

Kommunaler Wärmeplan

Stadt Wiesbaden



Kommunaler Wärmeplan der Landeshauptstadt Wiesbaden

Erstellt durch Umweltamt

Bereich Klimaschutz und Klimaanpassung zusammen mit
ESWE-Versorgungs AG

03/2026



Herausgeber:

Landeshauptstadt Wiesbaden
Der Magistrat – Umweltamt
Gustav-Stresemann-Ring 15
65189 Wiesbaden
Tel. 0611 313701
umweltamt@wiesbaden.de
www.wiesbaden.de

Design:
Q GmbH, Wiesbaden

Inhalt

1. Zusammenfassung	8		
2. Rahmen und Ziel der kommunalen Wärmeplanung	9		
3. Bestandsanalyse	11		
3.1. Datengrundlage und Verarbeitung	11		
3.2. Charakterisierung der Gebäudestruktur	12		
3.3. Derzeitige Wärmeversorgung der Gebäude	16		
3.4. Endenergie- und Treibhausgasbilanzierung	19		
3.4.1 Endenergiebilanz	19		
3.4.2 Treibhausgasbilanz	21		
3.5. Wärmedichten	24		
3.6. Analyse Energieinfrastruktur	25		
3.6.1 Wärmenetz und Erzeuger	25		
3.6.2 Gasnetz	27		
3.6.3 Abwassernetz	28		
4. Potenzialanalyse	29		
4.1. Erneuerbare Potenziale zur Wärmeversorgung	29		
4.1.1 Wärme aus Flusswasser	30		
4.1.2 Wärme aus Stillgewässer	32		
4.1.3 Wärme aus Trinkwasser	32		
4.1.4 Wärme aus Klarwasser*	32		
4.1.5 Wärme aus Abwasser	35		
4.1.6 Wärme aus Thermalwasser	38		
4.1.7 Wärme aus Grundwasser	40		
4.1.8 Wärme aus Umgebungsluft	43		
4.1.9 Industrielle Abwärme	46		
4.1.10 Abwärme aus Rechenzentren	48		
4.1.11 Biomasse	49		
4.1.12 Thermische Abfallbehandlung	51		
4.1.13 Tiefengeothermie	52		
4.1.14 Freiflächenanalyse	55		
4.1.15 Oberflächennahe Geothermie	56		
4.1.16 Freiflächen-Solarthermie	60		
4.1.17 Dachflächen-Solarthermie	62		
4.1.18 Wasserstoff	64		
4.1.19 Exkurs Wärmespeicher	66		
4.1.20 Exkurs: Stromnetz	67		
4.2. Entwicklung des künftigen Wärmebedarfs	68		
4.2.1 Methodik	68		
4.2.1.1 Energetische Gebäudesanierung	68		
4.2.1.2 Klimaeffekte	73		
4.2.1.3 Neubauten	74		
4.2.2 Ergebnisse	74		
5. Zielszenario	77		
5.1. Entwicklung der Szenarien und Auswahl maßgebliches Zielszenario	77		
5.1.1 Einteilung in Teilgebiete	77		
5.1.2 Definition der Szenarien	78		
5.1.3 Modellierung der Zielszenarien	80		
5.1.4 Berechnung der Wärmegestehungskosten	81		
5.2. Ergebnisse der Szenarien und Auswahl des maßgeblichen Zielszenarios	84		
5.2.1 Ergebnisse der Zielszenarien	84		
5.2.1.1 Szenario 1	84		
5.2.1.2 Szenario 2	84		
5.2.1.3 Szenario 3	84		
5.2.2 Vergleich der Szenarien	86		
5.2.2.1 Kumulierte Treibhausgasemissionen	86		
5.2.2.2 Wärmegestehungskosten	87		
5.2.2.3 Versorgungssicherheit und Umsetzungsrisiko	87		
5.2.3 Auswahl des maßgeblichen Zielszenarios	88		
5.3. Auswertung des maßgeblichen Zielszenarios	90		
5.3.1 Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	90		
5.3.1.1 Dezentrale Versorgung	91		
5.3.1.2 Wärmenetze	92		
5.3.1.3 Prüfgebiete	93		
5.3.1.4 Wasserstoff und Biomethan	93		
5.3.1.5 Voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete in Zeitabschnitten bis 2045	94		
5.3.2 Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial	95		
5.3.3 Weitere Auswertungen gemäß WPG	96		
6. Umsetzungs- und Verstetigungsstrategie	100		
6.1. Maßnahmenkatalog und Umsetzungskonzept	100		
6.2. Monitoring	101		
6.3. Finanzierungsmöglichkeiten	102		
6.4. Synergien und Zusammenarbeit	103		
6.5. Lokale Initiativen und Gemeinschaften	103		
7. Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung	104		
8. Quellenverzeichnis	108		
9. Anhang	110		
A1 Restriktionen bei der Freiflächenanalyse	111		
A2 Maßnahmensteckbriefe	112		
A3 Finanzierungsmechanismen Umsetzungsstrategie	120		





Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMHKW	Biomasseheizkraftwerk
BISKO	Bilanzierungs- und Informationssystem Kommunalen Klimaschutzes
CO ₂ -äq.	Kohlendioxidäquivalent
COP	Coefficient of Performance (Leistungszahl einer Wärmepumpe)
DN	Durchmesser-Nennweite (Rohrdimension)
DWD	Deutscher Wetterdienst
EFH/ZFH	Einfamilienhaus/Zweifamilienhaus
EnEV	Energieeinsparverordnung
FFH	Flora-Fauna-Habitat (Schutzgebiet)
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssystem
GTZ	Gradtagszahl
HKW	Heizkraftwerk
HW	Heizwerk
JAZ	Jahresarbeitszahl (Wärmepumpe)
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LoD2	Level of Detail 2 (3D-Gebäudemodell)
MaStR	Marktstammdatenregister
MHKW	Müllheizkraftwerk
PfA	Plattform für Abwärme
PV	Photovoltaik
TAB	Technische Anschlussbedingungen
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
VBH	Vollbenutzungsstunden
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WPG	Wärmeplanungsgesetz
WP	Wärmepumpe



Abbildungen

2-1: Phasen der kommunalen Wärmeplanung	10
3-1: Dominierende Gebäudenutzung (Nutzfläche)	13
3-2: Dominierende Gebäudenutzung (Nutzfläche)	13
3-3: Dominierende Baualtersklasse	14
3-4: Dominierende Baualtersklasse in %	15
3-5: Sanierungszustands nach Effizienzklassen Anlage 10 GEG. Aufteilung der Sektoren gewichtet über die Anzahl der Flurstücke (oben) und nach Wärmebedarfen (unten)	15
3-6: Anteil Energieträgereinsatz/Wärmeversorgungsart	16
3-7: Anteil Wärmepumpen an Gesamtwärmemenge	17
3-8: Installierte KWK-Leistung	18
3-9: Großverbräuche/-bedarfe	19
3-10: Endenergiebedarf nach Sektoren und Energieträgern	20
3-11: Endenergiebedarf gesamt nach Energieträgern	21
3-12: Treibhausgasemissionen nach Sektoren und Energieträgern	22
3-13: Treibhausgasemissionen gesamt nach Energieträgern	23
3-14: Wärmedichte	24
3-15: Wärmeliniendichte	25
3-16: Wärmeerzeuger und -speicher im Untersuchungsgebiet.	
Die Grüne Ellipse kennzeichnet das Thermalwärmenetz Schützenhofquelle	26
3-17: Erdgasverbrauch im Untersuchungsgebiet	27
3-18: Trockenwetterabfluss im Kanalnetz ab DN 800	28
4-1: Temperaturverlauf (links) und Volumenstrom (rechts) des Rheins aus dem Jahr 2022	30
4-2: Temperaturverlauf (links) und Volumenstrom (rechts) des Mains aus dem Jahr 2022	30
4-3: Temperaturverlauf (links) und Volumenstrom (rechts) des Klarwassers im Hauptklärwerk	33
4-4: Temperaturverlauf (links) und Volumenstrom (rechts) des Klarwassers Kläranlage Biebrich	33
4-5: Mögliche Standorte A und B für Wärmeengewinnung aus Abwasser in Wiesbaden	36
4-6: Ergebnisse der Abwasser-Wärmeleistung > DN 800 in Wiesbaden	38
4-7: Wasserwirtschaftliche Beurteilung für Grundwasser-Wärmepumpen	40
4-8: Grundwassererergiebigkeiten für die Stadt Wiesbaden	42
4-9: Repräsentativer Jahresverlauf der Lufttemperatur Testreferenzjahr Gegenwart für Wiesbaden	44
4-10: Einigung für dezentrale Luft-Wärmepumpen auf Flurstückebene. Rot markiert sind Gebiete, die sich vermehrt nicht oder nur bedingt für einen Betrieb von Luft-Wärmepumpen eignen.	45
4-11: Potenziale industrieller Abwärme	46
4-12: Schematische Darstellung geschlossener tiefegeothermischer Anlagen (Darstellung Ramboll)	54
4-13: Geothermische Potenziale in Deutschland – GeotIS [13]	54
4-14: Freiflächen für oberflächennahe Geothermie	57
4-16: Freiflächen für Solarthermie	60
4-17: Ergebnis der Potenzialermittlung für Freiflächen-Solarthermie – monatlich aufgelöst	62
4-18: Kartografische Darstellung – Potenzials von Dachflächen-Solarthermie (aggregiert auf Stadtteile)	63
4-19: Geplantes Wasserstoffnetz – Darstellung übernommen von Rh2ein-Main Connect	64
4-20: Potenzielle Flächen für saisonale Wärmespeicher	66
4-21: Geplanter Netzausbau im Übertragungsnetz*	67
4-22: Durchschnittliche Sanierungsraten bis 2045 – Auswertung von Studien	68
4-23: Sanierungstiefen – Auswertung von Studien	69
4-24: Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe für Wohngebäude für die Szenarien 1,2 und 3	70
4-25: Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe für Mischnutzung für die Szenarien 1,2 und 3.	70
4-26: Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe für öffentliche Gebäude für die Szenarien 1,2 und 3	71
4-27: Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe für GHD für die Szenarien 1,2 und 3	71
4-28: Sanierungsreihenfolge der Einzelobjekte (Flurstücke)	72
4-29: Anwendung der Sanierungstiefe und Limit bei Voll- und Teilsanierung	72
4-30: Entwicklung der GTZ bei linearer Fortschreibung der bisherigen Entwicklung sowie dem 1,5°- bzw. 2,0°-Ziel	73
4-31: Verteilung des spezifischen Wärmebedarfs bei Sanierung der Gebäude (Szenario 1)	74
4-32: Verteilung des spezifischen Wärmebedarfs Baualtersklassen 1979-1995	75
4-33: Verteilung des spezifischen Wärmebedarfs Baualtersklassen 2010-2020	75
4-34: Einfluss der Sanierungstätigkeit auf den Wärmebedarf (Szenario 1)	76
4-35: Einfluss der Sanierungstätigkeit und der GTZ auf den Wärmebedarf (Szenario 1)	76
5-1: Durch Infrastruktur abgetrennte Cluster (Schritt 3)	77
5-2: Einteilung der Stadt Wiesbaden in 123 Cluster	78
5-3: Bestehende Fernwärmesatzung sowie angenommene Erweiterung im Szenario 3	79
5-4: Schema der Modellierung der Zielszenarien	80
5-5: Beispielhafte Darstellung der Wärmegestehungskosten	82
5-6: Wärmebedarfsentwicklung Szenario 1 (Raumwärme und Warmwasser) nach Energieträgern	85
5-7: Wärmebedarfsentwicklung Szenario 2 (Raumwärme und Warmwasser) nach Energieträgern	85
5-8: Wärmebedarfsentwicklung Szenario 3 (Raumwärme und Warmwasser) nach Energieträgern	85
5-9: Kumulierte Treibhausgase bis 2045 in allen Szenarien	86
5-10: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045	90
5-11: Eignung für eine dezentrale Versorgung in den Clustern	91
5-12: Eignung für eine Versorgung über Wärmenetze in den Clustern	92
5-13: Eignung für die Versorgung durch Wasserstoff in den Clustern	93
5-14: Eignung für die Versorgung über Biomethan in den Prüfgebieten	94
5-15: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete im Zeitraum bis 2045	95
5-16: Gebiete mit unterschiedlichem Energieeinsparpotenzial	96
5-17: Jährlicher Endenergiebedarf der Wärmeversorgung in GWh/a, differenziert nach Energieträgern	97
5-18: Jährlicher Endenergiebedarf der Wärmeversorgung in GWh/a, differenziert nach Sektor	98
6-1: Exemplarische Darstellung des Monitoring-Dashboards	102

Tabellen

3-1: Datengrundlage zum Aufbau des digitalen Modells	11
3-2: Versorgungsstruktur der Flurstücke – Aufgeteilt nach Energieträger	16
3-3: Nutzungsgrade nach Heizungstechnologie	19
3-4: Erneuerbarer Anteil nach eingesetztem Energieträger	21
3-5: THG-Emissionen nach eingesetztem Energieträger	22
3-6: Eckdaten der Wärmenetze und Wärmeträger (* TAB Angaben)	26
4-1: Randbedingungen für die thermische Nutzung von Flusswasser des Rheins und Mains	31
4-2: Auslegungsdaten für Flusswasser-Wärmepumpen im Rhein und im Main	31
4-3: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Flusswasser-Wärmepumpen	31
4-4: Randbedingungen für die thermische Nutzung von Klarwasser am Hauptklärwerk	34
4-5: Randbedingungen für die thermische Nutzung von Klarwasser am Klärwerk Biebrich	34
4-6: Auslegungsdaten für eine Klarwasser-Wärmepumpe am Hauptklärwerk	34
4-7: Auslegungsdaten für eine Klarwasser-Wärmepumpe am Klärwerk Biebrich	34
4-8: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Klarwasser-Wärmepumpen.	35
4-9: Randbedingungen für eine Abwasser-Wärmepumpe	37
4-10: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Abwasser-Wärmepumpen.	37
4-11: Randbedingungen für eine thermische Nutzung von Thermalwasser	39
4-12: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Thermalwasser-Wärmepumpen	39
4-13: Randbedingungen für eine thermische Nutzung von Grundwasser	41
4-14: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Grundwasser-Wärmepumpen	43
4-15: Randbedingungen für Wärmepumpen im Testreferenzjahr für Wiesbaden	44
4-16: Zusammenfassung des Ergebnisses der Potenzialermittlung für eine beispielhafte zentrale Luft-Wärmepumpe	44
4-17: Übersicht der Potenziale industrieller Abwärme	47
4-18: Randbedingungen für die Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren	48
4-19: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Abwärme aus Rechenzentren	49
4-20: Grundlagen und Annahmen zur Bestimmung der Biomassepotenziale	50
4-21: Grundlagen und Annahmen zur Bestimmung der Biomassepotenziale	50
4-22: Ergebnis Potenzialanalyse Biomasse	51
4-23: Ergebnis der Potenzialermittlung für oberflächennahe Geothermie (zentral, Erdwärmesonden)	58
4-24: Ergebnis der Potenzialermittlung für oberflächennahe Geothermie (zentral, Erdwärmekollektoren)	58
4-25: Ergebnis der Potenzialermittlung für oberflächennahe Geothermie (dezentral, Erdwärmesonden)	59
4-26: Ergebnis der Potenzialermittlung für oberflächennahe Geothermie (dezentral, Erdwärmekollektoren)	59
4-27: Randbedingungen für Solarthermie	61
4-28: Ergebnis der Potenzialermittlung für Freiflächen-Solarthermie	61
4-29: Berücksichtigte Neubaugebiete	74
5-1: Übersicht über Emissionsfaktoren je Energieträger und Stützjahr	86
5-2: Bewertungsmatrix der Kriterien	89
5-3: Jährlicher Endenergiebedarf der Wärmeversorgung in GWh/a, differenziert nach Energieträgern	97
5-4: Jährlicher Endenergiebedarf der Wärmeversorgung in GWh/a, differenziert nach Endenergiesektoren	97
5-5: Jährliche Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung (t CO ₂ -äq. /a)	98
5-6: Jährlicher Endenergiebedarf der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in GWh/a und deren Anteil am Endenergiebedarf in Prozent	98
5-7: Jährlicher Endenergiebedarf der leitungsgebundenen Wärmeversorgung nach Energieträgern in Prozent gemäß dem Netztransformationsplans der ESWE Versorgungs AG	99
5-8: Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude in Prozent	99
5-9: Jährlicher Endenergiebedarf aus Gasnetzen in GWh/a und deren Anteil am Endenergiebedarf in Prozent	99
5-10: Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude in Prozent	99
6-1: Bausteine der Umsetzungs- und Verstärkungsstrategie	100
6-2: Übersicht der Strategiefelder	101
9-1: Übersicht der für die Freiflächenanalyse verwendeten Restriktionen	110





1. Zusammenfassung

Die kommunale Wärmeplanung mit ihrem Wärmeplan soll Orientierung geben und aufzeigen, wie eine klimaneutrale, bezahlbare und verlässliche Wärmeversorgung künftig gelingen kann. Die Landeshauptstadt Wiesbaden (LHW) hat in Zusammenarbeit mit der ESWE Versorgungs AG (ESWE) und mit Unterstützung der Ramboll Deutschland GmbH (Ramboll) und dem Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) eine umfassende kommunale Wärmeplanung gemäß Wärmeplanungsgesetz (WPG) erarbeitet. Ziel ist die schrittweise Transformation der Wärmeversorgung bis 2045 hin zu einer treibhausgasneutralen, resilienten, bezahlbaren und wirtschaftlich tragfähigen Versorgung.

Der aktuelle Endenergiebedarf im Stadtgebiet liegt bei rund 3.200 GWh/a, wobei fossile Energieträger wie Erdgas und Heizöl dominieren. Die Fernwärme deckt derzeit etwa 10 % des Bedarfs. Der Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme¹ am aktuellen Endenergiebedarf für Wärme liegt bei etwa 7,8 %, wobei ein wesentlicher Teil über die Fernwärme bereitgestellt wird. Die wärmebedingten THG-Emissionen betragen rund 780.000 t CO₂-äq. pro Jahr.

Die Stadt wurde in 123 räumliche Teilgebiete (Cluster) gegliedert, für die jeweils die wirtschaftlich und technisch

geeignetste Versorgungsform ermittelt wurde. Neben Wärmenetzen wurden auch dezentrale Versorgungsoptionen und der Einsatz von Wasserstoff bewertet. Die Potenzialanalyse identifiziert für die zentrale Anwendung insbesondere industrielle Abwärme, Flusswasser, Klarwasser, thermische Abfallverwertung und Thermalwasser sowie in der dezentralen Versorgung Umgebungsluft und oberflächennahe Geothermie als relevante Quellen für die zukünftige Wärmeversorgung.

Im maßgeblichen Zielszenario wird unter Berücksichtigung der hinterlegten Annahmen ein Ausbau der Fernwärmeversorgung angestrebt, so dass sich die Anzahl der Anschlüsse auf insgesamt rund 4.192 erhöht und sich damit in etwa verdoppelt. Ergänzt durch einen signifikanten Ausbau dezentraler Wärmepumpenlösungen. Der jährliche Endenergiebedarf, der durch Gas gedeckt werden soll, verringert sich um ca. 80 %. Die THG-Emissionen können dadurch insgesamt um 93 % gesenkt werden.

Das wesentliche Resultat der Kommunalen Wärmeplanung ist die Einteilung der Stadt in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete, welche in Abbildung 5-15 dargestellt ist.

Die Umsetzung der Wärmewende im kommunalen Einflussbereich wird über einen Maßnahmenkatalog, ein Monitoringkonzept und eine Verstetigungsstrategie gesteuert. Die Einbindung von Bürger:innen und lokalen

¹ Abwärme z. B. aus Industrieprozessen und der Stromerzeugung, die ohne Zugang zu einem Wärmenetz an die Umgebung abgeführt würde. (vgl. §3 Abs. 13 WPG)



Akteuren ist integraler Bestandteil des Prozesses. Die Wärmeplanung wird regelmäßig fortgeschrieben und dient als strategische Entscheidungsgrundlage für Verwaltung, Politik und Energieversorger, sowie als Orientierungshilfe für Bürger:innen und Gewerbetreibende.

2. Rahmen und Ziel der kommunalen Wärmeplanung

Die kommunale Wärmeplanung (KWP) ist ein strategisches Planungsinstrument zum treibhausgasneutralen Umbau der Wärmeversorgung für das gesamte Stadtgebiet.

Ziel der KWP ist es, eine fundierte Strategie zur Entwicklung einer klimaneutralen, kosteneffizienten und zukunftsfähigen Wärmeversorgung für Kommunen zu erarbeiten. Im Mittelpunkt steht die schrittweise Umstellung der Erzeugung von Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme auf erneuerbare Energien sowie unvermeidbare Abwärme. Durch diese Maßnahmen sollen Treibhausgasemissionen signifikant reduziert, die Energieeffizienz erhöht, Versorgungssicherheit gewährleistet sowie langfristig stabile und bezahlbare Wärmepreise für private Haushalte und Unternehmen sichergestellt werden. Die kommunale Wärmeplanung trägt darüber hinaus dazu bei, die Transformation der Energieversorgung proaktiv zu gestalten.

Gesetzliche Grundlagen

Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) ist am 01.01.2024 in Kraft getreten und sieht die Einführung einer flächendeckenden Wärmeplanung für alle Gemeindegebiete bundesweit vor. Nach § 4 WPG sind die Länder verpflichtet, die Vorgaben des Bundes umzusetzen. Eine Konkretisierung der Umsetzung erfolgt durch das jeweilige Landesrecht, wobei eine entsprechende Verordnungsermächtigung in § 33 Abs. 1 Satz 1 WPG vorgesehen ist. Somit ist die gesetzliche Umsetzung auf Landesebene notwendig, um die Wärmeplanung verbindlich und praxisorientiert zu gestalten.

Bereits 2022 hat der Hessische Landtag beschlossen, dass Kommunen mit mehr als 20.000 Einwohner:innen ab dem 29.11.2023 verpflichtet sind, kommunale Wärmepläne zu erstellen (§13 Hessisches EnergieGesetz). Mit Inkrafttreten der Verordnung zur kommunalen Wärmeplanung (WPVO) am 18.11.2025 sind die Gemeinden die planungsverantwortliche Stelle und zur Erstellung einer Wärmeplanung verpflichtet. Zudem sieht § 3 Abs. 1, 2 WPVO vor, dass der fertige Wärmeplan nach Abschluss der Arbeiten beim Regierungspräsidium Darmstadt anzuzeigen und zu bewerten ist.

Historie

Im Zuge der Fortschreibung des integrierten Klimaschutzkonzeptes der LHW hat die Stadt vor der Einführung der kommunalen Wärmeplanung nach dem Hessischen Energiegesetz bereits 2021 mit der strategischen Wärmeplanung begonnen. Im Mai 2025 wurde darüber hinaus der KLIMA_PLAN der Stadt Wiesbaden von der Stadtverordnetenversammlung beschlossen. Der KLIMA_PLAN ist das Rahmenwerk der LHW zur Erreichung der Klimaschutzziele und umfasst 73 Maßnahmensteckbriefe. Eine Vielzahl der Maßnahmen fokussiert bereits die Treibhausgasreduktion im Wärmesektor. Auf der Grundlage der Strategischen Wärmeplanung und des KLIMA_PLAN kann nun die kommunale Wärmeplanung aufbauen.

Im Frühjahr 2022 hat ESWE begonnen, einen Energieentwicklungsplan zu entwickeln. Im Rahmen der Erarbeitung wurde u. a. ein hochaufgelöstes Wärmekataster erstellt, einzelne Wärmepotenziale untersucht sowie ein Simulationsmodell für die Wärmemarktanalyse aufgesetzt.

Mit dem Energieentwicklungsplan der ESWE sowie dem KLIMA_PLAN und der Strategischen Wärmeplanung der LHW lagen wesentliche Ergebnisse und Vorüberlegungen zur Transformation der Wärmeversorgung vor, die in die Erstellung der kommunalen Wärmeplanung eingeflossen sind.

Phasen der kommunalen Wärmeplanung

Die kommunale Wärmeplanung gemäß WPG gliedert sich in mehrere aufeinander aufbauenden Phasen (vgl. Abbildung 2-1):

Zu Beginn steht die Bestandsanalyse, in der die aktuelle Wärmeversorgung detailliert erhoben und bewertet wird. Darauf folgt die Potenzialanalyse, bei der erneuerbare Energien, unvermeidbare Abwärmequellen und Effizienzpotenziale identifiziert werden. Anschließend wird ein Zielszenario für eine klimaneutrale Wärmeversorgung entwickelt und beurteilt. Aus den Erkenntnissen aller Phasen erfolgt die Definition konkreter Maßnahmen, welche die Grundlage für die spätere Umsetzung bildet. Die Umsetzung dieser definierten Maßnahmen wird im Rahmen eines Monitorings langfristig nachverfolgt.

Ergänzend zur inhaltlichen Erarbeitung der einzelnen Phasen wurde ein übergreifendes Projektmanagement etabliert, um einen strukturierten und effizienten Projektverlauf sicherzustellen. Darüber hinaus führte die Stadt eine projektbegleitende Öffentlichkeits- und Akteursbeteiligung durch, um Transparenz zu gewährleisten und relevante Stakeholder kontinuierlich einzubinden.

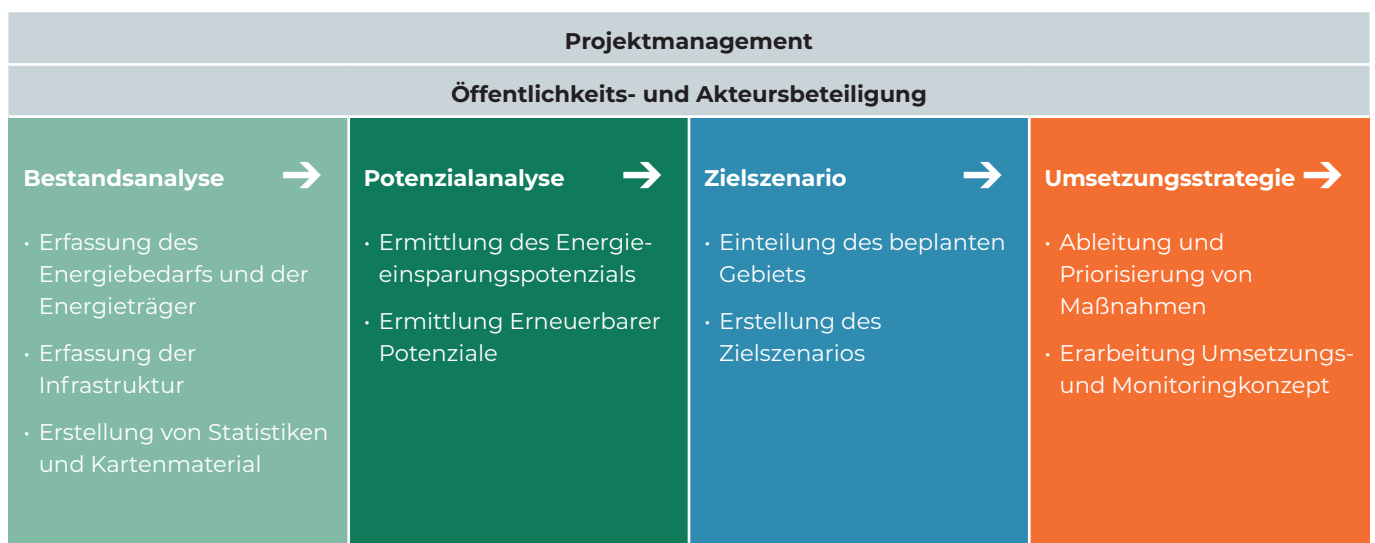


Abbildung 2-1: Phasen der kommunalen Wärmeplanung

3. Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse bildet das Fundament der kommunalen Wärmeplanung und hat zum Ziel, den aktuellen Stand der Wärmeversorgung in der Stadt Wiesbaden präzise zu erfassen und kartografisch darzustellen. Im Mittelpunkt steht dabei die Ermittlung von Wärmemengen, die Identifikation und räumliche Zuordnung der eingesetzten Energieträger sowie die Erfassung relevanter Infrastrukturen. Die Ergebnisse dieser Analyse dienen als Grundlage für die Entwicklung des Zielszenarios und die Einteilung des Stadtgebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete.

Die Bestandsanalyse umfasst dabei sowohl den Wärmebedarf und -verbrauch für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme als auch die vorhandenen zentralen und dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen sowie die zugehörigen Energieinfrastrukturen. Durch die systema-

tische Zusammenführung und Aufbereitung der Daten aus unterschiedlichen Quellen wird eine kartografische Darstellung ermöglicht und der Grundstein für eine zielgerichtete und nachhaltige Wärmeplanung gelegt.

Im Folgenden wird das methodische Vorgehen beschrieben und die Ergebnisse zu den einzelnen Untersuchungsschwerpunkten übersichtlich dargestellt.

3.1. Datengrundlage und Verarbeitung

Im Rahmen des Energieentwicklungsplans wurde ein digitales Modell der Wärmeversorgung der Stadt Wiesbaden erstellt [1]. Dieser bietet die Grundlage für die dargestellten Ergebnisse in der kommunalen Wärmeplanung. In Tabelle 3-1 ist die Datengrundlage für das digitale Modell aufgelistet.

Tabelle 3-1: Datengrundlage zum Aufbau des digitalen Modells

Quelle	Inhalte	Verwendung des Datensatzes:
LoD2	Gebäudetopologie	Zur Wärmebedarfsberechnung anhand der Gebäudetypologie
ALKIS	Adresse	Zur Verortung der Verbrauchsdaten
	Gebäude	Als Grundlage für das Gebäudemodell und zur Bestimmung der Gebäudenutzung, bzw. des Gebäudetyps
	Flurstücke	Als Aggregationsebene zur Darstellung eines Versorgungsobjekts (Definition Endkunde)
ATKIS	Straßenachsen	Zur Darstellung der Wärmelinienichte
infas360	Baualtersklasse adressbezogen	Zur Bestimmung der Baualtersklasse der Gebäude, welche Einfluss auf die Wärmebedarfsberechnung hat
ESWE / sw netz	Leitungen Nah- und Fernwärme	Zur Darstellung der Infrastruktur
	Leitungen Gas	Zur Darstellung und Plausibilisierung der Infrastruktur
	Leitungen Glasfaser	Zur Darstellung der Infrastruktur
	Daten zu Mitversorgung (Fernwärme und Gas)	Zur Identifizierung mit Mitversorgungsfällen
	Verbrauchsdaten Fernwärme (2019-2021)	Zur Bestimmung des Wärmeverbrauchs und zur Darstellung des Energieträgereinsatzes
	Verbrauchsdaten Gas (2019-2021)	Zur Bestimmung des Wärmeverbrauchs und zur Darstellung des Energieträgereinsatzes
	Verbrauchsdaten Heizstrom (2019-2021)	Zur Bestimmung des Wärmeverbrauchs und zur Darstellung des Energieträgereinsatzes
	Erzeuger Nah- und Fernwärme	Zur Darstellung der Infrastruktur
Mainzer Netze	Gas- und Stromverbrauch baublockbezogen	Zur Plausibilisierung des Wärmebedarfs aus dem Energieentwicklungsplan
LHW	Baublöcke	Als Aggregationsebene zur Darstellung gemäß WPG
	Baualtersklasse baublockbezogen	Zur Bestimmung der Baualtersklasse der Gebäude, welche Einfluss auf die Wärmebedarfsberechnung hat
	Nahwärmenetze	Zur Darstellung der Infrastruktur
MaStr	Leistung und Standorte BHKW	Zur Darstellung der KWK-Leistung
Schornsteinfeger	Kehrdaten	Zur detaillierten Darstellung des Energieträgereinsatzes

Im Rahmen des Energieentwicklungsplans wurde auf Grundlage des Gebäudemodells eine Wärmebedarfsabschätzung durchgeführt. Dabei wurden die geometrischen Eigenschaften der Gebäude herangezogen, um mit Hilfe spezifischer Wärmebedarfsansätze den theoretischen Wärmebedarf möglichst präzise zu bestimmen. Die Berücksichtigung von Baualtersklassen ermöglichte eine differenzierte Analyse des Energiebedarfs auf Gebäudeebene.

Die Verbrauchsdaten der leitungsgebundenen Energieträger wurden für die Jahre 2017-2021 bereitgestellt und in das digitale Modell implementiert. Dabei wurden die Verbräuche entsprechend der Klimakorrekturen der jeweiligen Jahre klimabereinigt. Die Klimakorrekturen wurden aus dem Verhältnis der lokalen Jahresgradtagszahl des langjährigen Mittels und der lokalen Jahresgradtagszahl² des jeweiligen Jahres gebildet.

Angesetzte Klimakorrekturen:

- 2017: 1,00
- 2018: 1,11
- 2019: 1,05
- 2020: 1,10
- 2021: 0,96

Die Erdgasverbräuche lagen in der Form der Endenergie³ vor und wurden mit einem Nutzungsgrad von 85 % beaufschlagt, um sie in Wärmebedarfe (Nutzenenergiebedarfe⁴) umzurechnen. So lässt sich der Wärmebedarf unabhängig von der Heiztechnik fortschreiben. Für Erdgas- und Fernwärme wird der Medianwert von 2017 bis 2021 zur Eliminierung von Ausreißern genutzt – dieser Wert dient als Basis für weitere Analysen.

Der Erdgasdatensatz wurde um die in den Daten enthaltenen Heiz(kraft)werksstandorte sowie Prozessgas- und Prozesswärmekunden bereinigt. Die ermittelte Energiemenge für Prozesswärme beträgt 1.629 GWh/a.

Ein Abgleich der Verbrauchsdaten mit den theoretischen Bedarfsdaten zeigte, dass der Bedarf in der ersten Modellierung tendenziell überschätzt wurde. Daraufhin wurde das Wärmebedarfsmodell validiert, sodass eine bessere Übereinstimmung zwischen Verbrauchs- und Bedarfsdaten erreicht wurde. Zusätzlich wurde für jedes Flurstück eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt, um den maßgeblichen Wärmewert (Verbrauch oder validierter Bedarf) zu bestimmen. Der maßgebliche Wert ist in erster Linie

der Verbrauch, sofern er sich in einem für die hinterlegten Gebäude plausiblen Bereich befindet. Liegt kein Verbrauch für ein Flurstück vor oder ist der Verbrauch unplausibel, wird auf den validierten Bedarf des Flurstücks zurückgegriffen. Das Ergebnis ist eine plausibilisierte Wärmemenge für jedes Flurstück und über die Summe aller Flurstücke und somit für das Stadtgebiet insgesamt.

In Summe ergibt sich exkl. Prozesswärmebedarf ein Nutzenergiebedarf von 2.762 GWh/a für das gesamte Untersuchungsgebiet der Stadt Wiesbaden.

3.2. Charakterisierung der Gebäudestruktur

Die Analyse der Gebäudestruktur im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erfolgt baublockbezogen. Der dominierende Gebäudetyp pro Baublock wird anhand der größten Nutzfläche bestimmt. Die in der Kommunalen Wärmeplanung betrachteten Sektoren sind „Wohnen“, „Industrie“, „Öffentlich“ sowie „GHD und sonstiges“. Militärisch genutzte Gebiete werden bei der Planung mit Berücksichtigt aber auf kartografischen Darstellungen ausgeblendet.

Die detaillierte Darstellung der überwiegenden Gebäudetypen in den Baublöcken ist in Abbildung 3-1 dargestellt. Mischnutzungen können nicht eindeutig einem der beiden Sektoren zugeordnet werden und sind daher beiden Bereichen zuzurechnen. Die zentralen Stadtteile Mitte und Westend sind geprägt durch eine heterogene Zusammensetzung zwischen allen Sektoren mit Ausnahme der Industrie. Verglichen mit dem gesamten Untersuchungsgebiet zeigt sich eine deutliche Konzentration der Mischnutzung in diesen Gebieten. Die Sektoren Industrie sowie GHD und sonstiges zeigen in den Ortsteilen entlang des Rheins ein verstärktes Auftreten mit einer homogenen Durchmischung in Mainz-Kastel. Die östlich gelegenen Ortsteile zwischen Naurod und Delkenheim weisen einen Wohnsektor geprägten Ortskern auf, umgeben von Gewerbe und öffentlichen Sektoren. In der Abbildung 3-1 sowie in allen weiteren kartografischen Darstellungen, sind gering bebaute Gebiete ausgeblendet, da diese die räumliche Interpretation verzerren. Dadurch tritt die sektorale Struktur der dichter bebauten Baublöcke klarer hervor, insbesondere in innerstädtischen Bereichen. Die ergänzende, nach Nutzflächen gewichtete Auswertung in Abbildung 3-2 zeigt, dass der Sektor Wohnen insgesamt den größten Anteil an der gesamten Nutzfläche einnimmt.

² Die Gradtagszahl ist eine Kenngröße, die den Heizbedarf eines Gebäudes in Abhängigkeit von der Außentemperatur beschreibt.

³ Endenergie ist die Energie, die beim Verbraucher ankommt und direkt genutzt werden kann (z. B. Strom aus der Steckdose, Fernwärme, Heizöl im Tank).

⁴ Nutzenergie ist ein Teil der Endenergie, der tatsächlich in die gewünschte Wirkung umgewandelt wird (z. B. Wärme aus dem Heizkörper, Warmwasser fürs Duschen)

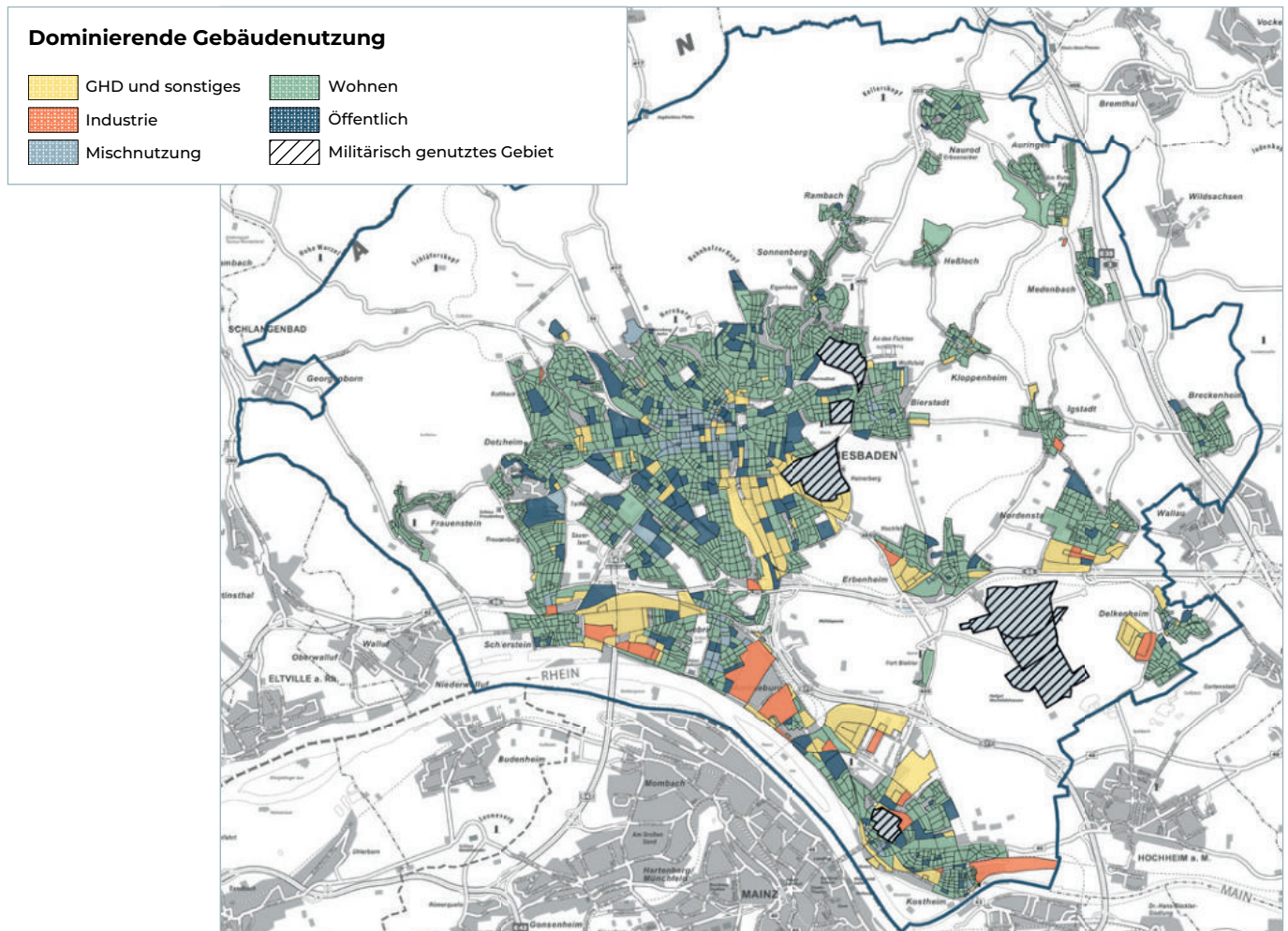


Abbildung 3-1: Dominierende Gebäudenutzung (Nutzfläche)

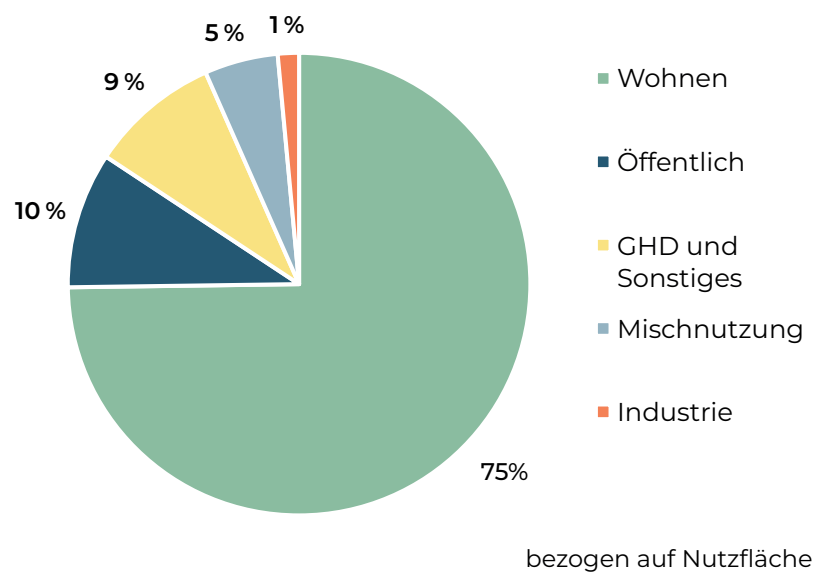


Abbildung 3-2: Dominierende Gebäudenutzung (Nutzfläche)

Die dominierende Baualtersklasse wird ebenfalls baublockbezogen ermittelt. Die Bausubstanz in Wiesbaden baut sich aus mehreren dominanten Sektionen auf. Ein historischer Ortskern mit Altbauten vor 1919 sowie breit verstreute Baublöcke mit Bauten der Nachkriegsjahre zeichnen fast die Hälfte der Altersverteilung ab. Dominant treten die Baujahre von 1979 bis 1995 in der Verteilung insbesondere in den östlichen Gebieten auf.

Mit der Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung im Jahr 1977 wurden die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz kontinuierlich verschärft. Einen signifikanten Fortschritt markierte das Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung (EnEV) im Jahr 2003, wodurch Neubauten einen deutlich verbesserten energetischen Standard erreichten. In bestimmten Stadtbereichen überwiegen Gebäude ab dem Baujahr 2003, die von den strengeren gesetzlichen Vorgaben profitieren und dementsprechend hohe Energiestandards erfüllen. In anderen Teilen der Stadt ist der energetische Zustand im Wesentlichen von

bereits durchgeführten Sanierungsmaßnahmen abhängig (siehe Kapitel 4.2).

Die Analyse aller Objekte im Stadtgebiet verdeutlicht, dass ein erheblicher Teil des Gebäudebestands einen mittleren bis schlechten Sanierungszustand aufweisen (vgl. Abbildung 3-5). Die energetisch ungünstigeren Gebäude sind im Mittel kleiner und haben daher auch einen geringeren Anteil am Gesamtwärmebedarf. Damit weisen große Energieverbraucher tendenziell eine bessere Energieeffizienz auf. In Summe ergibt sich ein signifikantes Sanierungspotenzial, insbesondere bei Gebäuden mit geringer energetischer Effizienz der Energieeffizienzklassen E-H, darunter auch viele Einfamilien- und kleine Mehrfamilienhäuser aus dem Altbaubestand.

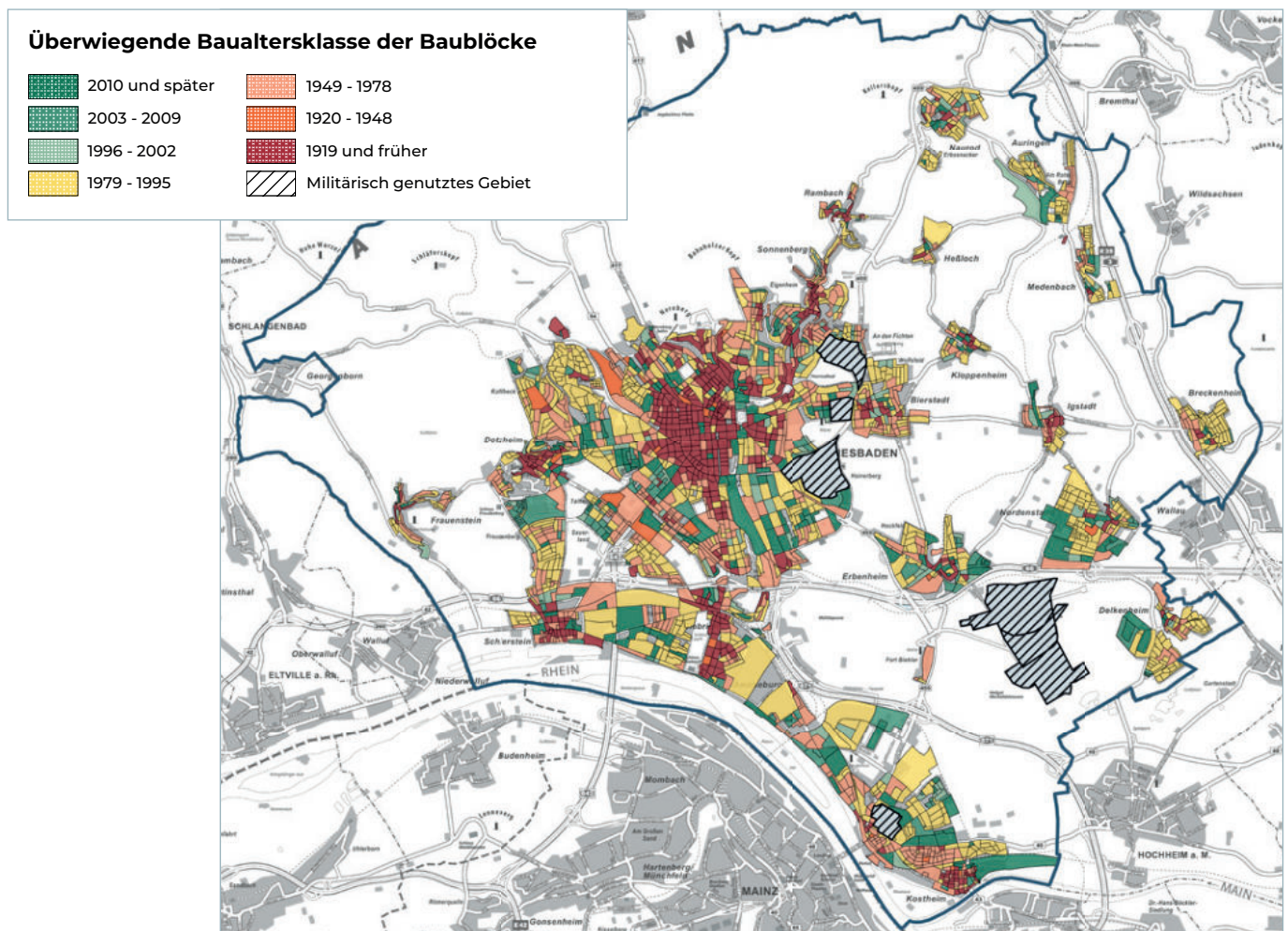


Abbildung 3-3: Dominierende Baualtersklasse

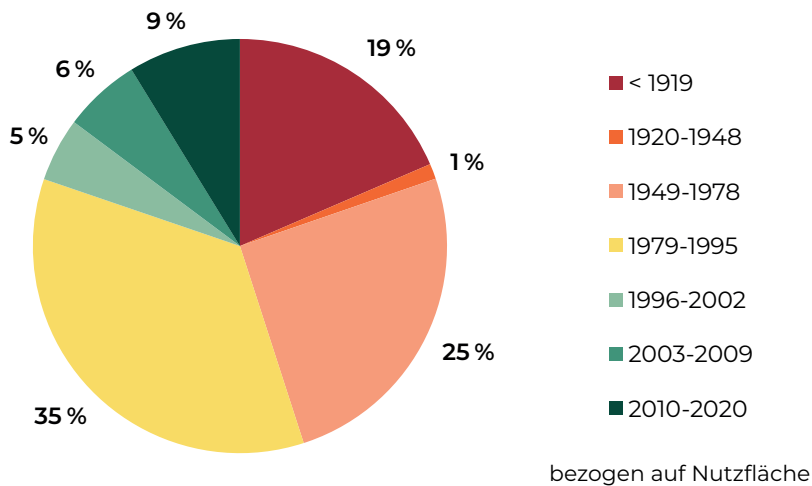


Abbildung 3-4: Dominierende Baualtersklasse in %

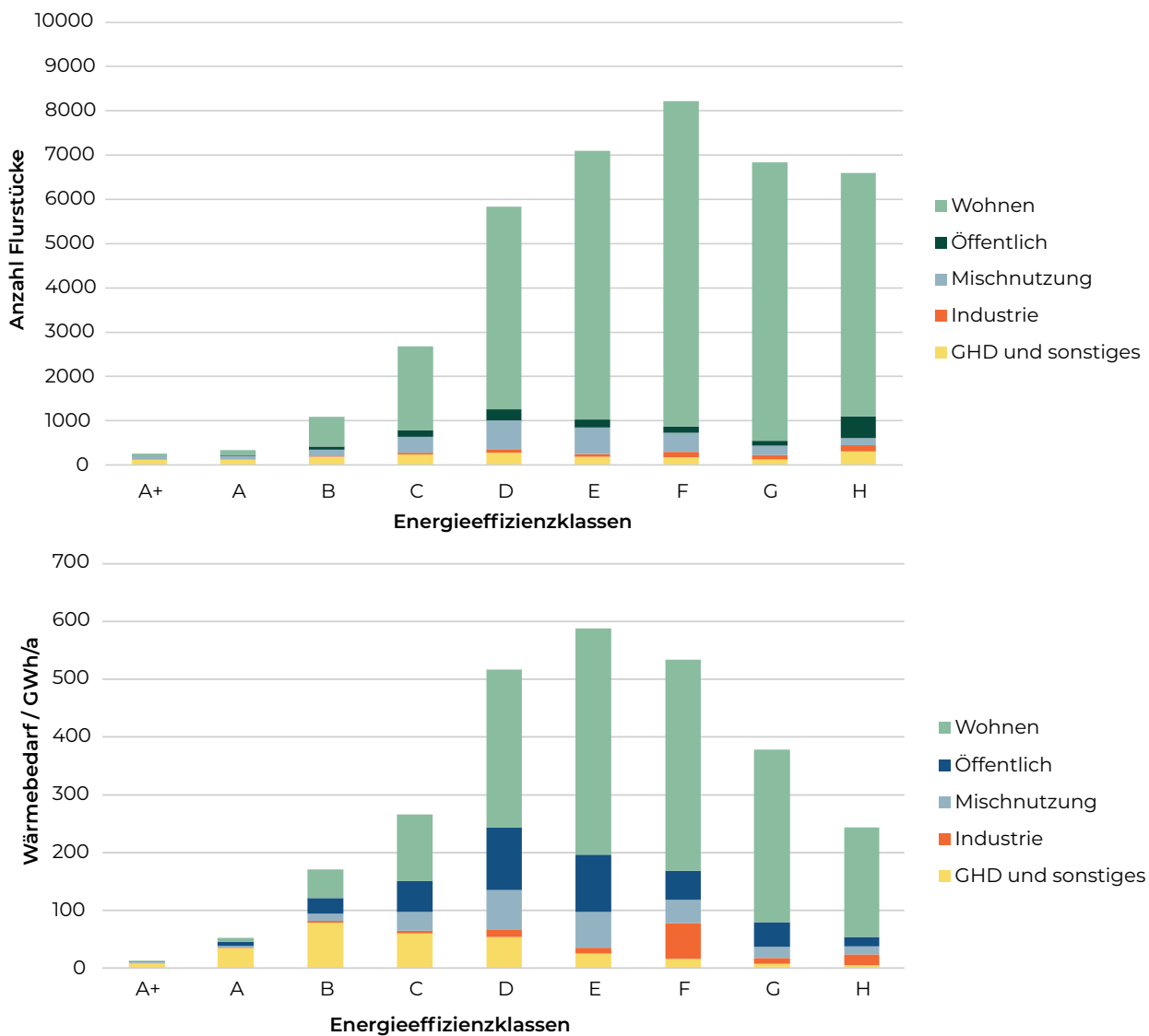


Abbildung 3-5: Sanierungszustands nach Effizienzklassen Anlage 10 GEG. Aufteilung der Sektoren gewichtet über die Anzahl der Flurstücke (oben) und nach Wärmebedarfen (unten)

3.3. Derzeitige Wärmeversorgung der Gebäude

Tabelle 3-2 zeigt, dass Erdgas, bezogen auf die Anzahl beheizter Flurstücke, der am häufigsten eingesetzte Energieträger ist. Danach folgen andere dezentrale Lösungen, wie Heizöl oder Stromdirektheizungen. Die Fernwärme macht in Bezug auf die Anzahl versorgter Flurstücke nur einen geringen Anteil aus, versorgt hierbei jedoch vorwiegend größere Liegenschaften.

Die kartografische Darstellung in Abbildung 3-6 zeigt die Verteilung der Energieträger auf Baublockebene. Eine detaillierte, interaktive und zoomfähige Darstellung ist auch in dem digitalen Zwilling der Stadt Wiesbaden enthalten (<https://wiesbaden.virtualcitymap.de/>). Das große Bestandsfernwärmenetz erstreckt sich vor allem über die Ortsbezirke Klarenthal sowie Teile von Dotzheim, Bierstadt sowie Südost und am Flugplatz und sorgt dort für einen großen Anteil der Deckung des Endenergiebedarfs.

Tabelle 3-2: Versorgungsstruktur der Flurstücke – Aufgeteilt nach Energieträger

Energieträger	Anzahl Flurstücke
Gas (zentral)	14.980
Gasetagenheizung	13.408
Heizöl	3.192
Flüssiggas	140
Fernwärme	903
Nahwärme	234
Stromdirekt	642
Strom Wärmepumpe	113
Biomasse	337
Kohle	2
Unbekannt	4.994

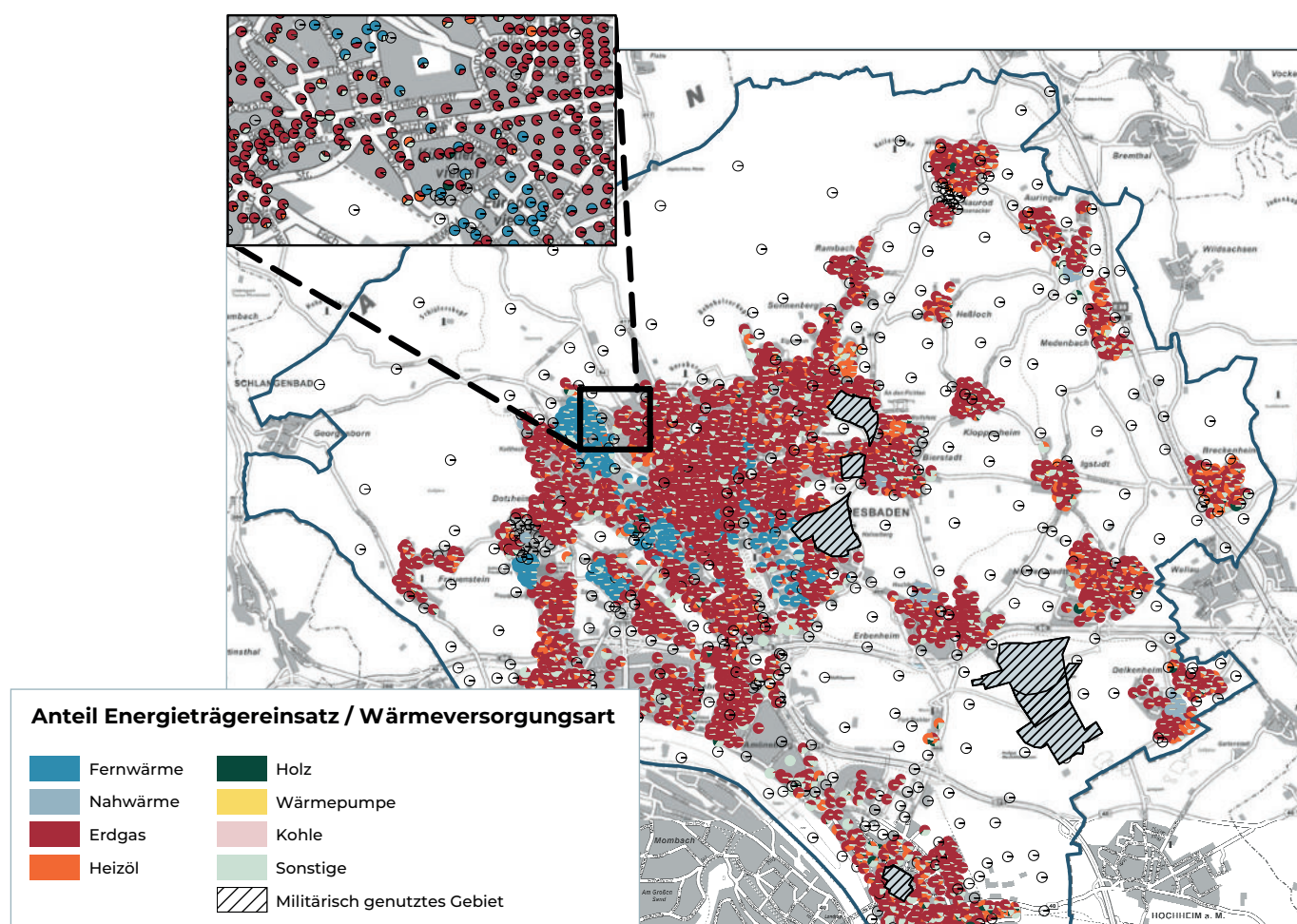


Abbildung 3-6: Anteil Energieträgereinsatz/Wärmeversorgungsart

Basierend auf den Tarifmerkmalen der Stromverbrauchsdaten werden Stromdirektheizungen sowie Wärmepumpen identifiziert. Etwa 0,7% des Nutzwärmebedarfs werden durch Stromdirektheizungen und rund 0,1% durch Wärmepumpen gedeckt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der tatsächliche Anteil höher liegt, da auch andere Tarife, die nicht explizit als Heizstromtarife ausgewiesen sind, für den Betrieb von Stromheizungen



In Abbildung 3-8 werden die bestehenden Kraftwärmekopplung (KWK)-Anlagen auf Grundlage der registrierten Anlagen im Marktstammdatenregister (MaStR) dargestellt. Die Farbskala in Abbildung 3-8 zeigt indikativ die installierte KWK-Leistung in den Baublöcken. Die KWK-Anlagen sind über das gesamte Stadtgebiet verteilt. Die meisten der KWK-Anlagen weisen eine eher geringe Leistung auf. Punktuell gibt es auch Anlagen mit Leistungen deutlich über 1 MW, mit bis zu 13 MW.

Abbildung 3-9 zeigt die Großverbräuche von Fernwärme und Erdgas über 1 GWh/a. Besonders die aktuellen Erdgasgroßverbraucher können als potenzielle Ankerkunden für eine zukünftige Wärmenetzversorgung betrachtet werden.

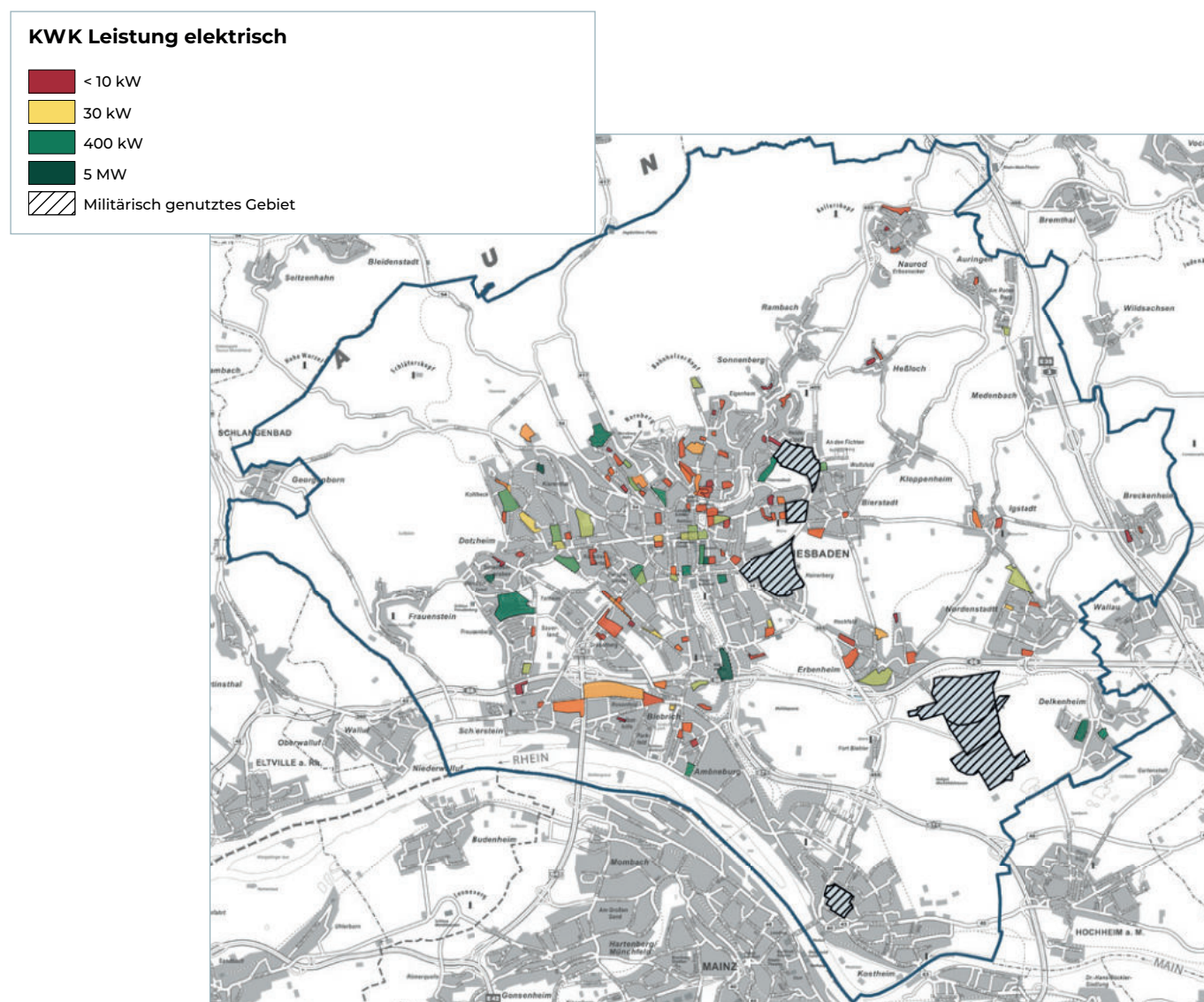


Abbildung 3-8: Installierte KWK-Leistung

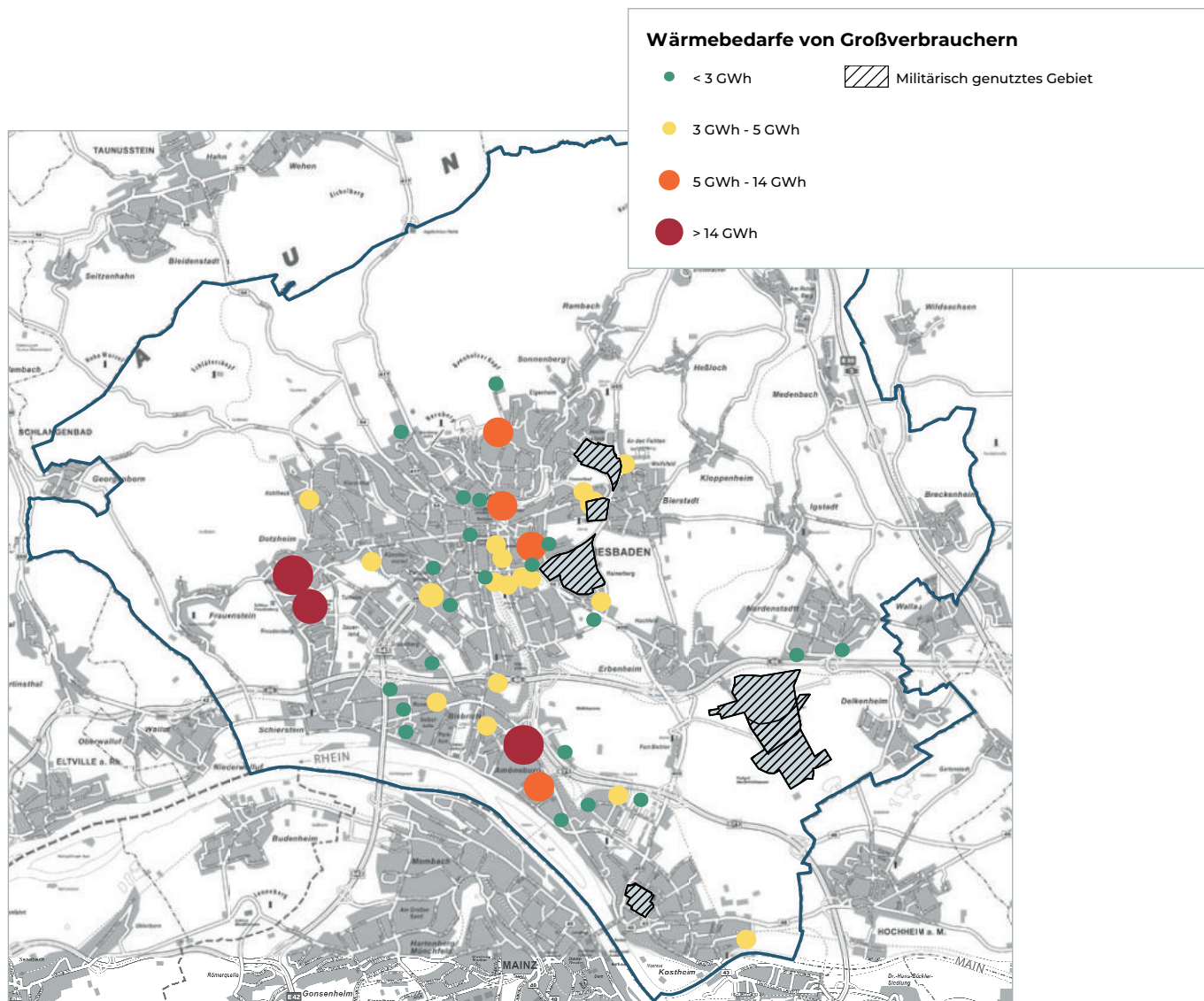


Abbildung 3-9: Großverbräuche/-bedarfe

3.4. Endenergie- und Treibhausgasbilanzierung

Die Endenergie- und Treibhausgasbilanz (THG-Bilanz) basiert auf den ermittelten Nutzenergiebedarfen und -verbräuchen und der jeweiligen Wärmeversorgungsart.

3.4.1 Endenergiebilanz

Der Endenergiebedarf wird nach Verbrauchssektoren und Energieträgern differenziert analysiert. Zur Umrechnung von Nutzenergie- auf Endenergiebedarfe werden die in Tabelle 3-3 aufgeführten Nutzungsgrade verwendet.

Tabelle 3-3: Nutzungsgrade nach Heizungstechnologie

Eingesetzte Heizungsanlage	Nutzungsgrad
Gasheizung zentral / Gasetagenheizung	0,85
Stromdirekt-/Nachtspeicherheizung	1,0
Wärmepumpen	3,0
Fernwärme	1,0
Ölheizung	0,8
Biomasse	0,8
Kohle	0,8
Flüssiggas	0,85
Unbekannt	0,8

Der gesamte Endenergiebedarf beläuft sich auf rund 3.206 GWh/a und ist in Abbildung 3-10 dargestellt. Der Hauptanteil entfällt auf den Energieträger Erdgas, gefolgt von Fernwärme und Heizöl. Den größten Anteil am Endenergiebedarf hat der Sektor Wohnen mit knapp 61 %, der dominant mit Erdgas als auch anteilig mit Fernwärme und Heizöl versorgt wird. Der öffentliche Sektor mit ca. einem siebtel des Endenergiebedarfs weist einen sehr ähnlichen Energiemix mit Ausnahme des Heizöls, wie der Sektor Wohnen auf. GHD und Sonstiges sowie Mischnutzung haben einen ähnlichen Endenergiebedarf, wobei letzterer kaum über Wärmenetze versorgt wird. Die Industrie hat im Kontext des städtischen Gesamtenergiebedarfs vor allem aufgrund des Prozesswärmebedarfs einen wesentlichen Anteil am Endenergiebedarf (vgl. Kapitel 3.1), dieser wird hier aber nicht zusätzlich aufgeführt.

Die derzeitige, sektorübergreifende Wärmeversorgung basiert überwiegend auf fossilen Energieträgern mit einem Gasversorgungsanteil von ca. 72 %. Inklusive Heizöl und Flüssiggas beläuft sich der fossile Versorgungsanteil auf ca. 80 %. Fernwärme stellt mit einem Anteil von 9,5 % den bedeutendsten Beitrag zur GEG konformen Wärmeversorgung dar (vgl. §71 GEG).

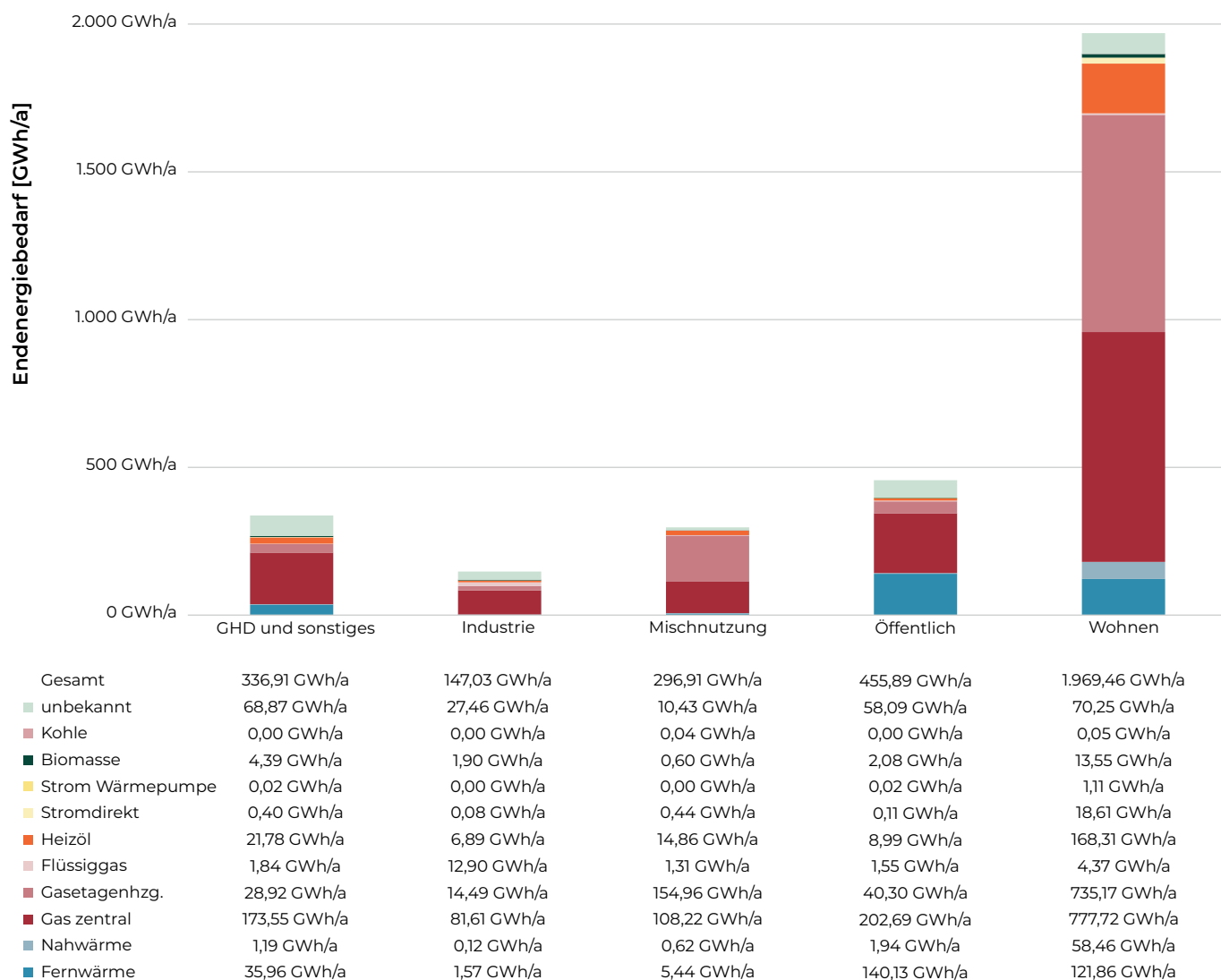


Abbildung 3-10: Endenergiebedarf nach Sektoren und Energieträgern

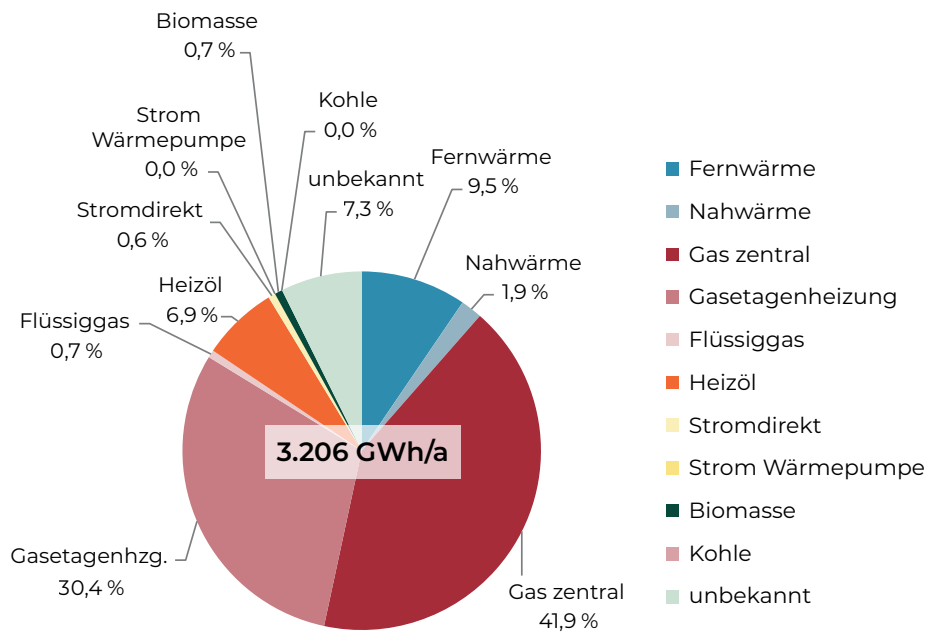


Abbildung 3-11: Endenergiebedarf gesamt nach Energieträgern

Der aktuelle Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergiebedarf/-verbrauch beträgt 7,8 %. Der Berechnung liegen folgende Annahmen in Tabelle 3-4 zugrunde.

Der aktuelle Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergiebedarf/-verbrauch leitungsgebundener Wärme beträgt 54,4 % und ergibt sich aus dem erneuerbaren Anteil der Fern- und Nahwärme sowie den jeweiligen Anteilen am Endenergiebedarf.

3.4.2 Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasemissionen wurden auf Basis von Emissionsfaktoren und den eingesetzten Energieträgern gemäß Tabelle 3-5 berechnet.

Die gesamten THG-Emissionen in CO₂-äq. betragen ca. 778.035 t/a. Die Aufteilung der THG-Emissionen ist analog zu der Verteilung der Endenergie in Kapitel 3.4.1. Fernwärme trägt mit 4,1 % zu den THG-Emissionen bei, während ihr Anteil am Endenergiebedarf 9,5 % beträgt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Fernwärme aufgrund ihres Anteils an erneuerbaren Energien im Vergleich zu fossilen Energieträgern geringere spezifische Emissionen verursacht.

Tabelle 3-4: Erneuerbarer Anteil nach eingesetztem Energieträger

Eingesetzte Energieträger	Anteil Erneuerbar	Anmerkung
Strom	42,4 %	DE-Mix 2021 [2], für 2024 bereits 59,4 % [3]
Biomasse (Pellets, Scheitholz, Sonstige Biomasse)	100 %	Erneuerbar gemäß WPG
Fernwärme	65,5 %	Gem. Bescheinigung ESWE [4]
Nahwärme	0 %	Energieträger Erdgas*, teilweise mit KWK-Anteil, vgl. Kapitel 3.6.1
Unbekannt	7,8 %	Annahme: Durchschnitt für Wiesbaden
Sonstige fossile Energieträger	0 %	Gas, Heizöl, Flüssiggas, Kohle

* Einzelne Nahwärmenetze werden teilweise mit Biomethan versorgt. Der genaue Anteil kann nicht beziffert werden. Der Einfluss auf die Gesamtbilanz ist gering und wird daher an dieser Stelle vernachlässigt.

Tabelle 3-5: THG-Emissionen nach eingesetztem Energieträger

Eingesetzte Energieträger	THG-Emissionen (2022) [t CO ₂ -äq./GWh]	Quelle
Erdgas	247	BISKO (2024) [6]
Strom	472	BISKO (2024) [6]
Biomasse (Pellets, Scheitholz, Sonstige Biomasse)	22	BISKO (2024) [6]
Kohle	433	BISKO (2024) [6]
Fernwärme	105	Gem. Zertifikat ESWE [5]
Nahwärme	150	BISKO (2024) [6]
Heizöl	318	BISKO (2024) [6]
Unbekannt	330	BISKO (2024) [6]
Flüssiggas	276	BISKO (2024) [6]

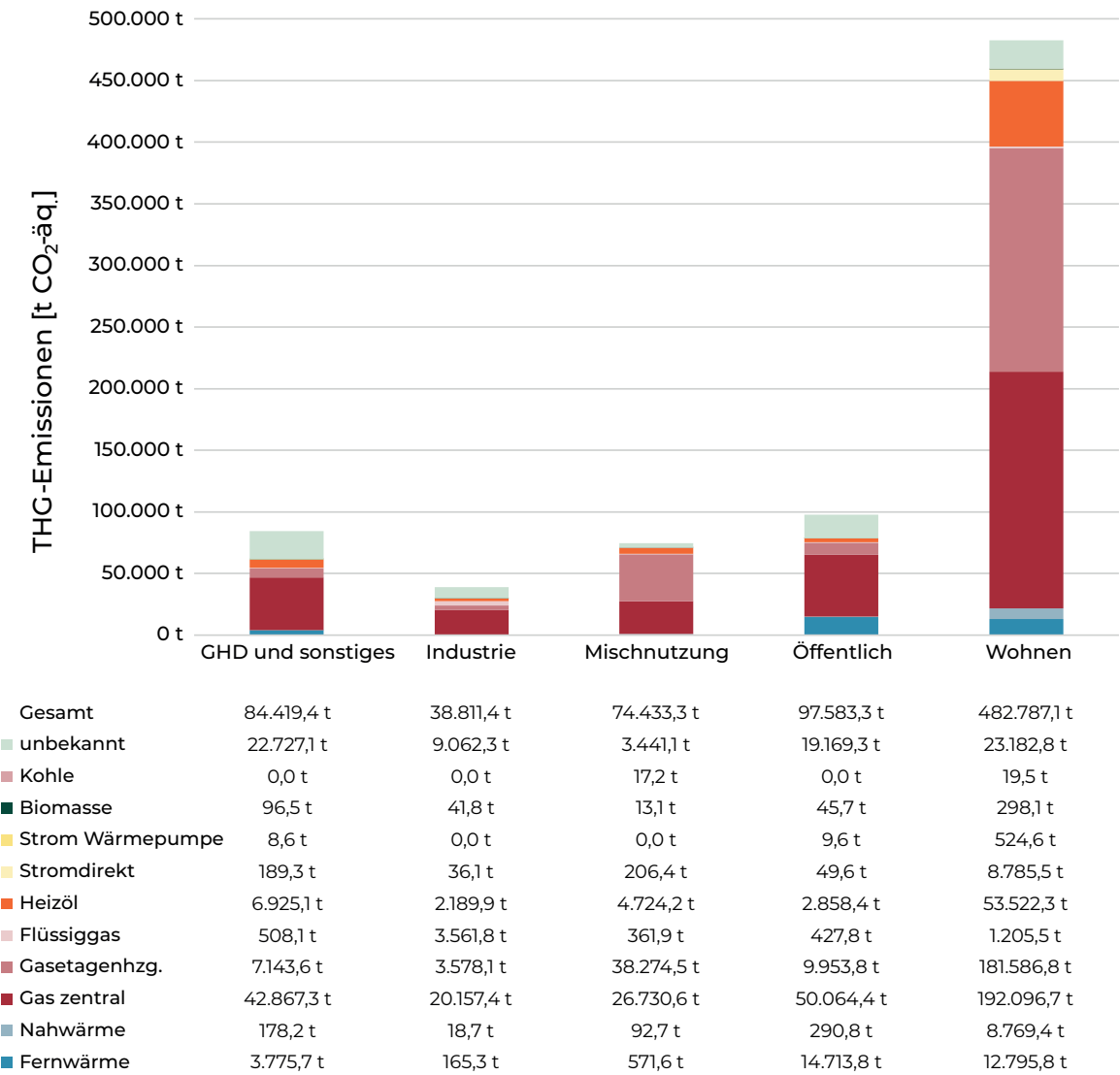


Abbildung 3-12: Treibhausgasemissionen nach Sektoren und Energieträgern

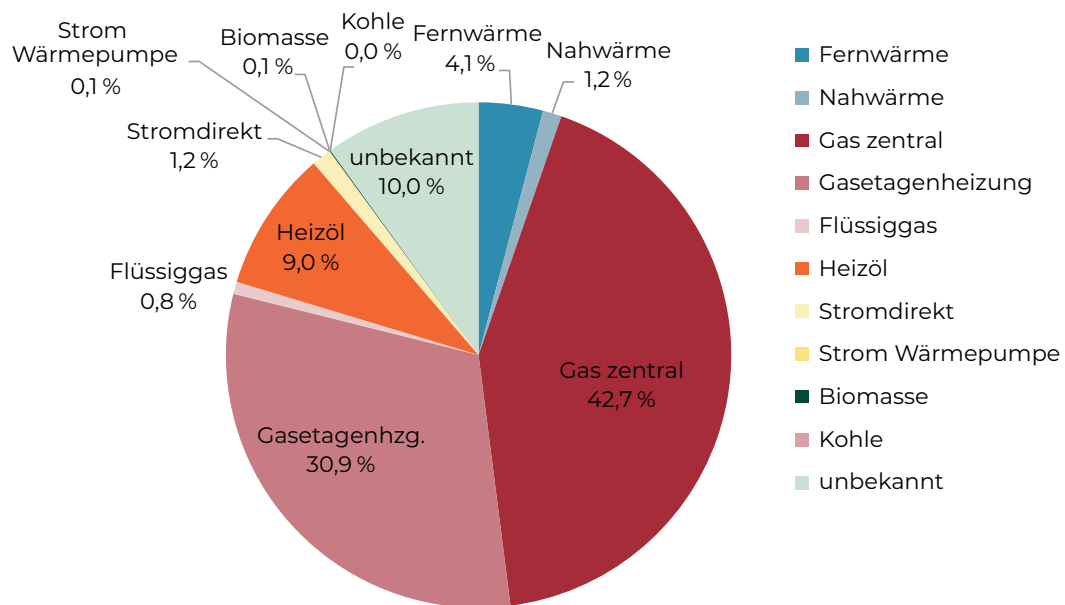


Abbildung 3-13: Treibhausgasemissionen gesamt nach Energieträgern



3.5. Wärmedichten

Die Wärmebedarfsdichte bezieht sich auf den Wärmebedarf eines Baublocks in Relation zu seiner Fläche und ist angegeben in der Einheit $\text{MWh}/(\text{ha} \cdot \text{a})$. Sie dient als Kenngröße, um Bereiche zu identifizieren, in denen auf kleinem Raum ein hoher Wärmebedarf anfällt. In Abbildung 3-14 ist zu sehen, dass insbesondere in der Innenstadt (Mitte und Südost) und der unmittelbaren angrenzenden Stadtgebiete relativ hohe bis mittelhohe Wärmedichten bestehen. Darüber hinaus bestehen punktuell hohe Wärmedichten wie bspw. im Ortsteil Biebrich oder bei den Großverbrauchern, wie der Zentrale des Bundesdeskriminalamtes. Die Randbereiche des Stadtgebietes weisen hingegen deutlich geringere Wärmedichten auf.

Die Wärmelinienindichte beschreibt das Verhältnis des Wärmeabsatzes eines Straßenzugs zu dessen Länge und wird in der Einheit $\text{kWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$ angegeben. Als zentrale Kennzahl dient sie der Bewertung der Wirtschaftlichkeit potenzieller Wärmenetze. Eine hohe Wärmelinienindichte

weist auf ein hohes Absatzpotenzial im Verhältnis zum Aufwand zur Verlegung einer Wärmenetzinfrastruktur hin.

Im Innenstadtgebiet, dessen näheren Umgebung, in Erbenheim sowie in einzelnen Gebieten nördlich entlang des Rheins ist eine hohe Wärmelinienindichte erkennbar. In diesen Bereichen, mit Ausnahme weiter Teile der Innenstadt existiert zum Teil bereits das Fernwärmenetz der ESWE. Dieses wird teilweise durch kleinere Nahwärmenetze ergänzt, wie bspw. in Erbenheim oder Delkenheim. Auch in den Gebieten außerhalb des aktuellen Wärmenetzgebiets, die teilweise direkt an die bestehenden Wärmenetzgebiete angrenzen, zeigen sich mittlere bis hohe Wärmelinienindichten. In diesen Gebieten besteht die Möglichkeit, bestehende Wärmenetze auszubauen oder neue Wärmenetze zu errichten. Eine detaillierte Analyse der potenziellen Wirtschaftlichkeit dieser Wärmenetze und einer Einschätzung der Wärmenetzgeignung erfolgt in Kapitel 5.

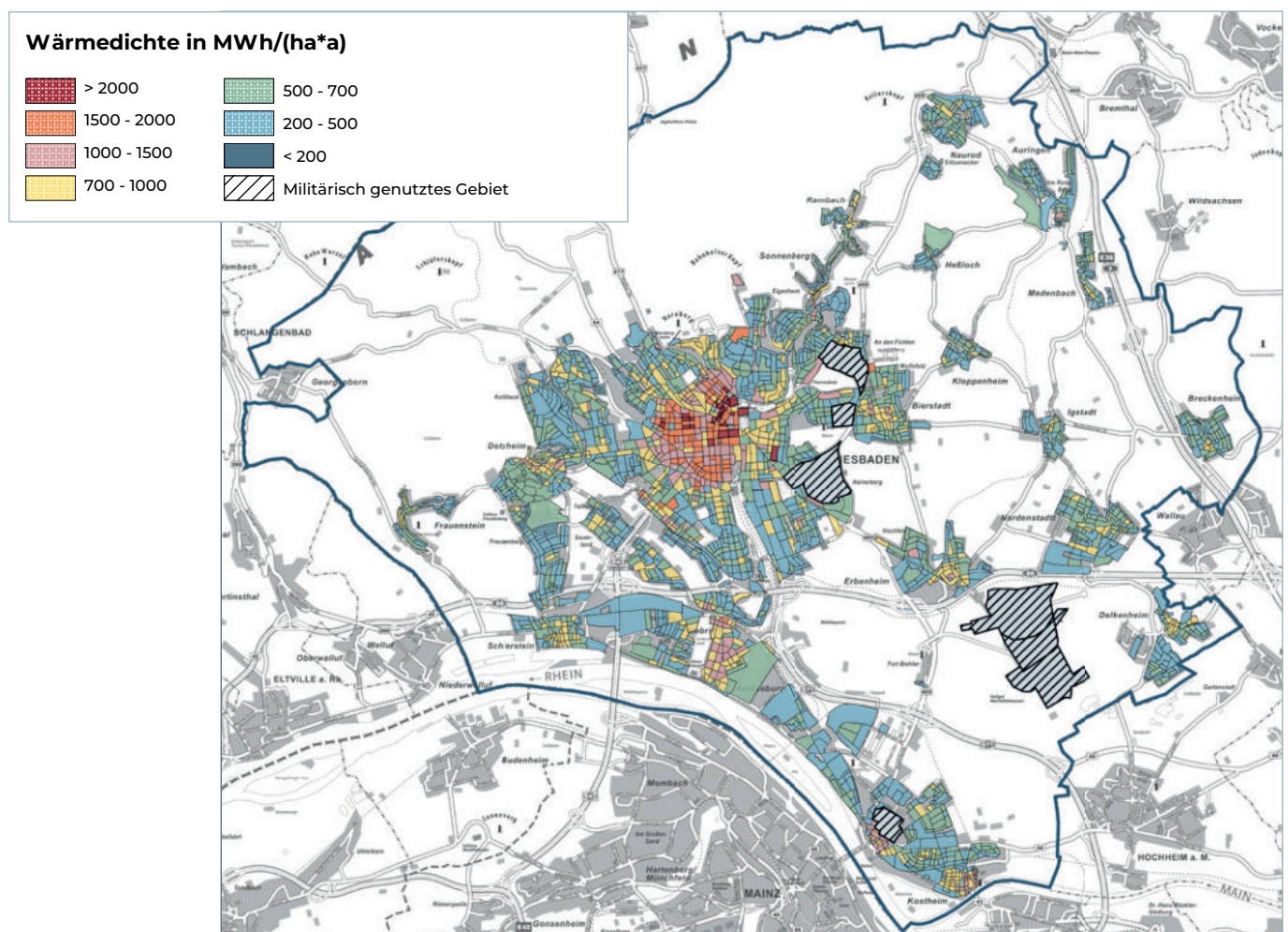


Abbildung 3-14: Wärmedichte

3.6. Analyse Energieinfrastruktur

Dieses Kapitel bietet einen umfassenden Überblick über die bestehende sowie geplante Infrastruktur, die im Zusammenhang mit der Wärmewende von Bedeutung ist.

3.6.1 Wärmenetz und Erzeuger

Die Stadt Wiesbaden verfügt über ein umfangreiches Fernwärmenetz mit einer Gesamtlänge von ca. 120 km, welches durch die ESWE betrieben wird. Insgesamt bestehen 1.812 Gebäudeanschlüsse. Zusätzlich sind 13 Nahwärmenetze mit einer Gesamtlänge von fast 4 km im Stadtgebiet verteilt vorhanden.

Im Fernwärmenetz wird zwischen einem primären und einem sekundären Netz unterschieden (siehe Tabelle 3-6). Die Vorlauftemperaturen im Heißwassernetz erreichen bis zu 120 °C und die entsprechenden Rücklauftemperaturen belaufen sich auf ca. 50 °C. Die Regelung des Temperatur-

niveaus geschieht in gleitend konstanter Fahrweise. Hierbei handelt es sich um Angaben gemäß der technischen Anschlussbedingungen (TAB). Je geringer die Vorlauftemperaturen, desto einfacher und effizienter ist die Integration erneuerbarer Wärmeerzeuger in das Wärmenetz.

Darüber hinaus besteht zentral in Wiesbaden ein Thermalwärmenetz, das sich aus den stadtberühmten Thermalquellen (grüne Ellipse in Abbildung 3-16) speist. Deswegen Vorlauftemperatur beläuft sich auf 60 °C. Das Netz ist ca. 400 m lang und versorgt 5 Gebäude mit Wärme. Innerhalb der nächsten drei Jahre wird ein Anschluss an das Bestandsnetz angestrebt.

In Abbildung 3-16 sind die Wärmeerzeuger und -speicher der bestehenden Wärmenetze in Wiesbaden dargestellt. Das Fernwärmenetz wird primär durch das Biomasse-HKW (BMHKW) und das Heizkraftwerk (HKW) Klarenthal, sowie die Heizwerke (HW) Europaviertel und Hainerberg mit Wärme versorgt. Das BMHKW stellt hauptsächlich die

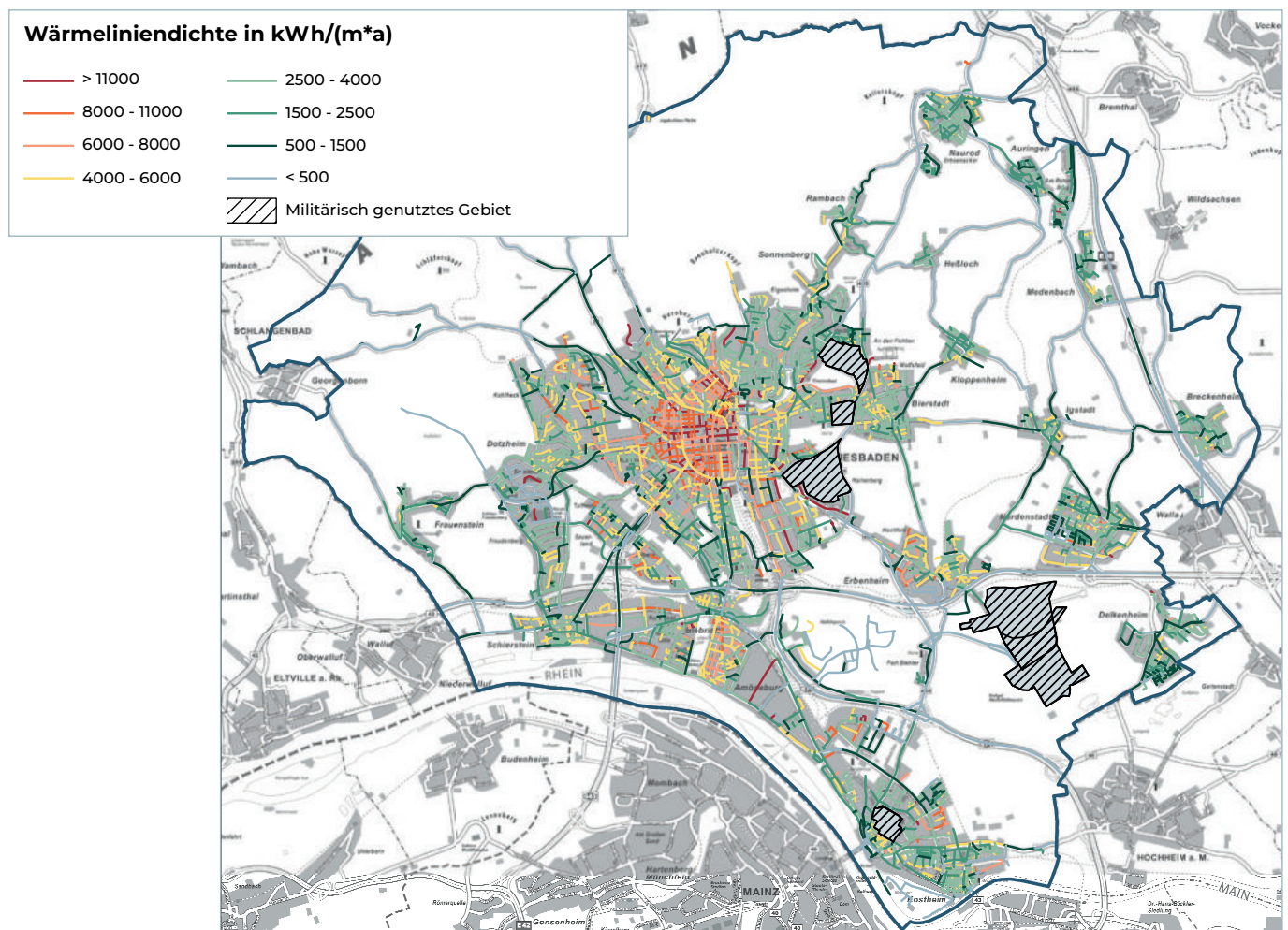


Abbildung 3-15: Wärmelinienichte

Tabelle 3-6: Eckdaten der Wärmenetze und Wärmeträger (* TAB Angaben)

Netzart	Medium	Vorlauf – Rücklauf °C	Länge [km]	Anzahl Netze	Gebäudeanschlüsse
Fernwärme					1812
primär	Heißwasser	VL*: 120/75 RL*: 50	51	k.A.	
sekundär	Heißwasser	VL*: 120-95/75 RL*: 50	69	k.A.	
Nahwärme	Kalte Nahwärme/ Heißwasser	k.A.	4	13	k.A.
Thermalwärmenetz Schützenhofquelle		VL: 60	0,4	1	5

Grundlastversorgung im Primärnetz. Das MHKW wird zukünftig ebenfalls einen Teil der Grund- und Mittellast decken. Ergänzend speisen das HW Europaviertel sowie das HW Hainerberg das Primärnetz mit Wärme für die Spitzenlastdeckung und als Redundanz. Das HKW Klarenthal

deckt in weiten Teilen über 3 BHKWs die Grundlast sowie in Kombination mit 3 Erdgaskesseln die Spitzenlast des Teilnetzes Klarenthal ab. Die BHKWs sollen voraussichtlich 2030 „H2-ready“ motorisiert werden.

Eine mobile Heizzentrale dient seit 2012 als Ausfallreserve.

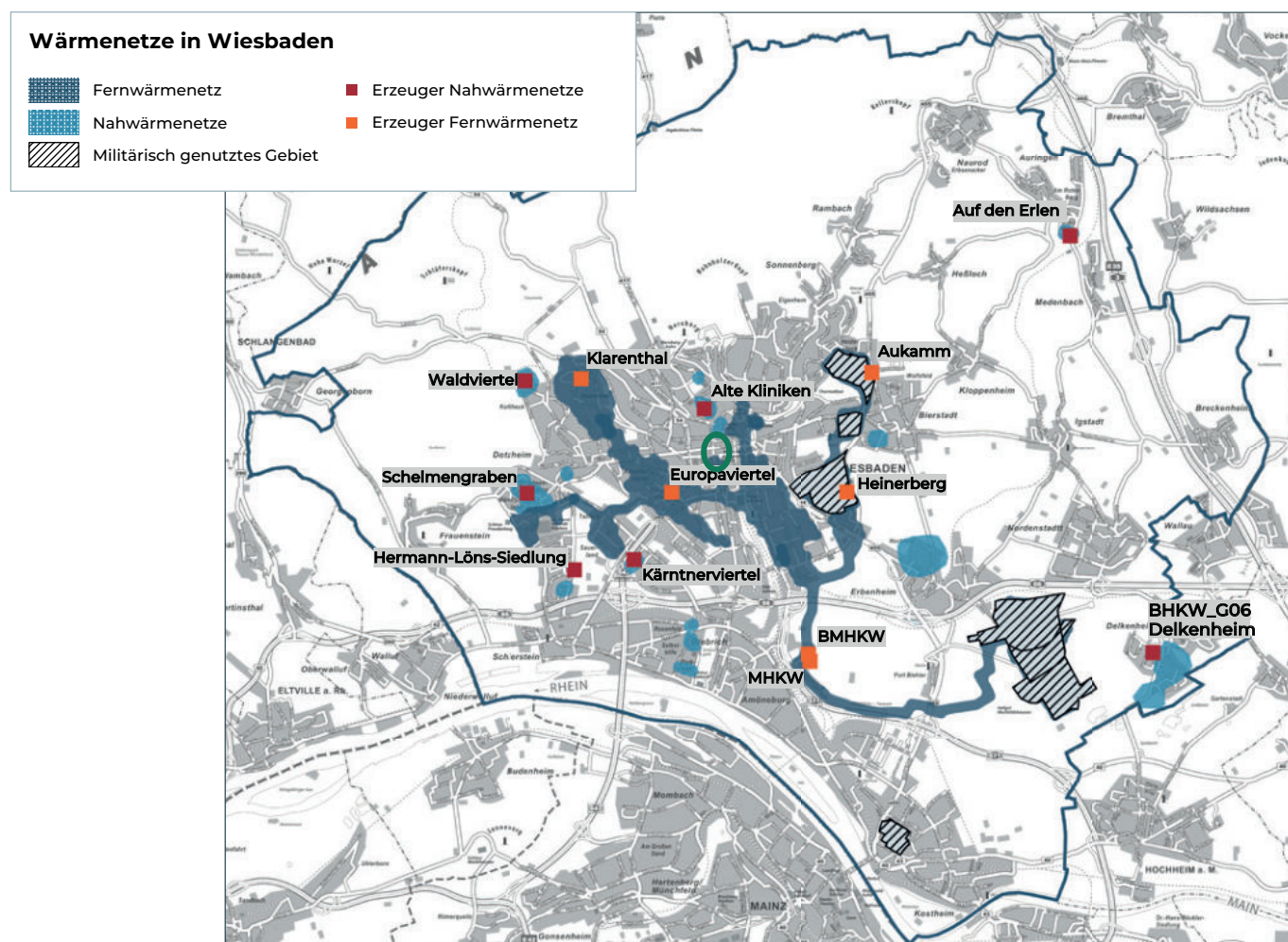


Abbildung 3-16: Wärmeerzeuger und -speicher im Untersuchungsgebiet.
Die Grüne Ellipse kennzeichnet das Thermalwärmenetz Schützenhofquelle

Insgesamt zeichnen sich die Fernwärmenetze durch einen effizienten Betrieb aus, der auf Kraft-Wärme-Koppelung sowie die Nutzung von Abwärme aus der Müll- und Altholzverbrennung zurückzuführen ist. Im Hinblick auf die angestrebte und gesetzlich vorgegebene weitere Dekarbonisierung werden künftig neue Technologien zur Wärmeerzeugung erforderlich sein. Erste Anhaltspunkte liefert die Potenzialanalyse in Kapitel 4.1.

Die separaten Nahwärmenetze werden durch kleinere Erzeuger gespeist. Diese Wärmenetze werden häufig mit einer Kombination aus BHKW und Kessel versorgt. Die thermischen Leistungen liegen dabei meist im Bereich von 1 MW und bis zu 17,6 MW im Schelmengraben. Auch hier steht in den kommenden Jahren der Beginn der Dekarbonisierung gemäß WPG an.

3.6.2 Gasnetz

Das Erdgasnetz erstreckt sich über eine Trassenlänge von ca. 973 km und verfügt über 29.731 Anschlüsse. Abbildung 3-17 verdeutlicht, dass eine flächendeckende Gasversorgung besteht (siehe auch Analyse der derzeitigen Wärmeversorgung in Kapitel 3.3.)

In Wiesbaden gibt es keine Gasspeicher und es liegen aktuell keine Informationen zu bestehenden oder geplanten Anlagen (<1 MW) für die Erzeugung erneuerbarer Gase vor.

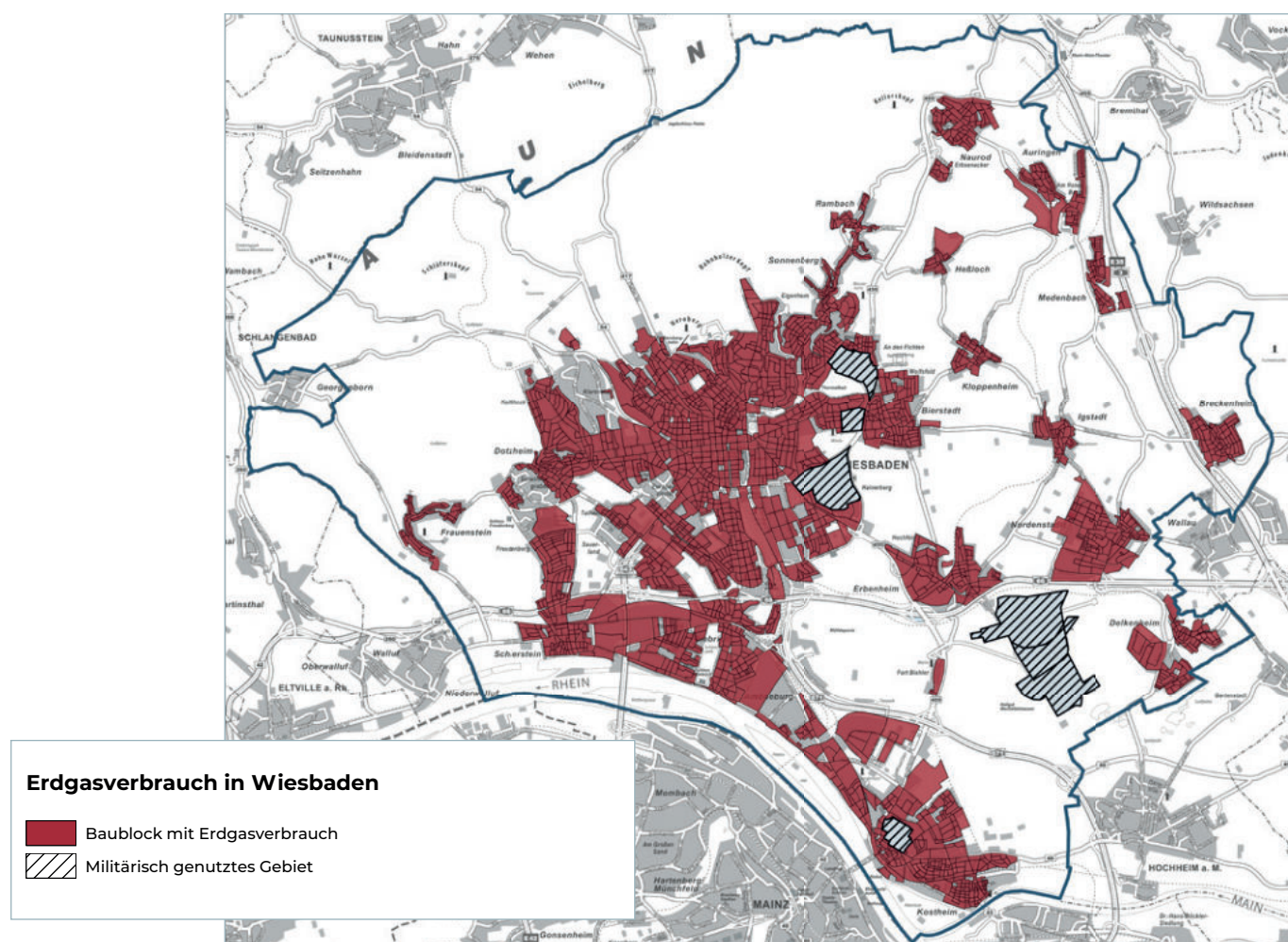


Abbildung 3-17: Erdgasverbrauch im Untersuchungsgebiet

3.6.3 Abwassernetz

In Abbildung 3-18 ist das Kanalnetz ab Nennweiten von DN 800 dargestellt. Das in den Abwasserkanälen enthaltene Abwasser besitzt ein vergleichsweise hohes Temperaturniveau und eignet sich daher als zuverlässige Wärmequelle für eine Wärmeversorgung über Wärmepumpen. Kanäle mit geringer Nennweite spielen dabei eine untergeordnete Rolle, da sie meist keinen kontinuierlichen Durchfluss aufweisen und ihr Durchmesser für Reinigungsarbeiten oder den Einbau von Wärmetauschern nicht ausreicht. Es werden Mengen des Trockenwetterabflusses an einzelnen Leitungsabschnitt farblich abgestuft visualisiert. Auf eine mögliche Nutzung der Wärme aus Abwasser wird in Kapitel 4.1.5 näher eingegangen. Verlegjahre der Abwasserinfrastruktur lagen zum Untersuchungszeitpunkt nicht vor.

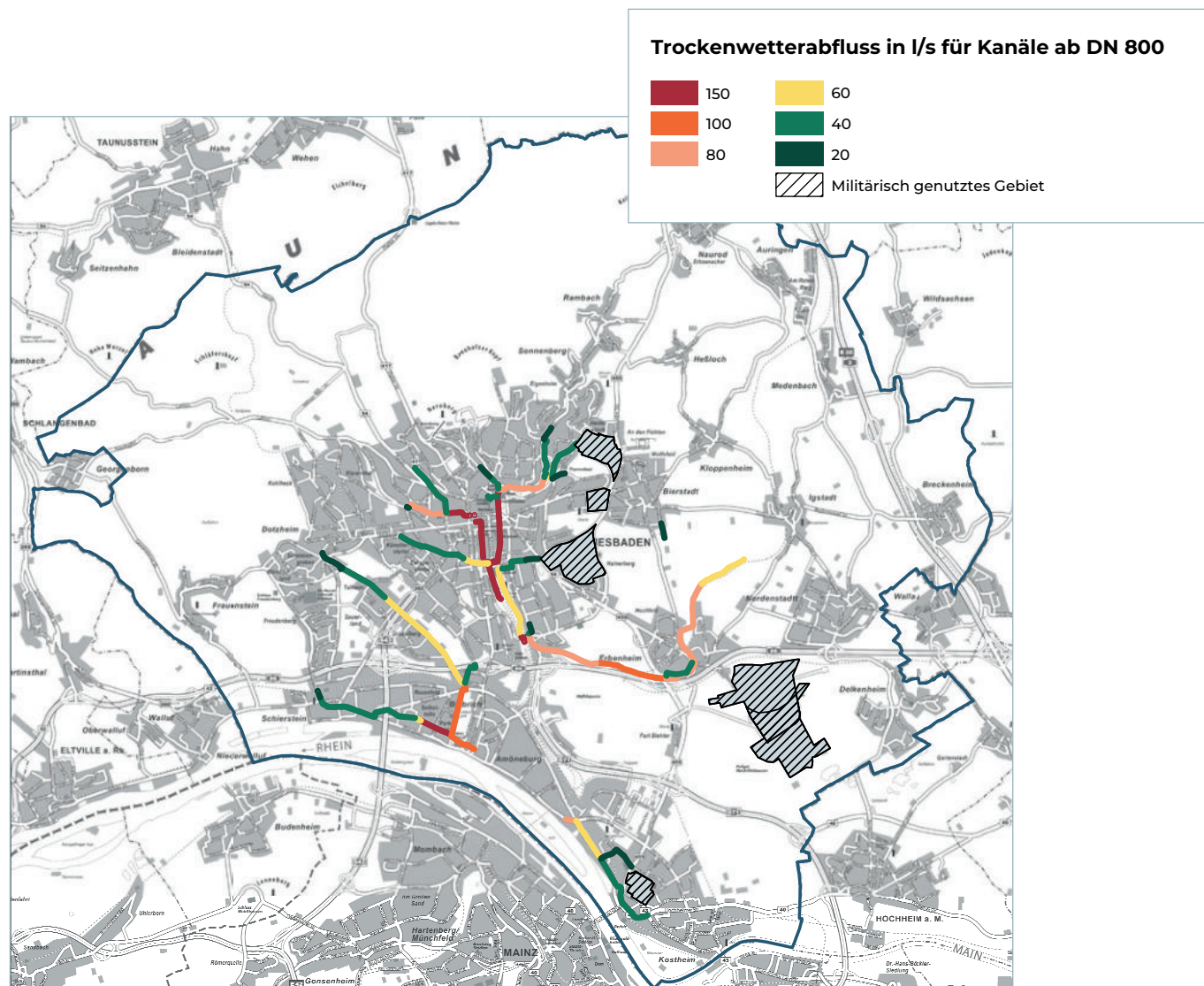


Abbildung 3-18: Trockenwetterabfluss im Kanalnetz ab DN 800

4. Potenzialanalyse

4.1. Erneuerbare Potenziale zur Wärmeversorgung

In diesem Kapitel werden die technischen Potenziale von erneuerbaren Energien für die Wärmeversorgung ermittelt und quantitativ bewertet. Dies umfasst eine Abschätzung des jährlichen energetischen Gesamtpotenziales der Wärmeerzeugung jedes Energieträgers und einer räumlich differenzierten Einordnung für jede potenzielle Technologie.

In den nachfolgenden Kapiteln 4.1.1 bis 4.1.20 werden alle wesentlichen erneuerbaren Potenziale für das Untersuchungsgebiet analysiert, bewertet und wenn möglich quantifiziert.

Auf die Ausweisung eines Gesamtpotenzials für das gesamte Untersuchungsgebiet wird verzichtet, da der Detailgrad und die Unsicherheit bei den einzelnen Potenzialen stark variiert. Anstelle eines Gesamtpotenzials wird eine kurze Zusammenfassung zu den wichtigsten Potenzialen gegeben:

Für die Landeshauptstadt Wiesbaden bestehen mehrere vielversprechende Potenziale zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Als Wärmequellen für Wärmepumpen kommen das Flusswasser des Rheins und des Mains sowie das Klarwasser des Hauptklärwerks und des Klärwerks Biebrich in Betracht. Charakteristisch für Wiesbaden ist zudem das Vorkommen von Thermalwasser, das trotz der geringen Fördervolumen aufgrund der hohen Temperaturniveaus eine sehr effiziente Wärmeversorgung ermöglichen kann. Nach einer Untersuchung der ESWE Versorgungs AG liegt zudem ein hydrothermales Tiefengeothermiefpotenzial im Osten des Stadtgebiets vor. Die Nutzung von Tiefengeothermie zur Deckung von Grundlast im Wärmenetz wird untersucht.

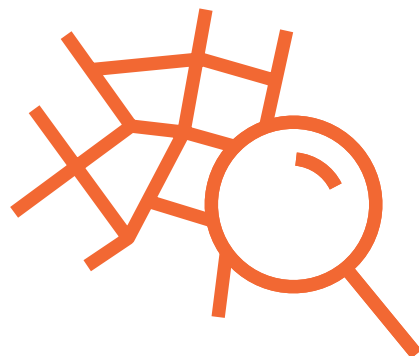
Darüber hinaus bietet der Industriepark von Infraserb ein erhebliches Potenzial zur Nutzung industrieller Abwärme. Diese sollte vorrangig intern genutzt werden, kann jedoch

anteilig auch in ein Wärmenetz eingespeist werden. Das derzeit im Bau befindliche Müllheizkraftwerk stellt eine weitere mögliche Wärmequelle dar; die dort gewonnene Wärme aus thermischer Abfallbehandlung ist ganzjährig verfügbar und sollte daher zur Dekarbonisierung beitragen.

Angesichts der Nähe zum Wasserstoffkernnetz ist perspektivisch auch der Einsatz von Wasserstoff möglich. Es ist zu prüfen, inwieweit dieser wirtschaftlich sinnvoll eingesetzt werden kann (z. B. zur Spitzenlastdeckung in den Wärmenetzen).

Weitere Wärmequellen wie Abwasser, Grundwasser und Solarthermie könnten ebenfalls einen Beitrag leisten, erscheinen jedoch angesichts der bestehenden Potenziale derzeit nur eingeschränkt oder in Ausnahmefällen als sinnvoll.

Die Nutzung von Umgebungsluft wird insbesondere in dezentral versorgten Gebieten, in denen Fernwärme nicht wirtschaftlich realisierbar ist, voraussichtlich einen bedeutenden Beitrag zur Dekarbonisierung leisten. Neben Luft-Wärmepumpen ist auch der dezentrale Einsatz oberflächennaher Geothermie oder Biomasse denkbar. Die jeweilige Wirtschaftlichkeit dieser Technologien ist im Einzelfall zu bewerten.



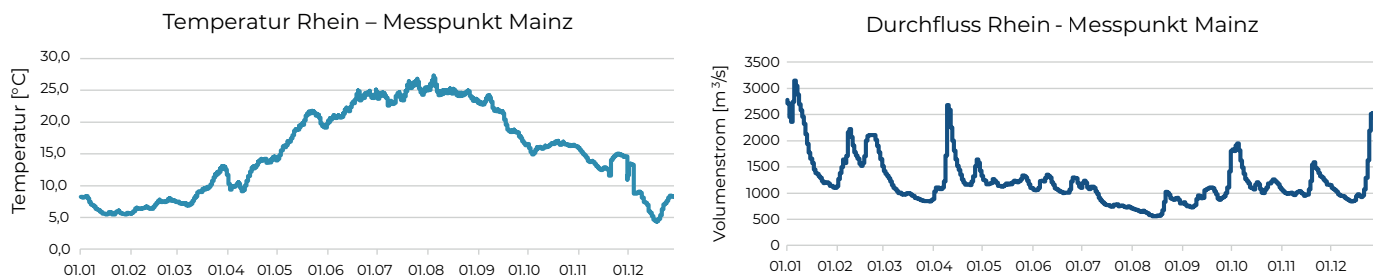


Abbildung 4-1: Temperaturverlauf (links) und Volumenstrom (rechts) des Rheins aus dem Jahr 2022

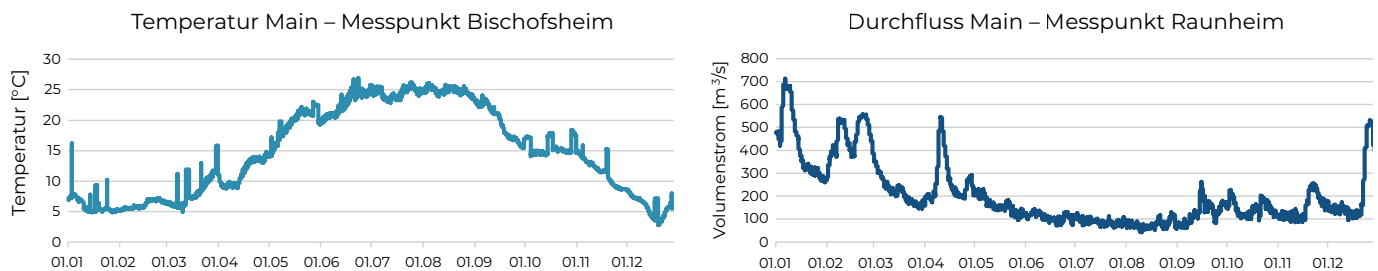


Abbildung 4-2: Temperaturverlauf (links) und Volumenstrom (rechts) des Mains aus dem Jahr 2022

4.1.1 Wärme aus Flusswasser

Bei der Nutzung von Flusswasser als Wärmequelle für den Betrieb einer Wärmepumpe wird die im Fließgewässer enthaltene Umweltenergie genutzt.

Vorteile

Im Vergleich zu anderen Umweltwärmequellen, ist die Erschließung von Fließgewässern weniger flächenintensiv. Es sind keine teuren Bohrungen wie bei der Tiefengeothermie notwendig und keine großen Flächen für Luftkühler vorzusehen, wie bei Luft-Wärmepumpen erforderlich. Zahlreiche Städte und Gemeinden liegen an Flüssen oder Kanälen, sodass die Flusswasser-Wärmepumpe in der Wärmeplanung oftmals als attraktives Potenzial identifiziert wird.

Herausforderungen

Die Nutzung von Flusswasser als Wärmequelle für eine Wärmepumpe ist mit einem erhöhten Genehmigungsaufwand verbunden. Die Entnahme und Wiedereinleitung des Wassers erfordern wasserrechtliche Genehmigungen sowie Umweltverträglichkeitsprüfungen, um einen negativen Einfluss auf die Gewässerökologie auszuschließen. Der Betrieb ist abhängig von Wasserstand, -temperatur und -qualität. Niedrigwasser, Verschmutzungen oder Eisbildung können den Betrieb der Anlage beeinträchtigen.

Grundlagen und Methodik

Zur Quantifizierung des Potenzials zur Wärmebereitstellung aus Flusswasser werden Messdaten zu Temperaturen und Volumenströmen (2022) der nächstgelegenen Messstation aus dem Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch verwendet. Die Messstation (Nr.: 25100100) befindet sich am gegenüberliegenden Ufer des Rheins neben der Theodor-Heuss-Brücke in Mainz. Die Messwerte für den Main werden über zwei unterschiedliche Messstationen dokumentiert. Die Wassertemperatur aus Bischofsheim (HE01) und die Volumenströme aus Raunheim (Nr.: 249000108). Die verwendeten Daten sind in Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 dargestellt.

Tabelle 4-1 sind die Randbedingungen aufgeführt, die genutzt wurden, um die theoretisch nutzbare Wärme zu bestimmen. In diesem Fall wird der gesamte Volumenstrom von Main und Rhein um 1 K abgekühlt. Die Abkühlung des gesamten Flusses um 1 K wird in der Regel als absolute obere Grenze bei der Gewässerthermie gesehen.

Tabelle 4-1: Randbedingungen für die thermische Nutzung von Flusswasser des Rheins und Mains

Randbedingungen	Rhein	Main	Einheit
Temperatur Flusswasser	Tagesmittelwerte 2022	Tagesmittelwerte 2022	°C
Volumenstrom Flusswasser	Tagesmittelwerte 2022	Tagesmittelwerte 2022	m³/s
Temperaturänderung Flusswasser	1	1	K
Minimale Temperatur WP-Austritt	2	2	°C
Theoretisch nutzbare Wärmemenge (Auskühlung des Flusses um 1K)	67.321	7.416	GWh/a

Aufgrund des geringen Temperaturniveaus des Flusswassers ist keine direkte Nutzung der Wärme möglich. Um die Wärme nutzbar zu machen, ist der Einsatz einer Wärmepumpe nötig. Aufgrund der hohen Investitionskosten sollte die Wärmepumpe so dimensioniert werden, dass sie viele Vollbenutzungsstunden erreicht. Eine Auslegung sollte daher nicht auf dem maximal möglichen Volumenstrom erfolgen, sondern auf Basis des üblicherweise erreichten Volumenstroms. Dieser beträgt für den Rhein ca. 500 m³/s und für den Main ca. 80 m³/s. Die weiteren Auslegungsdaten sind in Tabelle 4-2 aufgelistet.

Ergebnis

In Tabelle 5-3 sind die Ergebnisse der Potenzialanalyse für Flusswasser-Wärmepumpen im Untersuchungsgebiet zusammengefasst. In der Kalkulation wurden die Wärmepumpen so ausgelegt, dass sich die Flusstemperatur nach Wiedereinleitung des entnommenen und gekühlten Wassers insgesamt um 1 K reduziert, wodurch sich die entsprechenden thermischen Leistungen ergeben. Die errichteten COPs der Wärmepumpen folgen dem Temperaturverlauf des Flusswassers. Aufgrund der geografischen Nähe werden ähnliche COPs erreicht. Das Potenzial einer oder mehrerer Flusswasser-Wärmepumpen ist im Falle des Rheins praktisch unbegrenzt. Das Potenzial des Mains erweist sich für die Landeshauptstadt Wiesbaden als mehr als ausreichend. Im Rahmen der Umsetzung sollte eine detaillierte Prüfung erfolgen, insbesondere da zu erwarten ist, dass in den kommenden Jahren weitere Anlagen zur thermischen Nutzung flussaufwärts installiert werden könnten.

mepumpen so ausgelegt, dass sich die Flusstemperatur nach Wiedereinleitung des entnommenen und gekühlten Wassers insgesamt um 1 K reduziert, wodurch sich die entsprechenden thermischen Leistungen ergeben. Die errichteten COPs der Wärmepumpen folgen dem Temperaturverlauf des Flusswassers. Aufgrund der geografischen Nähe werden ähnliche COPs erreicht. Das Potenzial einer oder mehrerer Flusswasser-Wärmepumpen ist im Falle des Rheins praktisch unbegrenzt. Das Potenzial des Mains erweist sich für die Landeshauptstadt Wiesbaden als mehr als ausreichend. Im Rahmen der Umsetzung sollte eine detaillierte Prüfung erfolgen, insbesondere da zu erwarten ist, dass in den kommenden Jahren weitere Anlagen zur thermischen Nutzung flussaufwärts installiert werden könnten.

Tabelle 4-2: Auslegungsdaten für Flusswasser-Wärmepumpen im Rhein und im Main

Auslegungsdaten Wärmepumpe	Rhein	Main	Einheit
Volumenstrom	500	80	m³/s
Thermische Leistung	2.800	400	MW
Temperaturänderung Flusswasser	1	1	K
Vor-/Rücklauftemperatur	95/50	95/50	°C
Gütegrad	0,5	0,5	-

Tabelle 4-3: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Flusswasser-Wärmepumpen

Ergebnisse	Rhein	Main	Einheit
Thermische Leistung	2.800	400	MW
Wärmemenge	24.500	3.483	GWh/a
Vollbenutzungsstunden	8.760	8.710*	h/a
JAZ	2,94	2,99	-
COP (abhängig von der Flusswasser-Temperatur)	2,53 – 3,82	2,5 – 3,78	-

* Bei den Temperaturdaten des Mains liegen Zeitpunkte vor, in denen die Temperatur des Flusses unter 5°C fällt und daher die Auslegungsauskuhlung theoretisch nicht erreicht wird. In der Praxis kann dies durch eine andere Auslegung vermieden werden.

Einordnung

Mit einer thermischen Leistung von bis zu 2800 MW bzw. 400 MW und dem daraus resultierenden jährlichen Wärmeoutput besitzen Wärmepumpen, die das Flusswasser des Rheins und Mains nutzen, ein enormes Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs in der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im Untersuchungsgebiet. Bei entsprechender Auslegung der Wärmepumpen ist ein nahezu ganzjähriger Betrieb der Anlagen möglich, sodass auch in der relevanten Heizperiode Grundlastwärme bereitgestellt werden kann.

Der Rhein liegt im Vergleich zum Main näher am bestehenden Fernwärmenetz, wodurch sich dieses Potenzial einfacher erschließen lässt. Insbesondere für die Versorgung nahegelegener Nahwärmenetze kann das Potenzial beider Flüsse von Interesse sein.

4.1.2 Wärme aus Stillgewässern

Wärme aus Stillgewässern kann durch die Nutzung von Seewasser (Süßwasser) als Wärmequelle für Wärmepumpen gewonnen werden. Dabei wird Wasser aus einem See entnommen, über einen Wärmetauscher geleitet und anschließend abgekühlt wieder in das Gewässer zurückgeführt. Der Wärmetauscher entzieht dem Wasser thermische Energie, die anschließend einer Wärmepumpe zugeführt wird. Diese hebt das Temperaturniveau auf den für Heizzwecke erforderlichen Wert an.

Vorteile

Wärme aus Stillgewässern bietet im Vergleich zu Luftwärmepumpen eine höhere und konstantere Quelltemperatur, insbesondere während der Wintermonate. Zudem erfordert das System einen geringeren Platzbedarf, da keine großflächigen Außeninstallationen notwendig sind.

Herausforderungen

Die Entnahmeleistung ist durch die Durchmischung des Gewässers begrenzt. Bei zu hoher Entnahmeleistung oder zu geringem Abstand zwischen Entnahme- und Wiedereinleitungsstelle kann ein thermischer Kurzschluss entstehen. Zusätzlich besteht bei niedrigen Wassertemperaturen unter etwa 2,5 °C bis 3,5 °C das Risiko lokaler Vereisung, wodurch der Betrieb eingeschränkt wird.

Ergebnis

Im Untersuchungsgebiet sind keine Stillgewässer vorhanden, die sich für eine thermische Nutzung des Seewassers eignen würden. Im südöstlichen Teil des Stadtgebiets befindet sich zwar ein kleiner See mit einer Fläche von etwa 4 Hektar, dessen geringe Wassertiefe jedoch keine ausreichende thermische Stabilität für eine effiziente Wärmenutzung gewährleistet. Darüber hinaus besteht in der

unmittelbaren Umgebung kein relevanter Wärmebedarf, sodass eine energetische Nutzung des Gewässers nicht wirtschaftlich sinnvoll erscheint.

4.1.3 Wärme aus Trinkwasser

Die Nutzung von Trinkwasser als Wärmequelle profitiert von der konstanten Temperatur des Leitungsnetzes, die meist zwischen 8 °C und 12 °C liegt. Praktikabel wäre der Einsatz vor allem an Standorten mit großen Durchflussmengen und ausreichendem Druckniveau, beispielsweise in Trinkwasserhochbehältern oder übergeordneten Verteilsträngen.

Vorteile

Die Versorgungssicherheit ist sehr hoch, weil das Trinkwassernetz flächendeckend vorhanden ist und Temperaturschwankungen gering ausfallen. Auch eine Doppelnutzung ist theoretisch realisierbar, bei der im Sommer Kälte und im Winter Wärme bereitgestellt wird.

Genehmigungsfähigkeit & Ergebnis

Nach §13 Absatz 5 und 6 der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) [7] ist die Anwendung von Stoffen und Verfahren, die nicht ausschließlich der Trinkwasserversorgung als solcher dienen, ausgeschlossen. Unter Berücksichtigung der aktuellen Regelungen sind Wärmepumpen zur Nutzung von Trinkwasser daher als Wärmequelle nicht genehmigungsfähig. Auf eine Quantifizierung des theoretischen Potenzials wird im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung deshalb verzichtet.

Sollten sich Änderungen bei der Genehmigungsfähigkeit ergeben, kann, wie für andere Wasser-Wasser-Wärmepumpen, das Potenzial auch für Trinkwasser auf der Grundlage von Messdaten für Volumenströmen und Temperaturen das theoretische thermische Potenzial bestimmt werden.

4.1.4 Wärme aus Klarwasser*

Bei der Nutzung von Klarwasser als Wärmequelle für den Betrieb einer Wärmepumpe wird die im geklärten Abwasser enthaltenen Restwärme als Wärmequelle genutzt.

Vorteile

Aufgrund eines ganzjährigen durch historische Messdaten quantifizierbaren minimalen Durchfluss und Temperaturen von konstant > ca. 10 °C, ist der Betrieb von Wärmepumpen sehr gut planbar. Die zusätzliche Umweltbelastung durch den Betrieb einer Wärmepumpe an bestehenden Klärwerksstandorten ist gering. Wirtschaftlich besonders attraktiv ist das Konzept, wenn potenzielle Wärmekunden in unmittelbarer Nähe zur Kläranlage angesiedelt sind und vorhandene Leitungsinfrastrukturen

* Abwasser nach der Reinigung im Klärwerk

eingebunden werden können.

Herausforderungen

Einschränkungen ergeben sich aus der vorgegebenen Standortbindung. Liegt das Klärwerk in weiter Entfernung zu größeren Wärmesenken, kann die Klarwassernutzung aufgrund hoher Anbindungskosten unwirtschaftlich werden. Zudem sind Genehmigungs- und Abstimmungsprozesse mit Wasserwirtschaft und Umweltbehörden erforderlich.

Grundlagen und Methodik

Analog zum Vorgehen bei der Potenzialermittlung zu den Flusswasser-Wärmepumpen werden Volumenströme und Temperaturen der Wärmequelle, in diesem Fall des geklärten Abwassers, als Grundlage für die Potenzialermittlung analysiert.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich drei Klärwerke: das Hauptklärwerk, das Klärwerk Biebrich und das Klärwerk Infraser.

Das Hauptklärwerk sowie das Klärwerk Biebrich werden von den Entsorgungsbetrieben der Landeshauptstadt Wiesbaden (ELW) betrieben. Das Klärwerk Infraser befindet sich auf der Petersaue und wird vom Industrieparkbetreiber Infraser betrieben.

Für das Hauptklärwerk und das Klärwerk Biebrich wird das verfügbare Wärmepotenzial anhand von Zeitreihen des Volumenstroms und der Abwassertemperatur abgeschätzt. Für das Klärwerk Infraser liegt eine Potenzialabschätzung des Anlagenbetreibers von etwa 75 GWh/a vor.

Im Folgenden werden in Abbildung 4-3 sowie Abbildung 4-4 der Temperaturverlauf und der Volumenstrom des Hauptklärwerks und der Kläranlage Biebrich dargestellt.

Das Klarwasser kann vor der Wiedereinleitung in der Regel auf ca. 2°C ausgekühlt werden. Bei einer Auskühlung des gesamten Volumenstroms auf 2°C wird daher die theoretisch nutzbare Wärmemenge erreicht. Das theoretische nutzbare Potenzial beträgt für das Hauptklärwerk ca. 337 GWh/a und für das Klärwerk Biebrich ca. 150 GWh/a (s. Tabelle 4-4 und Tabelle 4-5).

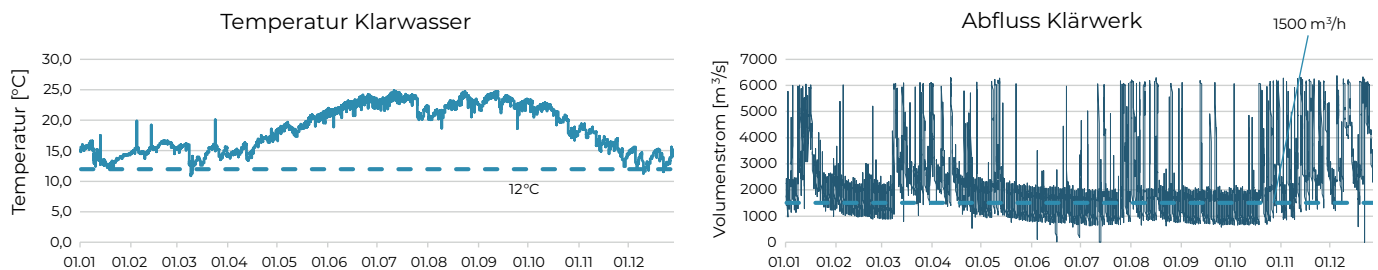


Abbildung 4-3: Temperaturverlauf (links) und Volumenstrom (rechts) des Klarwassers im Hauptklärwerk

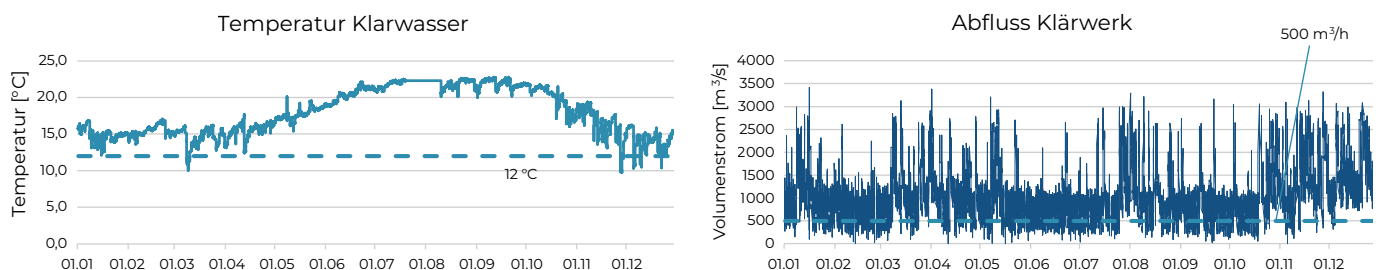


Abbildung 4-4: Temperaturverlauf (links) und Volumenstrom (rechts) des Klarwassers Kläranlage Biebrich

Tabelle 4-4: Randbedingungen für die thermische Nutzung von Klarwasser am Hauptklärwerk

Randbedingungen	Einheit
Temperatur Klarwasser	Viertelstündlich aufgelöst (2023) °C
Volumenstrom Klarwasser	Viertelstündlich aufgelöst (2023) m³/h
Minimale Temperatur Klarwasser Austritt	2 °C
Theoretisch nutzbare Wärmemenge	337,2 GWh/a

Tabelle 4-5: Randbedingungen für die thermische Nutzung von Klarwasser am Klärwerk Biebrich

Randbedingungen	Einheit
Temperatur Klarwasser	Viertelstündlich aufgelöst (2023) °C
Volumenstrom Klarwasser	Viertelstündlich aufgelöst (2023) m³/h
Minimale Temperatur Klarwasser Austritt	2 °C
Theoretisch nutzbare Wärmemenge	150,1 GWh/a

Da das Temperaturniveau des Klarwassers zu niedrig für eine direkte Nutzung ist, ist eine Temperaturerhöhung durch eine Wärmepumpe nötig. Bei der Auslegung der Wärmepumpe sollte darauf geachtet werden, dass kein kontinuierlicher Volumenstrom vorliegt:

Der Volumenstrom des Klärwerks zeigt aufgrund von Niederschlagseinträgen in das Abwasserkanalsystem ein stark diskontinuierliches Verhalten. Für die Klarwasserwärmepumpe wird eine modulare Auslegung mit zwei Einheiten und einer jeweiligen Teillastfähigkeit von 50 % angenommen. In Tabelle 4-6 und Tabelle 4-7 sind die Auslegungsdaten der Wärmepumpe dokumentiert.

Ergebnis

Das an den Klärwerken der ELW verfügbare Wärmepotenzial ist als signifikant einzustufen und sollte nach Möglichkeit in ein Wärmenetz integriert werden. Für das Klärwerk Infraserb ist anzunehmen, dass dieses Potenzial mittelfristig vom Anlagenbetreiber zur Dekarbonisierung des internen Wärmenetzes eingesetzt wird. Das Wärmepotenzial von Infraserb ist zusätzlich in der Kategorie „Industrielle Abwärme“ erfasst und darf daher nicht doppelt berücksichtigt werden.

Tabelle 4-6: Auslegungsdaten für eine Klarwasser-Wärmepumpe am Hauptklärwerk

Auslegungsdaten Wärmepumpe	Einheit
Max. Volumenstrom Klarwasser	1500 m³/h
Thermische Leistung	28 MW
Temperaturänderung Klarwasser	10 K
Vor-/Rücklauftemperatur (exemplarisch)	95/50 °C
Gütegrad	0,5

Tabelle 4-7: Auslegungsdaten für eine Klarwasser-Wärmepumpe am Klärwerk Biebrich

Auslegungsdaten Wärmepumpe	Einheit
Max. Volumenstrom Klarwasser	500 m³/h
Thermische Leistung	9 MW
Temperaturänderung Klarwasser	10 K
Vor-/Rücklauftemperatur (exemplarisch)	95/50 °C
Gütegrad	0,5

Tabelle 4-8: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Klarwasser-Wärmepumpen.

Ergebnis	Hauptklärwerk	Biebrich	Infraserv	Einheit
Wärmemenge (max.)	337,7	159,1	-	GWh/a
Temperaturniveau	10 – 23	10 – 23	-	°C
Bei Nutzung in einem Wärmenetz über eine Wärmepumpe				
Thermische Leistung	28	9	-	MW
Wärmemenge	232	75	75*	GWh/a
Vollbenutzungsstunden	8296	8336	-	h/a
JAZ (bei 95/50°C)	2,85	2,82	-	-

Einordnung

Eine Klarwasser-Wärmepumpe kann im Kontext der leitungsgebundenen Wärmeversorgung und in Abhängigkeit der Netztemperaturlauslegung einen Beitrag als Grundlasterzeuger im Wärmenetz leisten. Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe liegt in einem ähnlichen Bereich wie bei einer Flusswasser-Wärmepumpe. Vorteil gegenüber der Flusswasser-Wärmepumpe sind die höheren Quelltemperaturen im Winter. Soll die Klarwasser-Wärmepumpe lediglich ergänzenden Charakter im Erzeugerportfolio haben, also mit geringerer Leistung berücksichtigt werden, kann dies über eine geringere quellseitige Spreizung mit der Folge höherer Effizienz realisiert werden.

4.1.5 Wärme aus Abwasser

Bei der thermischen Nutzung von Abwasser wird die gespeicherte Wärmeenergie aus Abwasser im städtischen Kanalsystem als Wärmequelle für Wärmepumpen verwendet. Dabei wird das Abwasser entweder direkt im Kanal mit einem Wärmeübertrager thermisch erschlossen oder über eine Bypass-Leitung herausgeführt, abgekühlt und anschließend wieder in den Kanal eingeleitet. Die Methode eignet sich besonders für dicht besiedelte Stadtgebiete mit kontinuierlichem Abwasseraufkommen und kommt typischerweise bei größeren Gebäudekomplexen, Quartieren oder in der Nähe von Hauptsammlern beziehungsweise Pumpstationen zum Einsatz.

Vorteile

Die Abwassertemperatur liegt konstant bei über 10 °C. Der Wärmepumpenbetrieb ist damit temperaturbedingt uneingeschränkt über das gesamte Jahr mit hoher Effizienz möglich. Beim Abwasser handelt es sich um eine Wärmequelle, die in allen urbanen Gebieten vorhanden ist und damit eine grundsätzlich hohe Verfügbarkeit hat.

Herausforderungen

Die Kanal-Wärmeübertrager zur Wärmeauskopplung müssen robust, wartungsarm und gut reinigungsfähig ausgeführt sein. Es ist Flächenbedarf zur Errichtung der Wärmepumpenanlage inklusive der notwendigen Peripherie in oftmals stark verdichteten urbanen Räumen erforderlich.

Grundlagen und Methodik

Zur Abschätzung des nutzbaren Wärmepotenzials aus kommunalem Abwasser werden alle Leitungen des Wiesbadener Kanalnetzes mit einem Innendurchmesser von DN 800 oder größer auf Grundlage der durchgeführten Bestandsanalyse verortet. Dies ist die Grenze für einen hydraulischen Querschnitt, ab dem eine wirtschaftliche Wärmeentnahme angenommen werden kann.

Ein gesamtes nutzbares Wärmepotenzial lässt sich aufgrund der unzureichend quantifizierbaren Temperaturregeneration im Kanalverlauf nicht verlässlich bestimmen. Darüber hinaus würde eine maximale Nutzung der Wärme aus Abwasser das nutzbare Potenzial der Wärme aus Klarwasser beeinträchtigen. Daher werden im Folgenden exemplarische Abschätzungen an ausgewählten Standorten vorgenommen, an denen entweder ein größerer Abstand zum Klärwerk besteht oder eine direkte Wärmenutzung im Klärwerk nicht sinnvoll ist. Die Abbildung 4-5 zeigt mögliche Standorte im Abwassernetz Wiesbaden an.

Standort A befindet sich in der Innenstadt in unmittelbarer Nähe zum bestehenden Fernwärmenetz. Eine Einbindung an das Wärmenetz wäre daher ohne weiteren Leitungsbau möglich. Außerdem befindet sich der Standort A in größerer Entfernung zum Klärwerk, sodass aufgrund anderer Teilströme und der Temperaturregeneration im Kanalverlauf mit keiner signifikanten Temperaturabsenkung zu rechnen ist. Der Trockenwetterabfluss beträgt über 150 l/s. Das Abwasser wird von dort in Richtung Hauptklärwerk geleitet, wo ein minimaler Durchfluss von

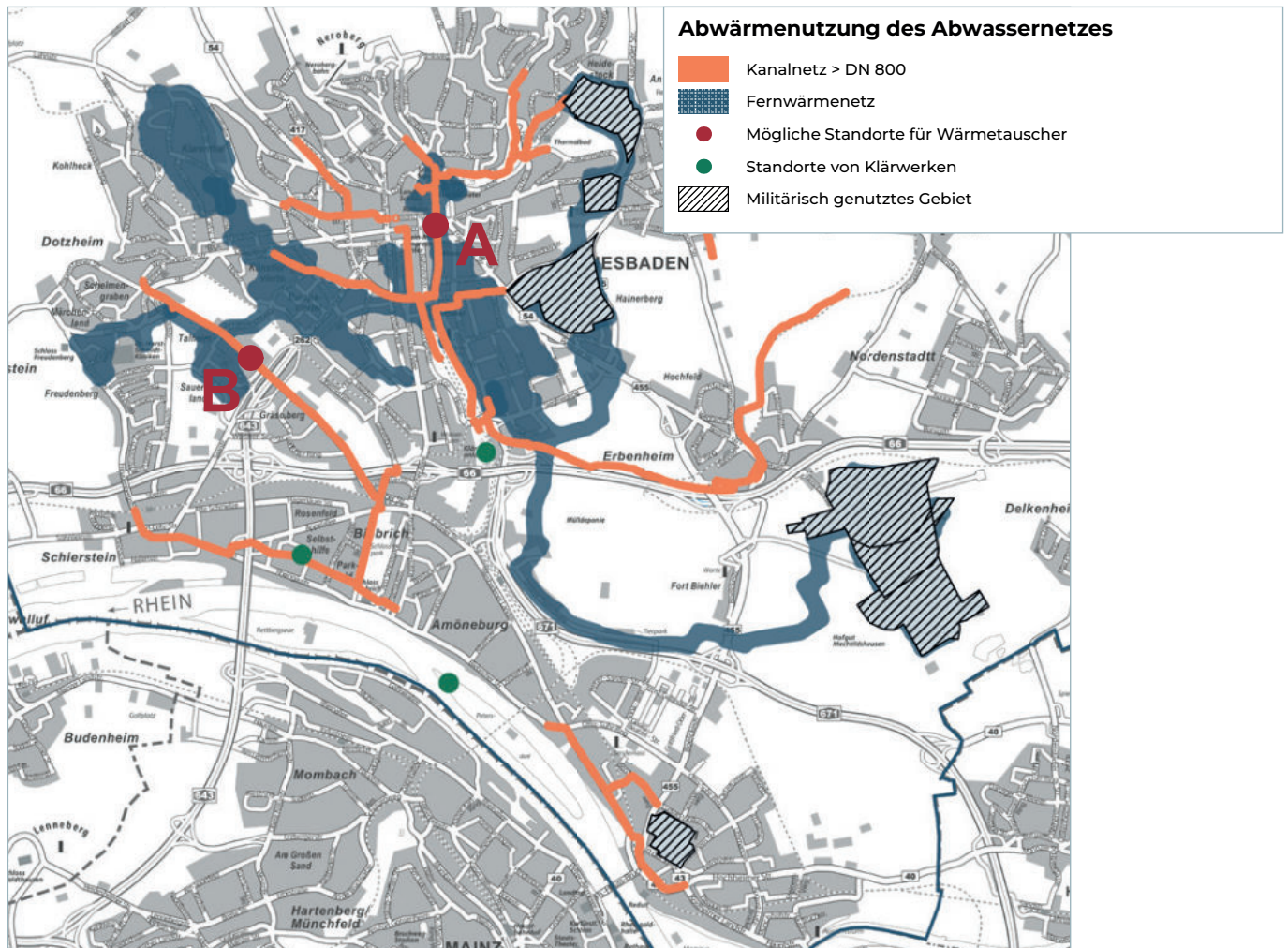


Abbildung 4-5: Mögliche Standorte A und B für Wärmegewinnung aus Abwasser in Wiesbaden

etwa 500 l/s vorliegt. Um eine maximale Abkühlung von 0,5 K am Klärwerkseintritt sicherzustellen, wird für Standort A eine Abkühlung von 2 K angesetzt, berechnet auf Basis des Volumenstromverhältnisses und unter Berücksichtigung einer möglichen Temperaturregeneration im Kanalverlauf.

Standort B befindet sich an einer potenziellen Fernwärmeausbautrasse in Richtung Biebrich. Da sich das Klärwerk Biebrich auf der gegenüberliegenden Seite des Schlossparks befindet und eine Querung des Geländes mit erhöhtem Aufwand verbunden wäre, erscheint die Nutzung von Abwasserwärme an Standort B technisch sinnvoll. Der gemessene Durchfluss liegt zwischen 40 und 60 l/s. Bei einem minimalen Durchfluss von 200 l/s am Klärwerk Biebrich wird für diesen Standort ebenfalls eine Abkühlung von 2 K angesetzt.



Tabelle 4-9: Randbedingungen für eine Abwasser-Wärmepumpe

Randbedingungen	A	B	Einheit
Trockenwetterdurchfluss	150	60	l/s
Abfluss zum...	Hauptklärwerk	Klärwerk Biebrich	-
Min. Volumenstrom Klärwerk	~400	~200	l/s
Temperaturabsenkung	2		K
Abwassertemperatur	12 (Schätzung)		°C
Gütegrad	0,5		-
Vollbenutzungsstunden*	8.500		h/a

* Ein Wartungsausfall von 260 h (3%) für die Reinigung der Wärmetauscher wurde in den Vollbenutzungsstunden berücksichtigt.

Ergebnis

Die Ergebnisse für beide Standorte sind in der nachfolgenden Tabelle 4-10 zusammengetragen.

Tabelle 4-10: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Abwasser-Wärmepumpen.

Ergebnis	A	B	Einheit
Leistung (Abwärme Abwasser)	1,26	0,5	MW
Wärmemenge (Abwärme Abwasser)	10,71	4,28	GWh/a
Nutzung in einem Wärmenetz über eine Wärmepumpe			
Vor-/Rücklauftemperatur (exemplarisch)	95/50	°C	
COP	2,83	-	
Wärmeleistung WP	1,95	0,78	MW
Wärmemenge (jährlich)	16,57	6,63	GWh/a

Einordnung

Abwasser-Wärmepumpen können sowohl in der dezentralen Einzelversorgung größerer Gebäude oder zusammenhängender Gebäudekomplexe als auch in der Fernwärmeversorgung zum Einsatz kommen. Bei ausreichend großem und konstantem Durchfluss des thermisch erschlossenen Kanals, können Abwasser-Wärmepumpen einen relevanten Beitrag insbesondere für die dezentrale Wärmeversorgung leisten. Eine Quantifizierung der lokalen Potenziale ist erst nach Durchführung von genauen Messkampagnen möglich.

Auf Basis der bereits beschriebenen Randbedingungen wurde eine exemplarische Wärmeleistung in Abwasserrohren (> DN 800) und ihrem max. Trockenwetterdurchfluss in Abbildung 4-6 dargestellt. Es gilt weiterhin, dass das vorhandene Wärmepotenzial nicht überall gleichzeitig nutzbar sein wird, da thermische Wechselwirkungen zwischen den Abwasser-Entnahmestellen auftreten würden.

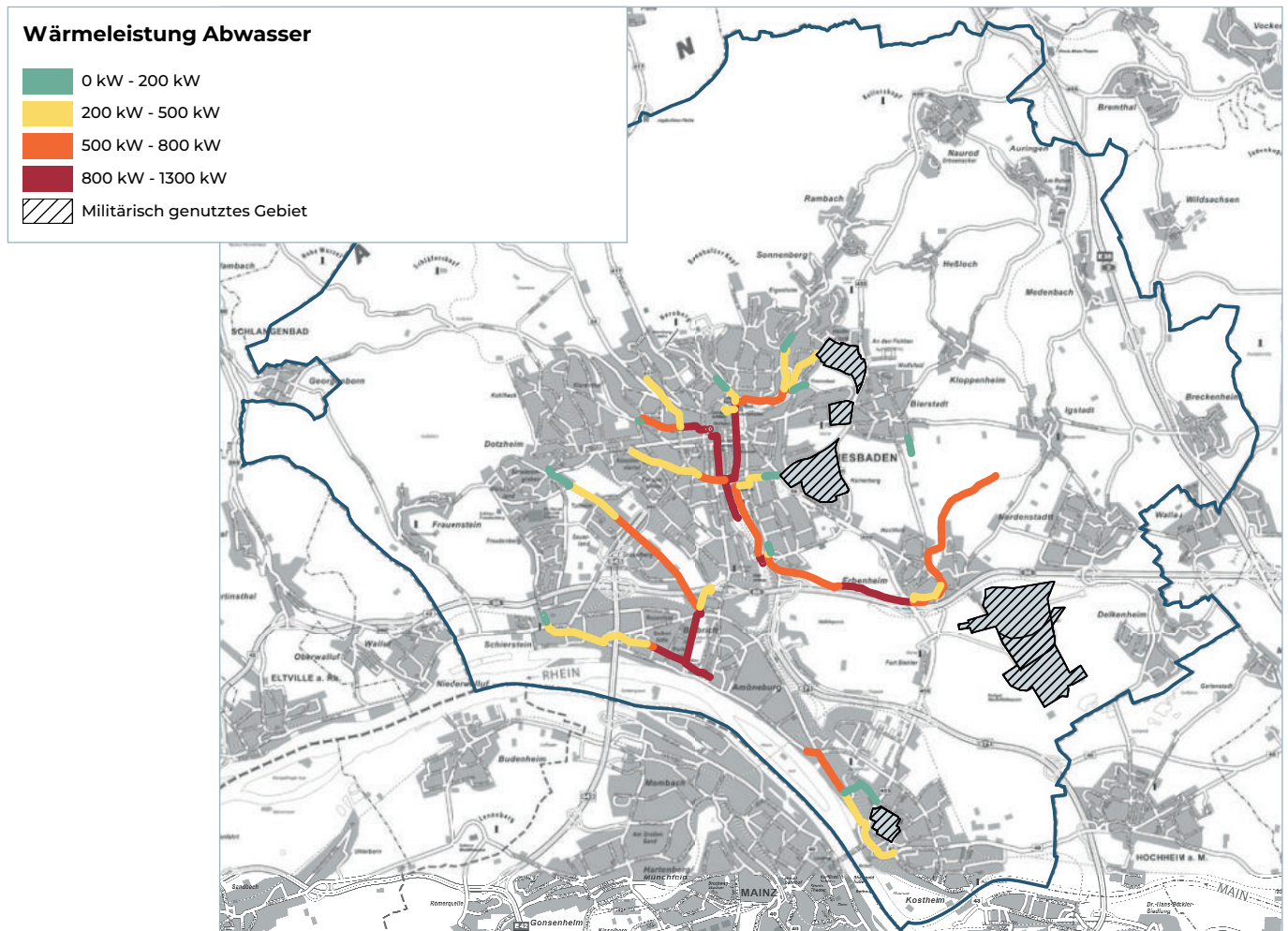


Abbildung 4-6: Ergebnisse der Abwasser-Wärmeleistung > DN 800 in Wiesbaden

4.1.6 Wärme aus Thermalwasser

Die Nutzung von Thermalwasser als Wärmequelle profitiert von der hohen und konstanten Temperatur der Wiesbadener Quellen, die typischerweise bei ca. 60 bis 65 °C liegt. Praktikabel wäre der Einsatz vor allem an Standorten mit gesicherter Förderleistung und stabilem hydraulischen Betrieb, beispielsweise in bestehenden Thermalbrunnen, zentralen Förderstellen oder technischen Zwischenreservoirs.

Vorteile

Die Versorgungssicherheit ist aufgrund der kontinuierlichen Schüttung und der stabilen Temperatur des Thermalwassers sehr hoch. Dadurch können Wärmepumpen mit sehr hohen Effizienzen betrieben werden, was eine effiziente Wärmebereitstellung ermöglicht.

Herausforderungen

Es gelten strenge wasser- und denkmalrechtliche Vorgaben, da Thermalwasser ein geschütztes Gut und zudem ein wichtiger Bestandteil des Kur- und Badebetriebs ist. Genehmigungen sollten daher sorgfältig geprüft werden. Der Schutz der Quellenstabilität und Wasserqualität hat oberste Priorität. Zudem weist das Thermalwasser einen erhöhten Mineral- und Salzgehalt auf, was korrosionsbeständige Materialien erfordert. Diese technischen Anforderungen erhöhen die Investitionskosten und den Wartungsaufwand.

Grundlagen und Methodik

Analog zum Vorgehen der Potenzialermittlungen für andere Wasser-Wasser-Wärmepumpen (z. B. Klarwasser, Flusswasser, Kühlwasser) kann auch für Thermalwasser auf der Grundlage von Messdaten für Volumenströmen und Temperaturen das theoretische thermische Potenzial bestimmt werden.

Für Wiesbaden liegen vier Quellen vor, die für die Potenzialabschätzung verwendet werden können. Für diese Quellen liegen Informationen zum jährlichen Volumenstrom sowie den Temperaturen vor. Die Randbedingungen sind in Tabelle 4-11 aufgelistet.

Tabelle 4-11: Randbedingungen für eine thermische Nutzung von Thermalwasser

Randbedingungen	Quelle				Einheit
	Kochbrunnen	Salmquelle	Schützenhofquelle	Große Adlerquelle	
Volumenstrom	250.000	100.000	50.000	150.000	m³/a
Temperatur	65	64	50	65	°C
Volumenstrom (Summe)	550.000				m³/a
Temperatur (Gewichtet)	63,5				°C
Temperatur n. Auskühlung	40				°C

Tabelle 4-12: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Thermalwasser-Wärmepumpen

Ergebnis	Einheit
Leistung (Abwärme)	1,7 MW
Wärmemenge (Abwärme)	14,99 GWh/a
Nutzung in einem Wärmenetz über eine Wärmepumpe	
Vor-/Rücklauftemperatur	95/50 °C
Gütegrad	0,5 -
Vollbenutzungsstunden	8500 -
COP	8,45 -
Thermische Leistung	1,9 MW
Wärmemenge	17,0 GWh/a

Ergebnis

Die nutzbare Wärmemenge aus dem Thermalwasser sowie die mögliche Wärmemenge bei Nutzung einer Wärmepumpe sind in Tabelle 4-12 aufgelistet:

Einordnung

Da das Thermalwasser konstant verfügbar ist und eine hohe Temperatur aufweist, eignet es sich besonders gut für die leitungsgebundene Wärmeversorgung. Allerdings ist die erzielbare Leistung aufgrund der geringen Volumenströme ebenfalls eher gering, sodass insgesamt nur eine kleine Wärmemenge bereitgestellt werden kann. Bei der Nutzung sollte daher sorgfältig abgewogen werden, ob die hohe Effizienz den damit verbundenen technischen Aufwand bei gleichzeitig niedriger Leistung rechtfertigt.

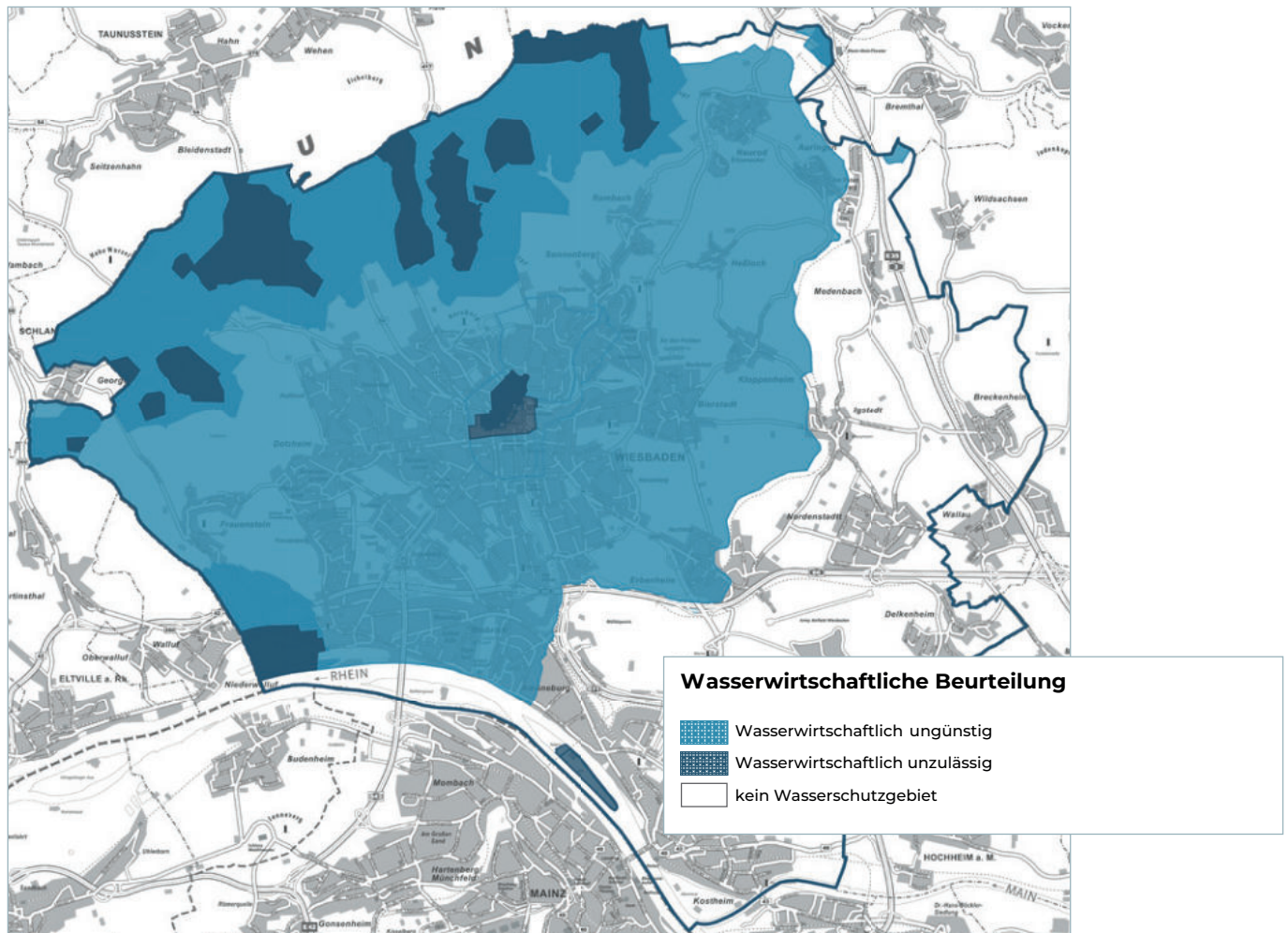


Abbildung 4-7: Wasserwirtschaftliche Beurteilung für Grundwasser-Wärmepumpen

4.1.7 Wärme aus Grundwasser

Grundwasser als Wärmequelle zum Betrieb einer Wärmepumpe wird aus Tiefen zwischen etwa 10 m und 100 m bei Temperaturen von typischerweise 8 °C bis 12 °C über einen Förderbrunnen entnommen. Über einen Schluckbrunnen wird das in der Wärmepumpe abgekühlte Wasser in den Aquifer zurückgeführt, sodass ein geschlossener Kreislauf entsteht.

Vorteile

Das dauerhaft stabile Temperaturniveau ermöglicht einen gut planbaren Wärmepumpenbetrieb. Aufgrund der vertikalen Erschließung des Grundwassers ist der Flächenbedarf der Anlage im Vergleich mit anderen Wärmeerzeugungsanlagen gering.

Herausforderungen

Einschränkungen ergeben sich durch die geologische Abhängigkeit der Grundwasserverfügbarkeit und -temperatur, potenzielle Verschmutzungsrisiken, einen hohen wasserrechtlichen Genehmigungsaufwand und vergleichsweise hohe Investitionskosten für Förder- und Schluckbrunnen.

Grundlagen und Methodik

Bei der Potenzialbewertung von Wärme aus Grundwasser kann zwischen einer qualitativen Bewertung und einer quantitativen Bewertung unterschieden werden.

Die qualitative Bewertung betrifft die grundsätzliche Machbarkeit von Grundwasser-Wärmepumpen. Aufgrund der vorliegenden Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebiete wird das Gebiet, in dem eine thermische Nutzung von Grundwasser möglich ist, deutlich eingegrenzt.



Tabelle 4-13: Randbedingungen für eine thermische Nutzung von Grundwasser

Randbedingungen	Wert; wechselnd ergiebig	Wert; gering ergiebig	Einheit
Entnahme Einzelbrunnen	Bis zu 15	2	l/s
Temp. Grundwasser (Annahme)	10	10	°C
Temp. Grundwasser Wiedereinleitung [9]	5	5	°C

Üblicherweise besteht keine Genehmigung für Grundwassernutzungen in den Trinkwasserschutzgebieten 1 und 2 sowie den qualitativen Heilquellenschutzgebieten 1, 2, 3 sowie den quantitativen Schutzgebieten A. Wasserwirtschaftlich ungünstig sind alle weiteren Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebiete.

In Abbildung 4-7 ist die wasserwirtschaftliche Beurteilung für Wiesbaden kartografisch dargestellt.

Zu sehen ist, dass ein großer Teil in wasserwirtschaftlich ungünstigen Gebieten liegt, das heißt, in Gebieten, in denen erhöhte Genehmigungsaufwände zu erwarten sind.

Für eine quantitative Beurteilung kann auf das Geoportal der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [8] zurückgegriffen werden. Hier werden üblicherweise erreichte Grundwasserergiebigkeiten für Einzelbrunnen angegeben. Die Ergiebigkeiten für Wiesbaden sind in Abbildung 4-8 dargestellt.

Nach dem Geoportal liegen für Wiesbaden keine guten Voraussetzungen für Grundwasser-Wärmepumpen vor, da nur eine geringe bis wechselnde Ergiebigkeit prognostiziert wird. Neben der qualitativen Einschätzung werden quantitative Einschätzungen zu der Ergiebigkeit gemacht.

Ausgehend von den beiden Abschätzungen für ein Einzelbrunnen kann eine erste Abschätzung gemacht werden. Weitere Randbedingungen für die Potenzialabschätzung sind in Tabelle 4-13 aufgelistet.

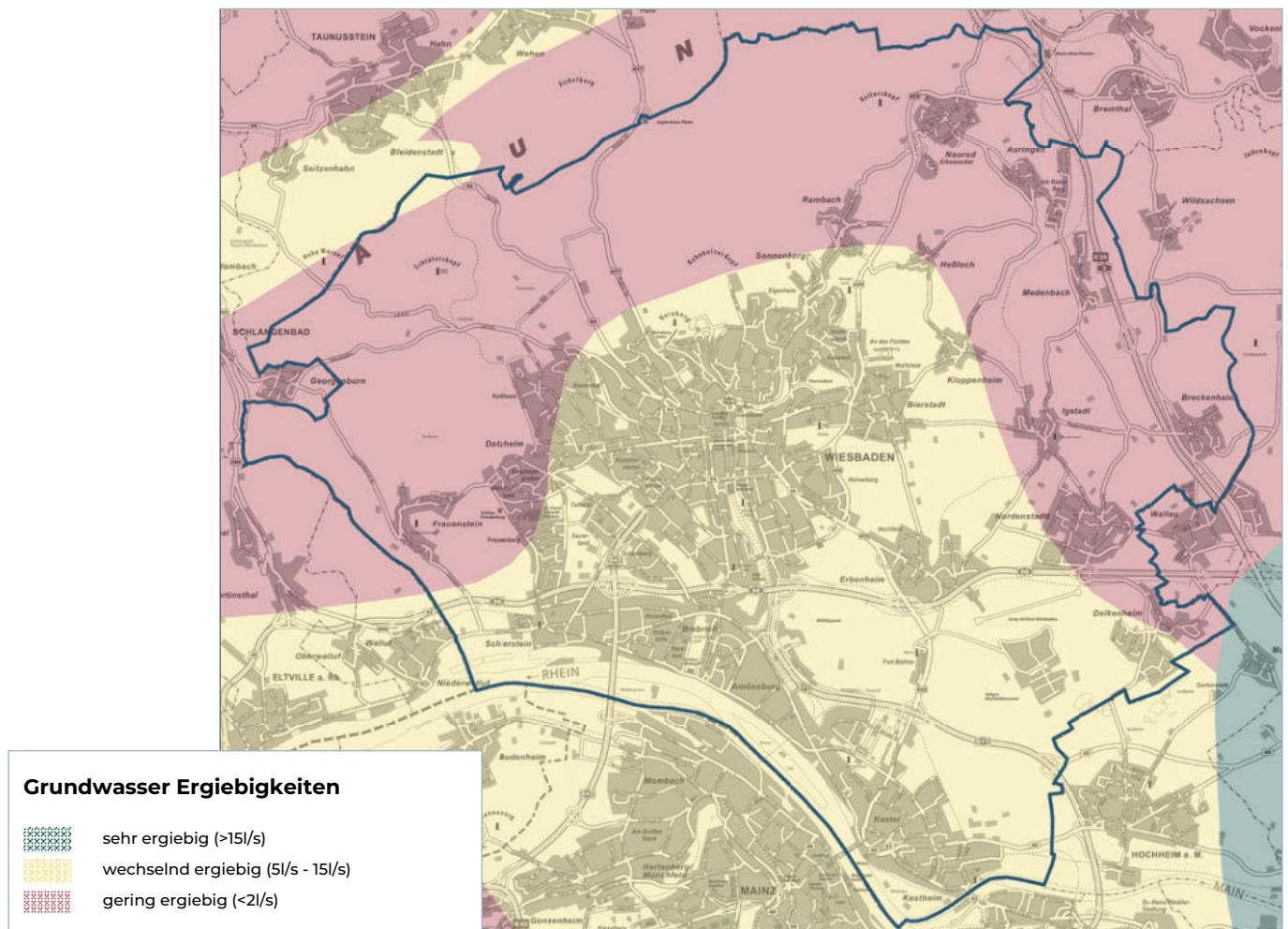


Abbildung 4-8: Grundwasserergiebigkeiten für die Stadt Wiesbaden

Ergebnis

Über Volumenstrom und Auskühlung kann die potenziell nutzbare Wärmemenge abgeschätzt werden. Wie bei den anderen Umweltquellen muss zwischen nutzbaren Umweltwärme und der Wärmemenge unterschieden werden, die über eine Wärmepumpe erreicht werden kann.

Das Ergebnis der Abschätzung ist in Tabelle 4-14 aufgelistet. Zu beachten ist, dass dies nur das Potenzial eines Einzelbrunnens abbildet. Ein absolutes Potenzial für ganze Wiesbaden kann nicht abgeschätzt werden.

Einordnung

Grundwasser-Wärmepumpen können sowohl in der dezentralen Einzelversorgung von Gebäuden als auch im Erzeugerportfolio bei der Versorgung von Wärmenetzen zum Einsatz kommen. Vor einer möglichen thermischen Nutzung des Grundwassers müssen umfangreiche Voruntersuchungen angefertigt und Genehmigungsverfahren durchlaufen werden. Im Untersuchungsgebiet sind die Bedingungen zum Betrieb von Grundwasser-Wärmepumpen nicht optimal und deshalb nicht großflächig einsetzbar. Einzelfalluntersuchungen zur dezentralen Versorgung von einzelnen Liegenschaften oder kleinen Wärmenetzverbünden sind möglich und können zu einem positiven Ergebnis führen.



Tabelle 4-14: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Grundwasser-Wärmepumpen

Ergebnis	Wert; wechselnd ergiebig	Wert; gering ergiebig	Einheit
Leistung (Umweltwärme)	0,31	0,04	MW
Wärmemenge (Umweltwärme)	2,66	0,36	GWh/a
Nutzung in einem Wärmenetz über eine Wärmepumpe			
Vor-/Rücklauftemperatur	95/50		°C
Gütegrad	0,5		-
Vollbenutzungsstunden	8500		h/a
COP	2,68	2,68	-
Thermische Leistung (pro Brunnen)	0,5	0,07	MW
Jährliche Energiemenge (pro Brunnen)	4,27	0,57	GWh/a

4.1.8 Wärme aus Umgebungsluft

Luft-Wärmepumpen nutzen Wärme aus der Umgebungsluft als Wärmequelle und können sowohl in der dezentralen Einzelversorgung von Objekten als auch als Wärmeerzeuger in Wärmenetzen zum Einsatz kommen.

Vorteile

Luft als Wärmequelle ist an jedem Standort in theoretisch unbegrenzter Menge verfügbar. Erschließungsmaßnahmen der Quelle sind im Vergleich zu anderen Wärmequellen (wie z.B. Klarwasser oder oberflächennahe Geothermie) mit deutlich weniger technischem und wirtschaftlichem Aufwand verbunden. In Phasen hoher Außentemperaturen erreichen Luftwärmepumpen hohe Leistungszahlen und ermöglichen dadurch eine vergleichsweise günstige Wärmeversorgung. Genehmigungsaufwand und Realisierungszeiten sind gering, weil in der Regel weder wasser- noch bergrechtliche Verfahren anfallen.

Herausforderungen

Die Effizienz der Anlage ist direkt von der Außentemperatur abhängig. Je kälter die Luft, desto geringer der COP der Wärmepumpe und desto höher ihr Strombedarf. Bei strengem Frost müssen häufig elektrische Heizelemente aktiviert oder ergänzende Spitzenlastkessel bereitgehalten werden. Auf die Vereisung von Luftkühlern in der Heizperiode muss technisch mit einer Überdimensionierung der Luftkühler reagiert werden. Darüber hinaus erfordern Ventilatoren und Luftkanäle ausreichende Aufstellflächen und verursachen Schallemissionen, was den Einsatz in dicht bebauten Wohnquartieren einschränken kann.

In der Potenzialanalyse wird zwischen zentralen Luft-Wärmepumpen als Wärmeerzeuger für Wärmenetze und dezentralen Luft-Wärmepumpen zur Einzelversorgung von Gebäuden unterschieden.

Zentrale Luft-Wärmepumpen

Grundlagen und Methodik

Für die zentrale Luft-Wärmepumpe erfolgt eine Modellierung des möglichen Anlagenbetriebs basierend auf den vom Deutschen Wetterdienst veröffentlichten Testreferenzjahren (mittlere TRY-Gegenwart) der Außenlufttemperaturen in Wiesbaden [10].

In Abbildung 4-9 ist der Außentemperaturverlauf im Testreferenzjahr für Wiesbaden dargestellt. Der Verlauf schwankt im jährlichen Verlauf zwischen ca. -9 °C und ca. 32 °C. Für die Potenzialermittlung wird eine exemplarische thermische Leistung der Anlage angenommen. Die tatsächliche thermische Leistung und der Wärmeoutput der Anlage können unter Berücksichtigung des Flächenbedarfs der Anlage (insbesondere Luftkühler) je nach Anforderung skaliert werden.

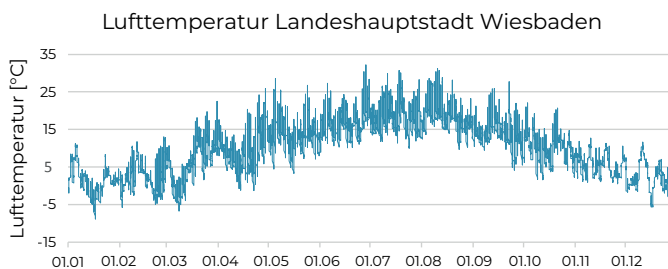


Abbildung 4-9: Repräsentativer Jahresverlauf der Lufttemperatur Testreferenzjahr Gegenwart für Wiesbaden

In Tabelle 4-15 sind die wesentlichen verwendeten Randbedingungen für Luft-Wärmepumpen aufgeführt.

Tabelle 4-15: Randbedingungen für Wärmepumpen im Testreferenzjahr für Wiesbaden

Randbedingungen	Wert	Einheit
Temperatur Umgebungsluft	Testreferenzjahr	°C
Grädigkeit Wärmeübertrager	3	K
Thermische Leistung WP bei 5°C	10	MW
Gütegrad	0,45	-
Leistungsminderung bei -12°C	55	%
Vor-/Rücklauftemperatur Wärmenetz	95/50	°C

Ergebnis

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-16 zusammengefasst. Das konkrete Nutzungspotenzial hängt wesentlich von den erforderlichen Vorlauftemperaturen des jeweiligen Wärmenetzes ab und kann somit grundsätzlich von unterschiedlichen Netz- oder Gebäudebetreibern genutzt werden.

Tabelle 4-16: Zusammenfassung des Ergebnisses der Potenzialermittlung für eine beispielhafte zentrale Luft-Wärmepumpe

Ergebnis	Wert	Einheit
Jahresarbeitszahl	2,36	-
Thermische Leistung	10	MW
Vollbenutzungsstunden	8250	Vbh/a
Jährliche Energiemenge	82,5	GWh/a

Der Leistungskoeffizient (COP) variiert in Abhängigkeit von der Außentemperatur zwischen 1,82 und 3,51, wodurch die nutzbare Wärmeleistung im Bereich von 6,4 MW bis 10 MW liegt und bei niedrigeren Temperaturen abnimmt.

Einordnung

Zentrale Luft-Wärmepumpen können im Kontext eines Erzeugungsparks für ein Wärmenetz als Wärmeerzeuger eingesetzt werden. Insbesondere, wenn keine anderen Wärmequellen mit günstigeren Randbedingungen (bezüglich Temperatur) zur Verfügung stehen oder nur mit großem Aufwand erschlossen werden können. In der Heizperiode ist die Effizienz von Luft-Wärmepumpen aber im Vergleich zu vielen Wasser-Wärmepumpen (z. B. Klarwasser, Kühlwasser) wegen des geringen Temperaturniveaus der Außenluft gering.

Dezentrale Luft-Wärmepumpen

Grundlagen und Methodik

Für die Bewertung einer möglichen dezentralen Einzelversorgung von Gebäuden mit Luft-Wärmepumpen wird eine GIS-basierte Flächenanalyse auf Flurstückebene durchgeführt. Der Einsatz von Luft-Wärmepumpen kann aufgrund von Schallemissionen in bestimmten Gebieten eingeschränkt sein. Daher wird für jedes Flurstück geprüft, ob ausreichend große Abstandsflächen zu Gebäuden und angrenzenden Flurstücken vorhanden sind, um zulässige Schallemissionswerte nicht zu überschreiten.

Folgendes Vorgehen wurde verwendet:

Für jedes Flurstück wird der größtmögliche Abstand zum nächstgelegenen beheizten Gebäude berechnet. Dazu werden die Flächen der Flurstücke in ein 1x1 Meter großes Raster unterteilt und anschließend die Mittelpunkte dieser Rasterzellen bestimmt. Für jeden dieser Punkte wird die Entfernung zum nächsten beheizten Gebäude ermittelt. Das Ergebnis ist der maximal erreichbare Abstand pro Flurstück.

Basierend auf dem Abstand zum nächsten beheizten Gebäude lassen sich die Flurstücke in drei Eignungskategorien unterteilen. Zur Definition dieser Kategorien wurden

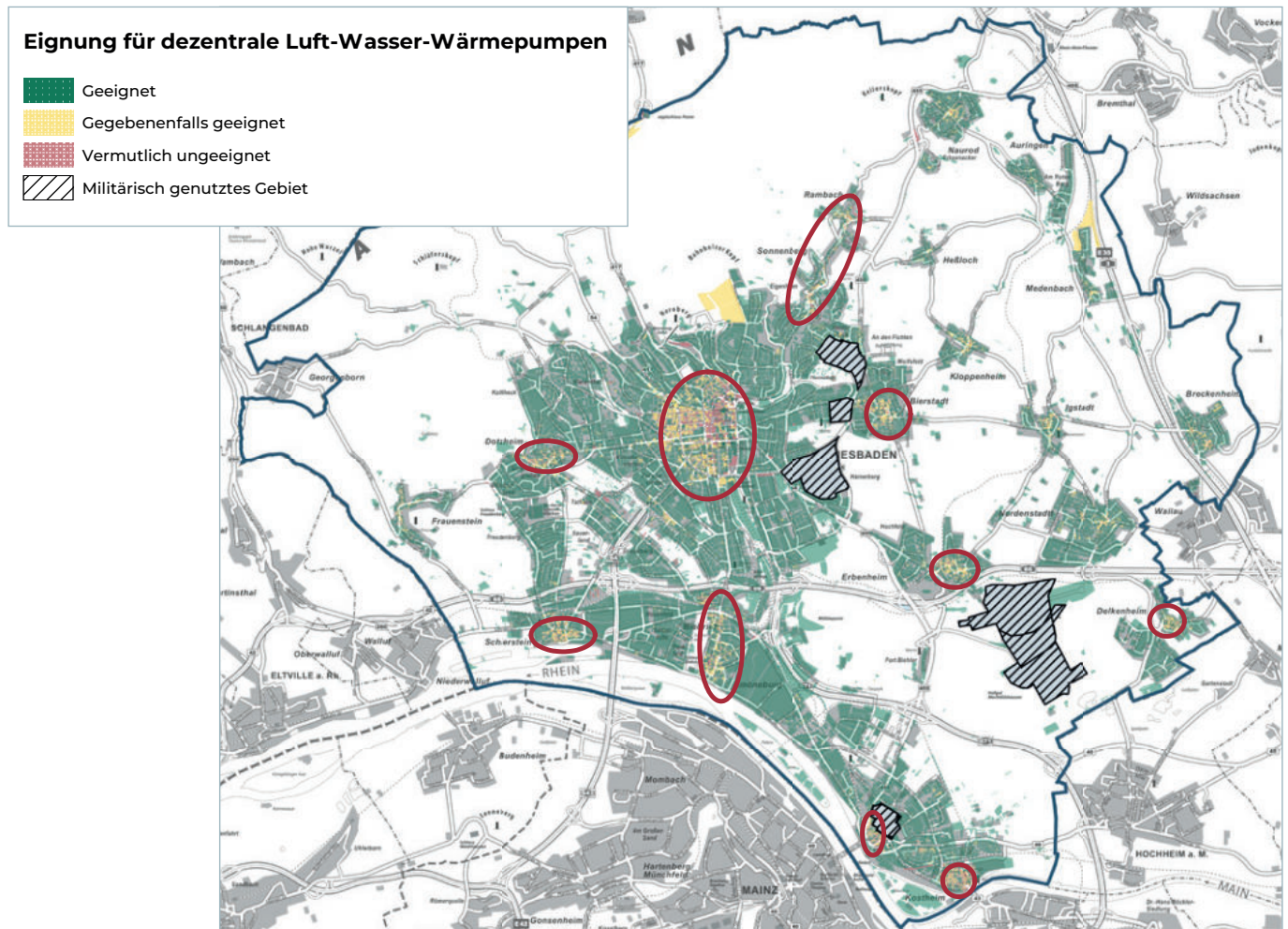


Abbildung 4-10: Eignung für dezentrale Luft-Wärmepumpen auf Flurstückebene. Rot markiert sind Gebiete, die sich vermehrt nicht oder nur bedingt für einen Betrieb von Luft-Wärmepumpen eignen.

sowohl der Wärmepumpen-Schallrechner [11] als auch die Geräuschemissionen handelsüblicher Wärmepumpen typischer Leistungsklassen herangezogen:

- Weniger als 3 m Abstand: vermutlich ungeeignet
- 3 bis 6 m Abstand: eventuell geeignet
- Mehr als 6 m Abstand: geeignet

Es werden ausschließlich Flurstücke betrachtet, auf denen sich Gebäude mit Wärmebedarf befinden.

Ergebnis

Die qualitative Einordnung zur Eignung dezentraler Luft-Wärmepumpen zur Einzelversorgung von Gebäuden ist in Abbildung 4-10 grafisch dargestellt. Eine detaillierte, interaktive und zoomfähige Darstellung ist auch in dem digitalen Zwilling der Stadt Wiesbaden enthalten (<https://wiesbaden.virtualcitymap.de/>).

Die markierten Bereiche sind dabei Gebiete, die exemplarisch für den Betrieb von Luft-Wärmepumpen aufgrund enger Bebauung vermehrt ungeeignet oder nur bedingt geeignet sind.

Einordnung

Dezentrale Luftwärmepumpen eignen sich vor allem für den Einsatz in Neubauten oder sanierten Gebäuden mit niedrigen Vorlauftemperaturen und gutem Wärmeschutz. In Altbauten können geringinvestive Maßnahmen wie der Austausch von Heizkörpern dafür sorgen, dass Wärmepumpen auch hier effizient betrieben werden können. In stark verdichteten urbanen Gebieten können sich Einschränkungen aufgrund von geringer Flächenverfügbarkeit ergeben.

4.1.9 Industrielle Abwärme

Industrielle Abwärme entsteht als Nebenprodukt zahlreicher Produktionsprozesse – etwa in der chemischen Industrie oder bei der Metallverarbeitung – und liegt häufig als Überschusswärme gespeichert in Wasser, Dampf oder Abgas vor. Diese Wärme kann je nach Temperaturniveau entweder direkt zur Wärmeversorgung verwendet oder als Wärmequelle für den Betrieb von Wärmepumpen genutzt werden. Die Nutzung von Abwärme eignet sich überall dort zur Wärmeversorgung, wo Industrieunternehmen und Abnehmerstrukturen in unmittelbarer Nähe zueinander angesiedelt sind.

Vorteile

Industrielle Abwärme ist eine kostengünstige Wärmequelle, da der zugrundeliegende Primärenergieeinsatz bereits über den Herstellungs- oder Verarbeitungsprozess des Unternehmens, bei dem die Abwärme anfällt, wirtschaftlich abgebildet ist. Außerdem muss keine komplett neue Wärmeerzeugungsanlage mit hohen Investitions-

kosten finanziert werden. Hauptkostenpunkte sind die Erschließung der Wärmequelle und die Anbindung der Wärmequelle an das Wärmenetz.

Herausforderungen

Die Verfügbarkeit ist räumlich limitiert, da Abwärme nur in unmittelbarer Nähe zu industriellen Erzeugern genutzt werden kann. Temperatur, Qualität und verfügbare Wärmemenge von Abwärmequellen können stark schwanken, wodurch oftmals zusätzliche Regelungsschritte und Backup-Systeme erforderlich sind. Das nutzbare Potenzial kann im Zeitverlauf abnehmen, wenn Effizienzsteigerungen in den Produktionsprozessen stattfinden oder ganz ausfallen, wenn das Abwärme liefernde Unternehmen aus wirtschaftlichen oder regulatorischen Gründen ihre Prozesse einstellen muss.

Grundlagen und Methodik

Die Ermittlung der wesentlichen Abwärmepotenziale erfolgt auf Grundlage der von der Bundesstelle für Energieeffizienz betriebenen Plattform für Abwärme (PfA)[12].

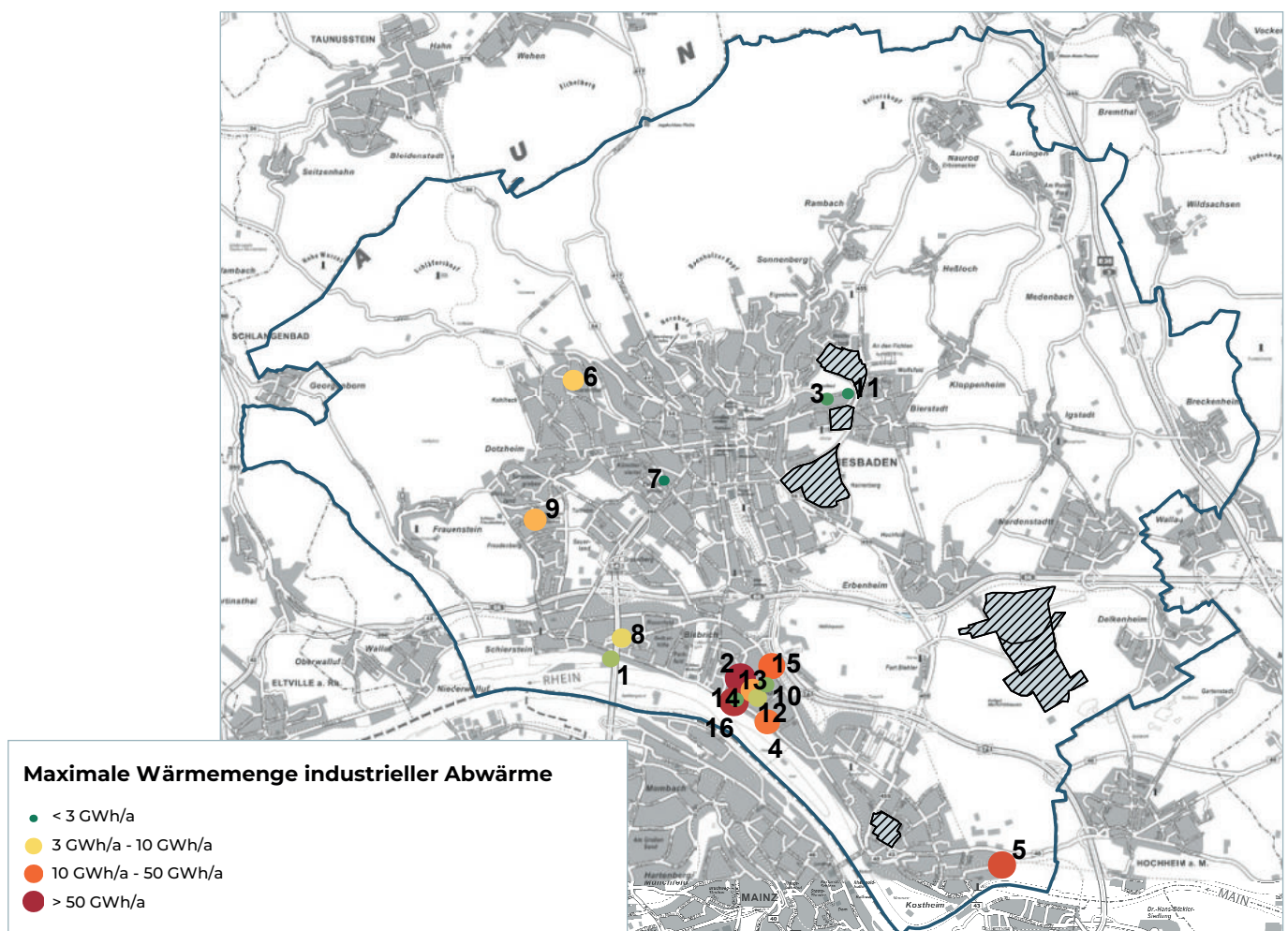


Abbildung 4-11: Potenziale industrieller Abwärme

Die so identifizierten Potenziale werden in einer Karte anschaulich dargestellt.

Hinweis: Die Daten der PfA lassen keine ausreichenden Rückschlüsse darauf zu, unter welchen konkreten Randbedingungen das jeweilige Abwärmepotenzial bestimmt wurde. Insbesondere ist nicht definiert, auf welches Temperaturniveau die vorhandene Abwärme abgekühlt werden muss, um das in der PfA definierte Abwärmepotenzial zu erhalten. Dadurch sind signifikante Abweichungen zwischen dem theoretisch angegebenen Potenzial und dem technisch und wirtschaftlich auskoppelbaren Potenzial möglich.

Ergebnis

In Abbildung 4-11 sind die Ergebnisse der Potenzialanalyse kartografisch dargestellt. In den Abbildungen ist die geografische Lage von Industrieunternehmen sowie von Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungsbetrieben (GHD) mit potenziellen überschüssigen Wärmemengen gekennzeichnet. Außerdem sind die Größenordnungen der jährlich zur Verfügung stehenden Abwärmemengen kenntlich gemacht.

In Tabelle 4-17 sind die Firmen aufgelistet, die in der Plattform für Abwärme potenzielle Abwärmequellen gemeldet haben. Die IDs korrespondieren mit Abbildung 4-11.

Das größte Abwärmepotenzial findet sich auf dem Industriegelände der Firma Infracorv. Dort wurden rund 535 GWh/a identifiziert. Dabei ist zu beachten, dass die Temperaturniveaus der Abwärme stark variieren können. Es kann außerdem nicht ausgeschlossen werden, dass dieselbe Abwärme sowohl von der produzierenden Firma als auch vom Betreiber des Industrieparks erfasst wurde. Insgesamt beträgt das Potenzial in Wiesbaden etwa 598 GWh/a.

Einordnung

Die Untersuchung einer möglichen Einbindung von Abwärme in große Wärmenetze, aber auch kleinere Netzverbünde, sollte grundsätzlich mit hoher Priorität behandelt werden. Herrschen die richtigen Randbedingungen vor, können durch die Nutzung der Abwärme ohnehin vorhandene Energiemengen genutzt werden, die sonst in die Umgebung abgegeben werden würden.

Die Quantifizierung von möglichen Abwärmepotenzialen bedarf dabei einer Einzelfalluntersuchung und einem intensiven Austausch mit dem betreffenden Unternehmen. Dies ist notwendig, um die Anforderungen des Bestandsystems und des mit Wärme zu versorgenden Systems abzugleichen, das Ausfallrisiko der Wärmebereitstellung bewerten zu können und wirtschaftliche Randbedingungen für die Integration des Abwärmepotenzials abzustimmen.

Tabelle 4-17: Übersicht der Potenziale industrieller Abwärme

ID	Firma	Leistung [MW _{max}]	Wärmemenge [MWh/a]
1	AGRAVIS Kraftfutterwerke Rhein Main GmbH	0,9	2.157
2	SE Tylose GmbH & Co. KG	33,8	233.694
3	DKD HELIOS Klinik Wiesbaden GmbH	0,8	1.598
4	Dyckerhoff GmbH	14,8	20.695
5	Essity Operations Mainz-Kostheim GmbH	5,0	40.321
6	ESWE Versorgungs AG	1,0	5.874
7	ESWE Versorgungs AG	0,2	694
8	GAMMA Warenhandel GmbH & Co. KG	1,5	2.572
9	HELIOS Dr. Horst Schmidt Kliniken Wiesbaden GmbH	4,0	8.454
10	Merck Performance Materials GmbH	0,8	1.752
11	HELIOS Dr. Horst Schmidt Kliniken Wiesbaden GmbH	0,5	922
12	Allnex Germany GmbH	0,5	1.812
13	Catexel Production GmbH	27,5	20.148
14	InfraServ GmbH & Co. Wiesbaden KG	35,2	226.486
15	Mitsubishi Polyester Film GmbH	3,6	27.808
16	Sterigenics Germany GmbH	0,3	2.533

4.1.10 Abwärme aus Rechenzentren

Abwärme aus Rechenzentren entsteht als Nebenprodukt beim Betrieb von Servern, die große Datenmengen verarbeiten und speichern. Die entstehende Wärme wurde in der Vergangenheit üblicherweise über Luft- oder Wasserkühlungssysteme abgeführt und liegt häufig als überschüssige Niedertemperaturwärme vor. Je nach Temperaturniveau kann diese Wärme direkt zur Bereitstellung von Wärme genutzt oder – häufiger – mithilfe von Wärmepumpen auf ein für Wärmenetze geeignetes Niveau angehoben werden. Die Nutzung von Rechenzentrumsabwärme eignet sich besonders dort, wo Rechenzentren und Abnehmerstrukturen räumlich nah beieinander liegen. Rechenzentren, die nach dem 01.07.2026 in Betrieb gehen, müssen gesetzliche Vorgaben für die Abwärmeebenutzung erfüllen (§ 11 Abs. 2 EnEFG).

Vorteile

Abwärme aus Rechenzentren ist eine sehr kontinuierliche und kostengünstige Wärmequelle, da der Energieeinsatz zur Serverkühlung ohnehin notwendig ist und die erzeugte Wärme somit als Nebenprodukt anfällt. Es müssen keine vollständig neuen Wärmeenergieerzeugungsanlagen errichtet werden, was die Investitionskosten reduziert. Hauptkostenpunkte sind die technische Erschließung der Wärmequelle, die Effizienzsteigerung der Abwärmeebenbereitstellung (z. B. über Wärmepumpen) und die Anbindung an das Wärmenetz. Zudem zeichnet sich Rechenzentrumsabwärme durch hohe zeitliche Verfügbarkeit aus, da der IT-Betrieb in der Regel ganzjährig konstant erfolgt.

Herausforderungen

Die Nutzung von Rechenzentrumsabwärme ist eingeschränkt, da die Wärme nur in der Nähe von Rechenzentren wirtschaftlich nutzbar ist. Das Temperaturniveau der Abwärme ist meist niedrig, sodass nahezu immer Wärmepumpen erforderlich sind. Die tatsächliche Wärmemenge hängt von der Auslastung der IT-Infrastruktur ab und kann bei Lastschwankungen variieren. Auch wirtschaftliche oder regulatorische Veränderungen – etwa Verlagerungen von Rechenzentrumsstandorten oder Änderungen im Kühlkonzept – können das langfristige Wärmeangebot beeinflussen. Darüber hinaus können technische Anpassungen im Rechenzentrum, wie effizientere Kühltechnologien, das nutzbare Potenzial im Zeitverlauf reduzieren.

Grundlagen & Methodik

Zwei Rechenzentren sind derzeit im Planungsstadium bekannt, wobei bisher noch keine konkreten Informationen zu der tatsächlich anfallenden Abwärme und dessen Temperaturniveau vorliegen.

Die Randbedingungen zu Abschätzung des Potenzials sind in aufgelistet:

Tabelle 4-18: Randbedingungen für die Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren

Randbedingungen	Standort 1	Standort 2	Einheit
Abwärme	3	6	MW
Temperaturniveau (Annahme)	38,5	45	°C
Auskühlung	8		K

Ergebnis

Über Wärmeleistung und Temperaturniveau kann die absolute Wärmemenge der Abwärme sowie die Wärmemenge bestimmt werden, die durch den Einsatz einer Wärmepumpe möglich wären. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-19 dargestellt.

Tabelle 4-19: Zusammenfassung Ergebnisse Potenzialermittlung Abwärme aus Rechenzentren

Ergebnis	Standort 1	Standort 2	Einheit
Leistung (Abwärme)	3	6	MW
Wärmemenge (Abwärme)	25,5	51	GWh/a
Nutzung in einem Wärmenetz über eine Wärmepumpe			
Vor-/Rücklauftemperatur Wärmenetz	95/50		°C
Gütegrad der WP	0,5		-
Vollbenutzungsstunden	8500		h/a
COP	4,6	5,56	-
Thermische Leistung	3,8	7,3	MW
Wärmemenge	32,6	62,2	GWh/a

Einordnung

Die Untersuchung einer möglichen Einbindung von Abwärme aus Rechenzentren in große Wärmenetze, aber auch in kleinere Netzverbünde, sollte ebenfalls mit hoher Priorität betrachtet werden. Unter geeigneten Rahmenbedingungen können hier kontinuierlich anfallende Energiemengen genutzt werden, die zur unvermeidbaren Abwärme zählen. Rechenzentren erzeugen in der Regel eine stabile und gut prognostizierbare Abwärmeleistung und können damit einen wertvollen Beitrag zur Dekarbonisierung von Wärmenetzen leisten.

Die Quantifizierung der nutzbaren Abwärmepotenziale erfordert jedoch immer eine standort- und anlagenspezifische Betrachtung sowie einen engen Austausch mit dem Betreiber des Rechenzentrums. Nur so lassen sich die Anforderungen des bestehenden Kühlsystems mit den Anforderungen des zu versorgenden Wärmenetzes abgleichen, das Ausfall- bzw. Verfügbarkeitsrisiko bewerten und die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Integration genau bestimmen.

Für Wiesbaden liegen zwei potenzielle Wärmequellen mit einer Leistung von 3 MW und 6 MW vor. Diese könnten – abhängig von Temperatur- und Betriebsprofil sowie der notwendigen Wärmepumpenleistung – eine sinnvolle und leistungsstarke Ergänzung darstellen.

4.1.11 Biomasse

In der nachfolgenden Analyse wird sowohl feste als auch gasförmige Biomasse untersucht.

Vorteile

Biomasse liefert ganzjährig grundlastfähige Wärme, die Technologien zur Nutzung sind technisch ausgereift und können bei nachhaltiger Rohstoffgewinnung nahezu treibhausgasneutral betrieben werden. Die Verwertung von Rest- und Abfallströmen (z. B. Klärschlamm, Bioabfälle) stärkt die Kreislaufwirtschaft.

Herausforderungen

Die Verbrennung von Biomasse verursacht Feinstaub- bzw. NO_x-Emissionen und erfordert dementsprechend eine geeignete Abgasnachbehandlung. Die Versorgungssicherheit hängt von regionaler Brennstoffverfügbarkeit und Logistik ab. Lagerflächen und Transportaufwand sind einzuplanen. Zudem müssen Nutzungskonflikte mit Naturschutz und Landwirtschaft vermieden und Nachhaltigkeitszertifizierungen sichergestellt werden.

Der Einsatz sowie die Vor- und Nachteile der einzelnen Energieträger sind in Tabelle 4-20 beschrieben.

Tabelle 4-20: Grundlagen und Annahmen zur Bestimmung der Biomassepotenziale

Energiequelle	Produkt und Einsatzmöglichkeit	Vorteile	Nachteile
Waldholz	Holzhackschnitzel – Einsatz in Hackschnitzelheizungen und Biomasse-Heizwerken	Regionale Verfügbarkeit, nachwachsender Rohstoff, gute Eignung für Nahwärmenetze und große Heizwerke	Hoher Platzbedarf für Lagerung, Qualität abhängig von Holzfeuchte, logistischer Aufwand
Altholz	Holzhackschnitzel – Nutzung in großen Heizkraftwerken mit Rauchgasreinigung	Nutzung von Reststoffen, Beitrag zur Kreislaufwirtschaft, effiziente energetische Verwertung	Schadstoffbelastung möglich, nur in Anlagen mit Rauchgasreinigung geeignet, nicht für dezentrale Anwendungen
Klärschlamm	Direkte thermische Verwertung in speziellen Verbrennungsanlagen	Reduziert Entsorgungsprobleme, ermöglicht Energiegewinnung aus Abfallströmen	Hoher Wassergehalt, hygienische Anforderungen, nur für zentrale Anlagen geeignet, komplexe Technik erforderlich
Bioabfall & Gartenabfälle	Biogas/Biomethan – Nutzung in BHKW oder Einspeisung ins Gasnetz	Flexible Nutzung für Wärme und Strom, klimafreundlich, stärkt Kreislaufwirtschaft	Aufbereitung zu Biomethan ist technisch anspruchsvoll, kontinuierliche Substratzufuhr notwendig
Gülle	Biogas – Vergärung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen	Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe, Reduzierung von Methanemissionen, zusätzliche Einnahmequelle für Betriebe	Geringer Energiegehalt, oft Kombination mit Energiepflanzen nötig, hoher Transport- und Lageraufwand
Energiepflanzen	Biogas/Biomethan – Nutzung in großen Biogasanlagen und KWK	Hohe Energieausbeute, planbare Verfügbarkeit, geeignet für große Anlagen und KWK	Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion, hoher Flächenbedarf, ökologische Risiken wie Monokulturen

Grundlagen und Methodik

Die Ermittlung des Biomasse-Potenzials basiert auf verschiedenen Quellen und klärenden Gesprächen, um relevante Kenngrößen für das Untersuchungsgebiet zu definieren. Dazu gehören unter anderem verfügbare Biomasse-Mengen (z. B. Bioabfall, Altholz), vorhandene Flächen

(z. B. Waldfläche) oder thermochemische Eigenschaften von Biomasse (z. B. Heizwerte). Die wesentlichen Annahmen und Quellen zur Bestimmung des thermischen Potenzials von Biomasse sind in Tabelle 4-21 aufgelistet.

Ergebnis

Tabelle 4-21: Grundlagen und Annahmen zur Bestimmung der Biomassepotenziale

Energiequelle	Menge*/Fläche	Produkt	Heizwert	Quellen
Waldholz	3.200 – 7.700 m ³ /a*2	Holzhackschnitzel	4,2 kWh/kg20 %	Biomassepotenzialstudie Hessen 2010
Altholz	3.912 t/a	Holzhackschnitzel	3.600 kWh/t	Abfallmengenbilanz des Landes Hessen für das Jahr 2023
Klärschlamm	34.000 t/a	Klärschlamm	3.055 kWh/tTM	Datenblätter der Klärwerke Biebrich & Hauptklärwerk, OpenAgrar
Bioabfall	18.700 t/a	Biomethan	1.839 kWh/tTM	Abfallmengenbilanz des Landes Hessen für das Jahr 2023, OpenAgrar
Gartenabfall	5.300 t/a	Biomethan	3.000 kWh/tTM	Abfallmengenbilanz des Landes Hessen für das Jahr 2023, OpenAgrar
Klärgas	5,2 Mio. m ³ + 50 GWh*3	Biomethan	6,4 kWh/m ³	Datenblätter der Klärwerke Biebrich & Hauptklärwerk, Abschätzung Klärwerk Infraser, OpenAgrar
Energiepflanzen	1.200 ha	Biomethan	35.838 kWh/ha	Landwirtschaftliche Fläche Wiesbaden + Anteil an Energiepflanzen (20 %), OpenAgrar
Gülle	1.530 GV	Biomethan	1.600 kWh/m ³	Agrarstrukturerhebung 2016 Landwirtschaftliche Betriebe und Viehbestände, OpenAgrar

*1 alle Massen als Trockenmasse

*2 Umrechnungsfaktor 600 kg20%/m³

*3 Das Potenzial von 50 GWh wurde vom Betreiber des Klärwerks Infraser abgeschätzt

Unter Berücksichtigung der Grundlagen aus Tabelle 4-21 ergeben sich die in Tabelle 4-22 je Energiequelle aufgeschlüsselten potenziellen Wärmemengen zur Deckung des Wärmebedarfs im Untersuchungsgebiet.

Einordnung

Tabelle 4-22: Ergebnis Potenzialanalyse Biomasse

Energiequelle	Produkt	Wärmemenge
Waldholz	Holzhackschnitzel	32,2 GWh/a
Altholz	Holzhackschnitzel	14,1 GWh/a
Klärschlamm	Klärschlamm	31,2 GWh/a
Bioabfall	Biomethan	13,7 GWh/a
Gartenabfall	Biomethan	7,9 GWh/a
Klärgas	Biomethan	83,9 GWh/a
Energiepflanzen	Biomethan	59,8 GWh/a
Gülle	Biomethan	46,5 GWh/a
SUMME		221,3 GWh/a

Biomasse ist in der Wärmeversorgung ein vielseitig einsetzbares regionales Potenzial. Es wird in der dezentralen Einzelversorgung von Gebäuden eingesetzt und kann außerdem als flexibel einsetzbarer Brennstoff in der zentralen Wärmeversorgung von Wärmenetzen zum Einsatz kommen. Der Einsatz des Rohstoffes Biomasse ist neben der begrenzten regionalen Verfügbarkeit auch durch regulatorische Vorgaben – zumindest in der zentralen Versorgung von Wärmenetzen – eingeschränkt. Für die dezentrale Einzelversorgung von Gebäuden stellen Biomasseheizungen neben Wärmepumpen eine alternative Wärmeversorgungslösungen dar, insbesondere dort, wo höhere Vorlauftemperaturen erforderlich sind oder die baulichen Voraussetzungen für eine Wärmepumpe ungünstig sind. Hierbei sollte auf die Nutzung nachwachsender, regional verfügbarer Brennstoffe geachtet werden, die nur in begrenztem Maße zur Verfügung stehen. Demnach kann Biomasse nur als ergänzender Baustein auf dem Weg zum Ziel einer zukünftig treibhausgasneutralen Wärmeversorgung betrachtet werden.

Exkurs: Bioabfallvergärungsanlage

Der Bioabfall der Stadt Wiesbaden wird derzeit in einer Biogasanlage in Flörsheim-Wicker (Main-Taunus-Kreis) verarbeitet. Im Jahr 2029 ist die Inbetriebnahme einer neuen Bioabfallvergärungsanlage auf dem Gelände der Deponie Dykerhoffbruch vorgesehen.

Kooperationspartner sind die Landeshauptstadt Wiesbaden sowie der Rheingau-Taunus-Kreis.

In der geplanten Anlage werden künftig die Bioabfälle der Stadt Wiesbaden und angrenzender Kreise verarbeitet. Das erzeugte Biogas soll zu Biomethan veredelt und in das bestehende Gasnetz eingespeist werden.

Es wird von einem jährlichen Durchsatz von 60.000 Tonnen Bioabfall ausgegangen. Dies ermöglicht die Produktion von 8,9 Millionen m³ Biogas. Daraus können etwa 5 Millionen m³ Biomethan hergestellt werden, die in das Gasnetz eingespeist werden können. Dies entspricht einer jährlichen Wärmebereitstellung von rund 50 GWh. Es handelt sich hierbei nicht um ein zusätzliches Biomassepotenzial, sondern um die lokale Erzeugung von Biomethan.

4.1.12 Thermische Abfallbehandlung

Die thermische Abfallbehandlung nutzt Verfahren wie die kontrollierte Verbrennung oder Vergasung organischer Reststoffe, um daraus Wärme und elektrische Energie zu gewinnen. Die anfallende Wärme kann direkt in Wärmenetze eingespeist oder als Nutzenergie für benachbarte Industrieanlagen (auch als Dampf) bereitgestellt werden. Müllheizkraftwerke können insbesondere in urbanen Ballungsräumen mit hohem Abfallaufkommen wirtschaftlich betrieben werden, weil hier ein kontinuierlicher Brennstoffstrom zur Verfügung steht.

Vorteile

Durch das regelmäßige Abfallaufkommen wird eine grundlastfähige Wärmebereitstellung gewährleistet. Zudem lässt sich durch den Einsatz der Kraft-Wärme-Koppelung zusätzlich zur Wärme elektrische Energie erzeugen, wodurch die Gesamteffizienz der Anlage erhöht wird.

Herausforderungen

Die Errichtung und Erweiterung von modernen Abfallverbrennungsanlagen ist eine hochinvestive Maßnahme mit langen Genehmigungsprozessen. Eine weitere hohe Investition ergibt sich zukünftig aus der regulatorischen Notwendigkeit der Abscheidung von CO₂ aus dem Abgas durch Carbon Capture-Anlagen. Weiterhin führt die Abfallverbrennung zu Schadstoffemissionen, die mithilfe effizienter Rauchgasreinigungssysteme so begrenzt werden müssen, dass sie keinen unzulässigen Einfluss auf die Luftqualität haben. Die Abfallverwertung sollte sich auf die Abfallmengen beschränken, die nicht anderweitig verwertet oder recycelt werden können (Ressourceneffizienz vor Energieeffizienz).

Einordnung

Die MHKW Wiesbaden GmbH baut derzeit ein neues Müllheizkraftwerk in Wiesbaden. Gesellschafter des Projekts sind K+G Service, ENTEGA AG und ESWE Versor-

gungs AG. Momentan befindet sich das Projekt noch in der Bauphase. Im zukünftigen MHKW werden kommunale sowie vorbehandelte Gewerbeabfälle aus Wiesbaden verbrannt, wobei die Knettenbrech + Gurdulic Unternehmensgruppe (K+G) für die Anlieferung verantwortlich ist. Die bei dem Verbrennungsprozess erzeugte Energie kann in das Fernwärmenetz der ESWE und als Strom in das öffentliche Netz eingespeist werden.

Der jährliche Durchsatz des neuen MHKWs beträgt rund 195.000 Tonnen, was etwa 25 Tonnen pro Stunde entspricht. Die Feuerungswärmeleistung liegt bei maximal 87,5 MW. Die Anlage liefert eine elektrische Leistung von bis zu 21 MW. Die maximale thermische Leistung liegt bei ca. 39 MW. Diese Leistung kann perspektivisch in einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung genutzt werden. Bisher wird von einer jährlichen Wärmemenge von 100 GWh/a ausgegangen. Die tatsächliche jährliche Wärmemenge, die in ein Wärmenetz eingespeist werden kann, ist abhängig vom Wärmebedarf des Netzes und dem Anlagenbetrieb des MHKWs.

Das Potenzial der Wärme aus thermischer Abfallbehandlung ist sehr interessant für die leitungsgebundene Wärmeversorgung und sollte aufgrund der zuverlässigen Verfügbarkeit und üblicherweise kompetitiven Kosten in das bestehende Fernwärmenetz in Wiesbaden eingebunden werden.

4.1.13 Tiefengeothermie

Bei der Nutzung von Tiefengeothermie wird die in mehreren Kilometern Tiefe aufgrund natürlicher Prozesse entstehenden Wärme aus dem Erdkern erschlossen. Es können hierbei grundsätzlich zwischen vier verschiedene Nutzungskonzepte differenziert werden. Diese können wiederum in offene und geschlossene Systeme unterteilt werden. Die hydrothermale und petrothermale Tiefengeothermie wird dabei den offenen Systemen zugeordnet, während es sich bei tiefen Erdwärmesonden und dem Closed-Loop-System um geschlossene Systeme handelt. Die vier Technologien werden nachfolgend kurz erörtert.

Hydrothermale Tiefengeothermie

Hydrothermale Tiefengeothermie nutzt natürlich vorhandenes, heißes Tiefenwasser in porösen, wasserführenden Gesteinsschichten (Aquifere) als Wärmequelle. Über eine Förderbohrung wird das warme Thermalwasser aus einer Tiefe von ca. 1.000 bis 5.000 m an die Oberfläche gepumpt. Über einen Wärmeübertrager wird dem Thermalwasser Wärme entzogen und anschließend wird es über eine Injektionsbohrung wieder in den Untergrund zurückgeleitet. Je nach Temperaturniveau kann die Wärme

direkt ihrer Nutzung zugeführt werden oder als Wärmequelle für eine Wärmepumpe genutzt werden.

Vorteile

Das Verfahren ist technologisch erprobt und wird bereits in zahlreichen Anlagen – vor allem in Süddeutschland (bayerisches Molassebecken) – betrieben. Aufgrund der kontinuierlichen Verfügbarkeit des Reservoirs bietet es eine hohe Versorgungssicherheit und stellt eine grundlastfähige Energiequelle dar. Wird der Pumpstrom aus erneuerbaren Quellen gedeckt, ist der Betrieb der Anlage und damit die bereitgestellte Wärme komplett treibhausgasneutral. Dank der hohen erzielbaren Leistungen eignet sich hydrothermale Tiefengeothermie besonders für städtische Fernwärmesysteme.

Herausforderungen

Die Machbarkeit ist an geeignete geologische Rahmenbedingungen gebunden: Es müssen ausreichend heiße, wasserführende Schichten in 1.000 bis 5.000 m Tiefe vorhanden sein. Während der Explorationsphase besteht ein erhebliches geologisches Risiko, dass das anvisierte Reservoir nicht die erwartete Ergiebigkeit liefert. Hinzu kommen hohe Investitionskosten insbesondere für die Tiefenbohrungen sowie langwierige bergrechtliche Genehmigungsverfahren mit umfangreichen Umweltverträglichkeitsprüfungen.

Petrothermale Tiefengeothermie

Für die Errichtung petrothermaler Tiefengeothermieanlagen sind keine natürlich vorkommenden Aquifere erforderlich. Es werden Horizonte in heißen, aber weitgehend wasserfreien Gesteinsschichten ab etwa 3.000 m Tiefe erschlossen. Dafür wird zunächst künstlich ein unterirdisches Wärmeübertragungssystem angelegt. Über hydraulische Stimulation werden Risse im Gestein erzeugt. Anschließend wird Wasser injiziert (Injektionsbohrung), welches durch das aufgeschlossene Kluftsystem fließt und dabei Wärme aus dem Gestein aufnimmt. Über eine zweite Bohrung (Förderbohrung) wird das Wasser wieder an die Oberfläche gefördert, wo die Wärme über Wärmeübertrager ausgekoppelt wird. Der Kreislauf ähnelt dem hydrothermalen System damit stark, nur dass hier das Reservoir künstlich geschaffen wird.

Vorteile

Da keine natürlichen, wasserführenden Aquifere erforderlich sind, eröffnet sich ein standortunabhängigeres Nutzungspotenzial. In prinzipiell vielen Regionen steht in großer Tiefe genügend heißes Gestein zur Verfügung, sodass das theoretische Wärmepotenzial enorm ist. Aufgrund der kontinuierlichen Verfügbarkeit des Reservoirs bietet es eine hohe Versorgungssicherheit und stellt eine

grundlastfähige Energiequelle dar. Wird der Pumpstrom aus erneuerbaren Quellen gedeckt, ist der Betrieb der Anlage und damit die bereitgestellte Wärme CO₂-frei. Langfristig gilt die petrothermale Tiefengeothermie damit als aussichtsreiche Technologie für eine klimaneutrale Wärmeversorgung.

Herausforderungen

Derzeit befindet sich die petrothermale Tiefengeothermie noch überwiegend im Forschungs- und Pilotstadium. Nur wenige Demonstrationsanlagen liefern bislang Betriebserfahrungen, sodass die Technologie als wenig erprobt gilt. Die künstliche Rissbildung kann induzierte Mikrobeben auslösen, was ein erhöhtes seismisches Risiko darstellt und eine umfangreiche Risikobewertung sowie Öffentlichkeitskommunikation erfordert. Hinzu kommen eine hohe technische Komplexität, lange Entwicklungszeiten und erhebliche Investitions- und Erschließungskosten, die aktuell noch über denen hydrothermalen Projekte liegen.

Tiefe Erdwärmesonden

Das Funktionsprinzip tiefer Erdwärmesonden gleicht dem von Erdwärmesonden im oberflächennahen Bereich. In einem coaxialen Rohr (auch Doppel-U-Rohr möglich) sinkt das kalte Wärmeträgermedium im äußeren Rohrbereich nach unten, wobei die Außenwand des Rohres als Wärmeübertrager vom Untergrund zum Wärmeträgermedium fungiert. Im inneren, gedämmten Rohr wird das erwärmte Wärmeträgermedium nach oben gefördert und dort seiner thermischen Nutzung zugeführt.

Vorteile

Weitestgehend unabhängig von geologischen Randbedingungen. Tiefe Erdwärmesonden sind technisch gut erprobt.

Herausforderungen

Aufgrund der im Vergleich zu den offenen Systemen deutlich kleineren wärmeübertragenden Fläche ist die Wärmeleistung je Erdwärmesonde auf einige 100 kW begrenzt. Damit ergeben sich sehr hohe spezifische Investitionskosten. Abgesehen von der Leistung ist auch das erreichbare Temperaturniveau aufgrund geringerer Bohrtiefen bis ca. 2.000 m in der Regel niedriger als bei der hydro- oder petrothermalen Geothermie. Damit muss in der Regel zusätzlich eine Wärmepumpe zur Temperaturanhebung installiert und betrieben werden.

„Closed-Loop“-Verfahren

Beim sogenannten Closed Loop-System sind wie bei den offenen Systemen zwei Leitungen für die Erschließung des Potenzials notwendig. Bei der neuesten Entwicklung der Technologie ist es möglich, beide Bohrungen von einem Bohrplatz aus zu errichten. Die senkrechten Leitungen sind dabei ähnlich wie klassische Bohrungen bei den offenen Systemen mit einem Medienrohr versehen und abdichtend verfüllt. Die abgelenkten Bohrungen werden durch ein chemisches Verfahren abgedichtet und erfordern somit keinen zusätzlichen Materialeinsatz in Form eines Medienrohres oder einer Zementierung. Die Abdichtung erfolgt über sogenannte wasserglasähnliche Materialien, die auf Silikatbasis hergestellt sind und nach dem Einbringen in die Bohrung chemisch aushärten. Dadurch entsteht eine wasserundurchlässige, stabile Schicht, die den Bohrkanal zuverlässig abdichtet, ohne dass zusätzliche Medienrohre oder Zementierungen erforderlich sind.

Vorteile

Durch die Anzahl der abgelenkten, parallel verlaufenden Bohrungen ist die Leistung der Anlage gut skalierbar. Als weitere wesentliche Vorteile gegenüber den offenen Systemen sind eine weitestgehende Unabhängigkeit von konkreten geologischen Voraussetzungen und der deutlich reduzierte Hilfsenergiebedarf zu nennen. Während in offenen Systemen der Einsatz von Pumpen notwendig ist, um die Druckverluste des Wärmeträgermediums im Untergrund zu überwinden, funktioniert die Umwälzung des Wärmeträgerfluids im Closed-Loop-Verfahren auf Grundlage des Thermosiphon-Effekts, der auf dem thermisch bedingten Dichteunterschied des Fluids basiert.

Herausforderungen

Hohe Investitionskosten, insbesondere für die Tiefenbohrungen sowie die abgelenkten Bohrungen. Des Weiteren sind aufwendige bergrechtliche Genehmigungsverfahren notwendig.

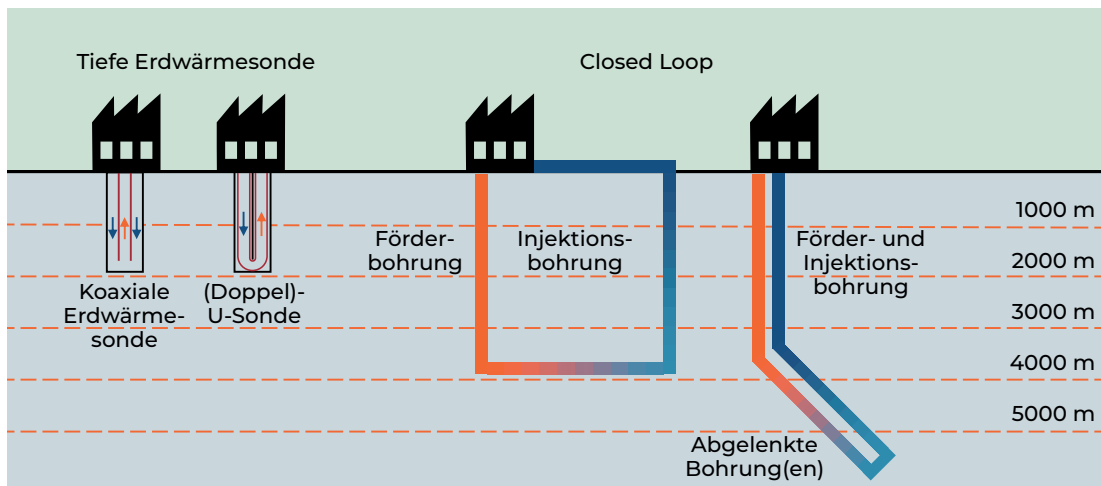


Abbildung 4-12: Schematische Darstellung geschlossener tiefeingeothermischer Anlagen (Darstellung Ramboll)

Grundlagen und Methodik

Aufgrund der unterschiedlichen geologischen Anforderungen muss zunächst geprüft werden, welche tiefengeothermischen Anlagen in Wiesbaden theoretisch zum Einsatz kommen können. Dafür wird eine grobe Erstein-schätzung des Potenzials mit Hilfe der Plattform „Geo-thermal Information System“ (GeotIS) vorgenommen. Wie

Abbildung 4-13 entnommen werden kann, ist in Wiesbaden mit hoher Wahrscheinlichkeit ein petrothermales Potenzial vorhanden. Auf der anderen Seite des Rheins sowie südöstlich des Stadtgebietes ist allerdings auch ein hydrothermales Potenzial nachgewiesen bzw. vermutlich vorhanden.

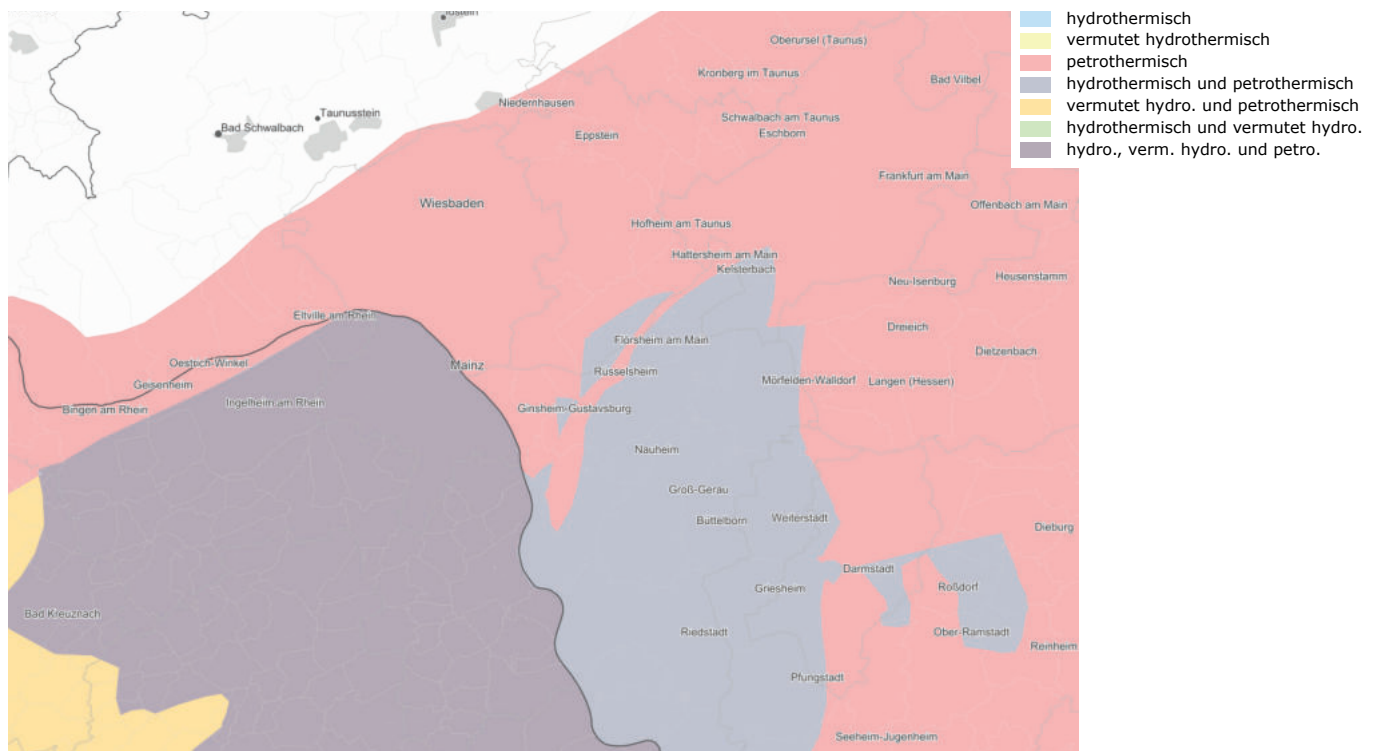


Abbildung 4-13: Geothermische Potenziale in Deutschland – GeotIS [13]

Neben den öffentlichen Daten von GeotIS kann auf eine Untersuchung der ESWE Versorgungs AG zurückgegriffen werden, bei der das hydrothermale Potenzial näher quantifiziert worden ist.

Ergebnis

Aus den vorhandenen Daten in GeotIS kann das lokale erschließbare Potenzial nicht weiterführend quantifiziert werden. Das Grobscreening der GeotIS-Daten lässt zunächst nur die Vermutung zu, dass ein petrothermales und eventuell ein hydrothermales Potenzial vorhanden ist. Die Temperaturen im Untergrund liegen nach GeotIS in 2.000 m Tiefe bei ca. 91 °C und in 4.000 m Tiefe bei ca. 150 °C. Neben dem Einsatz petrothermaler Tiefengeothermie ist auch der Einsatz geschlossener Systeme grundsätzlich vorstellbar.

Die Untersuchung der ESWE Versorgungs AG hat sich auf das hydrothermale Potenzial im Osten des Stadtgebiets fokussiert. Dabei wurden Gesteinsinformationen in verschiedenen Tiefen hinsichtlich ihrer Eignung für hydrothermale Tiefengeothermie untersucht. Im Folgenden wird nur die Formation beschrieben, die seitens ESWE als vielversprechendste Formation eingeordnet worden ist.

Diese Formation (Name: Thal/OK/Dis) befindet sich ca. 2250 m unter der Geländeoberkante und besitzt eine Mächtigkeit von ca. 150 m. Basierend auf der produktiven Mächtigkeit (Annahme: 15 % der Mächtigkeit) und der Permeabilität (ca. $4.5 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$) wird eine mögliche Förderate von 60 l/s prognostiziert. Das Temperaturniveau in dieser Formation liegt bei ungefähr 110°C, eine direkte Einspeisung in das Wärmenetz ohne den Einsatz einer Wärmepumpe wäre also theoretisch möglich. Um die nutzbare Wärmeleistung aus einer Bohrung zu erhöhen, wäre eine tiefere Auskühlung (auf z.B. 20°C) und der Einsatz einer Wärmepumpe möglich.

Bei einer Auskühlung des Wassers von 110°C auf 90°C bei 60 l/s ist eine thermische Leistung von ca. 22 MW möglich.

Dieses Potenzial wird seitens ESWE in den nächsten Monaten und Jahren hinsichtlich Mächtigkeit und Temperatur geschärft, sodass genauere Abschätzungen möglich sein werden.

Einordnung

Tiefengeothermische Anlagen haben aufgrund hoher Investitionskosten und hoher thermischer Leistungen keine Bedeutung in der dezentralen Wärmeversorgung. Aufgrund ihrer hohen zeitlichen Verfügbarkeit sind sie dafür aber in besonderer Weise als Grundlastzeuger in Fernwärmenetzen geeignet.

Aufgrund der hohen Investitionskosten sind tiefengeothermische Anlagen in der Regel nur bei größeren Leistungen (ab ca. 10 MW) wirtschaftlich, sodass der Einsatz sich in der Stadt Wiesbaden vermutlich auf das bestehende Wärmenetz von ESWE beschränkt. Ob und wie Tiefengeothermie zu einem klimaneutralen Wärmenetz beitragen wird, wird durch ESWE geprüft.

4.1.14 Freiflächenanalyse

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung werden die Potenziale „Wärme aus oberflächennaher Geothermie“ sowie „Wärme aus Solarthermie“ untersucht. Während andere Potenziale wie Wärme aus Klarwasser oder industrielle Abwärme nur an einzelnen Standorten vorliegen, wird das Potenzial der Wärme aus oberflächennaher Geothermie sowie Solarthermie nur durch die vorhandenen Flächen begrenzt, die für die Wärmeerzeugung zur Verfügung stehen.

Daher wird hierfür eine Freiflächenanalyse durchgeführt. Ausgangslage für die Freiflächenanalyse ist das gesamte Stadtgebiet der Landeshauptstadt Wiesbaden. Anschließend werden alle Restriktionen berücksichtigt, die die Anzahl der möglichen Flächen einschränkt. Zu diesen Restriktionen gehören genehmigungsrechtliche Restriktionen wie Naturschutzgebiete, Wasserschutzgebiete oder Flora-Fauna-Habitat-Gebiete (FFH-Gebiete). Weitere Restriktionen betreffen verwaltungstechnische Gründe wie Bebauungsflächen nach dem Flächennutzungsplan, Gemeinbedarfsflächen oder nutzungsbezogene Grünflächen. Zuletzt werden auch technische Ausschlusskriterien berücksichtigt wie Straßen, Zugstrecken oder Flughäfen.

Das Ergebnis der Freiflächenanalyse sind diskrete Flächen, die für die Nutzung von oberflächennaher Geothermie und Solarthermie prinzipiell zur Verfügung stehen. Für die weitere Analyse werden nur Flächen berücksichtigt, die größer sind als 5.000 m². Außerdem wurden längliche Flächen, die bei der Verschneidung entstanden sind, nicht berücksichtigt.

Die Freiflächen für oberflächennahe Geothermie und Solarthermie sind nicht identisch, da teilweise unterschiedliche Restriktionen angesetzt worden sind. Eine Auflistung aller verwendeten Restriktionen ist im Anhang A1 zu finden.

Das Ergebnis der Freiflächenanalyse ist in den jeweiligen Kapiteln dargestellt.

4.1.15 Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Geothermie nutzt die in den oberen Erdschichten gespeicherte Wärmeenergie zur Gebäudebeheizung über Wärmepumpen. Dabei kommen grundsätzlich zwei Technologien zum Einsatz, die sich durch die Einbauweise der Rohrsysteme unterscheiden. Vertikale Erdwärmesonden nutzen Bohrungen bis rund 200 m Tiefe, während horizontale Erdwärmekollektoren in nur 1 bis 2 m Tiefe flächig im Erdreich verlegt werden. Beide Systeme arbeiten mit einem geschlossenen Kreislauf, in dem eine frostsichere Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert und dem Erdreich Wärme entzieht.

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden erschließen tiefere Bodenschichten mit geringen Temperaturschwankungen im Jahresverlauf. Die Wärmeträgerflüssigkeit nimmt Wärme aus dem Erdreich auf und dient einer oberirdisch angeordneten Wärmepumpe als Wärmequelle zur Anhebung der Temperatur im Heizkreislauf auf das erforderliche Niveau. Im Sommer lässt sich der Kreislauf reversibel zur Raumkühlung einsetzen.

Vorteile

Die Quelltemperatur ist über das gesamte Jahr annähernd konstant, wodurch sich – bei richtiger Dimensionierung – hohe Jahresarbeitszahlen für den Betrieb der Wärmepumpen erzielen lassen. Anlagen mit Erdwärmesonden gelten als langlebig und wartungsarm und haben im Vergleich zu Erdwärmekollektoren einen spezifisch geringeren Flächenbedarf.

Herausforderungen

Demgegenüber stehen hohe Anfangsinvestitionen für Bohrung und Ausrüstung, eine Genehmigungspflicht (häufig wasserrechtlich) und geologische Risiken, denn nicht jeder Untergrund ermöglicht wirtschaftliche Bohrtiefen oder ausreichende Wärmeleitfähigkeiten. Die entziehbare Wärmemenge pro Bohrung ist physikalisch begrenzt. Bei der Umsetzung von höheren Leistungen müssen daher Sondenfelder errichtet werden, wobei die gegenseitige Beeinflussung der Sonden berücksichtigt werden muss.

Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren werden oberflächennah horizontal im Erdreich verlegt. Analog zur Erdwärmesonde nimmt die Wärmeträgerflüssigkeit Wärme aus dem Erdreich auf und stellt diese einer Wärmepumpe als Wärmequelle zur Verfügung.

Vorteile

Die Investitionskosten fallen im Vergleich zu Erdwärmesonden in der Regel deutlich geringer aus, da keine Bohrungen durchgeführt werden müssen. Die geologische Abhängigkeit beschränkt sich im Wesentlichen auf die Bodenfeuchte und -durchlässigkeit. Massive Felsformationen oder hochverdichtete Schichten, die tiefe Bohrungen erschweren könnten, spielen hingegen keine Rolle.

Herausforderungen

Nachteilig ist der im Vergleich zu Erdwärmesonden höhere spezifische Flächenbedarf der Kollektoren. Da die Bodentemperaturen in der geringen Verlegetiefe im Winter stärker absinken, müssen die Wärmepumpen – im Vergleich zum Wärmeentzug über Erdwärmesonden – einen größeren Temperaturhub gewährleisten, was zu geringeren Jahresarbeitszahlen führt. Aufgrund niedriger flächenspezifischer Entzugsleistungen kommen Kollektoren vornehmlich für die Wärmeversorgung von Gebäuden mit geringem Wärmebedarf und geringen Leistungsanforderungen zum Einsatz.

Grundlagen und Methodik

Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren können sowohl für die zentrale als auch für die dezentrale Wärmeversorgung eingesetzt werden.

Für die zentrale Wärmeversorgung wird auf die Freiflächenanalyse aus Kapitel 4.1.14 zurückgegriffen. Bei der dezentralen Wärmeversorgung werden alle Flurstücke untersucht, auf denen sich Gebäude befinden, die einen Wärmebedarf haben. Anschließend werden natürliche Barrieren wie Wald, Gewässer etc. entfernt. Zuletzt werden Mindestabstand zu Gebäuden (2 Meter) sowie zu Flurstücksgrenzen (5 Meter) berücksichtigt. Die übrige Fläche wird bei jedem Flurstück genutzt, um das Potenzial zu bestimmen.

Basierend auf der Flächenanalyse wird das geothermische Potenzial in Anlehnung an die VDI 4640-2 für das Untersuchungsgebiet bestimmt [14]. Folgende Randbedingungen werden dabei berücksichtigt:

- Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes für Sonden in W/mK (HLNUG GeoViewer [15])
- Bodenart für Kollektoren (HLNUG GeoViewer [15])
- Entzugsleistung für Kollektoren in W/m² (aus VDI 4640-2)
- Maximale Vollbenutzungsstunden der geothermischen Anlagen
- Unterschiedliche Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpen in Abhängigkeit der notwendigen Liefertemperatur (60 °C für die dezentrale Versorgung, 95 °C für die zentrale Versorgung)
- Anzahl der Sonden pro Fläche (die VDI 4640-2 gilt nur für Gruppen von bis zu 5 Sonden. Daher wird ein Ansatz vom LANUK [16] übernommen, um die VDI 4640-2 auch für größere Sondengruppen zu nutzen.

Ergebnis

Das Potenzial der oberflächennahen Geothermie wird in ein zentrales Potenzial für die Nutzung in einem Wärmenetz und ein dezentrales Potenzial für gebäudenähe Geothermie unterteilt.

Die Freiflächen, die für eine zentrale Erzeugung genutzt werden können werden gemäß der Vorgehensweise in Kapitel 4.11.14 ermittelt. Die ermittelten Flächen werden in solche mit günstigen und solche mit ungünstigen wasserwirtschaftlichen Bedingungen eingeteilt. Die Flächen, bei denen günstige wasserwirtschaftliche Bedingungen vorliegen, werden als geeignet bezeichnet. Flächen, bei denen ungünstige wasserwirtschaftliche Bedingungen vorliegen, werden als bedingt geeignet bezeichnet. Das Ergebnis der Freiflächenanalyse ist in Abbildung 4-14 dargestellt.

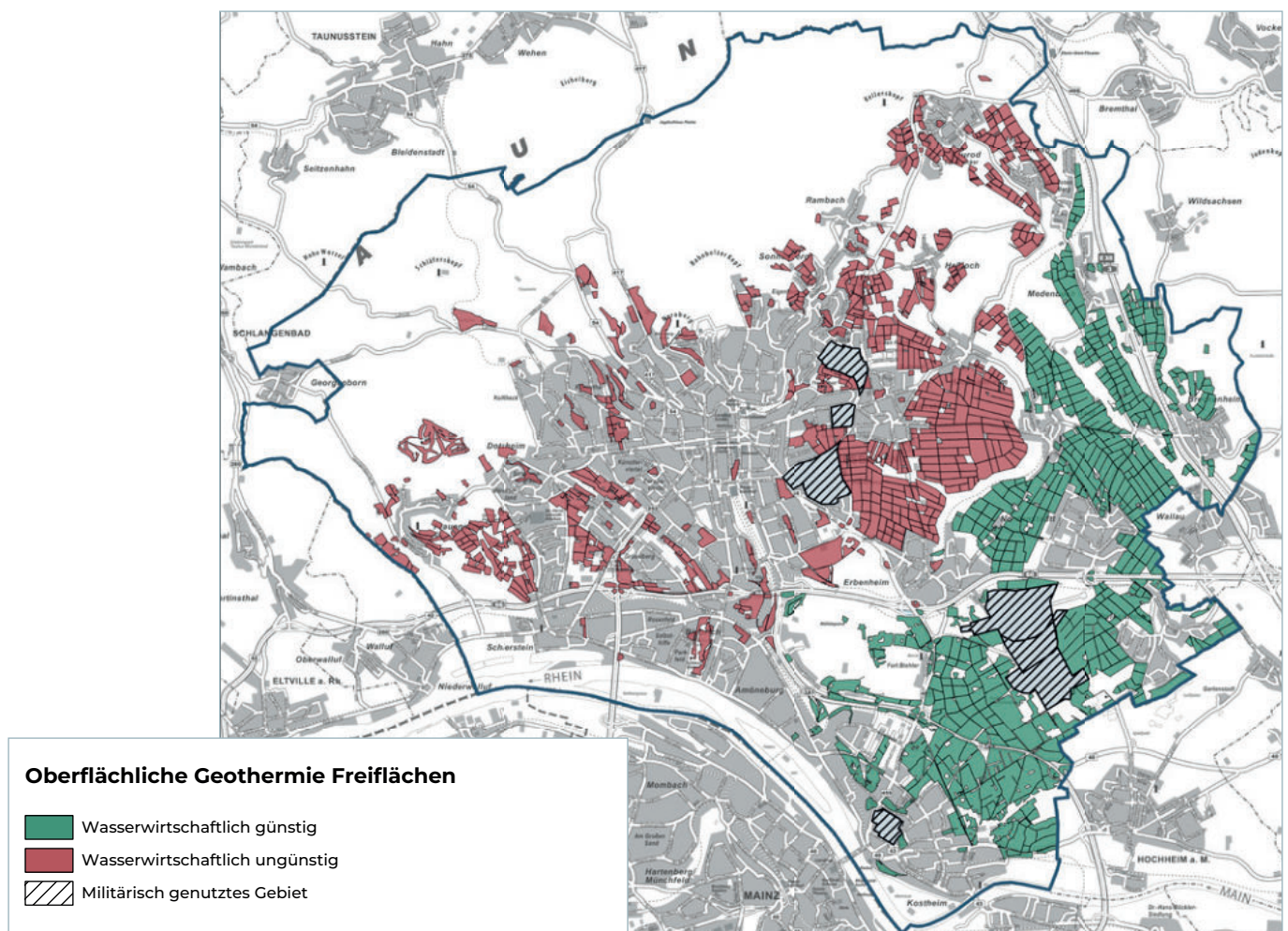


Abbildung 4-14: Freiflächen für oberflächennahe Geothermie

Tabelle 4-23: Ergebnis der Potenzialermittlung für oberflächennahe Geothermie (zentral, Erdwärmesonden)

Eignung?	Umwelt (T = 10°C)			Wärmepumpe (zentral) (T = 95°C)		
	VBH (h/a)	Leistung (Umwelt) (MW)	Energie (Umwelt) (GWh/a)	JAZ	Leistung (Wärmepumpe) (MW)	Energie (Wärmepumpe) (GWh/a)
Geeignet	2.400	386	927	2,67	617	1.483
Bedingt geeignet	2.400	347	832	2,67	555	1.331

Tabelle 4-24: Ergebnis der Potenzialermittlung für oberflächennahe Geothermie (zentral, Erdwärmekollektoren)

Eignung?	Umwelt (T = 10°C)			Wärmepumpe (zentral) (T = 95°C)		
	VBH (h/a)	Leistung (Umwelt) (MW)	Energie (Umwelt) (GWh/a)	JAZ	Leistung (Wärmepumpe) (MW)	Energie (Wärmepumpe) (GWh/a)
Geeignet	1.350	908	1.225	2,67	1.451	1.959
Bedingt geeignet	1.350	825	1.114	2,67	1.319	1.780

In Tabelle 4-23 und Tabelle 4-24 sind die Ergebnisse der Potenzialanalyse für die zentrale oberflächennahe Geothermie mit der Technologie Erdwärmesonde bzw. Erdwärmekollektor enthalten. Für die Erdwärmesonden wird ein Gesamtpotenzial von 1.483 GWh/a (geeignet, d.h. wasserwirtschaftlich günstig) bzw. 1.331 GWh/a (bedingt geeignet, d.h. wasserwirtschaftlich ungünstig) abgeschätzt. Für die Erdwärmekollektoren wird ein Gesamtpotenzial von 1.959 GWh/a (geeignet) bzw. 1.780 GWh/a (bedingt geeignet) abgeschätzt.

Die Flächen für die dezentrale Nutzung sind in Abbildung 4-15 kartografisch dargestellt. Auch bei der dezentralen Nutzung ist zu berücksichtigen, dass sich manche Flurstücke aufgrund der wasserwirtschaftlichen Beurteilung nicht oder nur bedingt für die Nutzung von oberflächennaher Geothermie eignen. Dies ist in Abbildung 4-15 kartografisch dargestellt. Die wasserwirtschaftliche Beurteilung stammt vom HLNUG [17] und basiert auf den vorliegenden Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebieten in Wiesbaden. Bei der Ermittlung des Gesamtpotenzials wurden Flächen nicht berücksichtigt, bei denen eine wasserwirtschaftliche Unzulässigkeit vorliegt. Flächen, die wasserwirtschaftlich ungünstig sind, wurden hingegen berücksichtigt.

Für jede der dargestellten Fläche wurde eine Abschätzung des Potenzials aus oberflächennaher Geothermie vorgenommen. Die Methodik ist analog zu der Abschätzung für die zentralen Flächen.

Das Ergebnis für die dezentrale Nutzung ist in Tabelle 4-25 und Tabelle 4-26 aufgelistet. Als Vorlauftemperatur für die dezentrale Nutzung wurde 60 °C angesetzt, das ist

abhängig vom Gebäudestandard und dem Heizsystems jedes einzelnen Gebäudes und muss im Einzelfall bestimmt werden.

Einordnung

Die oberflächennahe Geothermie bietet aus energetischer Sicht ein hohes Potenzial zur klimaneutralen Wärmeversorgung. Der Analyse liegt eine Flächenanalyse mit anschließender Potenzialabschätzung auf Grundlage eines allgemeinen statistischen Ansatzes (konkretisiert mit lokalen Messwerten) angelehnt an das Vorgehen nach VDI 4640-2 zugrunde. Die Ergebnisse sind von der Güte der zugrundeliegenden Daten abhängig. Das tatsächliche Potenzial kann im Einzelfall für ein konkretes Flurstück stark vom statistischen Mittel abweichen. In vielen Fällen wird die Wirtschaftlichkeit der Anlagen aufgrund hoher Investitionskosten gegenüber alternativen Technologien (z. B. Luft-Wärmepumpe in der dezentralen Versorgung, Klarwasser-Wärmepumpen in der zentralen Versorgung) unterlegen sein. Oberflächennahe Geothermie kann in der kommunalen Wärmeversorgung eine ergänzende Rolle spielen, insbesondere dort, wo besondere Anforderungen wie geringe Schallemissionen oder Platzrestriktionen bestehen. Ihr Einsatz ist vor allem dann sinnvoll, wenn ein höherer Wärmebedarf vorliegt, der mit Luft-Wärmepumpen aufgrund von Schall- oder Effizienzgründen nicht gedeckt werden kann. Darüber hinaus eignet sich die Technologie für Verbundlösungen in Quartieren, für kalte Nahwärmenetze sowie bei der Erschließung neuer Baugebiete, wo eine zentrale Wärmequelle für mehrere Gebäude erforderlich ist.

Tabelle 4-25: Ergebnis der Potenzialermittlung für oberflächennahe Geothermie (dezentral, Erdwärmesonden)

VBH (h/a)	Umwelt (T = 10°C)		Wärmepumpe (dezentral) (T = 60°C)		
	Leistung (Umwelt) (MW)	Energie (Umwelt) (GWh/a)	JAZ	Leistung (Wärmepumpe) (MW)	Energie (Wärmepumpe) (GWh/a)
2.400	277	664	4,00	369	885

Tabelle 4-26: Ergebnis der Potenzialermittlung für oberflächennahe Geothermie (dezentral, Erdwärmekollektoren)

VBH (h/a)	Umwelt (T = 10°C)		Wärmepumpe (dezentral) (T = 60°C)		
	Leistung (Umwelt) (MW)	Energie (Umwelt) (GWh/a)	JAZ	Leistung (Wärmepumpe) (MW)	Energie (Wärmepumpe) (GWh/a)
1.350	591	798	4,00	788	1.064

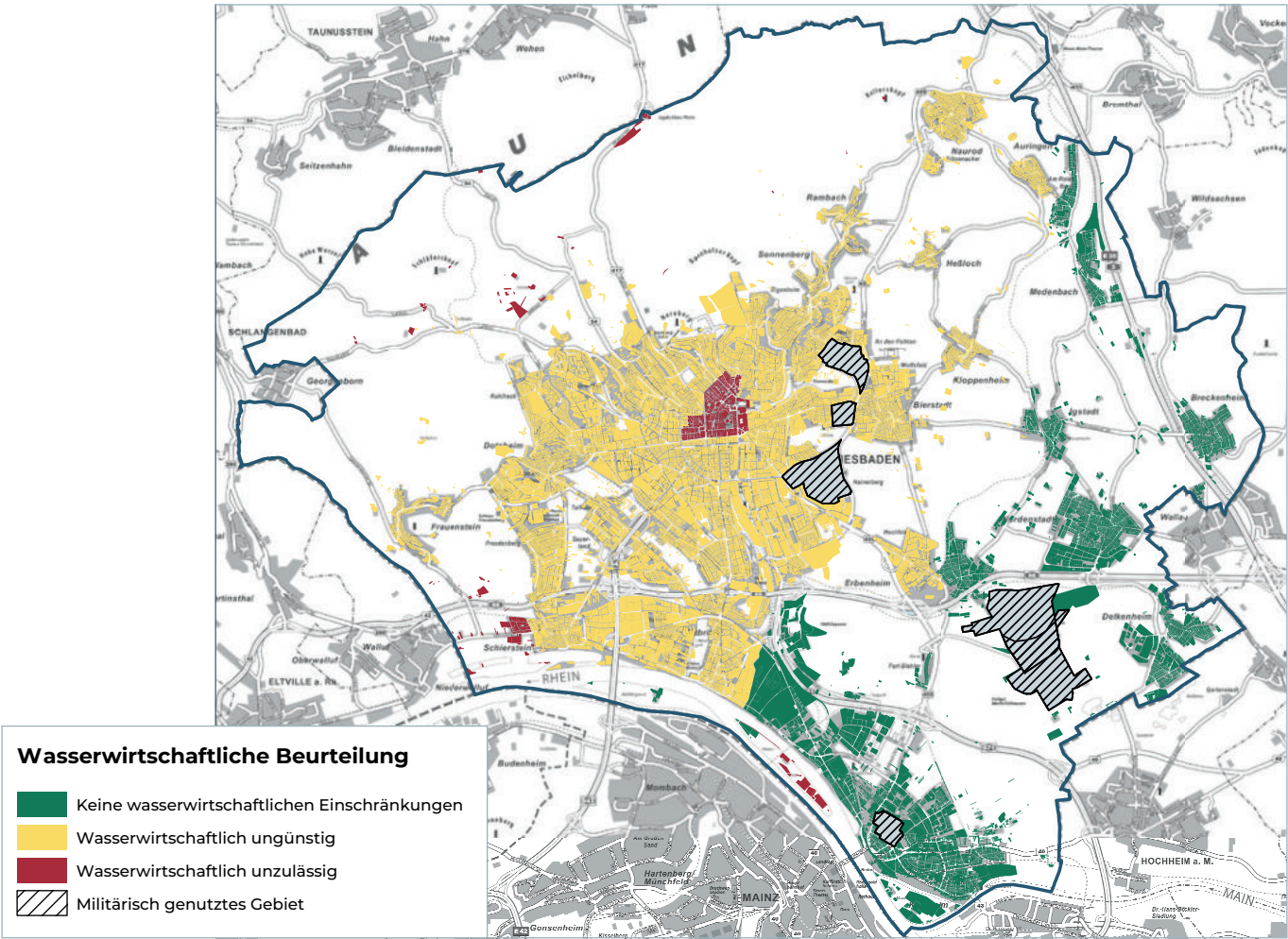


Abbildung 4-15: Flächen für dezentrale Geothermie

4.1.16 Freiflächen-Solarthermie

Freiflächen-Solarthermieanlagen werden ähnlich wie die Freiflächen-Photovoltaik vorzugsweise auf unbebautem Gelände wie Konversions- oder Brachflächen, entlang von Verkehrswegen oder Agrarflächen errichtet. Die Absorber wandeln direkte und diffuse Solarstrahlung in Wärme um, indem sie ein flüssiges Wärmeträgermedium – meist Wasser oder ein Wasser-Glykol-Gemisch – erhitzen. Über einen Wärmeübertrager lässt sich die gewonnene Energie in Nah- und Fernwärmenetze einspeisen oder unmittelbar für Raum- und Prozesswärme nutzen.

Vorteile

In Regionen mit hoher Globalstrahlung erzielen solche Anlagen hohe solare Erträge und arbeiten nach der Errichtung mit minimalem Betriebsaufwand und geringen Wärmegestehungskosten, da weder Brennstoffe noch aufwendige Verschleißteile zum Einsatz kommen.

Herausforderungen

Grenzen setzt jedoch die ausgeprägte Abhängigkeit von Wetter und Jahreszeit. Während Perioden mit schwacher Einstrahlung – vor allem im Winter – sinken die Erträge deutlich. Der größte Teil des jährlichen Ertrags wird außerhalb der Heizperiode bereitgestellt. Zur Erzielung solarer Deckungsgrade von deutlich >10% müssen deshalb groß dimensionierte saisonale Wärmespeicher vorgesehen werden. Aufgrund des hohen Flächenbedarfs in der Nähe der Wärmesenke (zur Minimierung von Leitungsverlusten und Anbindungskosten) kommt es oft zu Nutzungskonflikten mit Landwirtschaft, Naturschutz oder planerischen Vorgaben. Beim Einsatz der solaren Wärme in Bestandswärmenetzen, mit oftmals hohen VL-Temperaturen von 95 °C und mehr, ist außerdem zu beachten, dass die Effizienz der Kollektoren mit zunehmender Liefertemperatur abnimmt, worunter die Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebs leidet.

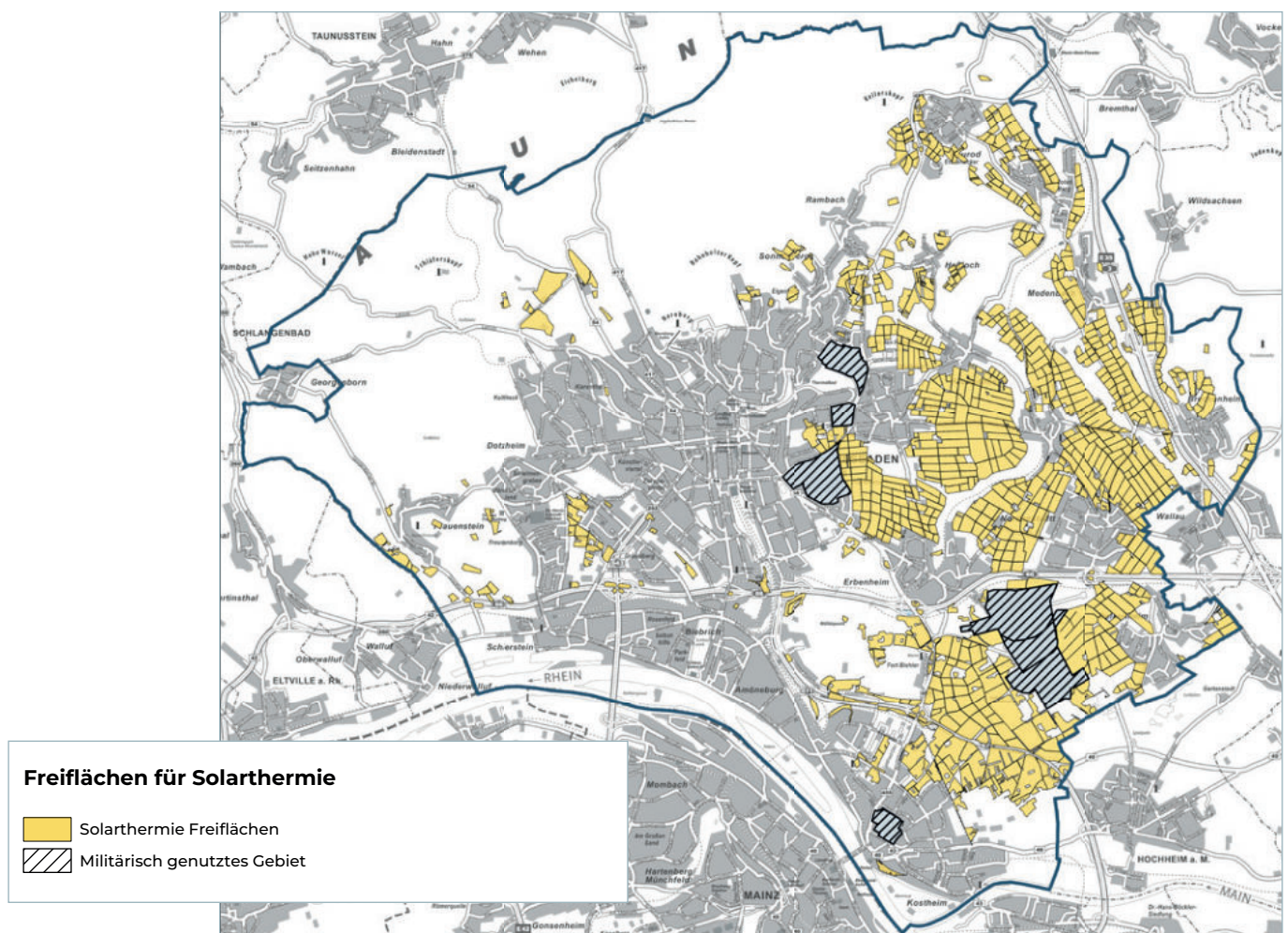


Abbildung 4-16: Freiflächen für Solarthermie

Grundlagen und Methodik

Für die Bestimmung des absoluten Potenzials aus Freiflächen-Solarthermie werden die identifizierten Freiflächen aus der Freiflächenanalyse verwendet. Für das spezifische Potenzial werden technische Kenndaten von Solarthermiekollektoren sowie Strahlungsdaten für die Stadt Wiesbaden verwendet.

Bei den Strahlungsdaten werden stündlich aufgelöste Daten von PVGIS verwendet. Es wird von einer optimal ausgerichteten Fläche ausgegangen (Südlich, ca. 37° Neigung). Technische Kenndaten für Solarthermiekollektoren beinhalten sogenannte Kollektorkennlinien, die je nach Strahlungsintensität, Außentemperatur sowie Netztemperaturen einen Wirkungsgrad ausgeben.

Dadurch wird eine stündliche Bewertung des Potenzials vorgenommen, welches anschließend für die Bestimmung der jährlichen Wärmemenge summiert wird.

Ergebnis

Die identifizierten Flächen aus der Freiflächenanalyse sind in Abbildung 4-16 dargestellt. Insgesamt liegen Flächen mit einer Gesamtfläche von 3.300 ha vor, die für Solarthermie genutzt werden können. Besonders interessant sind Flächen in direkter Nähe zum Wärmenetz. Berücksichtigt man nur Flächen mit einer Entfernung von maximal 500 Metern zum Wärmenetz, bleiben ca. 687 Hektar übrig.

Alle weiteren Randbedingungen sind in Tabelle 4-27 aufgelistet.

Tabelle 4-27: Randbedingungen für Solarthermie

Randbedingungen	Wert	Einheit
Potenzielle Freiflächen	3.300	ha
Potenzielle Freiflächen (<500m zu FW)	687	ha
Flächenbedarfsfaktor	2,5	$\frac{\text{m}^2_{\text{Freifläche}}}{\text{m}^2_{\text{Kollektorfläche}}}$
Korrekturfaktor*	0,85	-

* Die rein physikalische Berechnung des Ertrags überschätzt die potenzielle Wärmemenge. Durch die Berücksichtigung eines Korrekturfaktor in Höhe von 85% werden vergleichbare Werte zu Literaturdaten erreicht.

Tabelle 4-28: Ergebnis der Potenzialermittlung für Freiflächen-Solarthermie

Ergebnis		Wert	Einheit
Spezifischer Wärmeertrag	Mittelwert	581	$\text{kWh/m}^2_{\text{Kollektorfläche}}$
	Minimum (2013)	530	
	Maximum (2018)	658	
Wärmemenge (Mittelwert)		7.681	GWh/a
Wärmemenge (Mittelwert) (<500m zu FW)		1.598	GWh/a
Vollbenutzungsstunden		909	h/a

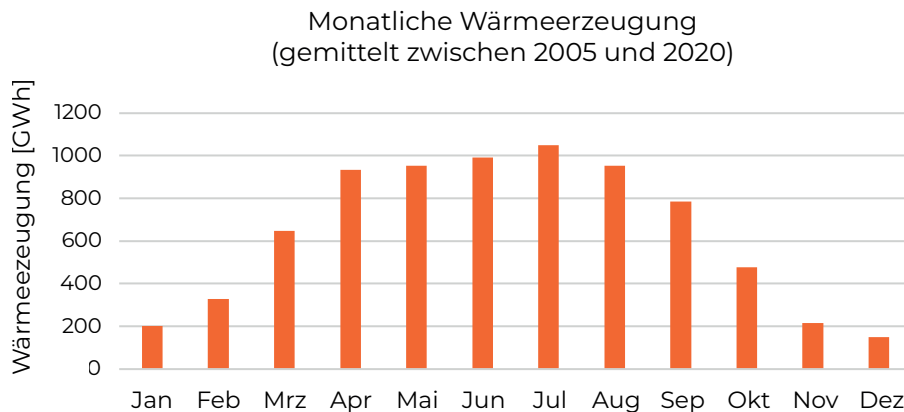


Abbildung 4-17: Ergebnis der Potenzialermittlung für Freiflächen-Solarthermie – monatlich aufgelöst

Ergebnis

Über das spezifische Potenzial (über Kollektorkennlinie & Strahlungsdaten) und den möglichen Freiflächen wird das absolute Potenzial bestimmt. Das Ergebnis ist in Tabelle 4-28 aufgelistet.

In Abbildung 4-17 ist die monatliche Wärmeerzeugung abgebildet, die sich einstellen würde, wenn auf allen Potenzialflächen Solarthermieanlagen installiert werden würden.

Da die monatliche Wärmeerzeugung entgegengesetzt zum anfallenden Heizwärmebedarf anfällt, kann die Nutzung eines Saisonspeichers sinnvoll sein. Dieser Saisonspeicher sollte sowohl bei der Standortsuche und bei der ökonomischen Bewertung berücksichtigt werden.

Einordnung

Bei geeigneten Rahmenbedingungen können durch den Einsatz solarthermischer Anlagen regenerative Wärmequellen erschlossen werden, die ohne zusätzliche Brennstoffe auskommen und somit einen wichtigen Beitrag zur Reduktion von Emissionen leisten. Solarthermie bietet insbesondere in den Sommermonaten ein hohes Potenzial zur Versorgung von Wärmenetzen oder zur Beladung von saisonalen Wärmespeichern.

Ob die Einbindung von Solarthermie in bestehende oder neue Wärmenetze sinnvoll ist, ist abhängig von den alternativen Optionen zur klimaneutralen Wärmeversorgung. Außerdem werden große Flächen für die Solarthermie benötigt. Vor allem in dicht besiedelten Gebieten, wo eine große Flächenkonkurrenz vorliegt, ist es fraglich, ob der Einsatz von Solarthermie sinnvoll oder möglich ist.

4.1.17 Dachflächen-Solarthermie

Solarthermische Dachanlagen nutzen Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren zur Umwandlung von solarer Strahlung in Nutzwärme zur Gebäudeheizung, Warmwasserbereitung oder Bereitstellung von Prozesswärme. Die Technologie kommt vor allem in kleineren Wohnanlagen (Ein- und Zweifamilienhäuser) sowie gewerblich genutzten Immobilien mit geeigneter Dachausrichtung und -neigung Anwendung.

Vorteile

Bei Solarthermie-Anlagen handelt es sich um eine ausgereifte überwiegend wartungsarme Technologie mit langjähriger Nutzungsdauer. Durch die direkte dezentrale Versorgung treten nur geringe Verluste durch Wärmeverteilung (Wärmeleitungsverluste) auf. Vorhandene Dachflächen können genutzt werden, ohne das zusätzliche Flächen versiegelt werden müssen. Eine Genehmigung für eine solarthermische Dachanlage ist in der Regel nicht nötig (Ausnahme Denkmalschutz).

Herausforderungen

Die Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung führt zu schwankenden, nicht planbaren Erträgen. Insbesondere während der Wintermonate und damit in der Heizperiode wird nur ein sehr geringer Wärmeertrag erzielt, sodass dezentrale Solarthermieanlagen in der Regel nur als ergänzendes Heizungssystem eingesetzt werden. Anders als bei stromproduzierenden Photovoltaikanlagen können erzielte Überschüsse nicht in ein öffentliches Netz eingespeist bzw. auch für andere Anwendungen als die Wärmeversorgung genutzt werden.

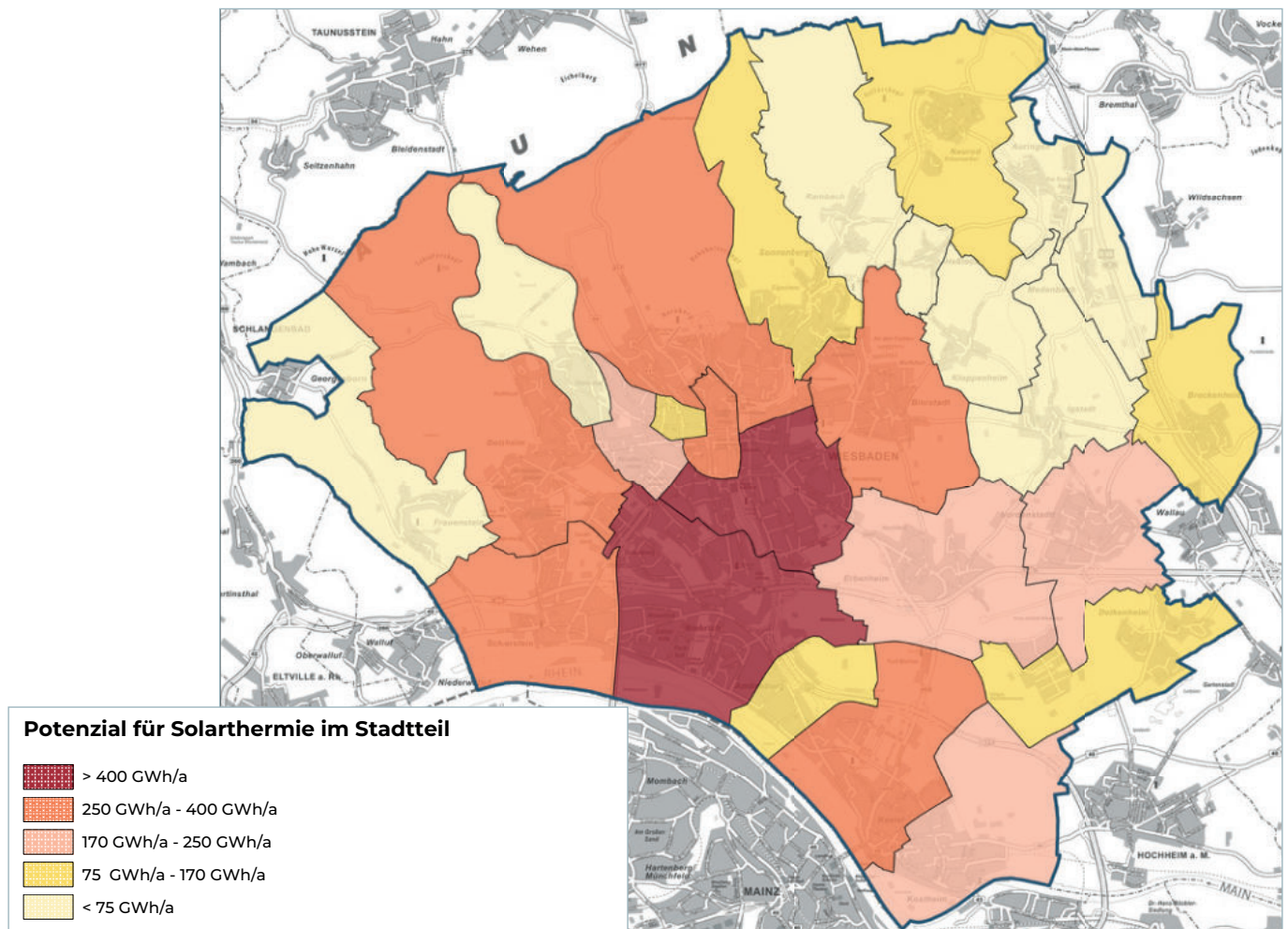


Abbildung 4-18: Kartografische Darstellung – Potenzials von Dachflächen-Solarthermie (aggregiert auf Stadtteile)

Grundlage & Methodik

Für die Bestimmung der möglichen Wärmebereitstellung durch Dachflächen-Solarthermie kann auf eine Vorstudie zurückgegriffen werden, die von der Firma IPSyscon im Rahmen des Energieentwicklungsplan Wiesbaden durchgeführt worden ist.

Grundlage ist ein Digitales Oberflächenmodell (DOM). Dabei wird das Dach jedes Gebäudes in die jeweiligen Ausrichtungen unterteilt. Für jede Ausrichtung wird anschließend ein Wärmeerzeugungspotenzial bestimmt.

Ergebnis

Die Ergebnisse liegen aus dem Energieentwicklungsplan gebäudespezifisch vor. Im Rahmen der KWP werden die Ergebnisse aggregiert und pro Stadtteil ausgewiesen. Das Ergebnis ist in Abbildung 4-18 kartografisch dargestellt.

Insgesamt ergibt sich für Wiesbaden ein Potenzial von ca. 4.995 GWh/a.

Einordnung

Dachflächen-Solarthermie bietet ein kostengünstiges Potenzial zur dezentralen Wärmeversorgung. Da der größte Teil der Wärme im Sommer bereitgestellt wird, kann Dachflächen-Solarthermie in der Regel nur in Kombination mit einem anderen Wärmeerzeuger eingesetzt werden. Ob der Einsatz von Dachflächen-Solarthermie für ein bestimmtes Gebäude sinnvoll ist, muss im Einzelfall geprüft werden. Ein hybrides Heizungssystem bestehend aus Dachflächen-Solarthermie und einer fossilen Heizung keinen Anteil von erneuerbarer Energien von 65% erreichen. Dieser Wert gilt gemäß dem GEG für neu eingebaute Heizungen in Wiesbaden ab dem 30. Juni 2026. Solarthermie kann aber zur Ergänzung anderer erneuerbarer Heizungsarten eingesetzt werden.

4.1.18 Wasserstoff

Grüner Wasserstoff wird durch die Elektrolyse von Wasser unter dem Einsatz erneuerbaren Stroms und somit treibhausgasneutral hergestellt. Über das geplante Wasserstoff-Kernnetz soll Wasserstoff zukünftig, ähnlich wie Erdgas heute, über Fernleitungen wichtige Industriestandorte in Deutschland (bzw. auch in europäischen Nachbarländern) miteinander verbinden. Wo ein Anschluss an das Kernnetz möglich ist, ist auch der Einsatz in der Wärmeversorgung grundsätzlich denkbar. In industriellen Hochtemperaturprozessen, die elektrisch schwer zu realisieren sind, stellt der Einsatz von Wasserstoff mittelfristig oft die einzige klimaneutrale Alternative dar.

Vorteile

Als gasförmiger chemischer Energieträger lässt Wasserstoff sich in Druckspeichern oder Kavernen über Monate einlagern und bei Bedarf für die Wärme- oder Stromerzeugung abrufen. Solche Langzeitspeicher decken vor allem jahreszeitliche Versorgungslücken ab und können Stromnetze in wind- und sonnenschwachen Perioden entlasten. Darüber hinaus kann Überschussstrom aus Wind- und Solaranlagen im Rahmen der Elektrolyse ge-

nutzt werden. Im Wärmesektor kann Wasserstoff in Gaskesseln, Blockheizkraftwerken oder Brennstoffzellen eingesetzt werden. Für Bestandsquartiere mit vorhandener Gasinfrastruktur eröffnet der Einsatz von Wasserstoff die Möglichkeit einer stufenweisen Dekarbonisierung, da sich Rohrnetze sowie Wärmeerzeuger für einen Betrieb mit Wasserstoff umrüsten lassen.

Herausforderungen

Der Einsatz von Wasserstoff geht mit einem geringen Gesamtwirkungsgrad einher. Von der Stromerzeugung über Elektrolyse, Kompression, Transport und Verbrennung treten erhebliche kumulative Übertragungs- und Umwandlungsverluste auf. Ferner müssen sehr hohe Anfangsinvestitionen für Elektrolyseure, Verteilnetz und Speichereinrichtungen getätigt werden. Der flächendeckende Einsatz von Wasserstoff setzt zudem umfassende Anpassungen an vorhandener Verteil-Infrastruktur und den Wasserstoff-Verbrauchern (Wärmeerzeuger) voraus. Grüner Wasserstoff ist derzeit nur in kleinen Mengen verfügbar. Der Einsatz des grünen Wasserstoffes in der Energiebranche wird auch zukünftig mit dem Einsatz in den Bereichen Industrie und Verkehr um verfügbare Mengen konkurrieren.

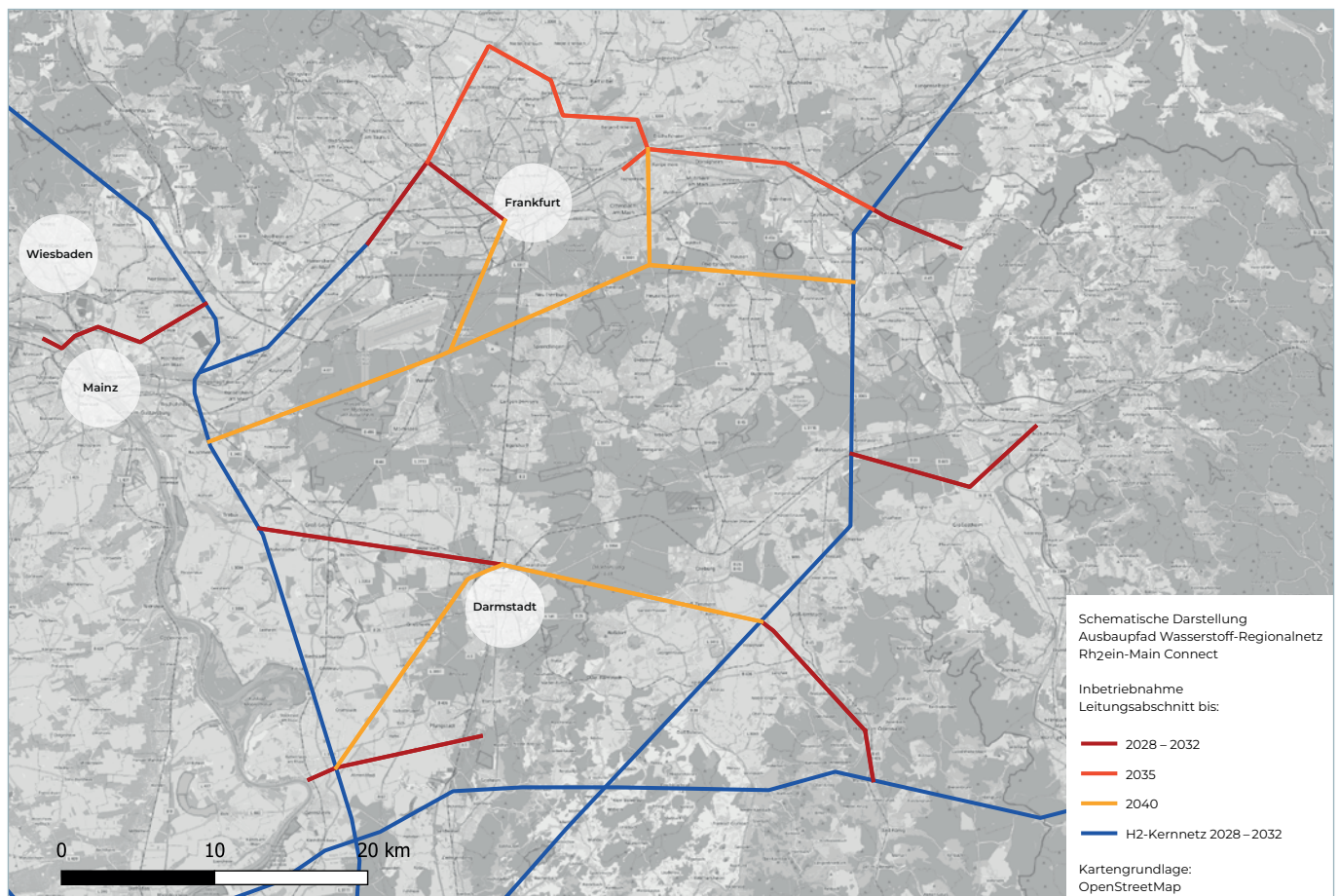


Abbildung 4-19: Geplantes Wasserstoffnetz – Darstellung übernommen von Rh2ein-Main Connect

Grundlagen und Methodik

Auf Grundlage des aktuellen Planungsstandes zum Wasserstoff-Kernnetz der Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas (FNB) wird die Wahrscheinlichkeit eines möglichen Anschlusses der Stadt Wiesbaden an das Wasserstoffnetz und damit die potenzielle Verfügbarkeit des Brennstoffes bewertet.

Ergebnis

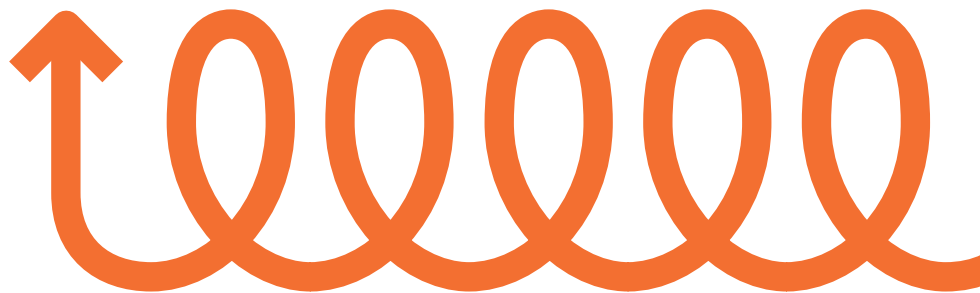
In Abbildung 4-19 ist das Wasserstoff-Kernnetz sowie der Ausbaupfad des Wasserstoff-Regionalnetzes Rh2ein-Main-Connect abgebildet. Das Wasserstoff-Kernnetz (in blau) verläuft direkt durch das Stadtgebiet in Wiesbaden, allerdings nur durch die Randbezirke

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie für ein Wasserstoff-Regionalnetz (Rh2ein-Main Connect), durchgeführt in Kooperation mit dem lokalen Energieversorger ESWE, wurde ein Konzept für ein Wasserstoffverteilnetz in der Metropolregion Frankfurt Rhein-Main entwickelt. Für Wiesbaden ist vorgesehen, sowohl die Innenstadt als auch das Industriegebiet nahe des Rheins an dieses Netz anzuschließen. Die Inbetriebnahme ist für das Jahr 2034 geplant.

Verfügbarer Wasserstoff sollte prioritär in industriellen Anwendungen eingesetzt werden, bei denen entweder hohe Vorlauftemperaturen erforderlich sind oder der Einsatz von Wasserstoff aus prozessbedingten Gründen notwendig ist. Darüber hinaus kann die Nutzung von Wasserstoff zur Abdeckung von Lastspitzen im Fernwärmenetz eine sinnvolle Ergänzung darstellen.

Einordnung

Wasserstoff gilt als Schlüsselkomponente zur Erreichung eines vollständig treibhausgasneutralen Energie- und Wirtschaftssystems. Voraussetzung für eine tatsächliche Treibhausgasneutralität ist dabei ein ausreichend großes Angebot an grünem Wasserstoff und damit an ausreichend erneuerbarem Strom, der für die treibhausgasneutrale Herstellung von grünem Wasserstoff in Elektrolyseuren benötigt wird. Da zumindest kurz- und mittelfristig mit einem begrenzten Angebot an grünem Wasserstoff zu rechnen ist, wird es voraussichtlich eine große Konkurrenzsituation um die verfügbaren Wasserstoffmengen geben. Während einige energieintensive Industrieprozesse zur vollständigen Dekarbonisierung nach heutigem Stand auf den Einsatz grünen Wasserstoffs angewiesen sein werden, stehen im Wärmebereich verschiedene treibhausgasneutrale und kosteneffiziente Alternativen zur Verfügung. Im Wärmebereich ist kurz- und mittelfristig somit eher mit einer untergeordneten Bedeutung von Wasserstoff zu rechnen. Lokal kann er jedoch insbesondere dann relevant werden, wenn alternative Lösungen nicht zur Verfügung stehen.



4.1.19 Exkurs Wärmespeicher

Wärmespeicher ermöglichen die zeitliche Entkopplung von Wärmeerzeugung und -verbrauch. Sie nehmen überschüssige Wärme auf, wenn sie gerade nicht benötigt wird, und stellen sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder zur Verfügung, wenn der Bedarf steigt. Dadurch können Schwankungen im Wärmebedarf oder der Wärmeerzeugung ausgeglichen und erneuerbare Wärmequellen effizienter und wirtschaftlicher genutzt werden.

Bei Wärmespeichern wird zwischen Kurzzeitspeichern und Langzeitspeichern unterschieden. Kurzzeitspeicher sind platzsparender, haben weniger Kapazität und werden idealerweise nahe bestehender Energieerzeugungsanlagen installiert. Langzeitspeicher wie Erdbeckenwärmespeicher hingegen benötigen deutlich mehr Fläche, können aber die saisonale Speicherung von Wärme ermöglichen. Dies ist oft sinnvoll, wenn im Sommer ein Überangebot von günstiger Wärme wie Abwärme vor-

liegt, das nicht direkt genutzt werden kann, aber im Winter benötigt wird.

Für die Auswahl geeigneter Standorte für saisonale Wärmespeicher bietet sich die Freiflächenanalyse für Solarthermie an, wobei insbesondere die Entfernung zum Wärmenetz berücksichtigt werden sollte. Dies ist in Abbildung 4-20 kartografisch dargestellt.

Thermische Speicher liefern zwar selbst keine zusätzliche Energie, sind aber entscheidend, um schwankende Energiepotenziale bedarfsgerecht zu nutzen. Sie werden mit hoher Wahrscheinlichkeit für eine effiziente Wärmeversorgung benötigt; eine ausführlichere Bewertung sollte im Transformationsplan der Wärmenetzbetreiber erfolgen.

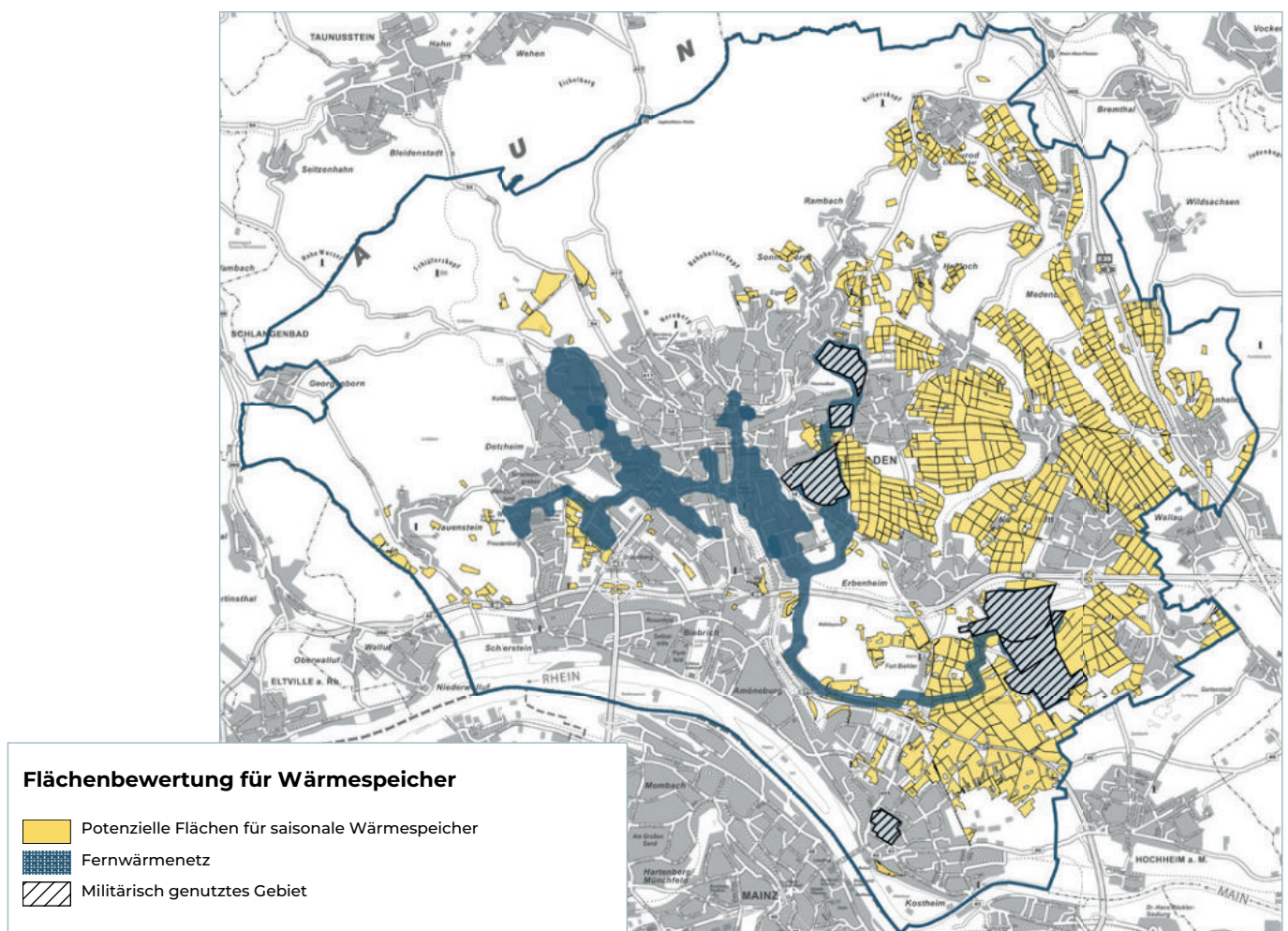


Abbildung 4-20: Potenzielle Flächen für saisonale Wärmespeicher

4.1.20 Exkurs: Stromnetz

Zur Nutzung der Umweltwärme- bzw. Niedertemperaturquellen ist häufig der Einsatz von Wärmepumpen notwendig. Neben den zentralen Wärmepumpen, die in Wärmenetze einspeisen, wird auch der Einsatz von dezentralen Wärmepumpen in den nächsten Jahren zunehmen.

Für die Elektrifizierung der Wärmeerzeugung ist daher ein Ausbau des Stromnetzes erforderlich, um dem wachsenden Strombedarf gerecht zu werden. Im Raum Wiesbaden wird voraussichtlich ab 2033 der Rhein-Main-Link mit einer Gesamtkapazität von 8 GW in Betrieb genommen. Zudem sind Maßnahmen zur Erhöhung der Netzkapazität sowie zur Verstärkung bestehender Leitungen geplant.

Weitere Maßnahmen werden auf Verteilnetzebene notwendig, um die zukünftig geforderte elektrische Leistung bis zum Endverbraucher transportieren zu können.

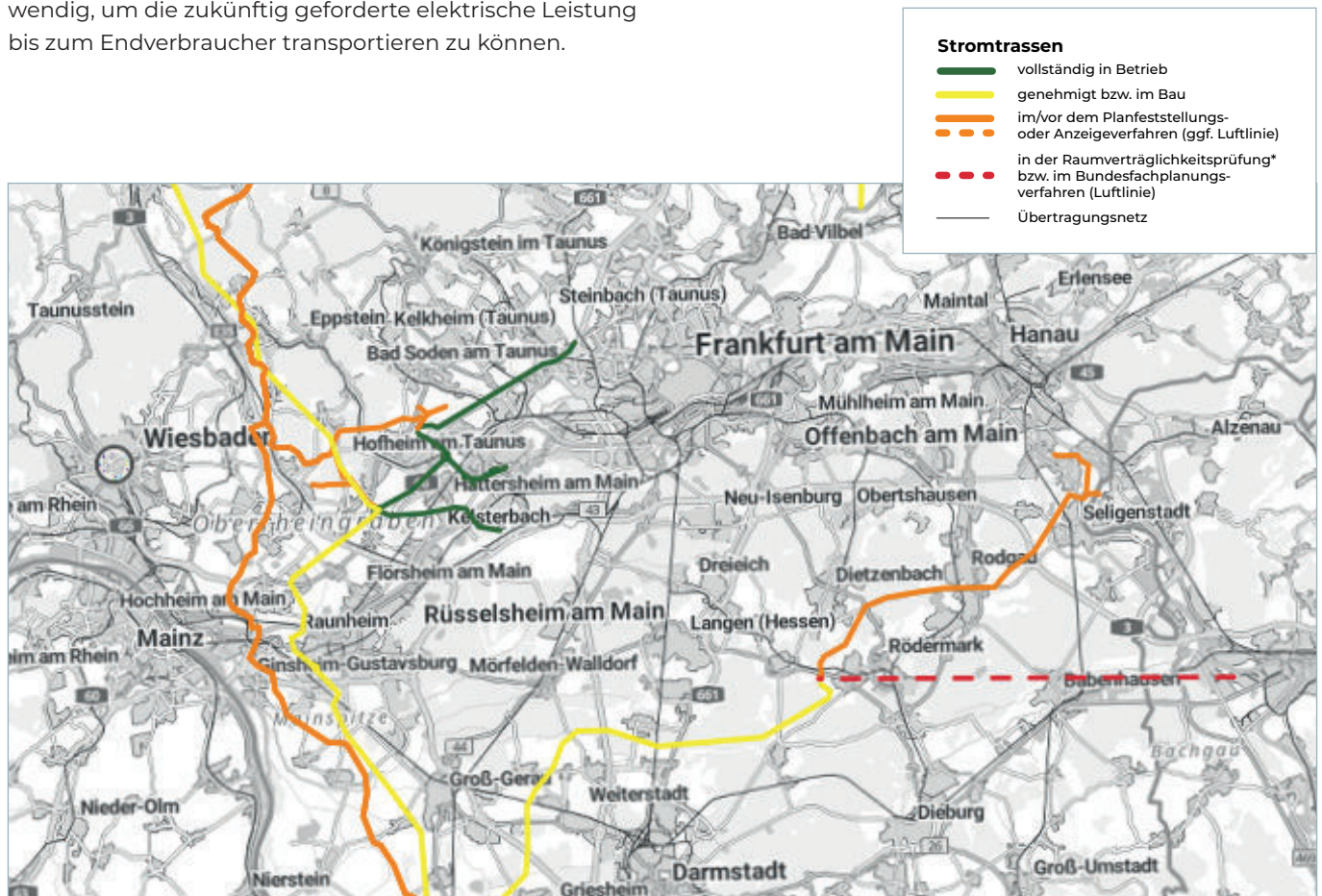


Abbildung 4-21: Geplanter Netzausbau im Übertragungsnetz*

* Darstellung: Bundesnetzagentur | Kartengrundlage: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie | Leitungen: 50Hertz Transmission GmbH, Ampiron GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH

4.2. Entwicklung des künftigen Wärmebedarfs

Die Senkung des Wärmebedarfs stellt eine zentrale Säule auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung dar. Durch Effizienzsteigerungen im Gebäudebestand und bei der Wärmebereitstellung können erhebliche Einsparpotenziale realisiert werden. Im folgenden Kapitel wird eine mögliche Entwicklung des Wärmebedarfs der Stadt Wiesbaden beschrieben. Grundlage bilden Annahmen zur zukünftigen Sanierungsrate und -tiefe, zur Entwicklung der Gradtagszahlen infolge des Klimawandels sowie zu möglichen Neubauaktivitäten.

Ziel ist es, eine möglichst realistische Prognose des Wärmebedarfs im Zieljahr 2045 abzuleiten und die wesentlichen Einflussfaktoren transparent darzustellen. Die Analyse erfolgt auf Basis verschiedener Szenarien, die unterschiedliche Entwicklungen im Gebäudebestand und beim energetischen Sanierungsfortschritt abbilden. Diese Szenarien dienen nicht als exakte Prognosen, sondern als Orientierung für mögliche Entwicklungen unter definierten Rahmenbedingungen. Sie ermöglichen eine Einschätzung, in welchem Umfang durch Sanierungsmaßnahmen, Effizienzsteigerungen und klimatische Veränderungen eine Reduktion des zukünftigen Wärmebedarfs erwartbar ist.

4.2.1 Methodik

Die Wärmebedarfe (Nutzenergiebedarfe) werden auf Basis der konsolidierten Bedarfs- und Verbrauchsdaten aus der Bestandsanalyse und ausgehend vom Basisjahr 2021 bis zum Zieljahr 2045 fortgeschrieben.

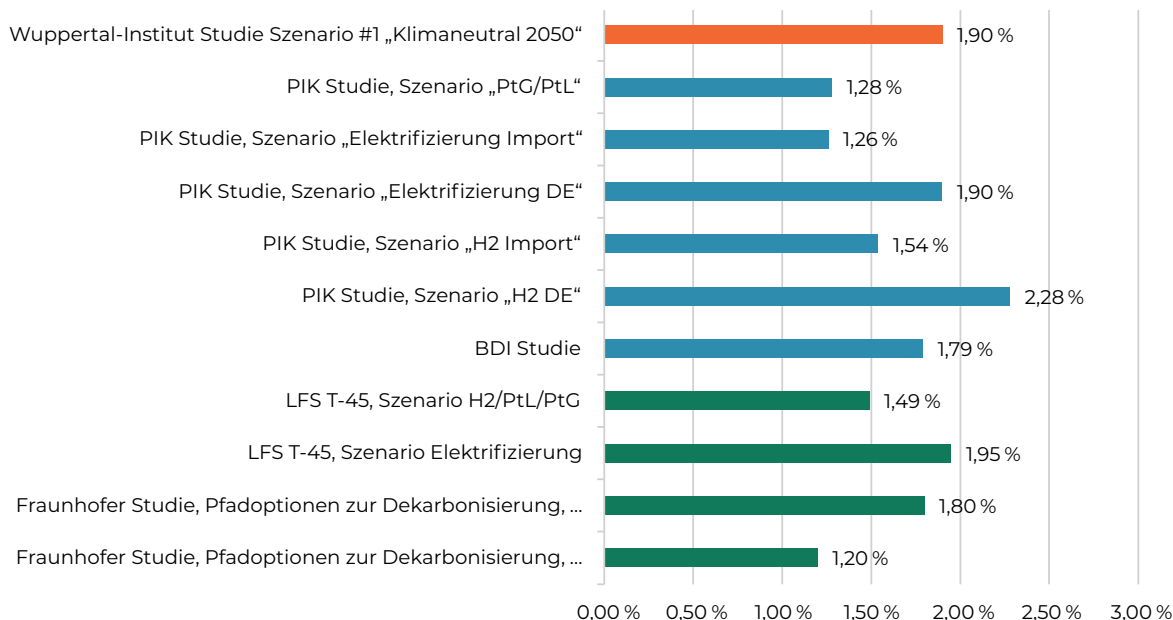
Für die Wärmebedarfsentwicklung wurde auf den zuvor erstellten Energieentwicklungsplan zurückgegriffen. Im Folgenden wird die dabei verwendete Methodik sowie die getroffenen Annahmen vorgestellt.

4.2.1.1 Energetische Gebäudesanierung

Die energetische Gebäudesanierung wird in der Regel über zwei Parameter modelliert: zum einen die Sanierungsrate und zum anderen die Sanierungstiefe.

Die Sanierungsrate bezieht sich auf den Anteil der Gebäude innerhalb eines bestimmten Zeitraums, der energetisch saniert wird. Sie wird üblicherweise als Prozentsatz angegeben und gibt an, wie schnell der Gebäudebestand modernisiert wird. Eine höhere Sanierungsrate bedeutet, dass eine größere Anzahl von Gebäuden in einem kürzeren Zeitraum renoviert wird, was zu schnelleren und umfassenderen Energieeinsparungen führt.

Es wurden einschlägige Studien zu durchschnittlichen Sanierungsraten bis 2045 ausgewertet [18]-[22]. Die an-



Orange: keine Analyse, sondern Prognose bzw. politische Zielsetzung

Blau: Änderung der Sanierungsrate in 5-Jahres-Schritten

Grün: Konstante jährliche Sanierungsrate im Zeitraum bis 2045

Abbildung 4-22: Durchschnittliche Sanierungsraten bis 2045 – Auswertung von Studien

genommenen bzw. berechneten Sanierungsraten sind in Abbildung 4-22 aufgeführt.

Die Sanierungstiefe beschreibt das Ausmaß der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen an einem einzelnen Gebäude. Sie reicht von einfachen Maßnahmen wie der Erneuerung von Fenstern bis hin zu umfassenden Renovierungen, die sämtliche Aspekte der Gebäudehülle (u.a. Dach, Außenwände, Geschossdecken) und der Heizungs- sowie Lüftungssysteme umfassen. Eine tiefere Sanierung erzielt in der Regel größere Energieeinsparungen, da sie die gesamte Energieeffizienz des Gebäudes signifikant verbessert. Eine Kombination aus hoher Sanierungsrate und tiefen Sanierungen führt daher zu einer hohen Gesamtwärmebedarfsreduktionen.

Die Sanierungstiefe wird in der einschlägigen Literatur und Studien unterschiedlich aufgegriffen [18]-[22]. In vielen Studien wird die Sanierungstiefe als absoluter spezifischer Endenergieverbrauch von Gebäuden definiert, zum Beispiel anhand von Effizienzhaus-Stufen der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Dieser Ansatz birgt jedoch zwei wesentliche Probleme: Zum einen scheint es unrealistisch, dass der zukünftige spezifische Endenergieverbrauch eines Gebäudes unabhängig vom spezifischen Endenergieverbrauch vor der Sanierung betrachtet wird. Zum anderen werden in diesen Studien oft nur Komplett-

sanierungen betrachtet, während Teilsanierungen unberücksichtigt bleiben.

Alternativ kann die Sanierungstiefe relativ zum Zustand des Gebäudes vor der Sanierung festgelegt werden. Somit können bei der Fortschreibung des Wärmebedarfs auch kleinere Sanierungen modelliert werden.

Der Ist-Zustand von Sanierungsrate und Sanierungstiefe für die Stadt Wiesbaden wurde auf Basis der vorliegenden Verbrauchsdaten definiert. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

Die Verbrauchsdaten der letzten Jahre wurden analysiert. Wenn festgestellt wurde, dass sich der Wärmeverbrauch signifikant reduziert hat, dann wird angenommen, dass eine Sanierung stattgefunden hat. Der Anteil des Gebäudebestand, bei dem eine Sanierung stattgefunden hat, ist die Sanierungsrate. Die mittlere Reduktion des Wärmeverbrauchs aller sanierten Gebäude ist die Sanierungstiefe. Diese Untersuchung wurde einzeln für die Gebäudetypen Wohnen, Mischnutzung, Öffentlich und GHD durchgeführt, d.h. nach der Auswertung liegen Informationen zum Status Quo der mittleren Sanierungstätigkeiten für vier Gebäudetypen vor.

Basierend auf dieser Untersuchung liegt die durchschnittliche Sanierungstiefe bei etwa 36%.

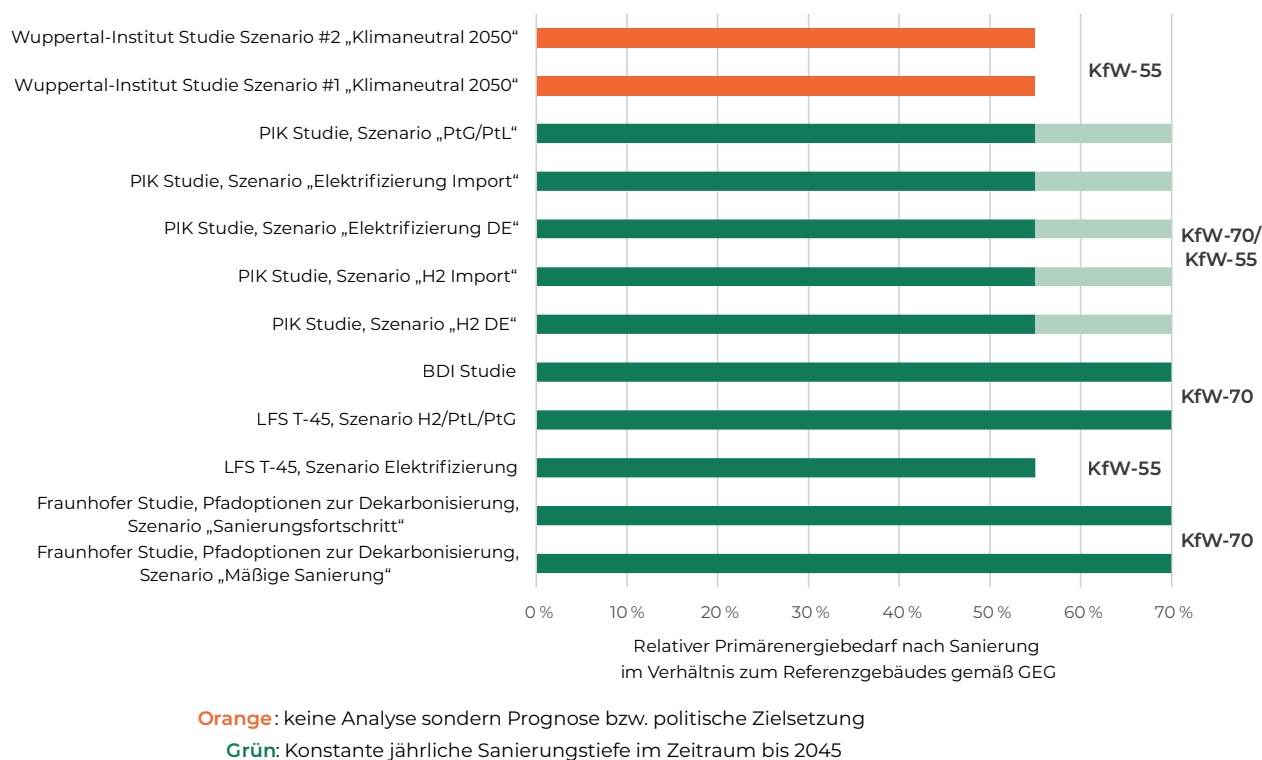


Abbildung 4-23: Sanierungstiefen – Auswertung von Studien

Aufbauend auf den Daten aus dem EEP werden für die KWP drei verschiedene Szenarien entwickelt. Beim Szenario 1 wird von einer Weiterentwicklung des Status-Quo ausgegangen. Das beinhaltet nur eine leichte Steigerung bzw. Stagnation der Sanierungsrate (je nach Gebäudetyp) und eine konstante Sanierungstiefe bis 2045. Szenario 2 ist ein sehr ambitioniertes Szenario. Bei diesem Szenario wird angenommen, dass Sanierungsraten und -tiefen stark ansteigen. Dadurch wird eine starke Wärmebedarfsreduktion erreicht.

Szenario 3 ist ein ambitioniertes Szenario, das einen Mittelweg zwischen Szenario 1 und Szenario 2 darstellt.

Die konkret angesetzten Entwicklungen von Sanierungsrate und -tiefe sind in den Abbildungen 4-24 bis 4-27 zu sehen zu sehen.

Die Parameter Sanierungsrate und -tiefe beschreiben in Summe die Sanierungstätigkeit. Generell sind für die Modellierung der Sanierung zwei Vorgehensweisen möglich.

In Variante 1 wird aus Sanierungsrate und -tiefe eine übergeordnete Sanierungsquote berechnet und alle Gebäude erfahren einen gleichmäßigen Rückgang des Wärmebe-

darfs von beispielsweise 0,5% pro Jahr (flächendeckenden Anwendung der Sanierungsparameter auf den gesamten Gebäudebestand).

In Variante 2 werden anhand von Faktoren (vgl. Abbildung 4-28) konkret Gebäude ausgewählt (die Anzahl der Gebäude ergibt sich durch die Sanierungsrate), die dann einen Rückgang des Wärmebedarfs entsprechend der Sanierungstiefe erfahren (konkrete Anwendung der Sanierungsparameter auf alle Gebäude).

Die Variante 2, in der konkrete Gebäude zu einem gewissen Zeitpunkt saniert werden, birgt die Gefahr, dass eine gewisse Scheingenauigkeit in der Modellierung suggeriert wird. In der Realität kann nicht prognostiziert werden, wann welche Gebäude in welcher Tiefe saniert werden. Die Ergebnisse lassen jedoch Rückschlüsse darauf zu, welche Gebäude sich eher für eine Sanierung eignen und wo somit auch am kosteneffizientesten saniert werden könnte. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Anwendung von Variante 2 genauere und vor allem differenziertere Ergebnisse liefert.

Beide Prognosen müssen als Näherungsvarianten der tatsächlichen Entwicklung betrachtet werden, die keine

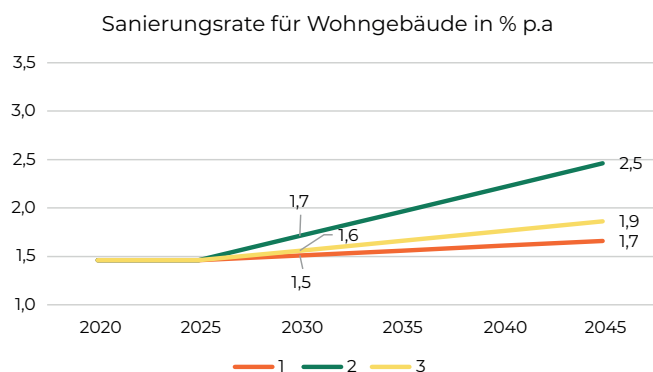


Abbildung 4-24: Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe für Wohngebäude für die Szenarien 1,2 und 3

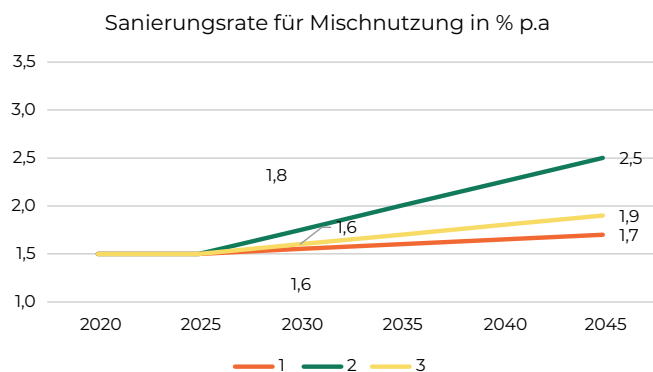
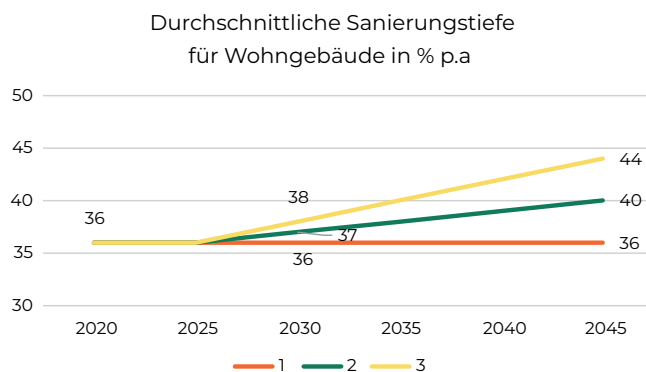
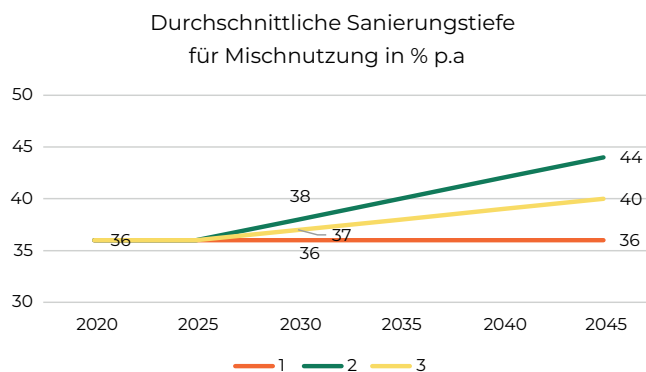


Abbildung 4-25: Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe für Mischnutzung für die Szenarien 1,2 und 3.

Die Sanierungsraten für GHD sind in den Szenarien 2 und 3 identisch



Rückschlüsse auf Einzelgebäude zulassen. Die Ergebnisse sollten daher auf ausreichend hoher Aggregationsebene interpretiert werden.

Die Methodik der Sanierung wurde auf Einzelobjektebene – also flurstückscharf gemäß oben beschriebener Variante 2 durchgeführt. Die Parameter Sanierungspotenzial sowie Denkmalschutz haben Einfluss auf die Reihenfolge der Sanierung der Flurstücke. Es wird davon ausgegangen, dass Gebäude mit einem hohen Sanierungspotenzial tendenziell zuerst saniert werden, da die ersten relativen Einsparungen noch kosteneffizient durchgeführt werden können. Je höher der Sanierungsstand eines Gebäudes, desto teurer werden die Maßnahmen im Verhältnis zur erreichten Einsparung. Das Sanierungspotenzial wird als relative Einsparung bis zur maximal möglichen Sanierungstiefe (Vollsanierung) definiert. Es wird davon ausgegangen, dass Gebäude unter Denkmalschutz nur eine Teilsanierung erfahren können und somit ein geringeres Sanierungspotenzial aufweisen.

Zusätzlich wird ein Zufallsfaktor eingesetzt, der die Reihenfolge der Sanierungen leicht beeinflusst.

Der Zufallsfaktor liegt zwischen 0,8 und 1,2 und wird den

einzelnen Objekten zufällig zugewiesen. Ein zugewiesener Wert von 0,8 ist gleichbedeutend mit einem um 20 % geringeren Sanierungspotenzial, ein zugewiesener Wert von 1,2 mit einem um 20 % höherem Sanierungspotenzial. Durch den Eingriff verändert sich die Sanierungsreihenfolge, die sich ursprünglich rein an dem Sanierungspotenzial orientiert hat.

Der Zufallsfaktor hat nur einen geringen Einfluss, sorgt aber dafür, dass eine gewisse Streuung in der Reihenfolge eintritt. Da teilweise mit modellierten Werten gearbeitet wird, würden ohne Anwendung des Zufallsfaktors sonst bspw. alle Gebäude einer Baualtersklasse auf einmal saniert werden. Diese unrealistische Gleichzeitigkeit wird durch den Zufallsfaktor verhindert. Abbildung 4-28 und Abbildung 4-29 zeigen zusammenfassend die Methodik zur Anwendung der Sanierungsparameter.

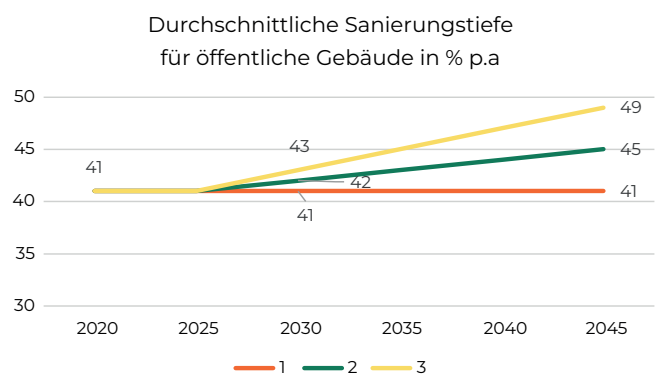
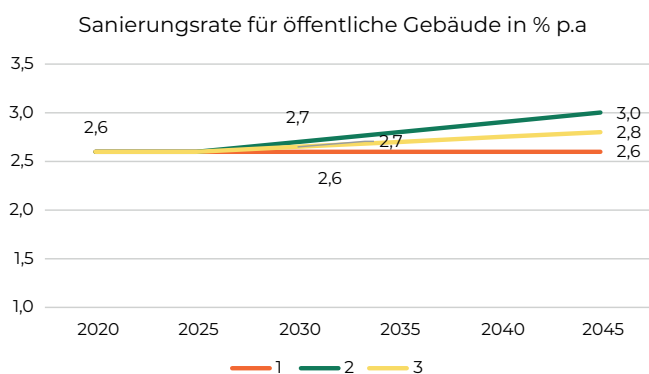


Abbildung 4-26: Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe für öffentliche Gebäude für die Szenarien 1,2 und 3

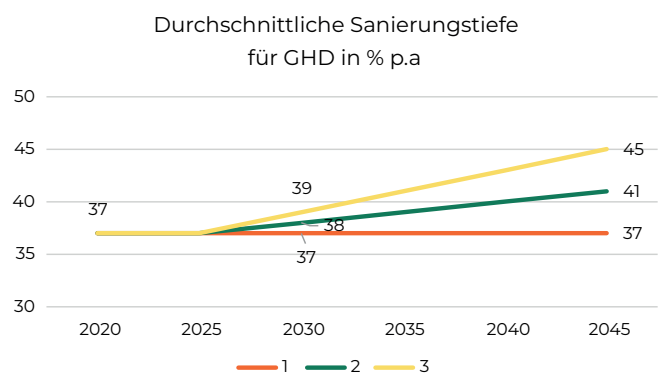
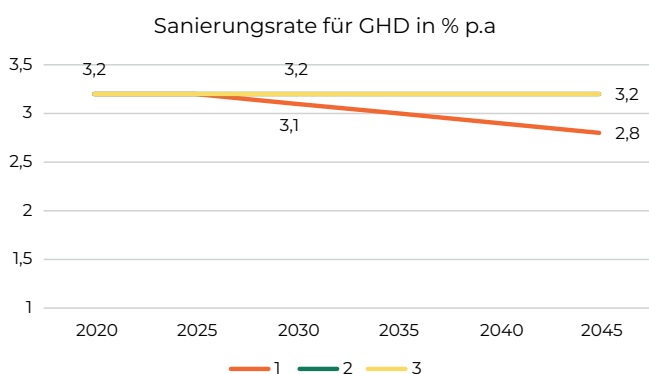


Abbildung 4-27: Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe für GHD für die Szenarien 1,2 und 3

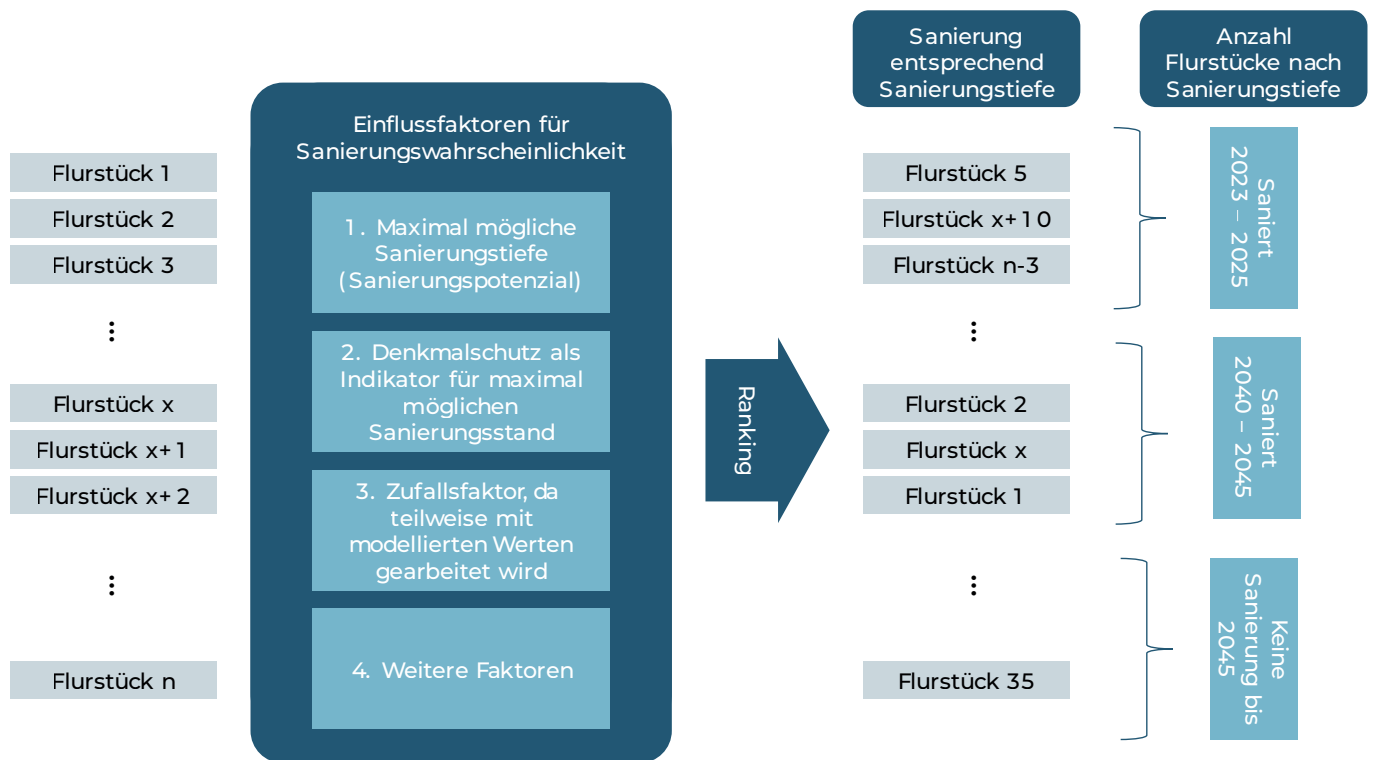


Abbildung 4-28: Sanierungsreihenfolge der Einzelobjekte (Flurstücke)

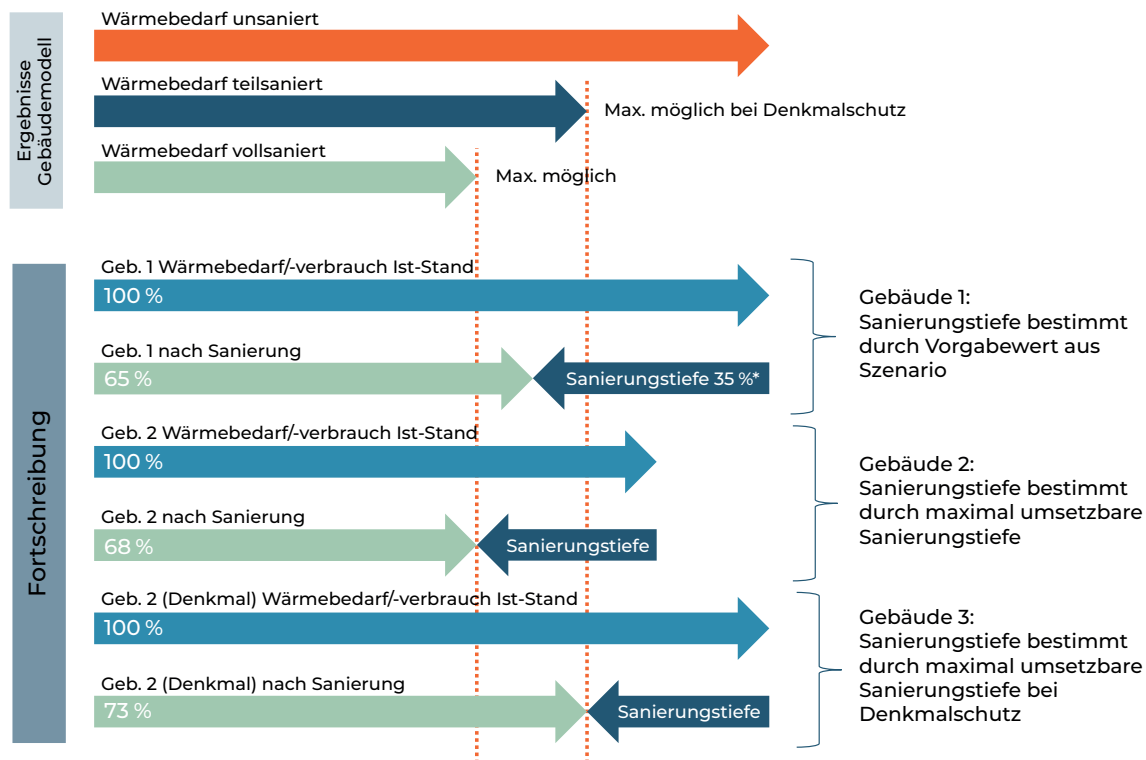


Abbildung 4-29: Anwendung der Sanierungstiefe und Limit bei Voll- und Teilsanierung

Das Sanierungspotenzial berechnet sich aus:

$$\text{Sanierungspotenzial} = \frac{\text{Wärmebedarf-Wärmebedarf bei max.möglicher Sanierung}}{\text{Wärmebedarf}}$$

Damit ergibt sich folgendes Sanierungsranking:

$$\text{Sanierungsranking} = \text{Sanierungspotenzial} \times \text{Zufallsfaktor}$$

Je höher das Sanierungsranking, desto früher wird das Objekt in der Modellierung saniert.

Neben der Reduktion des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand beeinflussen auch klimatische Veränderungen die zukünftige Entwicklung des Wärmebedarfs. Das methodische Vorgehen zur Berücksichtigung dieser Klimaeffekte wird im Folgenden erläutert.

4.2.1.2 Klimaeffekte

Die Klimaerwärmung führt zu einem Anstieg der durchschnittlichen Temperaturen. Dies resultiert in einer Abnahme der sogenannten Gradtagszahlen (GTZ).

Die GTZ beschreibt die Differenz zwischen einer festgelegten Raumtemperatur (z. B. 20 °C) und der tatsächlichen Außentemperatur an einem Heiztag – sie ist somit ein Maß für den Heizenergiebedarf über eine bestimmte Zeitperiode.

Mit steigenden Temperaturen verkürzt sich die Heizperiode und der Heizbedarf sinkt. Langfristig führt dies zu einem rückläufigen Wärmebedarf von Gebäuden, während der Warmwasserbedarf weitgehend unverändert bleibt.

Für die Berücksichtigung der Klimaerwärmung in der Wärmebedarfsprognose bestehen mehrere Möglichkeiten. Eine Möglichkeit ist eine Extrapolation der bisherigen Entwicklung der Gradtagszahl. Alternativ kann eine Anpassung der Entwicklung gemäß dem 1,5 Grad Ziel bzw. 2,0 Grad Ziel vorgenommen werden.

Folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der GTZ für alle drei Varianten. Im Rahmen der KWP wird entschieden, eine Entwicklung gemäß dem 1,5 Grad Ziel anzusetzen.

Die Entwicklung der Gradtagszahl wirkt sich relativ auf die Abnahme des modellierten Wärmebedarfs in den Szenarien aus. Eine Abnahme der Gradtagszahl um 2,5% sorgt demnach um eine Abnahme des Wärmebedarfs um 2,5%.

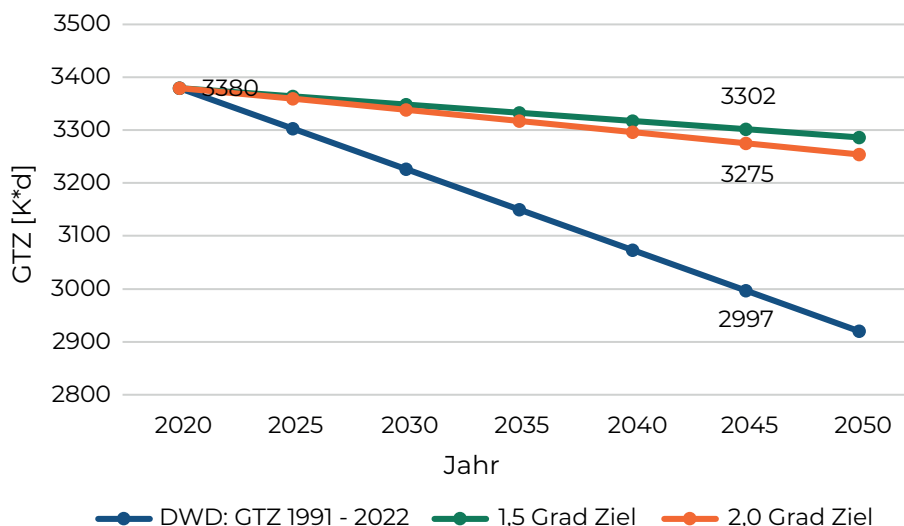


Abbildung 4-30: Entwicklung der GTZ bei linearer Fortschreibung der bisherigen Entwicklung sowie dem 1,5°- bzw. 2,0°-Ziel

4.2.1.3 Neubauten

Neubauten erhöhen gegenläufig zu den Sanierungs- und Klimaeffekte den Wärmebedarf in einer Wärmebedarfsprognose. Für die Berücksichtigung des Wärmebedarfs künftiger Neubauten werden die Neubau-, bzw. Konversionsgebiete berücksichtigt und in den zugehörigen Flurstücken in das Gebäudemodell integriert.

Liegen keine spezifischen Werte für den Wärmebedarf der neuen Baugebiete vor, erfolgt eine Abschätzung auf Grundlage der geplanten Wohn- bzw. Nutzfläche oder anhand der vorgesehenen Anzahl an Wohneinheiten. Die in den Wärmebedarfsszenarien berücksichtigten Neubau- und Konversionsgebiete sind in Tabelle 4-29 aufgeführt.

Tabelle 4-29: Berücksichtigte Neubaugebiete

Neubaugebiet	Anzahl Wohneinheiten	Zeitraum
Kärtner Viertel	400	Baubeginn 2021
Lange Seegewann	304	Fertigstellung bis 2025
Wohngebiet Bierstadt-Nord	420	Erschließungsarbeiten
LindeQuartier	172	- 2023

4.2.2 Ergebnisse

Alle drei Szenarien zeigen ähnliche Effekte. Exemplarisch wird hier Szenario 1 genauer diskutiert. Der Einfluss der Sanierung ist in Abbildung 4-31 zu sehen. Aufgrund der Sanierungstätigkeiten verbessert sich der durchschnittliche Sanierungszustand der Gebäude deutlich.

Aus den Analysen geht hervor, dass vor allem Gebäude der älteren Baualtersklasse saniert werden, da hier ein hohes Sanierungspotenzial vorhanden ist (vgl. Abbildung 4-35). Gebäude, die bereits nach hohen Energieeffizienzanforderungen gebaut wurden, werden hingegen kaum zusätzlich saniert (vgl. Abbildung 4-33).

Durch die Modellierung der Sanierungstätigkeit und -tiefe nimmt der Wärmebedarf in Szenario 1 bis zum Zieljahr 2045 um 15 % ab. Im Szenario 2 beträgt die Abnahme 23 % und im Szenario 3 18 %.

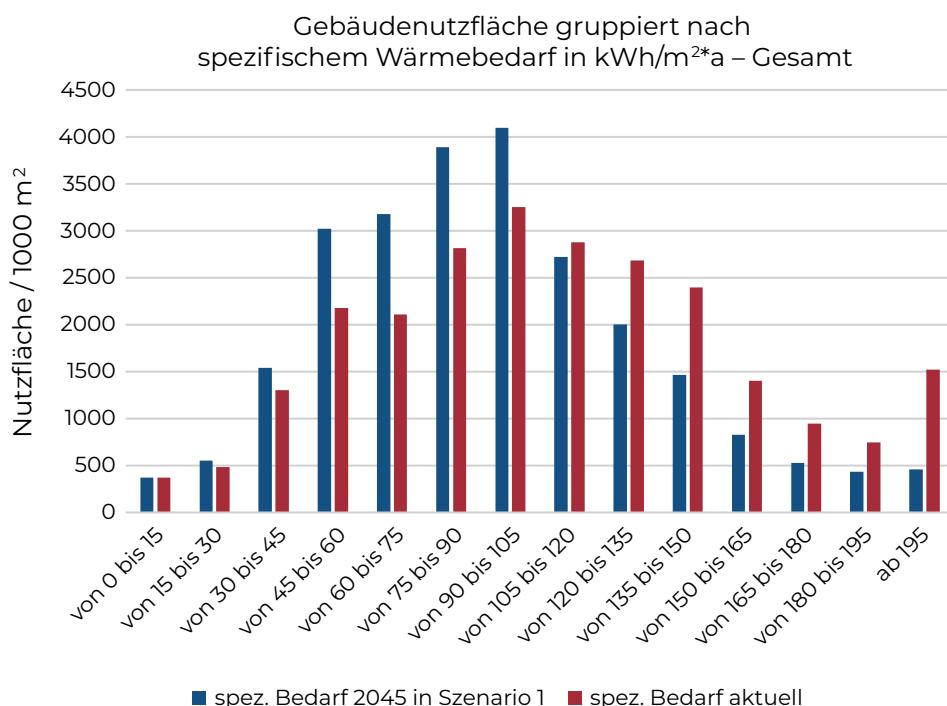


Abbildung 4-31: Verteilung des spezifischen Wärmebedarfs bei Sanierung der Gebäude (Szenario 1)

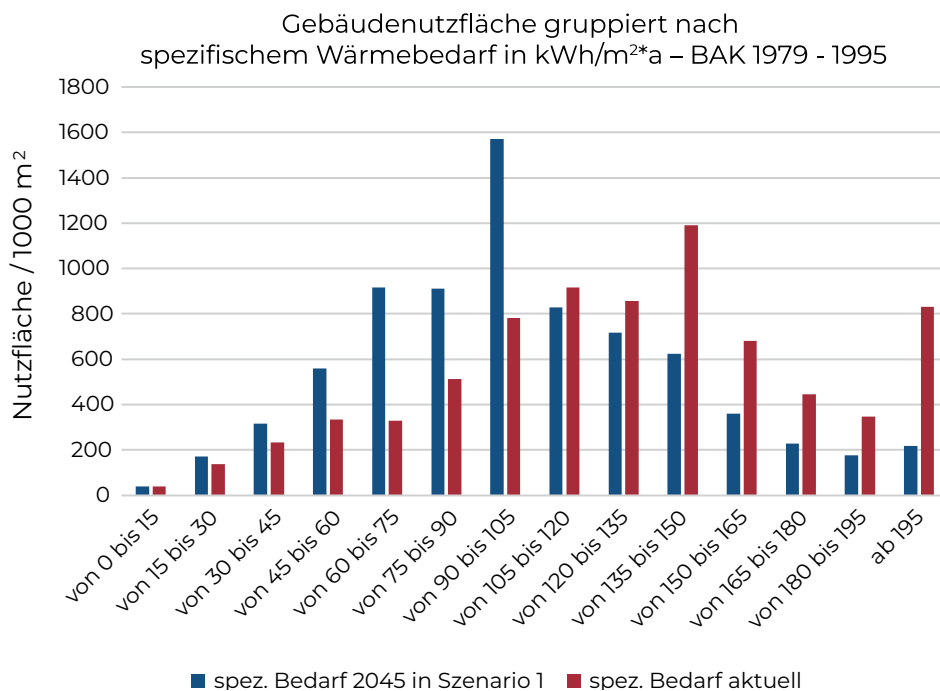


Abbildung 4-32: Verteilung des spezifischen Wärmebedarfs Baualterklassen 1979-1995

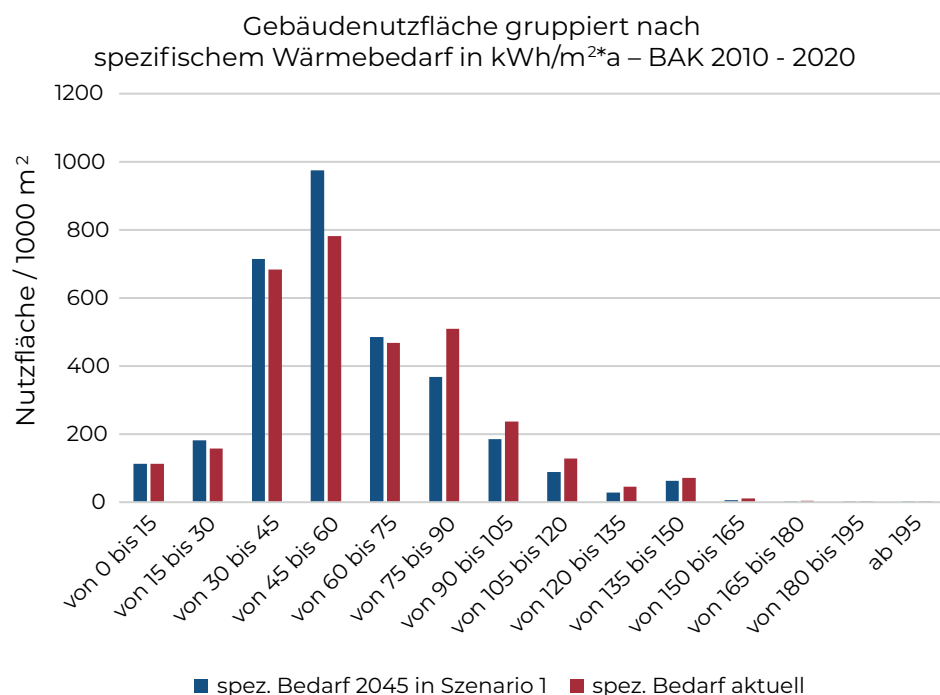


Abbildung 4-33: Verteilung des spezifischen Wärmebedarfs Baualterklassen 2010-2020

Einfluss Sanierungstätigkeit Szenario 1

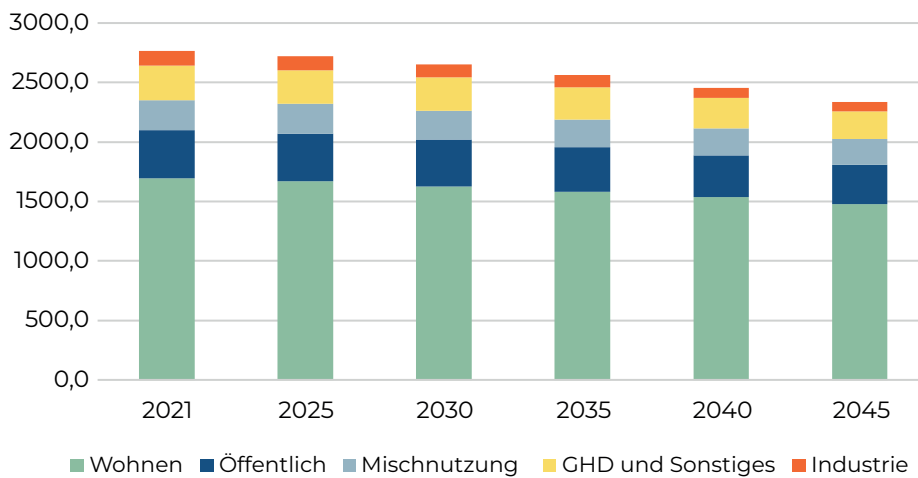


Abbildung 4-34: Einfluss der Sanierungstätigkeit auf den Wärmebedarf (Szenario 1)

Die geplanten Neubaugebiete haben punktuell einen relevanten Einfluss auf den Wärmebedarf, in Summe beträgt dieser jedoch deutlich unter 1% für die Gesamtstadt.

Durch den Temperaturanstieg und die damit verbundene Abnahme der Gradtagszahl sinkt der Wärmebedarf – neben den Effekten der Sanierung – um weitere 2,3%, d.h. weitere 2%-Punkte. Dies hängt damit zusammen, dass mit der Annahme der Einhaltung des 1,5 Grad Ziels eine Abnahme der Gradtagszahl um 2,3% verbunden ist. In Summe ergibt sich somit eine Abnahme des Wärmebedarfs gegenüber dem Referenzjahr 2021 von ca. 17%.

Die Reduktion des Wärmebedarfs unterscheidet sich in den Gebieten der Stadt je nach Ist-Stand der dortigen Gebäudesubstanz und dem noch offenen Sanierungspotenzial.

Im Altstadtbereich ist die perspektivische Wärmeabnahme geringer, da viele der Gebäude unter Denkmalschutz stehen. In den Außenbezirken bzw. eher ländlich geprägten Gebieten ist relativ gesehen eine deutlich höhere Reduktion des Wärmebedarfs zu sehen.

Eine kartographische Darstellung des Einsparpotenzials ist in Kapitel 5.3.2 dargestellt.

Einfluss Wärmebedarf Szenario 1

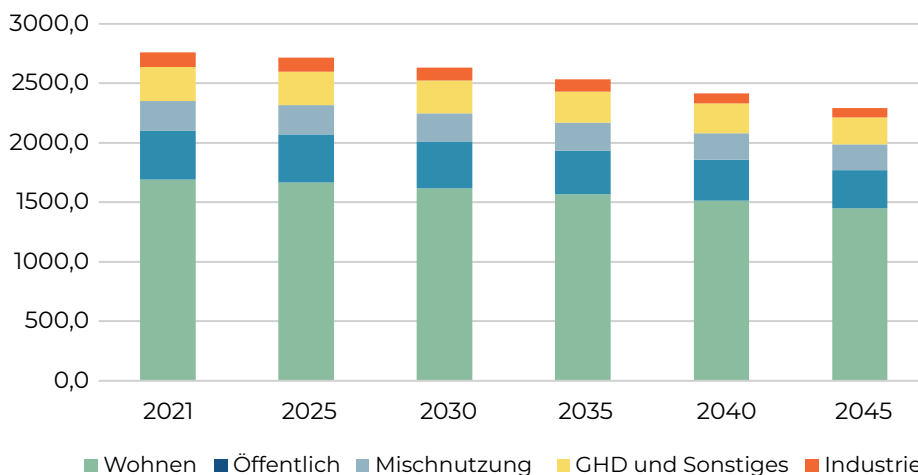


Abbildung 4-35: Einfluss der Sanierungstätigkeit und der GTZ auf den Wärmebedarf (Szenario 1)



5. Zielszenario

Gemäß §17 des Wärmeplanungsgesetzes werden unterschiedliche Szenarien entwickelt, die alle das Ziel der Klimaneutralität im Wärmesektor in der LHW im Jahr 2045 erreichen, die sich aber sowohl in der Fortschreibung des Wärmebedarfs als auch in weiteren zentralen Annahmen zur möglichen Entwicklung der Rahmenbedingungen unterscheiden. Durch die Szenarien werden unterschiedliche Wege zur Zielerreichung aufgezeigt, die im Anschluss miteinander verglichen werden und aus denen schließlich das maßgebliche Zielszenario ausgewählt wird. Für dieses werden weiterführende Betrachtungen, insbesondere die Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete, durchgeführt.

Abschließend werden Gebiete identifiziert, die ein erhöhtes Energieeinsparpotenzial aufweisen.

5.1. Entwicklung der Szenarien und Auswahl maßgebliches Zielszenario

5.1.1 Einteilung in Teilgebiete

Die Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete erfolgt für Teilgebiete des zu beplanenden Gebietes. Die Teilgebiete orientieren sich an der Homogenität der Gebäude (z. B. Einfamilienhausgebiete am Stadtrand, Gewerbegebiete, eng bebaute Innenstadt) und nicht an Verwaltungsgrenzen (z. B. Stadtteile) da sich auch die Versorgungsinfrastrukturen an den Nachfragestrukturen orientieren. Das Vorgehen ist im Folgenden beschrieben und in Abbildung 5-1 dargestellt:

1. Wärmedichtekarte: Auf Grundlage des Energieentwicklungsplans wird eine Wärmedichtekarte erstellt
2. Filterung relevanter Gebiete anhand der Mindestwärmedichte: Alle Gebiete, deren Wärmedichte unterhalb

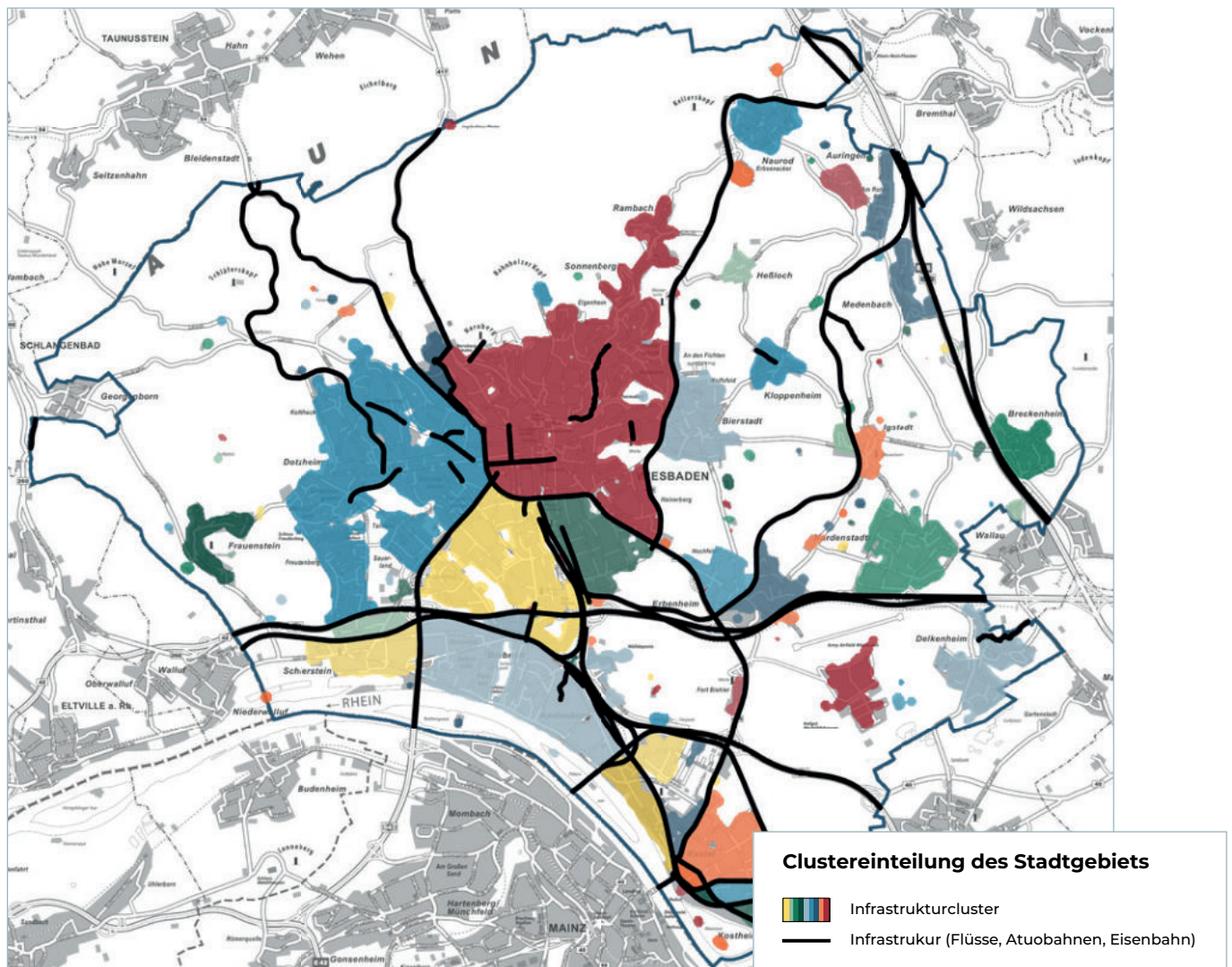


Abbildung 5-1: Durch Infrastruktur abgetrennte Cluster (Schritt 3)

eines Schwellenwertes liegen, sind für eine leitungsgebundene Versorgung in aller Regel nicht relevant, da es sich bei ihnen nicht um zusammenhängende Siedlungsgebiete handelt.

3. Trennende Infrastrukturen: Schneiden der so entstandenen Gebiete anhand von trennenden Infrastrukturen wie Flüssen, Autobahnen oder Eisenbahntrassen, da diese regelmäßig Hindernisse für den Aufbau von Infrastrukturen darstellen.
4. Siedlungsstrukturen: Weitere Unterteilung anhand der Siedlungsstrukturen (z. B. Gebäudetyp, Baualtersklasse, Wärmenetzinfrastrukturen).

Die Herausforderung ist einen Kompromiss zwischen der Übersichtlichkeit (möglichst wenige Teilgebiete) auf der einen Seite und der Homogenität innerhalb der Teilgebiete (führt zu vielen Teilgebieten) zu finden. Im Ergebnis wurde die Stadt Wiesbaden in 123 Teilgebiete, im weiteren Verlauf als Cluster bezeichnet, eingeteilt. Die finale Einteilung ist in Abbildung 5-2 dargestellt.

5.1.2 Definition der Szenarien

Das Ziel der Szenarioanalyse ist, unterschiedliche Wege zur Klimaneutralität im Wärmesektor aufzuzeigen. Im ersten Schritt wurden daher drei Szenarien definiert, die alle das Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2045 erreichen. Die wesentlichen Merkmale der Szenarien sind:

Für alle drei betrachteten Szenarien:

- Der Aus- bzw. Rückbau von Wärmeerzeugungstechnologien erfolgt im Wesentlichen über wirtschaftliche Kriterien (siehe Kapitel 5.1.3)
- Die zum Zeitpunkt der Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung gesetzlichen Grundlagen werden berücksichtigt und unverändert fortgeschrieben

Szenario 1:

- Geringere Effizienzgewinne im Gebäudebereich → entspricht Wärmebedarfsreduktionsszenario Szenario 1

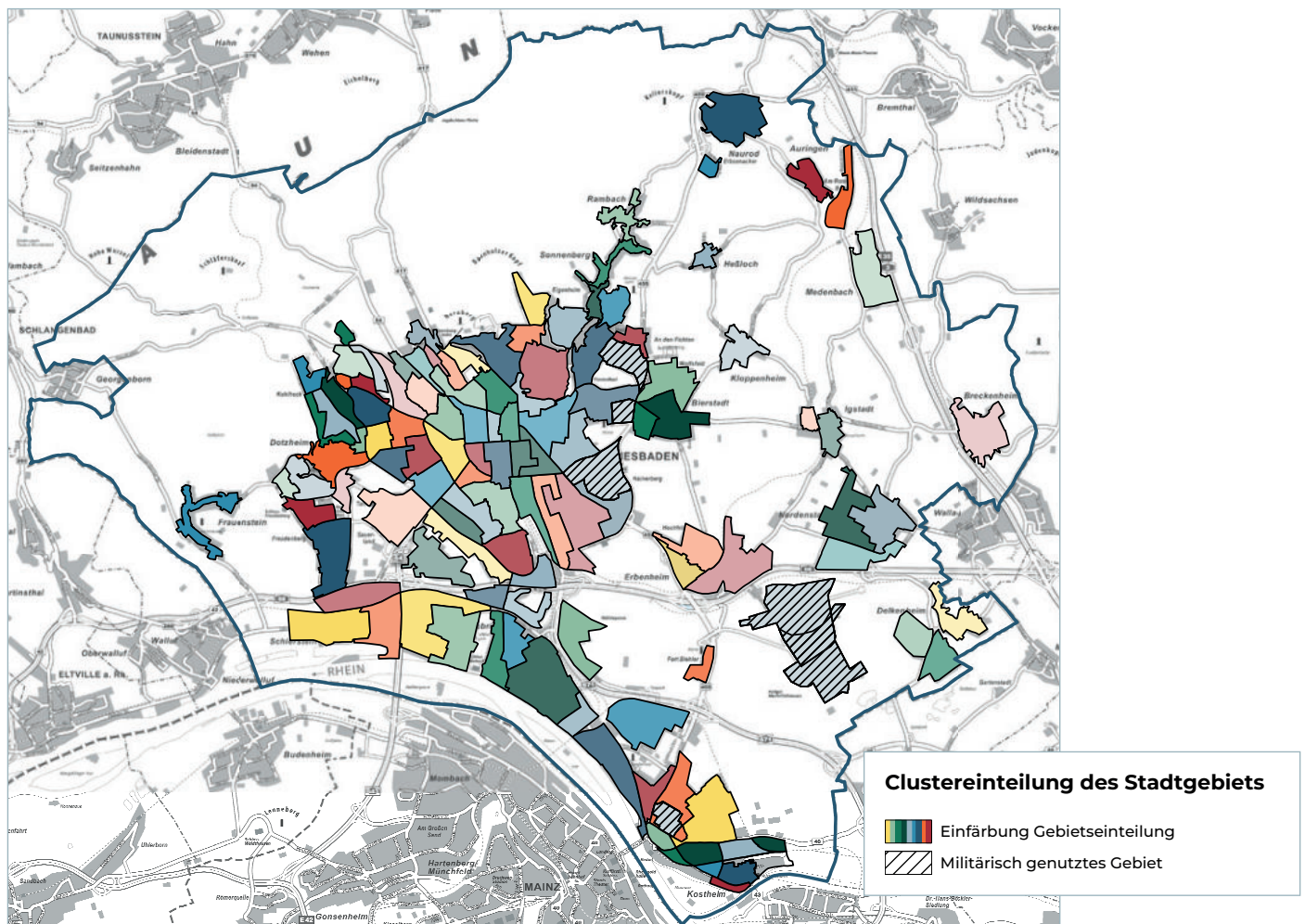


Abbildung 5-2: Einteilung der Stadt Wiesbaden in 123 Cluster

- Die Verfügbarkeit eines erneuerbaren Gases (auch in 2045) wird nicht ausgeschlossen. Es erfolgt keine Festlegung zur Art der erneuerbaren Gase. Die Ausweisung von Wasserstoffgebieten gemäß §71k GEG ist jedoch nicht vorgesehen
- Es werden keine neuen Fernwärmesatzungsgebiete angenommen, die bestehenden werden jedoch fortgeschrieben

Szenario 2:

- Große Effizienzgewinne im Gebäudebereich → entspricht Wärmebedarfsreduktionsszenario Szenario 2 → gute Rahmenbedingungen für Wärmepumpen
- Keine Annahme der Verfügbarkeit erneuerbarer Gase für die dezentrale Versorgung (Ausnahmen bestehen für die Fernwärmeerzeugung und Prozesswärmebereitstellung) → verstärkte Anreize für einen Wechsel zu anderen Technologien wie Fernwärme oder Wärmepumpen

- Es werden keine neuen Fernwärmesatzungsgebiete angenommen, die bestehenden werden jedoch fortgeschrieben

Szenario 3:

- Mittlere Effizienzgewinne im Gebäudebereich → entspricht Wärmebedarfsreduktionsszenario Szenario 3
- Keine Annahme der Verfügbarkeit erneuerbarer Gase für die dezentrale Versorgung (Ausnahmen bestehen für die Fernwärmeerzeugung und Prozesswärmebereitstellung) → verstärkte Anreize für einen Wechsel zu anderen Technologien wie Fernwärme oder Wärmepumpen
- Annahme weiterer Satzungsgebiete für die Fernwärme wie in Abbildung 5-3 dargestellt. In den Gebieten, die der Fernwärmesatzung unterliegen, gilt für neue Heizungen ein Verbrennungsverbot, damit ist die Auswahl der möglichen Technologien eingeschränkt, es handelt sich aber nicht um einen Anschlusszwang an ein Wärmenetz.

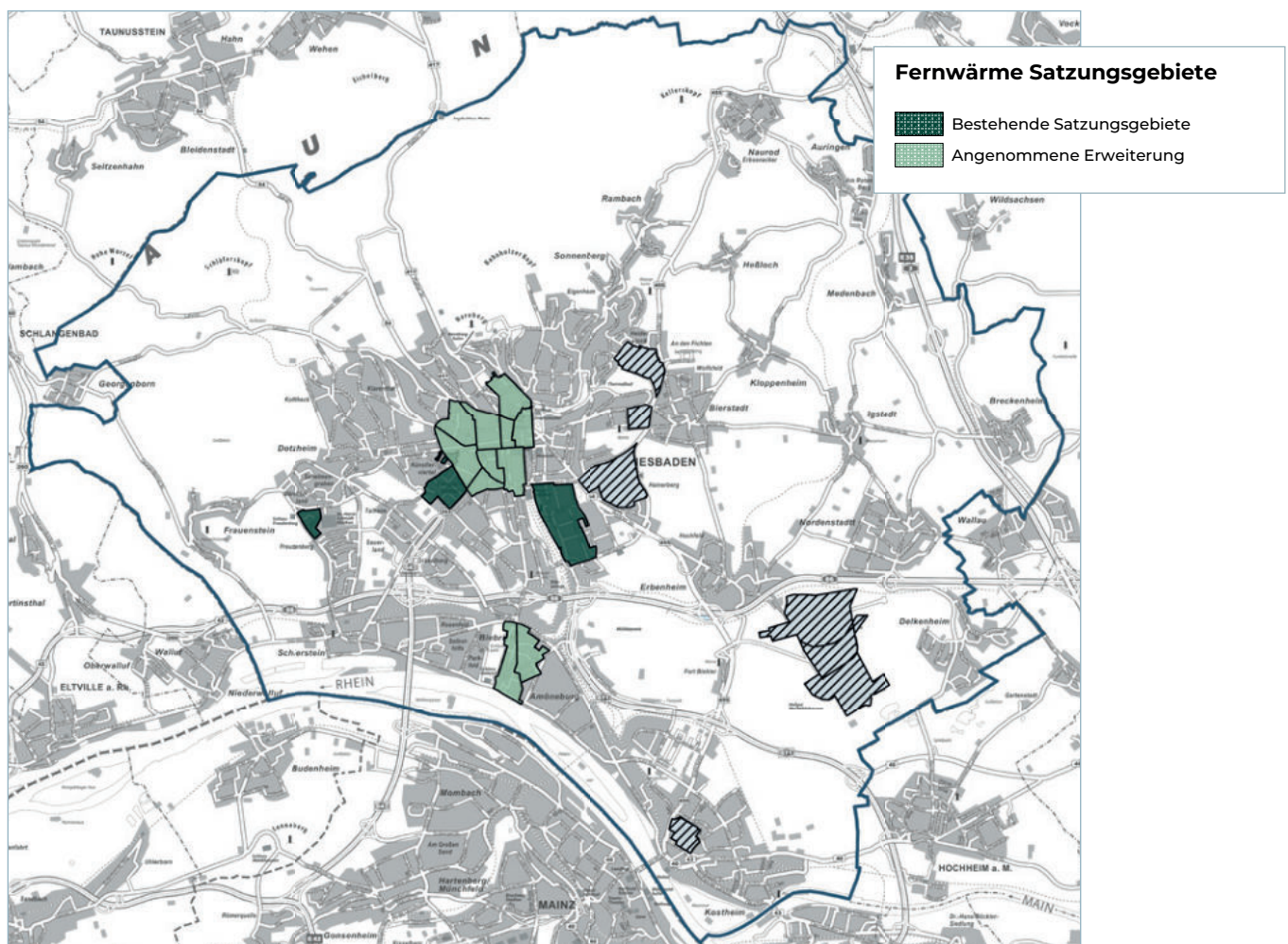


Abbildung 5-3: Bestehende Fernwärmesatzung sowie angenommene Erweiterung im Szenario 3

5.1.3 Modellierung der Zielszenarien

In Abbildung 5-4 ist das Schema dargestellt, nachdem die Modellierung der Zielszenarien abläuft. Sie erfolgt in 5-Jahresschritten für die Stützjahre 2030, 2035, 2040 sowie das Zieljahr 2045 auf der kleinräumigen Ebene der Flurstücke. Zu jedem der betrachteten Zeitpunkte ermittelt das Modell flurstücksbezogen die zukünftige Heizungs-technik. Die Entscheidungen basieren auf den jeweils angenommenen wirtschaftlichen, technischen und regulatorischen Rahmenbedingungen des entsprechenden Betrachtungszeitpunktes aus Sicht der Kunden.

Die Modellierung erfolgt in drei Schritten:

1. Auswahl der Objektversorgung:
 - a. Für jedes Flurstück (kleinstmögliche räumliche Ebene, auf der die Daten vorliegen) wird zunächst geprüft, welche Technologien zur dezentralen Objektversorgung zum jeweiligen Zeitpunkt möglich sind. Die Ausschlüsse ergeben sich durch technische Einschränkungen (z. B. fehlende Eignung für Luft-Wasser-Wärmepumpen aufgrund der Mindestabstände zu Nachbargebäuden, für Sole-Wasser-Wärmepumpen aufgrund von Wasserschutzgebieten oder für Solarthermie aufgrund fehlender Erträge), aber auch Einschränkungen, die sich durch die Anwendung der Regulatorik in den Szenarien ergeben (z. B. Verfügbarkeit erneuerbarer Gase).
 - b. Für die verbleibenden Technologien werden die spezifischen Wärmegestehungskosten berechnet und zugewiesen (siehe Kapitel 5.1.4).
 - c. Die Auswahl der Technologie erfolgt im Wesentlichen auf Basis der zugewiesenen Wärmegestehungskosten. Um unrealistische Schwarz/Weiß-Entscheidungen bei vergleichbaren Wärmegestehungskosten zu vermeiden wird die Wahrscheinlichkeit zur Wahl jeder Technologie anhand der Mehrkosten im Vergleich zur günstigsten Technologie ermittelt. In Ableitung des Besitztumseffektes [23], der die Neigung von

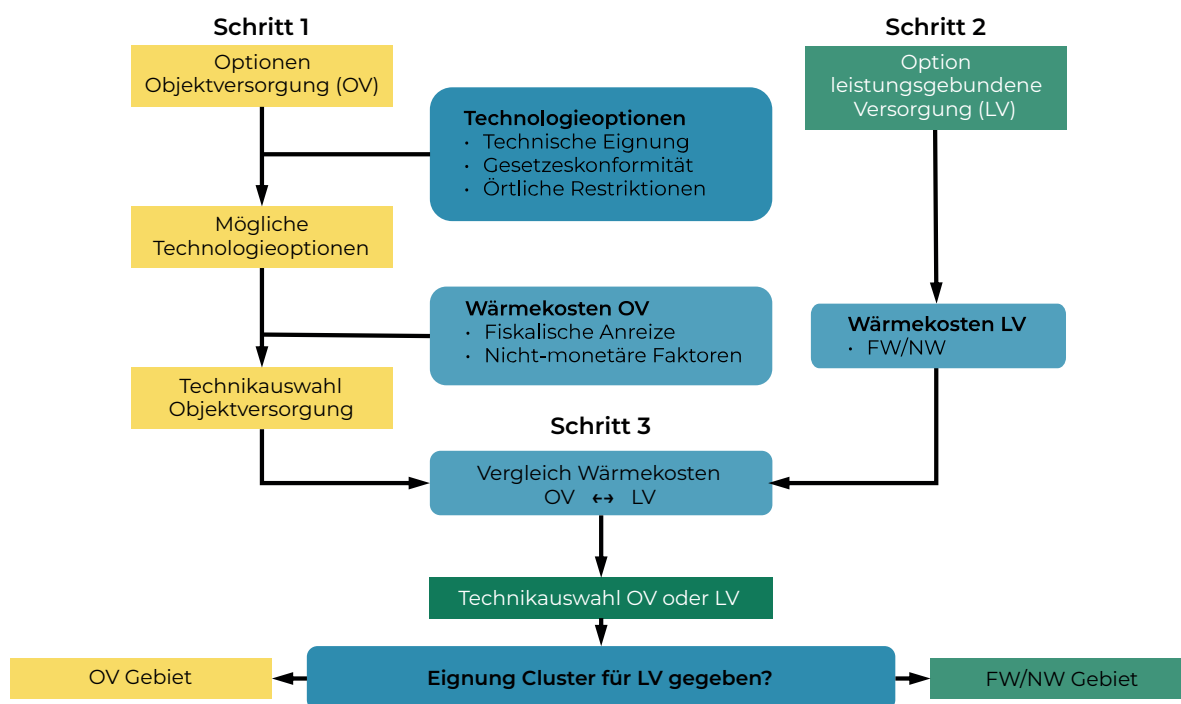


Abbildung 5-4: Schema der Modellierung der Zielszenarien

Menschen beschreibt an bereits vorhandenen Gütern festzuhalten, werden die Wärmegestehungskosten der aktuell genutzten Technik gesenkt und damit die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass diese Technik erneut gewählt wird.

2. Wärmenetze: Ebenfalls für jedes Flurstück werden die Kosten für eine Versorgung über ein Wärmenetz (Fern- oder Nahwärme) ermittelt (siehe Kapitel 5.1.4).
3. Vergleich der Kosten der Objektversorgung sowie der Wärmenetze:
Eine Versorgung über eine dezentrale Objektversorgung ist grundsätzlich möglich. Eine Versorgung über ein Wärmenetz ist im Rahmen der Modellannahmen nur möglich, wenn in einem Cluster entweder bereits ein Wärmenetz vorhanden ist (Verdichtung) oder wenn für eine ausreichende Anzahl an Flurstücken das Wärmenetz wirtschaftlich attraktiver ist und dadurch eine Mindestanschlussdichte erreicht wird. Ist die Eignung eines Clusters für ein Wärmenetz nicht gegeben, erhalten alle Flurstücke im Cluster die im ersten Schritt ausgewählte Objektversorgungstechnik. Ausnahmen gelten in den Gebieten in denen die Fernwärmesatzung gilt.

Grundsätzlich wird im Modell ein Heizungstausch und damit eine Neuentscheidung für eine Heizungstechnik nach 20 Jahren angenommen, somit trifft jedes Flurstück bis zum Jahr 2045 einmal die Entscheidung für eine neue Heizung. Es wurde wie folgt vorgegangen:

Wenn ein Flurstück in den Fortschreibungsszenarien zum Wärmebedarf saniert wird, wird der Heizungstausch zum gleichen Zeitpunkt angenommen.

Bei Flurstücken mit neueren Baualtersklassen wird das Alter der Heizung aus dem Baujahr abgeleitet und der Heizungstausch entsprechend 20 Jahre später angenommen.

Für die verbleibenden Flurstücke wird das Jahr der Heizungserneuerung basierend auf statistischen Daten zum Alter von Heizungen zugewiesen.

5.1.4 Berechnung der Wärmegestehungskosten

Wie in Kapitel 5.1.3 beschrieben, beruht die Modellierung der Szenarien im Wesentlichen auf einem Vergleich der spezifischen Wärmegestehungskosten der dezentralen Objektversorgungstechnologien sowie der Wärmenetze. Im Folgenden werden die grundlegenden Annahmen zu den Objektversorgungstechnologien beschrieben, daran anschließend die der Wärmenetze. Die Annahmen zu den Wärmegestehungskosten werden in allen drei Szenarien identisch angenommen.

Dezentrale Wärmeerzeugungstechniken

Die Wärmegestehungskosten für Wärmeerzeugungstechniken werden als Vollkosten berechnet. Die Methodik ist an die VDI-Richtlinie 2067 Blatt 1 [24] angelehnt. Mit Hilfe dieses Ansatzes können unterschiedliche Lebensdauern der Technologien berücksichtigt werden. Nach VDI 2067 müssen außerdem die Restwerte der Anlagen, Anschlüsse, Bohrungen und Erschließungen zum Ende des Betrachtungszeitraums berücksichtigt werden. Die Wärmegestehungskosten nach VDI 2067 werden wie folgt berechnet:

$$\text{Wärmegestehungskosten} \left[\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] = \frac{\text{Gesamtannuität}}{\text{Jährliche Energiemenge}}$$

$$\text{Gesamtannuität} = \begin{aligned} & \text{Annuität der kapitalgebundenen Kosten} \\ & + \text{Annuität der verbrauchsgebundenen Kosten} \\ & + \text{Annuität betriebsgebundenen Kosten} \\ & + \text{Annuität der sonstigen Kosten} \\ & - \text{Annuität der Förderung} \\ & - \text{Annuität der Einnahmen} \end{aligned}$$

Dabei wurde ein Betrachtungszeitraum von 20 Jahren und ein Zinssatz in Höhe von 5 % zugrunde gelegt.

Für die folgenden dezentralen Wärmeerzeugungsoptionen wurden die Wärmegestehungskosten berechnet:

- Gaskessel
- Gaskessel + Solarthermie
- Luft-Wasser-Wärmepumpe (3 Effizienzklassen)
- Luft-Wasser-Wärmepumpe + Gaskessel
- Sole-Wasser-Wärmepumpe (3 Effizienzklassen)
- Biomassekessel (z. B. mit Pellets betrieben)
- Blockheizkraftwerke

Für Gaskessel werden erneuerbare Gasanteile gemäß des aktuellen GEG [25] angenommen. Für Wärmepumpen werden unterschiedliche Jahresarbeitszahlen angesetzt, in Abhängigkeit vom nutzflächenspezifischen Wärmebedarf.

Technische und ökonomische Inputparameter

Für die Berechnung der spezifischen Wärmegestehungskosten werden technische und ökonomische Parameter berücksichtigt. Diese sind abhängig von der Höhe des Wärmebedarfs, der Vollbenutzungsstunden gemäß der Gebäudenutzung und dem Betrachtungszeitpunkt. Die Wärmegestehungskosten werden somit für jede Technik, Leistungsklasse, Vollbenutzungsstunde und Stützjahr differenziert berechnet.

Die zentrale Grundlage für die Berechnung der Wärmegestehungskosten ist der Technikcatalog für Wärmeplanung mit Stand 2024 [26]. Die Inputparameter für die Berechnung der Wärmegestehungskosten sind:

- Leistung (kW)
- Technische Lebensdauer (Jahre)
- Spezifische Investitionskosten (€/kW)
- Spezifische Anschlusskosten (€/kW)
- Jährliche Fixkosten (€/a bzw. €/(kW*a))
- Thermischer Wirkungsgrad (%) bzw. Jahresarbeitszahl

Im Technikcatalog werden die Investitionskosten mit einer Spannweite angegeben. Um das regionalspezifisch hohe Kostenniveau der Rhein/Main-Region abzubilden, wurden für alle betrachteten Technologien die oberen Werte der Preisspannweite angenommen.

Energieträgerpreise, Netzentgelte sowie Steuern, Abgaben und Umlagen

Die Preisannahmen für die einzelnen Energieträger basieren auf etablierten Studien:

- Erdgas, CO₂ und Strom: Langfristszenarien T45 [30]
- Erneuerbare Gase: Orientierung am in den Langfristszenarien T45 ausgewiesenen Preis für grünen Wasserstoff.
- Biomasse (Pellets): Entwicklung der Preise gemäß der Ariadne-Report [19], mit Anpassung des Kostenniveaus auf das aktuelle Preisniveau gemäß [27].

Die Annahmen für die Netzentgelte wurden in Abstimmung mit der ESWE Versorgungs AG getroffen und orientieren sich an den erwarteten Veränderungen der Absatzmengen. Als Basis wurden in beiden Fällen die aktuellen Daten gemäß Destatis [28] zugrunde gelegt. Für die Stromnetzentgelte wird eine Steigerung in den Folgejahren um 1,5% angenommen. Für die Gasnetzentgelte wird bis 2030 ebenfalls eine Steigerung um 1,5% jährlich angenommen. Vor dem Hintergrund des immer stärker sinkenden Gasabsatzes steigt die jährliche Steigerung ab 2030 auf 6,5% jährlich für die Gasnetzentgelte. Steuern, Abgaben und Umlagen werden auf Basis der aktuellen Destatis-Daten ermittelt und für Strom und Gas konstant fortgeschrieben.

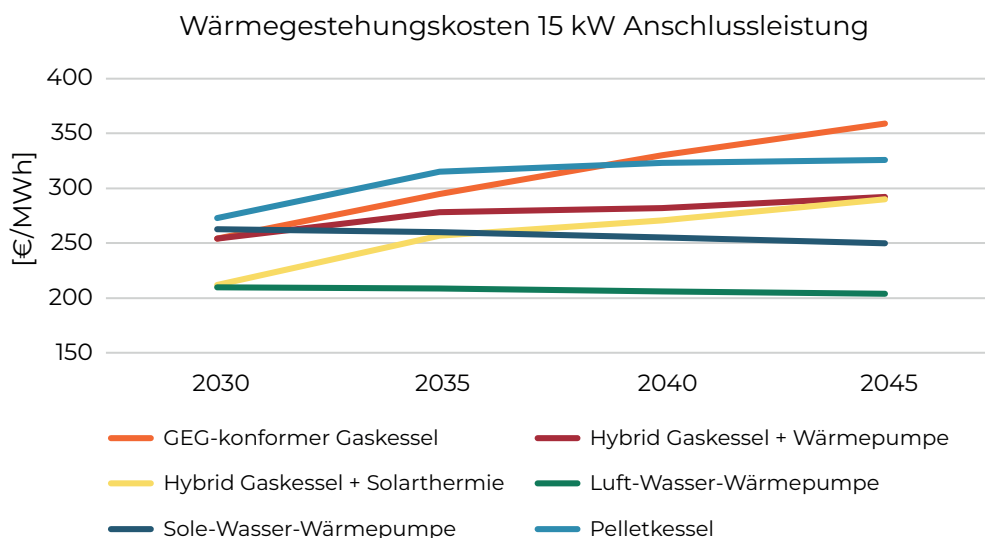


Abbildung 5-5: Beispielhafte Darstellung der Wärmegestehungskosten

Förderregime

Das Förderregime für Investitionskosten wird auf Basis des aktuellen Rahmens der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) [29] angesetzt und bis zum Jahr 2030 fortgeschrieben. Für den Zeitraum nach 2030 wurde von abschmelzenden Förderungen ausgegangen.

An einigen Stellen wurden Vereinfachungen angenommen: so wurden individuelle Förderungen wie der Einkommensbonus sowie der Geschwindigkeitsbonus vernachlässigt. Ebenso wurde kein Maximalwert der förderfähigen Kosten berücksichtigt und die Förderung wurde für alle Wärmepumpen unabhängig von der Jahresarbeitszahl angenommen.

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen

Für die Wärmepumpen (Sole-Wasser und Luft-Wasser) wird die Jahresarbeitszahl im Technikatalog [26] in Abhängigkeit des Sanierungsstandes angegeben. Die Logik wird in die Modellierung übernommen. Der Sanierungsstand wird über den hinterlegten flächenspezifischen Wärmebedarf abgeschätzt:

- Altbau unsaniert: $> 130 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
- Altbau saniert: $75 - 130 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
- Neubau/Altbau mit Fußbodenheizung: $< 75 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

Ergebnis der Berechnung der Wärmegestehungskosten der dezentralen Objektversorgung

Die Wärmegestehungskosten wurden für unterschiedliche Leistungsklassen, Vollbenutzungsstunden (entsprechend der Gebäudenutzung) und je Stützjahr berechnet. Die Wärmegestehungskosten für dezentrale Wärmeerzeuger in Wohngebäuden mit einer Leistung von 15 kW für die betrachteten Stützjahre sind in der folgenden Abbildung 5-5 beispielhaft dargestellt, bei den Wärmepumpen erfolgt die Darstellung für die mittlere Gebäudeeffizienz. Im Vergleich der Wärmegestehungskosten der einzelnen Energieträger untereinander, auch im Zeitverlauf, können die folgenden zentralen Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die Wärmegestehungskosten für alle Techniken, die Gas einsetzen, steigen über die Zeit erheblich. Die Gründe dafür sind sowohl die steigenden Energieträgerpreise als auch die steigenden Netzentgelte.
- Die Wärmepumpen weisen konstante Wärmegestehungskosten über die Zeit auf. Steigende Netzentgelte werden durch sinkende Energieträgerpreise sowie steigende Jahresarbeitszahlen ausgeglichen. Darüber hinaus sind die Wärmegestehungskosten der Wärmepumpen abhängig vom Sanierungsstand der Gebäude.

Je höher die Jahresarbeitszahl ist, umso geringer sind die Wärmegestehungskosten.

- Für größere Leistungsklassen sinken die spezifischen Wärmegestehungskosten über alle Techniken. Gleichzeitig nimmt bei größeren Leistungsklassen der Anteil der Investitionskosten an den Gesamtkosten ab.

Wärmenetze

Die Preise für Nah- und Fernwärmenetze werden in der Modellierung als identisch angenommen. Die Gründe dafür liegen zum einen darin, dass alle Kunden, die an Wärmenetze der ESWE Versorgungs AG angeschlossen sind, nach den gleichen Preisen abgerechnet werden. Zum anderen sind die Preise anderer, kleinerer Wärmenetzbetreibender sowohl im Ist-Stand als auch insbesondere in der Fortschreibung nicht bekannt.

Die Grundlage für die Fortschreibung der Preise ist eine stark vereinfachte Preisgleitklausel, die von der ESWE Versorgungs AG zur Verfügung gestellt wurde. Diese berücksichtigt die Fortschreibung der Energieträgerpreise und die erwarteten Änderungen im Erzeugungspark und damit dem Energieträgermix. Die Preisentwicklung für die Energieträger wird analog zu den dezentralen Versorgungsoptionen angenommen. Die Überlegungen zur Transformation der Erzeugung wurden im Rahmen der Erstellung eines Transformationsplans für Wärmenetze gemäß der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) durch die ESWE Versorgungs AG erarbeitet. Im Zeitverlauf werden die Anteile an Strom und Wasserstoff steigen, der Einfluss der Erdgaspreise wird im Gegenzug immer geringer werden.

Hinzu kommen bei Neukunden Kosten für den Hausanschluss sowie die Wärmeübergabestation.

Förderungen aus dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) bzw. der BEW wurden berücksichtigt.

5.2. Ergebnisse der Szenarien und Auswahl des maßgeblichen Zielszenarios

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der drei untersuchten Zielszenarien zur Entwicklung des zukünftigen Wärmemarktes der LHW für Raumwärme und Warmwasser vorgestellt. Jedes Unterkapitel enthält sowohl eine textliche Beschreibung der wesentlichen Veränderungen sowie eine Abbildung der Energieträgerverteilung für die betrachteten Zeitpunkte 2030, 2035, 2040 und 2045. In den Abbildungen wird der angenommene Rückgang des Wärmebedarfs über die Höhe der Balken sichtbar, während die Einfärbung die sich verändernde Verteilung der Energieträger zeigt.

Im Anschluss folgt ein Vergleich und die Bewertung der Szenarien auf deren Grundlage das maßgebliche Zielszenario ausgewählt wird. Für das maßgebliche Zielszenario wird in Kapitel 5.3 die Eignungsbewertungen bezüglich der unterschiedlichen Wärmeversorgungsarten durchgeführt sowie die Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete vorgenommen.

5.2.1 Ergebnisse der Zielszenarien

5.2.1.1 Szenario 1

Die Entwicklungen für das Szenario 1 sind in Abbildung 5-6 dargestellt und zeigen, dass sich der Energieträgermix zukünftig stark wandeln wird. Bis zum Jahr 2045 wird Erdgas als dominierender Energieträger abgelöst, der Anteil sinkt von zurzeit ca. 73% auf 17%. Der Anteil des Nutzwärmebedarfs der über Wärmepumpen, insbesondere Luft-Wasser-Wärmepumpen, gedeckt wird, steigt auf ca. 50%. Damit wird Strom zukünftig zum wichtigsten Energieträger. Etwa 28% des Wärmebedarfs wird im Jahr 2045 über Wärmenetze gedeckt, was bei dem derzeitigen

Anteil von 13% mehr als einer Verdopplung entspricht und mit einem entsprechenden Ausbau der Wärmenetzinfrastruktur einhergeht.

5.2.1.2 Szenario 2

Die Szenarien 2 und 3 unterscheiden sich vom Szenario 1 maßgeblich dadurch, dass gemäß den Szenarioannahmen im Jahr 2045 kein erneuerbares Gas in der Objektversorgung für Raumwärme und Warmwasser bereitgestellt wird, gut erkennbar in Abbildung 5-7. Entsprechend geht im Szenario 2 der Gasanteil bis 2045 komplett zurück. Das Szenario wird stark durch Wärmepumpen dominiert, diese decken 76% des Nutzwärmebedarfs im Jahr 2045. Ein Ausbau der Wärmenetze findet fast nicht statt, die Steigerung auf 16% ist im Wesentlichen durch eine Erhöhung der Anschlussdichte in Bereichen mit Bestandswärmenetzen zurückzuführen. Durch die Nicht-Verfügbarkeit von Gas sind die Biomasseanteile mit 8% im Jahr 2045 deutlich höher, da Biomasse als Energieträger dort eingesetzt wird, wo keine Potenziale für Wärmepumpen und Wärmenetze vorhanden sind.

5.2.1.3 Szenario 3

Auch im Szenario 3 (Abbildung 5-8) geht der Anteil an Gas bis 2045 auf null zurück. Bedingt durch die Ausweisung weiterer Satzungsgebiete für die Fernwärme (vgl. Abbildung 5-3) kommt es zu einem Ausbau der Wärmenetze. Im Jahr 2045 wird knapp ein Drittel des Nutzwärmebedarfs über Wärmenetze gedeckt, was ungefähr dem Anteil in Szenario 1 entspricht. Der Anteil, der über Wärmepumpen gedeckt wird, liegt 2045 bei ca. 60%, auf die Biomassen entfallen in diesem Szenario 9%, was wiederum vergleichbar zu Szenario 2 ist.

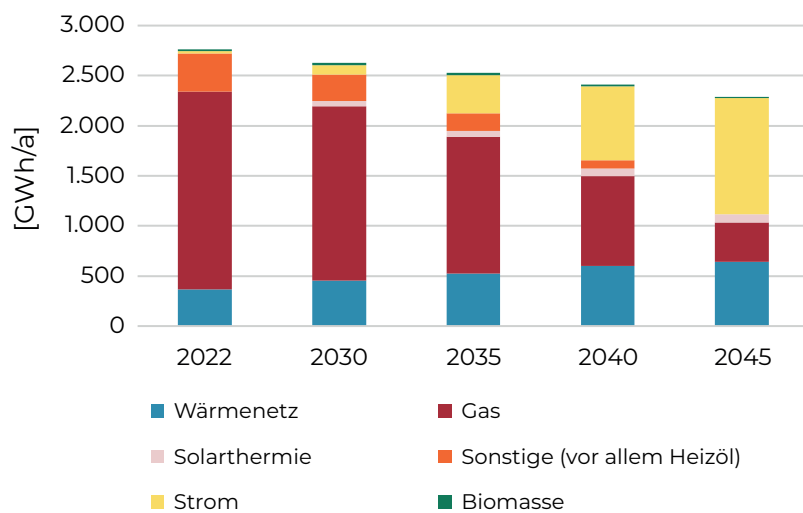


Abbildung 5-6: Wärmebedarfsentwicklung Szenario 1 (Raumwärme und Warmwasser) nach Energieträgern

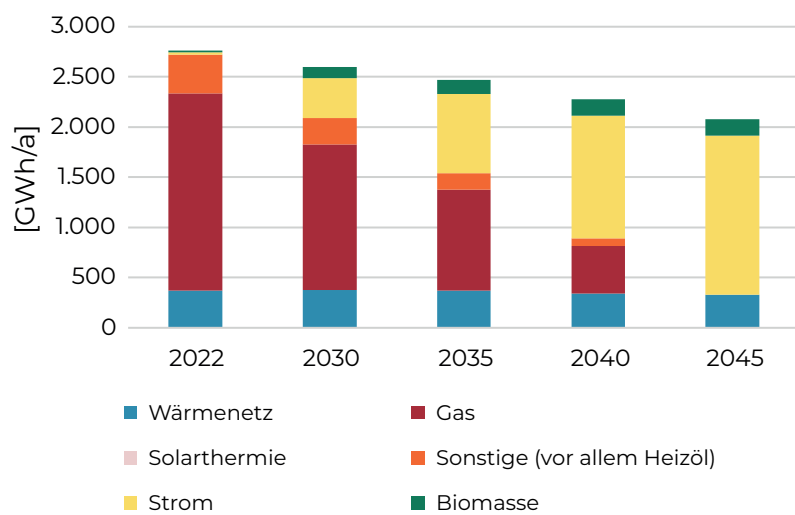


Abbildung 5-7: Wärmebedarfsentwicklung Szenario 2 (Raumwärme und Warmwasser) nach Energieträgern

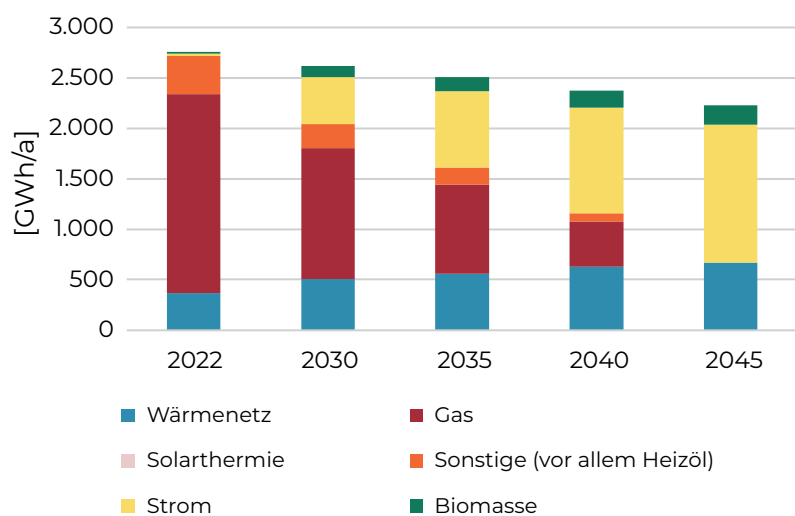


Abbildung 5-8: Wärmebedarfsentwicklung Szenario 3 (Raumwärme und Warmwasser) nach Energieträgern

5.2.2 Vergleich der Szenarien

Trotz der unterschiedlichen Annahmen, die in den drei Szenarien getroffen werden, weisen sie im Ergebnis einige Gemeinsamkeiten auf: Gas wird als dominierender Energieträger abgelöst. Selbst wenn von der Verfügbarkeit erneuerbarer Gase im Jahr 2045 in Szenario 1 ausgegangen wird, sinkt der Anteil, der über Gas gedeckt wird, von derzeit 73 % auf nur noch 17 % erheblich. In allen drei Szenarien werden große Teile des Wärmebedarfs zukünftig über Wärmepumpen gedeckt, abhängig vom Szenario zwischen 50 und 76 %. Damit wird Strom in allen drei Szenarien zum wichtigsten Energieträger.

Unterschiede ergeben sich insbesondere in den Deckungsanteilen, die auf die Fernwärme entfallen, sowie auf den Rückgang des Wärmebedarfs. Trotzdem überwiegen die Gemeinsamkeiten, sodass ein Großteil der Maßnahmen (siehe Kapitel 6.1) unabhängig von der Auswahl des maßgeblichen Zielszenarios sind und in jedem Fall weiterverfolgt werden sollten.

Zur Auswahl des maßgeblichen Zielszenarios werden die drei betrachteten Szenarien noch einmal genauer verglichen und bewertet. Die Kriterien zur Bewertung orientieren sich dabei an denen, die im Leitfaden zur Wärmeplanung [31] für die Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete vorgesehen sind. Die Auswertung der Kriterien kann dabei qualitativ und/oder quantitativ erfolgen:

- geringe kumulierte Treibhausgasemissionen,
- niedrige Wärmegestehungskosten,
- hohe Versorgungssicherheit sowie ein geringes Realisierungsrisiko.

5.2.2.1 Kumulierte Treibhausgasemissionen

Zur Ermittlung der Treibhausgasemissionen werden die Wärmebedarfe unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade bzw. der Jahresarbeitszahlen der Heiztechnologien in Endenergiebedarfe umgerechnet. Anschließend werden sie mit den Emissionsfaktoren der jeweiligen Energieträger des entsprechenden Stützjahres multipliziert. Die Emissionsfaktoren sind in Tabelle 5-1 aufgeschlüsselt und werden dem Technikkatalog [26] entnommen, bzw. für die Wärmenetze aus dem Transformationsplan, den die ESWE Versorgungs AG für das Fernwärmenetz erarbeitet hat, sodass die geplante Umstellung der Fernwärmeerzeugung sich im Emissionsfaktor wiederfindet.

Tabelle 5-1: Übersicht über Emissionsfaktoren je Energieträger und Stützjahr

	Treibhausgasemissionen in g/kWh			
Jahr	2030	2035	2040	2045
Erdgas	240	240	240	240
Biogas	133	130	126	123
Heizöl	310	310	310	310
Holz	20	20	20	20
Strom	110	45	25	15
Wärmenetze	43	21	22	3

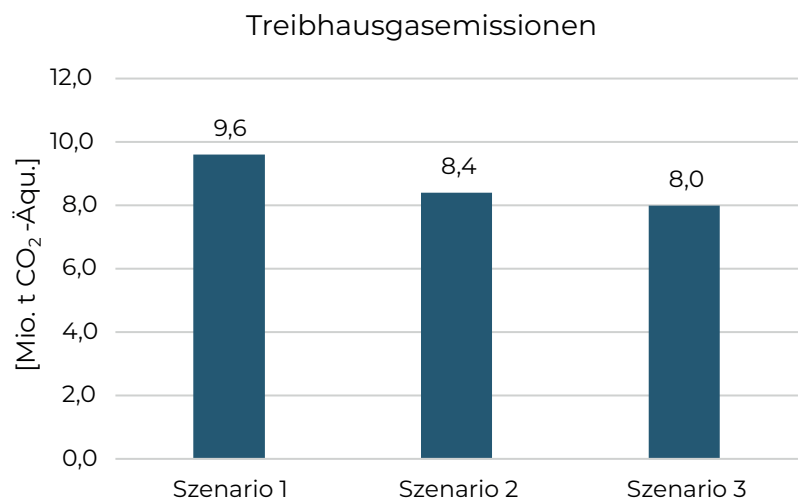


Abbildung 5-9: Kumulierte Treibhausgase bis 2045 in allen Szenarien

Die Ermittlung der Treibhausgasemissionen erfolgt ebenfalls kumuliert über alle Jahre bis 2045, die Ergebnisse sind in Abbildung 5-9 dargestellt. Aufgrund der im Wärmemarkt verbleibenden Gaskessel sind die kumulierten Treibhausgasemissionen im Szenario 1 am höchsten, denn selbst bei Biogas sind die Treibhausgasemissionen wie in der obigen Tabelle ausgewiesen im Vergleich zu den anderen wesentlichen Optionen Wärmepumpe (Strom) und Wärmenetze deutlich höher. Die beiden Szenarien 2 und 3 weisen vergleichbare Werte aus, die deutlich unterhalb der Treibhausgase im Szenario 1 liegen.

5.2.2.2 Wärmegestehungskosten

Ein zentraler Diskussionspunkt im Rahmen der Wärmewende ist die Bezahlbarkeit der notwendigen Anpassungen zur Erreichung des Ziels der Klimaneutralität, wobei geringere Kosten die Akzeptanz erhöhen. Daher sind die Wärmegestehungskosten ein zentraler Eingangsparameter in der Modellierung (siehe Kapitel 5.1.3) die schließlich die Grundlage für die weiteren Auswertungen bildet.

Aufgrund der Unsicherheiten, die mit der Fortschreibung der Eingangsparameter zur Ermittlung der Wärmegestehungskosten sowohl für die dezentrale Objektversorgung als auch insbesondere für die Wärmenetze verbunden sind, wurde auf eine Differenzierung der Preise zwischen den Szenarien verzichtet. In der Folge ergeben sich ähnliche mittlere spezifische Wärmegestehungskosten im Jahr 2045 in den drei Szenarien (Szenario 1: 178,31 €/MWh; Szenario 2: 179,66 €/MWh; Szenario 3 178,96 €/MWh).

Ein Vergleich der Gesamtkosten ist jedoch nicht möglich, da mit den Wärmegestehungskosten lediglich ein Teil der Kosten der Transformation ausgewiesen werden kann. Zur Vervollständigung wären auch die Kosten der Sanierung mit einzubeziehen, diese liegen jedoch nicht vor. Werden nur die Kosten für die Beheizung als Vergleich der Szenarien herangezogen, sind diese in einem Szenario mit geringer Sanierungsaktivität grundsätzlich höher als in einem Szenario mit höherer Sanierung. Dies allein sagt jedoch noch nichts über die tatsächliche Belastung aus, da die Kosten für eine Sanierung gegengerechnet werden müssten.

5.2.2.3 Versorgungssicherheit und Umsetzungsrisiko

Die beiden Punkte Versorgungssicherheit und Umsetzungsrisikos sind eng miteinander verbunden. Im Leitfaden zur Wärmeplanung [32] werden Kriterien genannt, anhand derer die Versorgungssicherheit bzw. das Umsetzungsrisiko bewertet werden können:

- das Risiko für den rechtzeitigen Auf-, Aus- und Umbau der erforderlichen Netzinfrastruktur;

- das Risiko für die rechtzeitige Erschließung von Wärmequellen sowie
- die Robustheit gegenüber möglicherweise veränderten Rahmenbedingungen.

Diese Kriterien werden im Folgenden für die drei Szenarien qualitativ bewertet.

Risiko für den rechtzeitigen Auf-, Aus- und Umbau der erforderlichen Netzinfrastruktur

In allen drei Szenarien sind die grundlegenden Tendenzen in Bezug auf die Netzinfrastruktur vergleichbar. Gas wird nicht länger der zentrale Energieträger sein, sodass eine Stilllegung bzw. ein Rückbau zumindest von großen Teilen des Gasnetzes in allen drei Szenarien absehbar ist. Ebenfalls in allen drei Szenarien wird Strom der zukünftig wichtigste Energieträger, Wärmepumpen werden in den kommenden Jahren zur wichtigsten dezentralen Objektversorgungstechnologie werden. Zusammen mit den steigenden Strombedarfen aus dem Verkehrssektor führt dies zu einem Ausbaubedarf der Stromnetze.

Bei den Wärmenetzen zeichnet sich hingegen kein eindeutiges Bild in den drei Zielszenarien ab. Die beiden Szenarien 1 und 3 kommen zu sehr ähnlichen Ergebnissen, die Anteile steigen auf 28 % in Szenario 1 bzw. 30 % in Szenario 3. Da im Szenario 1 keine neuen Satzungsgebiete vorgegeben werden zeigt dieses Szenario besonders deutlich, wo ein Ausbau des Fernwärmenetzes wirtschaftlich sinnvoll ist.

Trotz der vergleichbaren Tendenzen gibt es in den Szenarien jedoch Unterschiede, die zu einer unterschiedlichen Bewertung im Hinblick auf den Anpassungsbedarf der Netzinfrastrukturen führen: Bedingt durch die unterschiedlichen Annahmen zur Verfügbarkeit von erneuerbarem Gas im Verteilnetz ergeben sich andere Anforderungen an den Rückbau der Gasnetze sowie auf die Ertüchtigung der Stromnetze bzw. den Ausbau der Wärmenetze.

Das Szenario 1 weist vor diesen Hintergründen die geringsten Risiken auf. Zwar sind sowohl die Verfügbarkeit als auch die Preise von erneuerbaren Gasen mit Unsicherheiten behaftet, sodass der Anteil möglichst minimiert werden sollte. Allerdings gibt es Gebäude bzw. Gebiete in der LHW in denen die Wärmedichten für Wärmenetze nicht ausreichend sind, die aber gleichzeitig keine hohen Potenziale für Wärmepumpen aufweisen. In den Szenarien 2 und 3 kommt es in diesen Gebieten zum verstärkten Einsatz von Biomasse. Deren zukünftige Verfügbarkeit und Preise sind mit Unsicherheiten verbunden, vergleichbar zu denen erneuerbarer Gase. Hinzu kommt, dass der Ausbaubedarf im Stromnetz in Szenario 1 nicht ganz so hoch ist wie in den Szenarien 2 und 3. Das lässt sich

auch an der Zahl der Wärmepumpen festmachen, die je Szenario pro Jahr im Mittel installiert werden müssten. Im Szenario 1 sind es 999 Wärmepumpen / Jahr, im Szenario 2 1.478 und im Szenario 3 1.276. Der Ausbaubedarf für Wärmenetze im Szenario 1 ist vergleichbar mit dem aus Szenario 3. Beide entsprechen in großen Teilen dem Transformationsplan der ESWE Versorgungs AG für das zentrale Fernwärmenetz.

Risiko für die Erschließung von Wärmequellen

Das Risiko für die Erschließung von Wärmequellen ist insbesondere für die Wärmeerzeugung in Wärmenetzen relevant. Wie in Kapitel 4.1 dargestellt gibt es große theoretische Potenziale für eine Transformation der Erzeugung, die sich auch im Transformationsplan der ESWE Versorgungs AG wiederfinden. In den folgenden Jahren werden detaillierte Untersuchungen zeigen, an welchen Stellen ggfs. Anpassungen erforderlich sind. Da die Ergebnisse aus dem Transformationsplan und den Szenarien 1 und 3 in Bezug auf die Erzeugungsmengen sehr vergleichbar sind, wird das Risiko für die Erschließung der Wärmequellen als nicht sehr hoch angesehen. Da die Anteile, die über Wärmenetze versorgt werden, im Szenario 2 geringer sind, ist das Risiko ebenfalls gering.

Robustheit gegenüber sich möglicherweise verändernden Rahmenbedingungen

Derzeit werden einige der für die zukünftige Entwicklung des Wärmesektors relevanten Gesetze und Regelungen diskutiert. Dazu gehören

- das Gebäudeenergiegesetz das als Gebäudemodernisierungsgesetz novelliert werden soll,
- die Fortschreibung des Förderregimes im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude, des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes und die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze,
- die Umsetzung der Richtlinie und Verordnung über den Binnenmarkt für Erdgas und Wasserstoff der EU im Rahmen einer Novellierung des Energiewirtschaftsgesetzes bis August 2026 in nationales Recht sowie
- die Novellierung der Verordnung über allgemeine Bedingungen und Vertragsklauseln für die Versorgung mit Fernwärme (AVBFernwärmeV) und der Wärmelieferverordnung (WärmeLV).

Es ist zurzeit nicht absehbar, dass die Novellierungen das Ziel der Klimaneutralität in Frage stellen werden, daher werden die grundlegenden Aussagen der Szenarien auch weiterhin Bestand haben. Allerdings kann aus den derzeitigen Diskussionen auch nicht abgeleitet werden, dass der Einsatz erneuerbarer Gase kurzfristig weiter eingeschränkt werden wird. Somit ist die größte Flexibilität, um

auf sich verändernde Rahmenbedingungen reagieren zu können im Szenario 1 vorhanden. Insbesondere mit Bezug auf die weiteren Entwicklungen in den Prüfgebieten (siehe folgendes Kapitel).

Bislang wurden die Umsetzung- und Realisierungsrisiken vor allem auf Seiten der Erzeugung diskutiert. Ein weiterer zentraler Punkt ist die Reduktion des Wärmebedarfs, die über Annahmen zu Sanierungsraten und -tiefen hinterlegt ist. Derzeit liegt die Sanierungsrate bei nicht einmal 0,7 % pro Jahr. In den Zielszenarien steigt sie für Wohngebäude bis 2045 auf 1,7 % im Szenario 1, auf 2,5 % im Szenario 2 sowie auf 1,9 % im Szenario 3. Für die Nichtwohngebäude sowie die öffentlichen Gebäude sind noch einmal höhere Sanierungsraten angenommen worden (siehe Kapitel 4.2). Wird die im maßgeblichen Szenario angenommene Reduktion der Wärmebedarfe nicht erreicht besteht das Risiko, dass sowohl die Netze als auch die Erzeugungskapazitäten in den Folgeprozessen unterdimensioniert werden. Da schon für die Erreichung der Sanierungseffekte im Szenario 1 mehr als eine Verdopplung der Sanierungsrate bis 2045 notwendig ist, ist das Risiko für die Umsetzung in diesem Szenario am geringsten. Aufgrund der sehr hohen angenommenen Sanierungsrate, die nur erreichbar ist, wenn der derzeitige Wert nahezu vervierfacht wird, sind die Realisierungsrisiken im Szenario 2 sehr hoch.

5.2.3 Auswahl des maßgeblichen Zielszenarios

Zur besseren Übersicht werden die Kriterien in eine Matrix überführt, die in Tabelle 5-2 dargestellt ist. Die Bewertungen (+, 0, -) werden für die kumulierten Treibhausgasemissionen anhand der berechneten Werte vergeben, für die anderen Kriterien erfolgt die Einstufung qualitativ.

Zusammenfassend zeigt sich, dass das Szenario 1 die höchsten Treibhausgasemissionen aufweist. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass das Ziel der Treibhausgasneutralität in allen drei Szenarien im Jahr 2045 erreicht wird, daher wird keines der Szenarien negativ bewertet. Die Abstufung zwischen dem Szenario 1 sowie den Szenarien 2 und 3 ergibt sich dadurch, dass die Szenarien 2 und 3 mit 8,1 und 8,4 Mio. t CO₂-äq. sehr nah beieinander liegen, während das Szenario 1 deutlich darüber liegt. In Bezug auf die Umsetzungsrisiken und die Versorgungssicherheit weist das Szenario 1 in allen drei betrachteten Kriterien die geringsten Risiken auf. Die Szenarien 2 und 3 schneiden entsprechend bei der Höhe des kumulierten Endenergiebedarfs sowie den kumulierten Treibhausgasemissionen besser ab. Allerdings werden die Risiken für die Umsetzung und die Versorgungssicherheit höher eingeschätzt.

Tabelle 5-2: Bewertungsmatrix der Kriterien

	Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3	
Kriterium	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung
Kum. THG-Emissionen [Mio. t CO ₂ -äq.]	9,6	0	8,4	+	8,1	+
Wärmegestehungskosten	nicht auswertbar					
Netzinfrastuktur		+		0		0
Erschließung Wärmequellen		+		+		+
Robustheit reg. Rahmen		+		-		0

Da alle drei Szenarien das Ziel der Klimaneutralität im Wärmesektor bis 2045 erreichen, wird trotz der höheren Emissionen das Szenario 1 als maßgebliches Zielszenario ausgewählt. Hintergrund dafür ist insbesondere die hohe Realisierungswahrscheinlichkeit und Robustheit.

Im Vorgriff auf das folgende Kapitel zur Ausweisung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse sich in den Zielszenarien für den absolut überwiegenden Teil der Cluster nicht verändern würden. Wie bereits mehrfach erwähnt, sind die grundlegenden Erkenntnisse in allen drei Szenarien identisch. Entsprechend sind auch die Umsetzungsstrategie und die Maßnahmen relativ unabhängig vom gewählten maßgeblichen Zielszenario.



5.3. Auswertung des maßgeblichen Zielszenarios

In diesem Kapitel werden die im WPG geforderten Auswertungen für das maßgebliche Zielszenario beschrieben. Das zentrale Ergebnis ist die Einteilung der Landeshauptstadt Wiesbaden in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete, die im Wesentlichen auf der Eignung der Cluster für die unterschiedlichen Wärmeversorgungsarten beruht. Darüber hinaus werden Gebieten mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial ausgewiesen sowie weitere Auswertungen, die gemäß Anlage 2 des WPG gefordert sind, durchgeführt.

5.3.1 Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

In § 18 des WPG ist beschrieben, dass das beplante Gebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete für die Jahre 2030, 2035 und 2040 einzuteilen ist, sowie gemäß § 19 WPG für das Zieljahr 2045. Das Ergebnis für 2045 ist in

Abbildung 5-10 dargestellt. Für die überwiegende Anzahl der Cluster wird von einer bevorzugten Eignung entweder für Wärmenetze (Fern- oder Nahwärme) bzw. für eine dezentrale Wärmeversorgung (in der Regel Wärmepumpen) ausgegangen. Sieben Cluster werden als Prüfgebiete ausgewiesen. Eine Ausweisung von Wasserstoffnetzgebieten findet für Wiesbaden nicht statt.

Alle Gebiete der Landeshauptstadt Wiesbaden, die außerhalb der dargestellten Cluster liegen, werden als dezentrale Gebiete betrachtet. Die Wärmedichten sind so gering, dass für Wärmenetze keine Eignung besteht. Gleichzeitig ist die Eignung für Wärmepumpen in den meisten Gebäuden sehr hoch. Ist dies in Einzelfällen nicht der Fall ist, kann der Wärmebedarf über alternative Lösungen wie beispielsweise Biomasse gedeckt werden.

Wichtig ist an dieser Stelle zu betonen, dass mit der Ausweisung als Wärmeversorgungsgebiet weder der Zwang, eine bestimmte Technik zu wählen, noch ein Recht z. B. auf einen Anschluss an ein Wärmenetz, einhergeht. In-

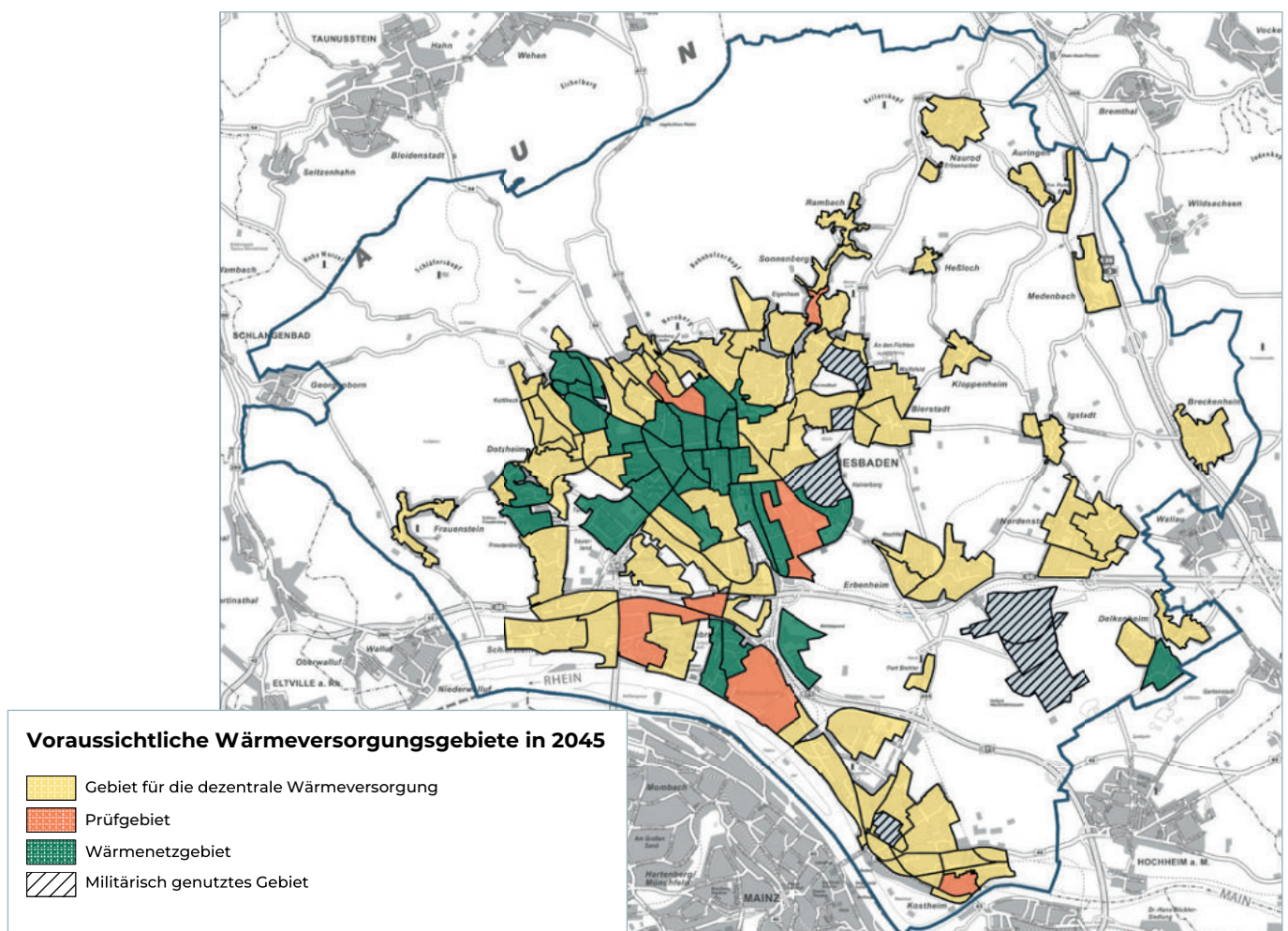


Abbildung 5-10: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045

Die Eignungen werden, wie im WPG vorgesehen, in den folgenden Eignungsstufen ausgewiesen:

- sehr wahrscheinlich geeignet,
- wahrscheinlich geeignet,
- wahrscheinlich ungeeignet und
- sehr wahrscheinlich ungeeignet.

Zur Ermittlung der Eignungsstufen für die dezentrale Versorgung wurden drei Kriterien herangezogen:

- der Anteil des Wärmebedarfs, für den eine Eignung für eine Versorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpen gemäß Potenzialanalyse vorhanden ist,
- der Anteil des Wärmebedarfs für den eine Eignung für eine Versorgung über Sole-Wasser-Wärmepumpen gemäß Potenzialanalyse vorhanden ist sowie
- die durchschnittlichen Wärmegestehungskosten der Wärmepumpen im Vergleich zu den mittleren Wärmegestehungskosten je Cluster.

Die Eignung für eine dezentrale Versorgung ist umso höher, je größer das Potenzial für eine Beheizung über

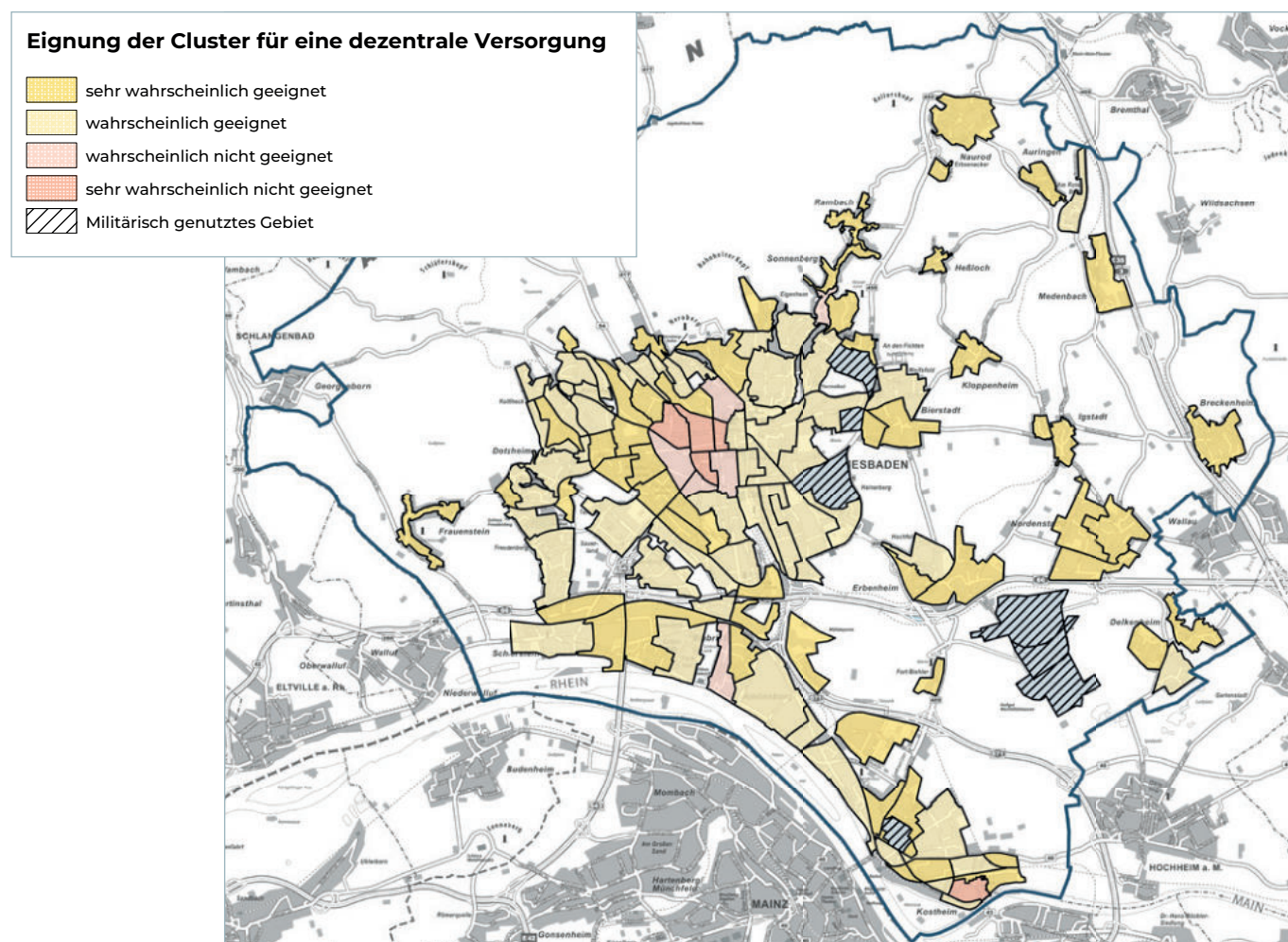


Abbildung 5-11: Eignung für eine dezentrale Versorgung in den Clustern

eine Luft-Wasser- bzw. Sole-Wasser-Wärmepumpe ist und umso geringer die Wärmegestehungskosten der Wärmepumpen im Vergleich zu den anderen Technologieoptionen sind.

Gut sichtbar auf Abbildung 5-11 ist, dass die Eignung in den hoch verdichteten Gebieten der Innenstadt am geringsten ist. Sie steigt tendenziell in den Gebieten am Stadtrand, die durch eine aufgelockerte Siedlungsstruktur gekennzeichnet sind.

5.3.1.2 Wärmenetze

Um die Eignung für die Versorgung über Wärmenetze auf Ebene der Cluster zu ermitteln, wurden die folgenden Kriterien herangezogen:

- die mittlere Wärmeliniedichte,
- das Vorhandensein von bestehenden Wärmenetzen bzw. die räumliche Nähe zu bestehenden Wärmenetzen,
- das Vorhandensein von potenziellen Großverbrauchern, die als Ankerkunden fungieren können,

- den Deckungsgrad der Potenziale erneuerbarer Wärmequellen bzw. unvermeidbarer Abwärme gemäß der Potenzialanalyse (siehe Kapitel 4.1),
- der modellierte Anschlussgrad sowie
- die durchschnittlichen Wärmegestehungskosten der Wärmenetze im Vergleich zu den mittleren Wärmegestehungskosten je Cluster.

Cluster mit einer besonders hohen Eignung für Wärmenetze zeichnen sich entsprechend durch eine hohe Wärmeliniedichte, das Vorhandensein von Wärmenetzen, Ankerkunden und/oder Potenzialen für erneuerbare Wärmequellen bzw. unvermeidbare Abwärme, einen hohen Anschlussgrad innerhalb der Modellierung sowie geringe Wärmegestehungskosten für Wärmenetze im Vergleich zu den dezentralen Techniken aus.

Die Eignung ist in Abbildung 5-12 dargestellt und zeigt in großen Teilen der Cluster ein Spiegelbild der Eignung der dezentralen Versorgung. Insbesondere in den (hoch-)verdichteten Clustern in der Innenstadt liegt eine hohe Eignung für Wärmenetze vor, während sie in den Gebieten mit geringer Wärmedichte abnimmt.

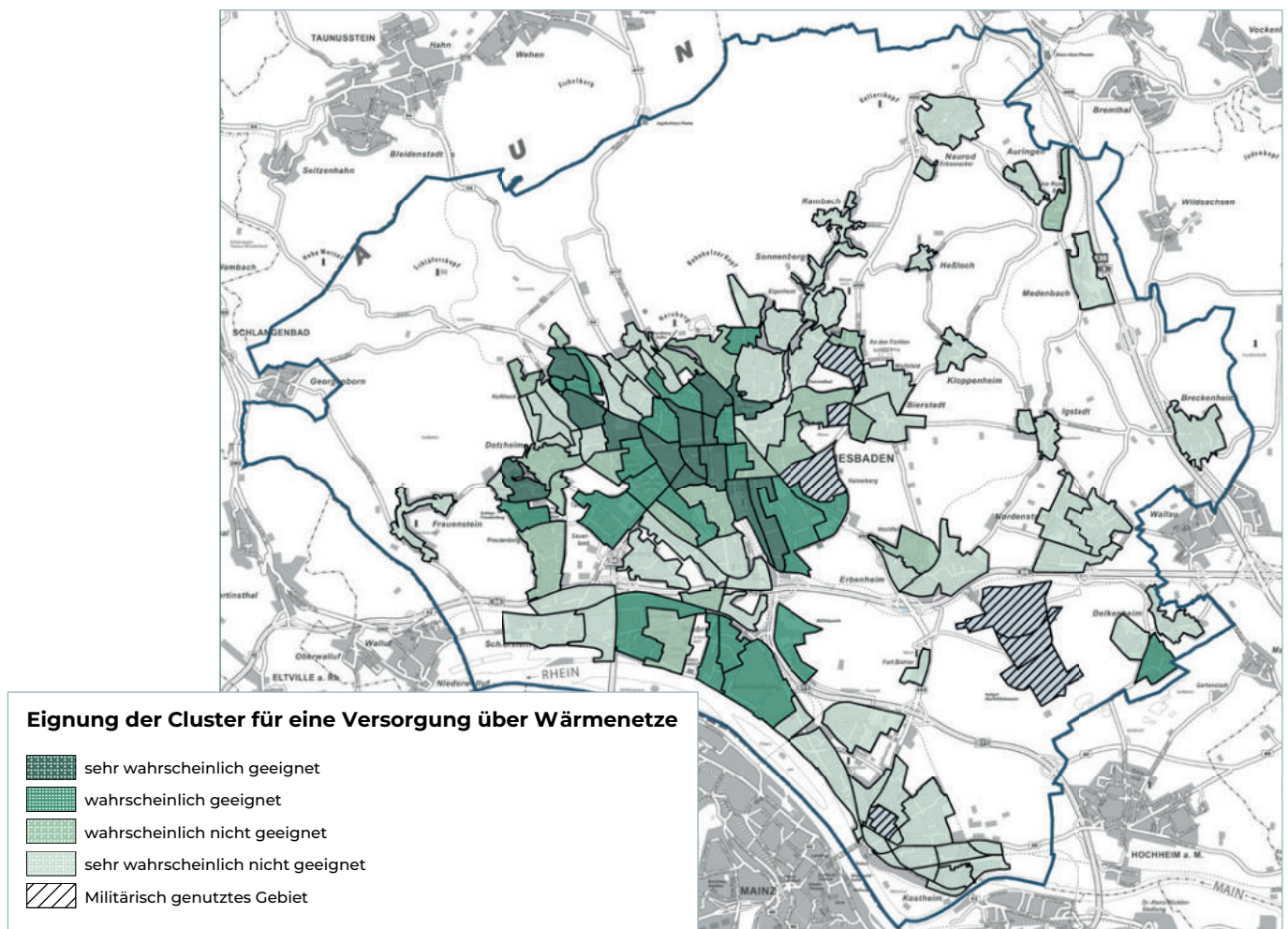


Abbildung 5-12: Eignung für eine Versorgung über Wärmenetze in den Clustern

5.3.1.3 Prüfgebiete

Sieben Cluster werden als Prüfgebiete ausgewiesen. Für diese kann Stand heute noch nicht mit ausreichend guter Genauigkeit angegeben werden, wie die zukünftig bevorzugte Eignung aussehen wird. Dafür gibt es zwei Gründe:

- in einigen der Cluster ist die Eignung weder für ein Wärmenetz noch für eine dezentrale Versorgung flächendeckend gegeben;
- in den verbleibenden Clustern ist die prinzipielle Eignung sowohl für eine dezentrale Versorgung als auch für Wärmenetze gegeben, ob ein Wärmenetz realisiert werden kann, müssen jedoch tiefergehende anschließende Untersuchungen zeigen.

Im Rahmen der Umsetzung der Maßnahmen sollten diese Gebiete in den kommenden Jahren besondere Aufmerksamkeit bekommen, um möglichst im Rahmen der Aktualisierung der kommunalen Wärmeplanung in 5 Jahren den Status als Prüfgebiet auflösen zu können.

5.3.1.4 Wasserstoff und Biomethan

In die Eignungsprüfung für eine Versorgung mit Wasserstoff sind die Lage des vorhandenen Gasnetzes und das Realisierungsrisiko eingeflossen. Eine Eignung wird in keinem der Cluster gesehen. Zwar ist in großen Teilen der Stadt ein Gasnetz vorhanden, von einer flächendeckenden Umstellung auf Wasserstoff kann jedoch trotzdem nicht ausgegangen werden, dafür ist das Realisierungsrisiko zu hoch. Wie bereits in der Potenzialanalyse beschrieben ist für Wiesbaden der Anschluss an das Wasserstoffkernnetz in Vorplanung, darüber werden jedoch lediglich die Bedarfe der Industrie sowie ggfs. die Lastspitzen im Fernwärmenetz gedeckt werden. Für alle anderen Anwendungsfälle besteht ein sehr hohes Realisierungsrisiko, da sowohl die Verfügbarkeit und der Preis für Wasserstoff als auch die Kompatibilität des Gasverteilnetzes mit sehr hohen Unsicherheiten verbunden sind.

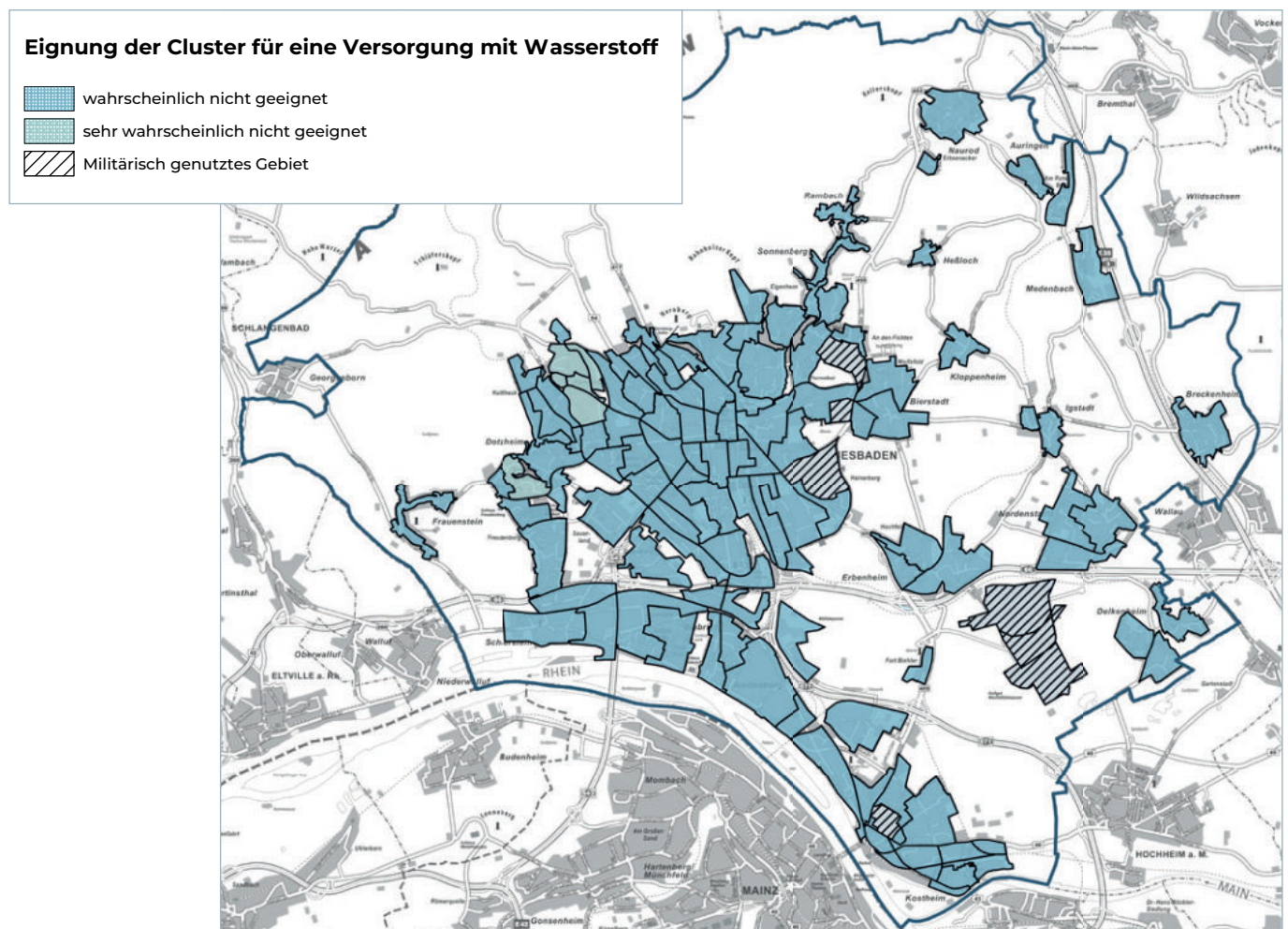


Abbildung 5-13: Eignung für die Versorgung durch Wasserstoff in den Clustern

Gemäß des Leitfadens Wärmeplanung [32][26] wurde für die sieben Cluster, die als Prüfgebiete ausgewiesen werden, ergänzend die Eignung für Biomethan geprüft. Das Ergebnis der Prüfung ist in Abbildung 5-14 dargestellt. Die Kriterien für die Prüfung sind:

das Vorhandensein eines Gasnetzes,

- der modellierte Anschlussgrad,
- die Verfügbarkeit von Methangas sowie
- die durchschnittlichen Wärmegestehungskosten der Gaskessel im Vergleich zu den mittleren Wärmegestehungskosten je Cluster.

Die unterschiedlichen Einschätzungen ergeben sich aus den unterschiedlichen Anschlussgraden. Eine schlechte Eignung für Wärmepumpen und Wärmenetze ergeben einen höheren Bedarf für den Einsatz von grünem Methan im jeweiligen Cluster.

Im Vergleich zu Wasserstoff ist die Eignung für einen sehr begrenzten Einsatz von Biomethan höher. Dies liegt in erster Linie daran, dass Biomethan deutlich einfacher im

vorhandenen Gasverteilnetz eingespeist werden kann. Problematisch ist jedoch die Verfügbarkeit. Zwar soll, wie in der Potenzialanalyse beschrieben, 2029 eine Bioabfallvergärungsanlage in Betrieb gehen. Die erwarteten Mengen von ca. 5 Mio. m³ Biomethan (ca. 50 GWh Wärme pro Jahr) sind jedoch bei weitem nicht ausreichend, um alle Bedarfe zu decken. Selbst wenn weitere Quellen für Biomethan hinzukommen, wird die Verfügbarkeit sehr beschränkt bleiben und ein flächendeckender Einsatz ist somit nicht absehbar.

5.3.1.5 Voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete in Zeitabschnitten bis 2045

Die in Abbildung 5-15 gezeigten voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete sind durch die Verschneidung der Clustereignungen für die dezentrale Versorgung bzw. die Versorgung über Wärmenetze entstanden. Ein Gebiet gilt als Wärmenetzgebiet bzw. als Gebiet für die dezentrale Versorgung, wenn die entsprechende Versorgungsoption in dem Gebiet als wahrscheinlich geeignet oder sehr wahrscheinlich geeignet bewertet ist. Besteht für beide

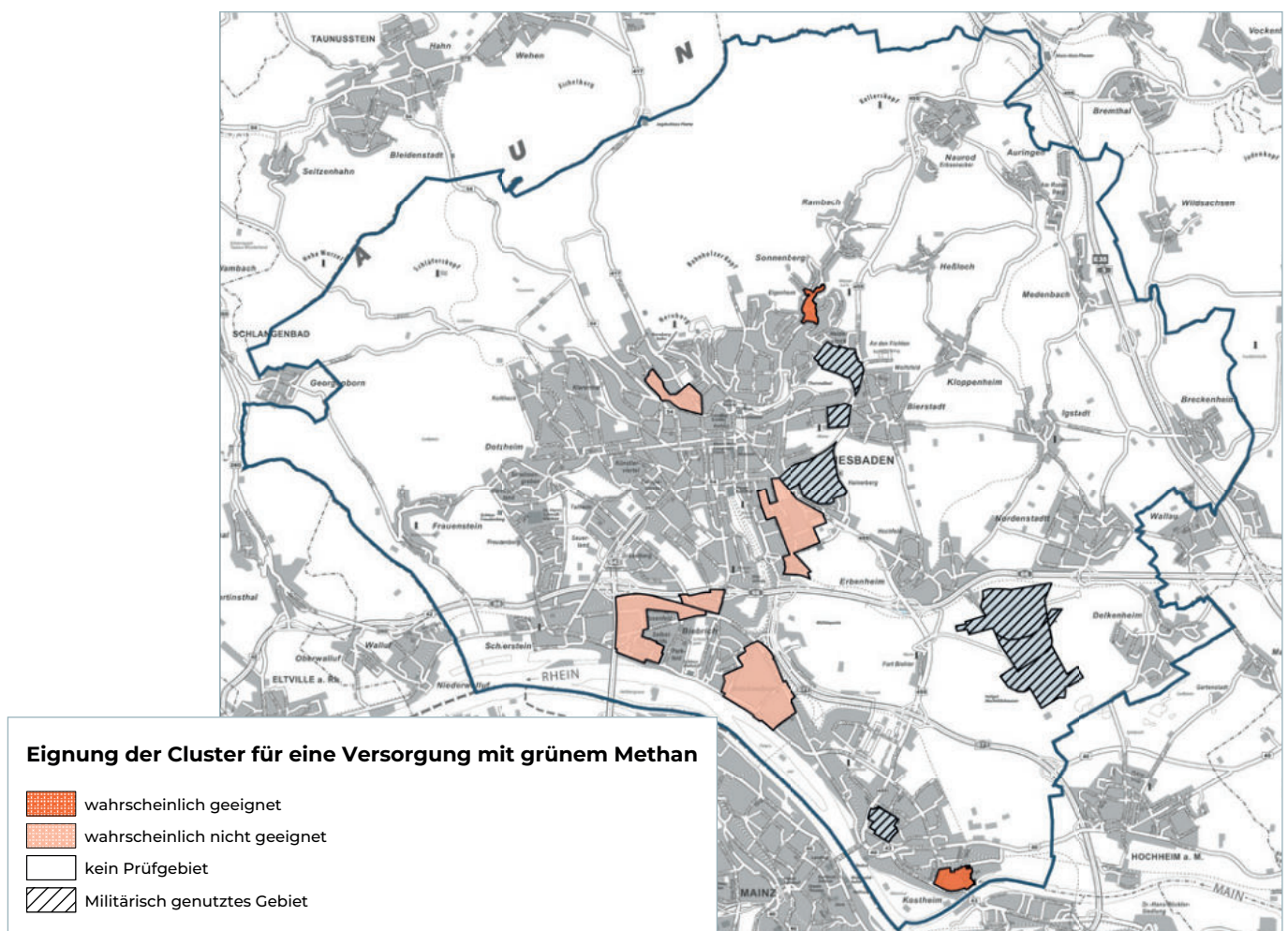


Abbildung 5-14: Eignung für die Versorgung über Biomethan in den Prüfgebieten

Optionen mindestens eine wahrscheinliche Eignung, wird die Technik mit der höheren Einstufung gewählt. Bei gleicher Einstufung wird das Wärmenetz ausgewiesen, sofern Energieversorger oder Netzbetreiber keine abweichende Einschätzung treffen (z. B. weil ein Wärmenetzausbau dort untersucht wurde und nicht für wirtschaftlich sinnvoll betrachtet wird).

Abschließend werden in Abbildung 5-15 die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete ab den Zwischenjahren 2030, 2035 und 2040 dargestellt. Für die dezentrale Versorgung ändert sich die Einschätzung über die Jahre nicht, sodass keine Aufschlüsselung nach Jahren vorgenommen wird. Die zeitliche Einordnung der voraussichtlichen Wärmenetzgebieten erfolgte in enger Abstimmung mit den potenziellen Wärmenetzbetreibern. Je weiter die Realisierungszeiträume entfernt liegen, umso unkonkreter sind die Ausbauplanungen und höher sind die Unsicherheiten.

5.3.2 Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial

Gemäß § 18 (5) des Wärmeplanungsgesetzes werden Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial dargestellt. Die Grundlage für die Ausweisung der Gebiete bilden die Szenarien zur Wärmebedarfsreduktion für Raumwärme und Warmwasser. In Kapitel 4.2 sind die Kriterien, die der Fortschreibung zugrunde liegen sowie die Ergebnisse der Analysen, ausführlich beschrieben.

Zur Ermittlung der Gebiete, die ein erhöhtes Einsparpotenzial aufweisen, werden die Daten aus der Fortschreibung im Szenario 1 (maßgebliches Zielszenario) auf Ebene der Cluster ausgewertet, indem die Wärmebedarfsreduktion bis 2045 je Nutzfläche berechnet wird. Das Ergebnis ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Besonders hoch sind die Einsparpotenziale in den in orange bzw. rot eingefärbten Quartieren, während sie in den grün eingefärbten Quartieren geringer sind.

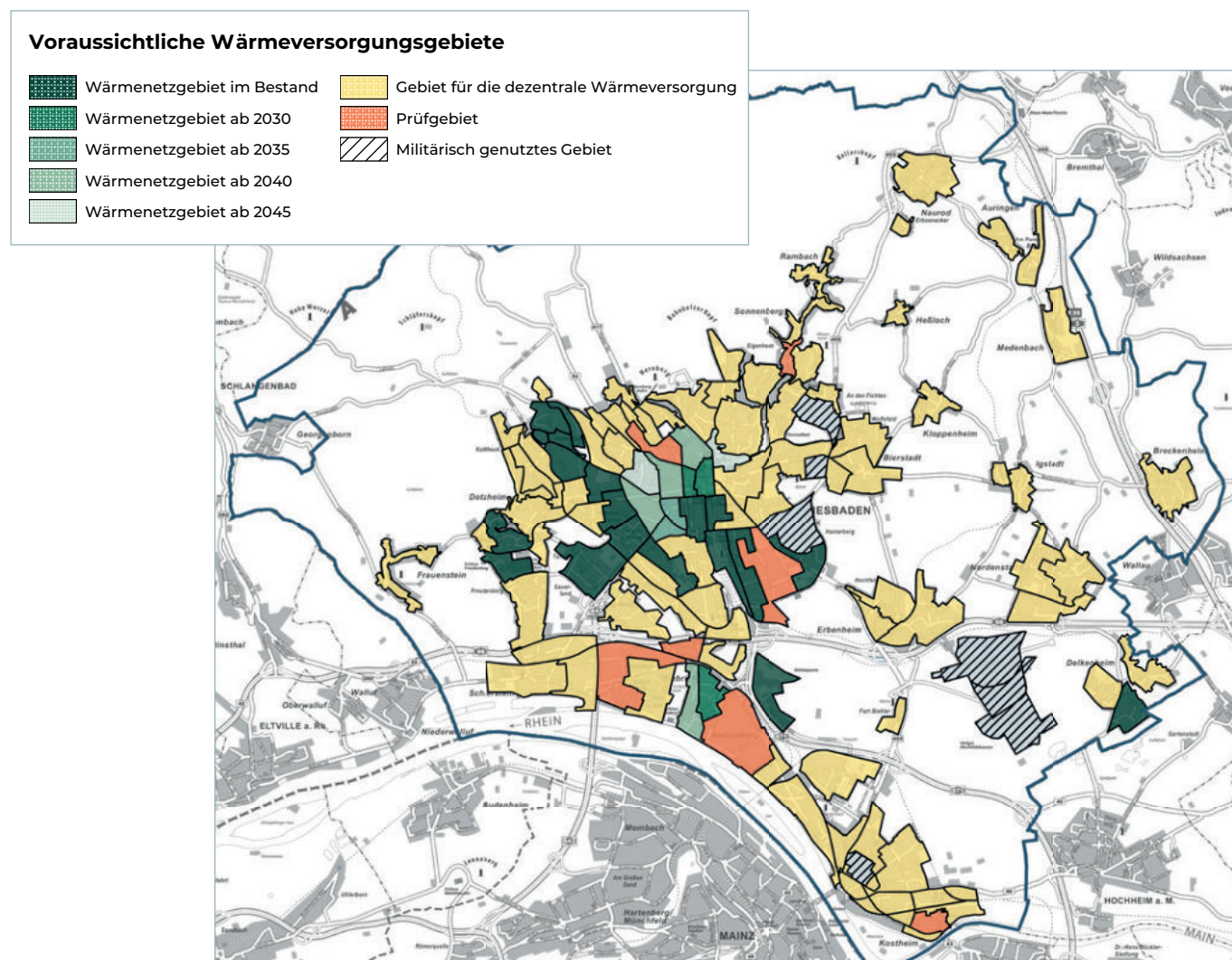


Abbildung 5-15: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete im Zeitraum bis 2045

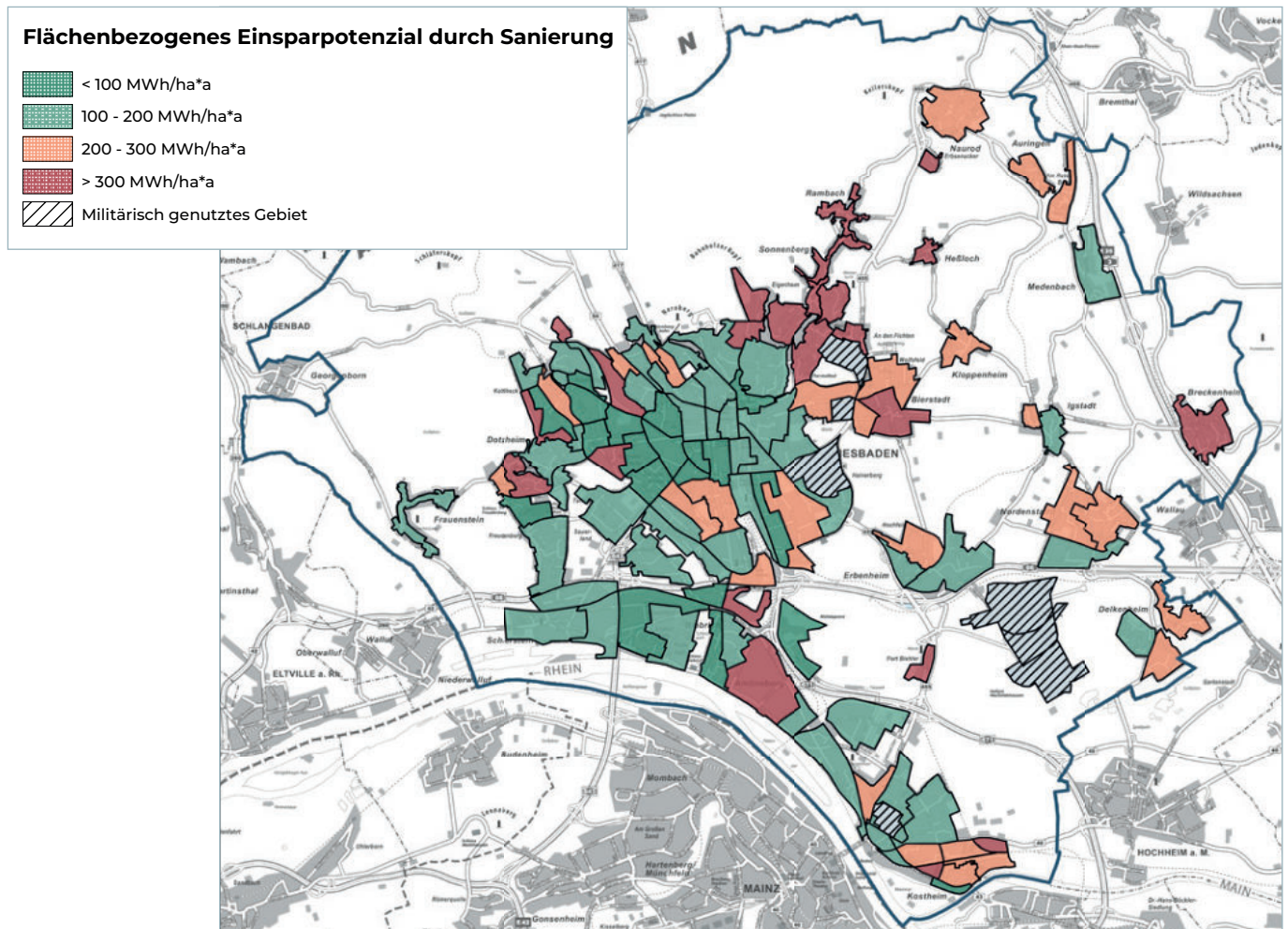


Abbildung 5-16: Gebiete mit unterschiedlichem Energieeinsparpotenzial

Die Einsparpotenziale unterscheiden sich zwischen den Clustern zum Teil erheblich. Während die Einsparpotenziale im Gebiet der Innenstadt tendenziell geringer sind, steigen sie in den Außenbezirken an. Die Gründe für die unterschiedlichen Potenziale liegen auf der einen Seite im derzeitigen Sanierungszustand begründet: je besser der energetische Zustand heute ist, umso geringer sind die Einsparpotenziale. Das gilt zum Beispiel für Cluster mit einem hohen Anteil an Neubauten und bereits energetisch sanierten Gebäuden. Auf der anderen Seite wirken, wie in Kapitel 4.2 beschrieben, weitere Faktoren wie der Denkmalschutz auf die Sanierungswahrscheinlichkeit bzw. auf die Tiefe der Sanierung.

5.3.3 Weitere Auswertungen gemäß WPG

Gemäß der Anlage 2 des WPG sind weitere Auswertungen zum maßgeblichen Zielszenario durchzuführen. Diese werden in der Folge jeweils für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 dargestellt und kurz eingeordnet.

Jährlicher Endenergiebedarf

Die Entwicklung des jährlichen Endenergiebedarfs, differenziert nach den eingesetzten Energieträgern, ist in Tabelle 5-3 sowie Abbildung 5-17 dargestellt. Die bisherigen Auswertungen haben den Nutzenergiebedarf ausgewiesen, also die Energiemenge, die für Raumwärme und Warmwasser aufgewendet wird. Im Gegensatz dazu gibt der Endenergiebedarf die Energiemenge an, die an das Gebäude geliefert wird. Im Falle einer Gasheizung ist der Endenergiebedarf um die Umwandlungsverluste des Heizkessels höher als die Nutzenergie. Im Falle der Wärmepumpe ist die Endenergie um den Faktor der Jahresarbeitszahl geringer als die Nutzenergie.

Der Endenergiebedarf sinkt von 3.206 GWh/a im Ist-Stand auf 2.385 GWh/a im Jahr 2045, was einer Reduktion um 26% entspricht.

Tabelle 5-3: Jährlicher Endenergiebedarf der Wärmeversorgung in GWh/a, differenziert nach Energieträgern

Jahr	Wärmenetze	Gas	Heizöl	Strom	Biomasse	Umweltwärme	Summe
2030	454	1.824	295	22	26	167	2.789
2035	523	1.424	194	106	21	408	2.676
2040	604	927	96	204	18	684	2.533
2045	642	396	0	318	14	1.015	2.385

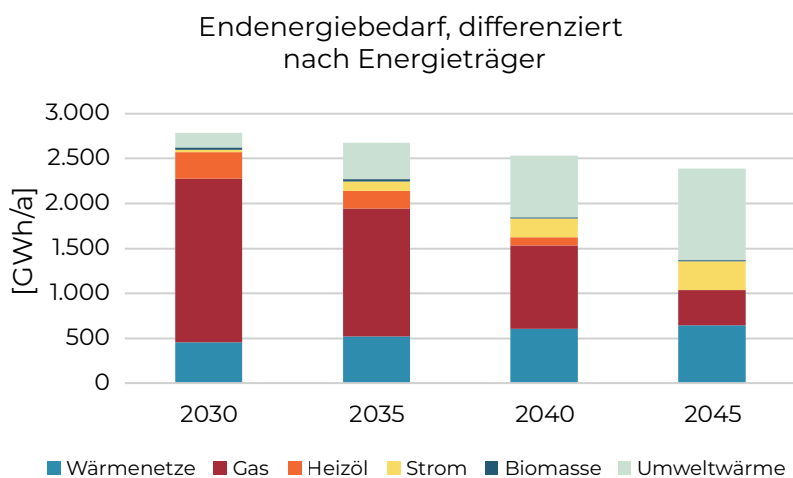


Abbildung 5-17: Jährlicher Endenergiebedarf der Wärmeversorgung in GWh/a, differenziert nach Energieträgern

Die Aufteilung des Endenergiebedarfs auf die Sektoren Wohnen, GHD und Sonstige, Mischnutzung, öffentliche Gebäude sowie Industrie ist in der folgenden Tabelle 5-4 sowie Abbildung 5-18 dargestellt. Der Rückgang des Endenergiebedarfs zeigt sich in allen Sektoren, die Ausprägung ist je nach Energieträgerverteilung innerhalb der Sektoren etwas unterschiedlich.

Tabelle 5-4 Jährlicher Endenergiebedarf der Wärmeversorgung in GWh/a, differenziert nach Endenergiesektoren

Jahr	Wohnen	GHD und sonstiges	Mischnutzung	Öffentlich	Industrie	Summe
2030	1.694	296	259	419	122	2.789
2035	1.640	280	251	390	115	2.676
2040	1.582	263	239	359	90	2.533
2045	1.510	230	231	332	83	2.385

Endenergiebedarf, differenziert nach Sektor

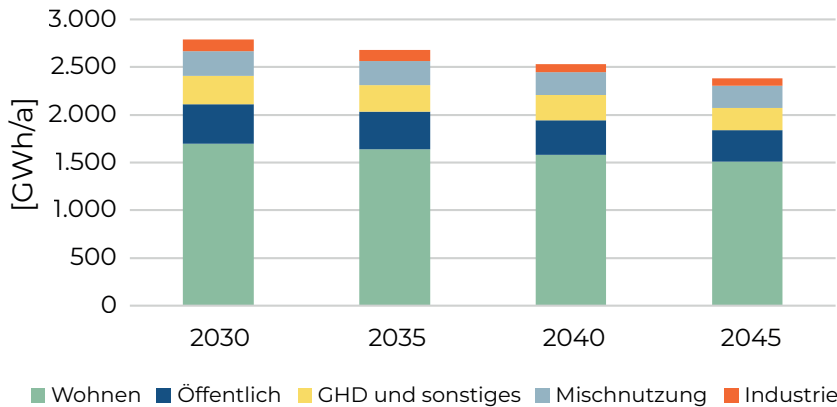


Abbildung 5-18: Jährlicher Endenergiebedarf der Wärmeversorgung in GWh/a, differenziert nach Sektor

Treibhausgasemissionen

Die Treibhausgasemissionen werden gemäß den in Abschnitt 3.4.2 benannten Treibhausgasemissionsfaktoren berechnet. Der Reduktionspfad ist Tabelle 5-5 zu entnehmen. Im Vergleich zum Ist-Stand sinken die Treibhausgasemissionen von 778.035 t auf 53.748 t CO₂-äq., was einer Reduktion um ca. 93% entspricht.

Tabelle 5-5: Jährliche Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung (t CCO₂-äq. /a)

Jahr	THG-Emissionen
2030	527.829
2035	395.946
2040	232.566
2045	53.748

Entwicklung der leitungsgebundenen Versorgung

Zunächst wird in Tabelle 5-6 der jährliche Endenergiebedarf, der über Wärmenetze gedeckt wird, ausgewiesen. Ergänzend dazu wird der Anteil am gesamten Endenergiebedarf dargestellt. Der Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung steigt bis 2045 auf 47%, bzw. 642 GWh/a in Summe der Fern- und Nahwärmenetze.

Tabelle 5-6: Jährlicher Endenergiebedarf der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in GWh/a und deren Anteil am Endenergiebedarf in Prozent

Jahr	leitungsgebundene Wärmeversorgung	Anteil leitungsgebundene Wärmeversorgung
2030	454	17 %
2035	523	23 %
2040	604	33 %
2045	642	47 %

In der folgenden Tabelle 5-7 sind die Anteile der Energieträger der leitungsgebundenen Versorgung gemäß des Transformationsplans der ESWE Versorgungs AG für die betrachteten Stützjahre dargestellt.

Tabelle 5-7: Jährlicher Endenergiebedarf der leitungsgebundenen Wärmeversorgung nach Energieträgern in Prozent gemäß dem Netztransformationsplans der ESWE Versorgungs AG

Jahr	Erdgas	Biomasse (Holz)	Müll	Strom	Grüner Wasserstoff	Biogas
2030	1,2 %	15 %	41,3 %	36,7 %	0 %	5,8 %
2035	1 %	14,5 %	22 %	62,5 %	0 %	0 %
2040	1,9 %	14,5 %	34,8 %	48,8 %	0 %	0 %
2045	0 %	14,5 %	47,5 %	35,1 %	2,9 %	0 %

Das Wachstum der Wärmenetze spiegelt sich auch in der Anzahl der Wärmenetzanschlüsse wider, die in Tabelle 5-8 dargestellt sind. Hierbei ist zu beachten, dass die Anzahl der Gebäude über die Anzahl der Flurstücke abgeschätzt wird. Sollte es auf einem Flurstück mehr als einen Anschluss geben, so führt die untere Tabelle zu einer geringfügigen Unterschätzung.

Tabelle 5-8: Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude in Prozent

Jahr	Anzahl Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz	Anteil Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz
2030	2.045	5 %
2035	2.910	7 %
2040	3.582	9 %
2045	4.192	11 %

Gasnetze

Analog zu den Auswertungen für die Wärmenetze werden die Zahlen auch für die Gasnetze erhoben. Tabelle 5-9 zeigt die absolute Menge der Wärme, die über das Gasnetz gedeckt wird sowie den Anteil am Endenergiemix. Tabelle 5-10 weißt die Anzahl der Gebäude mit einem Gasnetzanschluss aus.

An dieser Stelle ist es wichtig zu betonen, dass zwar der Wärmebedarf der über gasförmige Energieträger gedeckt wird, stark zurückgeht. Allerdings bleibt der Anteil mit 29 % am Endenergiebedarf bzw. mit 32 % der Gebäude mit verbleibendem Gasanschluss relativ hoch, obwohl es in sehr großen Teilen der Stadt eine gute bzw. sehr gute Eignung für Wärmepumpen bzw. Wärmenetze gibt. Dieser Anteil ergibt sich in der Modellierung insbesondere aus Gebäuden, die sich in den ersten Jahren für eine Gasbasierte Versorgung entscheiden. In den späteren Jahren sinkt der Anteil an Gasheizungen bei Neuentscheidungen stark (vgl. Abbildung 5-9). Wie in den vorangegangenen Kapitel (insbesondere Kapitel 4.1.11 und 4.1.18) beschrieben, sind sowohl die Verfügbarkeit als auch die Preise erneuerbarer Gase mit großen Unsicherheiten verbunden. Daher

sollten insbesondere in den Gebieten, die eine hohe Eignung für eine dezentrale Wärmeversorgung bzw. Wärmenetze aufweisen, geprüft werden, wie der Anteil an neu installierten Gaskesseln (auch als Hybrid-Lösungen) so gering wie möglich gehalten werden kann, um die Unsicherheiten zu reduzieren. Zudem sei darauf hingewiesen, dass der hohe Gasanteil sich auch daraus ergibt, dass an dieser Stelle die Endenergieanteile wiedergegeben werden, bezogen auf die Nutzenergie liegt der Anteil bei 17 %.

Tabelle 5-9: Jährlicher Endenergiebedarf aus Gasnetzen in GWh/a und deren Anteil am Endenergiebedarf in Prozent

Jahr	Bedarf aus Gasnetzen	Anteil der gasförmigen Energieträger
2030	1.824	70 %
2035	1.424	63 %
2040	927	50 %
2045	396	29 %

Tabelle 5-10: Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude in Prozent

Jahr	Anzahl Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz	Anteil Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz
2030	28.441	73 %
2035	23.706	61 %
2040	18.280	47 %
2045	12.487	32 %

6. Umsetzungs- und Verstetigungsstrategie

Das Ziel der Umsetzungs- und Verstetigungsstrategie ist es, die kommunale Wärmeplanung aus ihrem bisherigen Projektcharakter herauszulösen und zu einer dauerhaften, strukturell verankerten und finanziell planbaren Kernaufgabe der Stadt zu entwickeln. Für die Umsetzung dieses Prozesses stehen verschiedene Bausteine/Grundprinzipien zur Verfügung, von denen einige in Tabelle 6-1 dargestellt sind.

6.1. Maßnahmenkatalog und Umsetzungskonzept

Um den Übergang vom Projektcharakter zur Daueraufgabe der Stadt anzustoßen, wurden im Rahmen der Wärmeplanung Maßnahmen und dazugehörige Maßnahmensteckbriefe erarbeitet.

Basis für die entwickelten Maßnahmen war der KLIMA_PLAN Wiesbaden. Der KLIMA_PLAN wurde im Mai 2025 durch die Stadtverordnetenversammlung beschlossen und enthält 73 Maßnahmensteckbriefe, die zur Erreichung der Klimaneutralität der Stadt Wiesbaden beitragen. Die Maßnahmen beziehen sich neben dem Sektor Wärme auch auf die Sektoren Strom und Mobilität.

Die im Rahmen der KWP entwickelten Maßnahmen basieren teilweise, aber nicht nur, auf Maßnahmen, die bereits im KLIMA_PLAN ausgearbeitet wurden. Ziel war es, jene Maßnahmen mit dem höchsten Wirkungsgrad zur Treibhausgasreduktion zu identifizieren und weiterführend zu differenzieren. Die insgesamt acht Maßnahmen ermöglichen der Landeshauptstadt Wiesbaden, einen wesentlichen Beitrag zur Wärmewende zu leisten.

Tabelle 6-1: Bausteine der Umsetzungs- und Verstetigungsstrategie

Baustein	Inhalt	Ziel
Institutionalisierung & finanzielle Nachhaltigkeit	— Feste organisatorische Verankerung — Integration des Wärmeplans/ der Umsetzungsmaßnahmen in bestehende (Standard-)Prozesse — Arbeitsgruppe Wärmewende verstetigen — Vorausschauende Planung erforderlicher Haushaltsmittel, Fördermittelmanagement	Die Wärmeplanung zu einer Daueraufgabe der Kommune machen
Monitoring & adaptive Steuerung	— Festlegung von zentralen Kennzahlen — Regelmäßige Berichterstattung — Bei Verfehlung von Zielen: Über Arbeitsgruppe Wärmewende und den Lenkungskreis Klimaschutz und Klimaanpassung nachsteuern	Die Umsetzung des Wärmeplans messbar machen und flexibel steuern
Bürger- & Stakeholdereinbindung	— Verschiedene Formate für Bürger:innen und Unternehmen — Zentrale Beratungsstelle bzgl. Fördermittel, technischer Optionen — Transparente Dokumentation — Regelmäßiger Austausch mit Handwerk, Energieversorgern, Wohnungswirtschaft	Akzeptanz in der Gesellschaft schaffen und eine aktive Mitwirkung sichern
Skalierbarkeit & Replikation	— Piloterprobung bspw. für Sanierungsberatung — Standardisierung erfolgreicher Prozesse — Nutzung von Synergien	Erfolgreiche Ansätze verstetigen und verbreiten

Tabelle 6-2: Übersicht der Strategiefelder

Nr.	Umsetzungsmaßnahme
1	Fortlaufende Kommunikation der Wärmewende
2	Kommunale Rahmenbedingungen für den Ausbau und die Dekarbonisierung der Fernwärme
3	Standardisierte Umsetzungskonzepte und Schulungsmodule zur Beschleunigung des Wärmepumpen- und Fernwärmehochlaufs
4	Dekarbonisierung und energetische Sanierung kommunaler Liegenschaften
5	Entwicklung und Umsetzung integrierter Wärmeversorgungskonzepte für klimaneutrale Quartiere
6	Flächenbereitstellung und aktives Flächenmanagement zur Energiewende
7	Ausweitung der Fernwärmesetzungsgebiete
8	Förderprogramm im Bereich Sanieren, Erzeugen, Verteilen und Einsparen

Die vollständigen Maßnahmensteckbriefe sind im Anhang A2 zu finden. Ergänzt wurden unter anderem Informationen bzgl. der zeitlichen Einordnung, einer ausführlichen Beschreibung inkl. zentraler Umsetzungsschritte sowie eine Bewertung möglicher Fördermöglichkeiten. Mit der Zuweisung von Verantwortlichkeiten wird zudem auch ein erster Schritt zur Institutionalisierung der Wärmeplanung in der Stadtverwaltung eingeleitet.

6.2. Monitoring

Das Monitoring der Umsetzungsmaßnahmen bildet einen zentralen Baustein der Verstetigung der kommunalen Wärmeplanung. Durch die systematische Erfassung und Auswertung qualitativer und quantitativer Daten wird sowohl die Wirksamkeit des kommunalen Wärmeplans als auch der Fortschritt bei der Umsetzung der Maßnahmen transparent dargestellt.

Das Monitoring gliedert sich in zwei Ebenen:

- Wirkungskontrolle (Top-Down)
- Umsetzungskontrolle (Bottom-Up)

Die Wirkungskontrolle überprüft die Erreichung der übergeordneten Ziele des kommunalen Wärmeplans anhand zentraler Kennzahlen der Wärmewende (z. B. Anzahl installierter Wärmepumpen, neu angeschlossene Gebäude an Wärmenetze, etc.). Die Entwicklung dieser Kennzahlen ist in der Regel das Ergebnis des Zusammenspiels mehrerer – auch nichtstädtischer – Maßnahmen und lässt sich daher nur bedingt direkt durch die Stadt steuern.

Die Umsetzungskontrolle erfasst in regelmäßigen Abständen den Stand einzelner Maßnahmen. Durch die separate Betrachtung können Fortschritte, Hemmnisse und Anpassungsbedarfe identifiziert und eine adaptive Steuerung ermöglicht werden. Die Steuerungsfunktion liegt beim Lenkungskreis Klimaschutz und Klimaanpassung bzw. der Arbeitsgruppe Wärmewende.

Diese Arbeitsgruppe übernimmt die strategische Steuerung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung. Die Leitung der Arbeitsgruppe liegt beim Umweltamt und der ESWE – Versorgungs AG, die regelmäßig über den Umsetzungsstand der Maßnahmen dem Lenkungsgreis Klimaschutz und Klimaanpassung berichten. Die Arbeitsgruppe nimmt die Monitoringberichte entgegen, bewertet die darin enthaltenen Kennzahlen und beschließt gegebenenfalls Anpassungen von Zielen, Maßnahmen oder Zuständigkeiten bei Zielabweichungen. Die Arbeitsgruppe soll in einem regelmäßigen Zyklus tagen.

Der AG Wärmewende gehören die Dienststellen der Verwaltung, der Netzbetreiber und der Versorger an. Themenbezogen können weitere Akteurinnen und Akteure und Dritte hinzugezogen werden. Optional können u.a. Vertreterinnen und Vertreter der Wohnungswirtschaft, des Gewerbes und der Industrie, des Handwerks, lokaler Initiativen sowie externe Fachplaner beratend eingebunden werden.

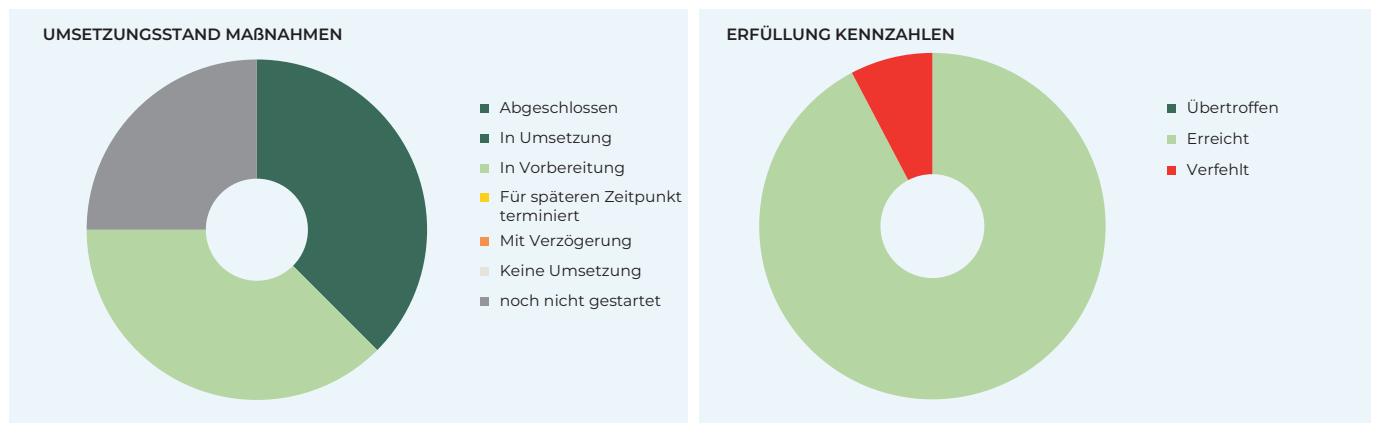
Das Monitoring wird über ein zentrales Dokument abgebildet, in welchem die Ergebnisse der Umsetzungskontrolle über ein Dashboard visualisiert werden, das einen schnellen Überblick über Fortschritte, Kennzahlen und Prioritäten ermöglicht (siehe Abbildung 6-1).

6.3. Finanzierungsmöglichkeiten

Bei der Umsetzung der Wärmewende in Wiesbaden stellt die Finanzierung eine zentrale Herausforderung dar. So-wohl auf kommunaler Ebene – im Rahmen der Umsetzungsmaßnahmen des kommunalen Wärmeplans, etwa bei der Untersuchung und dem Ausbau von Nahwärmenetzen oder der Entwicklung von Informations- und

Beratungsangeboten – als auch auf Seiten der lokalen Akteure sind langfristig gesicherte finanzielle Ressourcen erforderlich. Dies betrifft unter anderem Investitionen der ESWE Versorgungs AG in den Ausbau der Fernwärmenetzinfrastruktur als auch Aufwendungen der Bürger:innen für die Umstellung ihrer Heizungsanlagen oder für energetische Gebäudesanierungen.

Monitoring Maßnahmen – Umsetzungskontrolle Betrachtungsjahr 2025



Monitoring Kennzahlen - Wirkungskontrolle

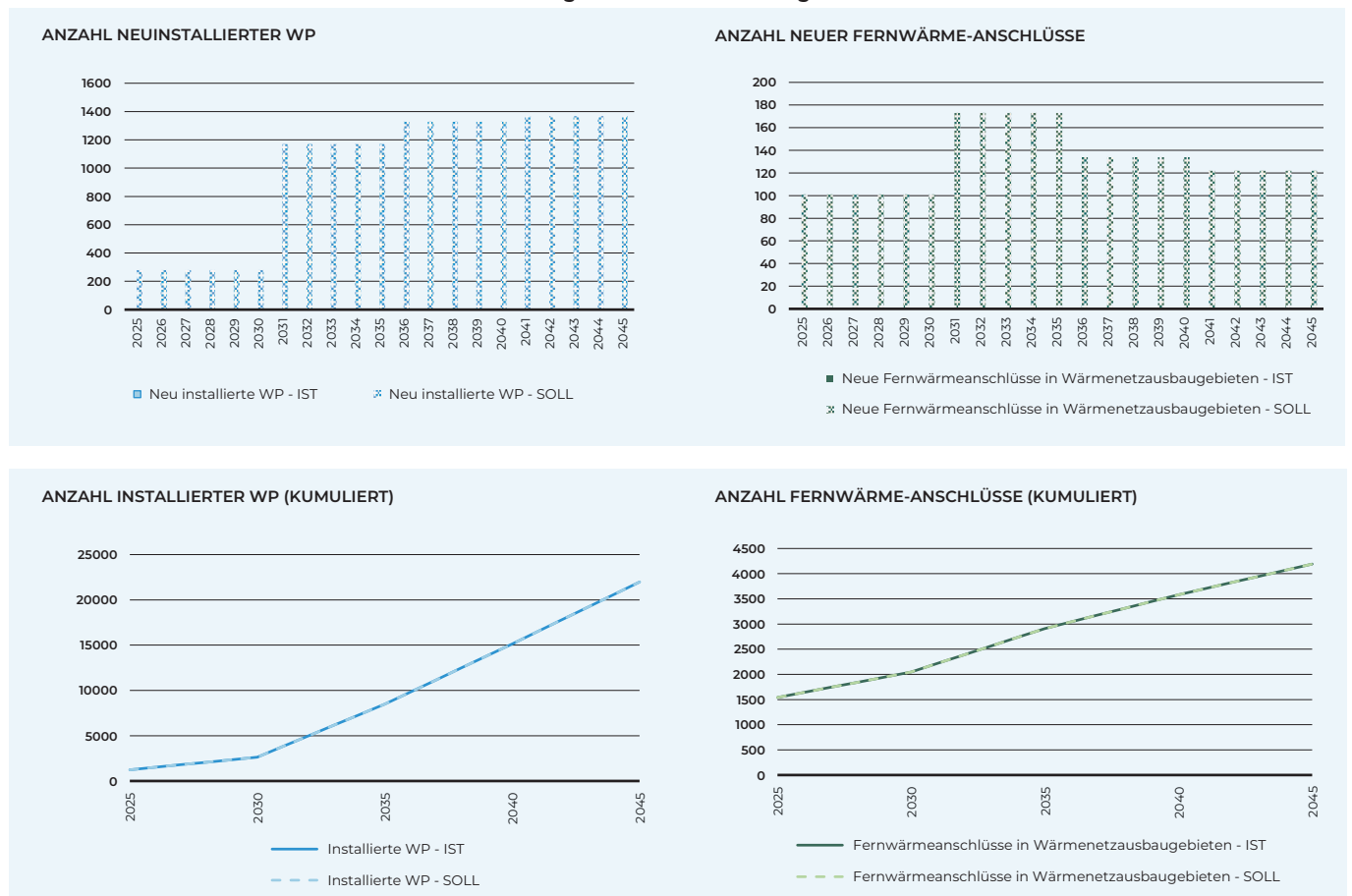


Abbildung 6-1: Exemplarische Darstellung des Monitoring-Dashboards

Neben öffentlichen Fördermitteln auf Bundes- und Landesebene können auch kommunale Eigenmittel, Beteiligungsmodelle mit Bürger:innen sowie Kooperationen mit Energieversorgern und regionalen Unternehmen Finanzierungsmechanismen darstellen. Ein integraler Bestandteil der Strategie sollte daher die Identifikation und Aktivierung geeigneter Förderinstrumente sowie die Schaffung verlässlicher Rahmenbedingungen für private und gemeinschaftliche Investitionen sein, um die Umsetzung der Wärmewende nachhaltig zu sichern. Im Anhang A3 sind Förderinstrumente aufgeführt, die sich auf die folgenden Bereiche konzentrieren:

- Förderung nach dem Hessischen Energiegesetz
- Infrastruktur & Konzeptumsetzung
- Umsetzung im kommunalen Gebäudebereich
- Umsetzung im privaten Gebäudebereich

6.4. Synergien und Zusammenarbeit

Anfang 2025 fand ein Austausch mit der Stadt Mainz statt, bei dem mögliche Synergien erörtert wurden. Es wurde festgestellt, dass der Rhein eine natürliche Barriere darstellt und daher ein gemeinsames Wärmenetz nicht realisierbar ist. Auch in Bezug auf die Bürgerkommunikation und ähnliche Bereiche konnten keine sinnvollen Kooperationsmöglichkeiten identifiziert werden.

Es gibt Möglichkeiten zur Zusammenarbeit bei der Wasserstoffversorgung, weil der gemeinsame Bedarf beider Städte die Anbindung an den geplanten Wasserstoff-Backbone wirtschaftlich interessanter machen könnte. Allerdings hat dies keine praktischen Folgen für den Wärmeplan, da dort keine Wasserstoffgebiete vorgesehen sind.

Die Situation in der Stadt Taunusstein gestaltet sich vergleichbar. Es fanden Gespräche zur Abstimmung statt; jedoch erweisen sich eine Kooperation derzeit aufgrund der geografischen Distanz und des Taunusgebirges als natürliche Barriere als schwierig. Sollte perspektivisch der Bau eines regionalen Wasserstoffnetzes realisiert werden, wird eine Zusammenarbeit zwischen Taunusstein und Wiesbaden erneut geprüft und gegebenenfalls in Erwägung gezogen.

6.5. Lokale Initiativen und Gemeinschaften

Lokale Initiativen und Gemeinschaften spielen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der Wärmewende, da sie durch bürgerschaftliches Engagement, Wissenstransfer und Kooperationen den Wandel zu einer nachhaltigen Wärmeversorgung aktiv gestalten können.

Durch die Gründung und den Ausbau von Bürgerenergiegenossenschaften wird eine aktive Beteiligung der Bevölkerung an Energieprojekten – etwa durch Photovoltaikanlagen auf Dächern und Freiflächen, Windenergieanlagen im regionalen Umfeld oder den Aufbau und Betrieb lokaler Nahwärmenetze ermöglicht. Dies stärkt nicht nur die lokale Energieversorgung, sondern auch die Akzeptanz in der Bevölkerung. Durch finanzielle Teilhabe und Mitbestimmung wird zudem das gesellschaftliche Engagement gefördert und die Identifikation mit der Energiewende vor Ort gestärkt.

Ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt liegt in der Unterstützung kommunaler Informations- und Beratungsangebote. Ehrenamtliches Engagement kann dabei helfen, insbesondere zu dezentralen Wärmelösungen aufzuklären und Wissen niedrigschwellig zugänglich zu machen. Veranstaltungen wie Informationsabende, Themenwochen und Fachvorträge sowie Praxisbeispiele – etwa Wärmepumpen-Rundgänge oder Führungen zu energetischen Sanierungen – tragen dazu bei, die Bevölkerung über konkrete Maßnahmen zu informieren. Ziel ist es, die Bereitschaft zu Heizungsmodernisierungen und energetischen Sanierungen zu erhöhen und somit direkte Beiträge zur Wärmewende zu leisten.

Darüber hinaus spielt die Vernetzung lokaler Akteur:innen eine zentrale Rolle. Durch die Initiierung gemeinschaftlicher Nahwärmeprojekte und die aktive Verbindung von Gebäudeeigentümer:innen könnten Synergien genutzt und Projekte effizient umgesetzt werden. Eine enge Zusammenarbeit mit bestehenden Klima- und Energieinitiativen unterstützt dabei den Wissensaustausch und die Bündelung von Ressourcen. Die Förderung kollektiver Lösungen und gemeinschaftlicher Ansätze anstelle isolierter Einzelmaßnahmen trägt wesentlich dazu bei, nachhaltige und resiliente Strukturen für die Wärmewende zu schaffen.

Die Einflussmöglichkeiten lokaler Initiativen und Gemeinschaften wurde auch bei der Erstellung der Umsetzungsmaßnahmen berücksichtigt. Es wurden Maßnahmen entwickelt, die gezielt zur Stärkung dieser beitragen sollen, z. B. das Mitwirken bei Informationsveranstaltungen.

7. Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung

Die Wärmeplanung wurde durch eine Vielzahl ergänzender Beteiligungs- und Informationsformate getragen, die sicherstellen, dass unterschiedliche gesellschaftliche Gruppen, politische Gremien, technische Akteure und Bürgerinnen und Bürger in den Prozess eingebunden sind. Die Beteiligungsstrategie folgt den Leitlinien Transparenz, Verständlichkeit, frühzeitige Information und kontinuierlicher Dialog.

Auftaktveranstaltung – Bürgerforum

Der offizielle Auftakt zur Kommunalen Wärmeplanung erfolgt am 22.02.2024 im Rahmen eines Bürgerforums. Bei dieser Veranstaltung werden Grundprinzipien der Wärmeplanung, gesetzliche Vorgaben, der Ablauf der nächsten Monate sowie die Rollen der städtischen und externen Akteure vorgestellt. Das Bürgerforum dient als Erstkontakt zwischen Verwaltung, Fachakteuren und Öffentlichkeit und markiert den Startpunkt der breiten Öffentlichkeitsarbeit.

Die Teilnehmenden erhalten die Möglichkeit, Fragen zu stellen und erste Hinweise zu lokalen Besonderheiten einzubringen. Das Format schafft Vertrauen und Transparenz für das Vorgehen und bildet die Basis der späteren Beteiligungsschritte.

Regelmäßige Einbindung der Ortsbeiräte

Die Ortsbeiräte werden kontinuierlich einbezogen, da sie die kommunalpolitischen Vertretungen der Stadtteile sind und über tiefes lokales Wissen verfügen. Der Austausch findet durch eine regelmäßige Beteiligung des KWP Planungsteams an den Ortsbeiratssitzungen statt. Im Rahmen dieser Sitzungen fließen Informationen zu geplanten Quartiersentwicklungen, lokalen Herausforderungen und bestehenden Energieinfrastrukturen wie Altbauquartiere, Straßenzüge oder lokale Abwärmepotenziale ein. Die Ortsbeiräte unterstützen dabei Entscheidungen anhand lokaler Realitäten zu treffen und fördern gleichzeitig die Akzeptanz der Wärmeplanung in den Stadtteilen.

Politische Begleitung durch den Umweltausschuss

Der Ausschuss für Umwelt, Klima und Energie der Stadt Wiesbaden begleitet den Prozess kontinuierlich. Die Verwaltung informiert regelmäßig über Zwischenergebnisse, methodische Vorgehensweisen und räumliche Analyseergebnisse. Die Mitglieder des Ausschusses diskutieren Auswirkungen auf Klimaschutzziele, Infrastrukturmaßnahmen und städtebauliche Entwicklung.

Diese frühe Einbindung stellt sicher, dass politische Entscheidungen transparent vorbereitet werden. Die aktive Mitgestaltung der Wärmeplanung durch den Ausschuss

stellt sicher, dass der Wärmeplan im Einklang mit den klimapolitischen Zielen der Stadtpolitik steht.

Lenkungskreis Klimaschutz & Klimaanpassung

Der Lenkungskreis Klimaschutz & Klimaanpassung fungiert als zentrale Koordinierungsstelle aller klimaschutzrelevanter Maßnahmen in Wiesbaden.

Er setzt sich aus Vertreter:innen der Dezernate und der Fachämter, beispielsweise des Umweltamtes, der Stadtplanung und des Tiefbauamts, Eigenbetriebe und Gesellschaften der Stadt wie der ESWE Versorgung AG, der GWW, der SEG, der Wi-Bau und der ELW, sowie dem Klimaschutzbeirat zusammen.

In den Sitzungen des Lenkungskreises werden strategische Fragestellungen, Zwischenergebnisse und methodische Schritte der KWP abgestimmt. Hierdurch wird sichergestellt, dass sich die Wärmeplanung sinnvoll in die weiteren Klimaschutzmaßnahmen der LHW einfügt. Zudem stellt der Austausch in diesem Gremium sicher, dass betroffene Träger öffentlicher Belange kontinuierlich über den Stand der KWP informiert sind und ihre Interessen im Planungsprozess berücksichtigt werden.

Arbeitsgruppe Öffentlichkeitsarbeit

Zur gezielten Planung der Informationsmaßnahmen wird eine eigene Arbeitsgruppe Öffentlichkeitsarbeit eingerichtet.

Diese koordiniert Pressemitteilungen, Veranstaltungsformate, digitale Informationen, die Social-Media-Kommunikation und die Bereitstellung von Materialien. Mit der Kommunikationsmarke „Wärmewende“ wird ein gemeinsames Designkonzept entwickelt, welches von allen Projektbeteiligten und Projektpartnern verwendet wird.

So wird sichergestellt, dass die Botschaften konsistent, verständlich und zielgruppengerecht kommuniziert werden.

Wöchentlich tagendes Projektteam

Eine hohe Taktung der projektinternen Abstimmungen wird durch das wöchentliche Jour Fixe des Projektteams gewährleistet.

Das Projektteam besteht aus Expert:innen der ESWE Versorgungs AG, der SW-Netz und dem Umweltamt der Stadt. Regelmäßig alle vier Wochen, sowie zusätzlich anlassbezogen, kommen die externen Gutachter der Firma Ramboll und des Fraunhofer IFAM hinzu.

In diesen Workshops erfolgt die operative Planung der KWP, die Datenabstimmung, die Szenarienentwicklung und die Vorbereitung der Berichte. Die fachliche Tiefe dieser Treffen ermöglicht eine präzise, fundierte und belastbare Wärmeplanung.

Fachworkshops und Akteursforen

In verschiedenen Akteursforen werden wichtige Stakeholder für die KWP frühzeitig in die Planung eingebunden. Die fokussierte und auf die Zielgruppe abgestimmte Ansprache ermöglicht es wichtige Informationen frühzeitig zu sammeln und in der Planung zu berücksichtigen. Zudem ist die frühe Aktivierung der Fachgruppen wichtig, da diese maßgeblich zu der Umsetzung des Wärmeplans beitragen werden.

12.03.2025 – Sitzung Industriebeirat

In dieser Sitzung wird die Wärmeplanung erstmals dem Industriebeirat vorgestellt. Die lokale Wirtschaft erhält frühzeitig Einblick in die Ziele und die Bedeutung der kommunalen Wärmewende. Unternehmen bringen Hinweise zu Prozesswärme, Standorten und Infrastruktur ein.

20.03.2025 – Akteursforum mit Baugesellschaften

Hier werden Vertreter:innen der Wohnungswirtschaft eingebunden. Sie liefern wesentliche Informationen zu Sanierungszyklen, Effizienzstrategien, Quartiersentwicklungen und geplanten Modernisierungen.

01.07.2025 – Akteursforum bei der Industrie- und Handelskammer (IHK)

Die IHK-Sitzung dient der Kommunikation mit Unternehmen und Gewerbetreibenden. Es werden Anforderungen, Energiebedarfe und Chancen für Abwärmeprojekte diskutiert. Diese Termine bilden einen wichtigen Bestandteil der faktenbasierten Planungsarbeit.

18.09.2025 – Haus & Grund – Jahreshauptversammlung

Der Eigentümerverband wird aktiv in die Wärmeplanung eingebunden. Die Jahreshauptversammlung bietet Gelegenheit, die Wärmeplanung, das Vorgehen und zukünftige Anforderungen für private Eigentümer zu erläutern. Rückmeldungen werden erfasst und fließen in Informationsmaterialien ein.

15.01.2026 – Akteursforum Stadtverbund

Die Kommunale Wärmeplanung betrifft verschiedene Akteure im Stadtverbund. Nach Abschluss der Arbeitsergebnisse wird daher ein Akteursforum veranstaltet, zu dem neben den Stadtverordneten auch Vertreter aller Fraktionen, aller Dezernate und Ämter sowie der betroffenen Eigenbetriebe der LHW und der Netzbetreiber in Wiesbaden eingeladen sind. Im Rahmen dieses Forums präsentieren die Gutachter ausführlich die Ergebnisse der KWP. Rückmeldungen werden diskutiert und fließen in die finale Fassung des Wärmeplans für Wiesbaden ein.

23./26.02.2026 – Informationsveranstaltung Ortsbeiräte

In einer eigenen Veranstaltung werden die Vertreter der Ortsbeiräte über die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung informiert. Dieser Austausch ist in beide Richtungen wichtig: Einerseits können die Ortsbeiräte abschätzen, ob die Ergebnisse für die lokalen Begebenheiten im jeweiligen Ortsteil nochmals leicht angepasst werden müssen. Andererseits stärkt ihre Einbindung und Unterstützung den lokalen Rückhalt und trägt maßgeblich zum Gelingen der Wärmewende bei.

KSA Wiesbaden – Bürgerberatung

Die Klimaschutzagentur Wiesbaden (KSA) unterstützt die Wärmewende durch individuelle Beratungsangebote.

Sie beantwortet Fragen zu:

- Heizungserneuerungen
- Förderprogrammen
- Energieeffizienzmaßnahmen
- individuellen Gebäudestrategien

Die KSA ist damit ein wichtiger Pfeiler der öffentlichen Aufklärung und eine der ersten Anlaufstellen für interessierte Bürger:innen. Ein regelmäßiger Austausch zwischen dem Planungsteam der KWP und der KSA stellt sicher, dass die Beratungen stets im Einklang mit den aktuellen Erkenntnissen der Wärmeplanung stehen.

Ab Februar 2026 veranstaltet die KSA im Auftrag der Stadt Wiesbaden eine Reihe von Informationsveranstaltungen und bietet Beratungen an, welche sich jeweils auf einen Ortsbezirk fokussieren. So werden die Ergebnisse der KWP direkt zur Bürgerschaft getragen und individuelle, ortsspezifische Aspekte können optimal berücksichtigt werden.

Digitale Öffentlichkeitsarbeit

Städtische Webseite

Die offizielle Wärmeplanungs-Webseite ist Teil der Website der Landeshauptstadt und stellt alle relevanten Inhalte bereit. Dazu gehören:

Informationen zum Stand der KWP

- Wichtige Zwischenergebnisse
- Berichte
- Karten
- Prozessgrafiken
- Termine
- Kontaktinformationen

Sie wird laufend aktualisiert und bildet die zentrale Informationsbasis.

Wiesbadenwirkt.de – Beteiligungsplattform

Die Plattform ist ein wichtiges Mittel, um Bürger:innenn Mitwirkungsmöglichkeiten zu bieten. Durch interaktive Karten und vorbereitete Fragebögen können Anmerkungen einfach und verortet eingebracht werden. Diese Form der Beteiligung ermöglicht demokratische, barrierearme Teilhabe. Um alle benötigten Informationen an einem Ort anzubieten ist es auf Wiesbadenwirkt.de möglich:

- Dokumente einzusehen
- Karten zu betrachten
- Hinweise einzureichen
- Fragen zu stellen

— Online-Beteiligung zu nutzen

Den Bürgerinnen und Bürgern wird jeweils nach der Veröffentlichung der Bestands- und Potenzialanalyse sowie während der Offenlegung des Entwurfs des Wärmeplans die Möglichkeit gegeben, sich über wiesbadenwirkt.de aktiv zu beteiligen.

Urbaner Digitaler Zwilling

Der Digitale Zwilling dient sowohl der Fachplanung als auch der transparenten Kommunikation.

Er zeigt sämtliche kartographisch darstellbaren Ergebnisse der KWP, unter anderem räumliche Energiebedarfe, Versorgungsstrukturen, Potenziale und Szenarien.

Bürgerinnen und Bürger können komplexe Daten intuitiv nachvollziehen und sich einfach über Planungsergebnisse in ihrem Quartier informieren. Die Einbindung der KWP in den digitalen Zwilling, welcher Informationen aus verschiedenen Ämtern der Landeshauptstadt bündelt, erlaubt es Fachplanern einen umfassenden Überblick über die Ergebnisse zu erhalten und sie in den Kontext der gesamtstädtischen Entwicklung zu setzen.

Presse- und Medienarbeit im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung

Die Presse- und Medienarbeit bildet einen zentralen Bestandteil der Öffentlichkeitsstrategie der KWP. Durch eine gezielte, kontinuierliche und professionell abgestimmte Kommunikation wird sichergestellt, dass die Bevölkerung, die lokale Politik, die Wirtschaft und weitere Interessengruppen zuverlässig informiert werden und jederzeit auf dem aktuellen Stand bleiben.

Die Presse- und Medienarbeit verfolgt die Ziele:

- Transparenz des Planungsverfahrens
- frühzeitige Information über Zwischenschritte, Meilensteine und Ergebnisse
- aktive Aufklärung über gesetzliche Vorgaben (u. a. WPG, GEG)
- Schaffung von Akzeptanz und Vertrauen
- Erreichung einer breiten Öffentlichkeit über unterschiedliche Medienkanäle

Zur Erreichung dieser Ziele fanden im Verlauf der Wärmeplanung mehrere Pressegespräche statt, die eine direkte und niedrigschwellige Kommunikation mit Journalistinnen und Journalisten ermöglichen.

Zudem wurde in Pressemitteilungen über die Erreichung wichtiger Meilensteine der KWP informiert. Eine Vernetzung der Pressearbeit mit den digitalen Angeboten der Stadt garantiert eine kontinuierliche und konsistente Information der Öffentlichkeit.

Pressegespräche

Die Pressegespräche werden in enger Abstimmung zwischen dem Umweltamt, den Dezernaten, der ESWE Versorgung AG und der Pressestelle der Landeshauptstadt Wiesbaden organisiert. Sie dienen dazu:

- aktuelle Planungsstände zu erläutern
- wichtige Meilensteine (z. B. Veröffentlichung der Bestandsanalyse, Beginn der Offenlegung, Start der Maßnahmenentwicklung) vorzustellen
- technische Aspekte allgemeinverständlich zu erklären
- Raum für Nachfragen durch Medienvertreter zu schaffen
- Missverständnisse frühzeitig auszuräumen
- Hintergründe und Zusammenhänge transparent zu vermitteln

Darüber hinaus wurden Pressegespräche genutzt, um die Bedeutung der Wärmeplanung für die Stadtentwicklung, den Klimaschutz und zukünftige Investitionen darzustellen.

Pressemitteilungen

Parallel zu Pressegesprächen veröffentlicht die Stadt regelmäßig Pressemitteilungen. Diese werden über die Pressestelle verbreitet und auf der städtischen Webseite publiziert. Die Pressemitteilungen dienen der offiziellen, sachlichen Information der Öffentlichkeit und werden an lokale sowie überregionale Medien gesendet.

Pressemitteilungen wurden insbesondere veröffentlicht zu:

- Auftakt der Kommunalen Wärmeplanung
- Start des Bürgerforums
- Veröffentlichung der Bestandsanalyse
- Start der öffentlichen Auslegung des Wärmeplanentwurfs
- Vorstellung des finalen Wärmeplans
- Politische Beschlüsse (Magistrat, Umweltausschuss)

Jede Pressemitteilung enthält:

- eine verständliche Zusammenfassung der Inhalte
- Hinweise zu rechtlichen Hintergründen (WPG, GEG)
- Kontaktpersonen im Umweltamt
- Links zu Dokumenten, Karten und Beteiligungsplattformen
- ggf. Zitate von Dezernentin oder Dezernenten

Die Pressemitteilungen gestalten die öffentliche Wahrnehmung des Projekts, erhöhen die Reichweite und sorgen dafür, dass wichtige Informationen auch jene Bürgerinnen und Bürger erreichen, die nicht aktiv an Veranstaltungen teilnehmen oder Webseiten nutzen.

Vernetzung mit digitaler Kommunikation

Sowohl Pressegespräche als auch Pressemitteilungen wurden eng mit digitalen Elementen der Öffentlichkeitsarbeit verzahnt, u. a.:

- städtische Webseite ([wiesbaden.de](https://www.wiesbaden.de))
- städtische Beteiligungsplattform ([wiesbadenwirkt.de](https://www.wiesbadenwirkt.de))
- Digitaler Zwilling (für Karten & Visualisierungen)
- Social-Media-Kanäle der Stadt

So entstehen einheitliche Botschaften, klare Informationswege und eine konsistente Darstellung der Wärmeplanung für die gesamte Stadtgesellschaft. Durch die digitalen Angebote und die Social-Media-Kanäle werden insbesondere auch die Bürgerinnen und Bürger angesprochen, welche durch klassische Print-Medien nur schwer erreichbar sind.

8. Quellenverzeichnis

- [1] ESWE Versorgungs AG. (2024). Energieentwicklungsplan EEP.
- [2] Statistisches Bundesamt. (2022). Stromerzeugung 2021: Anteil konventioneller Energieträger deutlich gestiegen.
- [3] Statistisches Bundesamt. (2025). Stromerzeugung 2024: 59,4% aus erneuerbaren. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/03/PD25_091_43312.html
- [4] Sander, T. (2022). Bescheinigung des Wärmenetzbetreibers über die energetische Bewertung nach FW 309 Teile 5 & 7. https://www.eswe-versorgung.de/fileadmin/user_upload/dateien/netznutzung-fernwaerme/FW-Verbund-Bescheinigung.pdf
- [5] Sander, T. (2022). [Zertifikat für CO₂-Emissionsfaktor]. [https://www.eswe-versorgung.de/fileadmin/user_upload/dateien/netznutzung-fernwaerme/FW-Verbund-Zertifikat-CO₂.pdf](https://www.eswe-versorgung.de/fileadmin/user_upload/dateien/netznutzung-fernwaerme/FW-Verbund-Zertifikat-CO2.pdf)
- [6] Dünnebeil, F., Gugel, B., Rogge, N., Schreiner, L., Wachter, P. (2024). BSKO Bilanzierungssystematik Kommunal. <https://doi.org/10.34744/t84y-s729>
- [7] TrinkwV. (2023). Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung). https://www.gesetze-im-internet.de/trinkwv_2023/TrinkwV.pdf
- [8] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. (o. D.). [Geoviewer der BGR]. <https://geoportal.bgr.de/mapapps/resources/apps/geoportal/index.html?lang=de#/geoviewer>
- [9] Umweltministerium Baden-Württemberg. (2009). Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen. https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/1_Leitfaden_Erdwaerme_Grundwasserwaermepumpen.pdf
- [10] Deutscher Wetterdienst. (2025). Testreferenzjahre. <https://www.dwd.de/DE/leistungen/testreferenzjahre/testreferenzjahre.html>
- [11] Bundesverband Wärmepumpe e.V.. (2025). [Schallrechner]. <https://www.waermepumpe.de/werkzeuge/schallrechner/>
- [12] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (2025). Plattform für Abwärme. <https://elan1.bafa.bund.de/zvi-ui/pfa/abwaermepotentiale>
- [13] LIAG-Institut für Angewandte Geophysik. (2025). Geothermisches Informationssystem für Deutschland. <https://www.geotis.de/>
- [14] Energie- und Umwelttechnik. (2019). VDI 4640-2: Thermische Nutzung des Untergrunds – Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. VDI-Handbuch Energietechnik.
- [15] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. (o.D.). [Geoviewer]. <https://umweltdaten.hessen.de/mapapps/resources/apps/geologie/index.html?lang=de>
- [16] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. (2015). Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW. LANUV-Fachbericht 40.
- [17] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. (o.D.). [Wasserviewer]. <https://umweltdaten.hessen.de/mapapps/resources/apps/wasserviewer/index.html?lang=de>
- [18] Kobiela, G., Samadi, S., Kurwan, J., Tönjes, A., Fischedick, M., Koska, T., Lechtenböhrer, S., März, S., Schüwer, D. (2020). CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5°C-Grenze; Diskussionsbeitrag für Fridays for Future Deutschland. <https://doi.org/10.48506/opus-7606>
- [19] Kopernikus-Projekt Ariadne. (2021). Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich. <https://doi.org/10.48485/pik.2021.006>
- [20] Boston Consulting Group im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie e.V.. (2021). Klimapfad 2.0. Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft.
- [21] Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung. (2021). Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland.
- [22] Thomsen, J., Fuchs, N., Meyer R., Wanapinit, N., Ulfers, J., Bavia Bampi, B., Lohmeier, D., Prade, E., Gorbach, G., Sanina, N., Engelmann, P., Herkel, S., Kost, C., Braun, M., Lenz, M. (2022). Bottom-Up Studie zu Pfadoptionen einer effizienten und sozialverträglichen Dekarbonisierung des Wärmesektors. Studie im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats. Freiburg, Kassel: Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEE (Hrsg.)
- [23] Kahneman, D. K. (1990). Experimental Tests of the Endowment Effect and the Coase Theorem. Journal of Political Economy.
- [24] VDI-Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung. (2012). VDI-Richtlinie, VDI 2067 Blatt 1: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung. (V.-G. B: Gebäudetechnik, Hrsg.) Beuth Verlag.
- [25] GEG. (2023). Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden* (Gebäudeenergiegesetz). <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/>
- [26] Lettow, F., Sahnoun, M., Kreidelmeyer, S., Wünsch, A., Lengning, S. (2024). Technikatalog Wärmeplanung. <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zurwaermeplanung>
- [27] DEPV. (o. D.). [DEPV-Pelletpreis für Lieferverträge]. Stand 18.07.2025. <https://www.depv.de/pelletpreis/>
- [28] Statistisches Bundesamt. (o. D.). Strompreise für Haushalte: Deutschland, Jahre, Jahresverbrauchsklassen, Preisbestandteile. Abgerufen am 16. 07 2025
- [29] ENERGIE-FACHBERATER GmbH. (2025). Förderungen Sanierung Wohngebäude (Update 10/2025). <https://www.energie-fachberater.de/dokumente/foerderungsanierung-20251006-uebersicht-energie-fachberater.pdf>
- [30] Consentec, Fraunhofer ISI, ifeu, TU Berlin. (2023). Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3. T45-Szenarien. Modul Industriesektor. https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45-Bericht_Szenarien_Industrie_final.pdf
- [31] BMWK, BMWSB. (2024). Leitfaden Wärmeplanung. <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/wohnen/leitfaden-waermeplanung-lang.pdf?blob=publicationFile&v=2>

Karten- und Bilderstellung:

Datengrundlage: siehe Tabelle 3.1

Konzept: Ramboll Deutschland GmbH und Fraunhofer IFAM
GIS/Layout: Landeshauptstadt Wiesbaden, Umweltamt

9. Anhang

- A1 Restriktionen bei der Freiflächenanalyse
- A2 Maßnahmensteckbriefe
- A3 Finanzierungsmechanismen Umsetzungsstrategie



Foto: KI generiert

A1 Restriktionen bei der Freiflächenanalyse

Rot markierte Zellen zeigen, dass diese Restriktionen bei der jeweiligen Technologie berücksichtigt worden sind. Bei grün markierten Zellen wurden die Restriktionen bei der jeweiligen Technologie nicht berücksichtigt.

Tabelle 9-1: Übersicht der für die Freiflächenanalyse verwendeten Restriktionen

Restriktionen	Solarthermie	Oberflächennahe Geothermie
FFH-Gebiete		
Naturschutzgebiete		
Geschützte Landschaftsbestandteile		
Naturdenkmäler		
Landschaftsschutzgebiete		
Ausgleichsflächen		
Gesetzlich geschützte Biotop		
Kompensationsgebiete		
Überschwemmungsgebiete		
Wasserschutzgebiete – Zone I + II		
Heilquellenschutzgebiete – qualitativ Zone I + II		
Natura 2000		
Ökokonto		
Wald		
Weinbau		
Nutzungsbezogene Grünflächen		
Flächen mit hoher Bodenwertigkeit		
Bebauungsfläche Kalkofen + Ostfeld		
Gemeinbedarfsfläche		
Bebautes Gebiet		
Bebauungsflächen nach FNP		
Flughafen		
Autobahn		
Bahn		
Straßen & Wege		
Wasserwirtschaftlich unzulässige Gebiete (gemäß HNLUG)		

A2 Maßnahmensteckbriefe

Maßnahme: M1		Fortlaufende Kommunikation der Wärmewende		
Maßnahmenbeginn	Kurzfristig (1 – 3 Jahre)			
Beschreibung	Zielsetzung und Beschreibung	Für die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende und die Erreichung der Klimaziele ist eine strategische, kontinuierliche und glaubwürdige Kommunikation entscheidend. Die Stadt Wiesbaden entwickelt eine umfassende Kommunikationsstrategie , die Informationen zu Wärmenetzanschlüssen, Wärmepumpen, Energieeffizienz, Klimaschutz und Klimaanpassung bündelt und über verschiedene Kanäle verbreitet. Zentral ist dabei die enge Abstimmung mit den Netzbetreibern , um Bürger:innen und Unternehmen frühzeitig über geplante Bauabschnitte, Anschlussoptionen und Zeitpläne zu informieren. Ergänzend sollen übergreifende Kommunikationsaktivitäten der Stadtgesellschaft Orientierung bieten, zur aktiven Teilnahme motivieren und lokale Akteure miteinander vernetzen. Die Kommunikation erfolgt über Webseite, Medien, Social Media, Pressearbeit, Quartiersmanagementsowie Netzwerke und Kooperationen mit Bildungseinrichtungen, zivilgesellschaftlichen Organisationen und Unternehmen.		
	Relevante Schritte	1. Fortsetzung einer interdisziplinären Arbeitsgruppe (Öffentlichkeitsarbeit, Umweltamt, ESWE) 2. Abgrenzung der Kommunikationsinhalte untereinander (wer kommuniziert was?) 3. Definition von Zielgruppen und Kernbotschaften & Identifikation von Stakeholdern 4. Entwurf einer übergeordneten Kommunikationsstrategie über die Dachmarke Wärmewende 5. Kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit inklusive Informationskampagnen und Veranstaltungen		
	Rolle der Stadt	Gestalter:in & Motivierer:in		
	Geplante Umsetzungsdauer	3 – 5 Jahre		
Akteure	Verantwortliche/r Akteur oder Akteurin	Öffentlichkeitsarbeit, ESWE, Kommunikationsagenturen, Umweltamt (federführend)		
	Betroffene Akteure und Akteurinnen	Bürger:innen, Industrie- und Gewerbebetriebe		
Bewertung der Maßnahmen	Beitrag zur Zielerreichung (THG-Emissionseinsparungen)	indirekt durch Erhöhung der Akzeptanz in der Bevölkerung		
	Kosten der Maßnahme	ca. 100 T€/a	Finanzierungsmechanismen	Städtischer Haushalt
Monitoring / Controlling	Erfassung und Bewertung der Reichweite und Häufigkeit der Kommunikationsmaßnahmen, Rückmeldung der Bürger:innen			
Bezug Klimaplan	EN-26, VEG-22	Die Kosten für die Kommunikation Wärmewende werden anteilig aus den geschätzten Kosten aus dem KLIMA_Plan übernommen. Der Fokus soll dabei auf stadtteilbezogener Kommunikation liegen. Die Erarbeitung der Kommunikationsstrategie für die Wärmewende erfolgt durch eine bestehende Kommunikationsgruppe anstatt durch eine neue Stelle.		

Maßnahme: M2		Kommunale Rahmenbedingungen für den Ausbau und die Dekarbonisierung der Fernwärme		
Maßnahmenbeginn	Kurzfristig (1 – 3 Jahre)			
Beschreibung	Zielsetzung und Beschreibung	Damit der Ausbau und die Dekarbonisierung der Fernwärme in Wiesbaden zügig voranschreiten können, müssen seitens der Stadt geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden. Erforderlich sind enge Abstimmungen zwischen dem Netzbetreiber, städtischen Unternehmen, Institutionen und der Stadtverwaltung. Zentrale Aufgaben sind die Priorisierung der Fernwärme im städtischen Gesamtkonzept , insbesondere bei möglichenNutzungs-konflikten, etwa zwischen Fernwärmeausbau und Straßenbau, sowie die vorausschauende Reservierung geeigneter Flächen für Anlagen und Trassen. Zudem sollen Genehmigungsverfahren vereinfacht und Synergien genutzt werden, beispielsweise durch die gemeinsame Leitungsverlegung mit anderen Infrastrukturmaßnahmen wie der Abwasserkanalsanierung.		
	Relevante Schritte	Vereinfachung von Genehmigungen 1. Aufbau einer Arbeitsgruppe zwischen Stadt und Netzbetreiber und Ansetzung von fortlaufenden Sitzungen 2. Identifikation von bestehenden Hemmnissen 3. Transparente Darstellung und Bewertung der Hemmnisse a. Worin besteht das Hemmnis? b. Inwiefern wird die Erreichung des Ziels behindert? 4. Welche Zielkonflikte gibt es? 5. Entwicklung von Lösungsansätzen mit den beteiligten Ämtern		
	Rolle der Stadt	Koordinator:in, Umsetzer:in		
	Geplante Umsetzungsdauer	5 – 10 Jahre		
Akteure	Verantwortliche/r Akteur oder Akteurin	Umweltamt, Wärmenetzbetreiber, ESWE Versorgungs AG		
	Betroffene Akteure und Akteurinnen	Stadtplanungsamt, Straßenverkehrsbehörde, Tiefbauamt, Denkmalschutz, Grünflächenamt, Bauaufsicht, ESWE Verkehr, ELW		
Bewertung der Maßnahmen	Beitrag zur Zielerreichung (THG-Emissionseinsparungen)	Hoch (indirekt durch Beschleunigung des Infrastrukturausbaus)		
	Kosten der Maßnahme	Keine zusätzlichen Kosten zu erwarten	Finanzierungsmechanismen	-
Monitoring / Controlling	Status Projektschritte (Meilensteine)			
Bezug Klimaplan	EN-26, VEG-22	Maßnahme wird aus dem KLIMA_PLAN übernommen. Die Erfüllung erfolgt im Rahmen bestehender Aufgabenverhältnisse, daher sind keine zusätzlichen Kosten zu erwarten.		

Maßnahme: M3		Standardisierte Umsetzungskonzepte und Schulungsmodule zur Beschleunigung des Wärmepumpen- und Fernwärmehochlaufs		
Maßnahmenbeginn	Kurzfristig (1 – 3 Jahre)			
Beschreibung	Zielsetzung und Beschreibung	Um den Hochlauf von Wärmepumpen und Fernwärmeanschlüssen im Gebäudebestand zu beschleunigen, werden standardisierte Umsetzungskonzepte und praxisnahe Schulungsmodule entwickelt. Diese sollen die Umsetzungskapazitäten in der Region erhöhen, Prozesse vereinheitlichen und Fachbetriebe gezielt qualifizieren. Die Fachbetriebe können auch gezielt als Multiplikator:innen fungieren, indem sie Eigentümer:innen gezielt über erneuerbare Wärmeversorgungsoptionen informieren und beraten. Die Stadt Wiesbaden übernimmt hierbei eine beratende und initiiierende Rolle und arbeitet eng mit Innungen, Fachverbänden, Versorgern, Stadtwerken, Bildungsträgern und Herstellern zusammen. Ziel ist eine abgestimmte, technologieoffene Qualifizierungs- und Standardisierungsinitiative, die sowohl Wärmepumpen als auch Fernwärme umfasst.		
	Relevante Schritte	1. Einrichtung einer Arbeitsgruppe zur Definition der Inhalte, der Verantwortlichkeiten und des finanziellen Rahmens a. Entwicklung standardisierter Technikpakete für die lokal vorherrschende Gebäudestruktur durch lokale (Wärmepumpen-Standardfälle, Hausanschlussstationen etc.) b. Aufbau von praxisnahen Schulungsmodulen (Thema Übergabestationen Fernwärme, Wärmepumpen im Altbau, Förder- und Rechtsrahmen) 2. Information und Aktivierung von Handwerksbetrieben (über Öffentlichkeitsarbeit & Pilotprojekte) 3. Etablierung von Veranstaltungsreihen zur Schulung der Handwerksbetriebe Nutzung von Synergien 1. Einrichtung einer regelmäßigen Kommunikationsrunde zwischen Netzbetreiber und zuständigen Ämtern 2. Ausarbeitung eines Konzepts zur Veröffentlichung sowie Koordination von Infrastruktur-Planungen und -Umsetzungen 3. Nutzung der Plattform für die Ausarbeitung eines gemeinsamen Maßnahmenplans		
	Rolle der Stadt	Initiator:in, Mittelgeber:in		
	Geplante Umsetzungsdauer	3 – 5 Jahre		
	Akteure	Verantwortliche/r Akteur oder Akteurin	Intern: Umweltamt; Extern: Handwerkskammer, Innungen	
	Betroffene Akteure und Akteurinnen	Handwerksbetriebe, Bürger:innen		
Bewertung der Maßnahmen	Beitrag zur Zielerreichung (THG-Emissionseinsparungen)	Mittel (indirekt durch Beschleunigung des Hochlaufs)		
	Kosten der Maßnahme	0,5 VZÄ (60 T€/a) + 100 T€/a Sachkosten (Raummiete, Material, etc.)	Finanzierungsmechanismen	Städtischer Haushalt + Förderung im Rahmen von §8 des Hessischen Energiegesetzes (bis zu 50 % der zuwendungsfähigen Ausgaben)
Monitoring / Controlling	Durchgeführte Informationsveranstaltungen			
Bezug Klimaplan	Neue Maßnahme ohne Bezug zum Klimaplan	-		

Maßnahme: M4		Dekarbonisierung und energetische Sanierung kommunaler Liegenschaften		
Maßnahmenbeginn	Kurzfristig (1 – 3 Jahre)			
Beschreibung	Zielsetzung und Beschreibung	Die Landeshauptstadt Wiesbaden verfügt gemäß Liegenschaftsliste über eine Bruttogrundfläche von über 890.000 m² , wovon rund 660.000 – 670.000 m² als energetisch relevante Nutzfläche anzusehen sind. Etwa drei Viertel dieser Fläche entfällt auf Schulgebäude . Eine erste Verbrauchsanalyse zeigt, dass viele dieser Liegenschaften noch erhebliche Energieverbräuche und Emissionen aufweisen. Damit liegt ein zentrales Handlungsfeld für die Dekarbonisierung des städtischen Gebäudebestands vor. Ziel der Maßnahme ist die systematische Umstellung der Wärmeversorgung kommunaler Gebäude auf klimaneutrale Systeme und die schrittweise Reduzierung der Energieverbräuche durch energetische Sanierungsmaßnahmen. Dabei wird ein integrierter Ansatz verfolgt, der die kommunale Wärmeplanung, Gebäudesanierung und Förderstrategie eng miteinander verknüpft.		
	Relevante Schritte	1. Aufbau eines Gebäudezustandskatasters (belastbare Datengrundlage zu Energieverbräuchen und Anlagentechnik) 2. Erstellung eines mehrjährigen Handlungsprogramms durch Priorisierung der Liegenschaften anhand von Einsparpotenzialen und der Initiierung des Fernwärmeausbaus als möglicher Ankerkunde. 3. Durchführung der Maßnahmen unter der Koordination des Hochbauamts. Fokus auf... ... der Kombination baulicher Sanierungen mit der Dekarbonisierung der Anlagentechnik ... der Integration des Handlungsprogramms in zukünftige Haushaltsentscheidungen ... der Identifikation und dem Abruf von Fördermöglichkeiten 4. Monitoring und Fortschreibung des Gebäudezustandskatasters 5. Kommunikation der Sanierungstätigkeiten an die Öffentlichkeit (Ziel: Stärkung der Vorbildfunktion der Landeshauptstadt Wiesbaden)		
	Rolle der Stadt	Verbraucher:in		
	Geplante Umsetzungsdauer	5 – 20 Jahre		
	Akteure	Verantwortliche/r Akteur oder Akteurin	Hochbauamt (federführend)	
	Betroffene Akteure und Akteurinnen	WiBau, SEG, ESWE Versorgungs AG		
Bewertung der Maßnahmen	Beitrag zur Zielerreichung (THG-Emissionseinsparungen)	Hoch (11.000 Tonnen CO ₂ -äq./Jahr + Akzeptanzsteigerung in der Bevölkerung durch Vorbildfunktion)		
	Kosten der Maßnahme	1 VZÄ (120 T€/a) + 404,25 Mio. € + 30T€/a	Finanzierungsmechanismen	Städtischer Haushalt + 60,3 Mio. € anteilige Förderung (z.B. Bundesförderung für effiziente Gebäude, KfW432 oder im Rahmen von §7 hessisches Energiegesetz)
Monitoring / Controlling	Anzahl Liegenschaften, bei denen die Wärmeversorgung umgestellt wurde; THBilanz kommunaler Liegenschaften			
Bezug Klimaplan	VEG-01, VEG-04, VEG 05	Die entwickelte Maßnahme beinhaltet anteilig die Maßnahmen VEG1, VEG 04 und VEG 05 aus dem KLIMA_PLAN. Die Kosten für VEG01 Eergiemanagement) werden zu 50 % übernommen (ca. 2,25 Mio. €), da bei VEG1 Strom und Wärme betrachtet wird. Der Anteil der klimawirksamen Maßnahmen aus VEG04 und VEG-05 an den gesamten Maßnahmen werden auf ca. 30 % geschätzt. Die prognostizierten Kosten aus dem KLIMA_ PLAN werden daher anteilig übernommen (ca. 402 Mio. €)		

Maßnahme: M5		Entwicklung und Umsetzung integrierter Wärmeversorgungskonzepte für klimaneutrale Quartiere		
Maßnahmenbeginn	Kurzfristig (1 – 3 Jahre)			
Beschreibung	Zielsetzung und Beschreibung	Zur Erreichung der Klimaziele der Stadt Wiesbaden sollen integrierte Quartierskonzepte entwickelt werden, die die effiziente, klimafreundliche Wärmeversorgung in den Mittelpunkt stellen , insbesondere durch Wärmenetze auf Quartiersebene und dezentrale Wärmepumpen. Ziel ist die Reduzierung von Treibhausgasemissionen, die Förderung privater und öffentlicher Investitionen in erneuerbare Wärme sowie die klimaresiliente Energieversorgung. Ergänzend werden Gebäudesanierung, Stromversorgung und nachhaltige Mobilität berücksichtigt. Für ausgewählte Quartiere werden technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung geprüft, inklusive Erzeuger-Netz- und Standortkonzepten. Die Konzepte sind eng mit städtebaulichen Entwicklungsprozessen verknüpft, nutzen Synergien zwischen Energieversorgung und öffentlicher Infrastruktur und bilden die Grundlage für Fördermittel und steuerliche Anreize. Eine begleitende Umsetzungsbegleitung unterstützt die koordinierte Realisierung der Maßnahmen im Quartier.		
	Relevante Schritte	1. Aufbau einer Arbeitsgruppe (Umweltamt, Netzbetreiber, evtl. Fachplaner) 2. Auswahl und Priorisierung geeigneter Quartiere, u.a. auf Basis der Ergebnisse der KWP 3. Regelung der Verantwortlichkeiten zwischen Stadt und Netzbetreiber (wer entwickelt Konzepte für welches Quartier?) 4. Erstellung detaillierter Wärmeversorgungskonzepte inkl. technischer Machbarkeit und Wirtschaftlichkeitsprüfung 5. Integration ergänzender Maßnahmen (z.B. Sanierungen, Mobilität) in das Quartierskonzept Umsetzung des Wärmekonzepts durch Wärmenetzbetreiber		
	Rolle der Stadt	Entwickler:in, Koordinator:in		
	Geplante Umsetzungsdauer	5 – 10 Jahre		
Akteure	Verantwortliche/r Akteur oder Akteurin	Intern: Umweltamt (federführend); Extern: Planungsbüros, Netzbetreiber		
	Betroffene Akteure und Akteurinnen	Gebäudeeigentümer:innen, Industrie- und Gewerbebetriebe, Wohnungswirtschaft, Projektierer		
Bewertung der Maßnahmen	Beitrag zur Zielerreichung (THG-Emissionseinsparungen)	Hoch		
	Kosten der Maßnahme	1 VZÄ (120 T€/a) + 200 T€/a Sachkosten	Finanzierungsmechanismen	Städtischer Haushalt + 200 T€/a Fördermittel (u. a. durch BEW oder durch KfW432 + Ergänzung der KfW432 im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes)
Monitoring / Controlling	Anzahl Machbarkeitsstudien erstellt; Anzahl Quartiere gehen in die Umsetzung			
Bezug Klimaplan	EN-10, EN-28	Diese Maßnahme beinhaltet den Wärmesektor der Maßnahmen EN-10 und EN-28. Da die Quartiersentwicklung im KLIMA_PLAN auch die Sektoren Strom und Verkehr berücksichtigt, werden die Kosten aus dem KLIMA_PLAN nur zu 50 % dieser Maßnahme zugewiesen.		

Maßnahme: M6		Flächenbereitstellung und aktives Flächenmanagement zur Energiewende		
Maßnahmenbeginn	Kurzfristig (1 – 3 Jahre)			
Beschreibung	Zielsetzung und Beschreibung	Für die Umsetzung der Energiewende werden in den kommenden Jahren vermehrt Flächen für Energieerzeugungs-, Speicher- und Verteilinfrastrukturen benötigt. Dazu zählen insbesondere Standorte für Wärmeerzeugungsanlagen, Wärmespeicher und Umspannwerke. Da diese Anlagen in der Regel innerhalb oder in direkter Nähe der bebauten Ortslagen errichtet werden müssen, besteht aufgrund konkurrierender Nutzungsansprüche (z. B. Wohnen, Gewerbe, Grünflächen) ein hoher Flächendruck. Die aktive Sicherung, Bereitstellung und Koordination geeigneter Flächen ist daher eine wesentliche Grundlage für das Gelingen der Energie- und Wärmewende in der Kommune. Unter Federführung des Liegenschaftsamts soll ein strukturierter Prozess für ein aktives Flächenmanagement entwickelt und implementiert werden. Ziel ist es, Bedarfe frühzeitig zu erkennen, Flächen zu sichern und die interne Abstimmung zwischen Fachämtern und externen Akteuren zu verbessern.		
	Relevante Schritte	1. Flächenbedarfe für künftige Energieinfrastrukturen ermitteln & Zentrales Flächenkataster für Energieprojekte erstellen (in Zusammenarbeit mit Netzbetreibern) 2. Zusammenführung relevanter Fachplanungen (Bauleitplanung, Wärmeplanung etc.) Koordinations- und Entscheidungsstruktur zwischen Fachämtern etablieren 3. Bewertung von potenziellen Standorten (Wem gehört die Fläche? Was könnte auf dieser Fläche umgesetzt werden? Für welche Stakeholder ist diese Fläche am wertvollsten?) 4. Aktive Flächensicherung über Vorkaufsrechte oder rechtliche Instrumente wie Bebauungspläne, Flächennutzungspläne 5. Kontinuierliche Fortführung		
	Rolle der Stadt	Regulierer:in		
	Geplante Umsetzungsdauer	5 – 10 Jahre		
	Akteure	Verantwortliche/r Akteur oder Akteurin	Liegenschaftsamt, Umweltamt, Netzbetreiber	
	Betroffene Akteure und Akteurinnen	Flächeneigentümer, Projektierer		
Bewertung der Maßnahmen	Beitrag zur Zielerreichung (THG-Emissionseinsparungen)	Mittel (indirekt durch Beschleunigung des Infrastrukturausbaus)		
	Kosten der Maßnahme	1 VZÄ (120 T€/a)	Finanzierungsmechanismen	Städtischer Haushalt
Monitoring / Controlling	Anzahl Flächen zur Verfügung gestellt			
Bezug Klimaplan	KNW-06	Die Maßnahme KNS-06 zielt darauf ab, die Flächenbereitstellung nicht nur für Wärmewende, sondern auch für andere Energieversorgung- und Mobilitätsinfrastruktur wie Ladestationen für E-Autos, ÖPNV zu ermöglichen. 25% der abgeschätzten Kosten vor 4 VZÄ werden auf die Wärmewende angerechnet.		

Maßnahme: M7		Prüfung der Ausweisung neuer Fernwärmesatzungsgebiete		
Maßnahmenbeginn	Kurzfristig (3 – 5 Jahre)			
Beschreibung	Zielsetzung und Beschreibung	Die Stadt prüft die Erweiterung bestehender Fernwärmesatzungsgebiete sowie die Ausweisung neuer Verbrennungsverbot-zonen . Ziel ist es, die Transformation zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung gezielt zu steuern, Investitionssicherheit für Netzbetreiber und Eigentümer zu schaffen und den Einsatz fossiler Heizsysteme in künftig zentral versorgten Gebieten zu vermeiden. Im Rahmen der Prüfung sollen Potenzialgebiete identifiziert werden, in denen aufgrund hoher Wärmedichte , geplanter Netzverdichtungen oder strategischer Bedeutung für die Wärmewende eine rechtliche Steuerung über Satzungen oder Verbrennungsverbote sinnvoll ist.		
	Relevante Schritte	1. Identifikation von möglichen Gebieten (bereits bestehende Satzungsgebiete, hohe Wärmedichte, strategische Bedeutung) 2. Ausarbeitung der rechtlichen Rahmenbedingungen (Anschlusszwang, Anschlusszwang mit Befreiung, Verbrennungsverbot) 3. Falls Bedarf für ein zusätzliches Satzungsgebiet festgestellt wird: Prüfung der rechtlichen Machbarkeit 4. Einbindung von Politik, Stadtplanungsamt und Energieversorger 5. Beschlusserarbeitung (Erarbeitung Beschlussentwurf, Prüfung der politischen Umsetzbarkeit, Beschluss) 6. Information und Beratung betroffener Eigentümer & Entwicklung von Übergangsregelungen und Förderungen		
	Rolle der Stadt	Regulierer:in		
	Geplante Umsetzungsdauer	3 Jahre		
Akteure	Verantwortliche/r Akteur oder Akteurin	Umweltamt (federführend), Wärmenetzbetreiber, ESWE Versorgungs AG		
	Betroffene Akteure und Akteurinnen	Bürger:innen, Projektentwickler, Stadtplanungsamt, Bauaufsicht, Rechtsamt		
Bewertung der Maßnahmen	Beitrag zur Zielerreichung (THG-Emissionseinsparungen)	Hoch (indirekt durch Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Fernwärme)		
	Kosten der Maßnahme	1 VZÄ (120 T€/a)	Finanzierungsmechanismen	Städtischer Haushalt
Monitoring / Controlling	Anzahl der potenziellen Wärmenetzanschlüsse im Satzungsgebiet			
Bezug Klimaplan	EN-22	Die Maßnahme wurde direkt aus dem KLIMA_PLAN übernommen.		

Maßnahme: M8		Förderprogramme im Bereich „Sanieren, Erzeugen, Verteilen und Einsparen“		
Maßnahmenbeginn	Kurzfristig (1 – 3 Jahre)			
Beschreibung	Zielsetzung und Beschreibung	Die Stadt Wiesbaden entwickelt ein integriertes Förder- und Beratungsprogramm , das Privathaushalte, Eigentümer:innen, Mieter:innen und Gewerbetreibende bei der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung unterstützt. Die Programme sind zielgruppenspezifisch konzipiert und eng mit bestehenden Bundes- und Landesprogrammen verzahnt, um Doppelförderungen zu vermeiden und Förderlücken gezielt zu schließen. Eine enge Zusammenarbeit mit sozialen Akteuren stellt sicher, dass auch einkommensschwache und benachteiligte Gruppen erreicht werden. Zentral sind die Koordination bestehender Beratungsangebote , eine vereinfachte Antragstellung und eine aktive Öffentlichkeitsarbeit.		
	Relevante Schritte	1. Einrichtung einer Arbeitsgruppe (unter Beteiligung der Stadt, Sozialverbänden, Wohnungswirtschaft, Gewerbeverbänden etc.) 2. Definition der Zielgruppe sowie möglicher Förderungen durch Analyse bestehender Förderprogramme und Identifikation von sinnvollen Ergänzungen (Wo führt Förderung zu einer verstärkten Umsetzung?) 3. Entwurf eines Förderprogramms 4. Beschluss des Förderprogramms und Berücksichtigung im Haushalt 5. Entwicklung einer Beratungsstruktur und einer Kommunikationskampagne 6. Monitoring der Wirksamkeit und Fortschreibung sowie (bei Bedarf) Anpassung der Förderkulisse		
	Rolle der Stadt	Koordinierer:in, Mittelgeber:in, Maßnahmenträger:in		
	Geplante Umsetzungsdauer	3 – 5 Jahre		
	Akteure	Verantwortliche/r Akteur oder Akteurin	Umweltamt	
	Betroffene Akteure und Akteurinnen	Gebäudeeigentümer:in		
Bewertung der Maßnahmen	Beitrag zur Zielerreichung (THG-Emissionseinsparungen)	Indirekt durch Erhöhung der Akzeptanz und Sozialverträglichkeit		
	Kosten der Maßnahme	1 VZÄ (120 T€/a) + 2 Mio. €/a Förder-summe	Finanzierungsmechanismen	Städtischer Haushalt
Monitoring / Controlling	Status Projektschritte (Meilensteine); Fördermittel bereitgestellt			
Bezug Klimaplan	EN-27	Die Maßnahme wurde direkt aus dem KLIMA_PLAN übernommen, die Kosten basieren daher auf dem KLIMA_PLAN. Eine gezielte Förderung der Energieeffizienz ist für die Wärmewende von entscheidender Bedeutung. Die im KLIMA_PLAN angesetzte neue VZÄ soll daher sicherstellen, dass die Förderung zielgruppenspezifisch und auf bestehende Förderprogramme abgestimmt erfolgt.		

A3 Finanzierungsmechanismen Umsetzungsstrategie

Energetische Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes

Ebene	Programm / Instrument	Förderquote / Finanzierung	Anmerkungen
Land Hessen	Energetische Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes	Förderquote variiert je nach Maßnahme zwischen 30 %, 50 % und 100 % der förderfähigen Kosten	Das Förderangebot gilt für mehrere Fördertatbestände: — §3 Förderung investiver kommunaler Maßnahmen ■ z.B. Sanierungsmaßnahmen, neue Wärmeerzeugungsanlagen für kommunale Gebäude — §5 Förderung von Maßnahmen zu Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien ■ Ähnlich zu §3, aber für Bürger:innen — §6 Förderung von innovativen Energietechnologien ■ z.B. Pilotprojekte — §7 Förderung von kommunalen Energiekonzepten, Energieeffizienzplänen und Konzepten zur Erzeugung und Verteilung von erneuerbaren Energien ■ z.B. Erarbeitung von Modernisierungsfahrplänen für kommunale Gebäude — §8 Förderung von Einrichtungen und Maßnahmen zur Energieberatung ■ z.B. Einrichtung einer Energieberatungsstelle — §8 Förderung von Maßnahmen zur Qualifikations- und Informationsvermittlung von Technologien auf dem Gebiet der Energieeffizienz und erneuerbarer Energien — §8 Förderung von betrieblichen Energieeffizienz-Netzwerken — §§7, 8 Förderung der Energiewende im Quartier – Unterstützung für integrierte Quartierskonzepte und Sanierungsmanagement in hessischen Kommunen (Ergänzung zum KfW-Förderprogramm 432)

Finanzierungsmöglichkeiten für Infrastruktur & Konzeptumsetzung

Ebene	Programm / Instrument	Förderquote / Finanzierung	Anmerkungen
Bund	BEW	Modul 1 – Transformationspläne / Machbarkeitsstudien: bis zu 50 % der Ausgaben, max. 2 Mio. € (12 Monate) Modul 2 – Investitionen in Netze: bis zu 40 % der Ausgaben, max. 100 Mio. € (4 Jahre Umsetzungsdauer) Modul 3 – Einzelmaßnahmen: bis zu 40 % der Ausgaben, max. 100 Mio. € (2 Jahre Umsetzungsdauer) Modul 4 – Betriebskostenförderung: Betriebskosten für Solarthermie & Wärmepumpen anteilig förderfähig	Förderung des Neubaus und der Dekarbonisierung von Wärmenetzen mit hohem Anteil erneuerbarer Energien oder Abwärme.
Bund	KWK-Förderung	Die Höhe des KWK-Zuschlags beträgt 40 Prozent der ansatzfähigen Investitionskosten. Die max. Zuschlagshöhe je Projekt beträgt 50 Mio. Euro.	Förderung von Wärme- und Kältenetzen mit KWK-Anteil; Voraussetzung für Zuschläge nach KWKG.
Bund	Energetische Stadtsanierung – KfW Zuschuss Nr. 432	Fördersatz von bis zu 75 %	Das Förderangebot richtet sich an Städte, die Zuschüsse zur Erstellung integrierter energetischer Quartierskonzepte erstellen.
Land Hessen	EnergieFonds – Landesverbürgtes Nachrangkredit für Stadtwerke / kommunale Energieversorgungsunternehmen	Das Land Hessen stellt ein Nachrangkredit mit bis zu 100 Mio. € für kommunale Energieversorgungsunternehmen zur Verfügung, um die Eigenkapitalquote zu erhöhen.	Die Förderung wird für Investitionen in die Energie- und Wärmewende genehmigt.
Land Hessen	Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung der energetischen und stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe	Die Förderobergrenze für Biomasseheizwerke beträgt 200.000 € bzw. 30 % der Kosten. Die Förderobergrenze für zugehörige Wärmenetze beträgt 100.000 € bzw. 100 € pro Trassenmeter oder 250 € pro Gebäude.	Mit dem Förderprogramm werden Biomassefeuerungsanlagen ab einer Nennwärmeleistung von 30 kW sowie zugehörige Wärmenetze gefördert.

Finanzierungsmöglichkeiten für Umsetzungen im Gebäudebereich – Kommunal

Ebene	Programm / Instrument	Förderquote / Finanzierung	Anmerkungen
Bund	Klimafreundlicher Neubau und Erstkauf – Kommunen KfW Zuschuss 498, 499	Zuschuss bis zu 10% der Kosten, abhängig von Förderstufe, Größe und förderfähige Kosten	Förderung richtet sich an Kommunen; Förderung von Wohngebäuden, Wohneinheiten und Nichtwohngebäuden bei Neubau / Erstkauf
Bund	Kommunen Kredit KfW Kredit 264	bis zu 10 Mio. Euro Kredit für Nichtwohngebäude bis zu 150.000 Euro Kredit je Wohneinheit für Wohngebäude bis zu 50 % Tilgungszuschuss Zusätzliche Förderung möglich (z. B. Baubegleitung)	Förderung richtet sich an kommunale Gebietskörperschaften, einschließlich kommunaler Eigenbetriebe und Gemeindeverbände; steht unter Vorbehalt, abhängig von Haushaltsmittel Förderung von Sanierung / Kauf eines frisch sanierten Effizienzgebäudes
Bund	Kommunen Zuschuss für Sanierung und Kauf von Effizienzgebäuden KfW-Zuschuss 464	Zuschuss bis zu 5 Mio. Euro für Nichtwohngebäude Zuschuss bis zu 75.000 Euro je Wohneinheit für Wohngebäude zusätzliche Förderung möglich (z. B. Baubegleitung)	Förderung richtet sich an Kommunen und andere öffentliche Einrichtungen; steht unter Vorbehalt, abhängig von Haushaltsmittel Förderung von Sanierung / Kauf eines frisch sanierten Effizienzgebäudes

Finanzierungsmöglichkeiten für Umsetzungen im Gebäudebereich – Private Gebäudeeigentümer:innen

Ebene	Programm / Instrument	Förderquote / Finanzierung	Anmerkungen
Bund	Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)	Heizungstausch: 30-70 % (dezentrale Heizungen und Fernwärmeanschluss) Einzelmaßnahmen: Bis zu 20 % in Abhängigkeit der Maßnahme Effizienzhaus Neubau oder Sanierung: Bis 20 % Tilgungszuschuss (KfW 261)	Das Förderprogramm richtet sich an Eigentümer:innen, Unternehmen und Städte. Die BEG gliedert sich in drei Teilprogramme: Förderung für Heizungstausch; Förderung für sonstige Einzelmaßnahmen; Förderung für Effizienzhäuser Neubau und Sanierung über Kredit & Tilgungszuschuss der KfW
Land	Mietwohnungen: Hessisches Programm Energieeffizienz	Zinszuschuss für KfW-Darlehen (je nach Förderprogramm zwischen 0,42 % und 1,32 %)	Das Förderprogramm richtet sich an Eigentümer:innen, Unternehmen und Städte und für Investitionen in Mietwohngebäuden. Es werden Zinsschüsse für bestimmte Förderprogramme nach BEG und KfW bewilligt.
ESWE Innovationsfond	Förderprogramm zur CO ₂ -Reduzierung für Wohngebäude	Je nach Maßnahme Festbetrag oder Förderung pro sanierte Fläche	Das Förderprogramm richtet sich an Kunden der ESWE Versorgungs AG. Die Förderung umfasst neben Sanierungsmaßnahmen auch Zuschüsse zu klimaneutralen Wärmeerzeugern wie Wärmepumpen, Biomassekessel und solarthermische Anlagen. Ein äquivalentes Förderprogramm besteht auch für Wohnungsbaugesellschaften oder große Wohneigentümergeinschaften
ESWE Innovationsfond	Förderprogramm zur Solar-Speicherbat- terie	Pauschaler Förderbetrag zwischen 500 und 1.000 €, je nach Speicherkapazität.	Das Förderprogramm richtet sich an Kunden der ESWE Versorgungs AG. Die Förderung gilt nur in Zusammenhang mit einer Photovoltaik-Anlage.



W↑ **Wärme
Wende**