sind.

13. Fazit

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung ist für das Erreichen der Klimaschutzziele auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene von herausragender Bedeutung. Die Unternehmensgruppe Mainzer Stadtwerke AG hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Landeshauptstadt Mainz bei diesem Vorhaben umfassend zu unterstützen und den Bürgerinnen und Bürgern durch zielgerichtete Maßnahmen eine langfristige, gesicherte, umweltfreundliche und bezahlbare Wärmeversorgung bereitstellen zu können.

Um dieses Unternehmensziel weiter voranzutreiben und zu erreichen, wurde die GEF Ingenieur AG mit der Fortschreibung des Wärmemasterplans (WMP 1.0) aus dem Jahre 2015 beauftragt. An der Fortschreibung haben die Mainzer Stadtwerke AG, die Mainzer Fernwärme GmbH, die Mainzer Stadtwerke Energie und Service GmbH und die Mainzer Netze GmbH sowie das städtische Grün- und Umweltamt und das Stadtplanungsamt mitgewirkt. Für das gesamte Stadtgebiet der Landeshauptstadt Mainz wurde untersucht, welche Möglichkeiten der klimaneutralen Wärmeversorgung im Untersuchungsgebiet sich künftig anbieten. Das Ergebnis dieser Untersuchungen liegt hiermit als Wärmemasterplan 2.0 vor.

Hierzu wurde ein mehrstufiges Vorgehen gewählt, das im ersten Schritt die aktuelle und relevante Rechtslage analysiert hat. Damit einhergehend fand eine Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger statt, in der ausgesuchte Vertreterinnen und Vertreter interviewt wurden. Auf Basis der Ergebnisse dieser Interviews wurden im Anschluss Handlungsfelder identifiziert, die für die Akzeptanz und Umsetzung der Wärmewende aus Sicht der Bürgerinnen und Bürger von Relevanz sind. Danach erfolgte die Bewertung unterschiedlicher Wärmeerzeugungstechnologien unter wirtschaftlichen, ökologischen und sozio-ökonomischen Gesichtspunkten.

Das gesamte Stadtgebiet wurde im nächsten Schritt in 35 funktionale Teilgebiete gegliedert, um eine effiziente Bewertung dieser Gebiete zu ermöglichen. Untersucht wurde, welche Stadtteile oder Teilgebiete von Mainz sich unter anderem aufgrund künftig zu erwartender Wärmeverbräuche, des vorhandenen Leitungsnetzes der Fernwärme und der Gasversorgung, aufgrund von städtebaulichen Gegebenheiten sowie vorhandenen Gebäudestrukturen für welche Art der klimafreundlichen Wärmeversorgung am besten eignen.

Mit dem Fokus auf diese Eignung konnten im nächsten Schritt verschiedene Handlungsfelder identifiziert und Maßnahmen beschrieben werden, die zum Erreichen einer klimaneutralen Wärmeversorgung benötigt werden. Diese Maßnahmen unterteilen sich in

- Maßnahmen im Neubau
- Maßnahmen im Bestand
- Flankierende Maßnahmen

Der größte Effekt zur Dekarbonisierung ist dabei durch Maßnahmen für Bestandsgebäude zu erreichen. Zu deren Umsetzung sind jedoch eine Vielzahl von flankierenden Maßnahmen notwendig. Als Beispiel wurden im WMP 2.0 die notwendigen Schritte zur Umstellung der Mainzer Neustadt auf eine Fernwärmeversorgung beschrieben. Die Neustadt verfügt aktuell als Fernwärme-Eignungsgebiet über eine hohe Wärmedichte und ein Gasnetz, das einen großen, kurzfristigen Erneuerungsbedarf aufweist. Dieser Stadtteil ist also für eine flächendeckende Erschließung mit Fernwärme prädestiniert. Der WMP 2.0 beschreibt die Notwendigkeit der Erstellung eines Umstellungsplans, die erforderliche Entflechtung der beiden Infrastrukturen Gas und Fernwärme, die notwendigen Absprachen mit weiteren Gewerken (z.B. Trinkwasser, IKT) sowie die juristischen und logistischen Hindernisse, die es zu bewältigen gilt. Das beschriebene Vorgehen lässt sich auf weitere Stadtbezirke in Mainz übertragen.

Im letzten Schritt der Untersuchung wurden die Möglichkeiten der Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeerzeugung im gesamten Stadtgebiet einer realistischen Einschätzung unterzogen. Mittels der Anzahl an umzustellenden Gasanschlüssen auf alternative Erzeugungstechnologien bzw. Fernwärme und den damit verbundenen Bauarbeiten für Fernwärmeleitungen sowie üblichen Bauleistungen, wurden Zeithorizonte zur Umsetzung abgeschätzt sowie die Möglichkeit der vollständigen Umsetzung für die Zieljahre 2030, 2035 und 2045 bewertet. Hierbei zeigt sich, dass eine Fernwärme-Erschließung, wie sie im Rahmen des WMP 2.0 vorgeschlagen ist und den möglichen Ressourcen, eine Umsetzung für das Jahr 2030 nicht realistisch erscheint. Eine Umsetzung bis zum Jahr 2035 stellt sich in dieser Bewertung als extrem ambitioniert dar, für die eine Vielzahl von Personal-, Material-, Leistungs- und Finanzkapazitäten bereitgestellt werden müssen. Dahingehend kann das immer noch sehr ambitionierte Ziel der Klimaneutralität bis 2045 bei moderater Erhöhung des Ressourceneinsatzes vermutlich erreicht werden. Hiermit wird die Stadt Mainz in die Lage versetzt, die Vorgaben der Bundesregierung zum Erreichen der Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen.

Für eine erfolgreiche Umsetzung ist es jedoch unerlässlich, dass alle Unternehmen der Mainzer Stadtwerke AG sowie die Stadt Mainz eng zusammenarbeiten und die notwendigen Schritte der Umsetzungsplanung und politischen Weichenstellung umgehend beginnen bzw. weiter vorantreiben. Nur durch eine spartenübergreifende Planung und Konzipierung von Projekten, unter der konsequenten Einbeziehung der Bürgerschaft, kann das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung für die Stadt Mainz erreicht werden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodisches Vorgehen.....	15
Abbildung 2: Förderungen einzelner Wärmequellen nach BEW.....	21
Abbildung 3: Wärmedichtekarte 400m x 400m, Nutzenergie 2012.....	24
Abbildung 4: Übersichtskarte mit Neubau- und Sanierungsgebieten ab 2010, für die im Wärmeatlas des WMP 1.0 kein Wärmebedarf erfasst wurde.....	26
Abbildung 5: Treibhausgasemissionen in CO ₂ -Äquivalenten für den Bereich Wärme (exkl. Prozesswärme), Bezugsjahr 2012	27
Abbildung 6: Methodik Partizipation	30
Abbildung 7: Entscheidungsfindungsprozess für energetische Sanierungen (Weiß et al., 2018)	33
Abbildung 8: Der Weg zu Akzeptanz (Borg, 2020; Kluge & Ziefle, 2016)	35
Abbildung 9: Primärenergiequellen für Heizung (Statistisches Bundesamt, 2023).....	36
Abbildung 10: R+I-Fließbild einer Kompressionswärmepumpe und Darstellung der Wärme- und Exergieströme.	38
Abbildung 11: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außentemperatur, Heizkreistemperatur und Effizienz mit Darstellung der insgesamt erzeugten Wärme.....	39
Abbildung 12: Wärmepumpenleistung einer sehr effizienten Wärmepumpe und Wärmebedarf eines Gebäudes in Abhängigkeit von der Außentemperatur.	40
Abbildung 13: Zusammenhang Heizstab- und Wärmepumpeneinsatz	41
Abbildung 14: Beispiel: Geringere Wärmedichte im Randbezirk	60
Abbildung 15: Eingeflossenes Kartenmaterial zur Gebietsbildung	60
Abbildung 16: Übersicht der Teilgebiete.....	61
Abbildung 17: Übersicht der Wärmeversorgungsseignung je Teilgebiet	66
Abbildung 18: Erneuerungsbedarf Stromnetz [MN].....	71
Abbildung 19: Standorte der fünf Modellprojekte	73
Abbildung 20: Wärmedichte, Gasnetzalter und Gebietseignung um „Neues Stadtquartier ehemalige GFZ-Kaserne“.....	74
Abbildung 21: Randbedingungen um „Wohnquartier Am Medienberg“	74
Abbildung 22: Luftbild Lage „Hechtsheimer Höhe“	75
Abbildung 23: Randbedingungen „Hechtsheimer Höhe (He 130)“.....	75
Abbildung 24: Luftbild „Finther Landstraße“	76
Abbildung 25: Randbedingungen „Finther Landstraße“	76
Abbildung 26: Randbedingungen „Vor der Frecht“	77
Abbildung 27: Beispiel für groben Ablaufplan	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht relevanter Gesetzestexte (Stand Juni 2023)	18
Tabelle 2: Sanierungspfade für den Bereich "Private Haushalte"	25
Tabelle 3: Angaben zu Interviews	29
Tabelle 4: Ökonomisch und nicht-ökonomische Motive und Hemmnisse für energetische Sanierungen (Weiß et al., 2018)	34
Tabelle 5: Hauptkriterien und Gewichtung für Technologieanalyse	46
Tabelle 6: Kriterien Punktevergabe Effizienz.....	50
Tabelle 7: Technikkriterien und die Bewertung für die einzelnen Heiztechniken	50
Tabelle 8: Gebäude-Heizlasten und Jahresarbeiten Nutzwärme für Wirtschaftlichkeitsvergleich	51
Tabelle 9: Kriterien für die Wirtschaftlichkeit und die Bewertung für die einzelnen Heiztechniken	53
Tabelle 10: Kriterien für Rechtsrahmen und die Bewertung für die einzelnen Heiztechniken	55
Tabelle 11: Ökologische Kriterien und Bewertung für die einzelnen Heiztechniken	55
Tabelle 12: Sozio-ökonomische Kriterien und Bewertung für die einzelnen Heiztechniken	57
Tabelle 13: Gesamtbewertung für die einzelnen Heiztechniken	57
Tabelle 14: Eckdaten der Teilgebiete (Ist-Zustand 2012)	61
Tabelle 15: Übersicht der für Fernwärme geeigneten Gebiete	67
Tabelle 16: Zu prüfende Bereiche für Nahwärmenetze.....	69
Tabelle 16: Übersicht der für dezentrale Wärmeversorgung geeigneten Gebiete	72
Tabelle 17: Abschätzung Zubau Wärmepumpen	89
Tabelle 18: Einschätzung der Umsetzungsmöglichkeiten und Zeitdauern	89
Tabelle 19: Einschätzung notwendiger Umsetzungen in Bezug auf Zeithorizonte	90

Literaturverzeichnis

- Artho, J. (2008). *Der individuelle Adoptionsprozess bei technologischen Innovationen am Beispiel von Holzpellettheizungen* [University of Zurich]. <https://doi.org/10.5167/UZH-10037>
- Bergmann, J., Salecki, S., Weiß, J., & Dunkelberg, E. (2021). *Energetische Sanierungen in Berlin. Wie sich Kosten und Nutzen ambitionierter Klimaschutzmaßnahmen zwischen Mieter*innen und Vermieter*innen verteilen* (S. 70). Institut für ökologische Wirtschaftsforschung.
- Böhnisch, H., Deuschle, J., Nast, M., & Pfenning, U. (2006). *Nahwärmeversorgung und Erneuerbare Energien im Gebäudebestand* (S. 185). Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung.
- Borg, A. (2020). Acceptance of Deep Geothermal Energy – Communication as Crucial Factor. *Mining Report Glückauf*, 156(6), 578–586.
- Clausen, J. (2022). *Das Wasserstoffdilemma: Verfügbarkeit, Bedarfe und Mythen*. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit.
- Clausen, J., Winter, W., & Kettemann, C. (2012). *Akzeptanz von Nahwärmenetzen*. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit.
- Deffner, I. (2010). *Erfolgsfaktoren bei der Umsetzung von Bioenergie-Nahwärmenetzen* [Bachelor]. Universität Bayreuth.
- Georgiev, M. G., & Rupp, B. K. (2018). Leitfaden für das nachhaltige Prozessmanagement bei energetischen Sanierungsmaßnahmen in WEG- Mehrfamilienhäusern. In *Denkmal und Energie* (S. 55–75).
- Gerhardt, N., Bard, J., Schmitz, R., Beil, M., Pfennig, M., & Kneiske, D. T. (2020). *Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem: Fokus Gebäudewärme*. Fraunhofer IEE.
- Günther, D., Wapler, J., Langner, R., Helmling, S., Miara, M., Fischer, D., Zimmermann, D., Wolf, T., & Wille-Hausmann, B. (2020). *Wärmepumpen in Bestandsgebäuden: Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „WPSmart im Bestand“*. Fraunhofer ISE.
- Heiskanen, E., Matschoss, K., & Kuusi, H. (2014). *Report on specific features of public and social acceptance and perception of nearly zeroenergy buildings and renewable heating and cooling in Europe with a specific focus on the target countries* (D2.6. of WP2 of the Entranze Project). National Consumer Research Centre.
- Kallio, H., Pietilä, A.-M., Johnson, M., & Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: Developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of Advanced Nursing*, 72(12), 2954–2965. <https://doi.org/10.1111/jan.13031>
- Kluge, J., & Ziefle, M. (2016). As Simple as Possible and as Complex as Necessary: A Communication Kit for Geothermal Energy Projects. In F. F.-H. Nah & C.-H. Tan (Hrsg.), *HCI in Business, Government, and Organizations: Information Systems* (Bd. 9752, S. 171–182). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39399-5_17

- Palomba, V., Dino, G. E., & Frazzica, A. (2022). Analysis of the Potential of Solar-Assisted Heat Pumps: Technical, Market, and Social Acceptance Aspects. *Solar RRL*, 6(8), 2200037. <https://doi.org/10.1002/solr.202200037>
- Stieß, I., van der Land, V., Birzle-Harder, B., & Deffner, J. (2010). *Handlungsmotive, -hemmnisse und Zielgruppen für eine energetische Gebäudesanierung: Ergebnisse einer standardisierten Befragung von Eigenheimsanierern*. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung.
- Sunhorizon. (2020). *SunHorizon Technologies social and market acceptance*. Swedish Environmental Research Institute (IVL).
- vom Hofe, M. (2018). *Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern: Drei Essays über Motive, Entscheidungsprozesse und Aktivierungsmöglichkeiten im Kontext von Privateigentum*. TU Dortmund.
- Weiß, J., Bierwirth, A., Knoefel, J., März, S., Kaselofsky, J., & Friege, J. (2018). *Entscheidungskontexte bei der energetischen Sanierung* (S. 34). Institut für ökologische Wirtschaftsforschung.
- Weiß, J., & Pfeifer, L. (2020). *Energetische Sanierungen in Wohnungseigentümer-Gemeinschaften* (S. 61). Institut für ökologische Wirtschaftsforschung.
- Wietschel, M., Dütschke, E., Neuwirth, M., Scherrer, A., Zheng, L., Gerhard, N., Herkel, S., Jahn, M., Lozanovski, A., Pfluger, B., Pieton, N., Ragwitz, M., & Schnabel, F. (2022). Potenziale einer Wasserstoffwirtschaft aus wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Perspektive. In *Wasserstofftechnologien* (Springer-Verlag GmbH).
- Wietschel, M., Zheng, L., Arens, M., Hebling, C., Ranzmeyer, O., Schadt, A., Hank, C., Sternberg, A., Herkel, S., Kost, C., Ragwitz, M., Herrmann, U., & Pfluger, B. (2021). *Metastudie Wasserstoff – Auswertung von Energiesystemstudien. Studie im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats*. Fraunhofer ISI.
- Wolsink, M. (2007). Planning of renewables schemes: Deliberative and fair decision-making on landscape issues instead of reproachful accusations of non-cooperation. *Energy Policy*, 35(5), 2692–2704. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.002>
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M., & Bürer, M. J. (2007). Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy Policy*, 35(5), 2683–2691. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.001>

Anhang

1. Anlage 1: Tabelle Neubau- und Sanierungsgebiete ab 2010
2. Anlage 2: Fragenkatalog Hauseigentümer Interviews
3. Anlage 3: Technologiesteckbriefe
4. Anlage 4: Gebietssteckbriefe