



Kommunaler Wärmeplan

Für eine sichere, bezahlbare
und klimaneutrale Wärme-
versorgung

© Stadt Aachen / Jane Kaimer

aachenklima.de/waermeplanung

stadt aachen



Impressum

Herausgeberin

Stadt Aachen

Die Oberbürgermeisterin

Fachbereich Klima und Umwelt

Maria-Theresia Allee 38

52058 Aachen

waermeplanung@mail.aachen.de

Technische Bearbeitung:

EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH

Aldenhoven / Berlin



B E T Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH

Aachen



GERTEC GmbH – Ingenieurgesellschaft

Essen



Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT

RWTH Aachen | Institut für Elektrische Anlagen und Netze, Digitalisierung und Energiewirtschaft

Aachen



Autor*innen:

Dr. Kristina Blume (ENERKO)

Sarah Henn (ENERKO)

Dr. Armin Kraft (ENERKO)

Dr. Carsten Bode (BET)

Armin Michels (BET)

Stefanie Frost (Gertec)

Kristine Genuit (Gertec)

Andreas Hübner (Gertec)

Marc Piqué (Gertec)

Julius Zocher (FhG FIT)

Oliver Banovic (RWTH Aachen)

Aachen, November 2024

Inhalt

Kurzfassung	9
Kommunaler Wärmeplan	14
1. Aufgabenstellung und Vorbemerkung	14
1.1 Bedeutung der Wärmeplanung	14
1.2 Hinweise für Gebäudeeigentümer*innen	15
2. Methodisches Vorgehen und Rahmenbedingungen	17
2.1 Eignungsprüfung	17
2.2 Bestandsanalyse	17
2.2.1 Datengrundlage	17
2.2.2 Aufbereitung des Gebäudebestands	18
2.2.3 Zuordnung von Heiztechnologien	20
2.2.4 Ermittlung von Wärmebedarfen aus Verbrauchswerten	20
2.2.5 Ableitung des Sanierungsstands	22
2.2.6 Simulation unbekannter Wärmebedarfe	23
2.3 Potenzialanalyse	24
2.3.1 Einsparpotenzial	24
2.3.2 Potenziale lokale erneuerbare Energien und Abwärme	28
2.4 Zielszenarien	29
2.5 Beteiligungs- und Akteursmanagement	33
2.6 Regulatorischer Rahmen und Förderkulisse	35
3. Bestandsanalyse	40
3.1 Gemeindestruktur	40
3.2 Gebäudestruktur und Baualtersklassen	42
3.3 Wärmebedarf	47
3.3.1 Wärmebedarf nach Heiztechnologie	47
3.3.2 Wärmebedarf nach Sektoren	50
3.3.3 Wärmebedarf nach Nutzenergiearten	53
3.3.4 Wärmebedarfsdichte und Wärmeliniedicht	54
3.4 Versorgungsstruktur	57
3.4.1 Gas- und Wärmenetze	57
3.4.2 Zentrale Wärmeerzeugerstruktur	59
3.4.3 Gas- und Wärmespeicher	61
3.4.4 Elektrolyse und Wasserstoffanlagen	62
3.4.5 Abwasser	62
3.5 Energie- und Treibhausgasbilanzen	62
4. Potenzialanalyse	67
4.1 Zukünftige Entwicklung des Wärmebedarfs	67
4.2 Räumlich verortete und quantifizierte Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung	70
4.2.1 Potenzial Geothermie	70

4.2.2	Potenzial Umweltwärme	79
4.2.3	Potenzial aus Solarthermie	80
4.2.4	Potenzial aus Biomasse	86
4.2.5	Potenzial aus Abwärme der Müllverbrennung	87
4.2.6	Potenzial aus Abwärme Industrie und Gewerbe	90
4.2.7	Potenzial aus Abwasserwärme	92
4.2.8	Potenzial aus Wasserstoff im Wärmemarkt	96
4.3	Räumlich verortete und quantifizierte Potenziale erneuerbarer Stromquellen für Wärmeanwendungen	98
4.3.1	Photovoltaik	99
4.3.2	Windkraft	102
4.4	Zusammenfassung der Potenzialanalyse	104
5.	Zielszenario	107
5.1	Wärmeversorgungsgebiete	107
5.1.1	Fernwärme	110
5.1.2	Teilgebiete und Quartierslösungen	124
5.1.3	Dezentrale Erzeugung	133
5.1.4	Wasserstoff im Wärmemarkt	136
5.2	Energie- und Klimagasbilanz	139
5.3	Investitionsrahmen für die Wärmetransformation	142
5.4	Wärmekosten für Endkunden	145
6.	Umsetzungsstrategie und Maßnahmen	150
6.1	Handlungsfelder	150
6.2	Wärmewendestrategie und Maßnahmenkatalog	151
7.	Fazit und Ausblick	161
8.	Literaturverzeichnis	162
Anhang		164
A	Kennzahlen	164
B	Definition der Preispfade	165
C	Abkürzungen	166
D	Glossar	167

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorgehensweise und Projektbausteine	17
Abbildung 2: Beispiel LoD2-Daten – links: Google 3D-Modell („Realität“); rechts: LoD2-Daten	19
Abbildung 3: Einteilung der Gebäude in Kategorien für Sanierungsstand	22
Abbildung 4: Exemplarische Zuteilung von Sanierungszuständen	22
Abbildung 5: Gebäudehüllenmodell	23
Abbildung 6: Angenommene Entwicklung der Sanierungsrate im Szenario „Mittlere Einsparungen“	25
Abbildung 7: Angenommene Entwicklung des Warmwasserbedarfs im Szenario „Mittlere Einsparungen“	26
Abbildung 8: Angenommene Entwicklung des Prozesswärmebedarfs im Szenario „Mittlere Einsparungen“	26
Abbildung 9: Gradtagzahlen in Aachen der letzten 20 Jahre und lineare Fortschreibung (Szenario „Mittlere Einsparungen“)	27
Abbildung 10: Ebenen der Potenzialermittlung	29
Abbildung 11: Beteiligungszeitplan KWP Aachen	34
Abbildung 12: Übersicht der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)	38
Abbildung 13: Stadtkarte Aachen mit den Stadtgebieten und statistischen Bezirken eingefärbt nach Einwohner*innen je Fläche	40
Abbildung 14: Einwohner*innen je Hektar im Stadtgebiet	41
Abbildung 15: Anteilige Nutzfläche nach Sektoren und Wohngebäudetyp	42
Abbildung 16: Zwanzig flächenmäßig größten Gewerbe-/ Handel-/ Dienstleistungsgebäudetypen nach Zensus Daten	43
Abbildung 17: Primärer Sektor / Wohngebäudetyp nach Anteil an der Nettogrundfläche je Baublock	44
Abbildung 18: Anzahl an Gebäuden je Baualtersklasse als Histogramm (links) und häufigste Baualtersklasse je Baublock (rechts)	45
Abbildung 19: Übersicht des Wärmebedarfs im Status-Quo	47
Abbildung 20: Anteil der Heiztechnologien an der Wärmeerzeugung	48
Abbildung 21: Vergleich des Anteils der Heiztechnologien an bereitgestellter Wärme und Anzahl Heizungen	48
Abbildung 22: Heiztechnologie mit dem höchsten Anteil an der Wärmeerzeugung im jeweiligen Baublock	49
Abbildung 23: Wärmebedarf nach Gebäudesektoren	50
Abbildung 24: Wärmebedarf je Gebäudesektor je statistischem Bezirk	51
Abbildung 25: Wärmebedarf je Gebäudesektor mit Unterteilung in kommunale Liegenschaften und Gebäude der RWTH	52
Abbildung 26: Großverbraucher (> 3GWh/a)	52
Abbildung 27: Wärmebedarf nach Nutzenergiearten	53
Abbildung 28: Wärmebedarf je Nutzenergieart je statistischem Bezirk	54
Abbildung 29: Wärmebedarfsdichte	55
Abbildung 30: Wärmelinien-dichte	56
Abbildung 31: Baublöcke mit einem Anschluss ans Gasnetz	57
Abbildung 32: Wärmenetze in Aachen (Karte: Open Streetmap)	58
Abbildung 33: Wärmenetze STAWAG in Aachen mit Nahwärmenetzen (Karte: Open Streetmap)	59
Abbildung 34: Abwassernetze in Aachen, Sammelkanäle ab DN 700 (Karte: Open Streetmap)	62
Abbildung 35: Gesamtendenergiebedarf der Stadt Aachen nach Energieträgern	63
Abbildung 36: Anteil erneuerbarer und leitungsgebundener Energieträger am Gesamtendenergiebedarf	63
Abbildung 37: Gesamtemissionen des Aachener Wärmesektors nach Energieträgern.	64

Abbildung 38: Spezifischer Endenergieverbrauch (ohne Prozesswärme) eingeteilt nach Energieeffizienzklassen je Gebäude als Histogramm (links) und bezogen auf die Nutzfläche auf Baublockebene (rechts)	65
Abbildung 39: Aufschlüsselung der Einflussfaktoren im Szenario "mittlere Einsparungen	67
Abbildung 40: Entwicklung des Wärmebedarfs im Szenario "mittlere Einsparungen	68
Abbildung 41: Einsparungen beim Wärmebedarf je statistischem Bezirk bis 2045	69
Abbildung 42: Szenarienvergleich der Wärmebedarfsreduktion bis 2045	70
Abbildung 43: Überblick Geothermienutzung, Quelle: Bayerische Landesamt für Umwelt [18]	71
Abbildung 44: Zielhorizont unterkarbonzeitliche Karbonate (oben) und devonzeitliche Karbonate (unten, tiefere Lage) im Aachener Norden.	72
Abbildung 45: Erlaubnisfelder Tiefe Geothermie in NRW, Stand Juni 2023 Quelle: [20]	73
Abbildung 46: Theoretisches Wärmerzeugungspotenzial für dezentrale Geothermie (Nutzbarmachung mit Hilfe von Wärmepumpen)	76
Abbildung 47: Zusammenfassung der Potenzialbereiche Geothermie in Aachen: Karte: OpenstreetMaps	77
Abbildung 48: Thermalquellen in Aachen: Quelle: Wikipedia (https://de.wikipedia.org/wiki/Aachener_Thermalquellen)	78
Abbildung 49: Fließgewässer und stehende Gewässer [25]	80
Abbildung 50: Bodenkarte der Stadt Aachen (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: Geologischer Dienst NRW)	82
Abbildung 51: Theoretisches Freiflächenpotenzial für Solarthermieanlagen (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: LANUV)	83
Abbildung 52: Solarthermiepotenzial großer Dachflächen in GWh/a (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: LANUV)	84
Abbildung 53: Potenzielle Wärmeerzeugung durch ST-Dachflächen (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: LANUV)	85
Abbildung 54: Waldflächen und Naturschutzgebiete	86
Abbildung 55: Müllverbrennungsanlage Weisweiler. Quelle: MVA Weisweiler	88
Abbildung 56: Prinzip der Abwärmeauskopplung MVA Weisweiler. Quelle: ENERKO	88
Abbildung 57: Frischdampfmenen MVA Weisweiler, basierend auf IST Werten aus 2021 Quelle: Rohdaten: MVA, Bearbeitung: ENERKO	89
Abbildung 58: Abwärmepotenziale in Aachen basierend auf Wärmestudie NRW Quelle: [12]	91
Abbildung 59: Kläranlagen mit Einwohnerwerten mit Lage Fernwärmenetz.	93
Abbildung 60: Abwasserwärmetauscher	94
Abbildung 61: Abwasserkanalnetz	95
Abbildung 62: Stand Wasserstoffkernnetz mit geplanten Ein- und ausspeisegebieten. Quelle: FNB [30]	97
Abbildung 63: Theoretisches Freiflächenpotenzial für PV-Anlagen (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: LANUV)	100
Abbildung 64: Potenzielle Stromerzeugung durch PV-Dachflächen (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: LANUV)	102
Abbildung 65: Potenzialflächen für Windenergieanlagen	103
Abbildung 66: Zusammenfassung der technisch nutzbaren Potenziale	106
Abbildung 67: Darstellung der Wärmeversorgungsart nach Eignungsstufen im Zieljahr	109
Abbildung 68: Einteilung des Stadtgebietes in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	110
Abbildung 69: Fernwärme-Bestandsnetz und Fernwärmeausbaugebiet der STAWAG	112
Abbildung 70: Fernwärme-Bestandsnetz, Fernwärmeausbaugebiet und geplante Maßnahmen der STAWAG	113
Abbildung 71: Fernwärme-Bestandsnetz, Fernwärmeausbaugebiet der STAWAG, zusätzlich untersuchte Gebiete und hohe Wärmeliniendichten im Jahr 2035	115

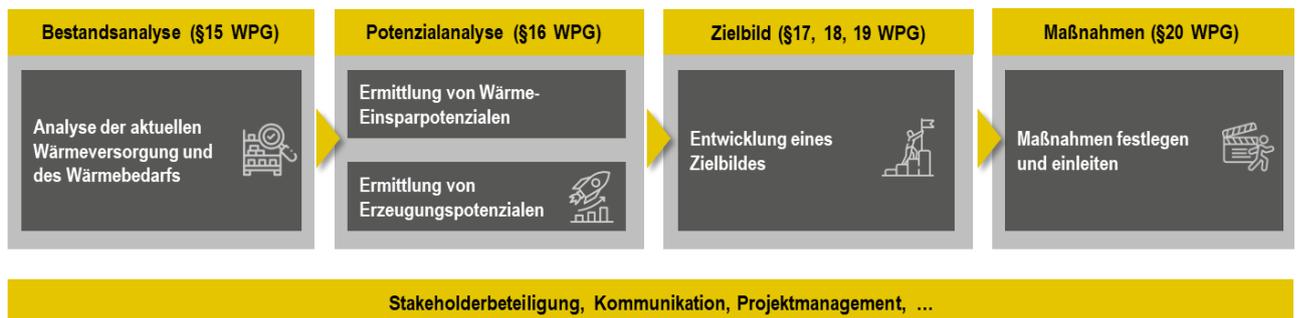
Abbildung 72: Fernwärme-Absatz-Entwicklung im Zielszenario	117
Abbildung 73: Fernwärmeausbaugesbiet und jeweiliger voraussichtlicher Baubeginn der Verteilungen im Zielszenario	118
Abbildung 74: Fernwärmeausbaugesbiet und Anschlussquote in den Ausbaugesbieten im Jahr 2045 im Zielszenario	119
Abbildung 75: Bestands-Fernwärmenetz, von STAWAG geplante Erweiterungsmaßnahmen und Ausbaugesbiet mit voraussichtlichem Erschließungsbeginn	120
Abbildung 76: Erzeugungsmix der Fernwärme bis 2045	123
Abbildung 77: THG-Emissionen der Fernwärme bis 2045	124
Abbildung 78: Fokusgebiete und ausgewählte Gebiete für Detailanalysen	125
Abbildung 79: Steckbrief Fokusgebiet Kornelimünster Schulviertel	127
Abbildung 80: Beispielhaftes Nahwärmekonzept für das Schulviertel in Kornelimünster mit einem Solarthermiefeld sowie einem Erdkollektorfeld für eine Wärmepumpe	128
Abbildung 81: Lastgänge des Wärmebedarfs und der Wärmeerzeugung für das Nahwärmekonzept in Kornelimünster. Links: Winter, rechts: Sommer	128
Abbildung 82: Monatliche Anteile der einzelnen Wärmeerzeuger des Nahwärmekonzeptes an der Gesamterzeugung.	129
Abbildung 83: Spezifische Wärmepreise als Ergebnis der Kostenrechnung für das Nahwärmekonzept und die dezentrale Wärmeversorgung, jeweils mit und ohne Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten.	130
Abbildung 84: Steckbrief Fokusgebiet Preuswald	130
Abbildung 85: Beispielhaftes Nahwärmekonzept für die Siedlung in Preuswald mit Erweiterung des Wärmenetzes und zentraler Wärmeerzeugung mittels Erdsonden und Wärmepumpe.	131
Abbildung 86: Schematische Darstellung von Erdsonden in Schrägbohrtechnik (GeoStar), entwickelt durch das Fraunhofer IEG.	131
Abbildung 87: Spezifische Wärmepreise als Ergebnis der Kostenrechnung für die zwei Nahwärmekonzepte in Preuswald, jeweils mit und ohne Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten.	132
Abbildung 88: Steckbrief Fokusgebiet Eilendorf	132
Abbildung 89: Konzept für eine Wärmeversorgung im Industrie- und Gewerbegebiet Eilendorf.	133
Abbildung 90: IST-Versorgungsart und Zielbild 2045 auf Baublockebene (jeweils mengenanteilig größte Heizungsart)	134
Abbildung 91: Leistungszuwachs bis 2045 durch dezentrale Wärmepumpen im Zielszenario	135
Abbildung 92: Notwendige Umschlüsse von fossilen Heizungen auf Fernwärme und Wärmepumpen zur Zielerreichung 2045 (der erste Zeitraum umfasst 8 Jahre, die anderen 5 Jahre)	136
Abbildung 93: Varianten der geplanten H ₂ -Leitung im Raum Aachen	137
Abbildung 94: schematische Darstellung eines H ₂ -Verteilnetzes in Aachen	138
Abbildung 95: Wärmebedarfsdeckung im Zeitverlauf bis 2045	139
Abbildung 96: Wärmebedarfsdeckung im Zielszenario im Jahr 2045	140
Abbildung 97: Endenergieverbrauch im Zeitverlauf bis 2045	141
Abbildung 98: THG Emissionen im Zeitverlauf bis 2045	142
Abbildung 99: Übersicht spez. Investitionskosten gem. Technikkatalog Wärmeplanung bzw. eigener Abschätzung (netto, vor Förderzuschüssen)	143
Abbildung 100: Abschätzung des Investitionskostenrahmens der Wärmewende in Aachen	144
Abbildung 101: Preispfade für einen Endkundenabnahmefall Erdgas mit 54 MWh Wärmebedarf	146
Abbildung 102: Wärmevollkosten (brutto) verschiedener Erzeugungsvarianten im oberen und unteren Preispfad (Bandbreite), Gebäude mit 30 kW und 1.800 Vollbenutzungsstunden	148
Abbildung 103: Muster Maßnahmensteckbrief	160

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Öffentliche Datenquellen für die Analyse der Gemeindestruktur und des Wärmebedarfs	18
Tabelle 2: Nicht-öffentliche Datenquellen für die Analyse der Gemeindestruktur und des Wärmebedarfs	18
Tabelle 3: Szenarienübersicht für das Energieeinsparpotenzial	28
Tabelle 4: Zusammenfassung der Klimagasfaktoren der betrachteten Endenergieträger in g CO _{2aq} /kWh	30
Tabelle 5: Regulatorischer Rahmen und Ebenen der Förderung	36
Tabelle 6: Gesamtübersicht der Gebäudestrukturergebnisse nach Stadtgebieten und statistischen Bezirken	46
Tabelle 7: Wesentliche Wärmeerzeugungsanlagen	60
Tabelle 8: Wärmespeicher im Fernwärmenetz	61
Tabelle 9: Angenommene Emissionsfaktoren je Energieträger (Basisjahr)	64
Tabelle 10: Gesamtübersicht der Wärmebedarfsergebnisse der Bestandsanalyse nach Stadtgebieten und statistischen Bezirken.	66
Tabelle 11: Abwärmepotenziale im Dienstleistungsbereich	90
Tabelle 12: Abwärmepotenziale in Aachen	92
Tabelle 13: Erzeugungspotenzial aus Abwasserkanläen, aufgeteilt auf die Einzugsbereiche der Kläranlagen.	96
Tabelle 14: Übersicht Wärmebereitstellungspotenziale sowie Erneuerbare Stromerzeugungspotenziale	105
Tabelle 15: Kennzahlen der untersuchten Fokusquartiere	126
Tabelle 16: Maßnahmenliste, Städtische Familie	151
Tabelle 17: Maßnahmenliste, Akteursbereich Energieversorger	156
Tabelle 18: Maßnahmenliste, Akteursbereich Stadtnahe Institutionen	158

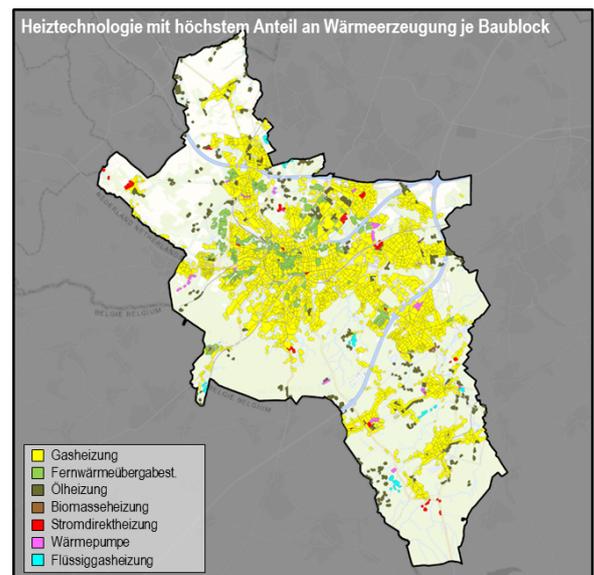
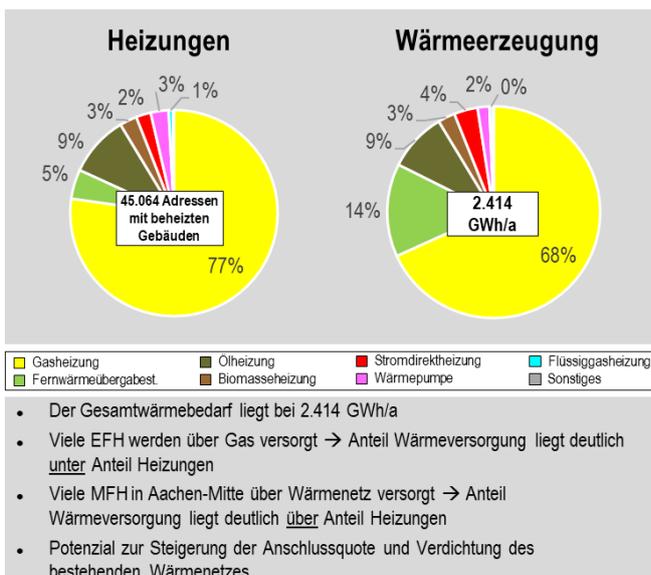
Kurzfassung

Der vorliegende kommunale Wärmeplan für die Stadt Aachen stellt dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) entsprechend die strategische Grundlage dar, um die Weichen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung auf dem Stadtgebiet Aachen bis 2045 zu stellen. Eine detaillierte Bestandsaufnahme der Wärmeversorgungsstrukturen sowie eine Potenzialanalyse in den Bereichen Erneuerbare Wärme und Strom sowie Abwärme sind Basis für die Entwicklung eines Zielszenarios. Somit unterstützt der Wärmeplan die Kommune sowie weitere relevante lokale Akteure im Sinne einer Leitplanke für die Wärmetransformation. Eine rechtlich bindende Wirkung ist mit dem Wärmeplan nicht verbunden, dies erfordert separate Satzungsbeschlüsse. Der Wärmeplan ist das Ergebnis der folgenden Arbeitsschritte:



Bestandsanalyse

Für die Abdeckung des Raumwärme-, Trinkwarmwasser- und Prozesswärmebedarfs der rd. 45.000 beheizten Gebäude in Aachen sind heute rd. 2.400 GWh Nutzenergie nötig, wobei rund 14 % durch Fernwärme abgedeckt werden. Weitere 68 % entfallen auf Erdgasheizungen, 9 % auf Heizöl, 6 % auf Strom (Wärmepumpen und Direktheizungen) und 3 % basieren auf Holz und sonstigen Energieträgern. Die damit verbundenen Treibhausgas-Emissionen betragen rund 679.000 t CO₂-Äquivalenten bzw. 2,7 t pro Einwohner*in, was zu 57 % auf die privaten Haushalte, zu 37 % auf den Sektor GHD und zu 6 % auf die Industrie zurückzuführen ist.



Das räumlich weit verzweigte Fernwärmenetz inklusive der Netzbereiche der RWTH Aachen bieten eine gute Ausgangssituation für weitere Verdichtung und die Erschließung von Ausbaubereichen der Fernwärme, das Gasnetz ist fast flächendeckend vorhanden.

Potenzialanalyse

Die zentralen Säulen für die Umsetzung der Wärmewende sind die Senkung des Gesamtwärmebedarfs sowie die Nutzung von erneuerbaren Energien für die Wärmeversorgung. Unter Berücksichtigung von Effizienzpotenzialen im Gebäudebestand sind bis 2045 grundsätzlich ausreichend erneuerbare Quellen in und um Aachen verfügbar, um den Wärmebedarf zu decken. Im Rahmen der Fortschreibung des Wärmebedarfs konnte ein realistisches Einsparpotenzial in Höhe von rd. 22 % identifiziert werden, insbesondere beeinflusst durch Gebäudesanierung. Wesentliche Potenziale an erneuerbaren Energien sind im Bereich erneuerbarer Erzeugung für Fernwärme vor allem die Nutzung der Abwärme der Müllverbrennungsanlage in Weisweiler und die Nutzung der Abwasserwärme der Zentralkläranlage in der Soers sowie im dezentralen Bereich der Einsatz von Wärmepumpenlösungen. Die geothermische Eignung ist ebenfalls in weiten Teilen des Stadtgebietes und angrenzender Erlaubnisfelder gegeben, so dass hier ebenfalls signifikante Erzeugerpotenziale sowohl für eine zentrale Nutzung als Fernwärme wie auch für Quartierslösungen und dezentrale Einzelgebäude möglich sind.

Als weiterer Baustein kommt eine perspektivische und punktuelle Wasserstoffnutzung mit dem Fokus auf große Abnehmer (Industrie, Gewerbe, Fernwärmeerzeugung) hinzu, die durch die Lage Aachens in direkter Nähe zum geplanten Wasserstoffkernnetz voraussichtlich ab 2032 möglich ist. Eine flächige Versorgung mit Wasserstoff für Raumheizungen ist aktuell aber nicht geplant. Diese Potenziale reichen zusammen mit dem großen Potenzial von Luftwärmepumpen in Summe aus, um den zukünftigen Wärmebedarf Aachens vollständig zu decken, allerdings nur in Verbindung mit umfangreichen Infrastrukturmaßnahmen.

Das Photovoltaik- und Windkraftpotenzial von in Summe über 500 GWh zeigt, dass auch ein signifikanter Teil eines zuwachsenden Strombedarfs bei Ausbau der Wärmepumpennutzung durch Stromproduktion im Stadtgebiet abgedeckt werden kann.

Zielszenario

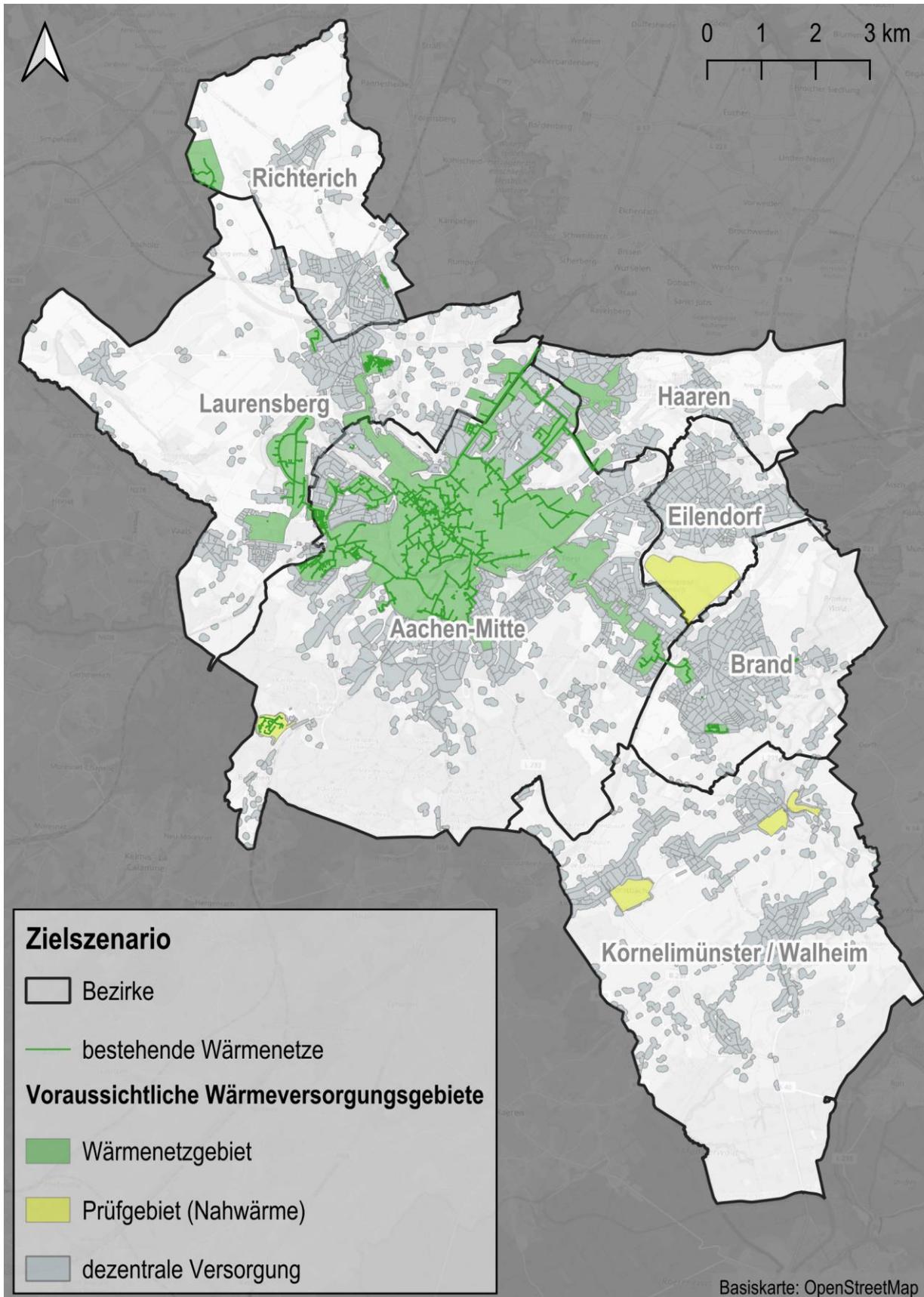
Bei der Erstellung des Zielszenarios werden die möglichen Wärmequellen und -senken gemeinsam betrachtet. Es bildet die Grundlage, um eine ganzheitliche Wärmewendestrategie einschließlich der notwendigen Maßnahmen abzuleiten. Gesetzlich verankertes Ziel der seit 2024 bundesweit verpflichtenden kommunalen Wärmeplanung ist dabei die Klimaneutralität bis 2045.

Die Versorgungsstruktur im Zielszenario ist durch einen dynamischen Fernwärmeausbau und -verdichtung in fast allen zentralen Stadtteilen in Verbindung mit der umzusetzenden Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung geprägt. Hierzu leistet der geplante Ersatz der Braunkohlewärme durch Wärme aus der thermischen Abfallbehandlung bis 2030 einen sehr großen Beitrag. Wesentliche Meilensteine der nächsten Jahre sind beim Fernwärmeausbau im Süden der Neubau von Fernwärmetrassen vom Frankenberger Viertel in Richtung Brand entlang der Trierer Straße mit Anschluss des dortigen Nahwärmenetzes sowie im Norden die Verbindung über die Turmstraße Richtung Laurensberg bis Schloss Rahe. Darüber hinaus sind der Anschluss weiterer Kunden an bereits bestehende Fernwärmeleitungen (Verdichtung) sowie diverse Erschließungen von weiteren Straßen, v.a. in der Innenstadt, im Frankenberger Viertel und in Burtscheid geplant.

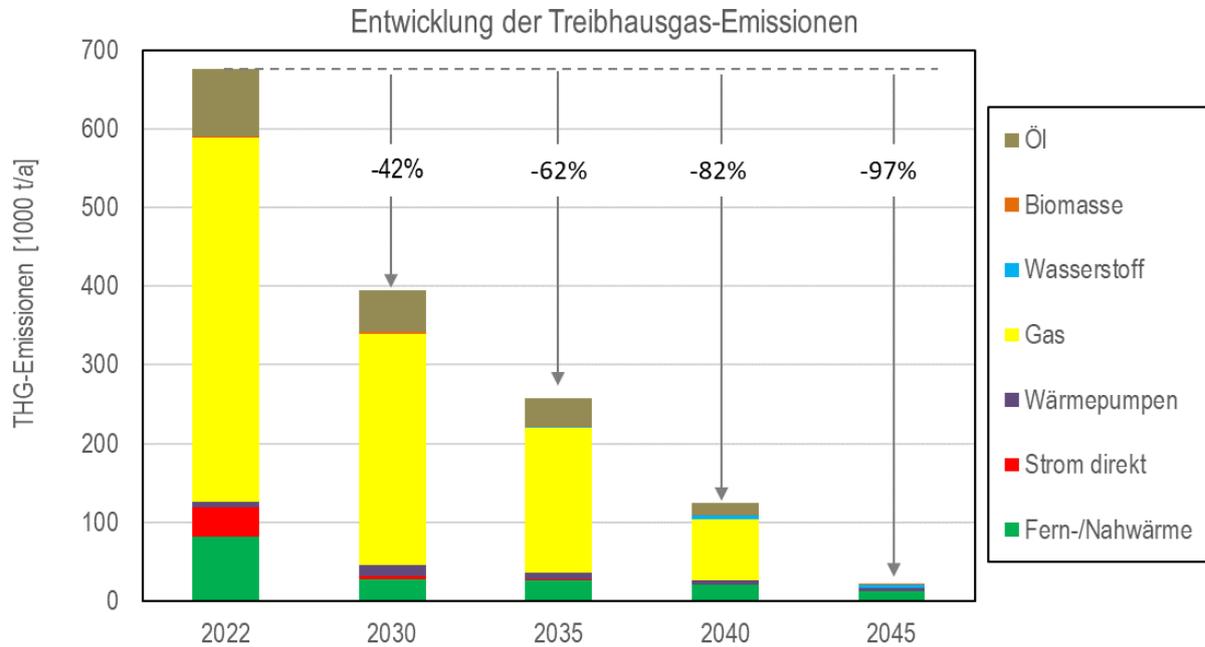
Weitere, zeitlich etwas nachgelagerte Erschließungen betreffen dann vor allem Gebiete im Osten und Westen des Wärmenetzes, so dass der Fernwärmeanteil im Zielszenario auf rund 40 % bzw. ansteigen wird.

In den Stadtteilen ohne großflächigen Fernwärmeausbau werden dezentrale Wärmepumpen mit den Wärmequellen Luft und Erdwärme den größten Beitrag leisten und es bieten sich einige Quartiere für Nahwärmelösungen an. Exemplarisch wurden von den im Projekt definierten neun Fokusgebieten drei Gebiete (Preuswald, Kornelimünster und Gewerbegebiet Eilendorf) außerhalb der Fernwärmeversorgung ausführlicher auf Alternativen zur dezentralen Versorgung untersucht. Hier könnten Nahwärmelösungen auf Basis Geothermie, Solarthermie und kalten Wärmenetzen zum Einsatz kommen, weshalb diese Gebiete sowie zwei weitere Quartiere als Prüfgebiete für lokale Wärmenetze ausgewiesen werden, in denen die Machbarkeit näher geprüft werden sollte.

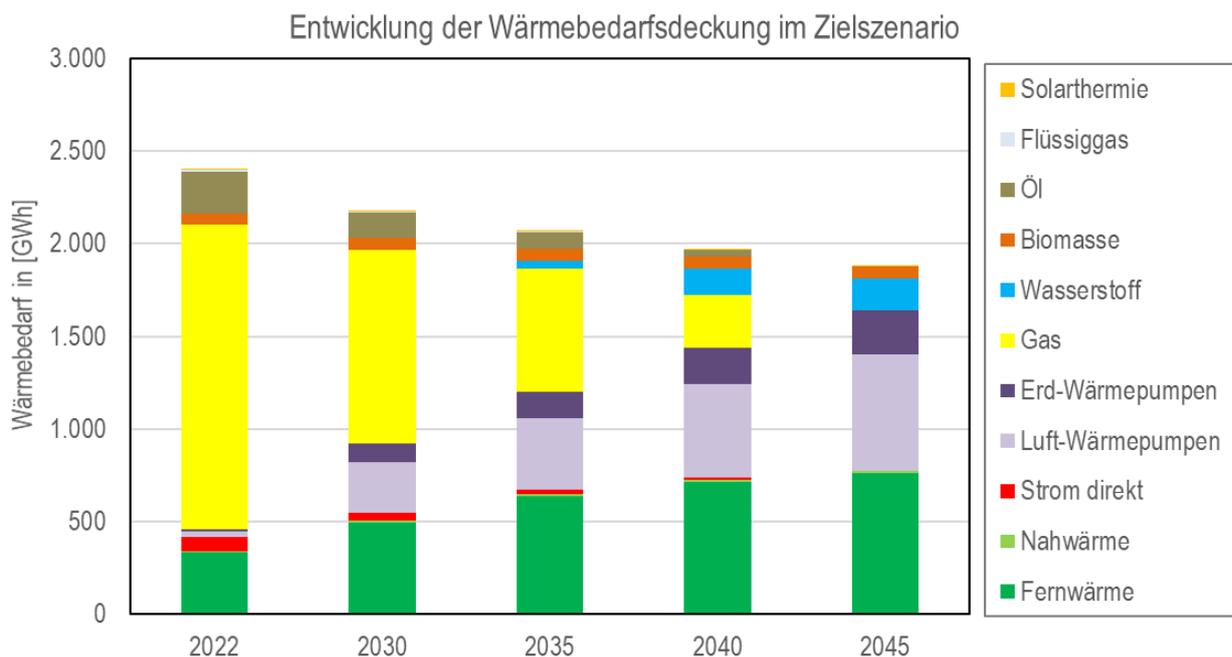
Ein Überblick über die resultierenden Wärmeversorgungsgebiete im Stadtgebiet von Aachen in der Klassifizierung nach Wärmenetzgebiete Fernwärme, dezentrale Versorgungsgebiete sowie Prüfgebiete für lokale Wärmenetze zeigt die folgende Abbildung. Eine nach Wärmeplanungsgesetz ebenfalls mögliche Klassifizierung von Wasserstoffnetzgebieten wird für Aachen nicht vorgesehen.



Die Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung lassen sich so bis zum Jahr 2030 um 42 %, bis 2035 um 62 % und bis zum Zieljahr um 97% reduzieren. Da aufgrund der vorgegebenen Berechnungsstandards mit Vorketten immer Restemissionen verbleiben wird rechnerisch keine vollständige Klimagasneutralität erreicht, es werden im Zieljahr aber keine fossilen Brennstoffe mehr eingesetzt.



Um dieses Ziel zu erreichen, muss allerdings für mehr als 85% aller Gebäude die Versorgungsart geändert werden, wobei rd. die Hälfte aller Heizungen auch schon bereits 15 Jahre oder älter sind. Weiterhin sind eine sukzessive Verdoppelung der Fernwärmenetzlängen (rd. 4,5 km Zubau/a im Mittel) sowie mehr als sechs mal so viele Fernwärmeanschlüsse im Vergleich zu heute notwendig (Zielwert rd. 10.000 Anschlüsse), rd. 20 mal so viel Wärmepumpenheizungen (30.000 statt 1.300) sowie ein moderater Ausbau der dezentralen Solarthermie. Hinzu kommt die Sanierung von etwa der Hälfte aller Gebäude in Aachen, wobei in vielen Fällen der Umstieg auf Wärmepumpen auch ohne Vollsanierung möglich und sinnvoll ist.



Der Ausbau sowohl der Fernwärme als auch der dezentralen Wärmepumpen im Zielszenario ist somit sehr ambitioniert. Dies kann nur gelingen, wenn eine Reihe von Voraussetzungen und Gelingbedingungen erfüllt sind. Dazu zählen u. a. eine Erhöhung der Ausbaugeschwindigkeit der Wärmenetze und nachfolgend auch Stromnetze, die eine ausreichende Verfügbarkeit von Baukapazitäten und die Akzeptanz für Bautätigkeiten voraussetzt. Dies schließt eine gute Abstimmung mit Maßnahmen zu anderen Medien wie z. B. Abwasser, Strom, Straßenerneuerung mit ein. Auch die Akzeptanz in der Bevölkerung ist für die Erreichung hoher Anschlussquoten von Bedeutung.

Eine solche Transformation der Wärmeversorgungsstruktur erfordert Investitionen im Bereich von rd. 4 Mrd. €, die sich aber auf viele Akteure und 20 Jahre verteilen und die durch Förderprogramme abgedeckt werden. Dennoch werden die Kosten der Wärmeversorgung sowohl in der klimaneutralen Variante wie auch bei fossilen Heizungen perspektivisch steigen und voraussichtlich nicht mehr das Niveau vor 2022 erreichen. Wärme wird aber bei einer gut abgestimmten, sukzessiven und kontinuierlichen Umsetzung der Maßnahmen bezahlbar bleiben.

Maßnahmen

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung erfordert den Einsatz und das Zusammenwirken aller beteiligten Akteur*innen unter dem Dach einer Wärmewendestrategie. Dabei sind Aktivitäten in folgenden Handlungsfeldern nötig:

- **Strukturelle Maßnahmen** wie Verzahnung von städtischer und netzseitiger Planung im Straßenraum, Verstetigung und Controlling der Umsetzung, Einbringung städtischer Liegenschaften und Grundstücke sowie Nutzung von Planungsinstrumenten wie Bauleitplanung und städtebauliche Verträge, aber auch die Begleitung von Projekten der Wärmewende durch die Stadt und die kontinuierliche Aktualisierung der Wärmeplanung,
- **Technische Maßnahmen** wie Fernwärmeanschluss aller Gebäude der städtischen Familie, Machbarkeitsstudien für Teilräume und Fokusquartiere, Zielnetzplanung im Strom- und Gasnetz sowie weitere Umsetzung der Großprojekte zur Fernwärmedekarbonisierung (Anschluss Abwärme Müllverbrennungsanlage, Geothermie, Großwärmepumpen),
- **Effizienzmaßnahmen** wie der gezielte Ausbau von Förderungen zur Realisierung von Energieeinsparungen in schwierigen Fällen (Denkmalschutz, Etagenheizungen) sowie Sanierungsfahrpläne öffentlicher Liegenschaften,
- im Handlungsfeld **Motivation und Information** ein erweitertes Fernwärmeauskunftsportal, Unterstützung von Gemeinschaftslösungen, Verstetigung des Akteursmanagements durch einen „Runden Tisch Wärmeplanung“, Fokuswerkstätten sowie generell alle Beratungs- und Informationsangebote der Akteure.

Abschließend soll noch einmal darauf hingewiesen werden, was die hier vorliegende Wärmeplanung leisten kann und was nicht. Die kommunale Wärmeplanung ist kein rechtlich verbindliches Planungsinstrument, sondern ein strategisches Planungsinstrument für die Entwicklung einer CO₂-freien, sicheren und bezahlbaren Wärmeversorgung, sie legt Eignungsgebiete für Fernwärme/Nahwärme und dezentrale Lösungen fest und ist somit Leitlinie für die integrierte Stadtentwicklung sowie den Ausbau der Wärme- und Stromnetzinfrastruktur. Für Hauseigentümer*innen stellt sie eine Orientierung für die möglichen Handlungsalternativen ihrer Wärmeversorgung dar, ersetzt aber keine individuelle Beratung oder Einzelfallprüfungen der Versorgungslösungen auf Gebäudeebene.

Kommunaler Wärmeplan

1. Aufgabenstellung und Vorbemerkung

Durch das ab 2024 gültige Wärmeplanungsgesetz (WPG) hat die Bundesregierung eine verpflichtende kommunale Wärmeplanung für alle Städte eingeführt, die im Fall von Aachen mit mehr als 100.000 Einwohnern bis Mitte 2026 erstellt werden muss. Diese versteht sich als Strategie zur Verwirklichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung und bietet ein langfristiges Planungsinstrument aufgrund der im WPG festgelegten Fortschreibungspflicht.

Ziel der kommunalen Wärmeplanung in Aachen ist die Sicherheit und Bezahlbarkeit der Wärmeversorgung sowie die Erstellung eines ambitionierten, aber realistischen Zeitplans für eine klimaneutrale Wärmeversorgung der Stadt. Aufgabe des kommunalen Wärmeplans (KWP) ist es, für dieses Ziel einen Entwicklungspfad bis zum gesetzlich vorgegebenen Zieljahr 2045 mit den in Aachen bereits festgelegten Zwischenzieljahren 2030 und 2035 zu entwerfen. Hierzu zeigt der Wärmeplan auf, welche Technologien in welchem Umfang in welchen Stadtteilen zum Einsatz kommen könnten und wie sich der Technologie- und Endenergieträgermix bis dahin entwickeln muss.

Zur Abbildung der Entwicklung des Technologiemitx wurde das Stadtgebiet Aachens in Teilgebiete und Baublöcke aufgeteilt, die sich an den Stadtteilgrenzen und an der vorhandenen Bebauungs- und Straßenstruktur orientieren. Innerhalb dieser Teilgebiete wurden jeweils kleinräumige Auswertungen bzgl. der Eignung für eine zentrale bzw. dezentrale Versorgung unter Berücksichtigung der verschiedenen Beheizungstechnologien vorgenommen und die Anteile der einzelnen Technologien gemäß ihrer Anzahl und dem prozentualen Anteil in den Gebieten ermittelt.

Diese Informationen inkl. der Potenziale an Umweltwärme, Abwärme und erneuerbaren Quellen dienen als planerische Grundlage für die künftigen Zielnetzplanungen der Versorgungsunternehmen bzw. Netzbetreiber für Fernwärme, Strom und Gas sowie zur Ermittlung der benötigten regenerativen Strommengen, grüner Gasmengen etc. und nicht zuletzt der Gestaltung und Wahl der Schwerpunkte für die öffentlichen Förderprogramme und der zu ergreifenden Maßnahmen.

Die Umgestaltung des Wärmemarktes ist ein dynamischer Prozess, der in den kommenden Jahren stetig nachgeschärft werden muss – daher hat der Gesetzgeber eine Verpflichtung zur periodischen Fortschreibung der Wärmeplanung spätestens alle 5 Jahre vorgesehen (vgl. § 25 WPG). Im Rahmen des Zielszenarios wird daher ein aus heutiger Sicht denkbarer und technisch-energetisch sinnvoller Entwicklungspfad skizziert, auf dem das Ziel der Klimaneutralität erreicht werden kann.

Dieser Bericht fasst die Ergebnisse und Empfehlungen der kommunalen Wärmeplanung für Aachen zusammen.

1.1 Bedeutung der Wärmeplanung

Vorangestellt muss angemerkt werden, dass ein Wärmeplan eine Leitlinie auf der strategischen Planungsebene ist und – anders als Bebauungspläne oder Flächennutzungspläne – keine unmittelbare Rechtswirkung nach sich zieht, d.h. dass ein Wärmeplan „keine rechtliche Außenwirkung und keine einklagbaren Rechte oder Pflichten begründet“ (§ 23 WPG).

Zusammenfassend soll die Wärmeplanung für die Stadt Aachen leisten:

- eine Orientierung für die klimaneutrale, sichere und wirtschaftliche Wärmeversorgung,
- die Festlegung von Eignungsgebieten für Fernwärme, Nahwärme, Wasserstoffnetze und dezentrale Versorgung/Wärmepumpen mit Zielvorgaben für den Fernwärmeausbau und die Umstellung auf erneuerbare Fernwärme
- und die Priorisierung von Maßnahmen zur Erreichung des Ziels der klimaneutralen Wärmeversorgung sowie von Leitlinien für die Stadtentwicklung und Stadtplanung.

Vor dem Hintergrund der Haushaltsmittel der Stadt bzw. der Stadtwerke, der Kostenentwicklung, der Unklarheit bzgl. der künftigen Fördermittel von Bund und Land, der Verfügbarkeit von Fachplanern/Fachfirmen und der

Verkehrsbeeinträchtigung bzw. der Wechselwirkungen mit anderen Infrastrukturmaßnahmen kann die Wärmeplanung generell aber Folgendes nicht leisten:

- Detaillierte Bewertung der Wirtschaftlichkeit der dargestellten Maßnahmen
- Ausbaugarantien für alle dargestellten Fern- und Nahwärmegebiete,
- Anschluss- und Termin Garantien an das Fernwärmenetz,
- Beschluss und Durchführung aller vorgeschlagenen Maßnahmen.

Einen wesentlichen Baustein zur Erreichung dieses Ziels stellt der Ausbau der Fernwärmeversorgung auf Basis klimaneutraler Energiequellen dar, wie es auch im Leitfaden Wärmeplanung vielfach beschrieben ist [1]. Im Bereich der dezentralen Erzeugung kommen Wärmepumpen in verschiedenen Ausprägungen und mit unterschiedlichen Wärmequellen eine besondere Bedeutung zu.

Eine weitergehende Überprüfung auf die tatsächliche Erschließbarkeit und Wirtschaftlichkeit der beschriebenen Potenziale im Detail oder gar auf Gebäudeebene ist auf dieser übergeordneten strategischen Planungsebene nicht leistbar und muss daher nachfolgenden Planungsebenen vorbehalten bleiben (Machbarkeitsstudien sowie anschließende konkrete Umsetzungsplanung). Diese sind vielfach auch schon in der Erarbeitung oder Planung (z.B. seismische Untersuchungen zur Tiefengeothermie, für die Förderzusagen vorliegen).

In den Übersichtskarten werden die Gebiete gemäß der überwiegend ermittelten Versorgungsart farblich gekennzeichnet. Im Ergebnis sind die Eignungsgebiete daher nicht als Nutzungsgebiete mit ausschließlich einer möglichen Versorgungsart zu verstehen, sondern lediglich als Areale, die eine mehrheitliche Eignung für bestimmte Versorgungsoptionen aufweisen. In den meisten Bereichen wird es neben der überwiegend ermittelten Versorgungsart auch weiterhin parallel Versorgungslösungen anderer Technologien geben, bspw. bereits vorhandene Luftwärmepumpen oder Pelletanlagen in einem späteren Fernwärme-Ausbaugebiet.

Die Baublöcke sind durch Straßenzüge unterteilt. In der späteren konkreten Fernwärmeausbauplanung werden an den Rändern der Quartiere die angrenzenden Gebiete und insbesondere gegenüberliegenden Straßenseiten mit untersucht werden. Zudem werden die Fernwärmegebiete hinsichtlich Ihrer Eignung grundsätzlich noch einmal detailliert überprüft. Die im Rahmen der Szenarienbetrachtungen erfolgte gebietsweise Abgrenzung der Fernwärmeeignungsgebiete stellt insofern nur die aktuellen strategischen Planungsüberlegungen der Stadt im Austausch mit der STAWAG dar und ist nicht zwingend deckungsgleich mit den erst zu einem späteren Zeitpunkt planerisch zu konkretisierenden Fernwärmeausbaubereichen der STAWAG.

1.2 Hinweise für Gebäudeeigentümer*innen

Die Entscheidung über die eingesetzte Technik bei einem anstehenden Ersatz der bestehenden Heizung verbleibt i.d.R. bei den Eigentümer*innen der Gebäude. In diese fließen nicht nur die technisch-organisatorischen Randbedingungen ein (technische Eignung für ein Gebäude, Verfügbarkeit von Flächen und Energieträgern, Genehmigungsfragen) sondern auch die Kostenseite sowie die Abstimmung mit ggf. erforderlichen Maßnahmen der Gebäudesanierung.

Bisher beschränkte sich der Ersatz von Heizungsanlagen in Bestandsgebäuden überwiegend auf Modernisierungen bzw. Kessel- oder Brennertausch unter Beibehaltung des fossilen Energieträgers oder Wechsel z.B. von Heizöl auf Erdgas. Der erforderliche Zeitpunkt für eine Umstellung der Heizungsanlage und auch die Wahl des Energieträgers wird aufgrund des gesetzgeberischen Rahmens aus dem neuen GEG (Gebäudeenergiegesetz) aber künftig stärker beeinflusst werden als es bislang der Fall war.

Eine gebäudescharfe Beurteilung an die Eigentümer*innen für eine bestimmte Heizungstechnologie ist weder gewollt noch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für rd. 45.000 Gebäude in Aachen leistbar. Auch kann keine adressenscharfe Vorabprüfung der Genehmigungssituation für individuelle Adressen und Technologien vorgenommen werden – zumal sich die gesetzlichen und ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen im Laufe des Entwicklungsprozesses bis 2045 ändern können.

Wenn in den einzelnen Gebieten konkret Heizungserneuerungen anstehen, bestehen für Gebäudeeigentümer*innen mehrere Beratungsmöglichkeiten durch Stadt und Energieversorger, Energieberater, Sanitär-/Heizungshandwerk sowie Beratungsstellen von Verbraucherzentralen und dem gemeinnützigen Verein altbauplus. Für Gebiete bzw. Adressen, die in möglichen FW-Gebieten liegen oder an diese angrenzen – z.B. gegenüberliegende Straßenseite – wird allerdings empfohlen, vor Entscheidung für eine dezentrale Sanierungslösung die Möglichkeit eines künftigen FW-Anschlusses durch Anfrage beim FW-Betreiber (meist STAWAG) bzw. über Auskunftsportale (siehe Maßnahmenkapitel) prüfen zu lassen.

2. Methodisches Vorgehen und Rahmenbedingungen

Die Vorgehensweise der Wärmeplanung orientiert sich an den Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes WPG sowie des zugehörigen Leitfadens der deutschen Energieagentur dena [1]. Die einzelnen Bausteine, die sich auch in der Struktur des Berichtes wiederfinden, sind in der folgenden Darstellung dargestellt.

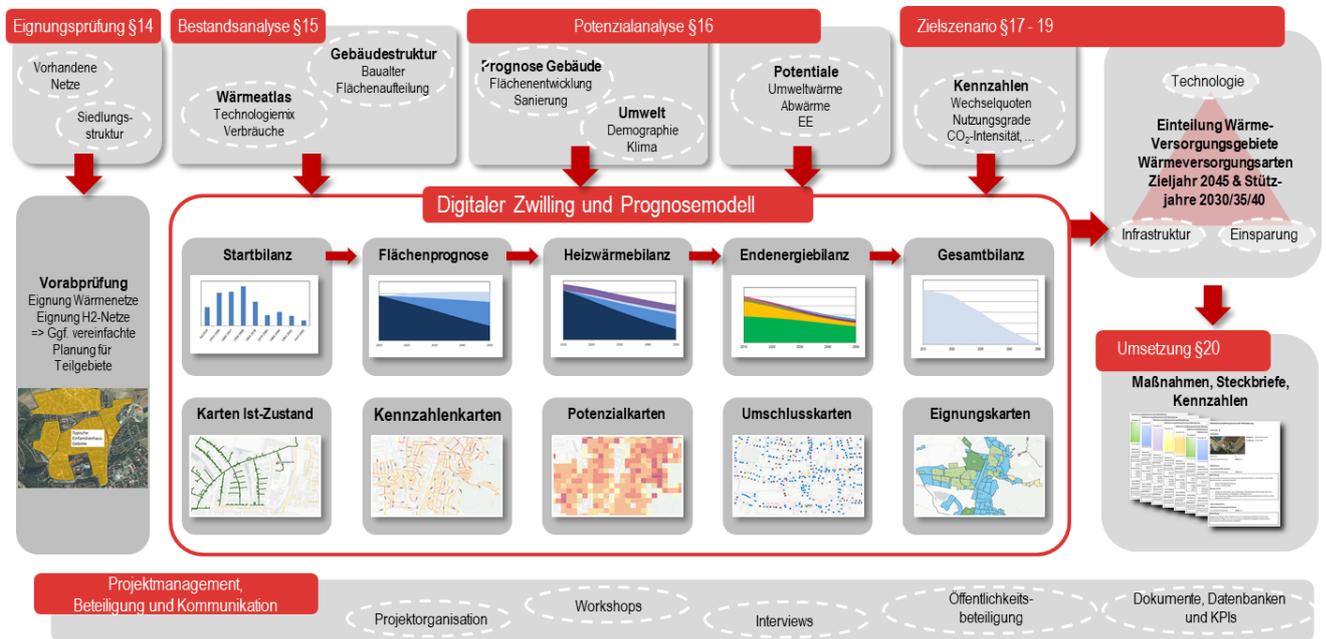


Abbildung 1: Vorgehensweise und Projektbausteine

2.1 Eignungsprüfung

Das WPG sieht in §14 vor, dass für Teilgebiete einer Stadt eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden kann, sofern diese Gebiete in einer vorgelagerten Eignungsprüfung als unwahrscheinlich für Wärmenetze und Wasserstoffnetze eingeschätzt werden. Eine solche Vorab-Festlegung von Gebieten, die sich wahrscheinlich nicht für Nah- oder Fernwärme eignen, ist aufgrund der Zeitschiene des Projektes in Abstimmung der Beteiligten nicht erfolgt, die Ausweisung von Versorgungsgebieten wurde für das gesamte Stadtgebiete gem. §18 WPG durchgeführt und abgestimmt. Eine verkürzte Wärmeplanung für Teilgebiete nach §14 Absatz 4 ist dementsprechend nicht durchgeführt worden, es werden alle Stadtgebiete mit der gleichen Methodik, Datenbasis und Bearbeitungstiefe analysiert.

2.2 Bestandsanalyse

Das Ziel der Bestandsanalyse ist es, die aktuelle Gebäudestruktur, den Wärmebedarf und die bestehende Wärmeinfrastruktur der Stadt Aachen detailliert zu erfassen. Mit diesen umfassenden Daten können notwendige Maßnahmen identifiziert und Szenarien zur Reduktion von CO₂-Emissionen entwickelt werden, die als Grundlage für zukünftige strategische Entscheidungen dienen. Das Bezugsjahr der Bestandsanalyse ist 2022, da zu Projektstart die Gas- und Fernwärmeverbräuche lediglich bis zu diesem Jahr vollständig vorlagen.

2.2.1 Datengrundlage

Die Basis der Bestandsanalyse bildet eine breite Datengrundlage. Dabei werden im Wesentlichen die in Tabelle 1 dargestellten öffentliche Daten herangezogen:

Tabelle 1: Öffentliche Datenquellen für die Analyse der Gemeindestruktur und des Wärmebedarfs

Daten	Abgeleitete Informationen
LoD2-Gebäude (3D-Gebäude) [2]	Gebäudekubatur; Gebäudenutzung
OpenStreetMap [3]	Ergänzende Gebäude, die nicht in den LoD2-Gebäuden enthalten sind
Adresspunkte [4]	Ergänzende Adressangaben
ALKIS (Amtliches Liegenschaftskataster Informationssystem) [2]	Tatsächliche Flächennutzung
Zensus (100x100m) [5]	Anzahl Haushalte; Gebäudealter
NRW Wärmestudie [2]	Gebäudealter; Sanierungswahrscheinlichkeit
Gebietseinteilungen [4]	Gemeinde, Stadtgebiete und statistische Bezirke

Darüber hinaus ist die planungsverantwortliche Stelle gemäß WPG dazu berechtigt verschiedene nicht-öffentliche Daten zu erheben. Im Rahmen der Analyse der Gemeindestruktur und des Wärmebedarfs der Stadt Aachen wurden dabei im Wesentlichen die in Tabelle 2 dargestellten Daten verwendet:

Tabelle 2: Nicht-öffentliche Datenquellen für die Analyse der Gemeindestruktur und des Wärmebedarfs

Daten	Abgeleitete Informationen bzw. Verwendung
Fernwärmeverbräuche (STAWAG)	Wärmebedarf
Gasverbräuche (Regionetz)	Wärmebedarf
Kehrdaten	Heiztechnologie; Heizungsalter; Heizungstyp (Zentral- oder Etagenheizung)
RWTH Gebäude (+Verbräuche)	Wärmebedarf; Zuordnung von RWTH-Gebäuden
Kommunale Liegenschaften	Zuordnung von Kommunalen Liegenschaften
Baudenkmäler	Sanierungsstand; Sanierungsoptionen
Straßennetz	Berechnung der Wärmeliniendichte

2.2.2 Aufbereitung des Gebäudebestands

Im Rahmen der Bestandsanalyse wird sämtlicher Wärmebedarf, unabhängig davon, ob Raumwärmebedarf, Warmwasserbedarf oder Prozesswärmebedarf, einem Gebäude bzw. einer Adresse zugeordnet. Außerdem können viele Informationen, wie bspw. Gas- oder Fernwärmeverbräuche nur über einen Adressabgleich geolokalisiert werden. Aus diesen Gründen ist es von zentraler Bedeutung, zunächst ein GIS-Datenmodell zu erstellen, in dem jedes Gebäude der Stadt Aachen mit Adressangabe hinterlegt ist. Darüber hinaus werden für die einzelnen Gebäude im Datenmodell weitere Informationen hinzugefügt, wie z.B. Gebäudenutzungstyp, Nutzfläche oder Gebäudealter.

Zur Reduktion der Komplexität des Datenmodells und da viele Informationen ohnehin nur adressscharf vorliegen, werden sämtliche Gebäude mit derselben Adresse im Laufe dieses Schrittes zu einem Datenpunkt aggregiert, sodass letztendlich ein adressscharfes GIS-Datenmodell vorliegt. Im weiteren Verlauf werden die Begriffe „Gebäude“ und „Adresse“ teilweise synonym verwendet.

Das genaue Vorgehen zur Aufbereitung des Gebäudebestands wird im Folgenden erläutert.

Die Grundlage für das GIS-Datenmodell bilden LoD2-Gebäudedaten (Level of Detail 2). LoD2-Daten sind ein spezifischer Detaillierungsgrad in der Darstellung von 3D-Stadtmodellen, die häufig in der Stadtplanung, Architektur und

Geoinformationssystemen verwendet werden. Diese Modelle stellen Gebäude in einer detaillierten Form dar, die über einfache Grundrisse hinausgeht. Konkret bedeutet LoD2, dass die Gebäude nicht nur als simple Kästen (wie bei LoD1), sondern mit Dachformen, Neigungen und anderen architektonischen Details modelliert werden. Abbildung 2 zeigt exemplarisch den Abstraktionsgrad der LoD2-Daten anhand eines Vergleichs mit dem Google 3D-Modell. Der vorhandene Abstraktionsgrad erlaubt die weitere Verarbeitung der Gebäudedaten im Rahmen der Wärmeplanung bei ausreichend hohem Detaillevel. Zusätzlich zu den geometrischen Angaben enthalten die LoD2-Daten zu jedem Gebäude Angaben zu Adresse und Gebäudenutzungstyp, die in das GIS-Datenmodell übernommen werden. Gebäude, deren Nutzungstyp darauf schließen lässt, dass es sich um ein nicht beheiztes Gebäude handelt, werden nicht weiter betrachtet (z.B. Garagen).

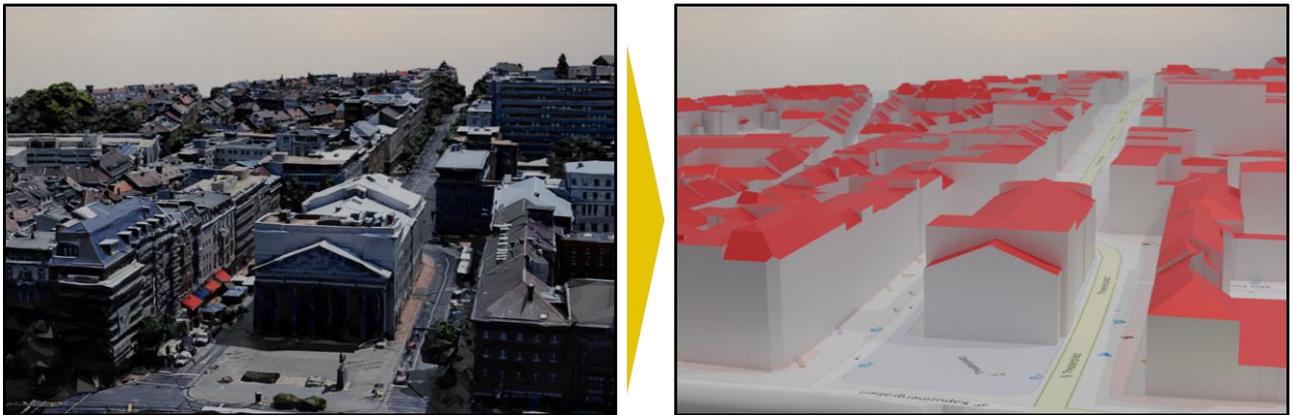


Abbildung 2: Beispiel LoD2-Daten – links: Google 3D-Modell („Realität“); rechts: LoD2-Daten

Auf Basis der Gebäudehöhe und des Dachaufbaus wird zunächst die Stockwerksanzahl abgeschätzt. Dafür wird eine pauschale Stockwerkshöhe in Abhängigkeit des Gebäudenutzungstyps angesetzt. Durch Multiplikation der Stockwerksanzahl mit der Gebäudegrundfläche wird die Bruttogrundfläche berechnet. Mit einem weiteren Faktor zwischen 0,8 und 0,9, der wieder vom Gebäudenutzungstypen abhängig ist, wird anschließend die Nutzfläche berechnet. Die Nutzfläche ist eine wichtige Kenngröße für die Wärmeplanung. Mit Hilfe dieser kann im weiteren Verlauf bspw. der spezifische Wärmebedarf ermittelt werden, welcher wiederum Aufschluss über die Energieeffizienz des Gebäudes liefert. Außerdem ist die Nutzfläche der Ausgangspunkt bei der Berechnung des Wärmebedarfs für Gebäude für die keine Verbrauchsdaten vorliegen (vgl. Abschnitt 2.2.6).

Durch die Verwendung von LoD2-Daten kann zudem die Fassadenfläche detailliert berücksichtigt werden. Dabei wird auch geschaut, ob es sich jeweils um eine freiliegende Fassadenfläche handelt oder diese an ein benachbartes Gebäude grenzt. Diese Informationen fließen bei der Berechnung der Transmissionswärmeverluste und des Sanierungsaufwandes mit ein.

Die vorliegende Modellierung bezieht sich zudem auf zwei weitere Datenquellen, um eventuelle Lücken in den LoD2-Daten zu schließen. Zum einen wird das GIS-Datenmodell an Geolokationen, bei denen keine Gebäude aus dem LoD2-Bestand hinterlegt sind, um Gebäude aus OpenStreetMap [3] ergänzt. Dies ist in der Regel nur bei Gebäuden der Fall, die in den letzten Jahren errichtet wurden und daher noch nicht in den LoD2-Daten erfasst sind. Da Privatpersonen Daten zu OpenStreetMap beisteuern können, ist die Datenlage in der Regel aktueller. Bei Verwendung der OpenStreetMap-Gebäude müssen teilweise pauschale Annahmen über Informationen getroffen werden, die in den LoD2-Daten detailliert hinterlegt sind. Beispielsweise ist die Gebäudehöhe nur bei einem Teil der OpenStreetMap-Gebäude hinterlegt. Zum anderen gibt es einen kleinen Anteil an Gebäuden, für die in den LoD2-Daten (oder auch OpenStreetMap-Daten) keine Adresse hinterlegt ist. Diese Datenlücke wird durch Verwendung von Adresspunkten, die für die Stadt Aachen vorliegen, geschlossen. Dabei wird unter Anwendung von GIS-Operationen jedem Gebäude ohne Adressangabe die Adresse eines Adresspunktes, der sich innerhalb oder angrenzend an dieses Gebäude befindet, zugeordnet.

Im nächsten Schritt wird für jedes Gebäude die dort wohnende Anzahl an Haushalten abgeschätzt. Dadurch lässt sich die Anzahl der dort lebenden Personen abschätzen, was u.a. Einfluss auf den Warmwasserbedarf hat. Dazu werden die Daten des Zensus [5] verwendet, in denen in rasterförmig angeordneten 100 Meter mal 100 Meter großen Zellen Informationen zu der Anzahl von Haushalten der sich dort befindlichen Gebäude für ganz Deutschland hinterlegt sind. Unter Verwendung eines Maximal- und Minimalwertes für die Wohnfläche je Haushalt wird jedem Gebäude eine Anzahl an Haushalten entsprechend der Wahrscheinlichkeit in dieser Gitterzelle zugeordnet. Gebäuden ohne Wohnnutzung werden keine Haushalte zugeordnet.

Anschließend wird jedem Gebäude eine Baualtersklasse zugeordnet. Die Baualtersklasse ist ebenfalls eine wichtige Kenngröße für Gebäude im Rahmen der Wärmeplanung, da sie u.a. als Anhaltspunkt für den aktuellen Sanierungsstand dient. Als Datenquelle haben sich die gebäudescharf hinterlegten Angaben zu den Baualtersklassen aus den Daten des Webportals OpenGeodata.NRW [2] als qualitativ geeignet erwiesen. Durch eine weitere GIS-Operation werden die Daten für die einzelnen Gebäude in das vorliegende GIS-Datenmodell übertragen. Baualtersklassen von Gebäuden, für die in diesem Schritt keine Daten zugeordnet werden konnten, werden wiederum durch Daten aus dem Zensus (100m x 100m) ergänzt.

Zwei der wichtigsten Stakeholder in Aachen sind die Stadt selbst sowie die RWTH. Diese haben durch ihre Größe einen maßgeblichen Einfluss auf die Energie- und Klimabilanz in Aachen. Aus diesem Grund werden die jeweiligen Gebäude über einen Adressabgleich in der GIS-Datenbank entsprechend ihrem Eigentümer als kommunale Liegenschaft bzw. RWTH-Gebäude markiert. Dies erlaubt eine gezielte Betrachtung bzw. Auswertung im späteren Verlauf.

Abschließend wird auf Basis von durch die Stadt Aachen zur Verfügung gestellten Daten über einen GIS- sowie einen ergänzenden Adressabgleich die Information in die GIS-Datenbank eingetragen, ob es sich bei einem Gebäude um ein Baudenkmal handelt. Der Status „Baudenkmal“ hat sowohl Einfluss auf die Abschätzung des aktuellen Sanierungszustandes als auch auf den Umfang möglicher zukünftiger Sanierungsoptionen. Sofern das Baujahr eines Baudenkmals vorliegt, wird der entsprechende zuvor abgeschätzte Eintrag in der GIS-Datenbank überschrieben.

2.2.3 Zuordnung von Heiztechnologien

Nachdem im ersten Schritt die allgemein gebäudebezogenen Daten ermittelt wurden, werden fortführend Daten, welche die Wärmeversorgung unmittelbar betreffen, zum GIS-Datenmodell hinzugefügt.

Dazu kann zunächst auf Basis der vorliegenden Verbrauchswerte bestimmt werden, welche Gebäude mit Gas oder Fernwärme beheizt werden. Außerdem liegen adressbezogene Informationen zu den Stromtarifen vor, aus denen abgeleitet werden kann, ob ein Gebäude über Stromdirektheizung oder Wärmepumpen beheizt werden. Da nicht alle Kunden, die mit Strom heizen, einen solchen Tarif haben, wird angenommen, dass sich eine geringe Anzahl zusätzlicher Stromdirektheizungen und Wärmepumpen in potenziell geeigneten Gebäuden befinden.

Informationen zu nicht-leitungsgebundenen Heiztechnologien können aus den Kehrdaten der Schornsteinfeger gewonnen werden. Dazu gehören Öl, Biomasse und Flüssiggas. Zusätzlich kann den Schornsteinfegerdaten entnommen werden, wie alt die entsprechende Heizung ist und ob es sich um eine Zentral- oder Etagenheizung handelt. Diese Informationen werden auch für die Gasheizungen nachgepflegt.

Für Gebäude, denen bis hierhin noch keine Heiztechnologie zugeordnet werden konnte (bspw. aufgrund abweichender Adressbezeichnung in den Eingangsdaten), werden abschließend Heiztechnologie und Heizungsalter auf Basis statistischer Wahrscheinlichkeiten und Plausibilität für den entsprechenden Gebäudetyp zugeordnet.

2.2.4 Ermittlung von Wärmebedarfen aus Verbrauchswerten

Eine Möglichkeit, den Wärmebedarf eines Gebäudes zu bestimmen, ist, diesen aus der Energiemenge abzuleiten, die für die Beheizung des Gebäudes eingesetzt wurde. Informationen zu eingesetzten Energiemengen liegen

gebäudescharf und teilweise zählpunktscharf für Gas, Fernwärme und Strom vor. Da die Stromverbräuche nicht immer einheitlich gemessen werden und Unsicherheiten über die verwendete Wärmepumpentechnologie vorliegen, wird der Wärmebedarf der betroffenen Gebäude mit Stromverbrauchsdaten nicht über die Verbrauchswerte abgeleitet, sondern simuliert (vgl. Kapitel 2.2.6).

Die Gasverbräuche für die Jahre 2018-2022 werden zunächst auf die einzelnen Adressen aggregiert und anschließend plausibilisiert. Dabei werden u.a. Gasverbräuche, die unter einem Mindestwert liegen, entfernt, da hier davon ausgegangen wird, dass das verbrauchte Gas lediglich für das Kochen verwendet wird. Außerdem werden Einträge entfernt, die im Jahr 2022 einen Gasverbrauch von 0 kWh haben, da hier davon ausgegangen wird, dass die Gasheizung nicht länger verwendet wird und zu einer alternativen Heiztechnologie gewechselt wurde. Zusätzlich werden Gasverbräuche in Jahren, mit extremen Abweichungen zu den anderen Jahren der einzelnen Gebäude entfernt. Durch die Berücksichtigung mehrerer Verbrauchsjahre kann der Einfluss von Einmalereignissen, wie z.B. die Corona-Pandemie oder die Energiekrise im Jahr 2022, weitestgehend ausgeblendet werden. Zusätzlich werden die Verbräuche der einzelnen Jahre einer Witterungsbereinigung unterzogen. Dazu werden die Heizgradtage, entsprechend dem Vorgehen des IWU-Tools „Gradtagzahlen-Deutschland“ [6] für den Standort Aachen im jeweiligen Jahr sowie die durchschnittlichen Heizgradtage der letzten 10 Jahre ermittelt. Auf Basis dieser Kennzahlen kann der Faktor berechnet werden, mit dem der Gasverbrauch im jeweiligen Jahr multipliziert werden muss, um den Einfluss eines warmen oder kalten Winters herauszurechnen. Anschließend wird der mittlere Verbrauch aller Jahre für jedes Gebäude ermittelt. Dieser Wert stellt den Endenergiebedarf dar. Um von diesem auf den Wärmebedarf zu schließen, wird ein durchschnittlicher Wirkungsgrad der Gasheizungen von 85 % angenommen, der sowohl herkömmliche Heizwertanlagen also auch moderne Gas-Brennwertkessel berücksichtigt.

Die Fernwärmeverbräuche liegen, gebäudescharf vor, jedoch für die Jahre 2020-2022, wobei die Verbräuche von Einfamilienhäusern durch Multiplikation mit einem Unsicherheitsfaktor aus Datenschutzgründen verändert wurden. Auch hier wurde nach entsprechender Plausibilisierung und Witterungsbereinigung der Wärmebedarf aus der eingesetzten Endenergie auf Basis eines Wirkungsgrades von 99 % ermittelt.

In der anschließenden Plausibilisierung werden insbesondere mitversorgte Gebäude berücksichtigt. Bei mitversorgten Gebäuden steht die Heizzentrale in einem benachbarten Gebäude, sodass dem mitversorgten Gebäude zunächst kein Wärmebedarf zugeordnet werden kann, während dem Gebäude, in dem die Heizzentrale steht, zusätzlich der Wärmebedarf des mitversorgten Gebäudes zugeordnet wird. Zur Identifikation von mitversorgten Gebäuden wird zunächst überprüft, ob sich auf dem Flurstück von Gebäuden mit einem erhöhtem spezifischen Wärmebedarf (Wärmebedarf je Quadratmeter Nutzfläche) ein oder mehrere weitere Gebäude befinden, denen keine Heiztechnologie und Verbrauchsdaten eindeutig zugewiesen werden konnten. Sofern dies der Fall ist, wird der Wärmebedarf anteilig der Nutzfläche auf die Gebäude aufgeteilt. Abschließend werden Gebäude mit besonders hohem spezifischem Wärmebedarf manuell überprüft und erwogen, ob eine Mitversorgung ggf. über Flurstücksgrenzen hinweg stattfindet.

Da keine Informationen bezüglich des Anteils der eingesetzten Energie für die Erzeugung von Prozesswärme vorliegen, muss dieser Anteil abgeschätzt werden. Dazu wird die pauschale Annahme getroffen, dass jeglicher Wärmebedarf bei Gebäuden des Typs ‚Fabrik‘ Prozesswärme ist, der oberhalb eines Wertes von 30 kWh/m² liegt. Dieselbe Annahme gilt für die Gebäudetypen ‚Produktionsgebäude sowie Gebäude für Gewerbe und Industrie‘, mit der Einschränkung, dass der spezifische Wärmebedarf zunächst oberhalb von 90 kWh/m² liegen muss, was einen Prozesswärmeanteil wahrscheinlich macht. Zuletzt wird auch für Schwimmgebäude jeglicher Wärmebedarf, der oberhalb von 100 kWh/m² liegt, als Prozesswärme angenommen.

Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Hauptheizung immer auch für die Warmwasseraufbereitung genutzt wird.

2.2.5 Ableitung des Sanierungsstands

Sowohl für die Ermittlung des Energieeinsparpotenzials durch Sanierung (vgl. Abschnitt 2.2.5) als auch die Simulation des Wärmebedarfs von Gebäuden ohne bekannte Verbrauchswerte (vgl. Abschnitt 2.2.6) ist die Kenntnis des aktuellen Sanierungszustandes von zentraler Bedeutung. Da es für den tatsächlichen Sanierungszustand einzelner Gebäude keine Datengrundlage gibt, muss dieser auf Basis der verfügbaren Informationen abgeschätzt werden. In [7] wurde im Rahmen einer deutschlandweiten Studie der durchschnittliche Sanierungszustand von Wohngebäuden in Abhängigkeit der Baualtersklasse sowie der Kategorien Einfamilienhaus (EFH) und Mehrfamilienhaus (MFH) untersucht. Dabei wurden mögliche Sanierungszustände in dieser Studie in un-, teil-, und vollsaniert gegliedert.

Um die Erkenntnisse dieser Studie auf die Stadt Aachen zu übertragen, werden zunächst sämtliche Wohngebäude sowie (auf Grund mangelnder Datengrundlage) auch Nicht-Wohngebäude zu Gruppen entsprechend der Baualtersklasse sowie dem Wohngebäudetyp eingeteilt (vgl. Abbildung 3).

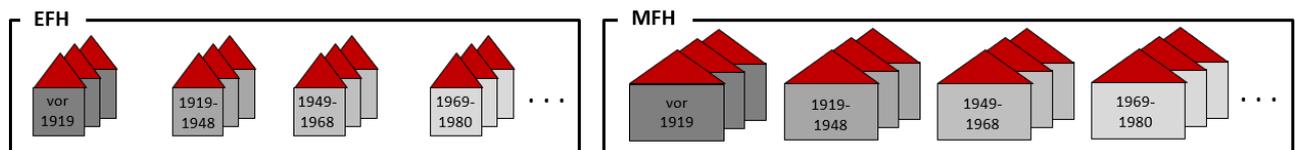


Abbildung 3: Einteilung der Gebäude in Kategorien für Sanierungsstand

Für jede dieser Gruppen (z.B. Einfamilienhäuser der Baualtersklasse 1949-1968) kann der prozentuale Anteil der un-, teil-, und vollsanierten Gebäude entnommen werden. Um ferner zu bestimmen, welche Gebäude dieser Gruppe als un-, teil- oder vollsaniert eingeteilt werden, werden die Gebäude entsprechend ihrem spezifischem Wärmebedarf sortiert (vgl. Abbildung 4). Die Gebäude mit dem höchsten spezifischen Wärmebedarf werden entsprechend dem Anteil unsanierter Gebäude in dieser Gruppe als unsaniert angenommen.

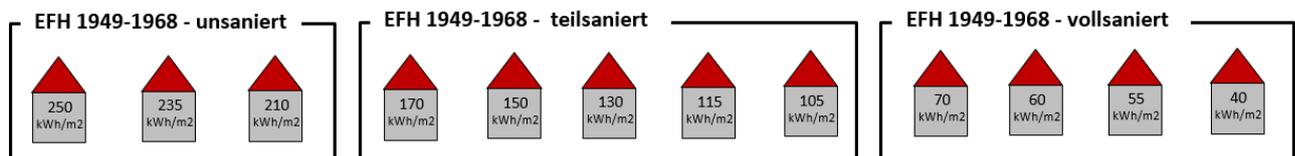


Abbildung 4: Exemplarische Zuteilung von Sanierungszuständen

Gebäude mit einem mittleren spezifischen Wärmebedarf werden als teilsaniert angenommen und die Gebäude mit dem geringstem spezifischen Wärmebedarf werden als vollsaniert betrachtet. Gebäude, deren Wärmebedarf nicht aus Verbrauchsdaten bestimmt werden können (in Aachen ca. jedes sechste Gebäude) werden entsprechend der vorliegenden Statistik der jeweiligen Baualtersklasse und der Gebäudekategorie zufällig in un-, teil-, und vollsaniert eingeteilt.

In Folge wird jedem Gebäude entsprechend dem Gebäudetyp (Einfamilienhaus, Reihenhaus, Mehrfamilienhaus oder großes Mehrfamilienhaus mit mehr als 1.000 m² Wohnfläche), der Baualtersklasse und dem abgeschätzten Sanierungszustand U-Werte (Wärmedurchdringungskoeffizienten) zugewiesen. Der U-Wert einer Gebäudekomponente ist abhängig vom verwendeten Baumaterial sowie dessen dicke und beschreibt die Wärmedurchlässigkeit in Watt pro Quadratmeter pro Kelvin. Somit ist der U-Wert in der verwendeten Modellierung die zentrale Größe für den Sanierungszustand. Eine in der Literatur vielfach angewandte Datenquelle von U-Werten für Typgebäude, die auch in dieser Modellierung zum Einsatz kommt, ist die TABULA-Datenbank [8]. Entsprechend dem Gebäudetyp, der Baualtersklasse und dem Sanierungszustand wird jedem Gebäude für die einzelnen Komponenten Fassade, Dach, Fenster und Bodenplatte U-Werte zugeordnet. In der TABULA-Datenbank wird zwischen den Sanierungszuständen „Ausgangszustand“, „Übliche Sanierung“

(entsprechend gesetzlicher Mindestvorgaben) und „Erweiterte Sanierung“ unterschieden. In der vorliegenden Modellierung entspricht der Sanierungszustand „Ausgangszustand“ dem unsanierten Zustand. Für den vollsanierten Zustand werden die TABULA U-Werte der üblichen Sanierung verwendet, da eine Sanierung entsprechend den U-Werten der erweiterten Sanierung in der Realität nur selten vorgenommen wird. Somit entspricht eine Teilsanierung einer Mischung des Ausgangszustandes und der üblichen Sanierung.

2.2.6 Simulation unbekannter Wärmebedarfe

Abschließend wird der Wärmebedarf für Gebäude, für die keine Verbrauchsdaten vorliegen, simuliert bzw. berechnet. Für Wohngebäude kommt dabei ein Gebäudehüllenmodell (oder auch „Ein-Zonen-Modell“) zum Einsatz. Dabei wird eine elektrisch-thermische Modellanalogie verwendet, welche in Abbildung 5 veranschaulicht ist.

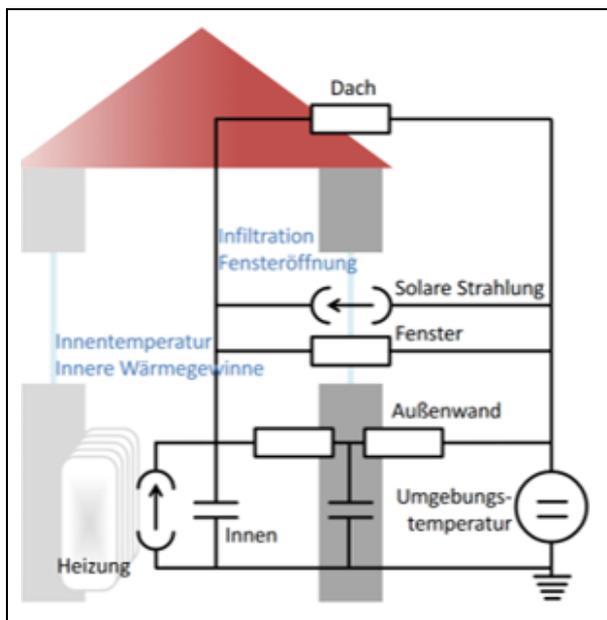


Abbildung 5: Gebäudehüllenmodell

Das Gebäudehüllenmodell ermittelt, wie viel Energie benötigt wird, um eine gewünschte Mindesttemperatur nicht zu unterschreiten. Dabei werden neben Außentemperatur u.a. die Wärmeverluste über die vier Komponenten Fassade, Dach, Fenster und Bodenplatte auf Basis der U-Werte berücksichtigt sowie die Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes und Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung. Der Warmwasserbedarf wird auf Grundlage der Anzahl der Haushalte abgeschätzt.

Der Raumwärme- und Warmwasserbedarf von Nicht-Wohngebäuden, für die keine Verbrauchsdaten vorliegen, wird abweichend davon auf Basis von Kennzahlen für den spezifischen Wärmebedarf des jeweiligen Gebäudenutzungstyps ermittelt. Dies ist damit zu begründen, dass die Gebäudekubatur bei Nicht-Wohngebäuden einen vernachlässigbar kleinen Einfluss auf den Wärmebedarf hat und stattdessen der Nutzungstyp des Gebäudes relevanter ist. So liegt bspw. der spezifische Wärmebedarf eines Gebäudes vom Nutzungstyp „Verkaufsstätte“ in der Regel um ein Vielfaches über dem eines Gebäudes vom Nutzungstyp „Turnhalle“. Insgesamt wird in der Modellierung zwischen 158 verschiedenen Gebäudenutzungstypen unterschieden. Die verwendeten Kennzahlen für den spezifischen Raumwärmebedarf basieren auf eigenen Erfahrungswerten. Sofern für einen Gebäudetypen mindestens 10 Gebäude mit bekannten Gas- oder Fernwärmeverbräuchen aus Aachen in der GIS-Datenbank vorliegen, werden die Erfahrungswerte mit Daten spezifisch für Aachen aktualisiert. Der spezifische Warmwasserverbrauch wurde der Studie „Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden“ entnommen [9].

2.3 Potenzialanalyse

2.3.1 Einsparpotenzial

Im ersten Teil der Potenzialanalyse werden die Einsparpotenziale analysiert. Primäres Ziel ist es eine realistisch-ambitionierte Prognose des zukünftigen Wärmebedarfs zu erstellen, da diese Werte in das Zielszenario der Wärmeplanung mit einfließen. Die Betrachtung des maximalen Potenzials, wie z.B. eine Vollsanierung jedes Gebäudes kann lediglich als Benchmark dienen.

Einspareffekte können in den Kategorien ‚Sanierung‘, ‚Warmwasser‘, ‚Prozesswärme‘ und ‚Klimawandel‘ erzielt werden. Der Neubau von Gebäuden verursacht zudem einen Anstieg des Wärmebedarfs. Die Modellierung dieser Kategorien wird im Folgenden genauer betrachtet. Um die Spannweite der Entwicklung abzubilden, werden verschiedene Szenarien betrachtet, auf die am Ende dieses Kapitels näher eingegangen wird.

Sanierung

Das im Wärmeplanungsgesetz des Bundes verankerte Zieljahr für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung ist 2045. Auch die Potenziale zur Einsparung sollen entsprechend räumlich analysiert und dargestellt werden. Aus diesem Grund wird in der im Folgenden beschriebenen Modellierung gebäudescharf abgeschätzt, mit welchen Einsparungen durch Sanierung in Aachen zu rechnen ist. Es ist zu betonen, dass aus der im Modell getroffenen Auswahl von Gebäuden, welche wahrscheinlich saniert werden, weder ein Umsetzungsplan, noch eine Pflicht oder ähnliches entsteht. Vielmehr handelt es sich um eine Abschätzung, welche zwar auf Gebäudeebene durchgeführt wird, jedoch aufgrund der hohen Unsicherheit nur auf höheren Aggregationsebenen, wie z.B. Baublöcken, Aufschluss über die unterschiedliche räumliche Entwicklung geben soll.

Zur Bestimmung des Einflusses der Sanierung müssen die angenommene Sanierungsbreite sowie die Sanierungstiefe festgesetzt werden. Die zentrale Kenngröße der Sanierungsbreite ist die Sanierungsrate, welche hier gemäß nachstehender Formel definiert wird.

$$\text{Sanierungsrate} = \frac{\text{Bauteilfläche, an der Wärmeschutzmaßnahmen durchgeführt werden}}{\text{Gesamte thermische Hüllfläche des Gebäudebestands}}$$

In Abhängigkeit des Szenarios wird von einer Erhöhung der aktuellen Sanierungsrate, welche in Deutschland derzeit bei ca. 1 % liegt [10], für den Zeitraum 2025 bis 2045 ausgegangen. Die sich über den Zeitverlauf ergebende Sanierungsrate, die eine Intensivierung der Sanierungstätigkeit unterstellt, ist exemplarisch für das Szenario mit den mittleren Einsparungen in Abbildung 6 dargestellt.

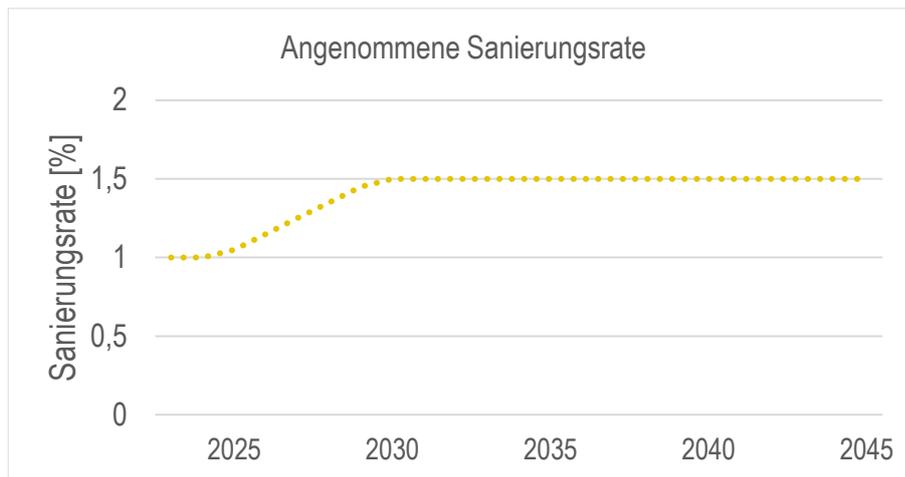


Abbildung 6: Angenommene Entwicklung der Sanierungsrate im Szenario „Mittlere Einsparungen“

Im Gegensatz dazu beschreibt die Sanierungstiefe, welcher energetischer Standard mit den Sanierungsmaßnahmen für die einzelnen Gebäude erreicht wird. Dieser wird im Folgenden auf den eines KFW-Effizienzhaus 55 festgelegt. Ausgenommen davon sind Baudenkmäler, an welche zur Erhaltung ihrer ursprünglichen Form geringere Sanierungsanforderungen gestellt werden. Da im Rahmen der Wärmeplanung nicht jedes Baudenkmal individuell berücksichtigt werden kann, wird pauschal davon ausgegangen, dass die Außenwand und in Folge dessen auch die Fenster nur im reduzierten Umfang energetisch saniert werden können.

Die Auswahl der zu sanierenden Gebäude wird zum einen anhand des Einsparpotenzials von Sanierungsmaßnahmen getroffen. Zum anderen wird die Sanierungswahrscheinlichkeit, welche in den Daten des Webportals OpenGeodata.NRW [2] gebäudescharf ausgewiesen wird, berücksichtigt. Diese berücksichtigt sowohl die Wohnungsmarktlage, welche am Preisniveau und dem Interesse potenzieller Mieter*innen gemessen wird, als auch soziodemografische Effekte (Kaufkraft, Milieu/Wohnkonzept).

Wie in Abschnitt 2.2.5 beschrieben, wurden jedem Gebäude U-Werte für die vier Komponenten Fassade, Dach, Fenster und Bodenplatte zugeordnet. In Folge kann jedes dieser Bauteile auf den U-Wert eines KFW-Effizienzhaus 55 saniert werden. Dies kann in sämtlichen Kombinationen durchgeführt werden (z.B. nur Dach oder Dach, Fassade und Fenster), sodass sich insgesamt 16 mögliche Sanierungszustände für jedes Gebäude ergeben. Der ausgewählte Sanierungszustand ergibt sich aus einer Betrachtung der Kosteneffizienz der Einspareffekte.

Die Auswahl der zu sanierenden Gebäude sowie die Wahl der zu sanierenden Bauteile erfolgt für jedes Jahr der Modellierung, bis die jeweilige Sanierungsrate erreicht ist. Dabei kann ein Gebäude mehrfach ausgewählt werden, sodass bspw. zunächst nur Dach und Fenster und in darauffolgenden Jahren die weiteren Bauteile saniert werden.

Warmwasser

In Abhängigkeit des betrachteten Szenarios wird von einer Reduktion des Warmwasserbedarfs von 0 % bis zu 20% bis 2045 ausgegangen. Diese Annahme ist zum einen durch zu erwartende Effizienzgewinne bei den installierten Warmwasserspeichern zu begründen und zum anderen durch gesteigerte Suffizienz. Es ist davon auszugehen, dass die steigenden Energiepreise das Bewusstsein der Bevölkerung zur Notwendigkeit des Einsparens von Energie verstärken. In der Modellierung steigen die Effizienzgewinne linear zwischen dem Status-Quo und dem Zieljahr 2045 (vgl. Abbildung 7)

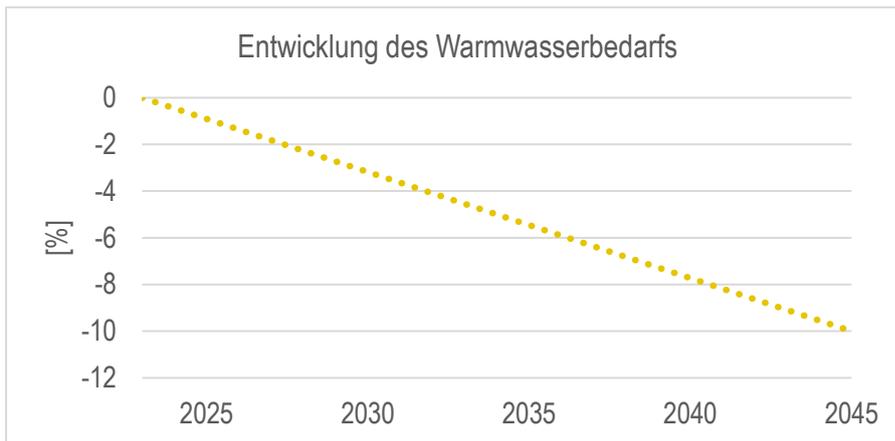


Abbildung 7: Angenommene Entwicklung des Warmwasserbedarfs im Szenario „Mittlere Einsparungen“

Prozesswärme

In Abhängigkeit des betrachteten Szenarios wird von einer Reduktion des Prozesswärmebedarfs von 0 % bis zu 20% bis 2045 ausgegangen. Diese Annahme ist zum einen durch zu erwartende Effizienzgewinne zu begründen und zum anderen durch gesteigerte Suffizienz. Es ist davon auszugehen, dass die steigenden Energiepreise das Bewusstsein in der Industrie zur Notwendigkeit des Weiteren Einsparens von Energie verstärken. In der Modellierung steigen die Effizienzgewinne linear zwischen dem Status-Quo und dem Zieljahr 2045 (vgl. Abbildung 8).

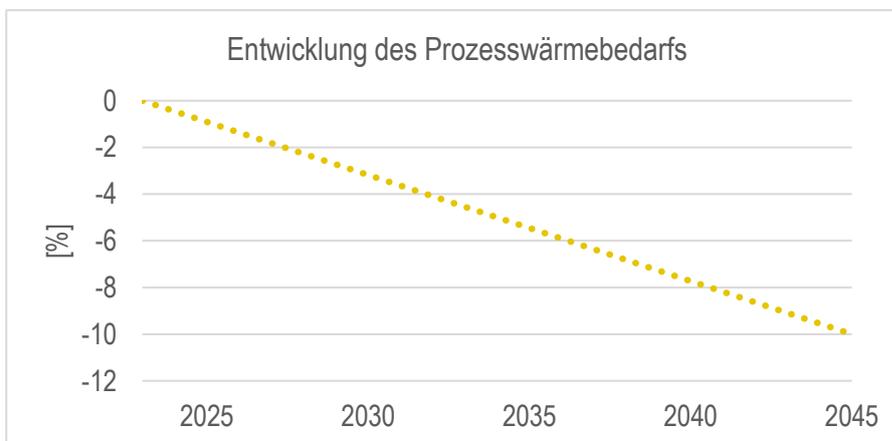


Abbildung 8: Angenommene Entwicklung des Prozesswärmebedarfs im Szenario „Mittlere Einsparungen“

Darüber hinaus ist anzumerken, dass die Prozesswärme des Produktionsstandortes der Continental in Aachen in den Ergebnissen der Bestandsaufnahme zum Teil vorhanden ist, da das Werk im Laufe des Bezugsjahres der Bestandsanalyse (2022) die Produktion stillgelegt hat. Dieser Prozesswärmebedarf wurde ab dem Betrachtungsjahr 2025 manuell angepasst, vor der Annahme, dass sich an diesem Standort wieder Industrie bzw. produzierendes Gewerbe, jedoch mit deutlich geringerem Prozesswärmebedarf, ansiedelt.

Klimawandel

Es ist davon auszugehen, dass es aufgrund des fortschreitenden Klimawandels zu einer Reduktion des Raumwärmebedarfs kommen wird. Die genaue Entwicklung unterliegt jedoch einer Unsicherheit. In der vorliegenden Modellierung wird der Einfluss der Klimaerwärmung mit Hilfe der Entwicklung der Gradtagzahlen abgeschätzt. Gradtagzahlen sind ein Maß für den Heizbedarf in Gebäuden. Sie geben an, wie stark und wie lange die Außentemperatur unter einer festgelegten

Raumtemperatur liegt. Die Gradtagzahl für einen bestimmten Tag berechnet sich, indem man die Differenz zwischen der Innentemperatur und der durchschnittlichen Außentemperatur des Tages ermittelt, sofern die Außentemperatur unterhalb des Heizgrenzwertes (meist 15°C) liegt. Anschließend werden die Gradtagzahlen für das gesamte Jahr aufsummiert.

In Abbildung 9 ist die Entwicklung der Gradtagzahlen für den Standort Aachen der letzten 20 Jahre abgebildet.

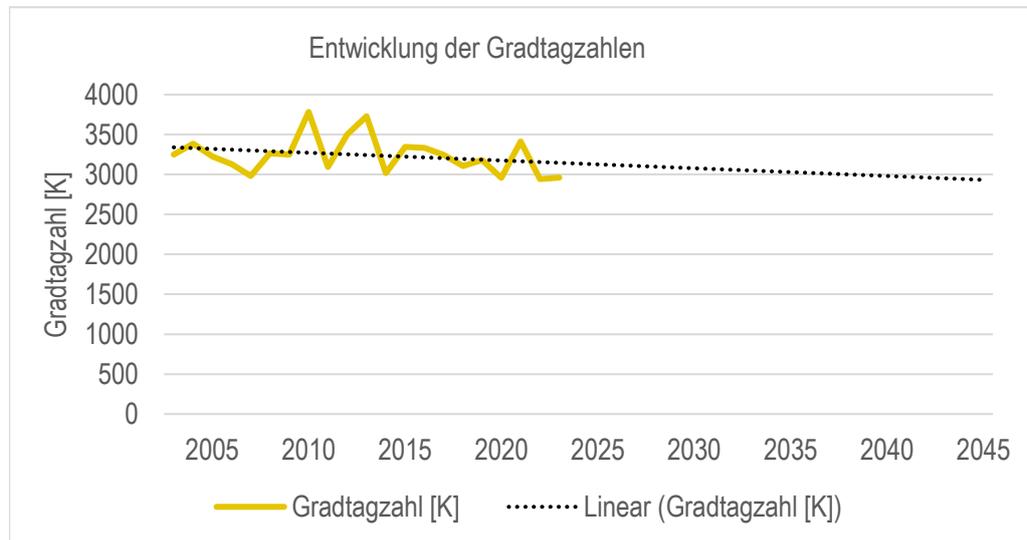


Abbildung 9: Gradtagzahlen in Aachen der letzten 20 Jahre und lineare Fortschreibung (Szenario „Mittlere Einsparungen“)

Die Trendlinie der Gradtagzahlen zeigt einen Rückgang um durchschnittlich ca. 0,3 Prozentpunkte je Jahr. Bei linearer Fortschreibung bis zum Zieljahr entspricht dies einer Reduktion des Raumwärmebedarfs um 7,8 %. In den anderen Szenarien werden die Gradtagzahlen linear für den Zeitraum seit 1990 fortgeschrieben, um einen moderateren Einfluss des Klimawandels abzubilden. Um einen extremen Einfluss des Klimawandels abzubilden werden die Gradtagzahlen der letzten 20 Jahre näherungsweise exponentiell fortgeschrieben.

Neubau

Die Entwicklung des zusätzlichen Wärmebedarfs durch Neubau wird auf Basis der Studie „Fortschreibung der Wohnungsbedarfsprognose für Aachen“ [11] abgeschätzt. Innerhalb dieser Studie wird für 3 Szenarien („low“, „medium“, und „high“) die Anzahl der neugebauten Wohnungen bis zum Jahr 2039 in Fünfjahresschritten prognostiziert. Diese Prognose wird für die vorliegende Wärmeplanung linear bis zum Zieljahr 2045 extrapoliert. Gemäß Studie wird sich die Bevölkerungszahl im Szenario „medium“ bis 2045 um ca. 3 % auf 267.000 Einwohner erhöhen. Dies geht mit einem demographisch bedingten Neubaubedarf von 4.840 Wohneinheiten aufgeteilt auf Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser einher.

Für die Wärmeplanung wird in einem konservativen Ansatz davon ausgegangen, dass sich dieser Neubaubedarf jeweils zur Hälfte auf Gebäude mit dem Effizienzstandard KfW 40 bzw. KfW 55 aufteilt, was in einem durchschnittlichen Wärmebedarf von ca. 45 kWh/m² resultiert. Zudem wird von einer mittleren Wohnfläche von 140 m² für Einfamilienhäuser und 75 m² je Wohneinheit in Mehrfamilienhäuser ausgegangen. Die genaue Aufteilung auf Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser sowie die zeitliche Entwicklung können der Studie entnommen werden.

Zusammenfassung der Szenarien

Es werden die Szenarien „geringe Einsparungen“, „mittlere Einsparungen“ und „hohe Einsparungen“ betrachtet. Das mittlere Szenario soll als Referenz für die Erstellung des Zielbildes dienen und somit das wahrscheinliche Szenario darstellen. Die Szenarien „geringe Einsparungen“ und „hohe Einsparungen“ sollen die Spannweite der möglichen

Entwicklung verdeutlichen und stellen durch die gewählte Parametrisierung Extremszenarien dar. Die Parametrisierung kann Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3: Szenarienübersicht für das Energieeinsparpotenzial

Einflussfaktor	Szenario	Szenario	Szenario
	„Geringe Einsparungen“	„Mittlere Einsparungen“	„Hohe Einsparungen“
Sanierungsquote	1,0 %	1,5 %	2,0 %
Raumwärmebedarf durch Klimawandel	-5,3 %	-7,8 %	-10 %
Prozesswärme	-0 %	-10 %	-20 %
Warmwasser	-0 %	-10 %	-20 %
Einwohner (Neubau)	+4 %	+3 %	+0 %

2.3.2 Potenziale lokale erneuerbare Energien und Abwärme

Für die Potenzialermittlung erneuerbarer Energiequellen für die Wärmeversorgung wurden neben der Datenbank zum Gebäudebestand eine Vielzahl von Daten- und Informationsquellen genutzt:

- Datenbanken und Karten des LANUV aus dem Energieatlas NRW, u.a. zu Dachflächen und Solarkartierung,
- Potenzialkartierungen des LANUV im Rahmen der Wärmestudie NRW [12],
- Daten des Geologischen Dienstes NRW zur geothermischen Eignung in verschiedenen Tiefen,
- Daten des Geologischen Dienstes NRW zur Beschaffenheit des Bodens für Rückschlüsse auf die Nutzbarkeit für die Landwirtschaft und der Flächenkonkurrenz für Freiflächensolaranlagen,
- Umweltenergie und Abwasserwärme: eigene Datenerhebungen zu Abwasserkennzahlen sowie öffentliche und nichtöffentliche Daten des Wasserverband Eifel-Rur (WVER) als Betreiber der vier Kläranlagen auf Aachener Stadtgebiet WVER und der Regionetz als Betreiber des Abwassersammelnetzes,
- Windenergie und Photovoltaik: Potenzialflächenanalyse auf Basis städtischer Daten sowie Kartierungen des LANUV
- Planungsdaten zur geplanten Abwärmeauskopplung aus der MVA Weisweiler in Abstimmung mit STAWAG und MVA,
- Tiefe Geothermie: Daten und Kartierungen des geologischen Dienstes NRW sowie Ergebnisse aus Machbarkeitsstudien zur Tiefengeothermie in den Aufsuchungsgebieten,
- Fragebögen und öffentliche Datenquellen (u.a. EKL Online) sowie Informationen aus bilateralen Interviews zu Abwärmepotenzialen von Industrie- und Gewerbebetrieben.

Diese Daten wurden mit den Informationen der Bestanderhebung, Flurstückkarten und Gebäudeinformationen verschnitten, um gebäudescharfe Nutzungspotenziale eingrenzen zu können.

Im Bereich der Fernwärmeerzeugung wurden geeignete Wärmequellen größerer Leistungsklasse (> 1 MW) wie Abwärme aus der Abfallverbrennung, Geothermie oder Abwasserwärmepumpen an Kläranlagen als Bausteine der erneuerbaren Fernwärme berücksichtigt.

Die Abwärmepotenziale basieren auf den Erhebungen bei Industrie- und Gewerbeobjekten sowie Einzelgesprächen mit möglichen Abwärmelieferanten im Rahmen der Bestandsaufnahme.

Bei der Ermittlung von Potenzialen ist zu unterscheiden zwischen theoretischen, technischen, wirtschaftlichen und tatsächlich erschließbaren Potenzialen. Auf Planungsebene des kommunalen Wärmeplans wurden vorrangig technisch umsetzbare Potenziale erfasst.

Im Rahmen der vorliegenden Planung werden also die Potenziale des physikalisch nutzbaren Energieangebots beschrieben, die unter den derzeitigen technischen Möglichkeiten erschließbar erscheinen. Einschränkungen und Restriktionen durch die Nachfrageseite werden dann berücksichtigt, wenn es ohne diese Einschränkungen unrealistisch hohe Angebotspotenziale ergeben würden. Dies geschieht zum Beispiel durch Einschränkung der Ausnutzungsdauer (Volllaststunden) oder Skalierung auf räumlich nahe und im Jahresverlauf bedienbare Wärmesenken (z.B. bei der Solarthermie).

Eine weitergehende Überprüfung auf die tatsächliche Erschließbarkeit im Einzelfall und Wirtschaftlichkeit der beschriebenen Potenziale im Detail ist auf dieser übergeordneten strategischen Planungsebene nicht leistbar und muss daher nachfolgenden Planungsschritten vorbehalten bleiben. Im Sinne der dargestellten Potenzialebene sind die dargestellten Potenziale zwischen technischem Potenzial und wirtschaftlichem zu verorten. In Einzelfällen jedoch wurde dieses Potenzial bereits unter verschiedenen Gesichtspunkten angepasst, d.h. verringert, wenn z. B. absehbar ist, dass die Nutzung von 100 % des technischen Potenzials nicht nachhaltig wäre oder wenn absehbar ist, dass die technischen Potenziale zwar vorhanden sind, sich aber im gegebenen Zeitrahmen nicht zu 100 % bis 2040 realisieren lassen.

Zudem sind nicht alle Potenziale additiv, da es in vielen Fällen auf Ebene einzelner Gebäude und Adressen mehrere mögliche Handlungsoptionen gibt, ebenso auf Ebene der Fernwärmeerzeugung.

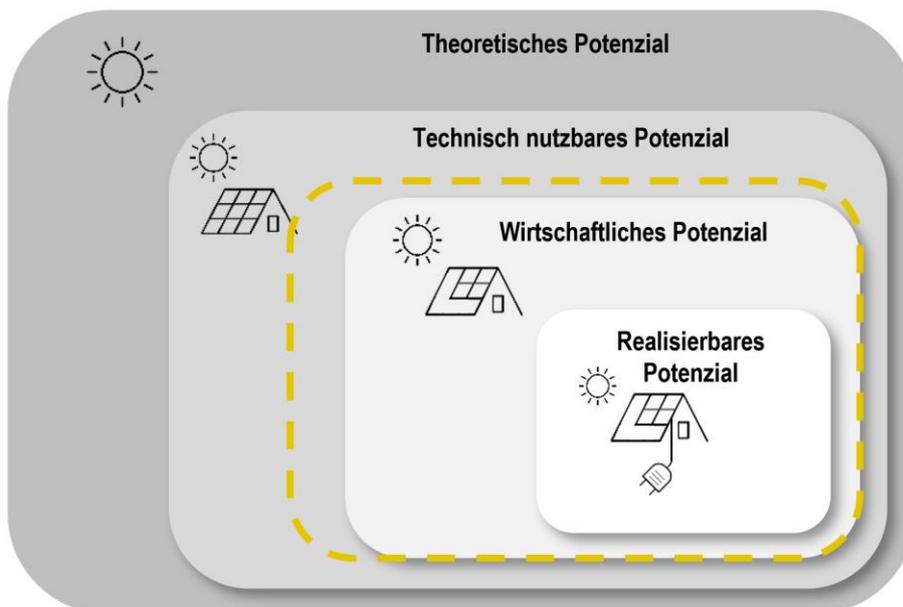


Abbildung 10: Ebenen der Potenzialermittlung

2.4 Zielszenarien

Das Zielszenario ist das Bindeglied zwischen der Potenzialanalyse und den abgeleiteten Maßnahmen. Gesetzlich verankertes Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist dabei die Klimaneutralität bis 2045. Neben dem im WPG definierten Zieljahr entsprechend der Vorgaben aus WPG und KWP Leitfadens [1] sollen auch die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 und somit auch der Pfad zur Treibhausgasneutralität dargestellt werden.

Das Zielszenario schließt sowohl bedarfsseitige Entwicklungen wie in Abschnitt 4.1 beschrieben als auch Versorgungsszenarien mit Änderungen der Beheizungsstruktur ein.

Für die Interpretation der Ergebnisse ist es wichtig, dass ein Szenario immer im Kontext der Prämissen zu verstehen ist und mögliche Entwicklungen der Zukunft in sich schlüssig und konsistent beschreibt. Szenarien stellen also hypothetische Folgen von Ereignissen und Randbedingungen auf, die sich im Zeitverlauf aber auch ändern können.

Das hier gezeigte Zielszenario baut auf den heute (Herbst 2024) absehbaren Randbedingungen hinsichtlich der beschriebenen technischen Potenziale in Aachen, der Energiemärkte und der regulatorischen wie ordnungsrechtlichen Randbedingungen auf, es ist also kein Extremszenario im Sinne eines Best Case / Worst Case Szenarios, sondern ein Trendszenario, das aber klar auf das vorgegebene Ziel einer Treibhausneutralität fokussiert ist.

Methodisch beruht die Entwicklung der Szenarien auf der im Leitfaden [1] vorgegebenen Arbeitsweise:

- Festlegung der für Aachen relevanten Randbedingungen unter Einbeziehung der Prämissen aus der Akteursbeteiligung (u.a. bestehende Fernwärmeausbaukonzepte, städtische Vorgaben aus der Klimaneutralitätsstrategie).
- Ableitung des zukünftigen Wärmebedarfes durch detaillierte gebäudescharfe Simulation, die aus dem Wärmeprognosemodell abgeleitet wurde.
- Strukturierung des Versorgungsgebiete anhand von Eignungs- und Versorgungsgebieten für die verschiedenen in Betracht kommenden Technologien und Festlegung von lokalen Ausschlusskriterien bestimmter Optionen (z.B. aufgrund von Heilquellenschutzgebieten bei Geothermiebohrungen).
- Ableitung und Simulation von Anschlussgraden und Umstellungen auf klimafreundliche Heizungsoptionen für die Zwischenziele ab 2030, z. B. durch Berücksichtigung der Altersstruktur der Kesselanlagen und weiterer Eignungskriterien und Indikatoren.
- Erstellung der Endenergiebilanz für die Zieljahre 2030, 2035, 2040 und 2045 sowie kartografische Darstellung.
- Ableitung der CO₂-Bilanz anhand der vorgegebenen CO₂-Faktoren für verschiedenen Energieträger gemäß Technologiecatalog [13]. Die Bilanz ist nach Vorgabe im Technologiecatalog als CO₂-Äquivalent aufgestellt.

Im Ergebnis stellt das Szenario eine bis auf Adressebene spezifizierte Zielplanung dar, in der bis 2045 jeder Wärmeverbraucher klimaneutral versorgt wird. Dies kann durch Anschluss an ein Fernwärmenetz, Nahwärmeversorgung in Fokusgebieten, dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen und Umweltenergie oder in Einzelfällen auch mit Feuerungsanlagen mit synthetischen oder biogenen Brennstoffen erfolgen.

Eine flächige Versorgung mit Wasserstoff bzw. eine damit einhergehende Definition von Wasserstoffausbaugebieten wird in Abstimmung mit den Akteuren Stadt Aachen und Regionetz nicht vorgeschlagen, wohl aber perspektivisch ein punktueller Einsatz von Wasserstoff, der zum Beispiel für Hochtemperaturanwendungen im Prozesswärmebereich oder zur Abdeckung von Spitzenheizlasten der Fernwärme im Winter eingesetzt werden kann.

Berechnung der THG Bilanzen

Da gemäß Vorgaben der dena alle Energieträger sowie auch alle Formen erneuerbarer Stromerzeugung auch im Zieljahr 2045 noch einen CO₂-Faktor aufweisen, ist auch das Zielszenario rechnerisch noch nicht 100 %ig klimaneutral. Die zu Grunde gelegten CO₂-Faktoren für das Basisjahr und die Zieljahre sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Fett und kursiv gedruckte Zahlen basieren auf eigener gutachterlicher Herleitung.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Klimagasfaktoren der betrachteten Endenergieträger in g CO_{2äq}/kWh

	Basisjahr	2030	2035	2040	2045	Bemerkung
Erdgas	240	240	240	240	240	
Heizöl	310	310	310	310	310	
Braunkohle	430	430	430	430	430	nur relevant für FW Basisjahr
Flüssiggas	240	240	240	240	240	
Wärme aus Siedlungsabfällen	20	20	20	20	20	nur relevant für FW Zieljahre ab 2030
Fernwärme	237	54	48	30	15	mit sukzessiver Umstellung
Nahwärme	n.d.	43	24	17	13	nur Nahwärmegebiete, Mischfaktor Fokusgebiete
Wärme dezentrale BHKW	165	165	165	165	20	Mischfaktor für dezentrale KWK
Holz	20	20	20	20	20	
Strom (mix)	465	110	45	25	15	
Grüner Wasserstoff	n.d.	43	35	28	20	
Solarthermie	0	0	0	0	0	

Die CO₂-Äquivalenzfaktoren wurden dabei dem Leitfaden der dena entnommen, lediglich die Fernwärmefaktoren wurden an die spezifische Situation in Aachen angepasst, die Herleitung der IST und Zukunftswerte wird im Abschnitt zur Fernwärmeausbauplanung Abschnitt 5.1.1 genauer beschrieben. Berechnungsmethode ist die im Leitfaden empfohlene Carnot-methode, bei der die im Technikkatalog vorgegebenen Faktoren für die Brennstoffe Braunkohle (Basisjahr) sowie Siedlungsabfall und Wasserstoff (ab 2030) verwendet wurden.

Ableitung von Fernwärmeausbaugebieten

Wärmenetze stellen einen wichtigen Baustein dar auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung. Insofern sind Analysen über die Möglichkeiten zur Steigerung des Anteils der netzgebundenen Wärmeversorgung Bestandteil einer jeden kommunalen Wärmeplanung.

Für den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetzes ist neben einer entsprechend kostengünstigen Wärmeherzeugung auch ein möglichst kosteneffizienter Netzbetrieb erforderlich. Eine hohe Absatzliniendichte, also Wärmeabsatz je Netzlänge, führt zu niedrigen Netzverlusten und zu günstigeren Netzkosten bezogen auf die Wärmemenge. Dabei umfassen die Netzkosten sowohl die Investitionskosten zur Errichtung des Wärmenetzes als auch die laufenden Kosten für dessen Betrieb. Somit sollten Wärmenetze vorwiegend in Gebieten mit hohen Wärmelinien-dichten betrieben werden und es sollte ein möglichst großer Anteil der Gebäude im Wärmenetzgebiet angeschlossen werden, also eine hohe Anschlussquote erreicht werden. Neben den Kosten für die Verteilungen sind auch die Anschlusskosten für die Gebäude relevant. Aufgrund hoher Fixkosten für die Verlegung der Hausanschlussleitung sind große Wärmeverbraucher spezifisch (bezogen auf den Wärmeabsatz) günstiger an ein Wärmenetz anzuschließen als kleine. Somit ergeben sich folgende Kriterien, die für die Analysen zur Ermittlung der Möglichkeiten zum Ausbau der Wärmenetze herangezogen werden können:

- Hohe Wärmelinien-dichte,
- Große Verbraucher,
- Hohe erwartbare Anschlussquote.

In Folgenden fokussiert die Beschreibung auf die Methodik zum Ausbau des Fernwärmenetzes. Dabei wird grundsätzlich zwischen Maßnahmen zur Verdichtung einerseits und der Erweiterung des Fernwärmenetzes andererseits unterschieden. Unter Verdichtung wird der Anschluss zusätzlicher Kunden an bereits bestehende Verteilungen des Fernwärmenetzes verstanden. Dies erhöht die Anschlussquote und damit die Absatzdichte, d. h. der Absatz kann ohne zusätzlichen Verteilungsbau gesteigert werden. Unter Netzerweiterung wird die Erschließung von Straßen bzw. Straßenzügen mit neuen Fernwärmeverteilungen verstanden. Damit wird das Gebiet, in dem Fernwärmeversorgung stattfinden kann vergrößert (Netzausbaugebiet).

Bezüglich des Kriteriums „Wärmelinien-dichte“ gibt der Leitfaden des BMWK und BMWSB [1] in Bestands-Quartieren einen Mindestwert von 1.700-2.000 kWh/m an. Aus der Praxiserfahrung der Gutachter*innen wie auch der beteiligten Energieversorger, v.a. hinsichtlich der Umsetzbarkeit mit begrenzten Baukapazitäten und Fachkräften, ist dies – insbesondere für eine Anwendung in großen Städten - jedoch ein sehr niedriger Wert. Im Folgenden wird deshalb als Mindestwert von 3.000 kWh/m bezogen auf das Jahr 2035 (als mittleres Jahr im Betrachtungszeitraum) gewählt.

Bzgl. der Verbrauchergröße wird kein Mindestwert gewählt, stattdessen werden für die Priorisierung der nach der Wärmelinien-dichte identifizierten Gebiete die spezifischen Erschließungskosten gewählt. Diese ergeben sich aus der Summe der Kosten für die Verteilung zuzüglich der Kosten für eine angenommene Anschlussquote im Zielzustand (z. B. 90 %). Diese Kosten abzgl. der möglichen Förderung für Wärmenetze (40 % nach der Bundesförderung effiziente Wärmenetze, BEW) werden in jährliche Kapitalkosten (Annuitäten) umgerechnet und auf die erschließbare Wärmemenge bezogen. Dies hat den Vorzug, dass die Kriterien Wärmelinien-dichte und Verbrauchergröße in einen Kennwert kombiniert werden, der die Perspektive des Wärmenetzbetreibers reflektiert: Je niedriger die spezifischen

Erschließungskosten, desto geringer sind die Kosten für den Netzbetreiber und somit schlussendlich auch für alle Endkunden im Wärmenetz.

Das dritte oben genannte Kriterium ist eine hohe Anschlussquote. Diese ist v.a. dort zu erwarten, wo Alternativen für die Endkunden schwierig oder nur sehr aufwendig umsetzbar sind. Dies gilt insbesondere nach dem Inkrafttreten des novellierten Gebäudeenergiegesetzes (GEG) mit seinen Anforderungen an Gebäudeheizungen (01.01.2024). GEG-konforme Alternativen zur Fernwärme wären z.B. Wärmepumpen mit der Nutzung von Luft oder Erdwärmesonden als Wärmequellen. Diese sind aufgrund von Platzbeschränkungen und Geräusch-Emissionsgrenzwerten im eng bebauten Raum oft schwierig oder gar nicht umsetzbar. Außerdem ist v.a. bei Gebäuden mit hohem Baualter und eher niedrigem Sanierungsstand aufgrund der damit einhergehenden hohen Vorlauftemperatur ein Betrieb einer Wärmepumpe i.d.R. ineffizienter und somit wirtschaftlich weniger attraktiv als es ein Wärmenetz sein kann (je nach Wärmepreis). Somit lässt sich zusammenfassend und vereinfachend sagen, dass Wärmenetze in eng bebauten Gebieten mit älterem, wenig sanierten Gebäudebestand in der Zukunft meist mit einer hohen Anschlussquote rechnen können, wobei Gebiete mit hohem Anteil an dezentralen Heizungen (Gasetagenheizungen) besonders herausfordernd sind.

Abschließend sei als zusätzliches Kriterium im Fall der Erweiterung eines bestehenden Wärmenetzes (im Gegensatz zu einem Wärmenetzneubau) die Distanz zum bestehenden Netz genannt: Je näher das jeweilige Gebiet am Bestandsnetz liegt, desto attraktiver ist es für eine Netzerweiterung, da lange Verbindungsleitungen ohne entsprechenden Absatz mit verhältnismäßig hohen Kosten verbunden sind. Lediglich im Fall von sehr großen Absatzgewinnen sind längere Leitungen zur Anbindung sinnvoll.

In Bezug auf den Fernwärme-Ausbau sieht das Wärmeplanungsgesetz in § 18 Abs. 4 vor, dass ein Betreiber eines bestehenden Wärmenetzes hierzu einen Vorschlag unterbreiten kann. Die STAWAG¹ hat im Zuge der Erstellung des Transformationsplans für das Fernwärmenetz in Aachen² umfangreiche Analysen zur Verdichtung und zum Ausbau des Fernwärmenetzes vorgenommen und ein Fernwärmeausbaugebiet definiert. Die Ergebnisse dieser Analysen hat STAWAG in die kommunale Wärmeplanung für Aachen eingebracht

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden ergänzende Analysen aus der Perspektive der Stadt Aachen nach den o. g. Kriterien durchgeführt. Im Ergebnis wurden – über das von der STAWAG vorgeschlagene Fernwärmeausbaugebiet hinaus - noch weitere potenziell interessante Ausbaugebiete identifiziert. Anschließend wurden alle Gebiete nach spezifischen Erschließungskosten ausgewertet und somit eine erste Reihenfolge der Gebiete nach wirtschaftlichen Kriterien erstellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Gebiete unabhängig von der Wärmelinien-dichte flächig erschlossen werden und nicht nur selektiv einzelne Straßen bzw. Straßenzüge. Sollte es also einzelne Straßenzüge mit Wärmelinien-dichten unterhalb des Mindestwerts im Gebiet geben, so wird für diese trotzdem die Erschließung mit Fernwärme angenommen.

Für den kurz- und mittelfristigen Zeithorizont hat die STAWAG bereits eine Reihe von konkreten Fernwärme-Ausbaumaßnahmen geplant. Diese Maßnahmen werden in einem Lenkungs-kreis zur übergreifenden Infrastrukturplanung regelmäßig mit der Stadt Aachen abgestimmt.

Neben der Ermittlung der Gebiete, in denen bis zum Zieljahr 2045 ein Ausbau der Fernwärme stattfinden kann und den damit verbundenen Wärmeabsatzpotenzialen ist bei der kommunalen Wärmeplanung auch eine Aussage über die mögliche zeitliche Staffelung (5-Jahresschritte) in einzelnen Gebieten zu treffen. Hierzu wurde eine Modellrechnung durchgeführt, die folgende Schritte beinhaltet und für die Annahmen zu treffen waren: Als erstes werden die von STAWAG bereits konkret geplanten Erweiterungsmaßnahmen mit ihren geplanten Inbetriebnahmejahren als fest vorgegeben angenommen. Anschließend werden in der Simulation die Gebiete nacheinander erschlossen, wobei immer in mehreren Gebieten gleichzeitig Baumaßnahmen erfolgen. Nach der jeweiligen Verlegung einer Fernwärme-Verteilung in einem

¹ Die Darstellung fokussiert hier vereinfachend auf STAWAG. Darüber hinaus ist auch die Regionetz, an der die STAWAG beteiligt ist, als lokaler Netzbetreiber ein Akteur bei der Fernwärmeversorgung in Aachen (vgl. Abschnitt 3.4).

² Der Transformationsplan für das Fernwärmenetz in Aachen wird nach der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) erstellt und beschreibt die Transformation des Wärmenetzes hin zur Treibhausgasneutralität in 2045 sowohl für die Wärmeerzeugung als auch für den Ausbau des Wärmenetzes (inkl. des Anschlusses neuer Kunden).

Straßenzug wird zunächst ein gewisser Anteil der Kunden direkt angeschlossen (Erstanschlussquote) und der Rest der Kunden bis zu einer definierten Ziel-Anschlussquote wird über einen festgelegten Zeitraum sukzessive angeschlossen. Dahinter steht die Erfahrung, dass sich mit Erschließung der Straße bereits ein signifikanter Anteil der potenziellen Kunden für die Fernwärme entscheidet (Akquisitionsmaßnahmen und Abschluss von Verträgen im Vorfeld) und weitere Kunden sukzessive hinzukommen, wenn z. B. Erneuerungsbedarf bei der Heizung besteht. Somit ergibt sich immer ein etwas zeitverzögerter Hochlauf des Fernwärme-Absatzes.

Außerdem wird auch eine Nachverdichtung im Bestandsnetz berücksichtigt, d.h. der Anschluss von bisher nicht Fernwärme-versorgten Gebäuden entlang des Bestandsnetzes.

Für die vorzunehmende Simulationsrechnung sind Annahmen zu folgenden Parametern zu treffen:

- Zu verlegende Trassen-km pro Jahr: Dieser Parameter beschreibt, in welchem Umfang neue Fernwärme-Verteilungen verlegt werden können (in km/Jahr). Somit ist dieser Parameter maßgeblich für die Geschwindigkeit des Fernwärme-Ausbaus, da dadurch bestimmt wird, wie schnell die Gebiete mit Fernwärme erschlossen werden. Die Ausbaugeschwindigkeit hängt von vielen Faktoren ab wie z. B. den Planungs- und Baukapazitäten oder auch den Möglichkeiten, Baustellen in den entsprechenden Straßen einzurichten und deren Akzeptanz in der Bevölkerung.
- Start-Anschlussquote: Dies ist der Anteil der Kunden, der direkt nach Verlegung der Verteilleitung an das Wärmenetz angeschlossen wird. Dieser Parameter ist abhängig vom Akquisitionserfolg des Fernwärmevertriebes und damit auch von der Attraktivität der Fernwärme für die Kunden.
- Ziel-Anschlussquote: Dieser Parameter legt fest, welcher Anteil des Wärmebedarfs im Ziel-Zustand, also nach Hochlauf der Anschlussquote, an die Fernwärme angeschlossen wird (gilt auch für die Nachverdichtung).
- Hochlaufzeitraum: Dies gibt den Zeitraum an, der zwischen Verteilleitungsverlegung und Erreichung der Ziel-Anschlussquote liegt (gilt auch für die Nachverdichtung).
- Wärmebedarfsrückgang: Über den Zeitraum bis 2045 ergibt sich im Wärmemarkt in Aachen ein Rückgang beim Wärmebedarf (vgl. Abschnitt 2.3.1). Dieser betrifft sowohl die Fernwärme-Bestandskunden als auch diejenigen Kunden, die noch an die Fernwärme angeschlossen werden (Neukunden). Die Höhe des Wärmebedarfsrückgangs wird aus der Wärmebedarfsentwicklung für das Gebiet übernommen und ist damit konsistent zum ermittelten Einsparpotenzial (vgl. Kapitel 4).

Aus der Simulationsrechnung ergibt sich modellhaft, wann welches Gebiet unter den getroffenen Annahmen erschlossen würde und wie sich der Fernwärme-Absatz entwickelt. Diese Informationen fließen in das Zielszenario ein. Zur Höhe der angenommenen Parameter und den Ergebnissen sowohl für den Fernwärmeausbau als auch für die Absatzentwicklung wird in Abschnitt 5.1.1 ausgeführt. Dort wird auch eine Einordnung der Simulationsergebnisse im Kontext von Gelingbedingungen, Einschränkungen und möglichen Abweichungen vorgenommen.

2.5 Beteiligungs- und Akteursmanagement

Die zentrale Steuerung des Projekts zur Erstellung der kommunalen Wärmeplanung erfolgte durch ein Kernteam, bestehend aus Vertretern der städtischen Verwaltung und den beauftragten Fachunternehmen sowie der STAWAG und Regi-onetz. Diese Projektgruppe tagte im regelmäßigen Turnus von zwei Wochen und diente als Hauptgremium zur Koordination und strategischen Abstimmung von Arbeitsschritten. Ergänzend hierzu fanden bilaterale Abstimmungen mit den örtlichen Betreibern der Wärme- und Gasnetze statt, um technische und infrastrukturelle Fragestellungen frühzeitig in den Planungsprozess einzubeziehen.

Zur Sicherstellung einer umfassenden Akteursbeteiligung wurde am 15.05.2024 ein Auftaktworkshop durchgeführt, an dem Vertreter der Immobilienwirtschaft, des Bauwesens, Planer, Entwickler sowie das Handwerk und größere Gebäudebetreiber teilnahmen. Dieser Workshop diente der Initialisierung eines strukturierten Dialogs und der Einbindung zentraler Akteure aus verschiedenen Sektoren in den Planungsprozess.

Im weiteren Verlauf des Projekts wurden räumlich spezifische Fokuswerkstätten angesetzt, die sich auf die Ermittlung von Zukunftsplänen für die Wärmeversorgung sowie die Etablierung langfristiger Kommunikationsstrukturen konzentrieren. Diese Werkstätten werden mit ansässigen Akteuren voraussichtlich in den drei Fokusgebieten Kornelimünster, Eilendorf und Preußenwald durchgeführt. Es wird avisiert die Werkstätten Anfang 2025 mit den Akteuren durchzuführen, so dass die Ergebnisse noch in die finale Ausarbeitung des Wärmeplans einfließen können.

Zusätzlich zu den Fokuswerkstätten werden bilaterale Werkstattgespräche mit großen Liegenschaftsbetreibern wie dem BLB sowie öffentlichen Einrichtungen wie dem Universitätsklinikum Aachen und der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen stattfinden. Diese zielgerichteten Austauschformate sollen die Aussagen des Zielszenarios plausibilisieren.

Der Ausschuss für Umwelt und Klima der Stadt Aachen (AUK) wurde kontinuierlich über die Erarbeitungsschritte informiert. Auch die Bezirksvertretungen und der Planungsausschuss wurden auf die Wärmeplanung und ihre Inhalte vorbereitet. Weiterhin stellt der Energiebeirat das Bindeglied zwischen Politik und Fachexpertise dar mit zweifacher Einbindung in den Wärmeplanungsprozess im Frühjahr und Herbst 2024. Hierbei konnten neben politischer Einschätzungen auch Fachempfehlungen in den Erarbeitungsprozess einfließen.

Die Beteiligung der Öffentlichkeit erfolgte fortlaufend und über unterschiedliche Formate. Mit Beschluss des Ausschusses für Umwelt und Klimaschutz zum Entwurf des Wärmeplanes soll im Frühjahr 2025 die Möglichkeit gegeben werden eine Stellungnahme zum Planentwurf innerhalb einer festgelegten Frist von 30 Tagen abzugeben. Hierzu gibt es jeweils in den Stadtbezirken eine Informations- und Austauschveranstaltung, wo die Inhalte präsentiert werden und die Möglichkeit für Rückmeldungen besteht. Parallel zur Öffentlichkeit werden auch die Träger öffentlicher Belange als auch Behörden aufgefordert Stellung zur Planung zu beziehen. Im Anschluss an diese Beteiligungsphase werden die relevanten Inhalte in die finale Fassung eingepflegt und zur endgültigen politischen Beschlussfassung vorgelegt werden.

Abbildung 11 stellt den Zeitplan der Beteiligung schematisch bis zur Veröffentlichung 2025 dar.

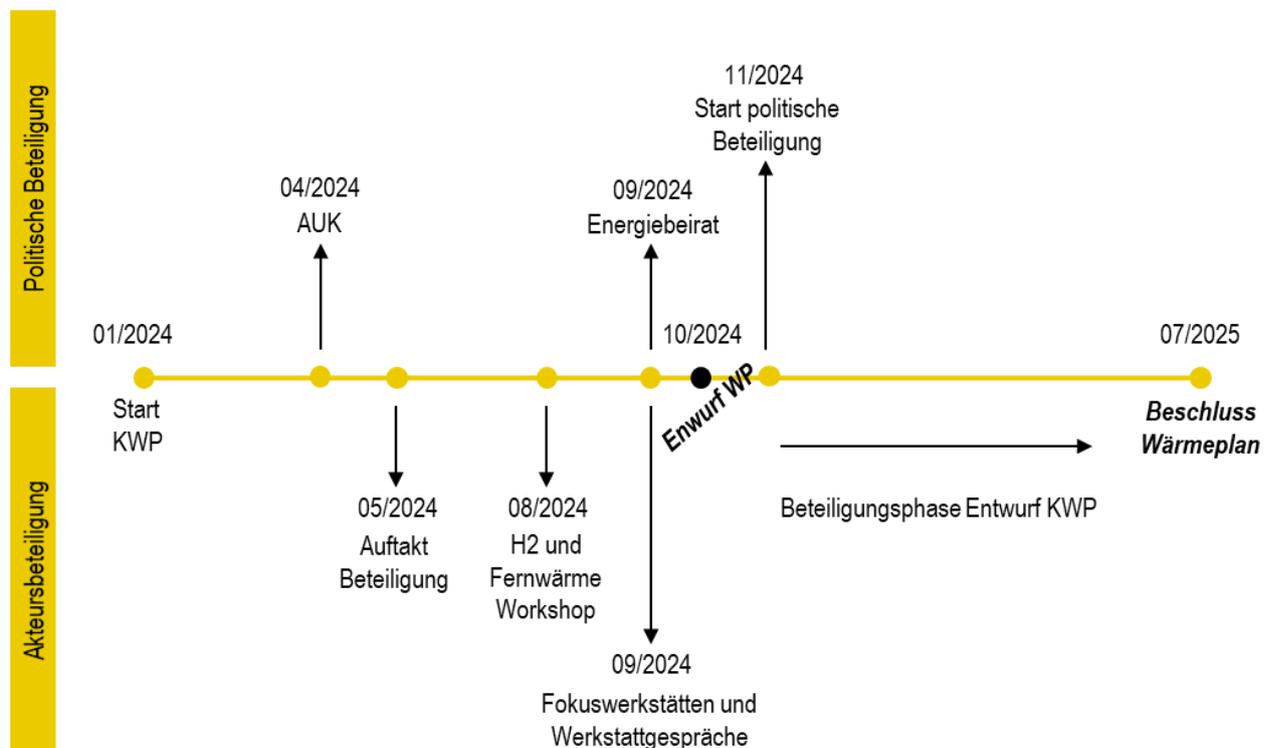


Abbildung 11: Beteiligungszeitplan KWP Aachen

2.6 Regulatorischer Rahmen und Förderkulisse

Mit der Energiewende wurde bisher hauptsächlich der Stromsektor adressiert, obwohl dem Wärmesektor mit der Hälfte des Endenergieverbrauchs in Deutschland eine größere Hebelwirkung zukommt. Die Gründe für den immer noch geringen Anteil der erneuerbaren Energien (EE) im Wärmemarkt sind vielschichtig: Die beschränkte Transportfähigkeit, die erforderliche lokale Transformation, viele Einzelakteure mit unterschiedlichen Ansprüchen und Wissensständen ließen die Wärmewende nur langsam voranschreiten.

Dies ist spätestens mit der Gaskrise 2022/23 in Folge des Ukrainekriegs vorbei, so dass heute der Wärmemarkt besonders in den Fokus rückt.

Ähnlich wie im Strom- und Mobilitätssektor ist eine umfassende wirtschaftliche und sozialverträgliche Transformation nur mit ordnungsrechtlichen Maßnahmen auf der einen Seite und mit Fördermaßnahmen auf der anderen machbar. Beides bildet neben der Wärmeplanung den übergeordneten Rahmen für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung.

Nachfolgend sind die wichtigsten Förderprogramme tabellarisch in Kurzfassung dargestellt und werden im Weiteren textlich erläutert.

Tabelle 5: Regulatorischer Rahmen und Ebenen der Förderung

Ebene	Kurzerläuterung
EU-Gebäuderichtlinie (EPBD)	EU- Rahmen für die nationale Gesetzgebung im Gebäudebereich Zielgruppe: Nationale Gesetzgebung der EU-Staaten
Wärmeplanungsgesetz (WPG)	Vorgaben für die kommunale Wärmeplanung sowie Festlegung von zukünftigen Anforderungen an Wärmenetze Zielgruppe: Kommunen und Betreiber von Wärmenetzen
Gebäudeenergiegesetz (GEG)	Gebäudestandards für Neubauten, Vorschriften für Sanierung im Bestand, Energieausweise, Heizungsaustausch, Primärenergiebilanzierung Zielgruppe: Eigentümer*innen, Hausverwaltungen
Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)	Investive Förderung für Transformation von Bestandsnetzen und neuen Wärmenetzen (bei mehr als 16 Anschlüssen). Betriebskostenzuschüsse für große Solarthermieanlagen und Großwärmepumpen Zielgruppe: Wärmenetzbetreiber
Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)	Förderung von Sanierung im Bestand, Anschlüsse an Wärmenetze, Heizungsaustausch und Umfeldmaßnahmen Zielgruppe: Gebäudeeigentümer*innen überwiegend im Bestand
Bundesförderung Energie- und Ressourceneffizienz (EEW)	Effizienzmaßnahmen in Industrie und Gewerbe, Abwärmenutzung Zielgruppe: Gewerbebetriebe
Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)	Förderung von KWK anlagen auch in Verbindung mit innovativen erneuerbaren Erzeugern, Wärmenetzen und Wärmespeichern Zielgruppe: Wärmenetz- und KWK-Anlagenbetreiber
Integriertes Klimaschutz-Konzept (IKSK) 2020 mit Fortschreibung zur Klimaneutralitätsstrategie (IKSK 2.0, 2024)	Strategischer Rahmen für die Klimaneutralitätsstrategie in Aachen Zielgruppe: alle Akteur*innen in Aachen
Förderprogramm „ Energiesparende Maßnahmen im Gebäude “ der Stadt Aachen	Zuschüsse für Maßnahmen wie Gebäudedämmung, Fensteraustausch und Investitionen in die Haustechnik. Zielgruppe: Eigentümer*innen, Mieter*innen

Europäische Gesetzgebungen

Im Juli 2021 wurde das „Fit for 55“-Programm von der Europäischen Kommission beschlossen. Das Programm enthält Maßnahmenvorschlägen um die Politik so zu gestalten, dass die Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber dem Stand von 1990 gesenkt werden. Dadurch ist die Anpassung bzw. Neufassung verschiedener geltender Richtlinien erforderlich, unter anderem der Gebäuderichtlinie, der Energieeffizienzrichtlinie und der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie.

Die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) gibt den Rahmen für die nationale Gesetzgebung im Gebäudebereich vor und ist das zentrale Instrument zur Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudebestands. Mit der Neufassung sollen für Neubauten erstmalig Nullemissionsgebäude zum Standard werden und für Bestandsgebäude das Erreichen bestimmter Mindesteffizienzstandards (MEPS – Minimum Energy Performance Standards) vorgeschrieben werden.

Wärmeplanungsgesetz (WPG)

Das Wärmeplanungsgesetz regelt die Durchführung der Wärmeplanung auf Bundesebene, die entsprechende Überführung in das Landeswärmeplanungsgesetz NRW war zum Zeitpunkt der Erstellung noch nicht abgeschlossen. Ziel des WPG ist die Einführung einer flächendeckenden und verpflichtenden Wärmeplanung.

Neben der Wärmeplanung sind im vorliegenden WPG-Entwurf auch Vorgaben zur Dekarbonisierung der Wärmenetze festgelegt. Mit beiden Gesetzen (GEG und WPG) soll eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2045 umgesetzt werden.

Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Das Anfang 2024 novellierte Gebäudeenergiegesetz enthält Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden, die Erstellung und die Verwendung von Energieausweisen sowie den Einsatz von erneuerbaren Energien in Gebäuden. Am 8. September 2023 hat der Bundestag eine Novelle des Gebäudeenergiegesetzes beschlossen, dass den Umstieg auf erneuerbare Energien einleitet. Ziel ist es, dass möglichst jede neu eingebaute Heizung zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Die Vorgaben des Gesetzes gelten als erfüllt für Hausübergabestationen zum Anschluss an ein Wärmenetz, für elektrische angetriebene Wärmepumpen, Stromdirektheizungen, solarthermische Anlagen, Heizungsanlagen zur Nutzung von Biomasse, grünem oder blauem Wasserstoff einschließlich daraus abgeleiteter Derivate oder andere grüne Gase, Wärmepumpen-Hybridheizungen sowie Solarthermie-Hybridheizungen und den jeweiligen Maßgaben.

Die Regelungen gelten – je nach Anzahl der Einwohner in Gemeindegebieten – nach dem 30. Juni 2026 (> 100.000 Einwohner) bzw. nach dem 30. Juni 2028 (<= 100.000 Einwohner) bzw. dann, wenn für das Gemeindegebiet ein politisch beschlossener Satzungsbeschluss zum Wärmeplan vorliegt.

Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

Wärmenetze sind in Aachen wie auch in vielen anderen Städten Schlüsselemente der Wärmewende, die deutlich ausgebaut und dekarbonisiert werden müssen, um als Beschleuniger der Wärmewende fungieren zu können.

Als neues Leitinstrument hat die Bundesregierung den neuen Förderrahmen für Wärme- und Kältenetze in Deutschland „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ (BEW)³ erarbeitet, der seit dem 15.9.2022 in Kraft ist.

³ Mehr Informationen unter: www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html



Abbildung 12: Übersicht der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

Mit der neuen systemischen Förderung soll der Anteil klimaneutraler Wärmequellen in Wärmenetzen bis 2030 auf 30 % und mittelfristig bis auf 100 % ausgebaut werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sieht der Richtlinienentwurf erstmalig eine ganzheitliche Förderung klimafreundlicher Wärmeerzeugung vor. Neben erneuerbaren Energien wie Solarthermie und Umweltwärme ist ausdrücklich auch nicht vermeidbare Abwärme förderfähig, allerdings keine investiven Maßnahmen zur Einbindung von Wärme aus Müllverbrennung. Das BEW besteht aus den vier Modulen, die in Abbildung 12 dargestellt sind.

Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude⁴ umfasst Fördermaßnahmen für die energetische Sanierung von Wohn- und Nicht-Wohngebäuden sowie Einzelmaßnahmen:

- Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG WG),
- Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG),
- Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM).

Im Rahmen des von der KfW administrierten (bis auf den Programmteile Gebäudenetze) Programms Bundesförderung für effiziente Gebäude gibt es Fördermöglichkeiten für Sanierungsmaßnahmen und Heizungsmodernisierung, die sich vor allem an Gebäudeeigentümer*innen richten. Die seit Auflegung mehrfach angepassten Fördersätze liegen hier zwischen 10 % (Biomasse) bis 70% (hocheffiziente Wärmepumpen mit Einkommensbonus).

Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW)⁵

Das zuvor auf Energieeffizienz reduzierte Investitionsprogramm wurde zum 1. November 2021 grundlegend novelliert. Neben einer Erweiterung des Moduls 4 um den Fördertatbestand der Ressourceneffizienz wird das Förderprogramm um ein fünftes Modul ergänzt – der Förderung von Transformationskonzepten vergleichbar mit dem des BEW.

Grundsätzlich wird differenziert in zwei Förderprogramme für Energieeffizienz und erneuerbare Prozesswärme:

1. Zuschuss/Kredit (Förderquote 30 %-55 %): 5 Module

⁴ Mehr Informationen zum BEG: www.kfw.de/inlandsfoerderung/Bundesförderung-für-effiziente-Gebäude/

⁵ Mehr Informationen zum EEW: www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/energieeffizienz_und_prozesswaerme_node.html

- Modul 1: Querschnittstechnologien
- Modul 2: Maßnahmen zur Prozesswärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien – bis 45 % Förderquote
- Modul 3: Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Sensorik und Energiemanagementsoftware
- Modul 4: Energie- und Ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen
- Modul 5: Transformationskonzepte

2. Förderwettbewerb – bis zu 60 % der förderfähigen Kosten

Dabei können besondere Projekte im Wettbewerb um die höchste jährliche CO₂-Einsparung pro beantragtem Euro Fördermittel auch Förderquoten über die Standardmodule hinaus gefördert werden.

Im Rahmen der Wärmetransformation betrifft das EEW vorwiegend im Modul 4 die Einbindung von industrieller Abwärme.

Förderung Kraft-Wärme-Kopplung (KWKG)

Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz ist als Förderinstrument etabliert und wird sowohl für neue KWK-Anlagen (mit Fokus H₂ ready-Anlagen und innovative KWK Anlagen) als auch für Wärmespeicher zur KWK-Wärmenutzung und für KWK-Wärmenetze weiterhin genutzt. Das Gesetz ist vorläufig bis 2026 befristet, eine Evaluierung und Novellierung steht noch aus.

Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Aachen (IKSK)

Die im Jahr 2024 aktualisierte Klimaschutzstrategie [14] bildet den bereits laufenden Prozess zur Klimaneutralität ab. Das Gutachten basiert auf dem Klimaschutzkonzept von 2020 und adressiert nicht nur technische und infrastrukturelle Aspekte, sondern vor allem auch die prozessuale und gesellschaftliche Ebene. Das Gutachten beschreibt hierzu die Beziehungen zwischen der kommunalen Ebene und zu weiteren Entscheidungsebenen der Akteur*innen in Aachen aber auch die Rahmenbedingungen auf EU-, Bundes- und Landesebene und setzt somit auch den gesamtstädtischen Rahmen für die einzelnen Sektoren.

Städtische Förderprogramme

Die Stadt Aachen unterstützt aufbauend auf dem Klimaschutzkonzept über das Förderprogramm „Energiesparende Maßnahmen im Gebäude“ seit 2021 unter anderem energetische Sanierungsmaßnahmen im Bestand mit Schwerpunkt bei Wohngebäuden.

Weitere städtische Fördermaßnahmen betreffen Dachausbau, Solaranlagen sowie Dach- und Fassadenbegrünung. Informationen sind hier zu erhalten: www.aachen.de/DE/stadt_buerger/energie/foerderprogramme/index.html.

3. Bestandsanalyse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Bestandsanalyse basierend auf dem in 2.2 beschriebenen Verfahren vorgestellt. Zunächst wird in Abschnitt 3.1 die Gemeindestruktur der Stadt Aachen vorgestellt, welche zur Darstellung der Ergebnisse auf den verschiedenen Aggregationsstufen dient, und in Abschnitt 3.2 die Gebäudestruktur inklusive der Baualtersklassen der Stadt Aachen vorgestellt. Darauffolgend wird in Abschnitt 3.3 der ermittelte Wärmebedarf des Gebäudebestands dargestellt. In Abschnitt 3.4 werden dann die bestehenden Versorgungsstrukturen für die Wärmeversorgung vorgestellt. Zuletzt werden in Abschnitt 3.5 die aus der Bestandsanalyse resultierenden Energie- und Treibhausgasbilanzen der Stadt Aachen präsentiert.

3.1 Gemeindestruktur

Die Stadt Aachen umfasst auf ca. 16.000 Hektar sieben Stadtgebiete, die wiederum in insgesamt 34 statistische Bezirke unterteilt sind (vgl. Abbildung 13). Die Bevölkerungszahl hat sich seit 1950 etwa verdoppelt auf aktuell ca. 261 Tausend Einwohner*innen (Stand: 05.2022) [15] [5]. Das Stadtgebiet Aachen-Mitte deckt hierbei mit etwas mehr als 5100 ha (ca. 32 % der Gesamtfläche) und ca. 69 % der Einwohner*innen (ca. 181.000) den größten Teil ab. Die flächenmäßig zweit- bzw. drittgrößten Stadtgebiete sind Kornelimünster/Walheim (ca. 3.700 ha) und Laurensberg (ca. 3.000 ha), mit jeweils allerdings nur ca. 5,4 % bzw. ca. 6,8 % der Einwohner*innen.

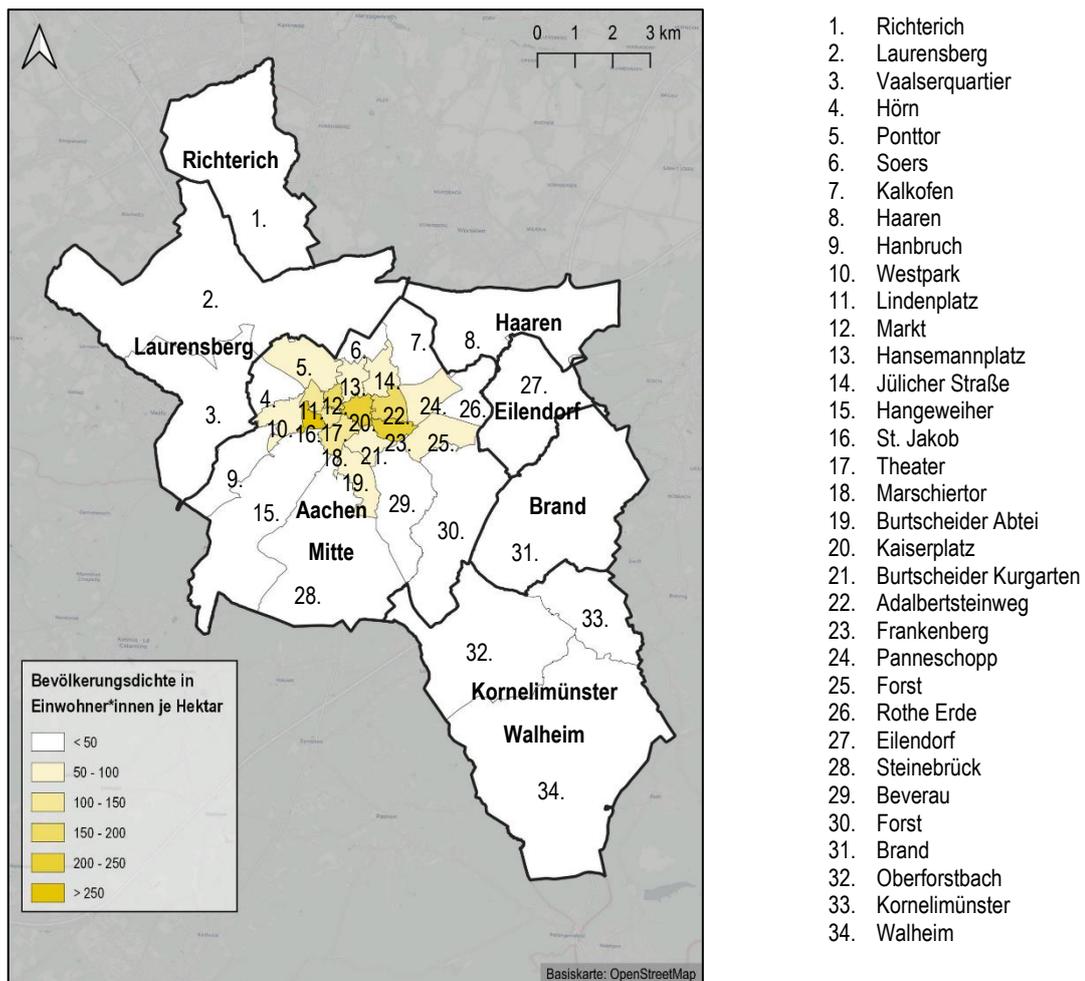


Abbildung 13: Stadtkarte Aachen mit den Stadtgebieten und statistischen Bezirken eingefärbt nach Einwohner*innen je Fläche

Von den 34 statistischen Bezirken besitzen 18 eine Bevölkerungsdichte von weniger als 50 Einwohner*innen je Hektar (vgl. Abbildung 13). Die statistischen Bezirke mit der höchsten Bevölkerungsdichte sind St. Jakob (ca. 250 Einw./ha), Frankenberg (ca. 221 Einw./ha) und Kaiserplatz (214 Einw./ha) im Stadtkern. Die Bevölkerungsdichte je Hektar im Stadtgebiet ist dargestellt in Abbildung 14. Auch hier zeigt sich eine Konzentration der Bevölkerung auf den Stadtkern mit bis zu 480 Einwohner*innen je Hektar.

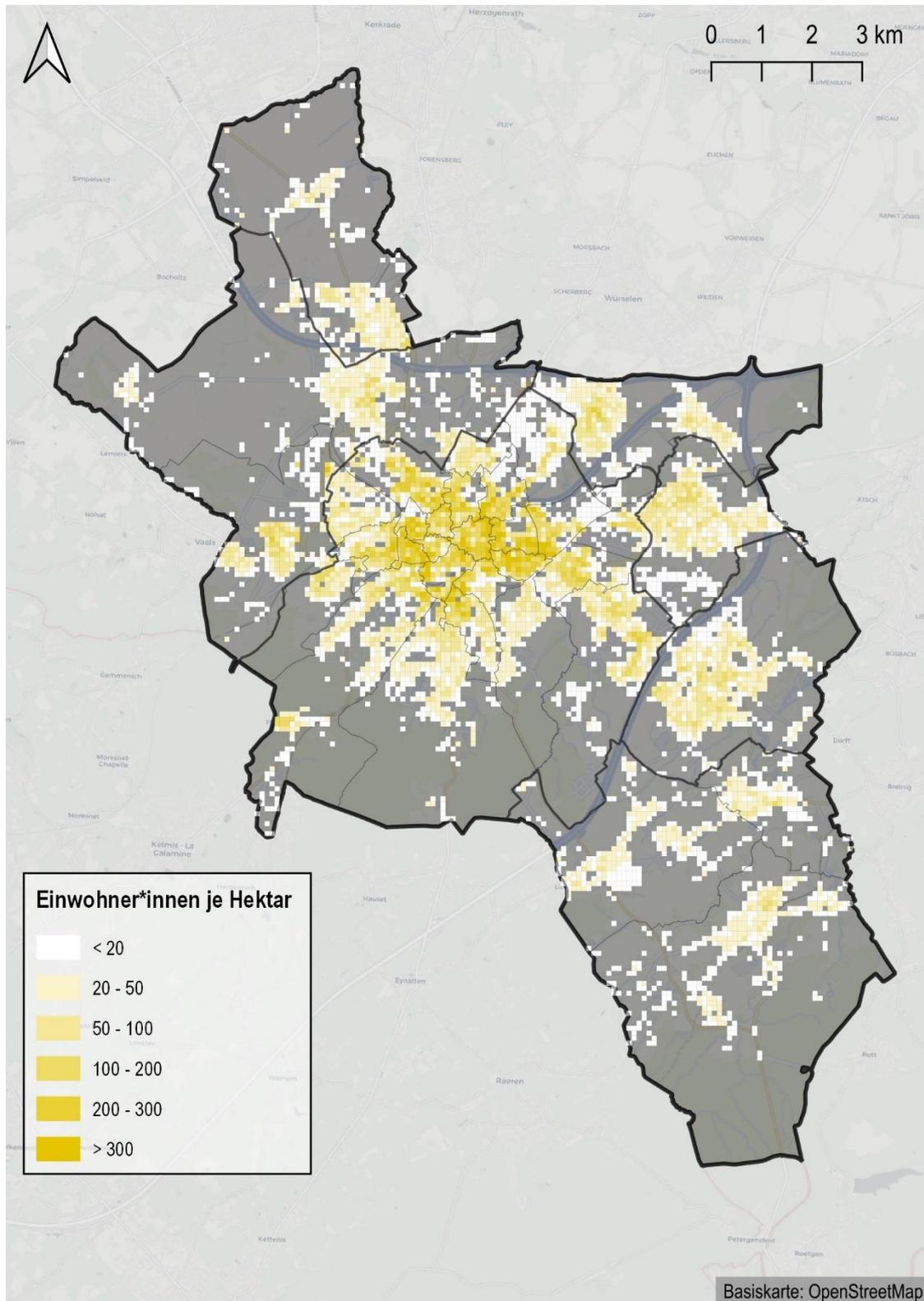


Abbildung 14: Einwohner*innen je Hektar im Stadtgebiet

3.2 Gebäudestruktur und Baualtersklassen

In Aachen befinden sich ca. 45 Tausend Adressen mit beheizten Gebäuden. Die gesamte beheizte Nutzfläche wurde auf ca. 22,5 Mio. m² ermittelt. Davon fallen 56,3 % auf Wohnhäuser, 41,4 % auf den GHD-Sektor und 2,3 % auf die Industrie (vgl. Abbildung 15).

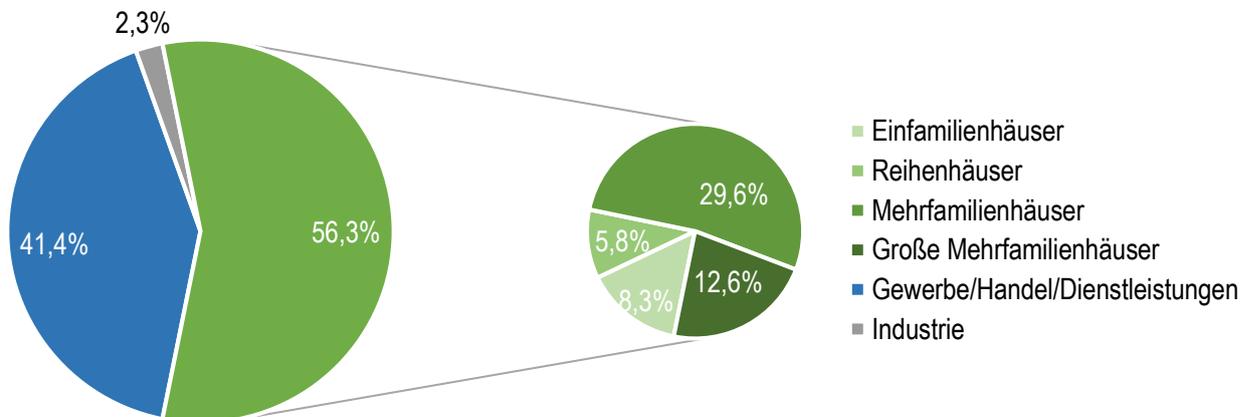


Abbildung 15: Anteilige Nutzfläche nach Sektoren und Wohngebäudetyp

Der Wohnsektor ist dominiert von Mehrfamilienhäusern, welche zusammen ca. 75 % der Wohngebäude ausmachen (vgl. Abbildung 15). Die restlichen 25 % sind aufgeteilt auf Einfamilienhäuser (15 %) und Reihenhäuser (10 %). Unter den GHD-Sektoren sind neben Gebäuden für Handel und Dienstleistungen auch die Hochschulgebäude, Schulen und Bürogebäude die Sektoren mit der größten Nutzfläche (vgl. Abbildung 16). Die zwanzig flächenmäßig größten GHD-Sektoren machen gemeinsam ca. 88 % der gesamten Gewerbefläche aus.

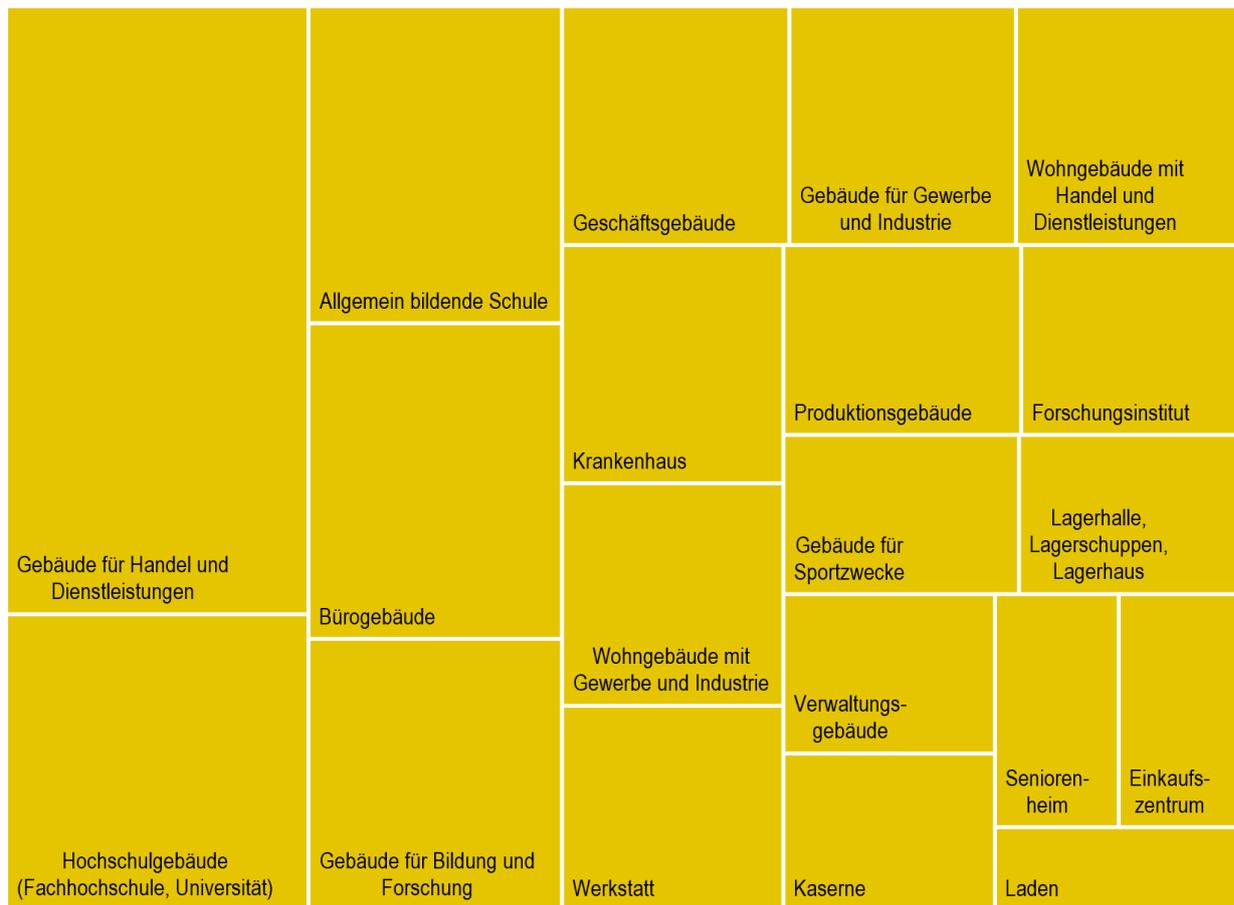


Abbildung 16: Zwanzig flächenmäßig größten Gewerbe-/ Handel-/ Dienstleistungsgebäudetypen nach Zensus Daten

Abbildung 17 stellt die primären Sektoren bzw. beim Wohnungssektor die primären Wohngebäudetypen je Baublock dar. Die Innenstadt in Aachen-Mitte ist von Gewerbeflächen geprägt. Drumherum prägen insbesondere Mehrfamilienhäuser das Stadtbild. Diese sind auch in den Ortskernen der anderen Stadtteile der häufigster Gebäudetyp. Größere Einfamilienhaus- und Reihenhaussiedlungen existieren in Kornelimünster, Walheim, Laurensberg, Richterich und im Bezirk Burtscheider Kurgarten. Neben den Gewerbeflächen im Stadtkern, erstreckt sich im Nord-Osten ein Band an Gewerbegebieten von Soers bis Brand. Weitere größere Gewerbegebiete liegen in Oberforstbach sowie nördlich des Ponttors an der Süsterfeldstraße und in Melaten durch die Uniklinik und das Hochschulgelände. Die größten Industriezentren wurden an der Philipsstraße und der Jülicher Straße ausgemacht.

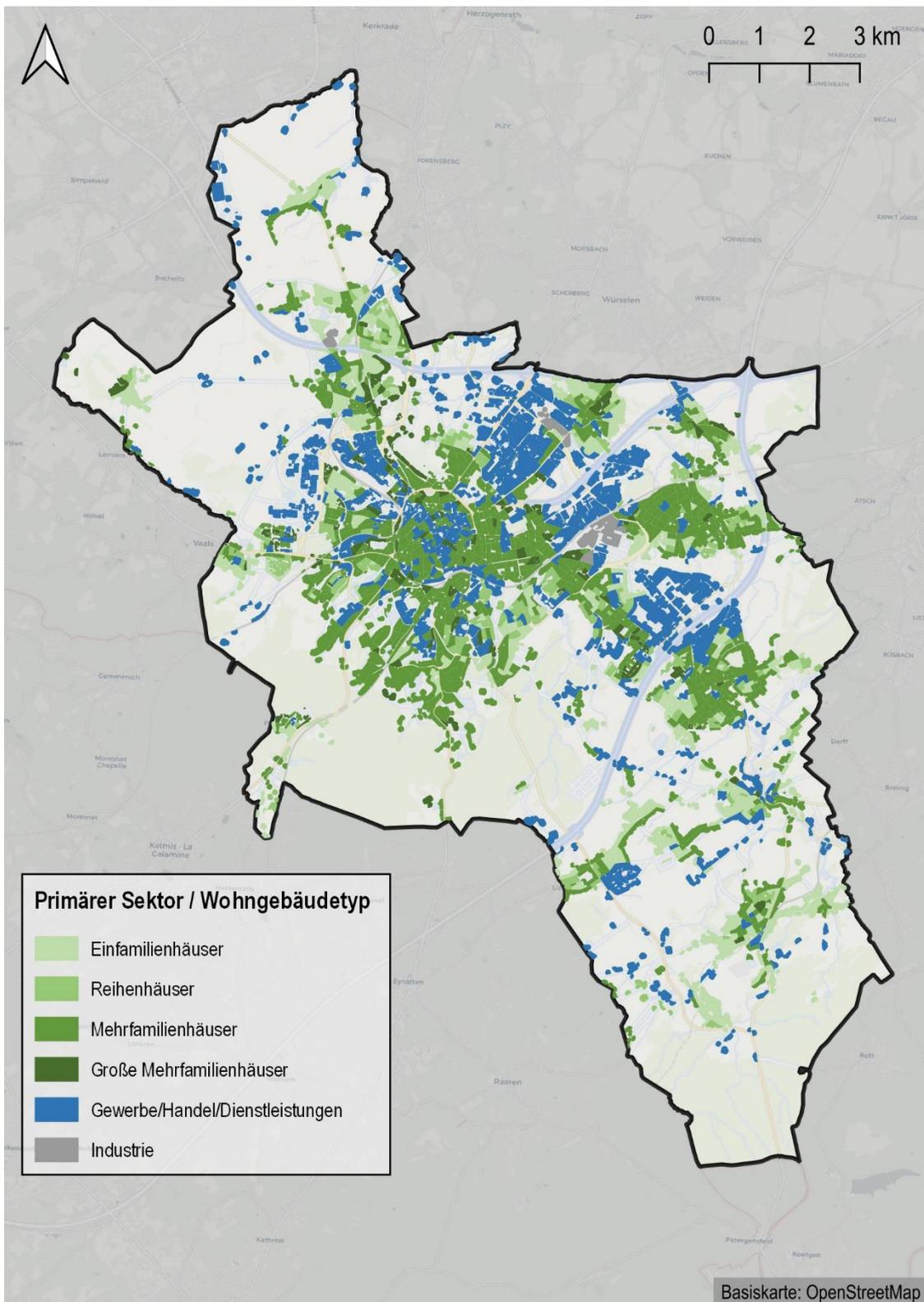


Abbildung 17: Primärer Sektor / Wohngebäudetyp nach Anteil an der Nettogrundfläche je Baublock

In Abbildung 18 links sind die Anzahl an Gebäuden je Baualtersklasse dargestellt. Knapp 25 % des aktuellen Gebäudebestands stammen noch aus der Kriegs- und Vorkriegszeit vor 1945. Ca. 55 % wurden während des Wiederaufbaus zwischen 1945 und 1980 erbaut. Seit 2001 wurden mit insgesamt ca. 2300 Gebäuden rund 7 % des aktuellen Gebäudebestands gebaut. In der Karte in Abbildung 18 rechts sind die Baublöcke nach der am häufigsten vorkommenden Baualtersklasse im jeweiligen Baublock eingefärbt. Der Stadtkern ist geprägt von Gebäuden, die vor 1919 oder durch den Wiederaufbau zwischen 1945 und 1960 erbaut wurden. Auch große Teile der Ortskerne von Walheim und

Kornelimünster stammen noch aus den Jahren vor 1919. Diese wurden insbesondere zwischen 1960 und 1980 erweitert. Darüber hinaus besitzt Aachen insbesondere in den Stadtteilen Kornelimünster/Walheim und Laurensberg mehrere historische Höfe von vor 1919. Während aus der Zeit von 1919 bis 1945 nur noch wenige Wohnsiedlungen und Industriegelände heute noch stehen, wurde die Stadt nach dem Krieg im Wiederaufbau zunächst wieder verdichtet und ab 1960 in allen Stadtgebieten signifikant erweitert. Insbesondere stammen weite Teile des heutigen Gewerbegebiets im Nord-Osten Aachens aus dieser Zeit. Seit 2010 wurden insbesondere die Gewerbegebiete erweitert, sowie einzelne Wohnsiedlungen zum Beispiel in Aachen Brand und Eilendorf errichtet.

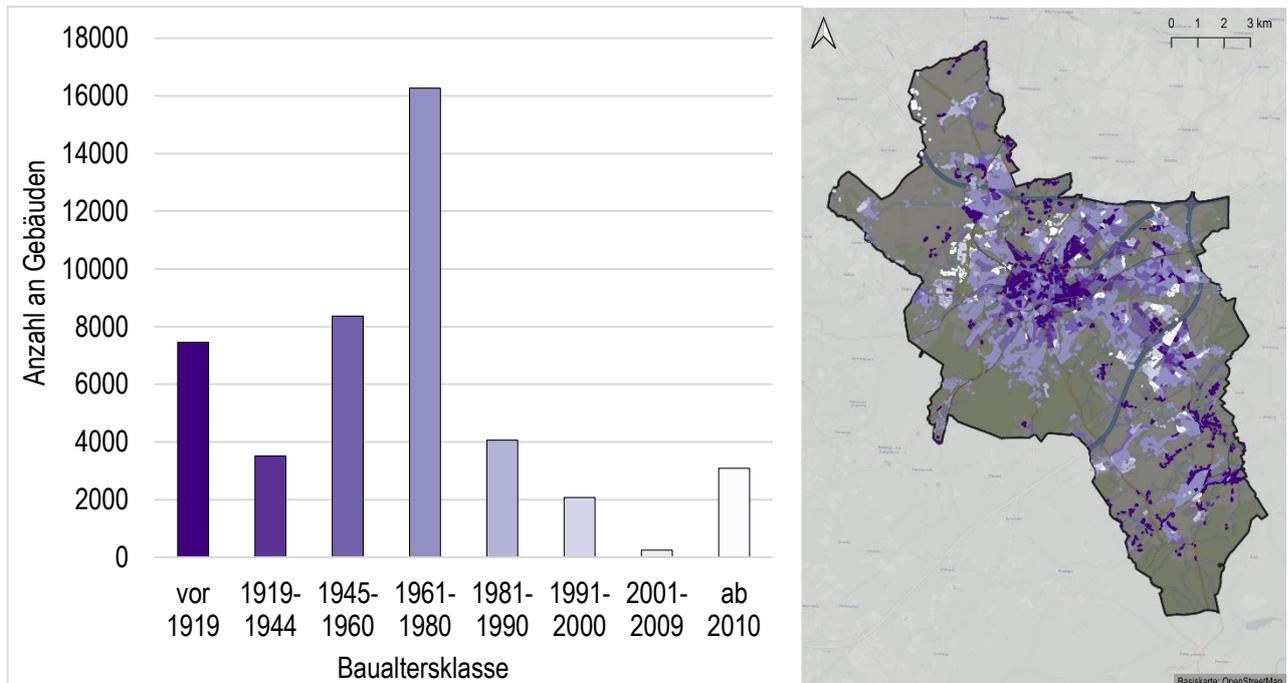


Abbildung 18: Anzahl an Gebäuden je Baualtersklasse als Histogramm (links) und häufigste Baualtersklasse je Baublock (rechts)

Die Ergebnisse der Bestandsanalyse zur Gebäudestruktur sind in Tabelle 6 für die Stadtgebiete und statistischen Bezirke zusammengefasst.

Tabelle 6: Gesamtübersicht der Gebäudestrukturergebnisse nach Stadtgebieten und statistischen Bezirken⁶

Statistischer Bezirk Stadtgebiet	Wohn- bevölke- rung	Anzahl Gebäude	Beheizte Wohnfläche [m ²]	GHD-Fläche [m ²]	Industrie- fläche [m ²]	Primäre Gebäude- altersklasse
Adalbertsteinweg	11141	732	608839	412571	171349	vor 1919
Beverau	3798	1382	313453	202856	87233	1961 – 1980
Burtsch. Kurgarten	6309	760	457365	240384	205037	vor 1919
Burtscheider Abtei	8319	1082	651397	379466	247363	1945 – 1960
Forst	10620	1970	862838	498988	324694	1961 – 1980
Frankenberg	11098	808	526957	447541	59830	vor 1919
Hanbruch	3512	581	171599	146026	19565	1961 – 1980
Hangeweiher	13830	1813	999829	684017	282372	1961 – 1980
Hansemanplatz	6613	627	529075	285943	230183	vor 1919
Hörn	4484	1081	445548	232990	198085	1961 – 1980
Jülicher Str.	7921	677	702276	338329	303127	vor 1919
Kaiserplatz	11031	1001	740251	426764	288845	vor 1919
Kalkofen	2499	500	678226	108037	462134	1961 – 1980
Lindenplatz	4942	446	457292	175238	272990	vor 1919
Markt	4148	600	434642	171827	253619	vor 1919
Marschierdor	9408	739	656203	362065	275319	1945 – 1960
Panneschopp	8189	638	712024	302800	377681	vor 1919
Ponttor	13121	1027	983348	590603	338989	vor 1919
Rothe Erde	2015	386	452209	81049	201669	1961 – 1980
Soers	2840	698	370011	149616	204085	1961 – 1980
St. Jakob	7770	568	379109	285873	79230	vor 1919
Steinebrück	7928	1765	630308	487353	114279	1961 – 1980
Theater	3378	340	376723	144643	223379	vor 1919
Trierer Str.	8157	982	522910	311225	157925	1961 – 1980
Westpark	7921	981	466468	341114	105563	1961 – 1980
Aachen-Mitte	180987	22188	7808065	5490368	393404	1961 – 1980
Brand	16138	4462	1272565	833081	349445	1961 – 1980
Eilendorf	13931	3685	1417529	716109	598458	1961 – 1980
Haaren	10201	2844	1007249	556494	390577	1961 – 1980
Kornelimünster	3204	1021	310698	191869	97553	1961 – 1980
Oberforstbach	4452	1632	539248	256418	218358	1961 – 1980
Walheim	6538	2215	530160	386956	101010	1961 – 1980
Kornelimünster/Walheim	14193	4868	835243	416921	32761	1961 – 1980
Laurensberg	9748	2691	1318311	593310	657501	1961 – 1980
Vaalsequartier	8061	1705	1305671	428144	845909	1981 – 1990
Laurensberg	17818	4397	2620817	1022169	1499683	1961 – 1980
Richterich	7734	2622	707093	427473	223396	1961 – 1980
Aachen Gesamt	261000	45064	12197695	8966788	492381	1961 – 1980

⁶ Abweichungen zwischen Stadtgebieten und statistischen Bezirken durch leicht verschobene Grenzen.

3.3 Wärmebedarf

Der gesamte Wärmebedarf in Aachen betrug im Bezugsjahr 2022 2.414 GWh. Dieser teilt sich entsprechend Abbildung 19 in den Bereichen Heiztechnologie, Gebäudesektor und Nutzenergiety auf die einzelnen Bereiche auf. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden diese Bereiche genauer erläutert.

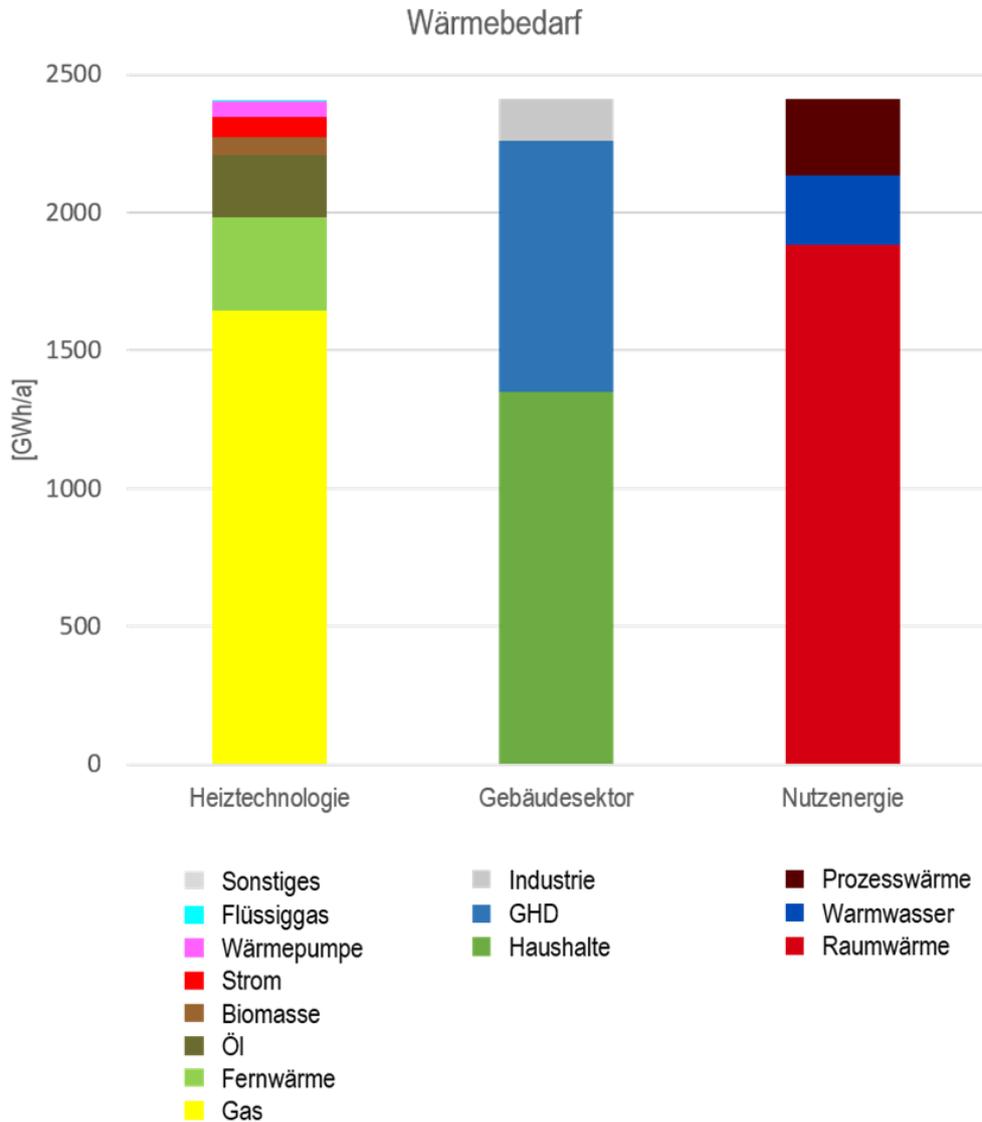


Abbildung 19: Übersicht des Wärmebedarfs im Status-Quo

3.3.1 Wärmebedarf nach Heiztechnologie

Die Wärmeversorgung in Aachen ist im Status-Quo stark von Gas dominiert. So wird 68 % des gesamten Wärmebedarfs von 2.414 GWh/a von Gasheizungen erzeugt (vgl. Abbildung 20). Fernwärme (14 %) und Ölheizungen (9 %) stellen ebenfalls deutlich über 100 GWh/a Wärme bereit, machen jedoch bereits einen deutlich geringeren Anteil als Gasheizungen aus. Die übrigen Heiztechnologien, also Stromdirektheizungen (4 %), Biomasseheizungen (3 %), Wärmepumpen (2 %), Flüssiggasheizungen (<1 %) und sonstige Heizungen (<1 %), erzeugen in Summe ca. 9 % der Wärme.

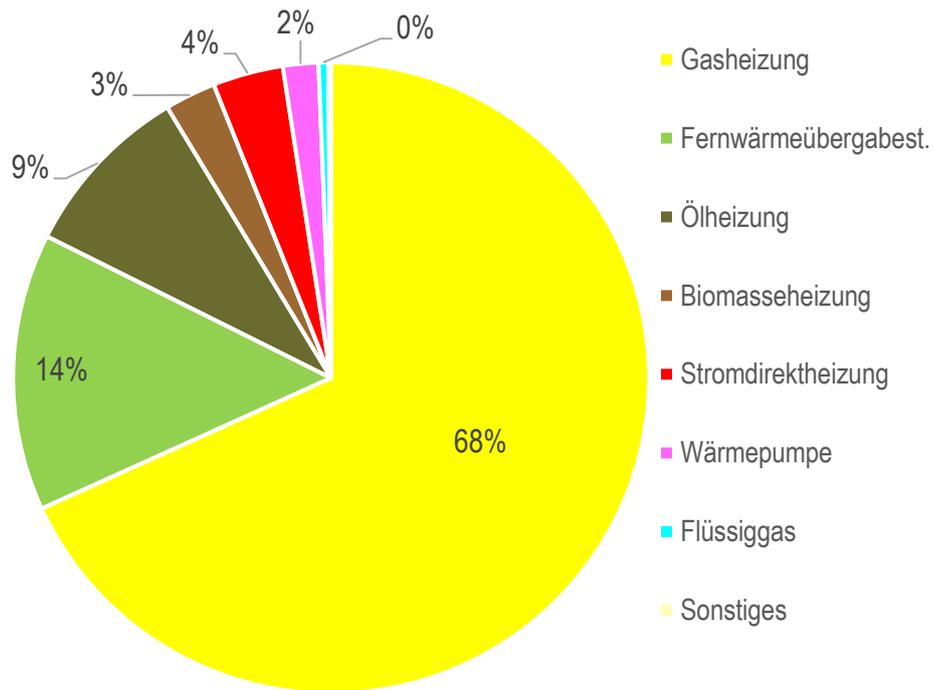


Abbildung 20: Anteil der Heiztechnologien an der Wärmeerzeugung

Betrachtet man, wie in Abbildung 21 vergleichend dargestellt, demgegenüber den Anteil der Gebäude, welche über die entsprechende Heiztechnologie versorgt werden, gibt es zwei Auffälligkeiten. Zum einen ist der Anteil der mit Gas beheizten Gebäude (77 %) deutlich höher, als der Anteil von Gasheizungen an der gesamten Wärmeerzeugung. Dies ist damit zu begründen, dass das Gasnetz in Aachen auch in den vorstädtischen Gebieten weit verbreitet ist und demzufolge viele Einfamilienhäuser mit Gas beheizt werden, welche einen vergleichsweise geringen Wärmebedarf haben. Zum anderen fällt auf, dass nur 5 % der Gebäude an das Fernwärmenetz angeschlossen sind, Fernwärme jedoch 14 % des Wärmebedarfs abdeckt. Dies folgt wiederum daraus, dass das Fernwärmenetz insbesondere in Gebieten mit hoher Wärmedichte, also i.d.R. bei Gebäuden mit hohem Wärmebedarf, wie innerstädtische Mehrfamilienhäuser, liegt.

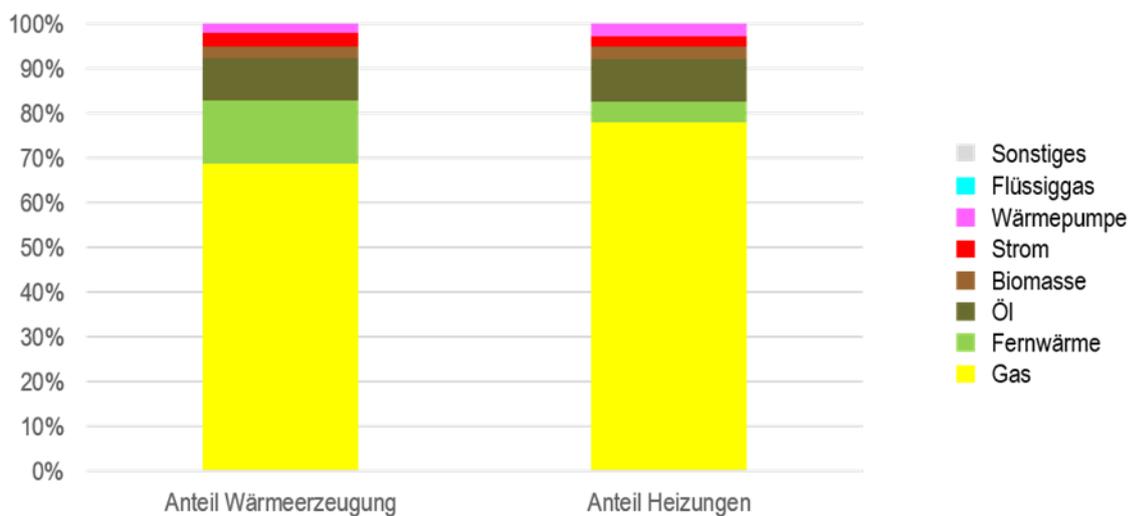


Abbildung 21: Vergleich des Anteils der Heiztechnologien an bereitgestellter Wärme und Anzahl Heizungen

Dieser Fokus des Wärmenetzes auf den innerstädtischen Bereich, bzw. das Stadtgebiet Aachen-Mitte sowie angrenzende Bezirke, wird auch bei der in Abbildung 21 dargestellten Karte sichtbar. In dieser Kartenansicht sind die Baublöcke jeweils entsprechend der Heiztechnologie eingefärbt, die den größten Anteil des Wärmebedarfs deckt. Es ist zu sehen, dass primär von Gas versorgte Baublöcke in sämtlichen Stadtgebieten vorzufinden sind. In den ländlichen Abschnitten, wie z.B. Sief oder Orsbach sind vereinzelt Baublockgruppen zu finden, in denen primär mit Öl oder Flüssiggas geheizt wird. Zudem gibt es punktuell Baublöcke, in denen Stromdirektheizungen dominieren sowie Neubaugebiete, in denen bereits hauptsächlich mit Wärmepumpen geheizt wird.

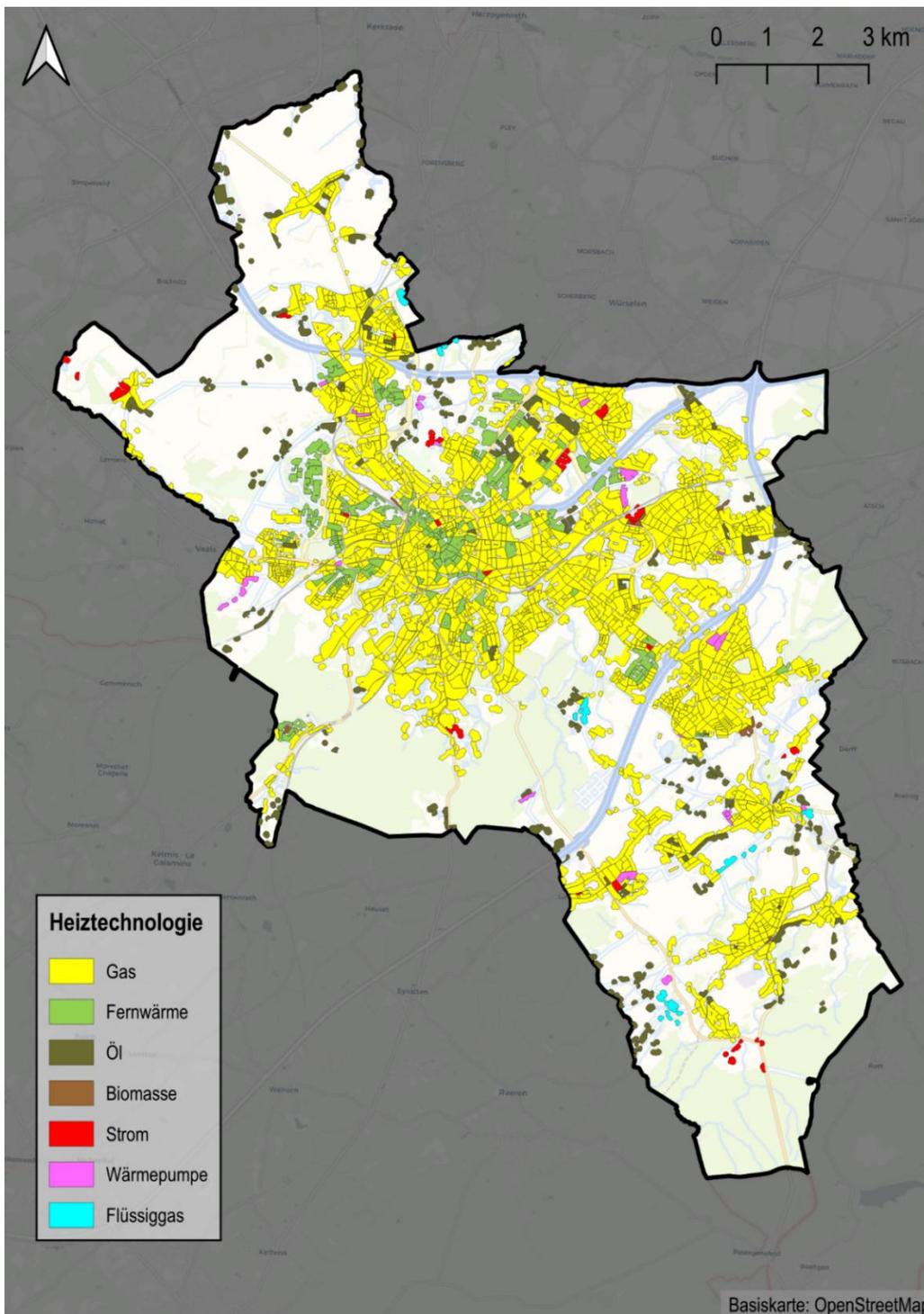


Abbildung 22: Heiztechnologie mit dem höchsten Anteil an der Wärmeerzeugung im jeweiligen Baublock

3.3.2 Wärmebedarf nach Sektoren

Der überwiegende Anteil des Wärmebedarfs ist mit 56 % auf Haushalte zurückzuführen (vgl. Abbildung 23). 38 % des Wärmebedarfs wurde dem Gewerbe, Handel und Dienstleistungssektors zugeordnet, wobei auch produzierendes Gewerbe hier drin enthalten ist. Der Industriesektor ist nur für 6 % des Wärmebedarfs verantwortlich.

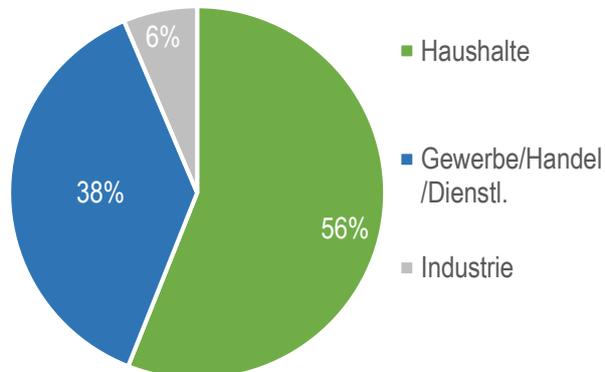


Abbildung 23: Wärmebedarf nach Gebäudesektoren

Damit liegt der Anteil des Industriesektors deutlich unter dem deutschlandweiten Referenzwert von 38 %. Dies ist unter anderem mit dem Fehlen energieintensiver Industrie in Aachen zu begründen. Stattdessen ist in Aachen der Anteil des Gewerbes deutlich über dem deutschen Durchschnitt von 17 %.

Bei der räumlichen Verteilung des Wärmebedarfs der einzelnen Gebäudesektoren, welche in Abbildung 24 dargestellt ist, ist zu sehen, dass der Wärmebedarf von Industrieunternehmen insbesondere in den statistischen Bezirken Eilendorf, Jülicher Straße, Kalkofen, Oberforstbach, Ponttor, Rothe Erde und Trierer Straße einen hohen Anteil ausmacht (jeweils über 5 %). Der Anteil des Wärmebedarfs, der durch Haushalte bedingt ist, variiert je nach statistischem Bezirk zwischen 16 % (Rothe Erde) und 88 % (Frankenberg).

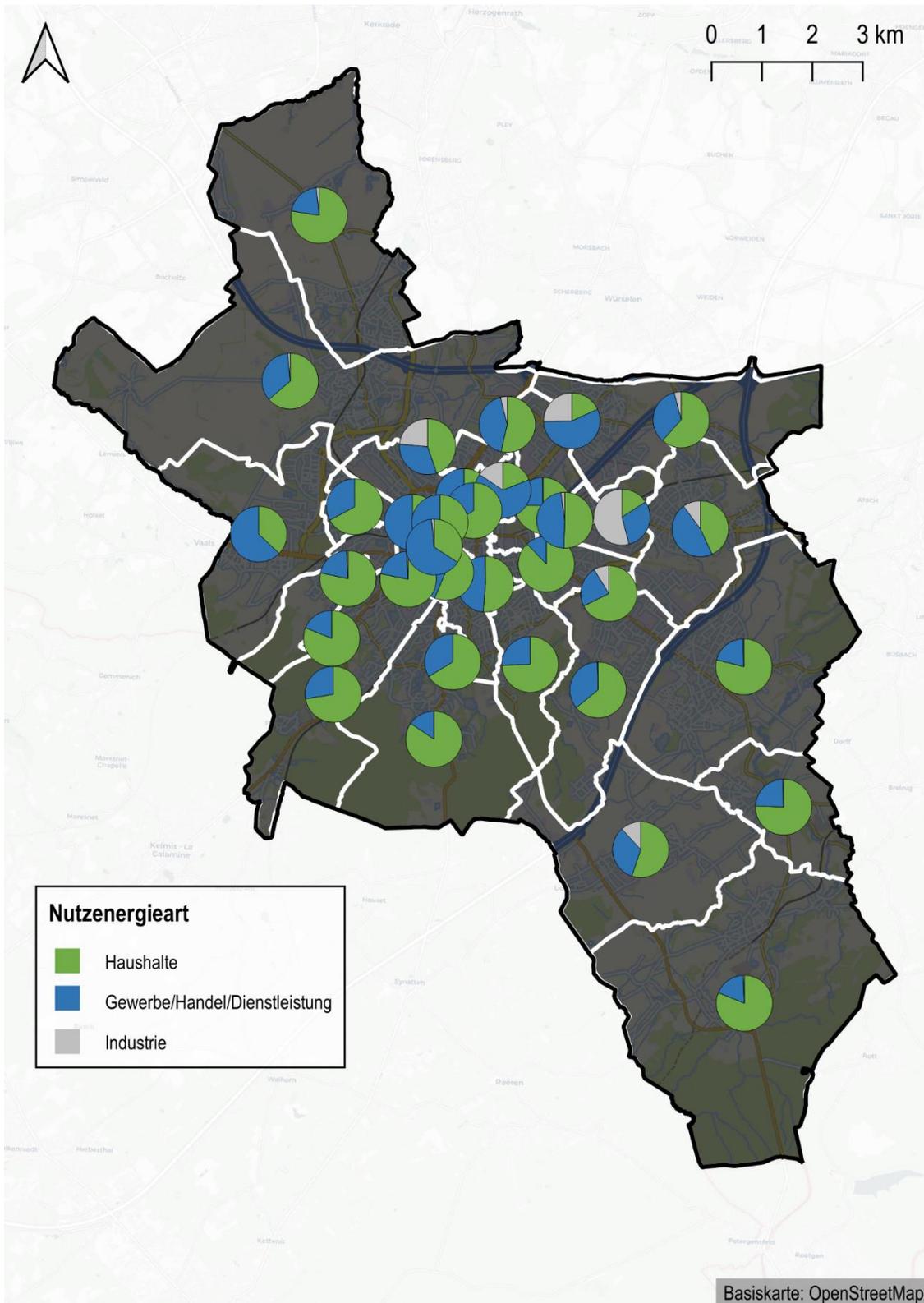


Abbildung 24: Wärmebedarf je Gebäudesektor je statistischem Bezirk

Bei einer genaueren Betrachtung des GHD-Sektors mit Fokus auf die beiden großen Stakeholder Stadt Aachen und RWTH, ist zu erkennen, dass diese mit 6 % bzw. 7 % einen erheblichen Anteil des Gesamtwärmebedarfs ausmachen (vgl. Abbildung 25)

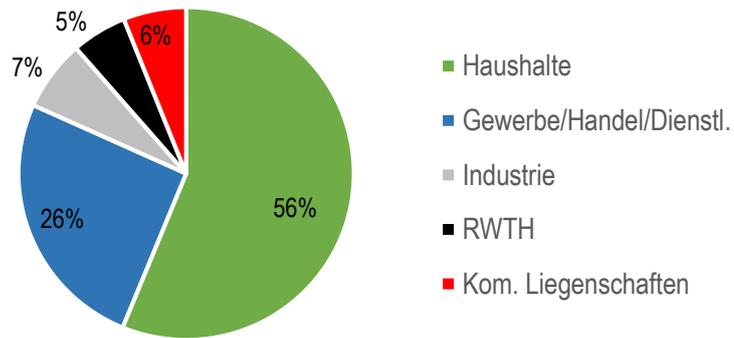


Abbildung 25: Wärmebedarf je Gebäudesektor mit Unterteilung in kommunale Liegenschaften und Gebäude der RWTH

In Aachen gibt es insgesamt 28 Großverbraucher von Wärme (vgl. Abbildung 26). Diese sind hier definiert als Adressen, an denen mehr als 3 GWh/a Wärmebedarf vorliegt. Alle Großverbraucher sind entweder dem GHD- oder dem Industriesektor angehörig. Häufig dienen Großverbraucher als wichtige Ankerkunden bei der Erschließung neuer Wärmenetze und haben daher im Rahmen der Wärmeplanung eine besondere Relevanz.

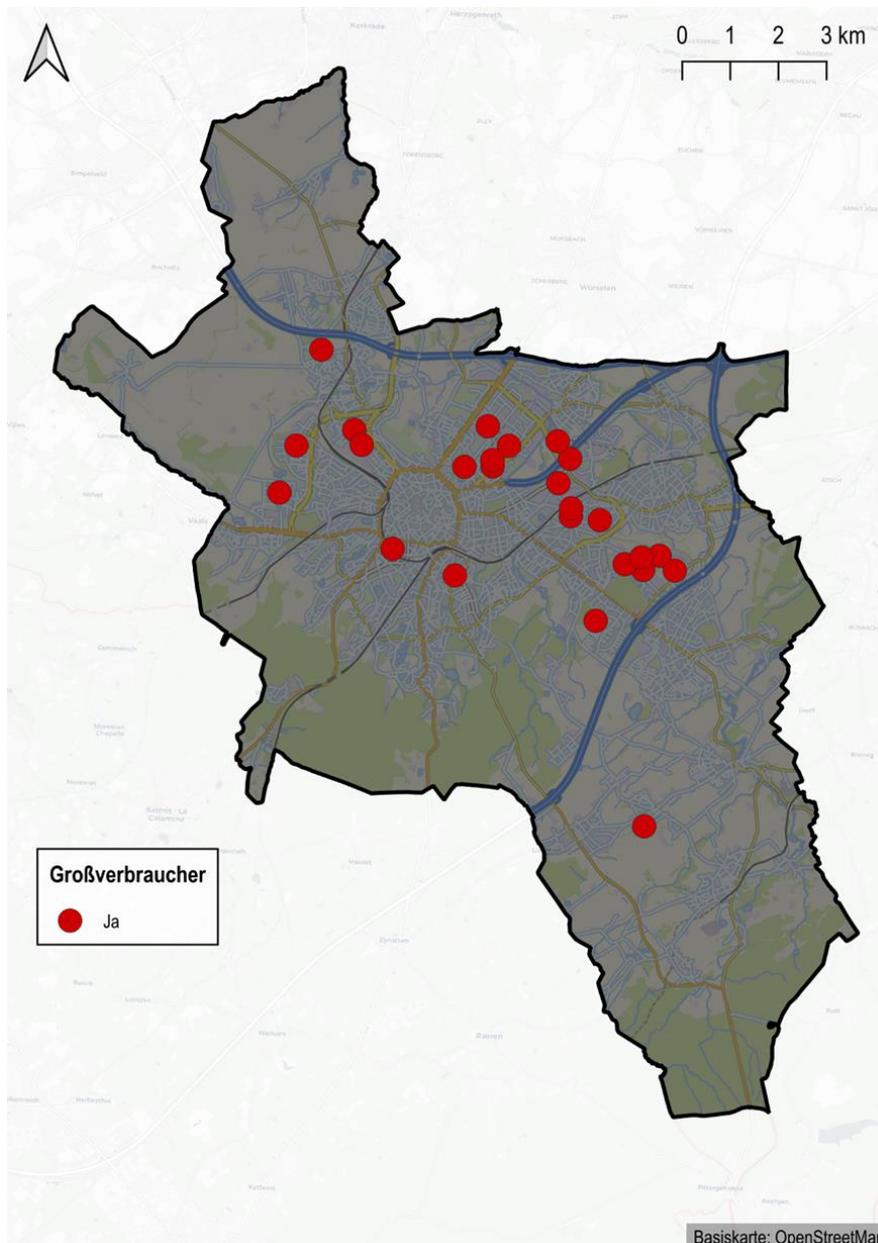


Abbildung 26: Großverbraucher (> 3GWh/a)

3.3.3 Wärmebedarf nach Nutzenergiearten

Bei der Aufteilung des Wärmebedarfs in die Nutzenergiearten ist zu sehen, dass der größte Anteil der Raumwärme mit 78 % zuzuordnen ist. Der Warmwasserbedarf sowie der Prozesswärmebedarf liegen gleichauf mit jeweils 11 % (vgl. Abbildung 27)

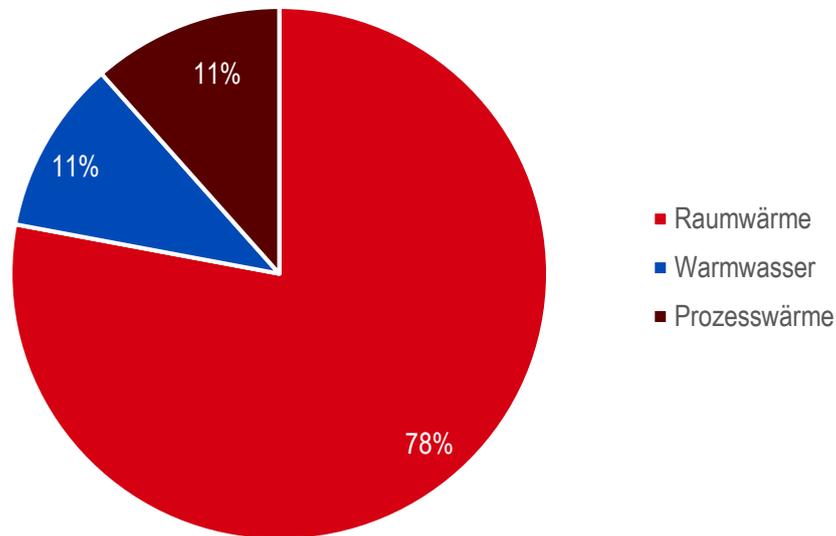


Abbildung 27: Wärmebedarf nach Nutzenergiearten

Bei der räumlichen Verteilung des Wärmebedarfs der drei Nutzenergiearten, welche in Abbildung 28 dargestellt ist, ist zu sehen, dass der Prozesswärmebedarf insbesondere in den statistischen Bezirken Eilendorf, Jülicher Straße, Kalkofen, Oberforstbach, Ponttor, Rothe Erde, Trierer Straße, Haaren, Hanbruch und Panneschopp einen hohen Anteil ausmacht (jeweils über 5 %). Der Anteil des Wärmebedarfs, der für die Warmwasseraufbereitung notwendig ist, variiert vergleichsweise konstant je nach statistischem Bezirk zwischen 9 % (Steinebrück) und 17 % (Frankenberg).

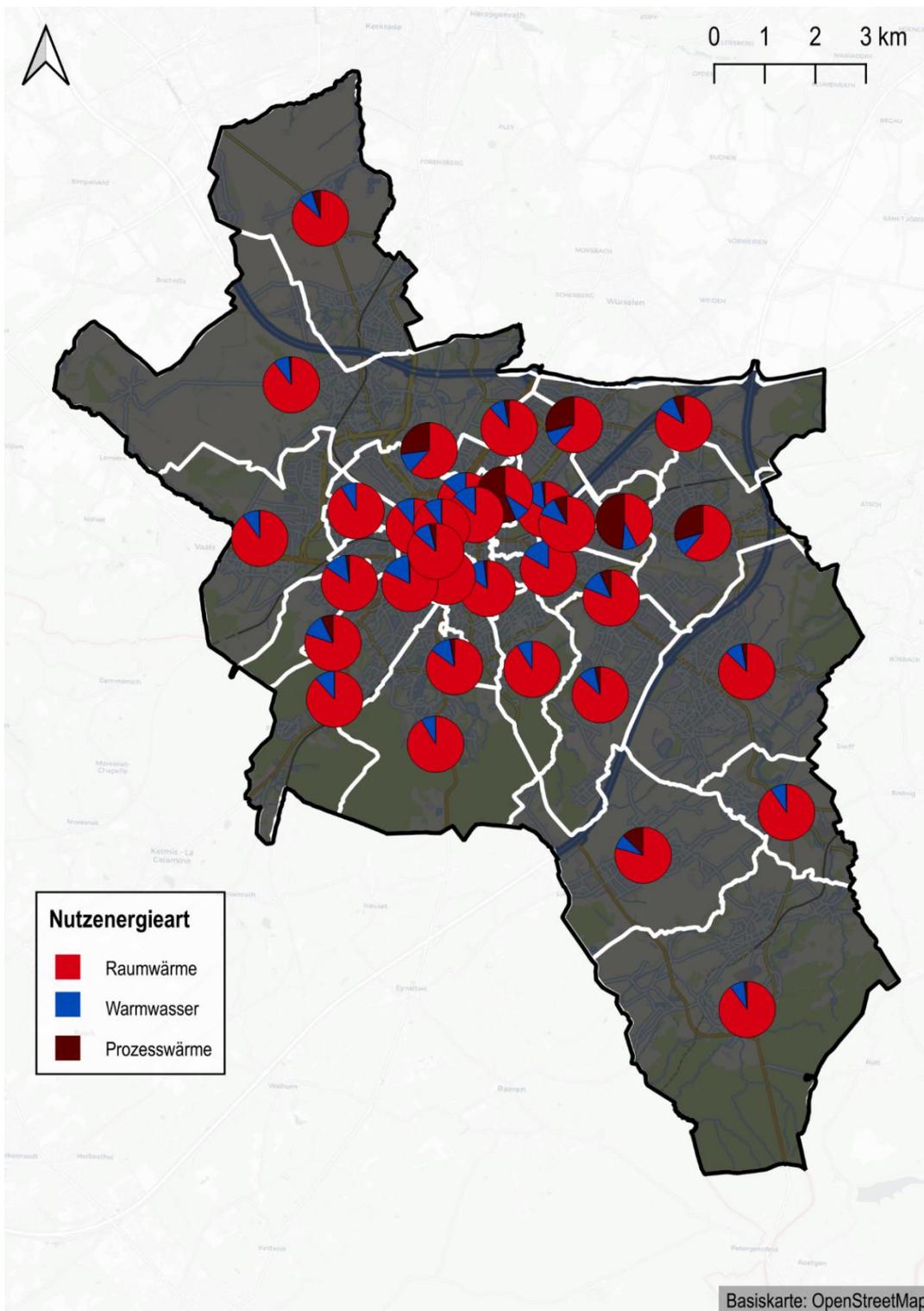


Abbildung 28: Wärmebedarf je Nutzenergieart je statistischem Bezirk

3.3.4 Wärmebedarfsdichte und Wärmelinienicht

Die Wärmebedarfsdichte und die Wärmelinienichte sind zwei wichtige Indikatoren bei der initialen Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen. Es ist jedoch anzumerken, dass die Beurteilung über die Eignung zu einem Wärmenetzgebiet in jedem Fall eine Detailanalyse benötigt. Gemäß dem Wärmeplanungsleitfaden der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg erweisen sich Gebiete mit einer Wärmedichte ab 415 MWh/ha*a als potenziell für Wärmenetze geeignet. Aktuelle Analysen weisen dahingegen auf einen möglichen wirtschaftlichen Wärmenetzbetrieb erst oberhalb von 600 MWh/ha*a hin.

In Abbildung 29 ist zu erkennen, dass in weiten Teilen von Aachen-Mitte hohe Wärmebedarfsdichten mit Werten oberhalb von 1.000 MWh/ha*a erzielt werden können. Dabei handelt es sich zum großen Teil um das Gebiet, in dem das Fernwärmenetz bereits ausgebaut wurde. Außerhalb von Aachen-Mitte sind nur vereinzelte Hektarabschnitte zu finden, in denen eine vergleichbar hohe Wärmebedarfsdichte vorherrscht.

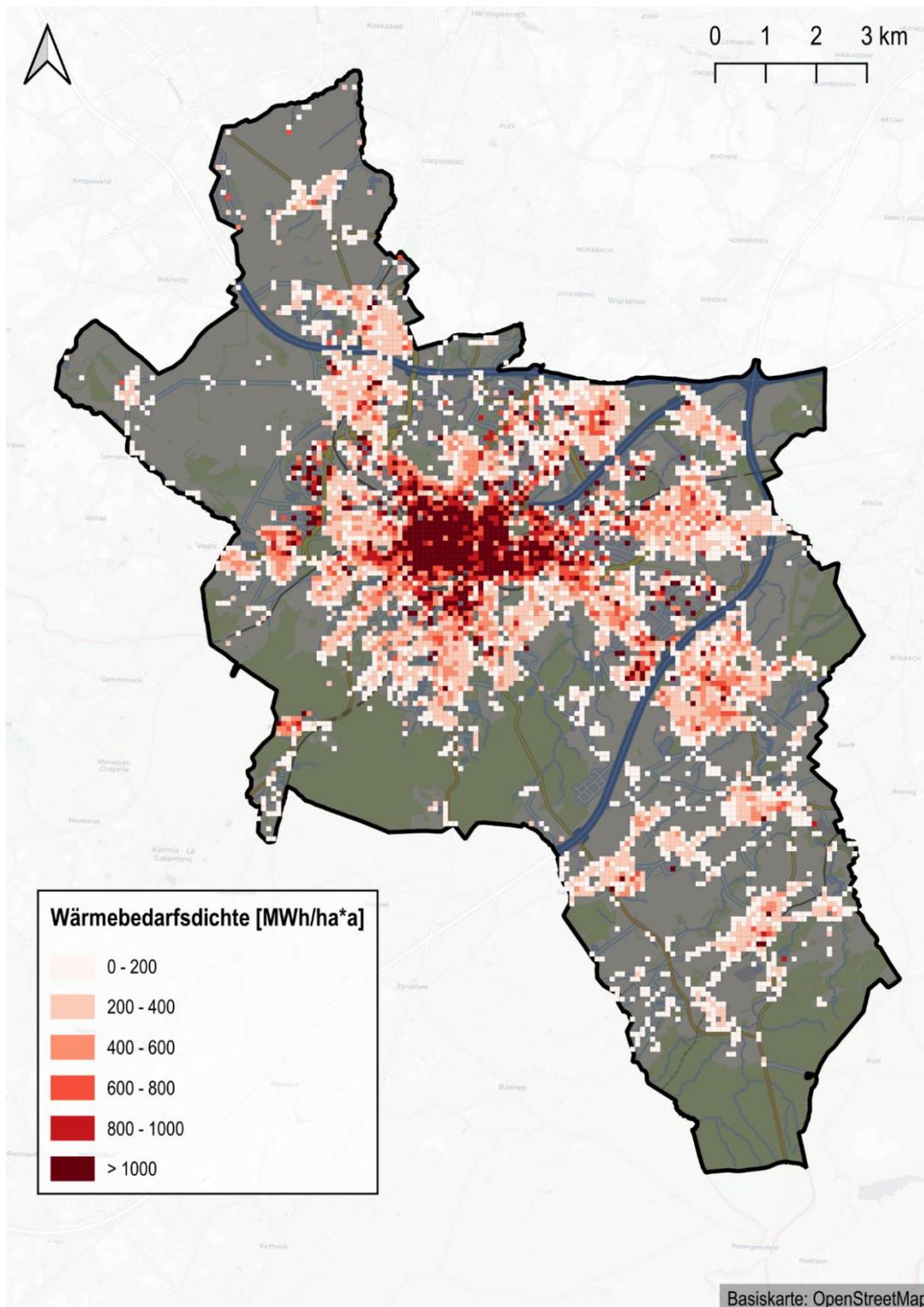


Abbildung 29: Wärmebedarfsdichte

Die Wärmelinien-dichte ist definiert als Wärmebedarf, der je Längeneinheit Straße bzw. Wärmenetz in den angrenzenden Gebäuden anfällt. Sie erlaubt in der Regel zuverlässigere Abschätzungen der Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen, da diese die benötigte Länge der Leitungen, welche sich ebenfalls am Straßennetz orientieren, besser berücksichtigt. Auch

bei der Wärmelinien-dichte gilt, dass sich ein Gebiet bzw. Straßenzug je geeigneter für ein Wärmenetz erweist, desto höher die Wärmedichte ist. Aktuelle Analysen betrachten Straßenzüge ab einer Wärmelinien-dichte oberhalb von 3 MWh/m*a als tendenziell geeignet. Die in Abbildung 30 dargestellten Wärmelinien-dichten weisen erwartungsgemäß tendenziell in mit der Wärmebedarfsdichte übereinstimmenden Gebieten hohe Wärmebedarfsdichten auf. Es können jedoch einzelne Straßenzüge ausgemacht werden, die bspw. trotz zentraler Lage in Aachen-Mitte eine geringe Wärmelinien-dichte aufweisen. Zudem können einzelne Gebiete ausgemacht werden, welche erst in dieser Betrachtung als untersuchenswert für eine Detailanalyse erscheinen, wie z.B. im Süden von Eilendorf oder die Pascalstraße in Oberforstbach. Weiterführende Rückschlüsse basierend auf der Wärmelinien-dichte werden in Kapitel 5 (Zielbild) getroffen.

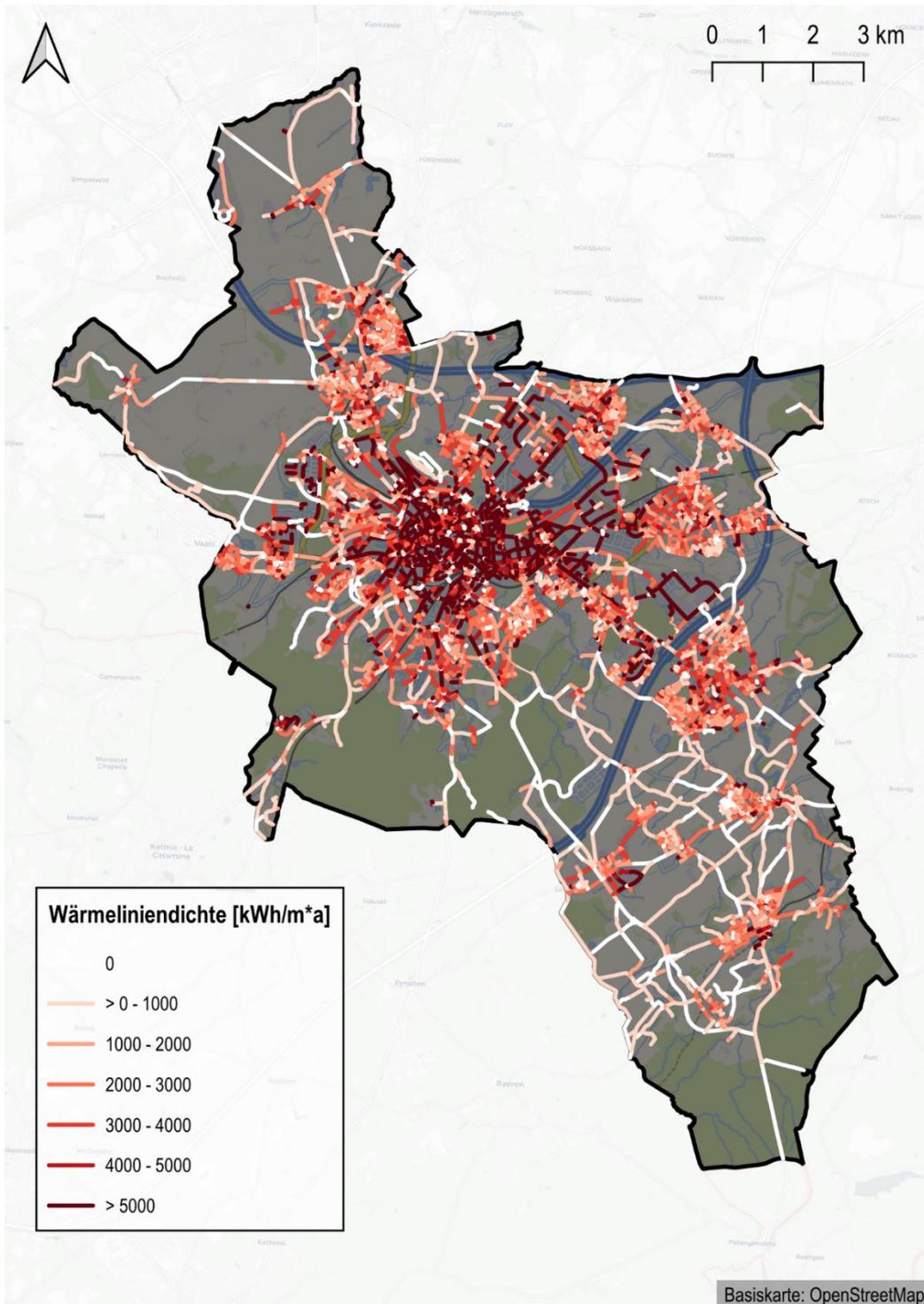


Abbildung 30: Wärmelinien-dichte

3.4 Versorgungsstruktur

3.4.1 Gas- und Wärmenetze

Die Regionetz ist der regionale Netzbetreiber und betreibt ein großes Gasverteilnetz, das u. a. das Stadtgebiet von Aachen umfasst. Innerhalb des Stadtgebietes von Aachen weist dieses Netz eine Trassenlänge von 1.104 km auf, wovon 406 km auf Hausanschlussleitungen entfallen. Die Anzahl der mit Gas versorgten Gebäude liegt bei knapp 35.000. Die nachfolgende Karte zeigt, in welchen Baublöcken in Aachen Gas – in mindestens einem der Gebäude - vorhanden ist.

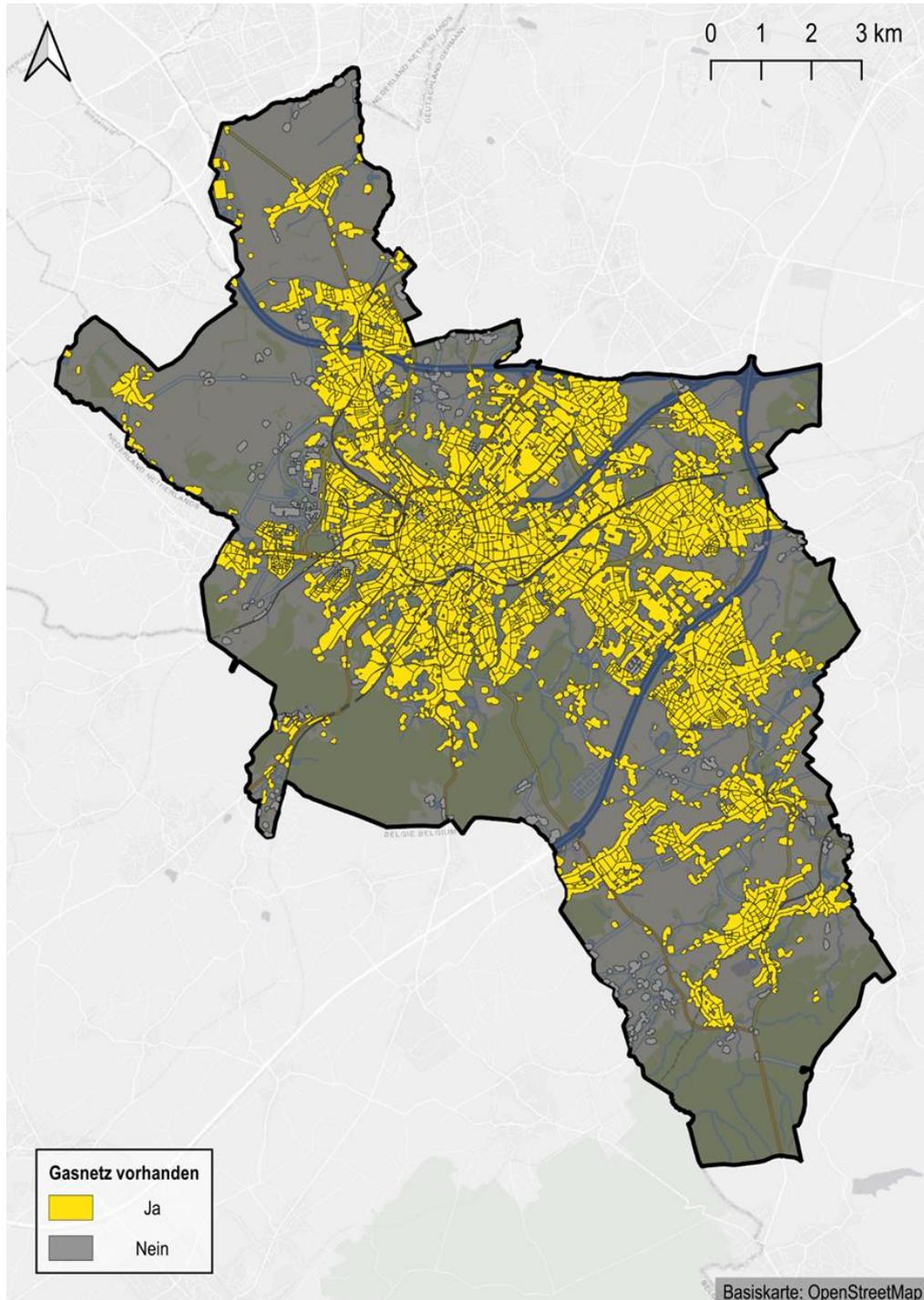


Abbildung 31: Baublöcke mit einem Anschluss ans Gasnetz

Die Karte macht deutlich, dass in fast allen Baublöcken eine Versorgung mit Gas stattfindet. Mehrere zusammenhängende Baublöcke ohne eine Gasversorgung finden sich nur in wenigen Gebieten, die dann überwiegend eine ländliche Struktur mit geringer Bebauungsdichte aufweisen.

Neben der Nutzung von Gas für die Beheizung und Bereitstellung von Warmwasser in den Gebäuden wird Gas auch für die Wärmeerzeugung in Wärmenetzen aus KWK-Anlagen sowie aus Kesseln verwendet.

Neben dem Gasnetz gibt es in Aachen auch mehrere Wärmenetze. Das mit Abstand größte Wärmenetz ist das Fernwärmenetz in der Innenstadt von Aachen. Dieses Fernwärmenetz der STAWAG wird für die Belieferung der Fernwärmekunden in Aachen genutzt. Auch die Erzeugung der Fernwärme bzw. deren Bezug (vgl. nachfolgenden Abschnitt) liegt im Zuständigkeitsbereich der STAWAG. Der Betrieb des Fernwärmenetzes erfolgt – wie auch beim Gasnetz – durch die Regionetz, an der die STAWAG beteiligt ist.

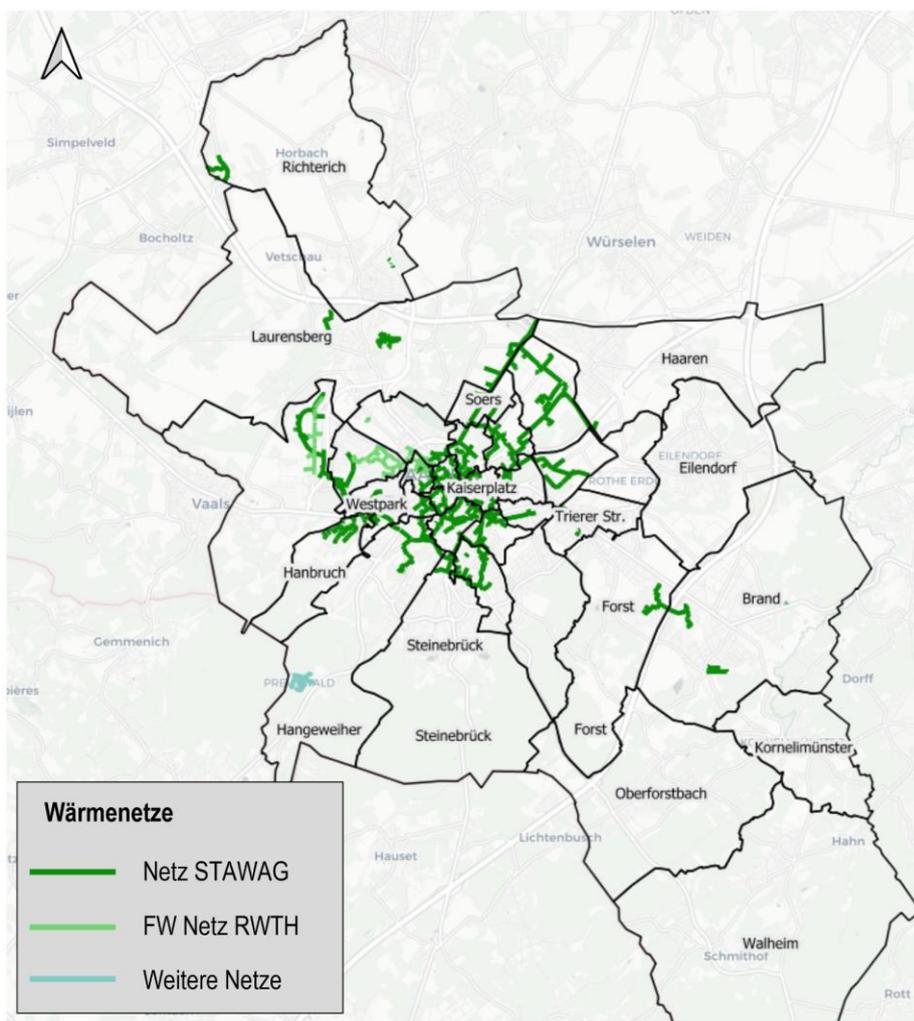


Abbildung 32: Wärmenetze in Aachen (Karte: Open Streetmap)

Das Fernwärmenetz der STAWAG weist im Status Quo eine Trassenlänge (ohne Hausanschlussleitungen) von etwas mehr als 90 km auf. Eine Fernwärmetrasse besteht aus zwei Leitern. Über den Vorlauf wird die Fernwärme mit hoher Temperatur zum Endkunden transportiert. Über den Rücklauf wird das dann abgekühlte Wasser den Wärmequellen zurückgeführt und von diesen wiederum auf die Vorlauftemperatur gebracht. Das Fernwärmenetz besteht aus zwei Teilnetzen: Das Hauptnetz deckt mit einer Trassenlänge von ca. 70 km den größeren Teil des mit Fernwärme versorgten Gebietes ab und nimmt auch die größten Wärmeeinspeiser auf. Das Sekundärnetz Hanbruch erstreckt sich mit einer

Trassenlänge von ca. 20 km im westlichen Teil der Innenstadt. Es ist über einen Wärmetauscher mit dem Hauptnetz verbunden und hat darüber hinaus auch über eigene Wärmeerzeuger gespeist. An das Fernwärmenetz sind im Status quo insgesamt ca. 1.700 Gebäude angeschlossen und der Wärmeabsatz liegt bei ca. 275 GWh/a. Unter Berücksichtigung der Netzverluste von ca. 15 % ist eine Wärmeerzeugung von mehr als 300 GWh/a erforderlich. In Abhängigkeit der Witterungsverhältnisse im jeweiligen Jahr schwanken diese Werte erheblich.

Die nachfolgende Abbildung zeigt sowohl das Fernwärmenetz (Hauptnetz und Teilnetz Hanbruch) und weitere kleine Inselnetze der STAWAG im Stadtgebiet von Aachen.

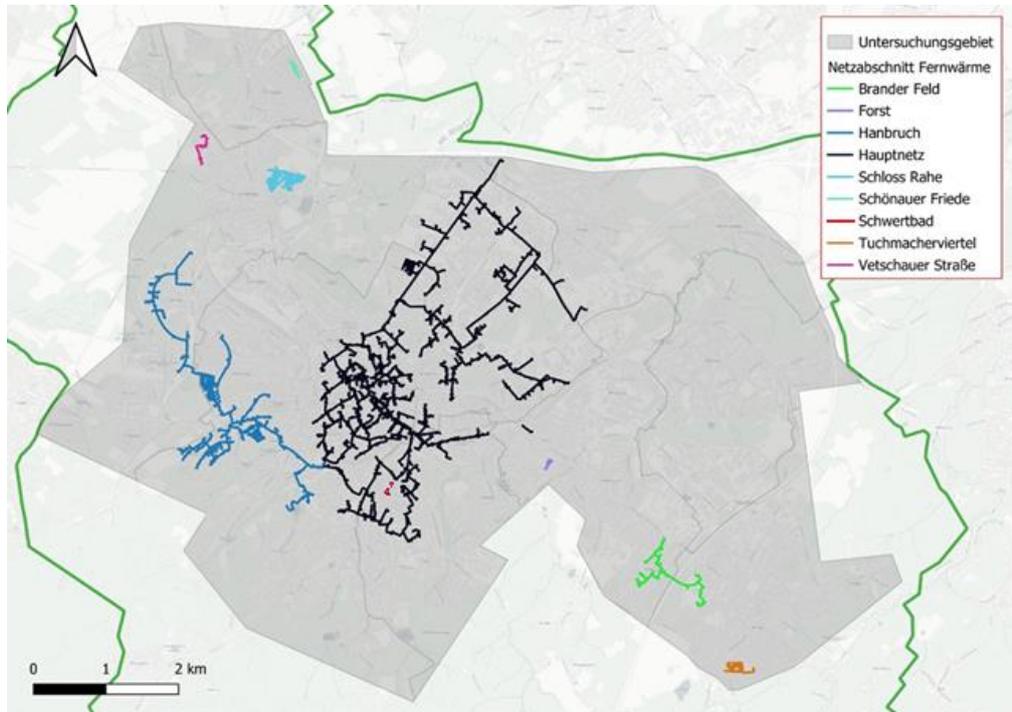


Abbildung 33: Wärmenetze STAWAG in Aachen mit Nahwärmenetzen (Karte: Open Streetmap)

Für die beiden größeren Inselnetze „Schloss Rahe“ im Nordwesten sowie „Brander Feld“ im Südosten ist eine Anbindung an das Fernwärmenetz über den Bau von zwei Fernwärmetrassen vorgesehen. Dies schließt dann auch die Anbindung des kleinen Inselnetzes Forst mit ein.

Darüber hinaus existieren im Stadtgebiet von Aachen noch weitere Wärmenetze, wie in Abbildung 32 dargestellt. Hier sind insbesondere die Wärmenetze der RWTH Aachen zu nennen. Darüber hinaus wird im Stadtteil Preuswald ein kleines Nahwärmenetz von der RheinEnergie (Köln) betrieben und es gibt noch weitere kleine Netze, die aber nur wenige Gebäude verbinden (z.B. Wohnsiedlung an der Freunder Landstrasse in Brand).

3.4.2 Zentrale Wärmeerzeugerstruktur

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die wesentlichen Wärmeerzeugungsanlagen, die in Wärmenetze im Stadtgebiet einspeisen. Genannt sind alle betriebsbereiten Anlagen, auch die z.T. nur selten eingesetzten Spitzenkessel (in der Tabelle als HW=Heizwerk bezeichnet, diese dienen der Absicherung im Winter und bei Ausfall anderer Erzeuger):

Tabelle 7: Wesentliche Wärmeerzeugungsanlagen

Nr.	Anlagenbezeichnung	thermische Leistung MW _{th}	Energieträger	Inbetriebnahme	Teilnetz
1	Fernwärmeübergabestation FÜS	83	Braunkohle (KWK)	1995	Fernwärmenetz
2	BHKW Schwarzer Weg	23	Erdgas	2023	Fernwärmenetz
3	BHKW Campus Melaten	10	Erdgas	2020	Fernwärmenetz
4	HW Grüner Weg	18	Erdgas	-	Fernwärmenetz
5	HW Wespienstraße	40	Erdgas	-	Fernwärmenetz
6	HW Mariabrunnstraße	39	Erdgas/Heizöl	-	Fernwärmenetz
7	HW Hanbruch	10	Erdgas/Heizöl	-	Fernwärmenetz
8	BHKW Brander Feld	2,8	Biogas	-	Brander Feld
9	HWE Brander Feld	8	Erdgas	-	Brander Feld
10	BHKW Schloss Rahe	1,2	Biogas	-	Schloss Rahe
11	HWE Schloss Rahe	4,5	Erdgas	-	Schloss Rahe
12	BHKW Schulzentrum Laurensberg	0,5	Erdgas	-	SZ Laurensberg
13	HWE Schulzentrum Laurensberg	5,2	Erdgas	-	SZ Laurensberg
14	BHKW Campus Mitte	1,9	Erdgas	2017	RWTH Netz
15	BHKW Campus Melaten	2,2	Erdgas	2004	RWTH Netz
16	BHKW Campus Hörn	1,9	Erdgas	2011	RWTH Netz
17	HWE RWTH, mehrere Kesselanlagen	ca. 40	Erdgas	-	RWTH Netz

Erzeugungsanlagen Fernwärmenetz

Die Fernwärme wird derzeit noch zum überwiegenden Teil aus dem ca. 20 km entfernten Braunkohlekraftwerk Weisweiler von RWE bezogen und an der Fernwärmeübergabestation (FÜS) mit max. 83 MW ins Fernwärmenetz eingespeist. Die FÜS befindet sich im nördlichen Teil des Hauptnetzes (vgl. Abbildung 33). Da die Wärmelieferung aus dem Braunkohlekraftwerk Weisweiler aufgrund des Kohleausstiegs im Jahr 2029 endet, arbeitet STAWAG derzeit an einem Ersatz der Braunkohlewärme. Einen Teil der Fernwärme erzeugt STAWAG selbst. Hierbei spielen insbesondere die beiden gasgefeuerten KWK-Anlagen (BHKW) an den Standorten „Schwarzer Weg“ und „Campus Melaten“ eine wichtige Rolle.

Das BHKW am Schwarzen Weg verfügt über eine thermische Leistung von 23 MW und ist seit 2023 in Betrieb. Das BHKW am Campus Melaten (Inbetriebnahme 2020) stellt rd. 5 MW für das Fernwärmenetz zur Verfügung. Weitere rd. 5 MW können aus diesem BHKW für die Belieferung des Wärmenetzes der RWTH zur Verfügung gestellt werden, wobei die Aufteilung der Erzeugungsleistung je nach Bedarf und Betriebsmodus flexibel ist. Für die Deckung der Spitzenlast im Fernwärmenetz und zur Besicherung eines Ausfalls von Erzeugungsanlagen stehen mehrere Heizwerke (HWE) an unterschiedlichen Standorten zur Verfügung

Weitere Erzeugungsanlagen

In den beiden heutigen Inselnetzen „Brander Felde“ und „Schloss Rahe“ wird die Wärme im Status Quo jeweils aus BHKW mit Biogasfeuerung zur Verfügung gestellt, ergänzt um Heizwerke. Da beide BHKW an das Ende ihrer Nutzungsdauer kommen, plant die STAWAG eine Anbindung der beiden Inselnetze an das Fernwärmenetz. Damit einher geht der Anschluss des kleinen Inselnetzes „Forst“ und der Anschluss von Fernwärmekunden entlang der neuen Leitungsstraßen.

Die RWTH betreibt für ihre Wärmenetze ebenfalls einige kleinere BHKW der 2-MW Klasse sowie mehrere HWE mit einer Leistung von insgesamt ca. 40 MW.

Darüber hinaus existieren für weitere Nahwärmenetze (z.B. Preuswald) sowie für Einzelstandorte (z.B. Werk Lindt & Sprüngli an der Süsterfeldstr) noch mehrere Erzeugungsanlagen, die in der obigen Tabelle nicht erfasst sind.

3.4.3 Gas- und Wärmespeicher

Im städtischen Fernwärmenetz sind insgesamt zwei größere Wärmespeicher eingebunden, die am Standort Schwarzer Weg und Campus Melaten als Kurzfristspeicher betrieben werden. Das BHKW am Schwarzen Weg mit 20 MW Leistung verfügt über einen Wärmespeicher mit einem Volumen von 2.500 m³, das seit 2020 betriebene BHKW Melaten über zwei Speicher mit gesamt 700 m³ Inhalt. Beide Speicher sind sogenannte Stunden- oder maximal Tagesspeicher, die zum Ausgleich kurzfristiger Lastspitzen und zur Optimierung des Anlagenbetriebs der abgeschlossenen BHKW eingesetzt werden. In Energieinhalt umgerechnet können beide Speicher 130 MWh Wärme zwischenspeichern, was in etwa der Netzeinspeisung an Wintertagen über 1 bis 2 Stunden entspricht. Eine längere oder sogar saisonale Speicherung von Wärme ist nicht möglich.

Tabelle 8: Wärmespeicher im Fernwärmenetz

Nr.	Standort	Größe m ³	Leistung MW _{th}	Inbetriebnahme	Betriebsart	Temperaturregime
1	Schwarzer Weg	2.500	21,9	2023	Kurzfristspeicher zur Optimierung der Fahrweise des BHKW und zum Ausgleich von Lastspitzen	Unterscheidet sich nicht vom Netz, Variiert aber je nach Jahreszeit.
2	Campus Melaten	2 x 350	9,9	2020	Kurzfristspeicher zur Optimierung der Fahrweise des BHKW	Unterscheidet sich nicht vom Netz, variiert aber je nach Jahreszeit.

Gasspeicher relevanter Größenordnung sind in Aachen nicht vorhanden, weder für Erdgas noch für Wasserstoff. Die bestehende Gasspeicheranlage am Grünen Weg der STAWAG ist seit Jahren nicht mehr in Betrieb.

3.4.4 Elektrolyse und Wasserstoffanlagen

Mit Elektrolyse ist im Kontext der Wärmeplanung der chemische Prozess zur Zerlegung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff durch Stromerzeugung gemeint. Elektrolyseanlagen sind somit bei Einsatz von regenerativem Strom sowohl Lieferant von grünem Wasserstoff als auch von Abwärme, die auf einem Temperaturniveau von etwa 50-60°C anfällt. In Aachen sind außerhalb des Forschungssektors gemäß Marktstammdatenregister und eigener Recherche aktuell noch keine Elektrolyseure im Einsatz, allerdings gibt es Planungen dazu (vgl. Kapitel 4.2.8).

3.4.5 Abwasser

Die Abwassernetze der Stadt Aachen umfassen wie üblich das gesamte Siedlungsgebiet. Aufgrund der hügeligen Struktur und der Höhenunterschiede im Stadtgebiet entwässern nicht alle Netze in die zentrale Kläranlage im Stadtteil Soers, sondern zum Teil auch in kleinere Kläranlagen. Die Abwassernetze werden von der Regionetz betrieben und instandgehalten, die 4 Kläranlagen vom Wasserverband Eifel-Rur (WVER).

Die folgende Darstellung zeigt die großen Abwassersammler ab DN 700 (Durchmesser über 70 cm), bei denen eine Energiegewinnung aus Abwasser grundsätzlich möglich sind. Die kleineren Sammelkanäle, die in jeder Straße liegen, sind nicht dargestellt.

Detailliertere Darstellungen und Auswertungen dazu sind im Abschnitt 4.2.7 „Abwasserwärme“ des Potenzialkapitels enthalten.

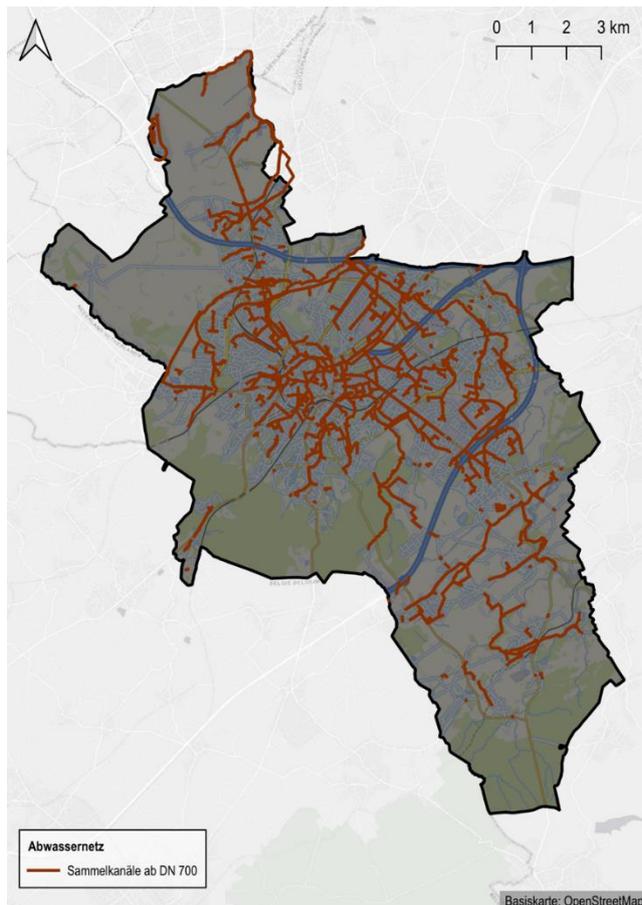


Abbildung 34: Abwassernetze in Aachen, Sammelkanäle ab DN 700

3.5 Energie- und Treibhausgasbilanzen

Die gesamte benötigte Endenergie zur Wärmebedarfsdeckung in Aachen beträgt 2739 GWh pro Jahr. Diese teilt sich wie in Abbildung 35 auf die einzelnen Energieträger auf. Gas macht mit knapp 70 % den größten Anteil aus, gefolgt von Fernwärme mit 12,5 %. Beide Energieträger zusammen ergeben den leitungsgebundene Endenergiebedarf mit 82,2 %.

Unter den nicht-leitungsgebundenen Endenergiebedarfen macht Öl mit 9,7 % den größten Anteil aus. Darauf folgt Strom für Wärmepumpen und Stromdirektheizungen mit 3,7 % und Biomasse mit 2,8 %. Umweltwärme und Flüssiggas decken mit jeweils weniger als einem Prozent nur einen geringen Teil des Endenergiebedarfs ab. Solarthermie und Geothermie spielen im Status-Quo mit jeweils weniger als 0,5 % eine untergeordnete Rolle.

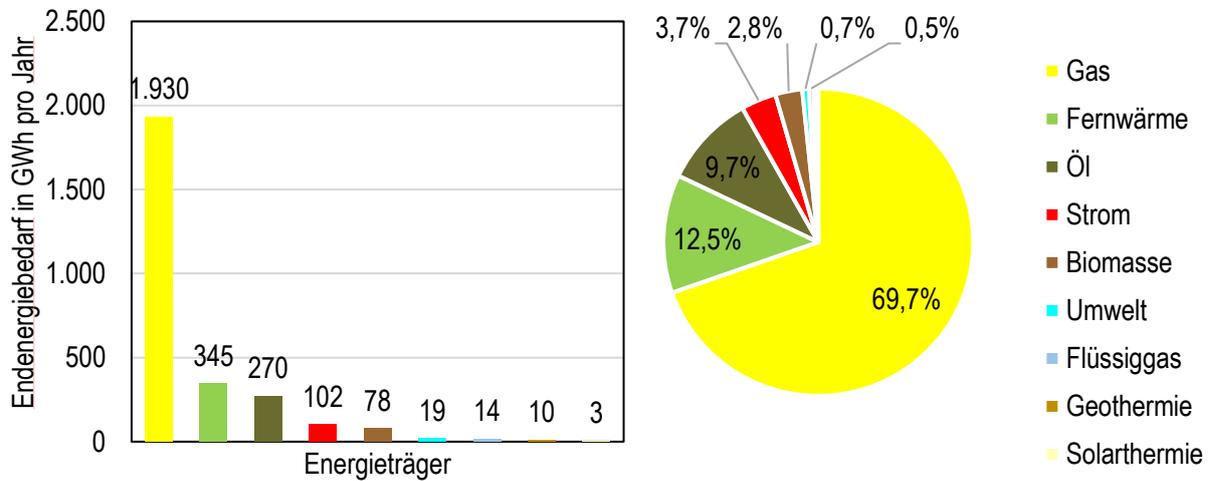


Abbildung 35: Gesamtendenergiebedarf der Stadt Aachen nach Energieträgern

Insgesamt werden 6,1 % des Endenergiebedarfs von erneuerbaren Energieträgern gedeckt. Hierzu zählen gemäß Wärmeplanungsgesetz Biomasse, Umweltwärme, Geothermie, Solarthermie, sowie anteilig Strom gemäß dem durchschnittlichen erneuerbaren Anteil am bundesweiten Bruttostromverbrauch im Jahr 2022⁷. Da weder grüne Gase noch unvermeidbare Abwärme ins Gas- bzw. Wärmenetz eingespeist werden, liegt der erneuerbare Anteil der leitungsgebundenen Energieträger im Fernwärmenetz bei null Prozent, die Inselnetze Brander Feld und Schloss Rahe werden aber unter Einsatz von Biomethan versorgt und decken dadurch einen kleinen Teil des Wärmebedarfes ab.

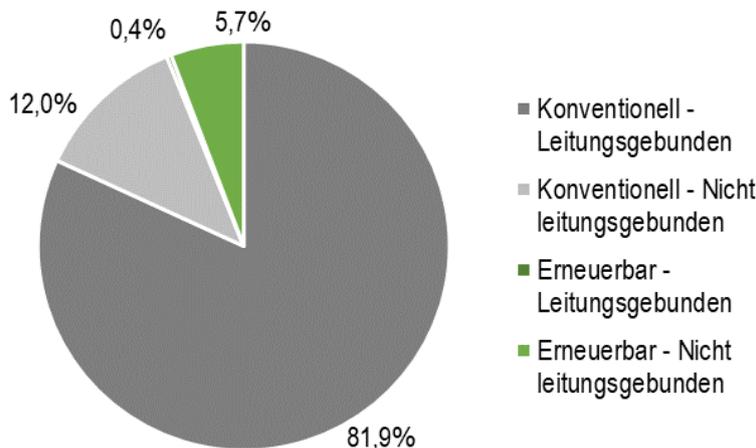


Abbildung 36: Anteil erneuerbarer und leitungsgebundener Energieträger am Gesamtendenergiebedarf

Zur Ermittlung der Gesamtemissionen durch den Endenergiebedarf werden Emissionsfaktoren je Energieträger angenommen, welche im Methodenkapitel beschrieben und in Tabelle 9 noch einmal aufgelistet sind. Die Emissionsfaktoren inkludieren hierbei Emissionen aus der Vorkette⁸ zur Gewinnung der Energieträger. Derzeit besitzt Strom mit 499 kgCO₂-

⁷ Dieser lag bei 48,3 % [12].

⁸ Emissionen aus der Vorkette sind direkte und indirekte Emissionen, die durch Förderung, Transport und Verteilung des Energieträgers bis zum finalen Umwandlungsprozess anfallen [13].

eq. pro Megawattstunde (für das Jahr 2022 gemäß Technikkatalog Wärmeplanung [13]) den höchsten Emissionsfaktor. Dieser ergibt sich aus dem derzeitigen von konventionellen Energieträgern geprägten Strommix und wird in Zukunft im Zuge der Energiewende deutlich sinken. Für Biomasse wird ausschließlich Holz (Pellets) als Brennstoff angenommen. Diesem wird dem Technikkatalog Wärmeplanung ein Emissionsfaktor von 20 kgCO₂-eq. pro Megawattstunde zugeordnet [13]. Solarthermie, sowie Geothermie und Umweltwärme, welche bei Wärmepumpen mit einer Leistungszahl⁹ von weit über eins den größten Teil der Energie ausmachen, besitzen einen Emissionsfaktor von 0 kgCO₂-eq. pro Megawattstunde.

Tabelle 9: Angenommene Emissionsfaktoren je Energieträger (Basisjahr)

Energieträger	Emissionsfaktor [kg CO ₂ -eq./MWh]
Strom	499
Öl	310
Flüssiggas	276
Gas	240
Fernwärme	237 ¹⁰
Biomasse	20

Die gesamten durch den Endenergiebedarf auftretenden Emissionen liegen bei 679 ktCO₂-eq. pro Jahr. Hiervon macht Gas mit 67,7 % weiterhin den größten Teil aus. Aufgrund des hohen Emissionsfaktors folgt darauf Öl mit 12,8 % vor Fernwärme mit 12 %. Der Anteil von Strom an den Gesamtemissionen liegt durch den derzeit höchsten Emissionsfaktor bei 6,6 %. Die sonstigen Emissionen fallen auf Biomasse (0,2 %) und Flüssiggas (0,6 %).

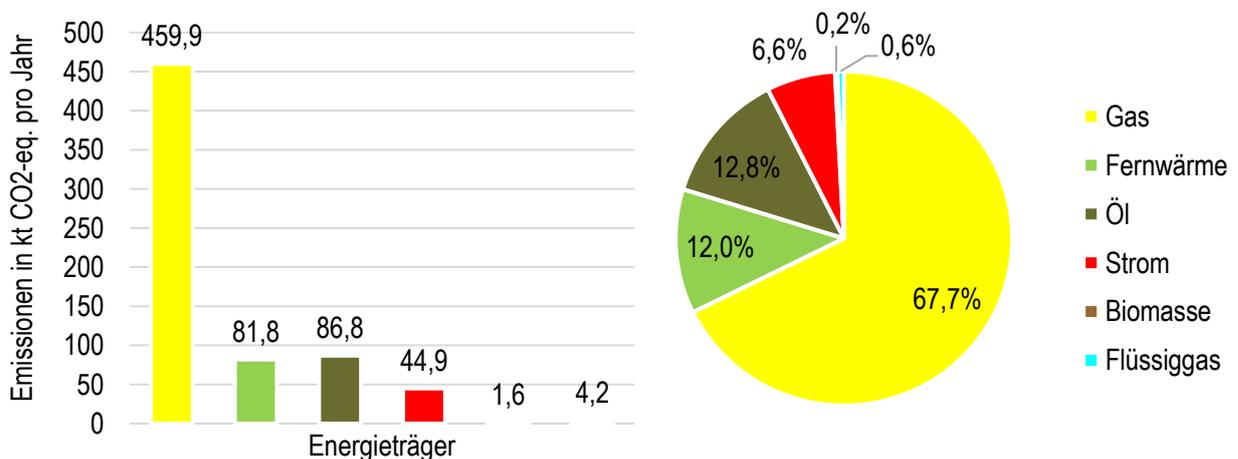


Abbildung 37: Gesamtemissionen des Aachener Wärmesektors nach Energieträgern.

⁹ Bei Wärmepumpen wird anstelle einer Effizienz eine Leistungszahl (engl. Coefficient of Performance/COP) ausgewiesen, welche den Quotienten der erzeugten Wärmeleistung durch die benötigte elektrische Leistung angeben und größer als 1 ist. Eine Wärmepumpe mit einem COP von 3 benötigt also 1 Kilowatt Strom um 3 Kilowatt Nutzwärme zu erzeugen. Die restlichen 2 Kilowatt Wärme werden je nach Technologie aus dem Erdreich (Geothermie) oder der Umgebungsluft (Umweltwärme) gezogen. Der durchschnittliche COP moderner Wärmepumpen liegt je nach Technologie und zwischen 2,5 und 4 und schwankt innerhalb eines Jahres abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen der der Umgebungstemperatur (des Erdreichs oder der Umgebungsluft) und der Zieltemperatur.

¹⁰ Dieser Wert ergibt sich auf Basis historischer Daten von 2020 bis 2022 unter Anwendung der im "Leitfaden Wärmeplanung" [14] empfohlenen Bilanzierungsmethode. Bei anderen Bilanzierungsmethoden oder der Verwendung von Planungsdaten für die Zukunft können sich deutlich abweichende Werte ergeben.

Betrachtet man den spezifischen Endenergiebedarf (abzüglich Prozesswärme) des Aachener Stadtgebiets ergibt sich im Median¹¹ ein Wert von 144 kWh je Quadratmeter und Jahr. Dies entspricht der Energieeffizienzklasse „E“ nach GEG 2024 [16] von E. Circa 10 % der Gebäude besitzen einen spezifischen Endenergiebedarf von über 250 kWh je Quadratmeter und Jahr und besitzen damit eine Energieeffizienzklasse von H. Nur ca. 2,5 % der Gebäude erreichen die höchste Energieeffizienzklasse von A+. Die gesamte Verteilung der spezifischen Endenergiebedarfe nach Energieeffizienzklassen ist in Abbildung 38 links abgebildet. Die räumliche Heterogenität des spezifischen Endenergiebedarfs, wie in Abbildung 38 rechts dargestellt, ergibt sich hierbei aus verschiedenen Einflussfaktoren, wie das Gebäudealter im Baublock (vgl. Abbildung 18), Sanierungsstand der Gebäude, Häufigkeit der Heizungstechnologien im Baublock und ihre Effizienzen, Nutzungs- und Gebäudetypen im Baublock sowie die Anzahl der Wohneinheiten und wie viele Einwohner*innen in dem Baublock leben.

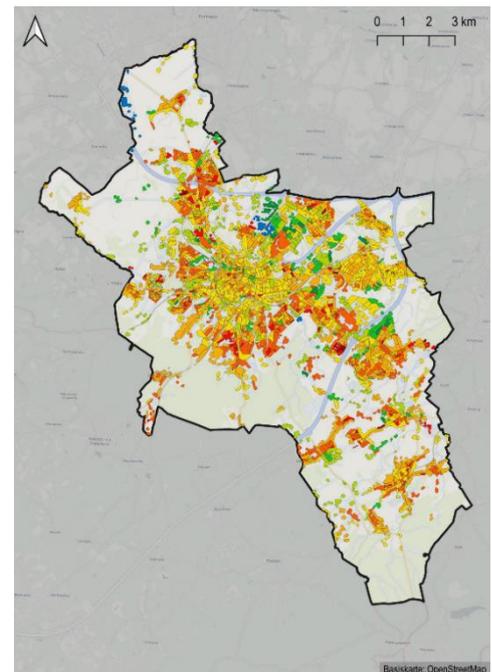
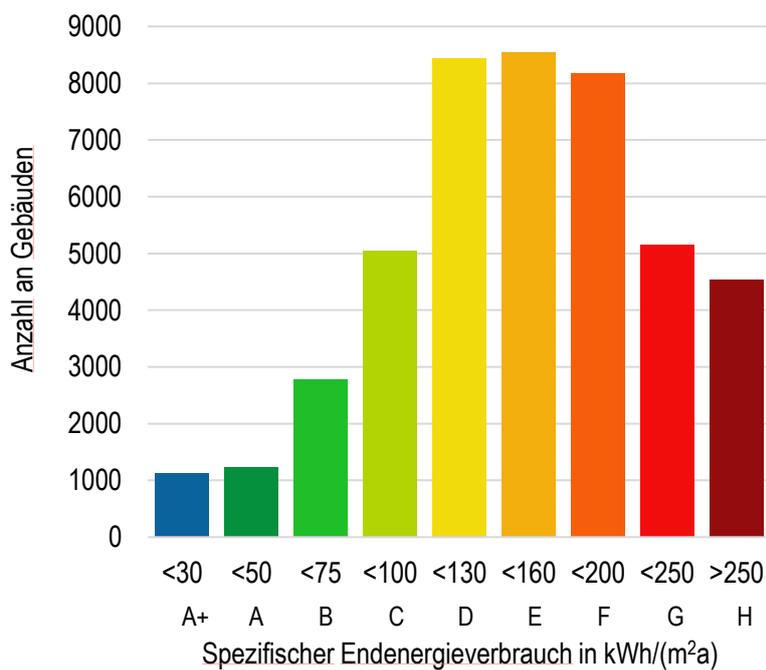


Abbildung 38: Spezifischer Endenergieverbrauch (ohne Prozesswärme) eingeteilt nach Energieeffizienzklassen je Gebäude als Histogramm (links) und bezogen auf die Nutzfläche auf Baublockebene (rechts)

Die gesamten Ergebnisse der Wärmebedarfe der Bestandsanalyse nach Stadtgebieten und statistischen Bezirken sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

¹¹ Das heißt, 50 % der Gebäude liegen oberhalb dieses Werts und 50 % der Gebäude unterhalb dieses Werts.

Tabelle 10: Gesamtübersicht der Wärmebedarfsergebnisse der Bestandsanalyse nach Stadtgebieten und statistischen Bezirken.¹²

Statistischer Bezirk Stadtgebiet	Gesamter Wärmebe- darf [GWh/a]	Haus- halte [GWh/a]	GHD [GWh/a]	Industrie [GWh/a]	Primäre Heizungs- technologie	Gesamter Endenergie- bedarf [GWh/a]	Gesamte Emissionen [kt CO ₂ -eq./a]
Adalbertsteinweg	55	42	14	< 0,5	Gas	63	15
Beverau	37	28	9	0	Gas	43	11
Burtsch. Kurgarten	45	23	22	< 0,5	Gas	51	13
Burtscheider Abtei	61	41	21	0	Gas	70	17
Forst	100	64	36	0,3	Gas	114	28
Frankenberg	46	40	6	0	Gas	54	13
Hanbruch	20	16	4	0	Fernwärme	21	5
Hangeweiher	104	75	29	0	Gas	118	28
Hansemannplatz	47	27	20	0	Gas	52	13
Hörn	44	30	15	0	Gas	48	12
Jülicher Str.	161	31	106	25	Gas	185	45
Kaiserplatz	64	42	22	0	Gas	73	18
Kalkofen	67	12	38	17	Gas	73	20
Lindenplatz	42	19	23	0	Gas	47	12
Markt	46	19	27	0	Fernwärme	50	12
Marschierdor	63	36	28	0	Gas	71	18
Panneschopp	69	35	33	1	Gas	80	20
Ponttor	126	56	40	30	Gas	145	35
Rothe Erde	75	12	22	40	Gas	87	21
Soers	33	18	14	1	Gas	38	10
St. Jakob	34	27	7	< 0,5	Gas	39	9
Steinebrück	72	61	11	0	Gas	83	21
Theater	44	15	28	1	Fernwärme	48	13
Trierer Str.	54	36	13	5	Gas	59	14
Westpark	44	35	9	< 0,5	Gas	51	12
Aachen-Mitte	1554	838	594	121	Gas	1764	436
Brand	126	100	26	0	Gas	144	36
Eilendorf	176	76	82	18	Gas	206	51
Haaren	101	62	35	4	Gas	114	29
Kornelimünster	31	23	7	< 0,5	Gas	36	9
Oberforstbach	60	33	20	7	Gas	69	18
Walheim	58	47	11	< 0,5	Gas	67	18
Kornelimünster/Walheim	149	103	38	8	Gas	172	44
Laurensberg	106	68	37	1	Gas	117	30
Vaalsequartier	132	49	83	0	Gas	144	33
Laurensberg	237	117	119	1	Gas	261	62
Richterich	71	55	15	1	Gas	82	21
Aachen Gesamt	2414	1351	909	153	Gas	2742	679

¹² Abweichungen zwischen Stadtgebieten und statistischen Bezirken durch leicht verschobene Grenzen.

4. Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse umfasst die Herleitung von erneuerbaren Potenzialen und Quellen, die zur Wärmeversorgung bzw. Einsparung in Aachen genutzt werden können. Diese Potenziale werden in diesem Kapitel als technisch nutzbare Potenziale (vgl. Abbildung 10) weitgehend den Vorgaben des Handlungsleitfadens der dena [1] entsprechend abgeleitet.

4.1 Zukünftige Entwicklung des Wärmebedarfs

Wie in Abschnitt 2.3.1 beschrieben, wurden drei verschiedene Szenarien für die Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs in Aachen betrachtet. Die Folgenden Darstellungen beziehen sich zunächst auf das realistisch-ambitionierte Szenario „mittlere Einsparungen“. Das Kapitel endet mit einem abschließenden Vergleich der drei Szenarien.

Insgesamt wird sich der Wärmebedarf bis zum Zieljahr 2045 von heute 2.414 GWh/a um 21,5 % auf 1.893 GWh/a reduzieren (vgl. Abbildung 39). Der weitaus größte Teil der Einsparungen kann durch eine energetische Sanierung der Gebäude erreicht werden. Insgesamt können dadurch 344 GWh/a (14 %) des Wärmebedarfs eingespart werden. Hierfür ist eine durchschnittliche Sanierungsquote von 1,5 %/a erforderlich (vgl. Tabelle 3), was einem Anstieg heutiger Sanierungsquoten von ca. 50 % entspricht. Dadurch wird ein Fokus auf weiter steigende Handwerkskapazitäten unabdingbar (vgl. auch Maßnahmenkapitel).

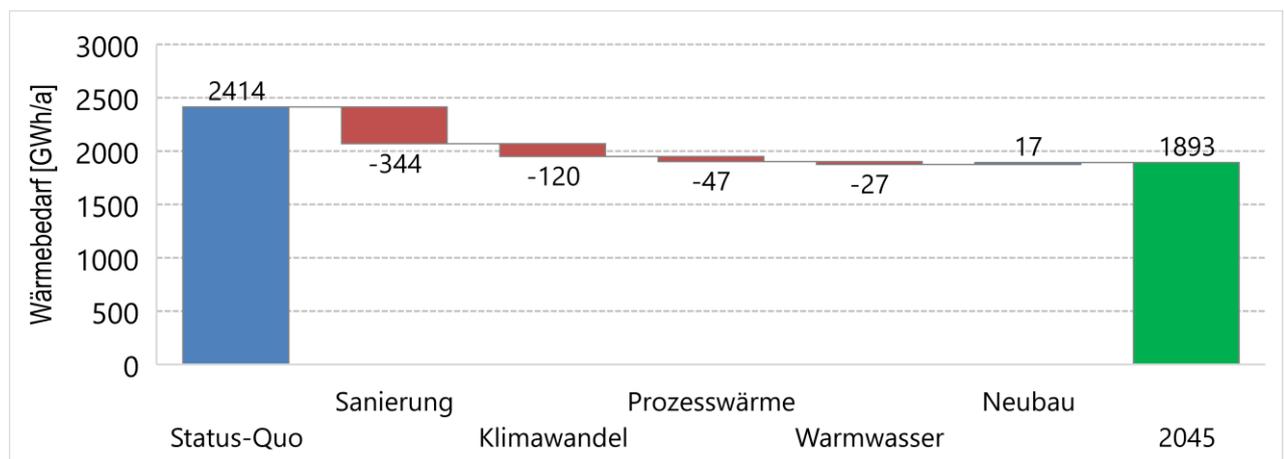


Abbildung 39: Aufschlüsselung der Einflussfaktoren im Szenario "mittlere Einsparungen"

Sofern sich die Entwicklung des Klimawandels der letzten 20 Jahre fortschreibt, reduziert sich der Wärmebedarf klimawandelbedingt um 120 GWh/a bzw. 5 %. Eine Erhöhung der Effizienz in Industrieprozessen (zuzüglich Schließung Continental) wird Einsparungen um insgesamt 47 GWh/a zur Folge haben. Der effizientere und bewusstere Umgang mit Warmwasser wird weitere 27 GWh/a einsparen. Der einzige Faktor, durch den der Wärmebedarf zukünftig ansteigt, ist der Neubau. Hier wurde von einem Anstieg der Bevölkerung um 3 % bis 2045 ausgegangen (vgl. Abschnitt 2.3.1). Da neu zu bauende Wohngebäude jedoch den gesetzlichen Anforderungen entsprechen müssen, der über dem heutigen Sanierungsstandard liegt, ist insgesamt mit einem vergleichsweise geringen Anstieg des Wärmebedarfs um ca. 17 GWh/a bzw. 0,7 % zu rechnen. Der Abriss und Neubau von Nicht-Wohngebäuden sind bereits in den Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt worden.

Abbildung 40 ist zu entnehmen, dass der Wärmebedarf zunächst schnell, später verlangsamt rückläufig ist. Durchschnittlich sinkt der Wärmebedarf um ca. 1 % pro Jahr.

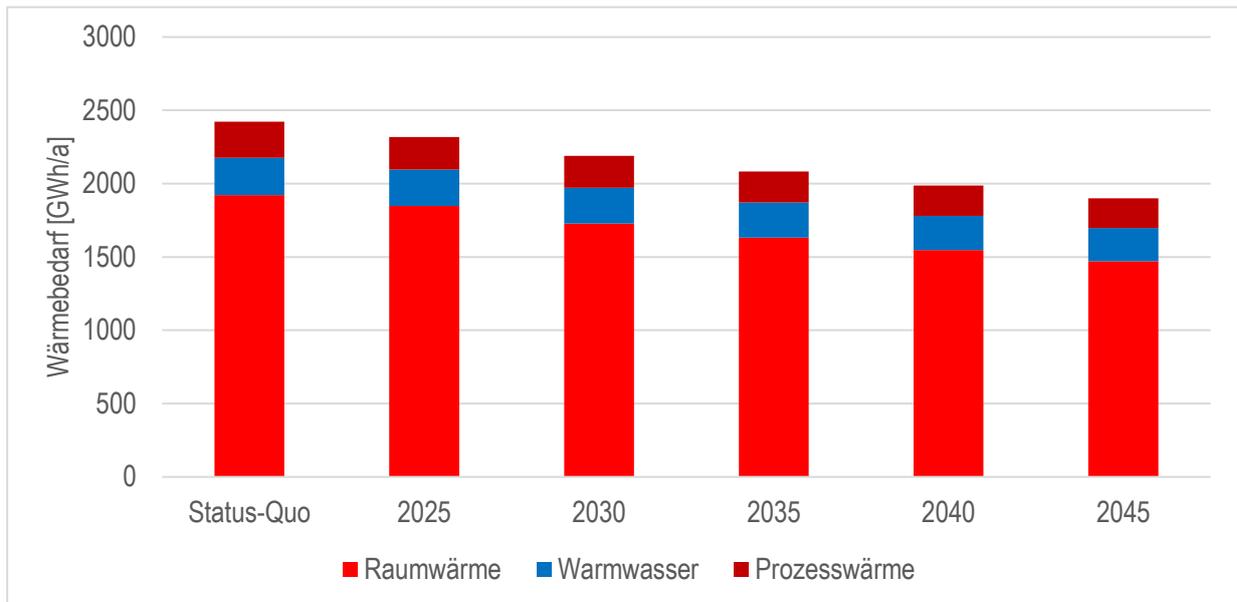


Abbildung 40: Entwicklung des Wärmebedarfs im Szenario "mittlere Einsparungen"

In der räumlich differenzierten Betrachtung des Einsparpotenzials ist nach Abbildung 41 zu erkennen, dass der Wärmebedarf je nach statistischem Bezirk um 10 % bis 40 % zurückgehen wird. Die hohe Varianz zwischen den einzelnen Bezirken ist zum einen durch den Anteil von Raumwärmebedarf gegenüber dem Anteil von Prozesswärmebedarf zu begründen, da die Reduktion des Prozesswärmebedarfs in diesem Szenario auf 10 % limitiert ist.

Dem gegenüber kann eine Sanierung deutlich höhere Einsparungen erzielen. Dies erklärt u.a. den vergleichsweise geringen Rückgang des Wärmebedarfs in den statistischen Bezirken Jülicher Straße und Kalkofen. Eine Sondersituation ist in Rothe Erde vorzufinden, wo es aufgrund der Schließung des Continental-Werks zum höchsten Rückgang des Wärmebedarfs kommt. Auf der anderen Seite ist die Varianz zwischen den einzelnen Bezirken durch den heutigen Sanierungsstand und die soziodemografische Lage verursacht. Bedingt durch diese beiden Faktoren ist insbesondere in Steinebrück und Beverau mit überdurchschnittlichen Sanierungsraten zu rechnen, sodass es zu Einsparungen von 32 % bzw. 35 % kommt.

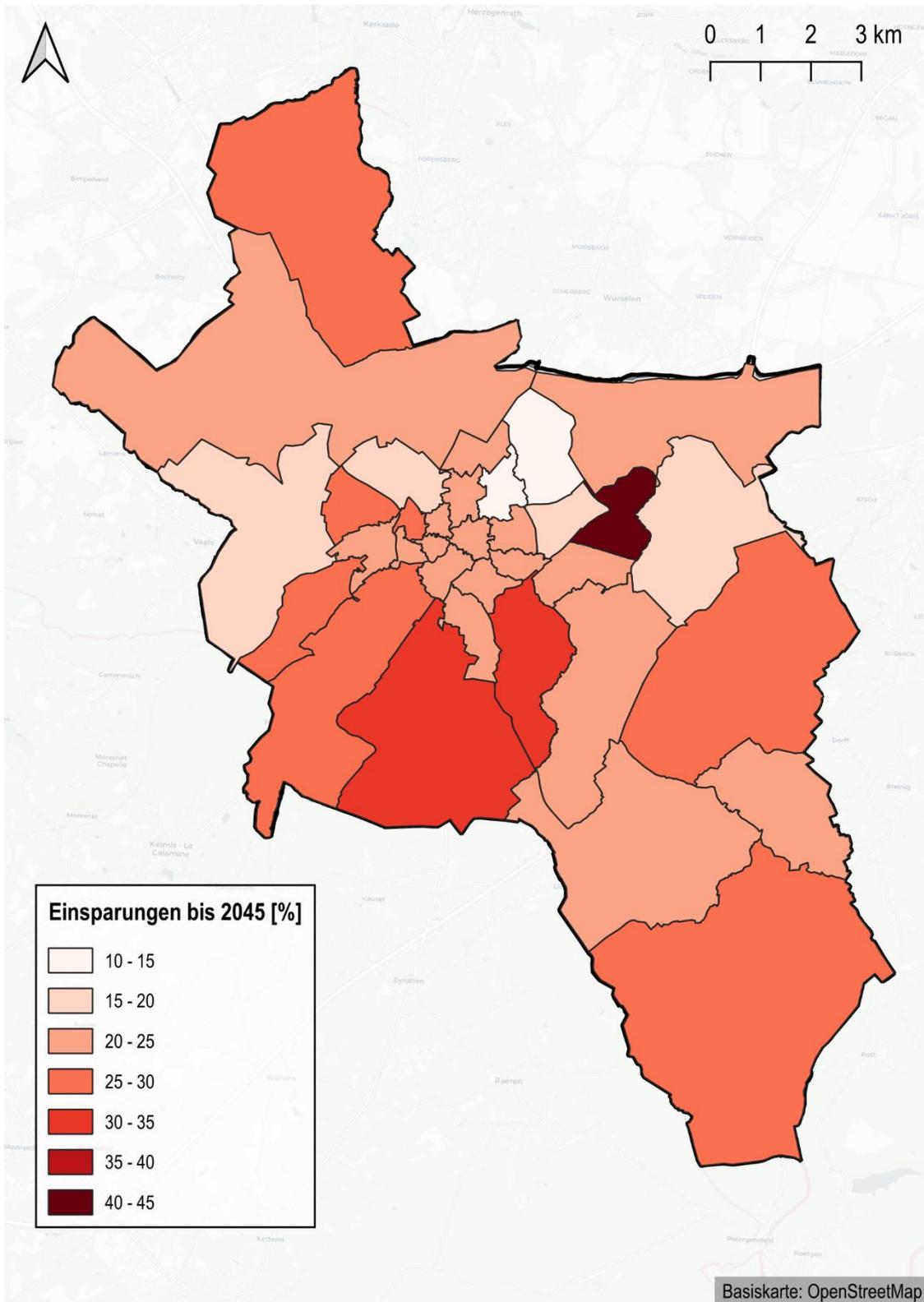


Abbildung 41: Einsparungen beim Wärmebedarf je statistischem Bezirk bis 2045

Abschließend wird die Wärmebedarfsreduktion in den drei betrachteten Szenarien gegenübergestellt. Wie in Abschnitt 2.3.1 beschrieben, stellen die Szenarien „geringe Einsparungen“ und „hohe Einsparungen“ Extremszenarien dar, um die Spannweite möglicher Entwicklungen abschätzen zu können. Der Vergleich ist in Abbildung 42 dargestellt. Demnach wird

sich der Wärmebedarf um mindestens 15 % auf 2.144 GWh/a absenken. Die höchste, noch als realistisch eingestufte, Reduktion des Wärmebedarfs liegt bei 28,5 % (1.724 GWh/a).

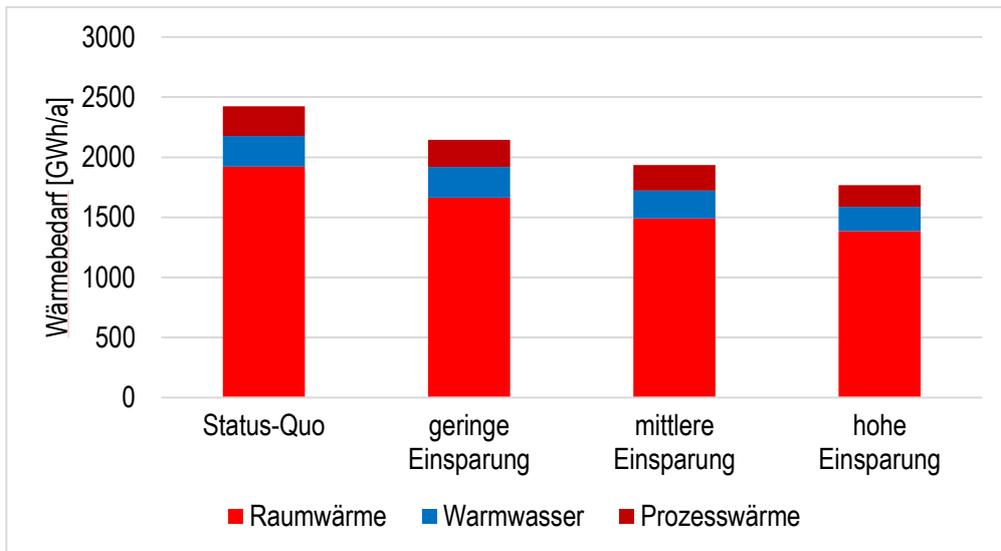


Abbildung 42: Szenarienvergleich der Wärmebedarfsreduktion bis 2045

Zur Aufzeigung des theoretischen Potenzials der Einsparung durch Sanierung, wurde zudem eine Vollsanieung aller Gebäude betrachtet. Dazu würde es eine durchschnittliche Sanierungsrate von 3,6 % je Jahr benötigen, was zu Einsparungen im Raumwärmebereich von 33 % führen würde. Dabei wurden die Auswirkungen des Klimawandels noch nicht einberechnet. Insgesamt würde sich der Raumwärmebedarf von derzeit 1.922 GWh/a auf 1.320 GWh/a reduzieren. Eine solche Maximalvariante mit Vollsanieung aller Gebäude ist eher als theoretisches Potenzial zu verstehen, da sie in etwa eine Vervielfachung der Sanierungsraten bedeuten würde, die je nach Abschätzung eher bei 0,7 bis 1% [17] liegen.

4.2 Räumlich verortete und quantifizierte Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung

Im Folgenden werden die Potenzialbereiche sowohl von erneuerbaren Quellen als auch Abwärmeequellen behandelt, wobei in den meisten Fällen sowohl zentrale Anwendungen wie dezentrale möglich sind.

4.2.1 Potenzial Geothermie

Geothermische Energie oder Erdwärme ist eine Form gespeicherter Energie unterhalb der Erdoberfläche. Bei den Arten der geothermischen Energiegewinnung ist grundsätzlich zwischen der Nutzung oberflächennaher Bereiche ("oberflächennahe Geothermie") bis ca. 400 m Tiefe und der Nutzung tieferer Bereiche ("tiefe Geothermie", auch hydrothermale Geothermie) zu unterscheiden, wie in Abbildung 43 dargestellt. Häufig wird auch noch der Bereich zwischen 400 m und etwa 1000 m als mitteltiefe Geothermie bezeichnet, der meist mit tiefen Erdwärmesonden erschlossen wird.

In der obersten Schicht bis etwa 10 m bestimmen atmosphärische Faktoren bzw. das Wetter die Bodentemperatur mit jahreszeitlichen Schwankungen. Durch den Wärmestrom aus dem Erdinneren steigt die Temperatur dann aber ab etwa 2 m Tiefe im Mittel um 3°C pro 100 Meter Tiefe an, dem sogenannten geothermischen Tiefengradienten. So liegt die Temperatur meist in 2000 m Tiefe schon bei rd. 70°C und in 5.000 m Tiefe bei etwa 160°C.

Energie aus tiefen geothermischen Systemen ab etwa 2000 m kann aufgrund der dort hohen Temperatur direkt zur Wärmeversorgung genutzt werden, ansonsten heben Wärmepumpen das Temperaturniveau auf den geforderten Vorlauf-temperaturwert an.

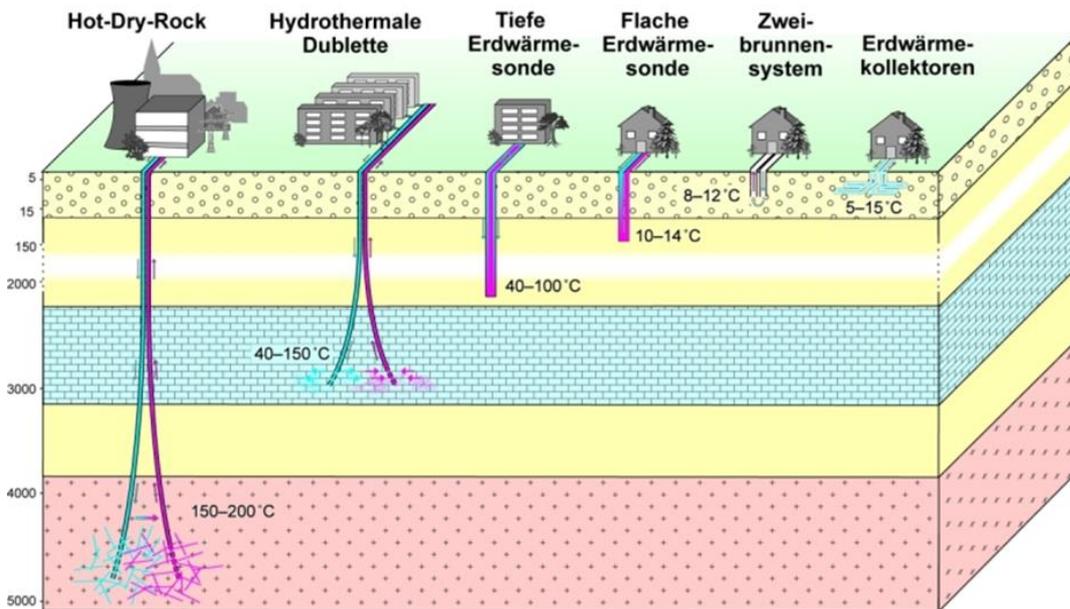


Abbildung 43: Überblick Geothermienutzung, Quelle: Bayerische Landesamt für Umwelt [18]

Tiefe Geothermie

Bei einem hydrothermalen Geothermiekraftwerk (in der Abbildung 43 die zweite Variante von links) wird durch eine tiefe Bohrung (Saugbrunnen) heißes Thermalwasser aus dem Untergrund gefördert, das zu Wärme und ggf. auch Strom umgewandelt wird. Das abgekühlte Wasser wird durch eine zweite Bohrung (Schluckbrunnen) wieder in den Kreislauf zurückgepumpt. Eine Aufweitung des Untergrundes durch sog. Fracking ist hier nicht vorgesehen, sondern es wird ausschließlich das natürlich vorhandene Thermalwasser wasserführender Schichten im Untergrund, meist Karbonatgestein, im Kreislauf durch die Bohrdublette genutzt.

Bundesweit spielt die tiefe Geothermie vor allem im Oberrheingraben und rund um München eine größere Rolle, in NRW sind bisher noch keine Projekte realisiert worden, aber grundsätzlich auch Potenziale vorhanden. Um auch im Rheinland geothermische Quellen verstärkt zu erschließen, hat die Landesregierung in NRW im Sommer 2024 den Masterplan Geothermie [19] veröffentlicht sowie Förderprogramme eingerichtet, um den Ausbau der tiefen Geothermie im Land voranzutreiben.

In der Städtereion Aachen sind die geologischen Voraussetzungen für eine Nutzung hydrothermalen Tiefenenergie grundsätzlich gegeben: Die Region weist sogenannte wasserdurchlässige Karbonatgesteine devonzeitlicher oder karbonzeitlicher Herkunft auf in Tiefenbereichen bis etwa 5.000 m auf, die eine grundsätzliche geothermische Eignung vermuten lassen. Erwiesene günstige Bedingungen für die Nutzung hydrothermalen Geothermie in diesen Horizonten sind allerdings nicht vorhanden, da bisher in NRW noch kein einziges Vorhaben wirklich realisiert wurde.

In Aachen konzentrieren sich die zurzeit vorgesehenen geothermischen Vorhaben auf den nördlichen Bereich, der in der folgenden Abbildung anhand des Zielhorizontes karbon- und devonzeitliche Karbonate dargestellt ist. Der sogenannte devonzeitliche Zielhorizont liegt zwischen 1000 m und 3000 m unter der Geländeoberkante bei einer Mächtigkeit von rd. hundert Metern und Thermalwassertemperaturen von 40 °C bis etwa 110 °C. Über dieser Schicht liegt in Tiefen bis rd. 2000 m ein weiterer möglicher Zielhorizont mit entsprechend niedrigeren Temperaturen bis maximal 90 °C.

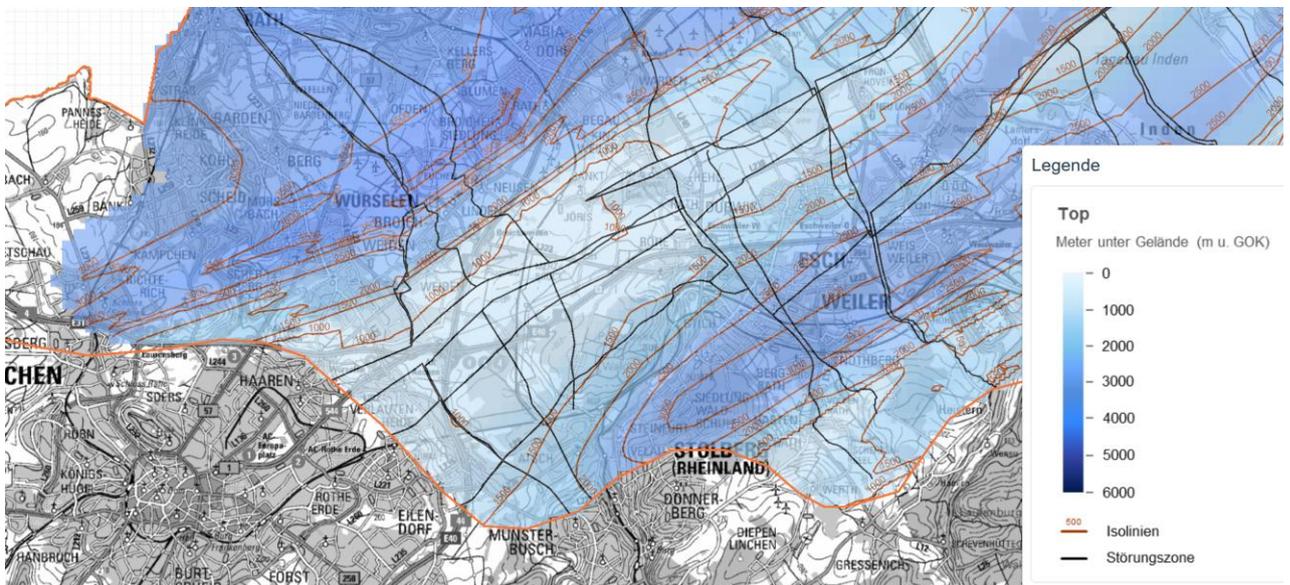
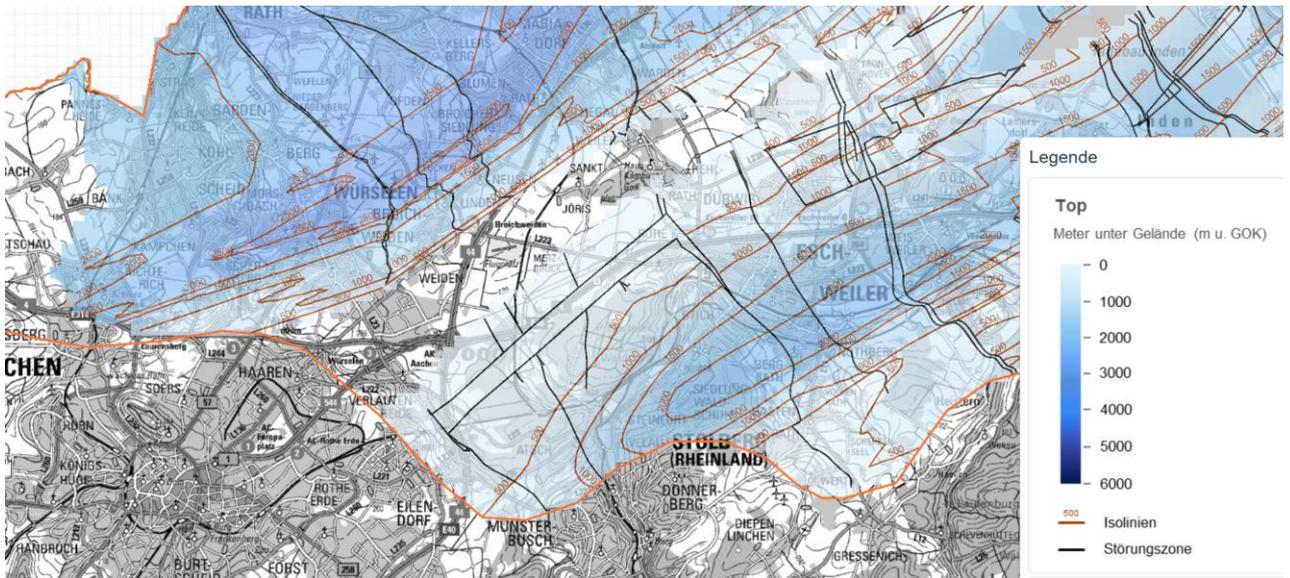


Abbildung 44: Zielhorizont unterkarbonzeitliche Karbonate (oben) und devonzeitliche Karbonate (unten, tiefere Lage) im Aachener Norden. Quelle: Geologischer Dienst NRW, <https://www.geothermie.nrw.de/tief>

In der Städtereion sind Stand Mitte 2024 drei gewerbliche Aufsuchungsfelder beantragt und bewilligt worden:

- Das rd. 15 km² große gewerbliche Erlaubnisfeld „Kreuz Aachen“ der Stadtwerke Aachen STAWAG
- Das angrenzende ebenfalls gewerbliche Feld „Weisweiler“ der RWE Power mit rd. 19 km², beide zusammen mit einem überdeckenden wissenschaftlichen Erlaubnisfeld „Aachen-Weisweiler“ des Forschungsinstituts Fraunhofer IEG sowie einem erweiterten wissenschaftlichen Feld der RWTH Aachen
- Ein kleineres Feld in Aachen, beantragt durch Zentis Fruchtwelt GmbH & Co. KG in Bereich der östlichen Innenstadt inkl. des Firmengeländes an der Jülicher Straße mit 13 km²

Die Lage der Felder ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

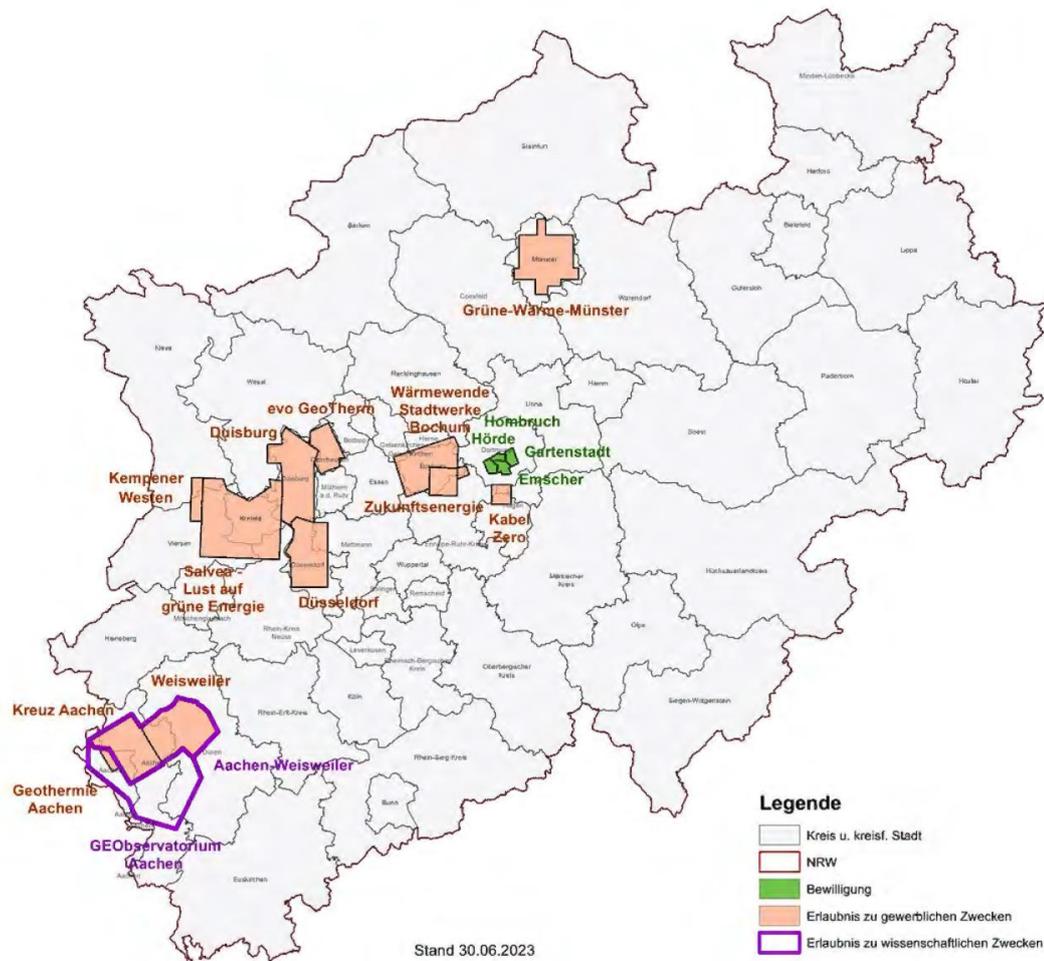


Abbildung 45: Erlaubnisfelder Tiefe Geothermie in NRW, Stand Juni 2023 Quelle: [20]

Derzeit (Herbst 2024) werden im Erlaubnisfeld Weisweiler am Bohrplatz südwestlich des Kraftwerkes Weisweiler konkrete Probebohrungen mit Messungen bis 500 m durchgeführt, für 2025 ist die erste Tiefbohrung vorgesehen sowie umfangreiche Seismische Untersuchungen. Beim westlichen Feld „Kreuz Aachen“ ist vorgesehen, ebenfalls auf Basis der voraussichtlich 2025 durchzuführenden Seismiken erste Standorte für Probebohrungen bzw. spätere Förderstandorte zu suchen, eine Förderzusage des Landes NRW liegt inzwischen vor. Die Standortwahl hängt dabei primär von den Untergrundstrukturen ab, die eine möglichst hohe Thermalwasserförderrate erlauben sollten. Beide Erlaubnisfelder bieten durch die Lage entlang der Fernwärmetrasse Weisweiler-Aachen bzw. des Aachener Stadtnetzes die Möglichkeit, geothermische Energie in die Aachener Fernwärmeversorgung einzubinden.

Da es noch keine konkreteren Abschätzungen zur Fündigkeit gibt, wird auf Basis erster Voruntersuchungen des Fraunhofer IEG sowie eigenen Abschätzungen von einem Leistungsbereich von 5 bis maximal 15 MW pro Bohrdublette ausgegangen, wobei hier je nach Bohrhorizont eine Temperaturerhöhung durch Wärmepumpen mitberücksichtigt ist. Im Sinne einer Arbeitshypothese wird im Folgenden das geothermische Potenzial auf 4 Bohrdubletten im Bereich Aachener Kreuz / Weisweiler in den zwei gewerblichen Erlaubnisfeldern mit jeweils mit jeweils 10 MW abgeschätzt. Da aus diesen Quellen nicht nur die Stadt Aachen, sondern auch angrenzende Kommunen wie Stolberg, Eschweiler, Inden oder Würselen versorgt werden könnten, wird der Stadt Aachen ein Anteil von 75 % bzw. 30 MW zugerechnet, der für die Wärmeversorgung in Aachen einen signifikanten Beitrag bedeuten würde. Bei ganzjähriger Nutzung mit 7000 Vollaststunden ergäbe sich ein Wärmequellenpotenzial von rd. 210 GWh/a. Der Leistungsanteil von 30 MW entspricht in etwa auch den noch freien Transportkapazitäten der bestehenden Fernwärmetrasse, wenn diese ab 2029 durch die MVA Weisweiler gespeist wird, wobei je nach Standort auch Einspeisepunkte direkt in die städtische Fernwärme denkbar wären.

Von hydrothermalen Tiefenbohrungen im Aachener Talkessel wird aufgrund der schwierigeren Genehmigungslage und einer möglichen Beeinträchtigung der Heilquellen nicht ausgegangen.

Mitteltiefe Geothermie

Die mitteltiefe Geothermie bezieht sich auf den Tiefenabschnitt bis ca. 1.000 Meter, wobei in dieser Zone meist Temperaturen zwischen 10°C (oberflächennah) bis 45°C vorherrschen. In der mitteltiefen Geothermie sind sowohl geschlossene Systeme (mitteltiefe Erdwärmesonden, meist Koaxialsonden) als auch offene Systeme (Bohrdubletten) denkbar. Da die offenen Systeme bereits in vorigem Abschnitt behandelt wurden, wird das Potenzial mitteltiefer Geothermie im Folgenden auf Einsatzmöglichkeiten geschlossener Systeme außerhalb der Fernwärmeerzeugung mit Fokus auf bestimmte Quartiere eingegrenzt.

Vorteil mitteltiefer Bohrungen ist, dass in der Regel preiswertere Bohrgeräte eingesetzt werden können als in der Tiefengeothermie und man nur eine Bohrung niederbringen muss. Da kein Untergrundwasser entnommen und zurückgeleitet wird, sind Auswirkungen einer Erdwärmesonde auf das Grundwasser lediglich auf eine leichte Temperaturänderung rund um die Sonde beschränkt, und es gibt keine Probleme mit der Zusammensetzung des oft hoch mineralisierten Wassers aus großen Tiefen.

Im Vergleich zu oberflächennaher Geothermie mit Erdsondenfeldern wird weniger Fläche benötigt und es kann ein höheres Temperaturniveau erzielt werden. Allerdings sind auch hier wie bei Erdsonden und -kollektoren Wärmepumpen notwendig, um die benötigten notwendigen Temperaturen zum Heizen und zur Trinkwarmwasserbereitung zu erreichen. Die Wärmeleistung einer mitteltiefen Bohrung mittels Koaxialsonde, die Steigrohr (innen) und Fallrohr (außen) kombiniert, hängt von dem lokalen Tiefentemperaturgradienten und der Wärmeleitfähigkeit des Gesteins ab. Übliche Werte liegen im Bereich von 50 kW bis 100 kW pro Koaxialsonde bei 1000 m Bohrtiefe.

Wie bei Erdsonden, können mehrere Bohrungen zu einem Feld kombiniert werden, wobei auch hier Abstandsflächen einzuhalten sind. Bei begrenzten Platzverhältnissen sind auch hier wie bei oberflächennahen Erdsonden neue Bohrvorfahren in Schrägbohrtechnik mit strahlenförmigen Bohrungen möglich, für die wenig Platz an der Oberfläche benötigt wird.

Für den Einsatz bieten sich daher Quartiere mit begrenzten Freiflächen an, die mit Niedertemperaturwärmenetz aber ohne Kühloption versorgt werden (keine kalten Netze, keine direkte Gebäudeversorgung) an, die über wenig Freiflächen verfügen und bei denen es keine wasserrechtlichen Einschränkungen gibt (in Aachen weitgehend der Fall). Eine rechnerische Herleitung des Potenzials ist allerdings schwierig, da es grundsätzlich zwar in sehr vielen Fällen sowohl für Einzelgebäude als auch kleinere Netze möglich ist, Bohrungen auf hinreichender Freifläche abzuteufen, die wirtschaftliche Umsetzung jedoch sehr herausfordernd ist. Aus diesem Grund gibt es zur Zeit auch bis auf Pilotprojekte kaum mitteltiefe Erdsonden in NRW zur Energiegewinnung.

Für Aachen sind aufgrund dieser Einschränkungen nur vereinzelte Einsatzmöglichkeiten denkbar, z.B. in Fällen bereits bestehender, fossil gespeister lokaler Wärmenetze bis 2 MW Leistung (vgl. Abschnitt 3.4.1) oder bei neu zu erschließenden Quartieren oder auch größeren Bestandsliegenschaften am Stadtrand (z.B. Schulzentrum Laurensberg). Geht man von 2 umrüstbaren Bestandsnetzen und 6 bis 8 neuen Gebäude/Quartierslösungen aus, in denen zusammen 80 mitteltiefe Erdsonden mit 75 kW Wärmeleistung (nach Wärmepumpe) eingesetzt werden, ergeben sich bei 3.000 Vollbenutzungsstunden (wegen der notwendigen Regenerierung) rd. 18 GWh/a Erzeugungspotenzial.

Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Geothermie nutzt die im Erdreich gespeicherte Wärme in einer Tiefe von bis zu 400 Metern. Es gibt verschiedene Arten der Nutzung:

- **Erdwärmesonden:** Hier werden Rohre vertikal in den Boden gebohrt, meist 50 bis 200 Meter tief. Durch die Rohre zirkuliert eine Flüssigkeit (Sole), die Wärme aus dem Erdreich aufnimmt und an eine Wärmepumpe weiterleitet. Diese Art eignet sich auch für kleinere Grundstücke, da die Bohrungen tief, aber schmal sind.

- **Erdwärmekollektoren:** Diese Rohre werden horizontal etwa 1,2 bis 1,5 Meter unter der Erdoberfläche verlegt. Sie entziehen dem Boden die Wärme auf einer größeren Fläche. Diese Methode benötigt allerdings viel Platz und ist daher für große Grundstücke geeignet.
- **Energiepfähle:** Hier werden bereits vorhandene Fundamente von Gebäuden, sogenannte Pfähle, zur Wärmegewinnung genutzt. In die Pfähle werden Rohre integriert, die wie bei Erdwärmesonden Wärme aufnehmen. Diese Methode wird oft bei Neubauten angewendet.
- **Grundwasserwärmepumpen:** Sie entziehen dem Grundwasser direkt Wärme. Dazu wird Grundwasser über einen Brunnen gefördert, die Wärme entzogen und anschließend in einen zweiten Brunnen zurückgeleitet. Voraussetzung ist eine ausreichend große und saubere Grundwasserquelle.

Zur Berechnung des Potenzials für oberflächennahe Geothermie in Aachen wird die Option Erdwärmesonden betrachtet, da diese die höchsten Entzugsleistungen pro Fläche bietet.

Das Potenzial wird für jedes bebaute Flurstück, auf dem ein beheiztes Gebäude vorhanden ist, ermittelt. Weiterhin werden Flurstücke in Thermalschutzgebieten und Trinkwasserschutzgebieten der Zonen I und II ausgeschlossen, da hier Bohrungen verboten sind oder nur in Einzelfällen genehmigt werden können.

Es wird angenommen, dass 40% der freien Flurstücksfläche für Bohrungen zur Verfügung steht. Mit einem Platzbedarf von 64 m² pro Sonde ergibt sich die potenzielle Anzahl an Sonden pro Flurstück. Unter Annahme einer Sondenlänge von 100 m und einer Entzugsleistung von 50 W/m kann die thermische Entzugsleistung pro Flurstück, unter Annahme einer Vollaststundenzahl von 1.800 h/a weiterführend das thermische Entzugspotenzial pro Flurstück, ausgewiesen werden. Die Wärmebereitstellung auf dem für die Raumwärme und Trinkwarmwasserwärme geforderten Temperaturniveau erfolgt über Sole-Wasser-Wärmepumpen, für die an dieser Stelle ein mittlerer COP von 3,3 (Leistungszahl bzw. Verhältnis von Wärmeerzeugung zu Stromeinsatz) angesetzt wird.

Das so ermittelte theoretische Potenzial der Wärmebereitstellung aus oberflächennaher Geothermie wird in Bezug zum Wärmebedarf auf dem Flurstück gesetzt. Je nach Verhältnis der Flurstücksgrößen und der Bedarfe ergeben sich hohe theoretische Werte. Abbildung 46 zeigt das theoretische Wärmeerzeugungspotenzial mit Hilfe von Wärmepumpen auf Baublockebene. Weiterhin werden die Zonen dargestellt, in denen aufgrund von Wasserschutz oder Thermalschutz Bohrungen verboten sind. Auch die aufgrund des Wasserschutzes genehmigungspflichtigen Bereiche sind markiert. Es ist jedoch zu beachten, dass unabhängig von der Nutzungsart (Kollektor, Sonde) und des Standortes, der Betrieb von Erdwärmepumpen in Aachen grundsätzlich erlaubnispflichtig ist, ab 100 m auch als bergrechtliche Erlaubnis, sonst über die untere Wasserbehörde.

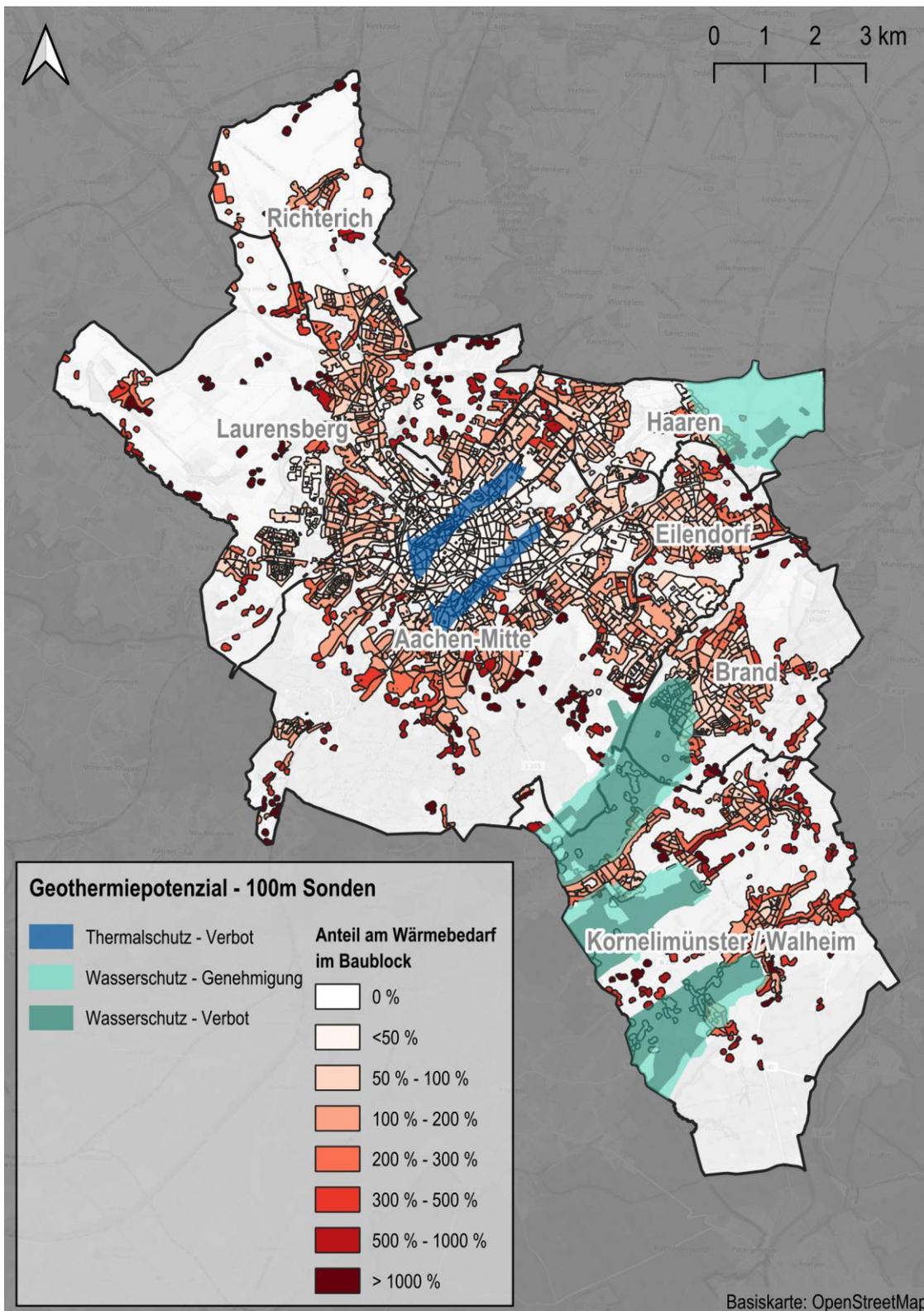


Abbildung 46: Theoretisches Wärmeerzeugungspotenzial für dezentrale Geothermie (Nutzbarmachung mit Hilfe von Wärmepumpen)

Zur Berechnung des technischen Potenzials wird davon ausgegangen, dass der Einsatz einer dezentralen, oberflächennahen Geothermielösung in Kombination mit einer Wärmepumpe nur sinnvoll ist, wenn das Wärmeerzeugungspotenzial mindestens 100% des Wärmebedarfes beträgt. Für den Fall, dass diese Randbedingung erfüllt ist, begrenzt der Wärmebedarf das technische Potenzial. Ist die Randbedingung nicht erfüllt, wird das Potenzial für das entsprechende Flurstück auf 0 gesetzt. Insgesamt ergibt sich für das technische Potenzial oberflächennaher Geothermie in Aachen ein Wert von 499 GWh/a.

Grubenwasserwärme

Ein weiterer Aspekt ist die Nutzung von Grubenwasser als Wärmequelle. Die Lage der der Steinkohlegrubenfelder erstreckt sich in der Region Aachen auf Heerlen (NL), Alsdorf, Baesweiler, Würselen und Eschweiler sowie Randbereiche von Aachen. Hier kommen nur kleine Teilbereiche der Stadt in Frage, und zwar im Bereich des Stadtteils Richterich. In diesem Bereich sind Schächte und Stollen bis 800 m Tiefe vorhanden, die weitgehend geflutet sind und Temperaturen bis etwa 30°C im Untergrund aufweisen. Eine Nutzung, sowohl in offenen als auch geschlossenen Systemen, wird bereits in mehreren Projekten in der Region und in NRW umgesetzt, z.B. zur Beheizung des Energeticon in Alsdorf [21] und bereits seit 2008 auch in Heerlen.

Ein weiteres Projekt, bei dem 2 verschiedene Grubenwasserreservoirs zum Heizen und auch zum Kühlen eingesetzt wird, wurde in Bochum auf dem ehemaligen Opelgelände umgesetzt [22].

Aufgrund der begrenzten Lagegunst der Schachtanlagen und dem geringeren Wärmebedarf im Aachener Norden begrenzt sich das Potenzial auf wenige Möglichkeiten. Zwei kleinere Wärmenetze liegen in dem Bereich, das Wärmenetz des Schulzentrums Laurensberg sowie ein Netz im interkommunalen Gewerbegebiet Avantis.

Das Potenzial wird auf maximal 3 Nahwärme- oder Liegenschaftslösungen in diesem Bereich mit insgesamt 5 GWh/a abgeschätzt.

Die Potenzialbereiche der tiefen (TG) und mitteltiefen Geothermie (MTG) sowie der Grubenwassernutzung sind zusammen mit den Aachener Wärmenetzen in der folgenden Abbildung zusammengefasst. Oberflächennahe Geothermie ist hier nicht mehr dargestellt, da diese grundsätzlich fast im gesamten Stadtgebiet möglich ist.

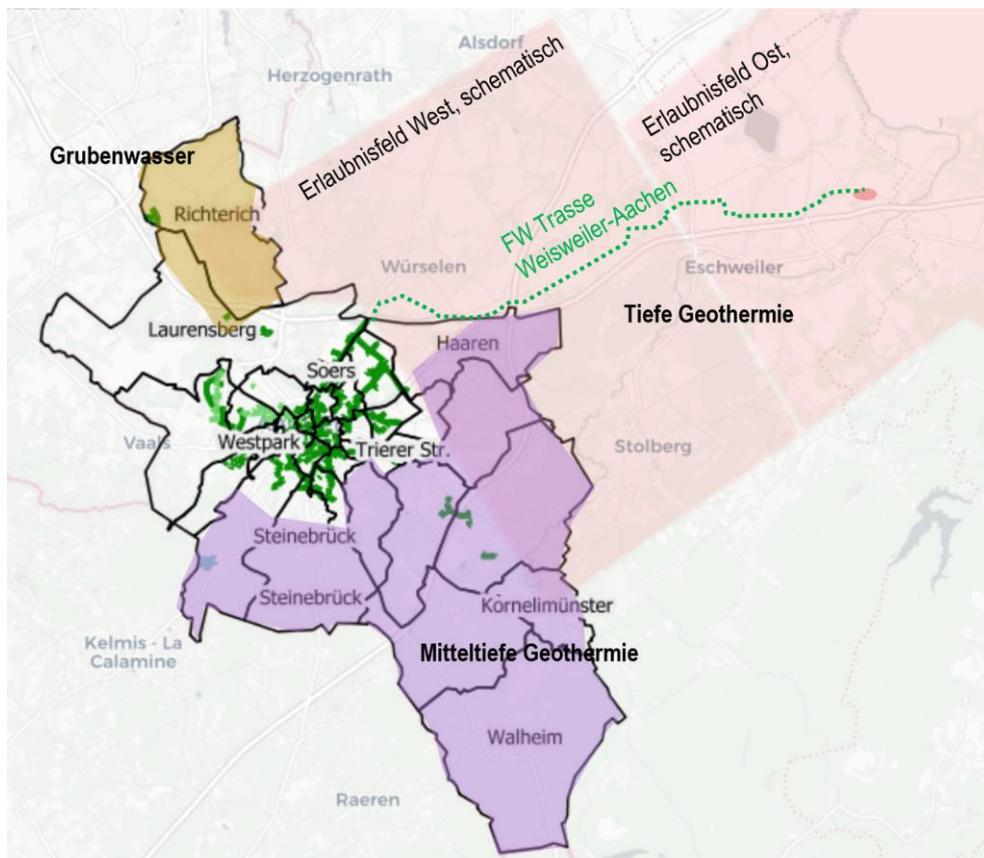


Abbildung 47: Zusammenfassung der Potenzialbereiche Geothermie in Aachen: Karte: OpenstreetMaps

Thermalwasser

Thermalwasser stellt eine spezielle Form von Grundwasser dar, das nach Durchfluss durch tiefere Gesteinsschichten mit höherer Temperatur an der Oberfläche wieder austritt. Wenn ein Grundwasser stark mineralisiert ist und eine hohe Temperatur aufweist, handelt es sich um Thermalwasser.

Das schon seit mehr als 2000 Jahren genutzte Aachener Thermalwasser ist Wasser, das durch den Aufstieg aus einer Tiefe bis von 3.000 m eine höhere Temperatur von bis zu 74°C hat. Es besteht, wie andere Grundwasservorkommen auch, aus Regenwasser, das südlich von Aachen anfällt, versickert und schließlich als Thermalquelle wieder an die Oberfläche tritt. Die Thermalquellen wurden bereits seit der römischen Besiedlung genutzt und sind der Hauptgrund für die Ansiedlung und wirtschaftliche Entwicklung Aachens [23].

Die Thermalquellen treten dabei in zwei länglichen Bereichen in der Innenstadt und Burtscheid auf (vgl. Abbildung 48)

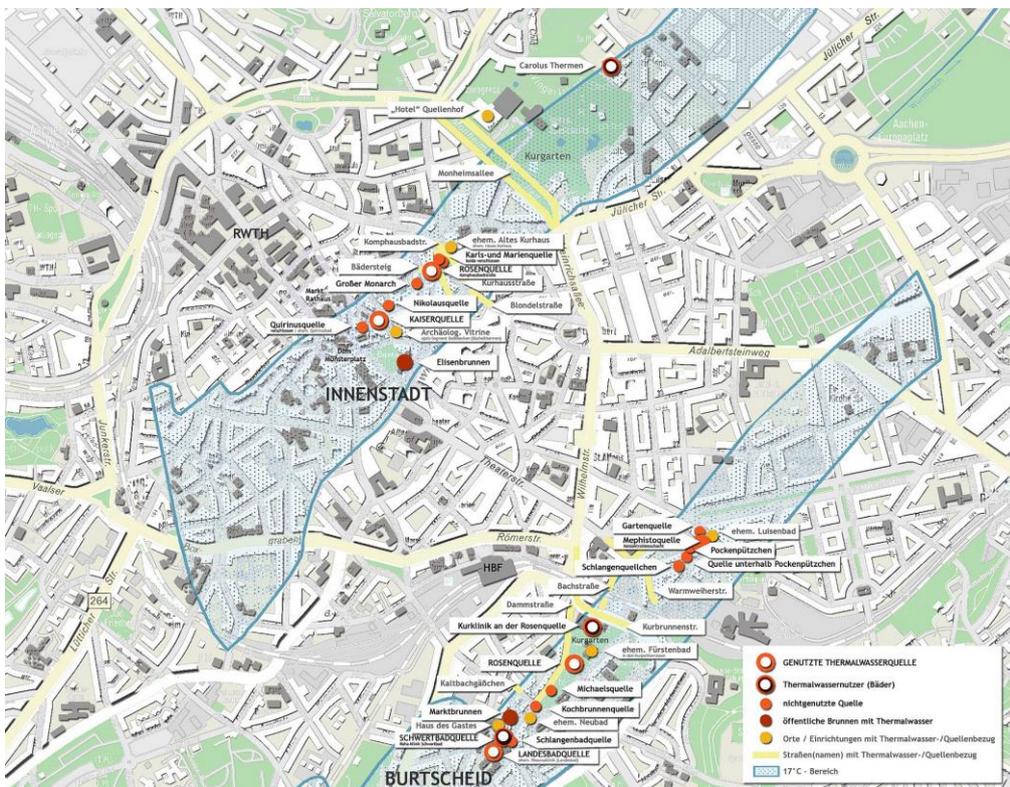


Abbildung 48: Thermalquellen in Aachen: Quelle: Wikipedia (https://de.wikipedia.org/wiki/Aachener_Thermalquellen)

Von den rd. 30 Aachener Quellen werden aktuell folgende Quellen energetisch und/oder auch als Heilquelle genutzt:

- Innenstadt: Kaiserquelle mit Speisung des Eisenbrunnens und Aachener Rosenquelle mit Versorgung der Carolus-Therme
- Burtscheid: Landesbadquelle mit Versorgung und Beheizung des Schwertbad, die Schwertbadquelle (ebenfalls Nutzung im Schwertbad) sowie Burtscheider Rosenquelle mit Versorgung des Rosenbads

Von diesen Quellen weist die Landesbadquelle mit einer Schüttung von rd. 60 m³/h und einer Temperatur von rd. 74°C die bei weitem größte Ergiebigkeit auf. Da die anderen Quellen entweder stillgelegt sind, nur geringe Schüttungen aufweisen oder bereits energetisch zur Gebäudeversorgung genutzt werden, wird im Folgenden das noch freie Potenzial der Landesbadquelle bewertet und in die Gesamtdarstellung aufgenommen.

Diese Quelle ist einer der ergiebigsten und heißesten Thermalquellen Mitteleuropas. Im Bereich des Schwertbades im Stadtteil Burtscheid tritt das Wasser zu Tage, wobei die Erlaubnis als Recht zur Entnahme des Thermalwassers bei dem Klinikbetreiber Vialife Schwertbad Aachen liegt [24]. Die STAWAG betreibt ein lokales Nahwärmenetz, das bereits heute

aus der Quelle gespeist wird bei einer Anschlussleistung von rd. 800 kW. Die Quelle wird dabei ausgekühlt, wobei jedoch auch im Winter bei Höchstlast noch eine Temperatur von über 50°C vorliegt, die als Wärmequelle für eine Wärmepumpe genutzt werden kann.

Ziel der Thermalwärmenutzung ist es, durch Abkühlung des Thermalwasser als Wärmequelle einer Wärmepumpe ganzjährig eine maximale Einleittemperatur von 35°C zu erreichen. Dies soll durch ganzjährige Wärmeeinspeisung in das Fernwärmenetz der STAWAG erfolgen, im Winterfall mit 115°C und im Sommerfall mit 95°C.

Bei Abkühlung des Quellwassers vor Einleitung in den Kanal von 68°C auf 30°C im Sommer und 52°C auf 14°C im Winter kann ein gleichbleibendes Wärmepotenzial von 3,4 MW bzw. 25 GWh/a erschlossen werden, ohne die bestehende Nahwärmeversorgung zu beeinträchtigen. Die Jahresarbeitszahl einer in diesem Temperaturfenster arbeitenden Wärmepumpe liegt bei rd. 3,8 und damit deutlich über den Arbeitszahlen anderer Umweltwärmequellen.

4.2.2 Potenzial Umweltwärme

Umweltwärme, auch als Umgebungswärme bezeichnet, ist Energie aus Boden, Gewässern oder Luft, jeweils im Nahbereich der Wärmenutzung, was aufgrund der niedrigen Temperaturen immer durch Wärmepumpen erfolgt.

Da die Geothermie aufgrund der hohen Relevanz in Aachen separat behandelt wird, wird in diesem Abschnitt auf Luft und Gewässer eingegangen.

Luft

Die Nutzung der Umgebungsluft mittels Luft-Wasser-Wärmepumpen (LWP) bietet sich an allen Stellen an, an denen zur Wärmeerzeugung keine andere Technologie primär zum Einsatz kommen kann. Der Grund liegt in der Flexibilität von Luft-Wärmepumpen, da Umgebungsluft grundsätzlich überall verfügbar ist. Eingeschränkt werden kann die Nutzung lediglich durch die Lage des Gebäudes. So kann es z. B. sein, dass baurechtlich erforderliche Abstände (Berücksichtigung von Brandschutz und Schallemissionen) nicht eingehalten werden können und somit die Nutzung der Umweltwärme an dieser Stelle ausgeschlossen ist.

Wärmepumpen mussten in NRW bislang ebenfalls einen Mindestabstand von 3 Metern zur Grundstücksgrenze einhalten, seit 2024 sind die Abstände für Wärmepumpen und deren Einhausungen in der Landesbauordnung NRW vollständig entfallen.

Es gilt somit kein vorgeschriebener Mindestabstand, es sind jedoch Lärmschutzgrenzwerte von 35 - 45 dB gemäß TA Lärm einzuhalten.

Die Luft-Wasser-Wärmepumpe funktioniert nach dem Prinzip eines „umgedrehten Kühlschranks“. Die in der Umgebungsluft enthaltene Wärmeenergie wird mittels eines Kreislaufsystems im Außenbereich gewonnen, durch die Wärmepumpe auf ein erhöhtes Temperaturniveau gebracht und anschließend für die Beheizung der Innenräume zur Verfügung gestellt.

Der Umwandlungsnutzungsgrad – sog. Leistungszahl (COP), die das Verhältnis von Wärmeerzeugung zu Energieeinsatz (Elektroenergie) angibt – hängt von der Außenlufttemperatur ab. Im Winterhalbjahr ist die Außentemperatur und damit auch die Leistungszahl niedriger, im Sommerhalbjahr höher. Der Stromaufwand für den Betrieb in der Heizperiode ist daher i. d. R. höher als bei Wärmepumpen, die mit Erdwärme (oberflächennahe Geothermie) mit einem ganzjährig verfügbaren Temperaturniveau von 10-15 °C arbeiten.

Eine Potenzialeingrenzung ist aufgrund der lokal immer verfügbaren Wärmequelle Außenluft nicht möglich bzw. nur durch den Wärmebedarf insgesamt gegeben. In der Praxis ergeben sich Einschränkungen durch bereits vorhandene Heizungsalternativen wie Fernwärme, fehlenden Platzbedarf, zu hohe Schallemissionen oder hohe Temperaturanforderungen.

Gewässer

Grundsätzlich gehört zur Nutzung von Umweltwärme auch die Auskopplung aus Oberflächengewässern, wobei hier nur große Seen oder fließende Gewässer in Frage kommen.

Da Aachen jedoch eine der wenigen Großstädte ohne Fluss ist und es auch keine größeren Seen gibt, fällt dieser Potenzialbereich komplett weg. Lediglich zwei Fließgewässer kommen theoretisch in Frage, die Wurm im Aachener Nordosten und die Inde im Süden. Der Flusslauf der Wurm ist im Stadtgebiet von Aachen bereits seit langem kanalisiert und versiegelt, zudem wird die Fließmenge weitgehend durch die Einleitung von gereinigtem Abwasser und Thermalwasser bestimmt, die bereits in anderen Abschnitten behandelt wurden.

Die Inde tangiert Aachen nur im Bereich Walheim/Korneliemünster, wo der Trockenwetter-Durchfluss unter $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt, was einer Wasserentnahme mit Temperaturabsenkung entgegensteht bzw. diese nur in sehr kleinem Maßstab ermöglichen würde.

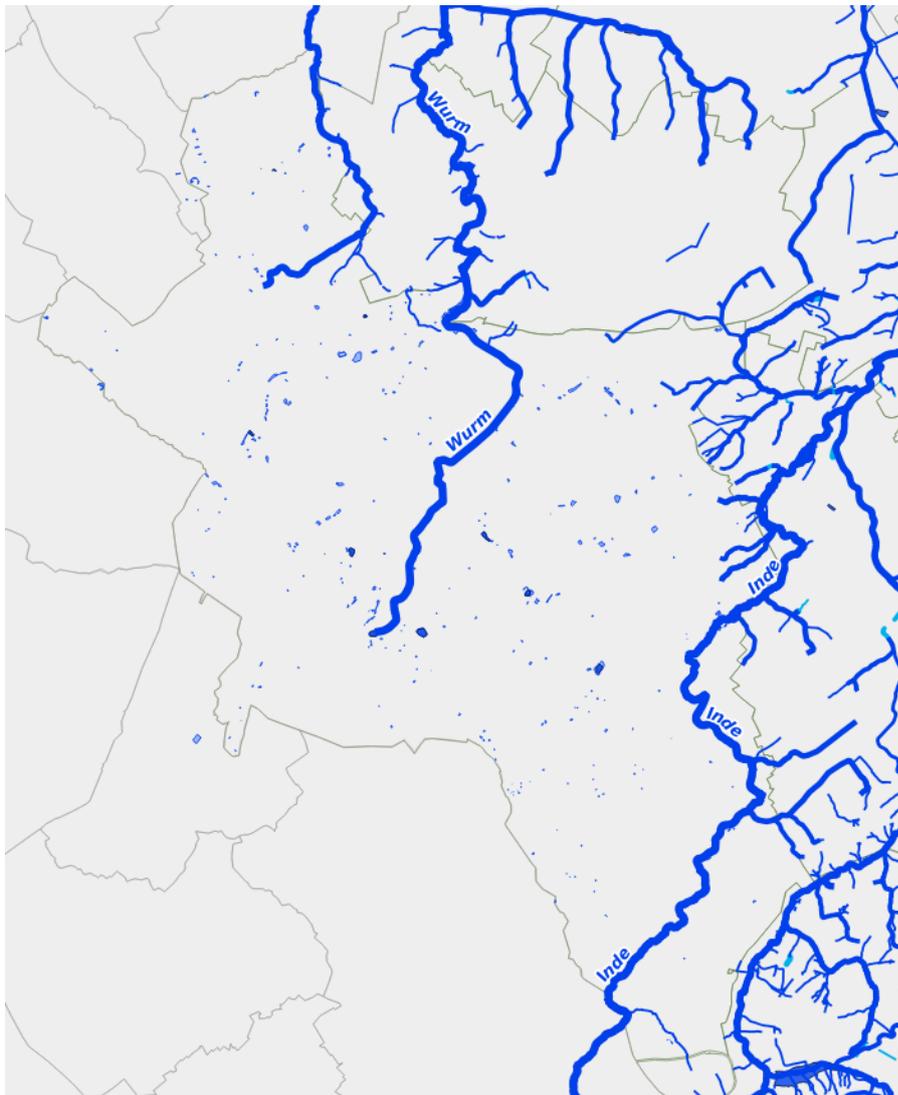


Abbildung 49: Fließgewässer und stehende Gewässer [25]

4.2.3 Potenzial aus Solarthermie

Solarthermie gilt als annähernd emissionsfreier Energieträger. Mit Sonnenkollektoren wird dabei ein geschlossener Wasserkreislauf erwärmt. Diese Art der thermischen Nutzung von Sonnenenergie spart wertvolle Ressourcen und ist damit eine gute Option zur Dekarbonisierung. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass Solarthermie durch die vielen Sonnenstunden im Sommer das höchste Potenzial zu dieser Zeit aufweist und dadurch bisher zumeist zur Deckung des

Warmwasserbedarfs angewendet wurde. Besonders positiv ist, dass Solarthermie selbst keine Betriebskosten verursacht, dafür aber einen hohen Flächenbedarf aufweist, der vor allem in zentralen Siedlungsbereichen und damit auch in direkter Umgebung zu Fernwärmenetzen nur in Ausnahmefällen zur Verfügung steht und zudem immer in Konkurrenz zur Nutzung als Photovoltaikfläche steht. Die saisonale Abhängigkeit und damit eine konträre Verfügbarkeit des Potentials zum Wärmebedarf hat zur Folge, dass die Solarthermie nur einen Teil zur Dekarbonisierung des Wärmesektors beitragen kann. Lösungen für saisonale Wärmespeichertechniken, welche überschüssige Wärme für die kalte Jahreszeit speichern, könnten zukünftig die Solarthermie für Wärmenetze interessanter gestalten, jedoch benötigt es auch für die Speicher verfügbare Flächen. Kurzzeitwärmespeicher wurden in der Analyse bereits vorausgesetzt, sodass die Solarwärme in der Nacht oder an Tagen mit weniger Sonneneinstrahlung genutzt werden kann. Folgend wurde eine Potenzialanalyse für Solarthermie vorgenommen, um mögliche Flächen für die Dach- und Freiflächensolarnutzung zu bewerten.

Freiflächen

Eine Analyse der Flächen anhand ihrer Nutzungsart im Aachener Stadtgebiet zeigt grundsätzlich einige Flächen auf, die theoretisch zur Nutzung von Solarthermie auf Freiflächen in Frage kommen könnten. Dabei wurden Flächen wie Siedlungs- und Verkehrsflächen, Wald- und Gewässerflächen, Friedhöfe und Flächen für Sport, Freizeit- und Erholung als ungeeignet ausgeschlossen. Ebenso ungeeignet sind (Natur-)Schutzgebiete oder andere naturschutzfachlich besonders schützenswerte Bereiche, deren schützenswerter Bestandteil einer Nutzung der Fläche für Freiflächensolaranlagen widersprechen. Hierbei sind auch die Belange des Artenschutzes vertiefend zu prüfen und für eine mögliche Flächenauswahl zu beachten. Weiterhin ist im Rahmen der Neuaufstellung des Landschaftsplans der Stadt Aachen eine deutliche Erhöhung der Naturschutzgebietsflächen vorgesehen. Insbesondere ist davon auszugehen, dass Flächen mit hohen Bodenwerten, die also i.d.R. eine landwirtschaftliche Ergiebigkeit aufweisen, ebenso ungeeignet für eine Nutzung der Flächen mit Solarthermieanlagen sind. Aus der Abbildung 50 ist zu erkennen, dass viele Bereiche im Stadtgebiet eine hohe Bodenwertzahl über 55 (gelb) oder sogar über 75 (grau) aufweisen. Vor allem im nördlichen Bereich ist daher mit einer Priorisierung der Landwirtschaft zu rechnen.

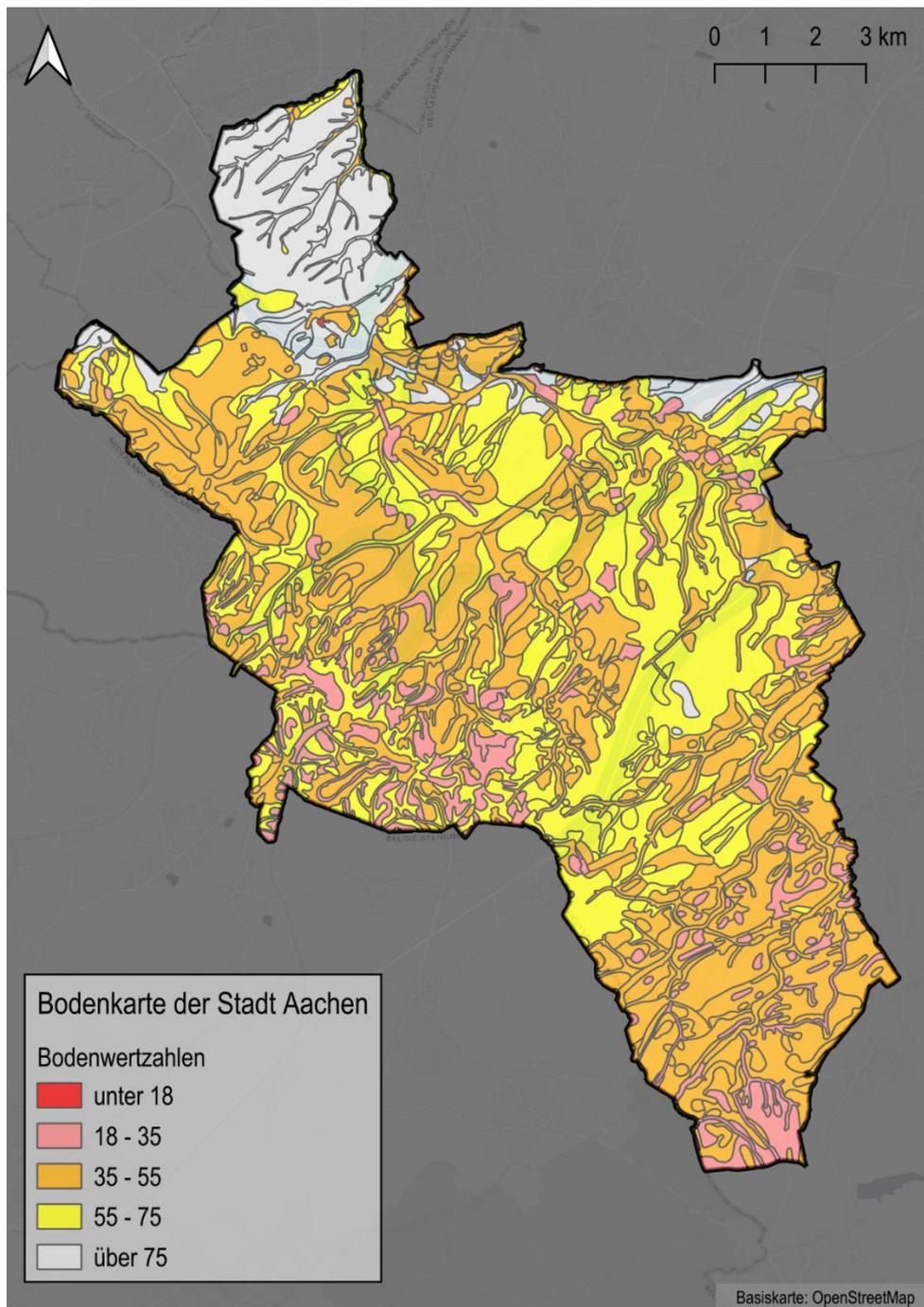


Abbildung 50: Bodenkarte der Stadt Aachen (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: Geologischer Dienst NRW)

Parkplätze wurden aufgrund einer recht kleinen Größe und schwierigeren Aufstellung von effizienten Solarthermie-Kollektoren nicht berücksichtigt. Für die folgende Potenzialanalyse wurde angenommen, dass Freiflächen mit einer Solarthermienutzung und dem Aufbau oder der Unterstützung eines Wärmenetzes in Frage kommen, wenn diese in maximal 500 Metern Entfernung zu Siedlungsgebieten mit einem entsprechend hohem Wärmebedarf liegen. Dabei wurde zusätzlich angenommen, dass auch aus wirtschaftlichen Gründen eine geeignete Freifläche zusammenhängend zu erschließen sein muss und mindestens einen Wärmeertrag von 2 GWh/a liefern muss, sodass kleinere Flächen aus der Betrachtung entnommen wurden.

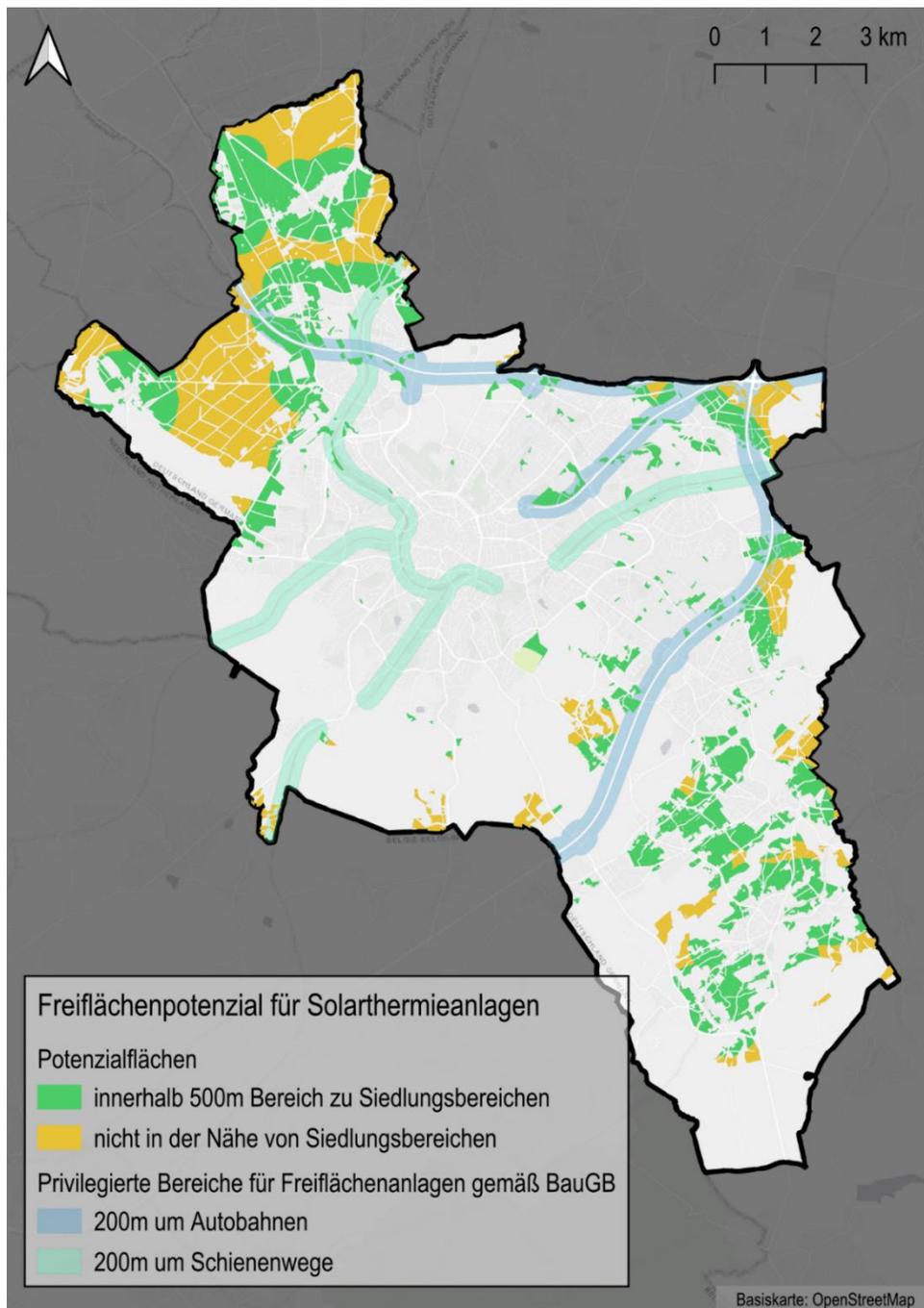


Abbildung 51: Theoretisches Freiflächenpotenzial für Solarthermieanlagen (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: LANUV)

Wie in Abbildung 51 zu erkennen, wurden auf dieser Basis rund 2.920 ha an theoretisch nutzbaren Flächen identifiziert. Unter der Annahme, dass sich für eine Nutzung mittels Solarthermie nur Flächen eignen, die innerhalb von 500m zu Siedlungsbereichen anschließen, sich in privilegierten Bereichen gemäß BauGB befinden und landwirtschaftlich nicht zu priorisieren sind, eignen sich hiervon lediglich rund 50 ha tatsächlich. Aus diesem Flächenpotenzial ergibt sich mit dem spezifischen solaren Wärmeertrag ein Wärmepotenzial von 212 GWh/a.

Insgesamt sind die ermittelten Flächenpotenziale gering. Wieviel dieses Flächenpotenzials davon unter Berücksichtigung der Nutzung der Flächen zu landwirtschaftlichen Zwecken und schützenswerten Raumbestandteilen tatsächlich genutzt werden kann oder um Teile eher nicht zu berücksichtigender Potenzialflächen erweitert werden kann, muss in einem nachfolgenden Arbeitsschritt detailliert untersucht werden, sofern die Berücksichtigung des zeitlich konträren Wärmebedarfs dabei sinnvoll erscheint. Dies bedeutet, dass in einer weiteren Prüfung potenziell geeignete Flächen unter Umweltaspekten, landwirtschaftlichen Nutzungsaspekten aber auch Aspekten der Stadtentwicklung und -planung geprüft werden müssen und mit dem Interesse am Ausbau klimafreundlicher Wärmeerzeugung abgewogen werden. Mit

saisonalen Wärmespeichern kann i. d. R. ein erheblich höherer Anteil des grundsätzlich großen solarthermischen Wärmepotenzials genutzt werden. Unter der Annahme, dass ungefähr ein Drittel der Flächen für Wärmespeicher benötigt werden und 20 % Wärmeverluste entstehen, würde eine nutzbare Wärmemenge von rund 113 GWh/a verbleiben, die allerdings jahreszeitlich gleichmäßiger zur Verfügung steht.

Dachflächen

Für die Potenzialermittlung auf Dachflächen wird das Solarkataster des LANUV NRW genutzt, welches landesweit die Solarenergiepotenziale ermittelt hat. Aus diesen Daten ist erkennbar, dass innerhalb des Stadtgebietes Bereiche mit besonders hohen Potenzialen vorhanden sind. Dabei fällt auf, dass sich Gebäude mit Flachdächern für eine Installation von Solaranlagen besser eignen, insbesondere größere Gebäude im Bereich der Nichtwohngebäude, wie in Abbildung 52 zu erkennen. Gemäß des Bundesleitfadens zur Wärmeplanung können Gebäude, die ein Potenzial der Wärmeerzeugung durch Solarthermieanlagen über 1 GWh/a aufweisen, Ausgangspunkt für Nahwärmelösungen darstellen. In der Praxis gilt es dabei jedoch, einige technische und rechtliche Hürden zu nehmen, sodass eine Umsetzung an weitere Prüfungsschritte und vor allem an Gespräche mit den Akteuren vor Ort gebunden ist.

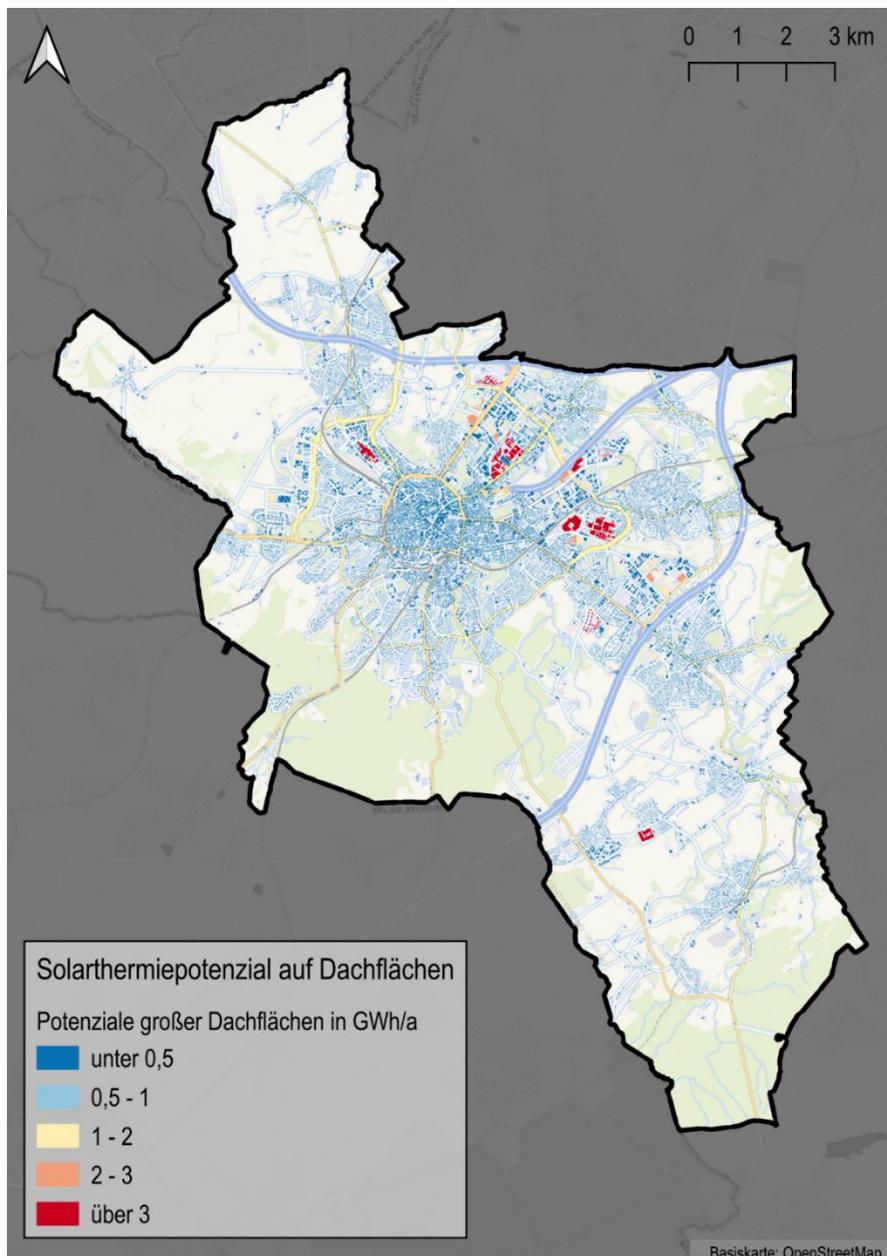


Abbildung 52: Solarthermiepotenzial großer Dachflächen in GWh/a (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: LANUV)

Dabei ist darauf hinzuweisen, dass es sich um theoretische Werte und die volle Ausnutzung aller in Frage kommenden Dachflächen handelt. Dabei sind keine statischen Gegebenheiten oder wirtschaftlichen Aspekte berücksichtigt. Die Werte sollten daher nur als grobe Richtgröße verwendet werden, wie sie in Abbildung 53 auf Baublockebene zu entnehmen sind.

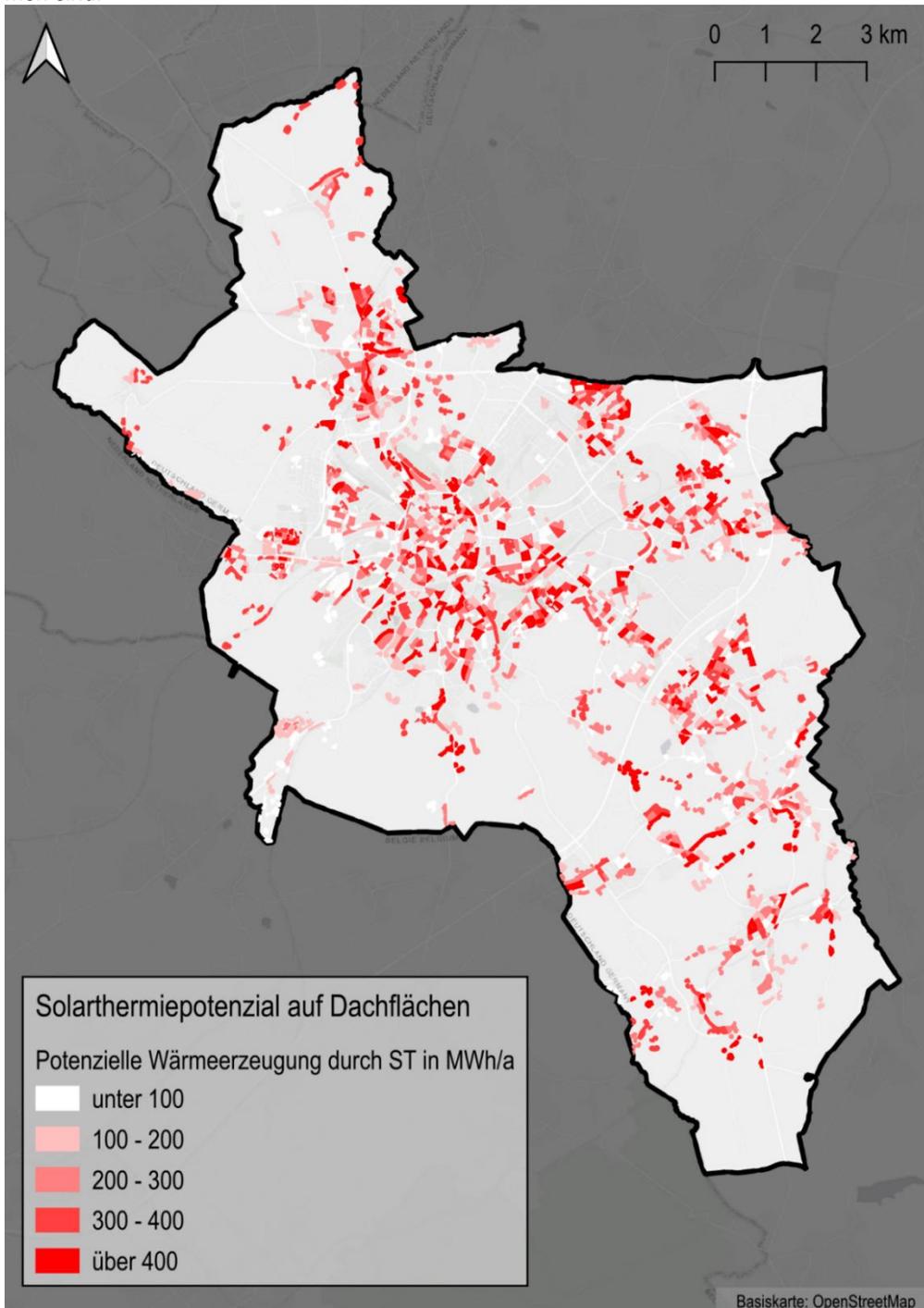


Abbildung 53: Potenzielle Wärmeerzeugung durch ST-Dachflächen (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: LANUV)

Hinsichtlich der durch die Solarthermie vorhandenen Potenziale sollten insbesondere Gebäude in Betracht gezogen werden, die bereits mit einem zentralen Heizungssystem (Heizkessel) und einer zentralen Warmwasserbereitung ausgestattet sind. Auch im Zuge von Heizungsumstellungen macht es häufig Sinn, über Solarthermie zur Warmwasserbereitung und ggf. zur ergänzenden Heizungsunterstützung nachzudenken. Es besteht jedoch auch bei den Dachflächen stets eine Konkurrenzsituation zur Photovoltaiknutzung.

4.2.4 Potenzial aus Biomasse

Das Biomassepotenzial setzt sich aus dem energetischen Potenzial von Waldrestholz, Biomüll und Grünschnitt zusammen:

- **Waldrestholz:** Hierbei handelt es sich um Holz, das bei der Holzernte zunächst im Wald verbleibt, wie Äste, Kronenholz oder nicht vermarktungsfähiges Stammholz.
- **Biomüll:** Unter Biomüll versteht man organische Abfälle aus Haushalten und Gewerbe, die über die kommunale Abfallwirtschaft erfasst werden.
- **Grünschnitt:** Grünschnitt umfasst organische Abfälle aus der Pflege von öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Laub, Grasschnitt und Äste.

Die Städtereion Aachen verfügt über 3026 ha Waldflächen. Von diesen liegen 265 ha in Naturschutzgebieten. Der Aachener Wald, welcher etwa 1539 ha umfasst, ist FSC zertifiziert und wird dementsprechend nachhaltig bewirtschaftet. Dies bedeutet unter anderem, dass ein schonender Holzeinschlag, eine Erhaltung der Biodiversität, ein weniger intensiver Einsatz von Maschinen sowie eine Abfallminimierung und Restholznutzung vorgeschrieben sind.

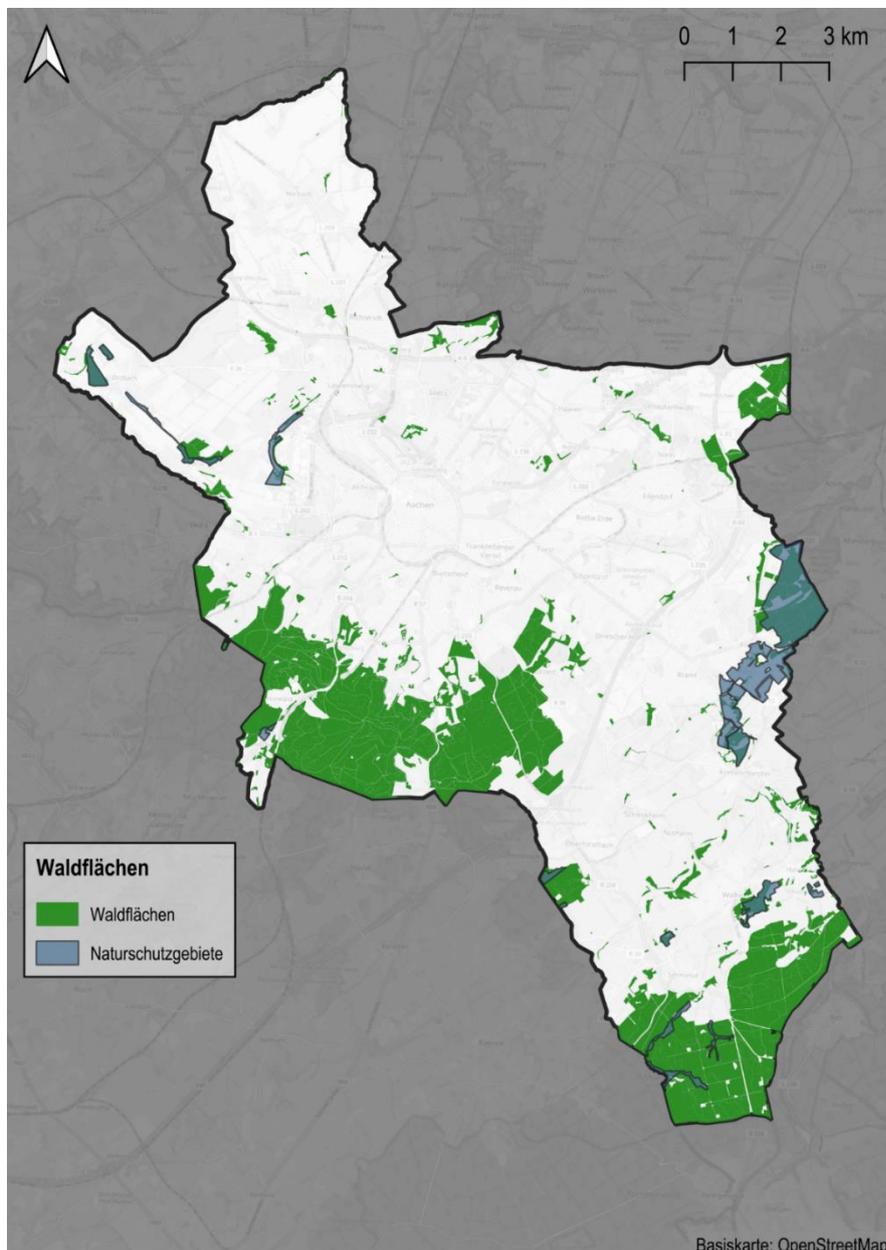


Abbildung 54: Waldflächen und Naturschutzgebiete

Zur Ermittlung des Potenzials von Waldrestholz werden alle Waldflächen abzüglich der Naturschutzgebiete bilanziert. So wird in Naturschutzgebieten in der Regel auf die Nutzung von Restholz verzichtet, um die empfindlichen Ökosysteme zu schützen. Weiterhin muss aufgrund des FSC-Zertifikats für den Aachener Wald von einem verminderten Waldrestholzertrag für dieses Teilgebiet ausgegangen werden. Der FSC sieht vor, dass ein Teil des Nicht-Derbholzes (Rundholz-Durchmesser kleiner 7 cm) im Wald verbleibt, um die Biodiversität zu fördern, den Boden zu schützen und natürliche Prozesse zu erhalten. Andererseits hält der FSC ebenfalls zu einer Nutzung des übrigen anfallenden Waldrestholzes, z.B. in Form einer energetischen Nutzung an. Im Rahmen der KWP Aachen wird für Naturschutzgebiete kein Waldrestholzertrag angenommen, für das Teilgebiet Aachener Wald, welches etwa 50% der Waldflächen des gesamten Stadtgebietes ausmacht, wird von einer Minderung des Potenzials von 30% ausgegangen. Es wird ein flächenspezifischer Faktor von 4,3 MWh/ha [26] für das theoretische Wärmezeugungspotenzial von Waldrestholz angenommen. Das ermittelte theoretische Wärmezeugungspotenzial für Waldrestholz, welches durch Verbrennung in einem Biomasseheizwerk oder dezentralen Biomasse gestützten Heizungssystemen nutzbar gemacht werden könnte, beträgt 9,9 GWh/a. Aufgrund der von der Stadt Aachen in einem Eckpunktepapier zur Waldbewirtschaftung festgelegten Richtlinien ist vorgesehen, nur noch ca. 40 % des Zuwachses in Laubholzbeständen zu nutzen, was den Anfall an nutzbarem Waldrestholz zunächst einmal deutlich reduziert. Zusätzlich wird das Ziel verfolgt, die Totholzmenge im Wald auf 10 % der oberirdischen Baummasse zu erhöhen, was auf Jahre hinaus keine zusätzliche Bewirtschaftung erlaubt. Das technische nutzbare Potenzial wurde daher für diesen Bereich mit 0 angenommen.

Die Potenziale von Biomüll und Grünschnitt werden auf Basis der jährlichen Sammelmengen [ZEW 20239] kalkuliert. Dabei ist zu beachten, welcher Anteil der gesammelten Abfälle zur energetischen Verwertung genutzt werden kann, etwa in Biogasanlagen. Für Biomüll wird angenommen, dass etwa 90% der Menge vergärt werden kann. Für Grünschnitt werden 25% angesetzt.

In Aachen wurden im Jahr 2023 11.751 t Biomüll und 7.824 t Grünschnitt gesammelt. Davon wurden etwa 3% in der Biogasanlage Würselen zur weiteren Verwertung abgeliefert. Die übrigen 97% werden aktuell kompostiert. Aus diesen Mengen ließen sich 1,4 Mio. m³ Biogas herstellen. Unter Annahme eines Heizwerts von 6 kWh/m³ lässt sich das Potenzial zur Wärmebereitstellung zu 8,3 GWh/a abschätzen. Das technische Potenzial entspricht dem theoretischen Potenzial. Jedoch muss hinsichtlich der Nutzung des Potenzials erwähnt werden, dass hierzu entsprechende Biogasanlagen notwendig wären, welche es im Stadtgebiet und der Städteregion Aachen aktuell nicht in entsprechender Kapazität vorhanden sind.

Insgesamt beträgt das technische Potenzial für Biomasse in Aachen 8 GWh/a.

4.2.5 Potenzial aus Abwärme der Müllverbrennung

Abwärme aus thermischer Abfallverbrennung wird gemäß WPG §3 Absatz 4 unvermeidbarer Abwärme gleichgestellt, wenn die Abfallverbrennung den aktuellen technischen Vorschriften entsprechend erfolgt. Wichtigste und einzige Quelle im Aachener Raum ist die Müllverbrennungsanlage östlich des Kraftwerks Weisweiler.

Die MVA Weisweiler GmbH & Co. KG (im folgenden MVA) betreibt hier eine der modernsten und jüngsten Müllverbrennungsanlagen Deutschlands. Die MVA verwertet jährlich rund 360.000 t Haus- und Gewerbemüll, zum großen Teil aus der StädteRegion Aachen sowie den Kreisen Düren und Euskirchen.

Der dabei entstehende Dampf von 153 t/h (Nennbetriebspunkt) wird gegenwärtig im Auftrag von MVA in einer von der RWE Power AG (RWE) im Kesselhaus des Kraftwerks Weisweiler betriebenen Dampfturbine zur Stromerzeugung genutzt, eine Wärmeauskopplung ist aktuell nicht möglich.

Die RWE betreibt weiterhin am Standort Eschweiler-Weisweiler bei Aachen ein braunkohle-gefeuertes Großkraftwerk mit drei Kraftwerksblöcken mit insgesamt 1.640 MW Nettoleistung und zwei erdgasgefeuerten Vorschaltgasturbinen mit insgesamt 400 MW Nettoleistung.

Zudem versorgt das Kraftwerk die Ortschaft Inden/Altdorf sowie über eine RWE-eigene Fernleitung mit Übergabe an die STAWAG auch Teile von Aachen mit Fernwärme.



Abbildung 55: Müllverbrennungsanlage Weisweiler. Quelle: MVA Weisweiler

Zum 01.04.2029 wird das Kraftwerk Weisweiler seine Stromerzeugung auf Basis Braunkohle im Rahmen des gesetzlichen, schrittweisen Kohleausstiegs einstellen, in diesem Zeitraum endet auch die vertragliche Verpflichtung zur Verstromung des Dampfes aus der MVA und es entfällt gleichzeitig auch die bisherige, fossile Haupt-Wärmequelle für die Fernwärme in Aachen.

Die beteiligten Ent- und Versorgungsfirmen MVA, RWE und STAWAG haben sich zusammen mit den beteiligten Kommunen bereits im Grundsatz über eine künftigen Fernwärme-Lieferung nach Aachen über die bestehende Transportleitung aus der Dampferzeugung der MVA mittels einer neuen Entnahme-Kondensationsturbine mit Heizkondensator und Fernwärmeübergabestation verständigt. Die Fernwärmeversorgung der Ortschaft Inden/Altdorf soll künftig ebenfalls aus dieser Anlage erfolgen.

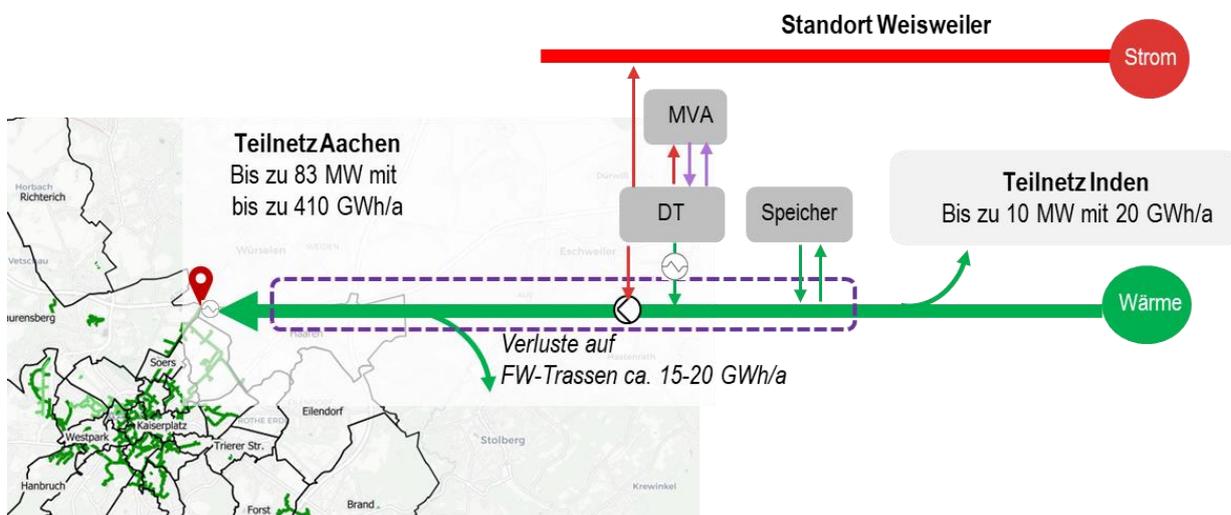


Abbildung 56: Prinzip der Abwärmeauskopplung MVA Weisweiler. Quelle: ENERKO

Die technische Planung und weitere Umsetzung des Projektes mit Bau einer wärmeoptimierten KWK-Anlage mit Wärmespeicher erfolgt aktuell unter Leitung der MVA Weisweiler. Der Transport der Wärme erfolgt durch RWE mit Übergabe an STAWAG an der Fernwärmeübergabestation FÜS Strangenhäuschen, analog zur heutigen Liefergrenze. Zu diesem Zweck wird RWE die bestehende Fernwärmeleitung weiterbetreiben, die KWK-Wärme von MVA an einem Übergabepunkt nahe der Dampfturbinenanlage übernehmen und an STAWAG liefern (siehe Abbildung 56).

Die MVA Weisweiler besteht aus 3 unabhängigen Verbrennungslinien, in der pro Jahr ca. 360.000 Tonnen Abfall verbrannt werden können. Bei Nennlast der Anlage werden pro Stunde ca. 51,5 Tonnen Dampf pro Linie bzw. 154,5 t (400°C, 40 bar a) insgesamt erzeugt, wobei die tatsächliche Dampfmenge mit Revisionszeiten und Abfallzusammensetzung stark schwanken kann.

Die zur Wärme- und Stromerzeugung zur Verfügung stehenden Dampfmenen wurden in einem separaten Projekt detailliert technisch-wirtschaftlich bewertet, eine beispielhafte Projektion ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

Die Darstellung basiert auf den tatsächlich erzeugten Dampfmenen des Jahres 2021, wobei hier bereits eine Anpassung für die zukünftige Wärmeauskopplung erfolgte:

- Die Revisionszeiten wurden vom Winter in den Sommer verlegt, so wie es zwischen MVA und STAWAG vereinbart wurde. Im Sommer steht somit deutlich weniger Wärmeleistung zur Verfügung, während in der Heizperiode meist zwischen 140 und 155 t/h Frischdampf anstehen, was einer Wärmeleistung von rd. 90 MW entspricht. Allerdings sind auch im Winter häufige Absenkungen auf 100 t/h Frischdampf respektive 60 MW Wärme erkennbar, verursacht durch Zwischenrevisionen oder Störungen (meist nur eine Verbrennungslinie).
- Es wurde eine zusätzliche Nichtverfügbarkeit der Dampfturbine oder des Heizkondensators angesetzt (im Bild Ende März), um eine belastbare Aussage des technischen Potenzials zu erhalten.

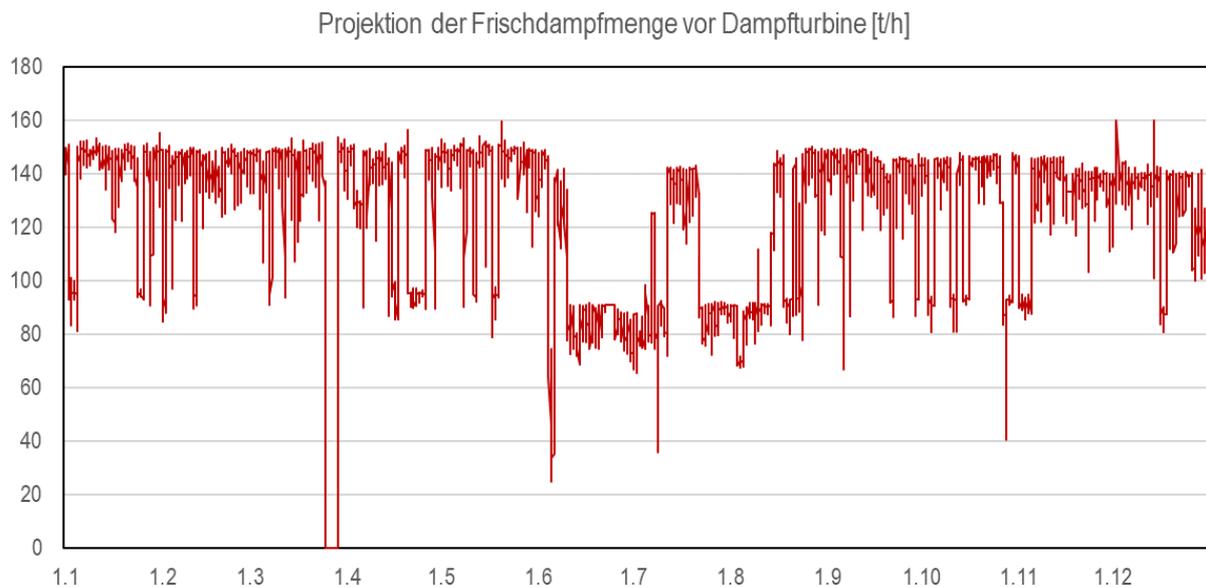


Abbildung 57: Frischdampfmenen MVA Weisweiler, basierend auf IST Werten aus 2021 Quelle: Rohdaten: MVA, Bearbeitung: ENERKO

Die neue Dampfturbine wird auf die Nenn-Dampfmenen inkl. Leistungsreserve ausgelegt mit einer Wärmenennleistung von max. 95 MW_{th} und eine elektrische Nennleistung von ca. 40 MW_{el}.

Insgesamt stehen die dargestellten rd. 1,1 Mio. t Frischdampf zur Verfügung, die mit der geplanten Turbinenanlage ein auskoppelbares Wärmepotenzial von 650 GWh ergeben. Unter Berücksichtigung der Netzverluste und der vertraglich für Inden reservierten Wärmemengen verbleibt ein Potenzial für Aachen frei Stadtgrenze von rd. 570 GWh.

Da dieses Potenzial auch bei sehr optimistischem Fernwärmeausbau in den Sommer- und Übergangsmonaten nicht komplett ausgenutzt werden kann, wird für die Ermittlung des technischen Potenzials ein Wert von 410 GWh angesetzt. Dieser leitet sich aus einer mittleren verfügbaren Wärmeleistung von 70 MW im Winterhalbjahr und 30 MW im Sommer ab.

4.2.6 Potenzial aus Abwärme Industrie und Gewerbe

Unter Abwärme versteht man generell ein Nebenprodukt von Prozessen, die nicht der Wärmeerzeugung dienen. Dazu gehören sowohl Industrieprozesse als auch Dienstleistungen (z. B. durch Rechenzentren oder Wäschereien). Abwärme, die ohne Nutzung an die Umwelt abgegeben würde und die ohne zusätzlichen Brennstoffeinsatz entsteht, ist nach den Bestimmungen des KWP aber auch weiteren Regularien CO₂- und primärenergiefrei. Die Nutzung von industrieller oder gewerblicher Abwärme zur Wärmeversorgung von Gebäuden oder zur Einspeisung in Wärmenetze stellt einen doppelten ökologischen Vorteil dar. Es wird Brennstoffeinsatz eingespart und darüber hinaus wird der Eintrag von Abwärme in die Umwelt beim Lieferanten der Abwärme vermieden [27].

Grundsätzlich lassen sich Abwärmequellen nach Sektor (Industrie, Dienstleistungsbereich oder Sonstige), Medium (Luft, Wasser, Sonstige Stoffströme), Ort (verteilt oder zentral gefasst) und Temperaturniveau unterscheiden.

Auf höherem Temperaturniveau, das eine Nutzung in der Fernwärme oder zur direkten Gebäudeversorgung erlaubt, liegt Abwärme meist nur im industriellen Bereich vor. Aufgrund der wenig industriell geprägten Struktur Aachens sind hier allerdings nur punktuell Abwärmequellen zu erwarten, z.B. im Bereich der Süßwarenherstellung.

Trotz dieser erstmal ungünstigeren Voraussetzungen gibt es auch in dem in Aachen stärker vertretenen Dienstleistungssektor nutzbare Abwärmepotenziale. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn

- größere Wassermengen genutzt und dabei aufgewärmt werden (z.B. Wäschereien, Schwimmbäder),
- zentrale Kühlsysteme vorhanden sind, deren Abwärme in gefasster Form vorliegt (Kühlhäuser, Rechenzentren, Einkaufszentren),
- zentrale Entlüftungssysteme vorliegen mit warmer Fortluft (Bürozentren, U-Bahn-Schächte, Krankenhäuser).

Durch die Vielfältigkeit des Dienstleistungssektors gibt es zahllose Nutzungsmöglichkeiten der z. T. sehr kleinen Abwärmequellen, so dass hier nur die Möglichkeiten einer externer Abwärmenutzung behandelt werden.

Tabelle 11: Abwärmepotenziale im Dienstleistungsbereich. Quelle: AGFW Abwärmeleitfaden, Originaltabelle: ENERKO

Branche	Medium Abwärme	Temperaturbereich Abwärmemedium	Typischer Leistungsbereich	Zeitliche Dynamik und Saisonalität
Wäschereien	Abwasser Abluft	20-60 °C 20-40°C	< 100 kW	meist 1 Schicht-betrieb, aber ganzjährig
Rechenzentren	Kühlwasser	20-30°C	1 MW – 10 MW	meist ganzjährig und durchgehend
Schwimmbäder (Hallenbad)	Abwasser Fortluft	15-20°C 10-25°C	100 – 500 kW	Winterlastig, im Sommer oft Revisionszeiten, Schwerpunkt aber während Öffnungszeiten
Großküchen	Abwasser	20-30°C	<100 kW	Je nach Anwendungsfall, meist nicht durchgehend
Einzelhandel (Kaufhäuser, Einkaufsgalerien)	Fortluft (ganzjährig) Kühlwasser (Sommer)	5-30°C, meist WRG 30-40°C	100 – 500 kW	Öffnungszeiten, meist Mo-Sa, sommerlastiges Angebot
Kühlhäuser	Kühlwasser	30-40°C	100 kW – 10 MW	Sommerlastig, bei Tiefkühlung auch im Winter
Krematorien	Wasser (Kühlkreislauf Abgaskühlung)	60-90°C	100 – 500 kW	meist 1 bis 2 Schicht-betrieb, aber ganzjährig
Krankenhäuser	Fortluft (ganzjährig) Kühlwasser (Sommer) Abwasser	5-30°C, meist schon WRG 30-40°C 10-20°C	100 kW – 1 MW	ganzjährig Kühlwasser nur während Kühlperiode ganzjährig
Kläranlagen	Faulgasverbrennung (Restwärme) Auslaufwasser	~100°C 8-20°C	100 – 500 kW 500 kW-2 MW	nur Sommer, im Winter Eigennutzung ganzjährig, aber saisonale Schwankungen

Um die Abwärmepotenziale in Aachen einzugrenzen, wurden verschiedene Informationsquellen ausgewertet:

- Potenzialstudie NRW des LANUV [12], speziell Tabellen zur gemeinscharfen Potenzialermittlung,
- Energieatlas NRW, Kartierung von Abwärmequellen,
- Emissionsbilanzen größerer Emittenten, veröffentlicht im Emissionskataster Luft NRW (www.ekl.nrw.de),
- Ausgewertete Fragebögen nach Versand an größere Industriebetriebe,
- Austausch in Energieeffizienznetzwerk¹³ Region Aachen,
- Bilaterale Werkstattgespräche mit einzelnen Betrieben und Einrichtungen.

Die erstgenannte Potenzialstudie des LANUV bietet einen ersten Überblick über mögliche Potenzialbereiche, wobei in dieser Auswertung die Bereiche Industrie, Rechenzentren und Elektrolyse aufgeführt sind, weitere Quellen aus dem GHD Bereich aber noch fehlen.

Abwärmepotenzial Aachen gemäß LANUV Potenzialstudie
[GWh_{th}]

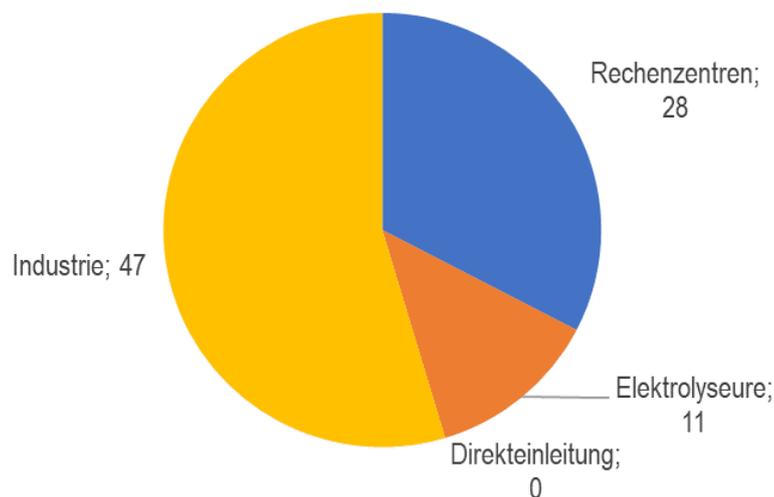


Abbildung 58: Abwärmepotenziale in Aachen basierend auf Wärmestudie NRW Quelle: [12]

Diese Auswertung, die bereits auf das Zieljahr 2045 hochgerechnet ist, zeigt zum einen ein nur begrenztes Quellenpotenzial von weniger als 5% des Wärmebedarfes in Aachen, zum anderen aber keine genaueren Informationen über Art und Lage der Quellen. Auf dieser Grundlage wurden nachfolgend mögliche Quellen und Betriebe genauer anhand von öffentlichen Daten und bilateralen Gesprächen bewertet.

Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Das Gesamtpotenzial von 76 GWh ähnelt dem der LANUV Studie, ist aber etwas anders zusammengesetzt.

¹³ Teilnehmerkreis und mehr Informationen: <https://www.fh-aachen.de/forschung/institute/nowum/forschung-und-entwicklung-am-institut-nowum-energy/nachhaltige-energiesysteme/energieeffizienz-netzwerk>

Tabelle 12: Abwärmepotenziale in Aachen

Sektor	Unternehmen	Branche	Adresse	Abwärme gem. LANUV	Direkt nutzbare Temperatur	Abwärmepotenzial eigene Einschätzung GWh/a
Industrie	Zentis GmbH & Co. KG	Lebensmittel	Jülicher Straße 177	10-100 GWh	ggf. Möglich	30
	Grünenthal GmbH	Pharma	Zieglerstraße 6	1-10 GWh	ggf. Möglich	5
	Lindt & Sprüngli GmbH	Lebensmittel	Süsterfeldstraße 130	k.A.	Nein	20
	FEV	Maschinenbau	Neuenhofstr. 181	k.A.	Nein	<1
	Talbot Services GmbH	Fahrzeugbau	Jülicher Str. 213	k.A.	Nein	<1
	Backbetriebe (Moss, Leo, Lambert, Nobis)	Lebensmittel	verteilt, meist Eilendorf	k.A.	ggf. Möglich	6
Sonstige	Rechenzentrum RWTH	Rechenzentren	Seffenter Weg 23	k.A.	Nein	5
	Datacenter hex/AC	Rechenzentren	Auf der Hüls 172	k.A.	Nein	<1
	Krematorium	öffentliche Gebäude	Friedhof Hüls	k.A.	ggf. Möglich	1
	Zukünftige Elektrolyseanlagen	Gewerbe	noch offen	k.A.	Nein	9
Summe						76

4.2.7 Potenzial aus Abwasserwärme

Eine weitere wichtige potenzielle Abwärmequelle stellt das Abwassersystem dar. Hier liegen zwar keine direkt nutzbaren hohen Temperaturquellen vor, das Abwassersystem hat aber den Vorteil ganzjährig verfügbarer Quelltemperaturen deutlich über der Frostgrenze.

Zu unterscheiden sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Nutzungsarten: Die eher dezentrale Nutzung der Restwärme im Abwasserkanal und die zentrale Nutzung von Wärmequellen an Kläranlagen.

Zentrale Nutzung an Kläranlagen

Die Abwässer aus Aachen sowie einigen weiteren umliegenden Gemeinden werden in mehreren Kläranlagen des Abwasserverbandes WVER gesammelt und gereinigt.

Die bei weitem größte Kläranlage liegt im Norden von Aachen in der Soers und entwässert vor allem die Innenstadt Aachens sowie Teile der Städteregionsgemeinden. Weitere deutlich kleinere Kläranlagen finden sich in Horbach, Eilendorf und Brandt, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Ergänzend sind zur Beurteilung der Lage die Fernwärmenetze in Aachen eingezeichnet und die Einwohnerwerte angegeben, wobei ein Wert von 10.000 EW nach DIN EN 1085 rd. 60-80 m³ mittlerem Durchfluss pro Stunde entspricht.

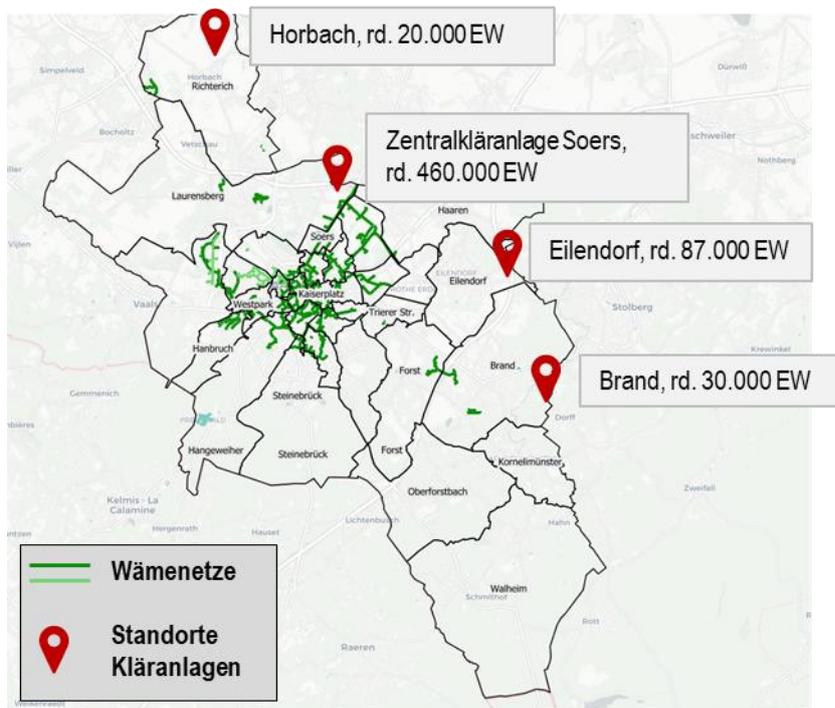


Abbildung 59: Kläranlagen mit Einwohnerwerten mit Lage Fernwärmenetz. Quelle: Abwasserverband WVER, Basiskarte: OpenStreetMap

Zur Wärmenutzung sind hier vor allem die gereinigten Abwässer interessant, da weitere Wärmepotenziale aus der Klärgasverwertung bereits anlagenintern genutzt werden.

An der Kläranlage pumpt ein Auslaufpumpwerk das gereinigte Wasser aus der Kläranlage zum Ablauf (Im Fall der Hauptkläranlage Soers zum Fluss „Wurm“). Dieses Reinwasser ist im Winter deutlich wärmer als die Außenluft oder Flusswasser, so dass eine Nutzung mit Wärmepumpen zur Fernwärmerzeugung ganzjährig möglich wäre und zudem die Gewässerökologie der meist eher zu warmen Oberflächengewässer verbessert würde.

Anhand der Abflussmengen und Temperaturen kann das Wärmepotenzial für eine Wärmepumpe abgeleitet werden, wobei hier eine Auslegung auf die Trockenwetterdurchflüsse ohne Starkregenereignisse angesetzt wurde.

Das rechnerische Wärmepotenzial wurde für die Hauptkläranlage in der Soers bei Abkühlung des Klarwasserablaufes um 4°K und unter Beachtung einer minimalen Ablauftemperatur nach der Nutzung von 4-5 °C im Jahresverlauf ermittelt. Es beläuft sich auf rd. 18 MW und schwankt leicht in Abhängigkeit von der Abwassertemperatur. Bei Installation einer Wärmepumpe und Speisung der Wärme in das Fernwärmenetz mit bis zu 105°C Vorlauftemperatur liegt die verfügbare Wärmeleistung nach Wärmepumpe bei rd. 24 MW bzw. bei 6.000 Vollaststunden rd. 150 GWh Wärme.

Zu dieser Wärmeauskopplung wurden durch das Ingenieurbüro ENERKO bereits umfangreiche Voruntersuchungen durchgeführt, die die technische Machbarkeit bei Einbindung in das Fernwärmenetz im Bereich der FÜS Aachen am Strangenhäuschen bestätigt hat.

Die Abschätzung der Potenziale der drei weiteren Kläranlagen ergibt ein zusätzliches Wärmepotenzial von 48 GWh in Summe, das allerdings lagebedingt deutlich weiter weg von möglichen Wärmesenken und ganz entfernt von bestehenden Wärmenetzen liegt.

Das Gesamtpotenzial zur Wärmeauskopplung wird mit 198 GWh für alle vier Kläranlagen abgeschätzt.

Dezentrale Nutzung aus Abwassersammlern

Abwasser, das aus Haushalten, Gewerbe und Industrie in die Kanalisation gelangt, weist auch nach dem Gebrauch noch eine beträchtliche Temperatur auf. Diese Wärme kann mithilfe Wärmeübertragern im Kanal in Kombination Wärmepumpen zurückgewonnen werden.

Durch diese Wärmetauscher im Kanalsystem und Wärmepumpen kann diese Wärme effizient und umweltfreundlich zum Heizen größerer Gebäude oder Quartieren genutzt werden [28].



Abbildung 60: Abwasserwärmetauscher (Bildquelle: Fa. Uhrig (oben), Stadtwerke Aachen (unten))

Die Technik und ihre Komponenten sind grundsätzlich ausgereift und es gibt auch zahlreiche Beispielprojekte, z.B. in Aachen selber am Europalatz im Projekt AWWNA Wiesenthal (vgl. [29]). Die Abwasserwärmenutzung aus Kanalsystemen ist eine langfristig sichere und erneuerbare Energiequelle und leistet damit vor allem im höher verdichteten städtischen Raum einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz.

Abbildung 61 zeigt das Abwasserkanalnetz und die Zuordnung der Kanäle zu den Kläranlagen Aachens.

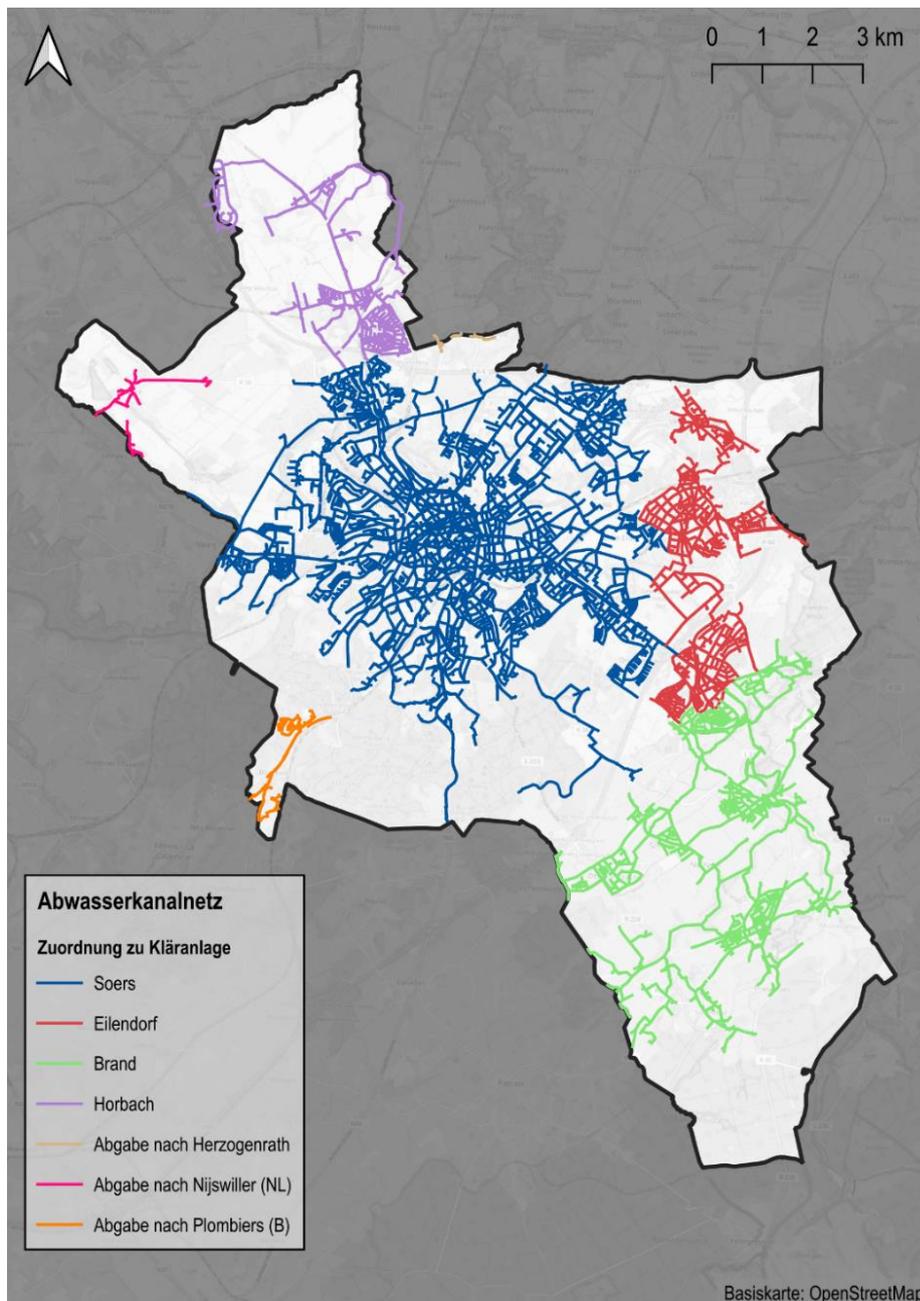


Abbildung 61: Abwasserkanalnetz

Üblicherweise ist eine Mindestgröße des Kanals von DN 700 und des Trockenwetterdurchflusses von > 30 l/s erforderlich, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen. Typische Projekte kommen auf eine Entzugsleistung von rd. 100 kW pro 100 m Wärmetauscher im Kanal, wobei der Ertrag meist höher ist, wenn mit einem Austauschmedium mit Frostschutzmittel (Sole statt Wasser) gearbeitet werden kann. Die in der Bestandsaufnahme enthaltene Abbildung 34 stellt die geeigneten Kanäle (ab DN 700) für das Stadtgebiet Aachen dar.

Das Wärmepotenzial von Abwasser hängt von dem Volumenstrom und der möglichen Temperatursenkung ab. Um die biologischen Stufen in der Kläranlage nicht zu beeinträchtigen, sollte für die Temperaturabsenkung eine Bagatellgrenze von 0,5 K, geltend für den Gesamtvolumenstrom zur Kläranlage, eingehalten werden [28]. Basierend auf diesen Annahmen lässt sich das theoretische Wärmepotenzial, welches über eine Wärmepumpe (COP=2.5) bereit gestellt würde, ermitteln:

Tabelle 13: Erzeugungspotenzial aus Abwasserkanläen, aufgeteilt auf die Einzugsbereiche der Kläranlagen.

Kläranlage	Abwassermenge	Theoretisches Entzugspotenzial	Theoretisches Wärmepotenzial
Soers	26,0 Mio. m ³ /a	15,2 GWh/a	25,3 GWh/a
Eilendorf	4,9 Mio. m ³ /a	2,9 GWh/a	4,8 GWh/a
Brand	1,6 Mio. m ³ /a	0,9 GWh/a	1,6 GWh/a
Horbach	1,1 Mio. m ³ /a	0,6 GWh/a	1,1 GWh/a

In Summe beträgt das theoretische Wärmepotenzial von Abwasser somit 32,7 GWh/a. Wird beispielhaft und unter Einbezug typischer Jahresdauerlinien eine technisch sinnvolle Wärmepumpenauslegung für den Standort vor der Kläranlage gewählt, ergibt sich das technische Potential zu insgesamt 19,6 GWh/a. Dieses gesamte Potential kann sich theoretisch auf mehrere kleinere Abwasserwärmepumpen im Stadtgebiet verteilen. Dabei ist zu beachten, dass die Auslegung der Wärmepumpe, und somit auch der Anteil vom technischen am theoretischen Abwasserwärmepotenzial, je nach Standort und die Nutzungszweck (Gastbereich, Vollaststundenzahl) variieren kann. Als Standorte bieten sich vor allem Gebiete in deutlicher Entfernung von der Kläranlage an oder Bereiche mit oberflächennahen Thermalwasser, da hier eine gute Regeneration des Abwassers gegeben ist. Schwerpunkt sollte hier aufgrund der einfacheren Genehmigungslage und nach Vorgabe der Stadt Aachen die Versorgung städtischer Liegenschaften sein. Das technisch nutzbare Potenzial wird daher nochmals um 50% reduziert und mit 10 GWh abgeschätzt.

4.2.8 Potenzial aus Wasserstoff im Wärmemarkt

Wasserstoff als Energieträger liegt in unserer Umwelt immer in gebundener Form vor. Den Löwenanteil an gebundenem Wasserstoff findet man in Form des Wassers, doch ist die Gewinnung von Wasserstoff physikalisch unabdingbar mit einem hohen Einsatz von Energie, i.d.R. als Strom für Elektrolyse.

Die in der Elektrolyse eingesetzte Energie stammt derzeit zumeist noch aus nicht regenerativen Energiequellen wie Kohle oder Gas. Wird Wasserstoff aus diesen Energiequellen gewonnen, spricht man von „grauem Wasserstoff“. Es existieren weitere „Farben“ des Wasserstoffs, je nachdem wie die Gewinnung erfolgt. Um den Wasserstoff nachhaltig für die Wärmegewinnung einzusetzen, darf dieser nur aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen werden. Insbesondere „grüner Strom“ spielt hier eine entscheidende Rolle. „Grüner Strom“ zur Gewinnung von „grünem Wasserstoff“ steht jedoch in absehbarer Zeit in den benötigten Mengen nicht zur Verfügung, der heutige Anteil von „grünem Wasserstoff“ liegt lediglich bei 0,2 TWh und damit bei weniger als einem Tausendstel des Gasbedarfes insgesamt.

So werden aktuell in Deutschland zwar bereits über 50 % des gesamten Strombedarfs (1. HJ 2024) durch „grünen Strom“ gedeckt, jedoch reichen diese Mengen derzeit nicht aus, um die Nachfrage der Sektoren Wärme, Verkehr und Industrie zu bedienen. Erst wenn in Zukunft ausreichend große Grünstromkapazitäten verfügbar sind, könnten nennenswerte Beiträge aus der Wasserstoffwirtschaft für den Wärmesektor geleistet werden, eine direkte Nutzung des Stromes – sofern möglich – geht aber mit einer höheren Effizienz einher. Damit verbunden ist derzeit auch noch die Frage der Speicherung von dann „grün“ gewonnenem Wasserstoff. Hier gibt es Überlegungen, das bestehende Erdgasnetz so umzurüsten, dass dieses als Speicher und Verteilnetz fungieren kann. Solange jedoch in Anbetracht der offenen Fragen beim Wasserstoff diese zentralen Aufgaben noch nicht gelöst sind, kann dieser mittelfristig in der Wärmeversorgung keine zentrale Rolle spielen.

Die Umstellung und Erweiterung der Gasinfrastruktur wird von der FNB Gas (Die Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e. V.) als Zusammenschluss der Ferngasbetreiber in Abstimmung mit der Bundesregierung und der Bundesnetzagentur vorangetrieben. Ein Schwerpunkt der FNB ist die Netzentwicklungsplanung für Gas und Wasserstoff auf der Transportebene. Unter diesem Rahmen ist im Juli 2024 der Antrag für das Wasserstoff-Kernnetz bei der BNetzA abgegeben worden [30], indem der Rahmen für die auch für diese Wärmeplanung relevante Ausbauplanung skizziert ist.

Die Abbildung 62 zeigt den Planungsstand des Kernnetzes. Im Rahmen der weiteren zukünftigen Wasserstoffnetzentwicklung können natürlich auch weitere Kreise an das Wasserstoff-Kernnetz angebunden werden. Es wird aber deutlich, dass das Wasserstoff-Kernnetz bereits für die erste Ausbaustufe die Städtereion Aachen sowohl für Einspeisemengen als auch Ausspeisemengen vorsieht.

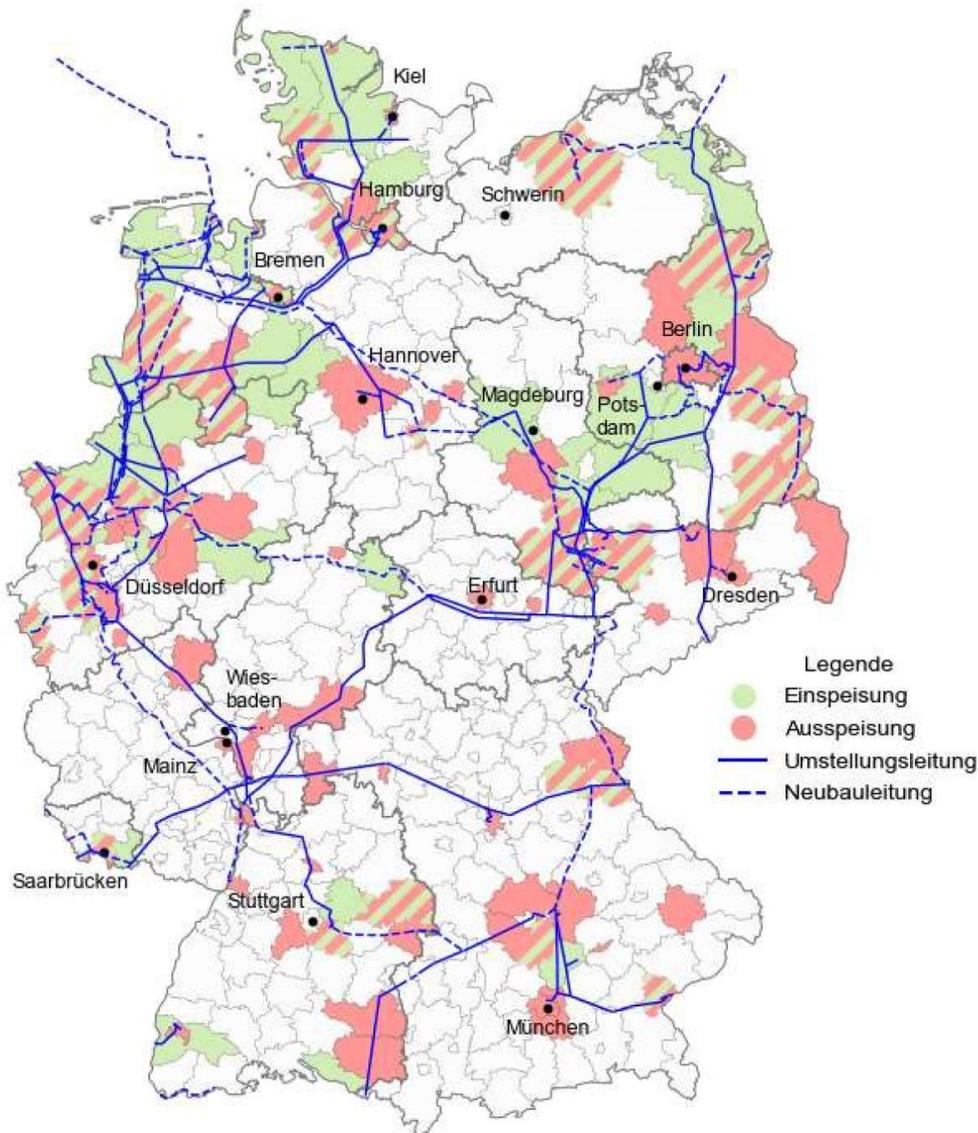


Abbildung 62: Stand Wasserstoffkernnetz mit geplanten Ein- und ausspeisegebieten. Quelle: FNB [30]

Angenommen „grüner Wasserstoff“ wäre in ausreichender Quantität vorhanden, gäbe es bereits heute die technischen Möglichkeiten, diesen in der Wärmeversorgung einzusetzen. So existieren schon jetzt Heizkesselsysteme, die mit dem Brennstoff Wasserstoff betrieben werden können („H₂ ready“). Auch existieren hybride Systeme auf Grundlage der Brennstoffzellentechnologie. Hierbei kommt die sogenannte Kraft-Wärme-Kopplung zum Einsatz, jedoch auf chemischer Basis. „Klassische“ KWK-Anlagen auf Motorenbasis oder Gasturbinen sind in der heutigen Entwicklungsstufe ebenfalls auf Wasserstoff umrüstbar, wobei hier Gasturbinen wegen der externen Brennkammer leichter und flexibler sowohl mit Erdgas als auch Wasserstoff oder Gemischen daraus betreibbar sind.

Während der Einsatz von Wasserstoff in zentralen Anlagen (KWK-Anlagen oder Spitzenkessel in Verbindung mit dem Wärmenetz) sowie in ausgewählten industriellen und gewerblichen Prozesswärmeanwendungen perspektivisch durchaus relevant werden kann und abhängig von der Entwicklung der Wasserstoff-Übertragungsnetze in der Wärmeplanung untersucht und berücksichtigt werden sollte, ist der Einsatz von Wasserstoff in dezentralen Heizungen aus Sicht der

Autoren sowie der Stadt Aachen und des lokalen Netzbetreibers Regionetz nicht in der Flächenversorgung vorgesehen, auch in der nationalen Wasserstoffstrategie ist dies ebenso angelegt. Zudem erschwert die aktuelle Regulatorik die verbindliche Festlegung von Wasserstoffgebieten, da in diesem Fall Versorgungsgarantieren durch den Gasnetzbetreiber eingegangen werden müssten. Es wird also aller Voraussicht nach keine Wasserstoffheizungen in Haushalten und im gewerblichen Bereich geben.

Für den Gebäudesektor stehen mit den in den vorigen Abschnitten beschriebenen Potenzialbereichen Wärmenetze, Wärmepumpen, Solarthermie, Geothermie, Abwärme und Biomasse diverse Technologien zur Verfügung, die vorteilhaft gegenüber dem Einsatz von Wasserstoff sind.

Die Bereitstellung von Wärme mittels Wasserstoff benötigt 6- bis 10-mal so viel Strom wie die Bereitstellung von Wärme mittels Wärmepumpe. Bei Solarthermie, Geothermie, Biomasse, Abwärme und daraus gespeisten Wärmenetzen liegt der Strombedarf nochmals deutlich niedriger. Aufgrund physikalischer Grundgesetze (Hauptsätze der Thermodynamik) wird technologischer Fortschritt die geringe Gesamteffizienz der Wärmebereitstellung mittels Wasserstoff im Vergleich zu den anderen Technologien nicht wesentlich verbessern können, gleichwohl ist Wasserstoff speicherbar und erhöht die zeitliche Flexibilität.

Ein auf Aachen eingrenzbare Potenzial lässt sich heute nur schwer festlegen bzw. aus vorliegenden Daten ableiten. Der Anteil wasserstoffbasierter Elemente im Zielszenario sollte aber aufgrund des erst langsam anlaufenden Transformationspfades und der erheblichen Umwandlungsverluste in der Produktions- und Transportkette möglichst begrenzt sein (vgl [31]).

Ein Beginn der Versorgung ist aufgrund der aktuellen Zeitplanungen im Zieljahr 2030 noch nicht zu erwarten, frühestens ab 2035 und dann für 2040 und 2045 wird hier für die Ableitung der Energiebilanzen ein H₂ Anteil erwartet. Das maximale H₂ Einsatzpotenzial in Aachen wird mit 500 GWh angenommen, wobei eine etwa hälftige Anwendung für industrielle Prozesswärme und für KWK Einsatz und Spitzenwärme in Nah- und Fernwärme erwartet wird.

Das Potenzial der Wasserstofferzeugung durch Elektrolyse innerhalb des Stadtgebietes wird dem aktuellen Stand der gemeldeten Projekte im Netzentwicklungsplan ([30], Anlage 1) folgend mit 35 GWh abgeschätzt.

Das Erzeugungspotenzial ist also bei weitem niedriger als das Nutzungspotenzial, was durch die Lage Aachens mit hohem Wärmebedarf bei gleichzeitig geringem Überschussstrom aus Erneuerbaren Quellen bedingt ist. Mit der Nähe zum deutschen Wasserstoffkernnetz kann diese Lücke zukünftig geschlossen werden.

4.3 Räumlich verortete und quantifizierte Potenziale erneuerbarer Stromquellen für Wärmeanwendungen

Das bestehende Temperaturniveau der Wärmequellen aus Erneuerbaren Energien ist oft nicht ausreichend, um sie direkt zu nutzen. Durch den Einsatz von Strom kann dieses jedoch, in der Regel mittel Wärmepumpen, angehoben werden. Ebenso gibt es weiterhin Heizsysteme, bei denen der Strom direkt in Wärme umgewandelt wird, wobei ein besonders hoher Stromverbrauch zu verzeichnen ist. Um den benötigten Strom klima- bzw. treibhausgasneutral zu beziehen, muss dieser mittelfristig aus Erneuerbaren Energien erzeugt werden. Mit einem Anteil von 56,0 % stammte der im Jahr 2023 erzeugte und ins Netz eingespeiste Strom mehrheitlich aus erneuerbaren Energieträgern (Statistisches Bundesamt). Zur Erreichung des Ziels der Transformation zu einer nachhaltigen und treibhausgasneutralen Stromversorgung soll dieser Anteil gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz (§1 (2) EEG 2023) auf 80 Prozent im Jahr 2030 gesteigert werden. Als lokale Potenziale für erneuerbare Stromquellen, die zur Wärmeerzeugung genutzt werden könnten, kommen die Wind- sowie Solarenergie in Betracht. Aufgrund des konträren Verlaufs des Wärmebedarfs zur Stromerzeugung mittels Solarenergie, ist diese allerdings nur eingeschränkt zu nutzen. Beim Ausbau der erneuerbaren Stromquellen sowie einer erhöhten Nutzung strombasierter Wärmeerzeuger muss die Kapazität der Stromnetze im Blick behalten werden. Die Infrastruktur im Stadtgebiet muss der wachsenden Elektrifizierung und dem Anstieg von großen Verbrauchern standhalten und weist daher punktuell auch Ausbau- und Erweiterungsbedarf auf. Im Folgenden wurden im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung daher sowohl eine Analyse lokaler Photovoltaik-Potenziale für Dach- und Freiflächen als auch eine Analyse der Windenergiepotenziale mittels Geoinformationssystemen vorgenommen.

4.3.1 Photovoltaik

Bei der folgenden Analyse des Potenzials für Photovoltaikanlagen wurden die im Abschnitt 4.2.3 für Solarthermie identifizierten Flächenpotenziale weiterverwendet und unter Kriterien der Eignung nochmals ausgewertet.

Freiflächen

Bisher werden rund 4 GWh/a auf 5,8 ha im Stadtgebiet durch Freiflächen-Photovoltaikanlagen erzeugt. Durch Ansatz der gleichen Ausschlusskriterien bzw. Flächenanforderungen wie für die Freiflächenpotenziale der Solarthermie (vgl. S. 80ff) ist für das Stadtgebiet ein theoretisches Flächenpotenzial von 2927 ha vorhanden, welches für Photovoltaikfreiflächenanlagen genutzt werden könnte. An dieser Stelle wurden auch Parkplatzflächen mit rund 7 ha berücksichtigt, die sich für sogenannte Parkplatz-Photovoltaikanlagen als Sonderform der Freiflächenanlagen eignen würden. Unter der Annahme, dass diese Flächen für einen Photovoltaikausbau zur Verfügung stehen, die sowohl im Förderbereich des EEG liegen und dabei keiner landwirtschaftlichen Bodennutzung mit ergiebigen Bodenwerten unterliegen, ergibt sich ein verbleibendes Flächenpotenzial von rund 353 ha, auf denen theoretisch Anlagen mit einer Leistung von 458 MWp errichtet werden könnten. Flächen, welche gemäß EEG eine Förderung erhalten können, sind beispielsweise Flächen im Bereich von 500 Metern als Randstreifen von Autobahnen und Bahnstrecken oder große Parkplatzflächen. Strom aus Photovoltaikanlagen, insbesondere auf EEG-Flächen, wird aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten sowie durch Förderungen häufig direkt in das Stromnetz eingespeist, wodurch dieser nur indirekt der Wärmeversorgung zur Verfügung steht. Durch die mittlere Solareinstrahlung der Potenzialflächen, welche durch Auswertung der Daten des LANUV erhoben wurde, könnten dabei rund 460 GWh/a Strom erzeugt werden.

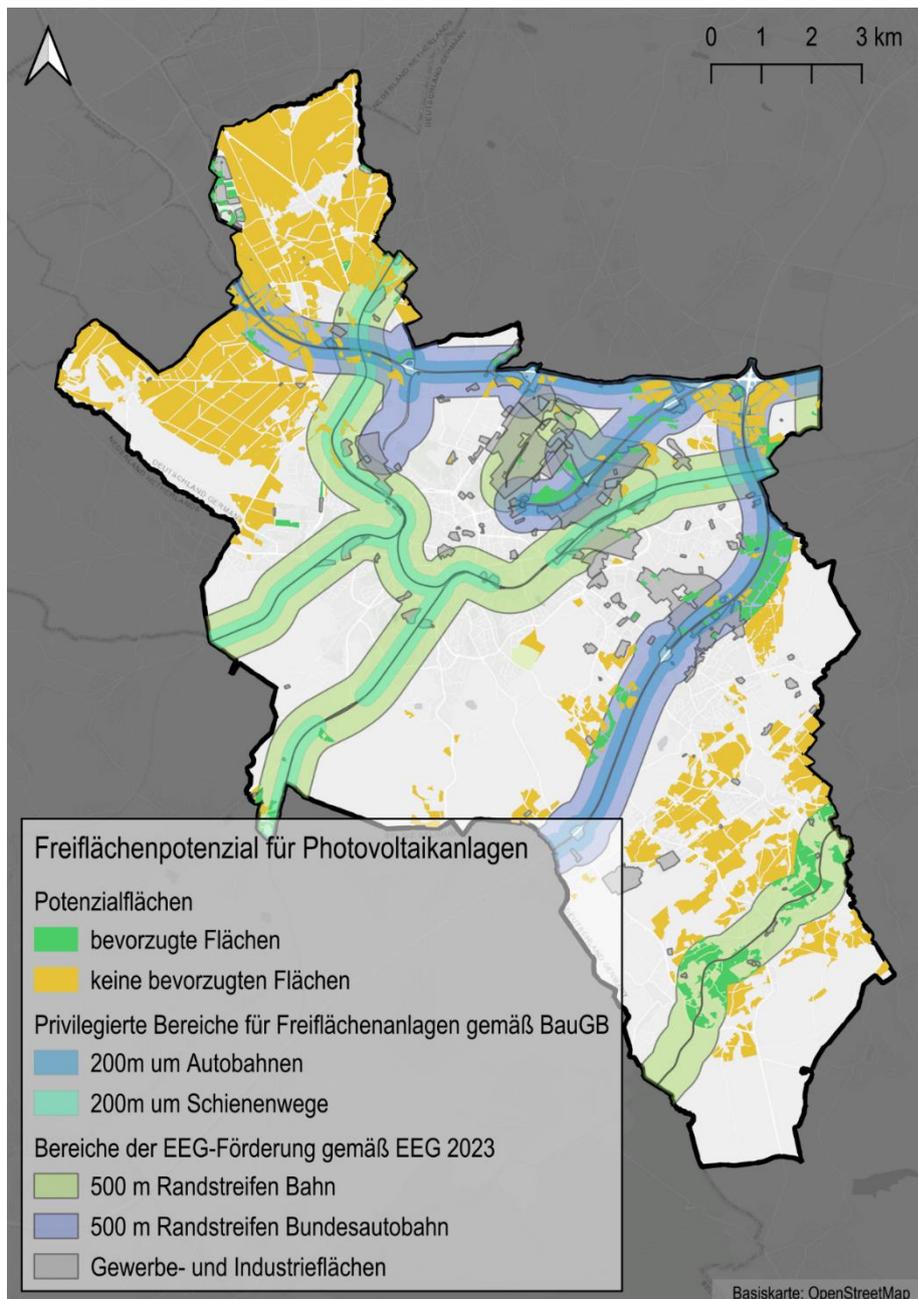


Abbildung 63: Theoretisches Freiflächenpotenzial für PV-Anlagen (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: LANUV)

Von dem Flächenpotenzial sind rund 305 ha landwirtschaftliche Flächen. Sollte eine reine Nutzung für Freiflächen-PV-Anlagen dem landwirtschaftlichen Nutzen der Fläche entgegenstehen, könnten auf diesen Flächen auch sogenannte Agri-PV-Anlagen umgesetzt werden, sodass eine duale Nutzung ermöglicht wird. Mit dieser Form der Anlagenaufstellung würde auf diesen Flächen die installierbare Leistung von rund 398 MWp auf 168 MWp reduziert. Unter der Annahme, dass eine gemischte Umsetzung aus Freiflächen-PV-Anlagen und Agri-PV-Anlagen auf landwirtschaftlichen Flächen priorisiert wird, läge das Potenzial der Stromerzeugung bei 228 GWh/a.

Die in Abbildung 63 grün dargestellten Potenzialflächen geben das bevorzugte theoretische Gesamtflächenpotenzial an. Inwiefern dieses unter Berücksichtigung der Nutzung der Flächen zu landwirtschaftlichen Zwecken und schützenswerten Raumbestandteilen tatsächlich genutzt oder um Teile nicht bevorzugt zu berücksichtigender Potenzialflächen erweitert werden kann, muss in einem nachfolgenden Arbeitsschritt detailliert untersucht werden. Dies bedeutet, dass ebenso wie

bei der Solarthermie in einer weiteren Prüfung potenziell geeignete Flächen mit anderen Aspekten sowie der Konkurrenz zu anderen erneuerbaren Energien für die Flächennutzung abgewogen werden müssen.

Dachflächen

Das dezentrale Potenzial durch Nutzung der Dachflächen zur solaren Stromerzeugung wird ebenfalls ermittelt. Nach Auswertung der Angaben des LANUV sowie des Marktstammdatenregisters werden bisher bereits rund 55 GWh/a Strom durch bestehende PV-Anlagen auf Dachflächen in Aachen erzeugt. Als Datengrundlage dient dabei das Solarkataster des LANUV. Bei der Analyse wird die Einstrahlung auf die Dächer auf die zusammenhängenden Gebäude aggregiert. Ausgeschlossen werden Flächen, welche als ungeeignet gelten, z. B. unpassende Ausrichtung der Dachflächen, Störfächen wie Dachfenster, Satellitenschüsseln und Antennen sowie denkmalgeschützte Gebäude. Bei einer Berücksichtigung von 90 % der Dachfläche für die Aufstellung von Solarmodulen wird das Stromerzeugungspotenzial aus der mittleren Globalstrahlung der Flächen berechnet. Für das gesamte Stadtgebiet von Aachen konnte dabei ein technisch, also maximal mögliches Potenzial in Höhe von rund 359 GWh/a ermittelt werden. Abzüglich der bereits installierten PV-Anlagen bleibt ein technisches Potenzial von 304 GWh/a verfügbar. Unter der Annahme, dass Solarthermieanlagen zur Heizungsunterstützung sowie Warmwasserbereitung gut 20% der Flächen in Anspruch nehmen, würde sich das Potenzial der PV-Anlagen auf rd. 243 GWh/a vermindern. Bei einer wirtschaftlichen Betrachtung würde ein deutlich geringeres Potenzial aufgezeigt werden, da insbesondere in Wohngebäuden PV-Anlagen auf deutlich geringere Anteile an der Dachfläche ausgelegt werden. In Bezug auf die politischen Ausbauziele und neuen Gesetzgebungen durch u.a. das Solarpaket I, ist dennoch von einem großen Ausbaupotenzial auszugehen.

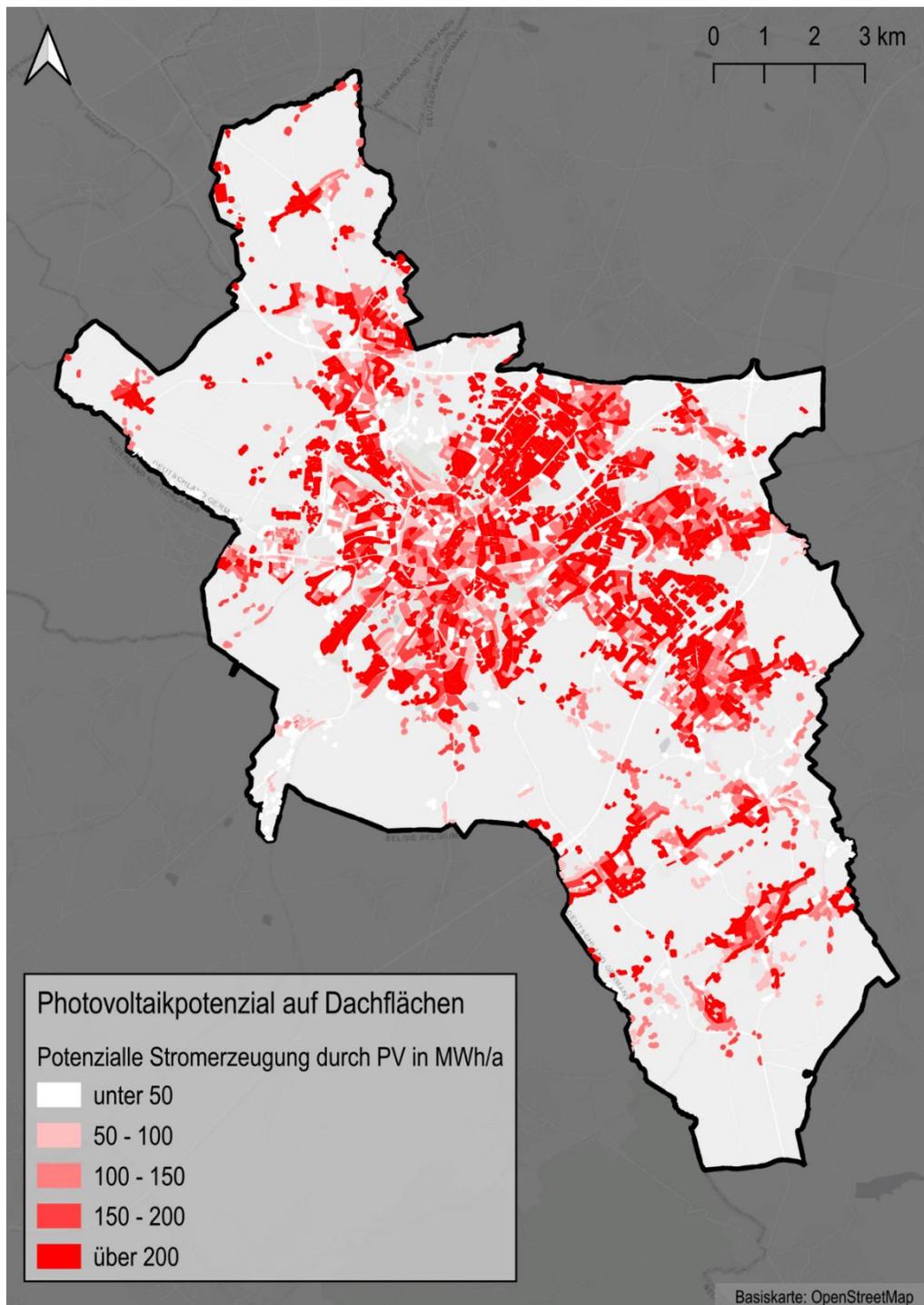


Abbildung 64: Potenzielle Stromerzeugung durch PV-Dachflächen (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: LANUV)

In Abbildung 64 zeigt die Darstellung das gesamte technische Photovoltaik-Potenzial auf Dachflächen auf Baublockebene in MWh pro Jahr. Unter der Annahme, dass 20% des Potenzials durch Anlehnung an Bundesziele ausgeschöpft werden können, können damit weitere rd. 49 GWh/a aus erneuerbaren Energien der Stromerzeugung hinzugefügt werden.

4.3.2 Windkraft

Der Strom aus Windkraft kann im Gegensatz zu Solarenergie sogar eher in den Wintermonaten vorliegend sein, wenn der Wärmebedarf hoch ist und unterstützt damit die Wärmeversorgung. Dennoch ist er volatil und kann nicht ganzjährig den lokalen Bedarf zur Wärmeerzeugung decken. Allerdings unterstützt er die Transformation zu einer

treibhausgasneutralen Stromerzeugung in Deutschland, was letzten Endes entscheidend ist. Im Stadtgebiet Aachen gibt es derzeit 22 bestehende Windenergieanlagen, wobei 10 Anlagen bereits älter als 20 Jahre sind. Die älteren Anlagen wurden mit einer Nennleistung von 0,8 MW bis 1,8 MW und einer Nabenhöhe von maximal 67 m im Nord-Westen des Stadtgebiets errichtet. Die neueren Anlagen wurden 2015-2016 mit einer Nennleistung von 2,75 MW bis 3,3 MW und einer Nabenhöhe von maximal 140 m im Norden sowie im Süden des Stadtgebiets errichtet. Insgesamt sind damit im Stadtgebiet Anlagen mit einer Nennleistung von rund 54 MW in Betrieb.

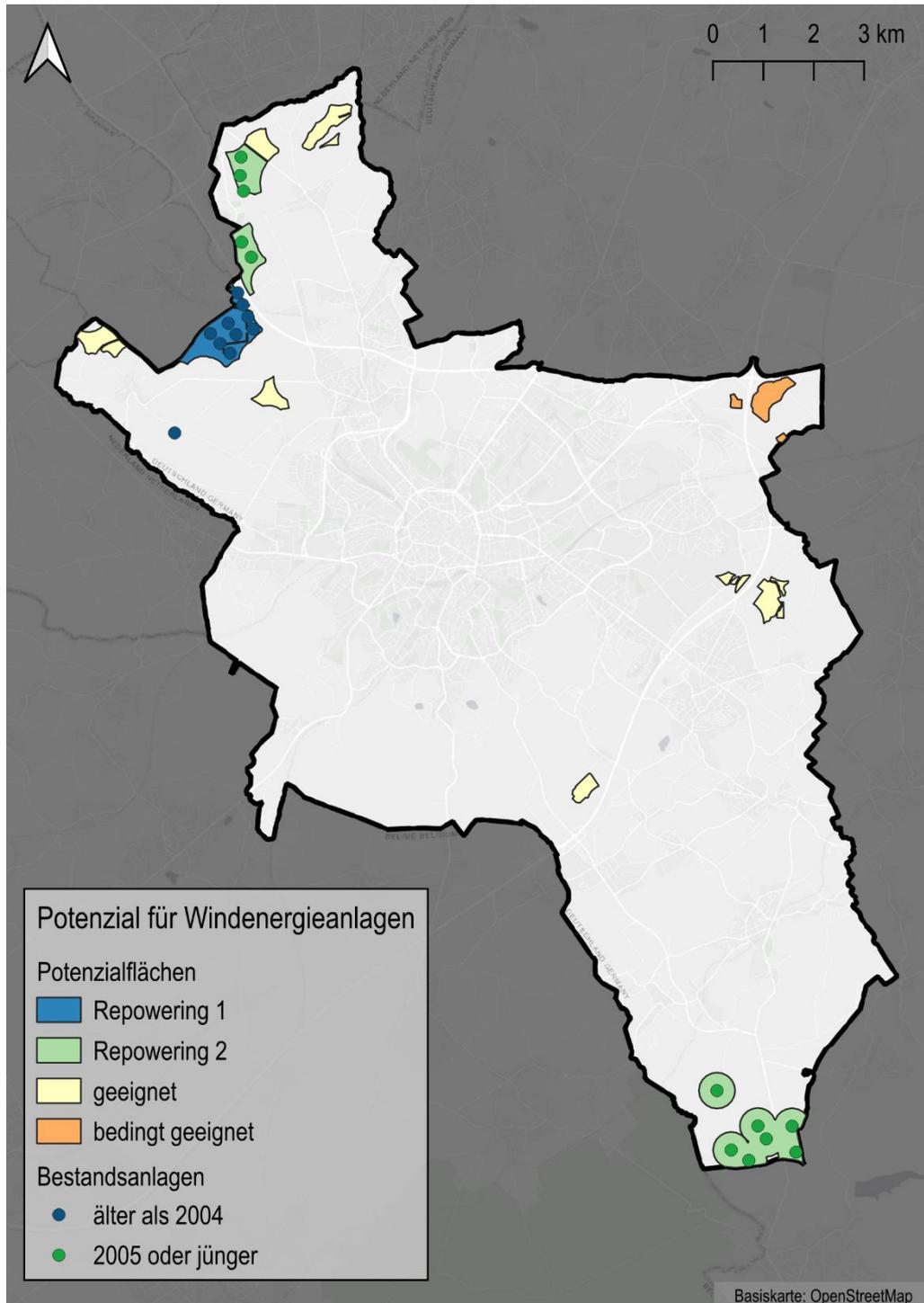


Abbildung 65: Potenzialflächen für Windenergieanlagen (Darstellung: Gertec GmbH, Stand 2024, Datengrundlage: LANUV, Stadt Aachen)

Basierend auf der aktuellen Flächenanalyse des LANUV konnten weitere Potenzialflächen für Windenergieanlagen auf dem Aachener Stadtgebiet identifiziert werden. Aufgrund bestehender Restriktionen, insbesondere für die maximale Höhe von Anlagen, sind diese Flächen für moderne Anlagen zu prüfen. In der Analyse zur Eignung der Flächen wurden

Kriterien der betreffenden Flächen wie der Abstand zu konkurrierenden Nutzungen, bspw. von Siedlungs- und Verkehrsflächen, Wald- und Gewässerflächen, ebenso berücksichtigt wie mögliche Einflüsse auf die Umwelt, insbesondere in (Natur-)Schutzgebieten, deren schützenswerter Bestandteil einer Nutzung der Fläche möglicherweise widersprechen könnten. Für die älteren Anlagen ist ein Repowering, also eine Erneuerung der bestehenden Anlagen, zu prüfen. Damit könnte der bisherige Ertrag erhöht werden, wobei eine Höhenrestriktion durch die Vorgaben der Flugsicherungsbehörden in Bezug auf das vorhandene Geländeniveau weiterhin besteht und damit die Größe der Windenergieanlagen (WEA) einschränkt. Aktuell liegt der gesamte Ertrag aus Windenergie bei etwa 146 GWh pro Jahr. Dieser Ertrag fließt auch zukünftig in die lokale erneuerbare Stromerzeugung und somit auch in die klimaneutrale Wärmeversorgung ein und könnte noch weiter angehoben werden.

Unter der Annahme, dass die in Abbildung 65 abgebildeten Bestandsanlagen durch Repowering erhalten werden und zudem die für geeignet befundenen Potenzialflächen, welche derzeit in einem Flächennutzungsplanverfahren avisiert sind, für den Windenergieausbau zur Verfügung stehen, könnten 10 weitere WEA mit insgesamt rund 45 MW errichtet werden. Unter dieser Annahme könnte der Ertrag aus Windenergie für die Stadt Aachen auf rund 267 GWh/a ausgeweitet werden. Mit dieser Erweiterung der als geeignet dargestellten Flächen würden insgesamt rund 2,5 % des Stadtgebietes für Windenergie ausgewiesen werden. Damit kann ein kommunaler Beitrag zur Unterstützung der Flächenziele des Bundes zum Windenergieausbau geleistet werden. Diese Analyse kann weitere Prüfschritte nicht vorwegnehmen. Diese potenziell geeigneten Flächen müssen daher unter Umweltaspekten, Aspekten der Stadtentwicklung und -planung weiter geprüft sowie in Konkurrenz zu anderen erneuerbaren Energien betrachtet und mit dem Interesse am Ausbau der Windenergie in der Stadt Aachen abgewogen werden.

4.4 Zusammenfassung der Potenzialanalyse

Die folgende Tabelle 14 fasst die Einspar- und Erzeugerpotenziale aller untersuchten Bereiche zusammen. Eine Addition der Potenziale ist nicht in allen Fällen möglich, da es z.T. Nutzungskonkurrenzen gibt und die Erzeugungspotenziale in einigen Fällen deutlich über die jeweiligen Wärmesenken der Gebäude oder von Wärmenetzen hinausgehen. Zu beachten ist weiterhin, dass die Wärmequelle „Luft“ nicht mit aufgenommen wurde, da sich hier ein Angebotspotenzial wegen der grundsätzlich überall vorhandenen Verfügbarkeit nicht sinnvoll rechnerisch abgrenzen lässt. In der Abbildung 66 sind die Wärmepotenziale auch noch grafisch dargestellt, wobei hier eine etwas andere Aufteilung gewählt wurde und unterschieden wird in

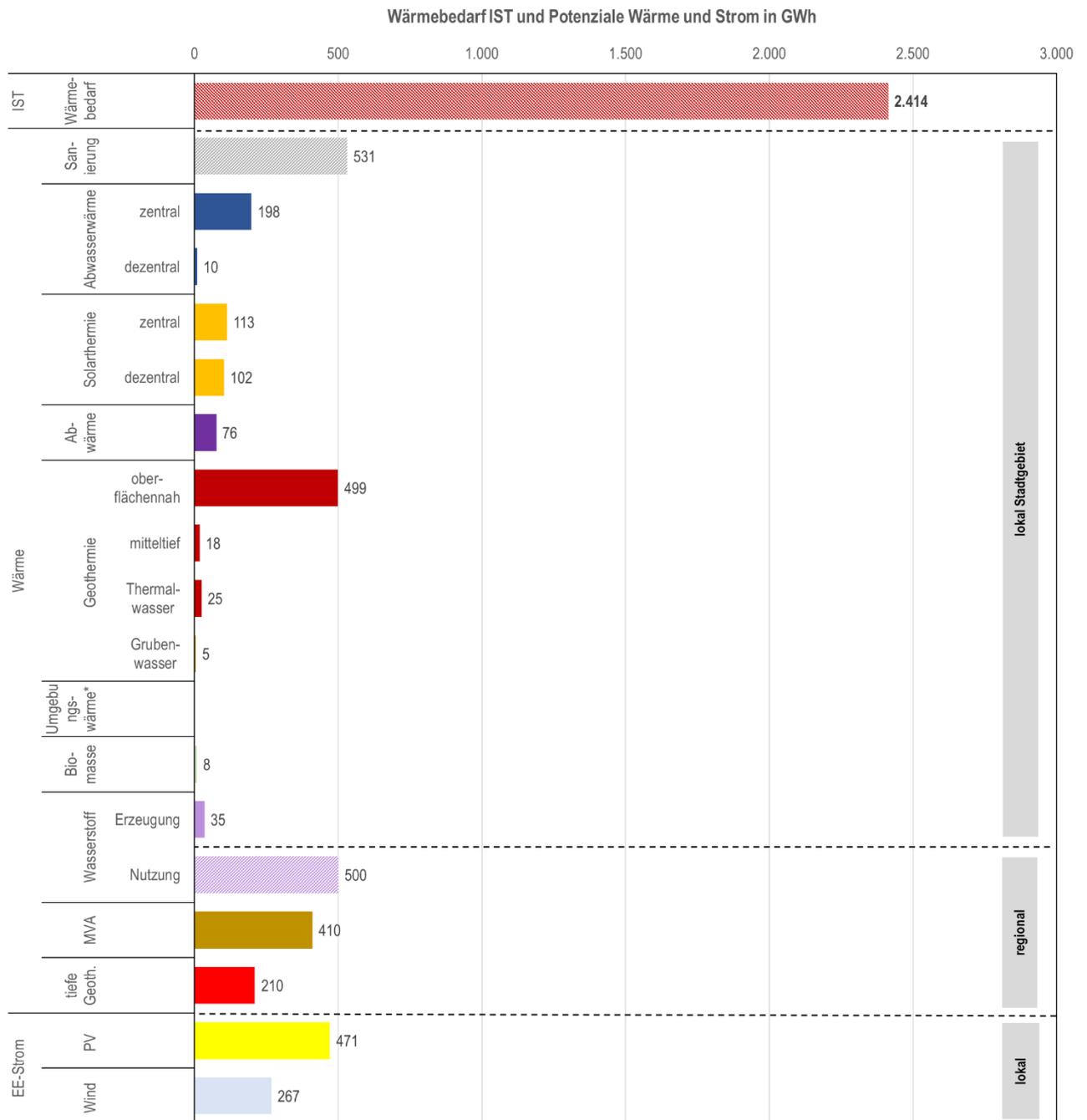
- lokal im Stadtgebiet verfügbaren Quellen und
- regional verfügbaren Quellen mit Abgrenzung auf den für Aachen nutzbaren Anteil (MVA Abwärme, tiefe Geothermie, Wasserstoff aus vorgelagerter Erzeugung).

Tabelle 14: Übersicht Wärmebereitstellungspotenziale sowie Erneuerbare Stromerzeugungspotenziale

EE/Technologie	IST	Potenzial	Anmerkung
Wärme	GWh _{th}	GWh _{th}	
Gebäudesanierung		531	mittleres Sanierungsszenario
Solarthermie		215	
...Dachflächen	3	102	
...Freiflächen	0	113	Angebotspotenzial nach Saisonspeicherung
Tiefe Geothermie		223	
... Hydrothermal	0	210	Annahme: 3 für Aachen nutzbare Bohrdubletten
... Mitteltief	0	18	Annahme: 10 Quartierslösungen mit 80 Mitteltiefen Sonden
... Grubenwasser	0	5	Nutzungspotenzial nur im Aachener Norden
Oberflächennahe Geothermie		524	
... gebäudenah	rd. 8	499	Grundstückbezogene Potenziale mit Erdsonden
... Thermalwasser	<5	25	Schwertbad, Rosenbad, Carolustherme
Umgebungswärme		n.d.	
... Luft dezentral & zentral	rd. 35	Nicht definiert	Nicht sinnvoll bewertet, da Luft angebotsseitig immer vorhanden ist
... Oberflächenwasser	0	0	Keine nutzbaren Fließgewässer
Biomasse		10	
... Waldrestholz	Nicht erfasst	0	Nur Waldrestholz aus nachhaltiger Bewirtschaftung von Waldflächen im Stadtgebiet
... Biogas aus regionale Bio-masse	Nicht erfasst	8	Vergärbare Reststoffe im Stadtgebiet
Abwärme		700	
... dezentral (Kanal)	1	10	IST: Projekt AWNA Wiesenthal, Potenzial Abschätzung anhand Bagatelldgrenze Abwasserauskühlung:
...Abwasserwärme zentral	0	198	Hauptpotenzial Kläranlage Soers + 3 weitere
...Abfall	0	410	Potenzial MVA Weisweiler nach Transport
... Abwärme Industrie & Gewerbe	0	76	Inkl. Rechenzentren, Elektrolyse und Industrie
Wasserstoff		500	
... Nutzungspotenzial	0	500	Gewerbliche Anwendungen, KWK und Heizwerke
...Erzeugungspotenzial Elektrolyse	0	35	Elektrolyse gem. Netzentwicklungsplan H2 (in Summe unberücksichtigt, um Doppelzählung zu vermeiden)
Strom			
Photovoltaik		417	
... Freiflächen PV	4	228	Ausbaupotenzial inkl. Agrarflächen
... Dachflächen-PV	55	243	Ausbaupotenzial Dachflächen
Windkraft		267	
... Windkraftanlagen Stadtgebiet	146	267	

Aus beiden Darstellungen lässt sich gut erkennen, dass die Gesamtpotenziale deutlich über dem heutigen Wärmebedarf liegen, auch ohne die Einbeziehung von Luft als grundsätzlich überall verfügbare Quelle für dezentrale Wärmepumpen. Wichtigster Baustein ist mit rd. 700 GWh die Nutzung verfügbarer Abwärmequellen inkl. der Müllverbrennung und der Kläranlagen (gereinigtes Abwasser). Hinzu kommen beträchtliche Potenziale aus Geothermie, sowohl aus zentralen, hydrothermalen Systemen wie auch Erdsonden auf hinreichend großen Grundstücksflächen.

Das für umsetzbar eingeschätzte Sanierungspotenzial von rd. 530 GWh trägt ebenfalls signifikant zur Wärmewende, wobei hier wie auch im Weiteren das mittlere Sanierungsszenario ausgewählt wurde.



*Wasser: kein Potenzial, Luft: großes, nicht bestimmbares Potenzial

Abbildung 66: Zusammenfassung der technisch nutzbaren Potenziale

5. Zielszenario

Das Zielszenario ist das Bindeglied zwischen den dargestellten Potenzialen und den abgeleiteten Maßnahmen. Gesetzlich verankertes Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist dabei die Klimaneutralität bis 2045.

Das Zielszenario schließt sowohl bedarfsseitige Entwicklungen wie in Abschnitt 4.1 beschrieben als auch Versorgungsszenarien mit Änderungen der Beheizungsstruktur ein und mündet in der Darstellung der Versorgungsgebiete gemäß WPG sowie der Energie- und THG Bilanzen.

5.1 Wärmeversorgungsgebiete

Auf Grundlage des Wärmeplanungsgesetzes wurde das Stadtgebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt:

- Das **Wärmenetzgebiet** umfasst die Gebiete mit wahrscheinlicher Erschließung durch Fernwärme oder bereits vorhandenen Wärmenetzen. Die Wärmenetze der STAWAG sowie die im nachfolgenden Abschnitt 5.1.1 erläuterte Ausbauplanung sind dabei ebenso berücksichtigt wie die Wärmenetze der RWTH Aachen. Nicht dargestellt sind kleinere Netze ohne Ausbaupotenzial, die im Sinne des WPG unter Gebäudenetze fallen.
- **Prüfgebiete:** Fünf Gebiete (Preuswald, zwei Teilbereiche von Kornelimünster sowie die Gewerbegebiete Eilendorf und Pascalstraße/Oberforstbach) werden als Prüfgebiete für Wärmenetze ausgewiesen, wobei hier eher Quartierslösungen zum Einsatz kommen sollten, die in Abschnitt 5.1.2 exemplarisch näher beleuchtet werden. Da die Eignung noch nicht abschließend bewertet werden kann, werden diese Gebiete zur näheren Prüfung und Ausarbeitung von Nahwärmekonzepten empfohlen.
- **Dezentrale Versorgungsgebiete** sind alle übrigen Stadtteile und Quartiere. In diesen Gebieten kommen weit überwiegend dezentrale Lösungen zum Einsatz. Die Aufteilung auf Technologien sowie weitere Auswertungen dazu sind in Abschnitt 5.1.3 dargestellt.
- **Wasserstoffnetzgebiete** werden nicht ausgewiesen, Wasserstoff wird aber punktuell zur Versorgung einzelner Verbraucher im Zielszenario berücksichtigt (vgl. Abschnitt 5.1.4).

Die Gebietseinteilung ist in den folgenden Abbildungen dargestellt, einmal nach WPG §19 mit Wahrscheinlichkeitsklassen für die Eignung als Versorgungsgebiet für Wärmenetze und einmal nach §18 mit Darstellung der Versorgungsart für das Zieljahr und der Ausweisung von Wärmenetzgebieten.

Das in Abbildung 67 dunkelgrün dargestellte Fernwärmeausbaugesbiet wird dabei geschlossen mit der Eignungsklasse „sehr wahrscheinlich“ klassifiziert, die hellgrünen Gebiete wahrscheinlicher Eignung sind für die später beschriebenen Nahwärmebereiche vorgesehen. Die Ausweisung der Eignungsklassen „wahrscheinlich ungeeignet“ und sehr „wahrscheinlich ungeeignet“ erfolgte anhand der Zuordnung von Flurstücken je nach Wärmeliniendichte. Faktisch sind beide Klassen nicht vorgesehen für Wärmenetzgebiete und damit auch sehr wahrscheinlich geeignet für dezentrale Lösungen. Die Einteilung in Gebiete sowie deren Berücksichtigung im Zielszenario bedeutet, dass innerhalb dieser Gebiete eine weit überwiegende Versorgung durch die jeweilige Versorgungsart angestrebt wird, ohne dass es jeweils eine 100%ig einheitliche Versorgung geben muss. Auch werden in der Erschließung immer wirtschaftliche und lokale technische Faktoren eine Rolle spielen. So kann es innerhalb der Wärmeversorgungsgebiete Objekte geben, die sich aus wirtschaftlichen Gründen nicht anschließen lassen (z.B. sehr kleine Objekte oder welche mit großen Entfernungen zum Netz). Ebenso wird es auch im Übergangsbereich vom Wärmenetzgebiet zum dezentralen Gebiet je nach Erschließungsfortschritt, Gelegenheitsfenster und Interesse der Eigentümer*innen zusätzliche oder entfallende Straßenabschnitte geben.

Auf einige besondere Situationen und Gebiete in Aachen wird zum besseren Verständnis der Versorgungsgebiete noch eingegangen:

- Die **Versorgungsbereiche der RWTH** sind ebenso wie die STAWAG Netze als Wärmenetzgebiete dargestellt, sofern sie über eine Netzstruktur erschlossen sind. Die Netzbereiche RWTH Zentralgebiet (Wüllner Str.,

Templergraben) und Campus Hörn werden heute wie in Zukunft im Wesentlichen aus der vorgelagerten Fernwärme gespeist und daher auch gemeinsam bilanziert. Der Netzbereich Melaten der RWTH wird überwiegend über eigene Versorgungsanlagen gespeist, für die eine Ergänzung durch Großwärmepumpen (in Kopplung mit der dort ebenfalls vorhandenen Großkälteerzeugung und einer Absenkung der Netztemperaturen), möglichen Wasserstoffanlagen sowie perspektivisch weiteren Bausteinen vorgesehen ist. In diesem Areal sind im Bereich Campus Melaten auch Wärmenetze der STAWAG vorhanden, so dass es sinnvoll ist, den Gesamtbereich wie dargestellt als Wärmenetzgebiet auszuweisen.

- Das **Universitätsklinikum UKA** wird seit einiger Zeit überwiegend durch eigene Erzeugungsanlagen mit KWK versorgt, für die ein perspektivischer Wasserstoffeinsatz geprüft wird. Weitere Abnehmer werden hier nicht versorgt, daher wird dieser Bereich nicht als Wärmenetzgebiet, sondern als Gebiet für dezentrale Lösungen dargestellt.
- Der in Entwicklung befindliche **Campus West** zwischen Bahngleisen und Süsterfeldstraße ist ebenfalls nicht als Wärmenetzgebiet dargestellt, da für diesen Bereich kein „klassisches“ Wärmenetz vorgesehen ist, sondern dezentrale Wärmepumpen und Kälteerzeuger, die durch ein gemeinsames Wärmequellennetz als „kaltes“ Wärmenetz verbunden sind. Mögliche Wärmequellen sind hier Erdwärme, Abwärme aus den eher forschungsorientierten Gebäuden sowie Abwärme aus IT Prozessen. Der Bereich wird daher als Wärmenetzgebiet ausgespart und als dezentrales Versorgungsgebiet ausgewiesen.
- Einige kleinere schon **bestehende Wärmenetze** sollten weitergenutzt und ebenfalls nach und nach auf lokale erneuerbare Quellen umgestellt werden. Dazu gehören die Netzgebiete Avantis, Schulzentrum Laurensberg sowie kleinere Netzbereiche in Richterich und Brand, die ebenfalls als Wärmenetzgebiete ohne größeres Ausbaupotenzial ausgewiesen sind.

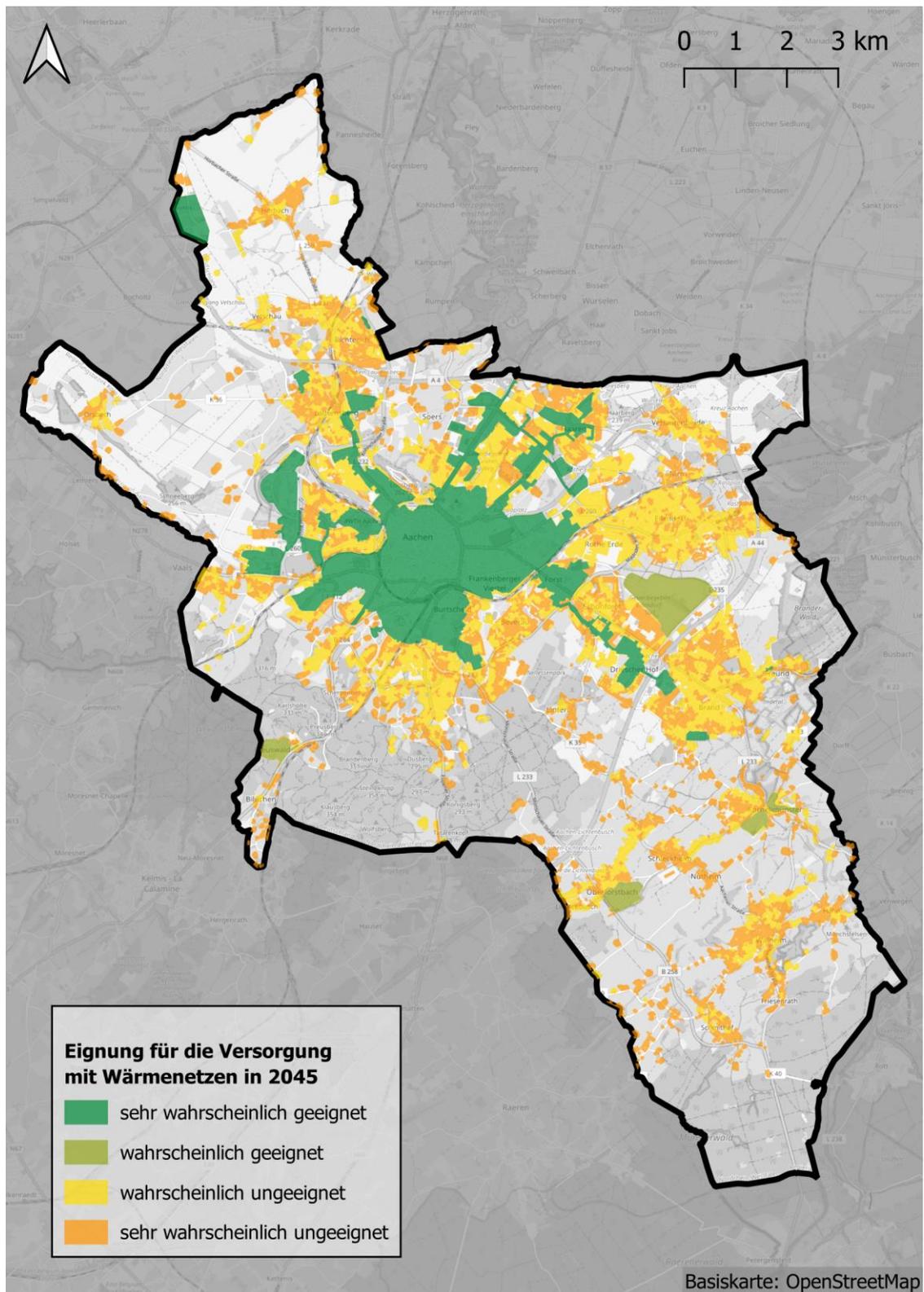


Abbildung 67: Darstellung der Wärmeversorgungsart nach Eignungsstufen im Zieljahr

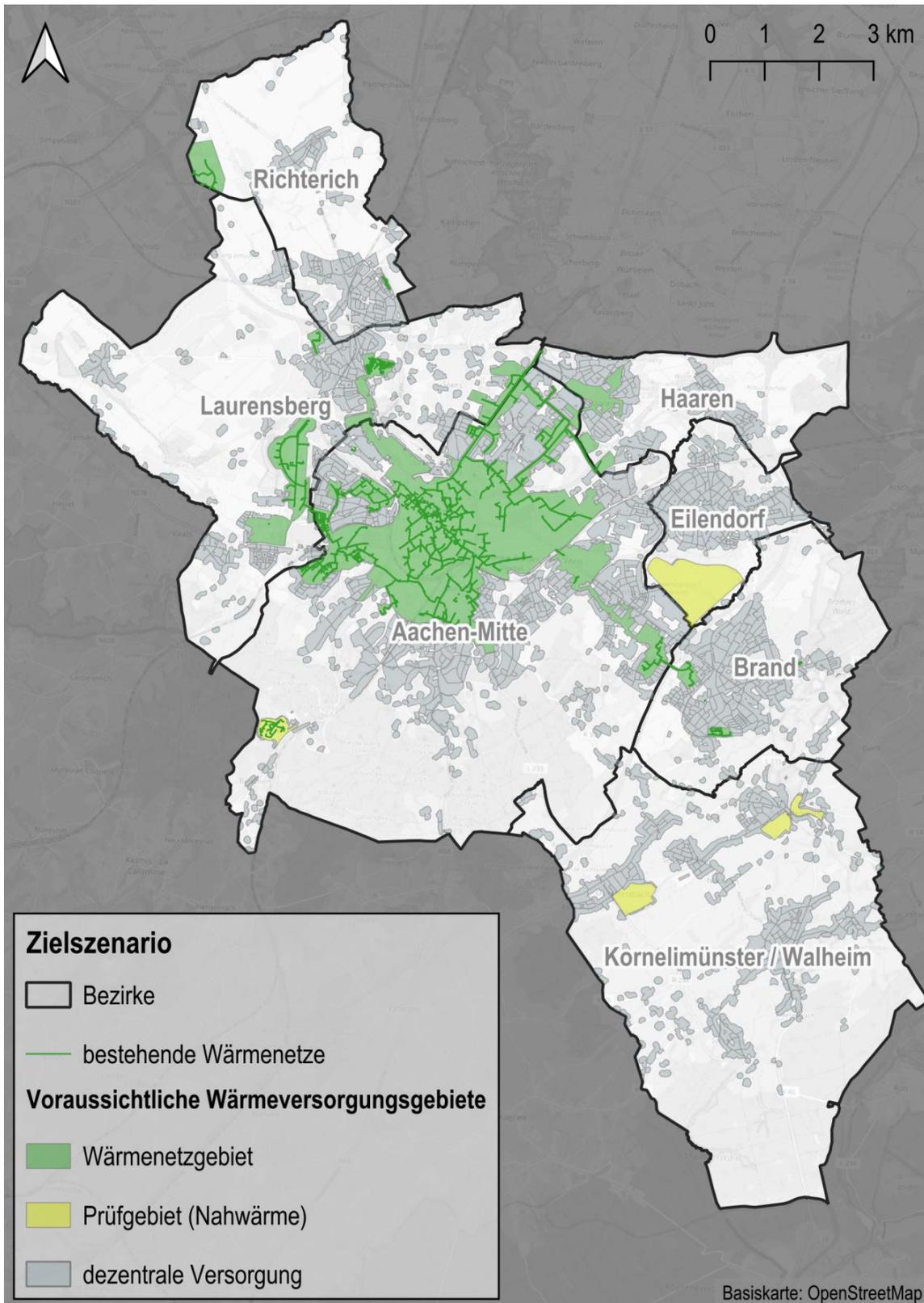


Abbildung 68: Einteilung des Stadtgebietes in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

5.1.1 Fernwärme

Wärmenetze – und hierbei insbesondere die Fernwärmenetze – nehmen auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung eine wichtige Rolle ein. Insofern ist ein starker Ausbau der Fernwärme eine Zielsetzung, die sowohl von den politischen Entscheidungsträger*innen als auch von der Fernwärmebranche verfolgt wird. Für den Gebäudeeigentümer geht mit einem Anschluss an das Fernwärmenetz der Vorteil einher, dass die Dekarbonisierung der Wärme

dann im Zuständigkeitsbereich des Fernwärmeversorgungsunternehmens liegt und er von dieser Aufgabe – und damit von den diesbezüglichen Anforderungen im GEG - entlastet ist. Das Fernwärmeversorgungsunternehmen – nachfolgend auch als Wärmenetzbetreiber bezeichnet – steht somit vor zwei großen Aufgaben, nämlich:

- dem Ausbau des Fernwärmenetzes zum Anschluss weiterer Kunden und
- der Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung bis zum Zieljahr der Klimaneutralität (2045).

Insofern nehmen die STAWAG – als für die Fernwärmeversorgung in Aachen verantwortliches Unternehmen – in Zusammenarbeit mit der Regionetz als Netzbetreiber eine tragende Rolle bei der kommunalen Wärmewende ein und sind demzufolge auch an der kommunalen Wärmeplanung beteiligt. Der Ausbau und die Dekarbonisierung der Fernwärme werden durch die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) unterstützt. Wesentliche Voraussetzung für den Erhalt der Fördermittel ist ein sogenannter Transformationsplan für das Fernwärmenetz. Dieser zeigt die Entwicklungen und Maßnahmen auf dem Weg zur Klimaneutralität auf der Kundenseite (Fernwärmeabsatz), im Fernwärmenetz (Erweiterung, Verstärkung) und auch bei der Fernwärmeerzeugung (Dekarbonisierung der Wärmequellen) auf. Der Transformationsplan für das Fernwärmenetz in Aachen wird von STAWAG parallel zur kommunalen Wärmeplanung in Aachen erstellt, sodass die Zwischenergebnisse des Transformationsplans von STAWAG in die kommunale Wärmeplanung eingebracht werden konnten. Das Wärmeplanungsgesetz sieht in § 18 Absatz 4 genau dies vor. Demnach kann ein Wärmenetzbetreiber im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung einen Vorschlag zum Fernwärmeausbau unterbreiten. Nachfolgend werden zunächst die von STAWAG eingebrachten Planungen zum Fernwärmeausbau beschrieben. Diese werden dann in einem zweiten Schritt durch Analysen, die im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung vorgenommen wurden, ergänzt. Mit den Ergebnissen dieser zusätzlichen Analysen wird dann das Zielszenario für die Fernwärme definiert.

Planungen der STAWAG zum Fernwärmeausbau

Resultierend aus den laufenden Arbeiten zur Erstellung des Transformationsplans sowie basierend auf der vorhandenen Fernwärmestrategie hat STAWAG ein Ausbauggebiet für die Fernwärme definiert. Innerhalb des Ausbauggebietes sollen in den nächsten Jahren und Jahrzehnten neue Fernwärmeleitungen verlegt werden, um weitere Gebäude an das Fernwärmenetz anzuschließen in Straßen, in denen bisher noch keine Fernwärme liegt (Netzerweiterung). Die nachfolgende Abbildung zeigt das Fernwärmeausbauggebiet mit einer Unterteilung in mehrere Teilgebiete sowie das bestehende Fernwärmenetz. Neben dem Fernwärmenetz in der Innenstadt sind auch die beiden Inselnetze Schloss Rahe im Nordwesten sowie Brander Feld im Südosten dargestellt. STAWAG plant die Anbindung dieser beiden Inselnetze an das bestehende Fernwärmenetz, u. a. weil die dort vorhandenen Biomethan-BHKW an das Ende ihrer Nutzungsdauer kommen.

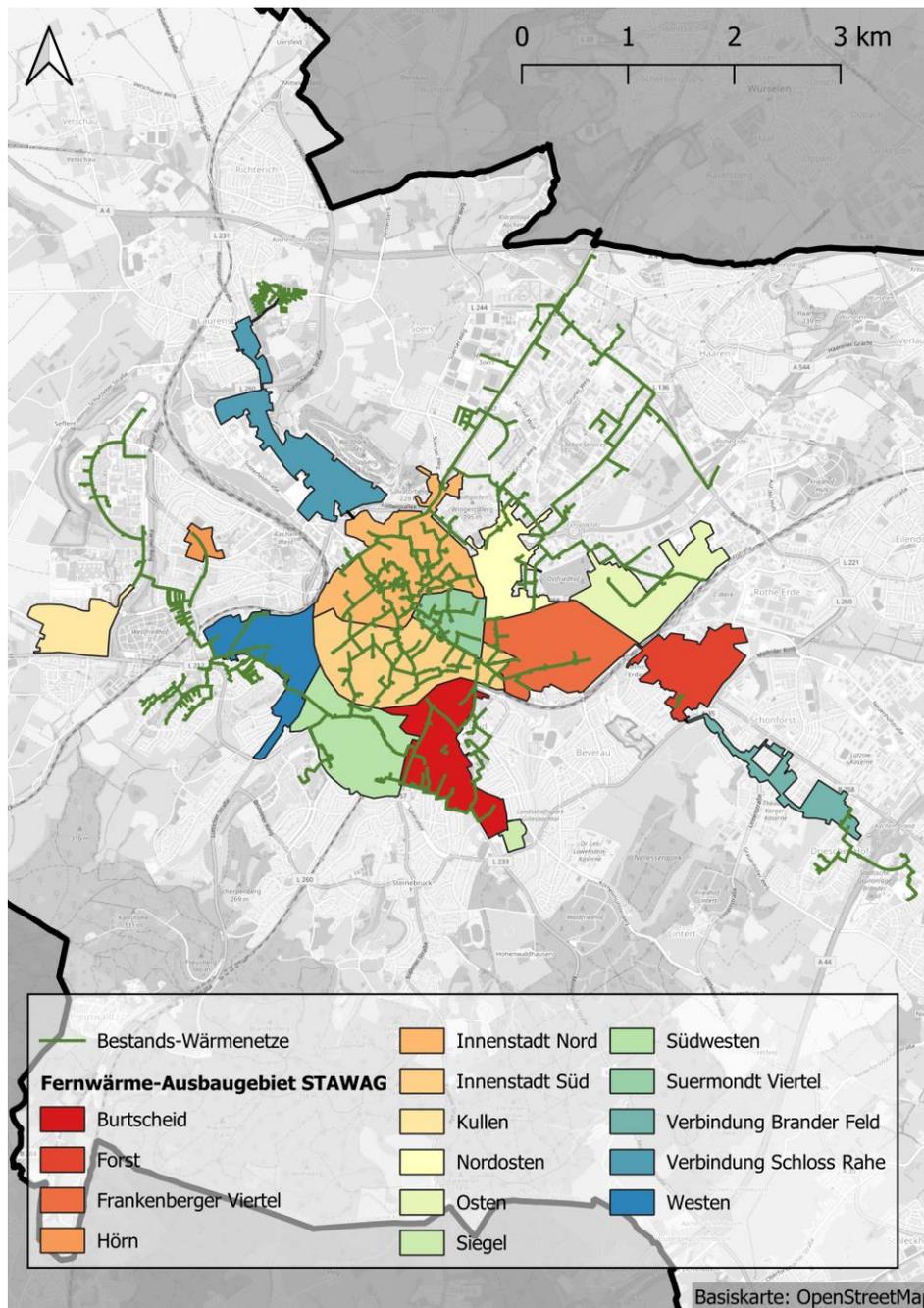


Abbildung 69: Fernwärme-Bestandsnetz und Fernwärmeausbaubereich der STAWAG

Das Ausbaubereich umfasst im Bereich der Innenstadt mehrere Teilgebiete (Innenstadt Nord, Innenstadt Süd, Suermondt-Viertel), in denen sich bereits in signifikantem Umfang Fernwärmeleitungen befinden. Allerdings gibt es auch in diesem Teilgebiet noch viele Straßen, in denen bisher noch keine Fernwärmeleitungen liegen und die Gegenstand des geplanten Fernwärmeausbaus sind. Andererseits gibt es einige Teilgebiete, in denen bisher nur wenige oder noch gar keine Fernwärmeleitungen liegen. In die erste Kategorie fallen z. B. das Frankenberger Viertel, die Viertel im Westen und Südwesten oder auch die Viertel im Osten und Nordosten. Bisher gar nicht erschlossen und damit reine Ausbaubereiche sind die Teilgebiete Kullen, Forst (bis auf ein kleines Bestandswärmenetz) sowie die Gebiete entlang der geplanten Verbindungsleitungen zu den beiden Inselnetzen Schloss Rahe und Brander Feld.

Über den Ausbau bzw. die Erweiterung des Fernwärmenetzes ist auch der Anschluss von weiteren Gebäuden in Straßen mit bereits bestehender Fernwärmeversorgung vorgesehen. Damit erhöht sich die Anschlussquote an das Fernwärmenetz, was als Nachverdichtung bezeichnet wird (vgl. Kapitel 2.4). Dabei sind die Maßnahmen zur Nachverdichtung nicht auf die bestehenden Leitungen im Ausbaubereich beschränkt. Vielmehr sind diese für das gesamte Bestandsnetz

geplant. Dies betrifft z. B. die vorhandenen Fernwärmeleitungen an der Krefelder Straße, Prager Ring und Jülicher Straße.

Geplante Maßnahmen der STAWAG bis 2035

Über die Definition des Fernwärmeausbaugesbietes hinaus hat die STAWAG eine Liste mit bereits geplanten Maßnahmen zum Fernwärmeausbau in die kommunale Wärmeplanung eingebracht. Die nachfolgende Abbildung zeigt diese Maßnahmen im Zusammenhang mit dem bestehenden Fernwärmenetz. Dabei sind die bereits geplanten Maßnahmen differenziert nach ihrem aktuell geplanten Umsetzungszeitraum dargestellt. Dies umfasst Maßnahmen, die in der kurzen Frist bis Ende 2025 umgesetzt werden sollen und die bereits im fortgeschrittenen Planungsstadium sind. Darüber hinaus sind Maßnahmen in zwei 5-Jahresschritten, d. h. bis 2030 bzw. bis 2035 in der Liste enthalten. Zwischen STAWAG, Regionetz und den betroffenen Fachbereichen der Stadt finden regelmäßig Abstimmungen zur integralen Infrastrukturplanung statt, um die Einrichtung von Baustellen innerhalb der Stadt aufeinander abzustimmen und möglichst viele Synergien über die verschiedenen Infrastrukturen (Leitungsbau für die verschiedenen Medien, Verkehr, Straßenraumgestaltung) hinweg heben zu können. Gegenstand dieser Abstimmung sind auch die von STAWAG geplanten Fernwärmeausbaumaßnahmen.

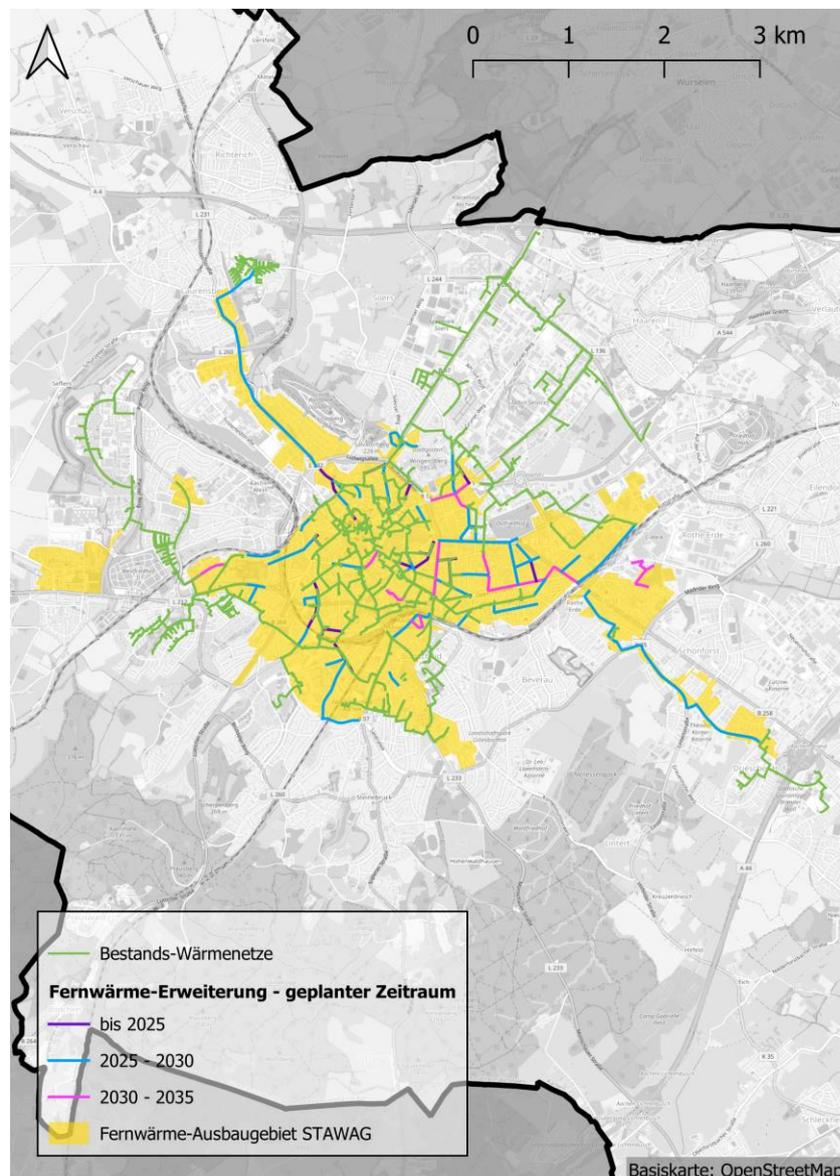


Abbildung 70: Fernwärme-Bestandsnetz, Fernwärmeausbaugesbiet und geplante Maßnahmen der STAWAG

Die bereits geplanten Maßnahmen umfassen insbesondere die bereits erwähnten Verbindungen zu den Inselnetzen Schloss Rahe und Brander Feld, die zwischen 2025 und 2030 verlegt werden sollen. Die Verbindung zum Brander Feld schließt auch die Anbindung des sehr kleinen Inselnetzes Forst an das Fernwärmenetz ein. Für den Bau der Verbindungsleitung zum Inselnetz Schloss Rahe sind – ausgehend vom Pontviertel – drei Teilabschnitte vorgesehen. Die Fertigstellung ist für 2030 geplant. Auch die Verbindungsleitung zum Brander Feld ist in drei Teilabschnitte unterteilt. Der erste Teilabschnitt erstreckt sich von der Kongressstraße bis zum Bahnhof Rothe Erde (Trierer Str.). Der zweite Teilabschnitt verläuft abseits der Trierer Str. in Richtung Adenauerallee und der dritte Abschnitt entlang der Lintertstraße bis zum Brander Feld. Hier ist eine Fertigstellung bis 2032 vorgesehen. Entlang dieser Verbindungsleitungen ergibt sich auch ein signifikantes Potenzial für den Anschluss von neuen Kunden ans Fernwärmenetz (vgl. gelbe Flächen in Abbildung 70).

Über diese Großmaßnahmen hinaus sind besonders im Zeitraum bis 2030 diverse Erschließungen von weiteren Straßen, v.a. in der Innenstadt, im Frankenberger Viertel und in Burtscheid geplant. In der Innenstadt werden dabei bisherige Lücken in den Gebieten durch einzelne Straßenabschnitte geschlossen, in denen noch keine Fernwärme liegt. In Burtscheid und Richtung Westen sind auch einzelne größere Maßnahmen geplant. Die systematische Erschließung des Frankenberger Viertels wird ebenso mit diversen Maßnahmen angegangen, die sich nach jetzigem Planungsstand über den gesamten Zeitraum bis 2035 erstrecken. Die kurzfristige Sicht bis 2025 umfasst ebenfalls Maßnahmen zu einer Reihe von Leitungsabschnitten verteilt über die Innenstadt.

Bei den beschriebenen Maßnahmen handelt es sich um Planungen, die den aktuellen Entwicklungsstand als Momentaufnahme wiedergeben. Neue Erkenntnisse, die aus dem fortschreitenden Planungsprozess resultieren können, oder auch Veränderungen bei den Rahmenbedingungen können eine Anpassung bei den geplanten Maßnahmen erforderlich machen.

Weiteres Ausbauszenario der kommunalen Wärmeplanung bis 2045

Um zu entscheiden, welches Fernwärmeausbaugbiet in das Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung eingehen soll, wurde zunächst das von STAWAG vorgeschlagene Gebiet zugrunde gelegt, wie es die Vorgaben zur Durchführung der Wärmeplanung vorsehen. Darüber hinaus wurden ergänzende Analysen im Hinblick auf die Identifizierung weiterer geeigneter Gebiete vorgenommen. Für das Ausbaugbiet der STAWAG wurde ein Abgleich mit hohen Wärmeliniendichten als Hauptkriterium für die Eignung für Wärmenetze durchgeführt. Um auch den Wärmebedarfsrückgang zu antizipieren, wurde auf die Prognose der Wärmeliniendichten im Jahr 2035 zurückgegriffen. Der Abgleich ist in Abbildung 71 dargestellt und zeigt die hohe Übereinstimmung des Fernwärmeausbaugbiets der STAWAG mit den Wärmeliniendichten, die im Jahr 2035 noch oberhalb von 3.000 kWh/m liegen.

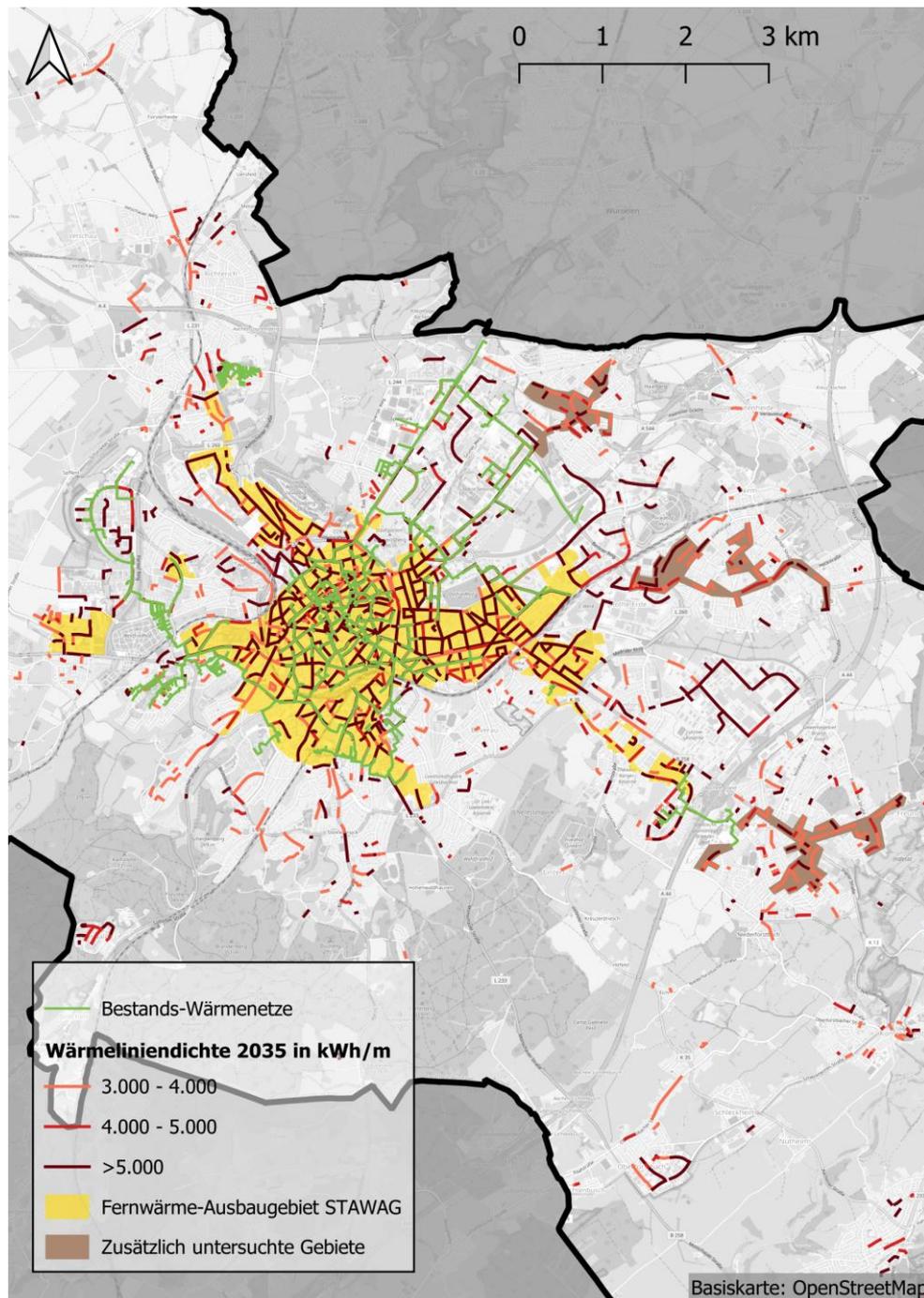


Abbildung 71: Fernwärme-Bestandsnetz, Fernwärmeausbaubereich der STAWAG, zusätzlich untersuchte Gebiete und hohe Wärmelinien-dichten im Jahr 2035

Über die Analysen konnten außerhalb des von STAWAG vorgeschlagenen Ausbaubereichs noch drei weitere Gebiete identifiziert werden, die zusammenhängend hohe Wärmelinien-dichten aufweisen. Diese Gebiete liegen in Haaren, Eilendorf und Brand und sind in Abbildung 71 als zusätzlich untersuchte Gebiete dargestellt. Die drei Gebiete wurden anhand der mittleren Wärmelinien-dichten und spezifischen Erschließungskosten ausgewertet und mit dem Fernwärmeausbaubereich der STAWAG verglichen. Dabei zeigt sich, dass das von STAWAG vorgeschlagene Ausbaubereich sehr gute Kennwerte aufweist. Die anderen drei Gebiete weisen im Vergleich dazu weniger hohe Wärmelinien-dichten auf, wobei sich das Gebiet in Haaren im Vergleich zu den Gebieten in Eilendorf und Brand positiv abhebt. Außerdem liegt das Gebiet in Haaren unmittelbar am Bestandsnetz, so dass es mit einer relativ kurzen Anbindungsleitung zu erschließen wäre. Dagegen wäre für die Erschließung des Gebietes in Eilendorf eine längere Verbindungsleitung notwendig. Für das Gebiet in Brand wäre zunächst lediglich ein Anschluss an das bestehende Inselnetz möglich.

Für die Erstellung des Zielszenarios wurde in diesem Schritt eine Simulation des Fernwärmeausbaus bis zum Jahr 2045 nach der in Abschnitt 2.4 beschriebenen Methodik durchgeführt. In diese Simulation fließen verschiedene Parameter ein, die geeignet im Hinblick auf ein realistisches Szenario festzulegen sind. Als Parameter für die Ausbaugeschwindigkeit ist eine Annahme darüber zu treffen, wie schnell die Verlegung von neuen Fernwärmeleitungen erfolgen kann. Hierzu wurde in Abstimmung mit verschiedenen Akteuren angenommen, dass pro Jahr 4,5 km an neuen Fernwärmetrassen realisiert werden können. Dies bedeutet in etwa eine Verdreifachung des Wertes aus den letzten Jahren und stellt somit eine ambitionierte Zielsetzung dar. Unter Annahme dieser Ausbaugeschwindigkeit ergibt sich, dass das Ausbauggebiet und auch das zusätzliche Gebiet in Haaren genau bis 2045 mit neuen Leitungen erschlossen werden können. Für die zusätzliche Erschließung von Eilendorf und Brand wäre eine noch höhere Ausbaugeschwindigkeit nötig. Da diese beiden Gebiete zudem auch noch geringere Wärmeliniendichten aufweisen, wurden sie nicht Bestandteil des Fernwärmeausbaugebietes für das Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung. Dieses besteht nun aus dem von der STAWAG definierten Fernwärmeausbaugebiet ergänzt um das Gebiet in Haaren.

In den dargestellten Bestandsnetzen (Fernwärmenetz in der Innenstadt und die perspektivisch angeschlossenen Inselnetze Schloss Rahe, Brander Feld und Forst) werden aktuell (witterungsbereinigt, gemittelt über drei Jahre) 295 GWh Wärme abgesetzt. Darin ist auch die Wärmelieferung in das Netz der RWTH enthalten, nicht aber die RWTH eigene Eigenenerzeugung. Unmittelbar um die bestehenden Fernleitungen herum gibt es ein theoretisches Verdichtungspotenzial von 213 GWh. Dieser zusätzliche Wärmeabsatz würde sich ergeben, wenn alle Gebäude in der Nähe des bestehenden Netzes angeschlossen würden. Über die neuen Verteilleitungen im gesamten Ausbaugebiet (Netzerweiterung) ergibt sich ein zusätzliches Absatzpotenzial von 560 GWh bei einer theoretischen Anschlussquote von 100 %. Somit ergibt sich in dem gesamten Gebiet inkl. Bestandskunden ein theoretisches Potenzial von 1.068 GWh. Die Werte beziehen sich jeweils auf den Wärmebedarf im Status quo, also bezogen auf die Datenbasis des Wärmeatlas.

Da es nicht realistisch ist, dass sich alle potenziellen Kunden für die Fernwärme entscheiden, wird eine reduzierte Zielanschlussquote von 90 % (bezogen auf den Wärmeabsatz) angenommen. Auch dieser Wert ist ambitioniert, erscheint aber realistisch, da im innerstädtischen Bereich die Optionen zur Umsetzung von klimaneutralen dezentralen Versorgungslösungen neben der Fernwärme stark eingeschränkt sind.

Das gesamte Ausbaugebiet wird für die Simulationsrechnung in Abbildung 69 dargestellten Teilgebiete zzgl. Haaren unterteilt. Um eine Priorisierung der Gebiete im Hinblick auf die flächige Erschließung mit neuen Fernwärmeleitungen vorzunehmen, werden die Gebiete nach spezifischen Erschließungskosten sortiert und in dieser Reihenfolge auf der Zeitschiene erschlossen. Die Erschließung der Verdichtungspotenziale erfolgt aufgrund der geringeren Erschließungskosten (keine neuen Verteilleitungen) vorrangig. Entlang der von STAWAG bereits geplanten Maßnahmen erfolgt die Erschließung von Kunden ab dem Zeitpunkt, zu dem die Verteilleitung nach jetziger Planung verfügbar ist. Für die Modellrechnung wird davon ausgegangen, dass mit der Erschließung einer Straße über eine neue Fernwärmetrasse infolge der im Vorfeld stattfindenden Informations- und Vertriebskampagnen initial eine Anschlussquote von durchschnittlich 40% erreicht werden kann. Weitere Kunden werden sukzessiv in den Jahren danach ans Fernwärmenetz angeschlossen, wenn Erneuerungsbedarf bei der Heizung besteht und Maßnahmen am Gebäude stattfinden. Für die Modellierung wird eine Erhöhung der Anschlussquote auf die Zielanschlussquote von 90 % über einen Zeitraum von 10 Jahren angenommen.

Zusammenfassend werden für die Modellrechnung zur Simulation des Fernwärmeausbaus bis 2045 die folgenden zentralen Parameter verwendet:

- 4,5 Trassen-km pro Jahr
- Start-Anschlussquote: 40 %
- Ziel-Anschlussquote: 90 %
- Hochlauf-Zeitraum: 10 Jahre

Daraus ergibt sich die nachfolgend dargestellte Absatzentwicklung.

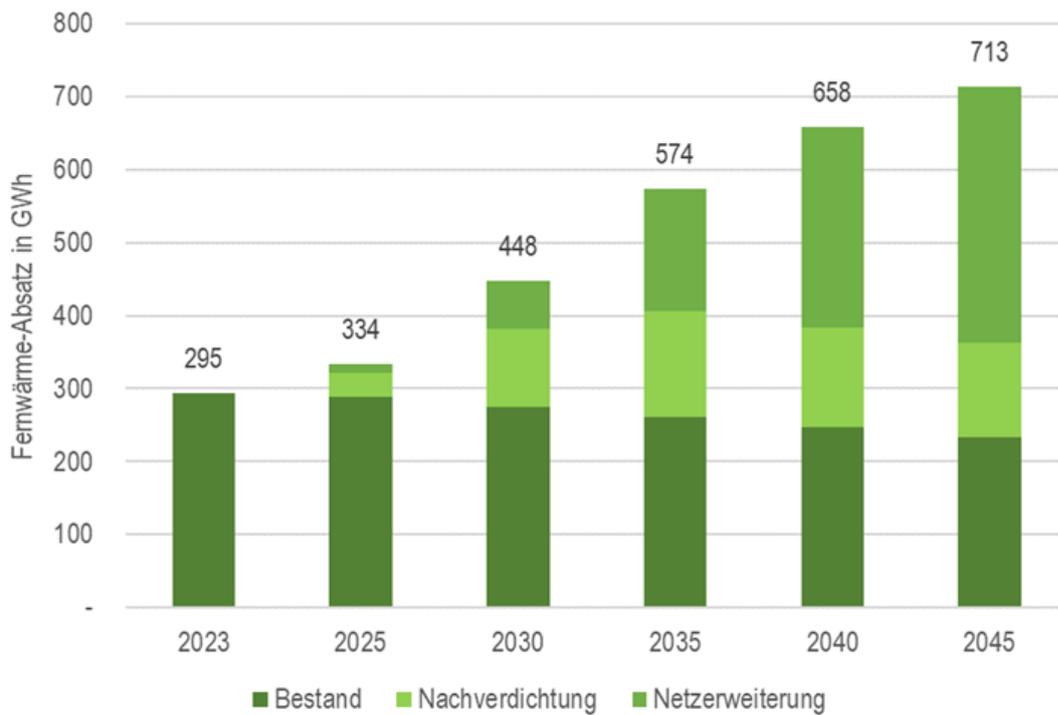


Abbildung 72: Fernwärme-Absatz-Entwicklung im Zielszenario

Die Grafik zeigt, wie sich der Bestand, die Nachverdichtung und die Netzerweiterung entwickeln. Der Absatz der Bestandskunden nimmt aufgrund von Sanierung und wärmerer Winter durch die Klimaerwärmung kontinuierlich ab. Dabei wird der in Kapitel 2.3.1 ermittelte Rückgang beim Wärmebedarf aus dem Szenario mit der mittleren Einsparung angenommen. Die Nachverdichtung geschieht innerhalb der nächsten zehn Jahre und verursacht einen starken Zuwachs. Zusätzlich kommt noch die Netzerweiterung im Ausbaugebiet dazu.

So wächst der Fernwärme-Absatz v.a. bis 2035 stark an und verdoppelt sich dabei fast gegenüber dem Status Quo. Bis 2045 wird, trotz Wärmebedarfsrückgang insgesamt ein Zuwachs von 418 GWh bzw. 142 % bezogen auf den Status quo erreicht. Dabei steigt die Anschlussquote (angeschlossener Wärmebedarf bezogen auf gesamten Wärmebedarf) im gesamten mit Fernwärme versorgten Gebiet auf durchschnittlich 84 % (58 % im Status Quo). Das heißt, dass bis 2045 nicht in allen Gebieten die Zielanschlussquote von 90 % erreicht wird (vgl. Abbildung 74 und dortige Erläuterung). Dafür müssen bis 2045 ca. 100 Trassen-km Verteilleitungen verlegt werden, was eine Verdopplung der heutigen Trassenlänge bedeutet. Die Erschließung des zusätzlichen Absatzes erfordert ca. neue 8.500 Hausanschlüsse. Das entspricht einer Versechsfachung der bestehenden Anzahl an Hausanschlüssen. Mit den zusätzlichen Hausanschlüssen für Netzverdichtung und -erweiterung geht - grob geschätzt- die Verlegung von 125 Trassen-km für Hausanschlussleitungen einher. Insofern stellt der für das Zielszenario simulierte Fernwärmeausbau eine große Herausforderung dar und ist damit sehr ambitioniert.

Aus dieser Modellrechnung kann zudem abgeleitet werden, wie die Erschließung der Gebiete auf der Zeitschiene erfolgen kann. Die nachfolgende Abbildung zeigt, ab wann in den einzelnen Gebieten mit der Erschließung begonnen wird.

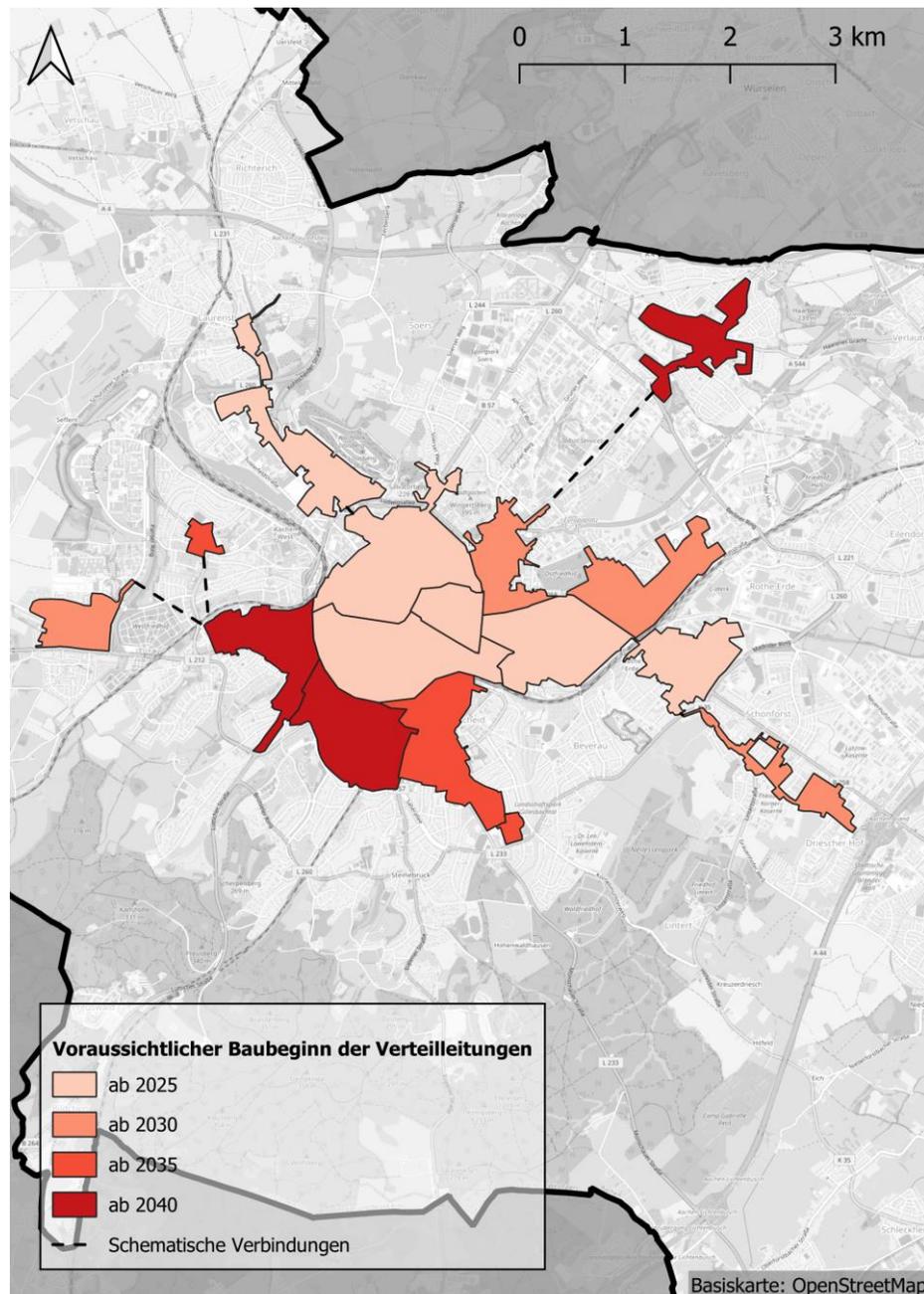


Abbildung 73: Fernwärmeausbaubereich und jeweiliger voraussichtlicher Baubeginn der Verteilungen im Zielszenario

Zu beachten ist, dass es sich um das Ergebnis einer modellhaften Simulation handelt und die Erschließung in der Realität abweichen kann. Gründe hierfür können z. B. in der übergreifenden Abstimmung zu Baumaßnahmen liegen, aus der sich Opportunitäten zum Vorziehen einzelner Straßen bzw. Gebiete ergeben können. Außerdem ist lediglich der Beginn der Erschließung des jeweiligen Gebietes dargestellt. Insbesondere dann, wenn der Start durch eine größere von der STAWAG bereits geplante Maßnahme erfolgt, lässt sich daraus nicht ableiten, bis wann im Gebiet flächendeckend Fernwärme verfügbar sein wird.

Es ist ersichtlich, dass die Erschließung v.a. im Innenstadtbereich und im Frankenberger Viertel sowie entlang der neuen Trassen in Richtung Schloss Rahe und Brander Feld beginnt. Dort finden auch die von STAWAG bereits geplanten Maßnahmen statt. Eher nachgelagert werden die Gebiete Burtscheid und Hörn und als letztes die Gebiete im Westen, Südwesten sowie Haaren erschlossen.

Wie oben erwähnt, wird im Jahr 2045 eine mittlere Anschlussquote von 84 % erreicht. Dies bedeutet, dass die angenommene Zielanschlussquote von 90 % noch nicht in allen Gebieten erreicht ist. Dies betrifft Gebiete, in denen die Erschließung mit neuen Verteilungen erst relativ spät startet und der angenommene Zeitraum von 10 Jahren für den

Hochlauf auf die Zielanschlussquote erst jenseits von 2045 endet. Die nachfolgende Abbildung 74 zeigt die Anschlussquote je Teilgebiet. Dabei ist eine starke Korrelation zwischen Erschließungsbeginn und Anschlussquote in 2045 erkennbar: Je früher und schneller das Gebiet erschlossen wird, desto schneller läuft die Anschlussquote hoch. So wird v.a. in der Innenstadt, im Frankenberger Viertel und Richtung Schloss Rahe in 2045 eine sehr hohe Anschlussquote von über 80 %, in den meisten Fällen sogar der Zielwert von 90 % erreicht. Haaren und das Gebiet Südwesten hingegen liegen noch unterhalb von 50 %. Da die erstgenannten Bereiche besonders dicht besiedelt sind, dominiert deren Einfluss auf die mittlere Anschlussquote. Hinzu kommen noch die Bestandsnetze, die in 2045 infolge der abgeschlossenen Verdichtungsmaßnahmen 90 % Anschlussquote aufweisen.

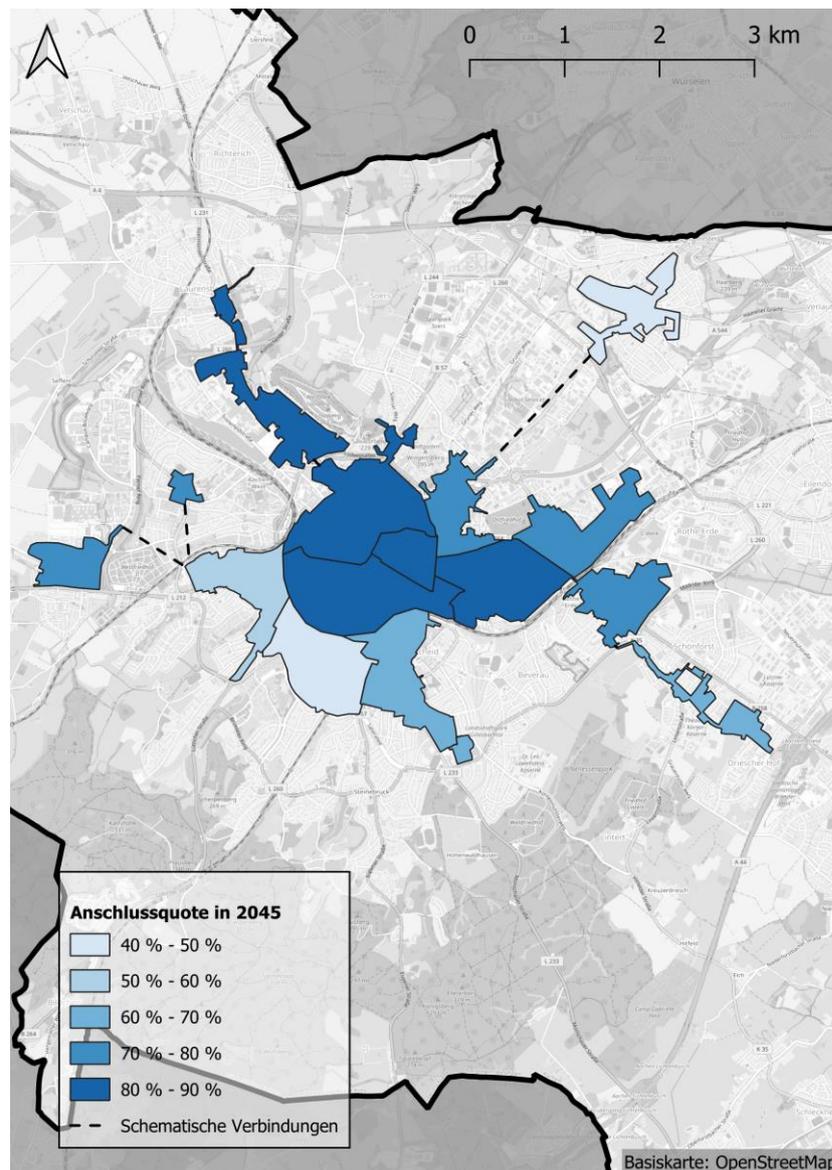


Abbildung 74: Fernwärmeausbaubereich und Anschlussquote in den Ausbaubereichen im Jahr 2045 im Zielszenario

Die nachfolgende Abbildung 75 kombiniert die von der STAWAG geplanten Maßnahmen zum Fernwärmeausbau aus Abbildung 70 mit den Ergebnissen der Simulationsrechnung zum Fernwärmeausbau aus Abbildung 73. Dargestellt sind die Teilgebiete des Fernwärme-Ausbaubereichs der kommunalen Wärmeplanung mit dem voraussichtlichen Baubeginn der Verteilungen sowie das Fernwärme-Bestandsnetz und die von STAWAG geplanten Erweiterungsmaßnahmen.

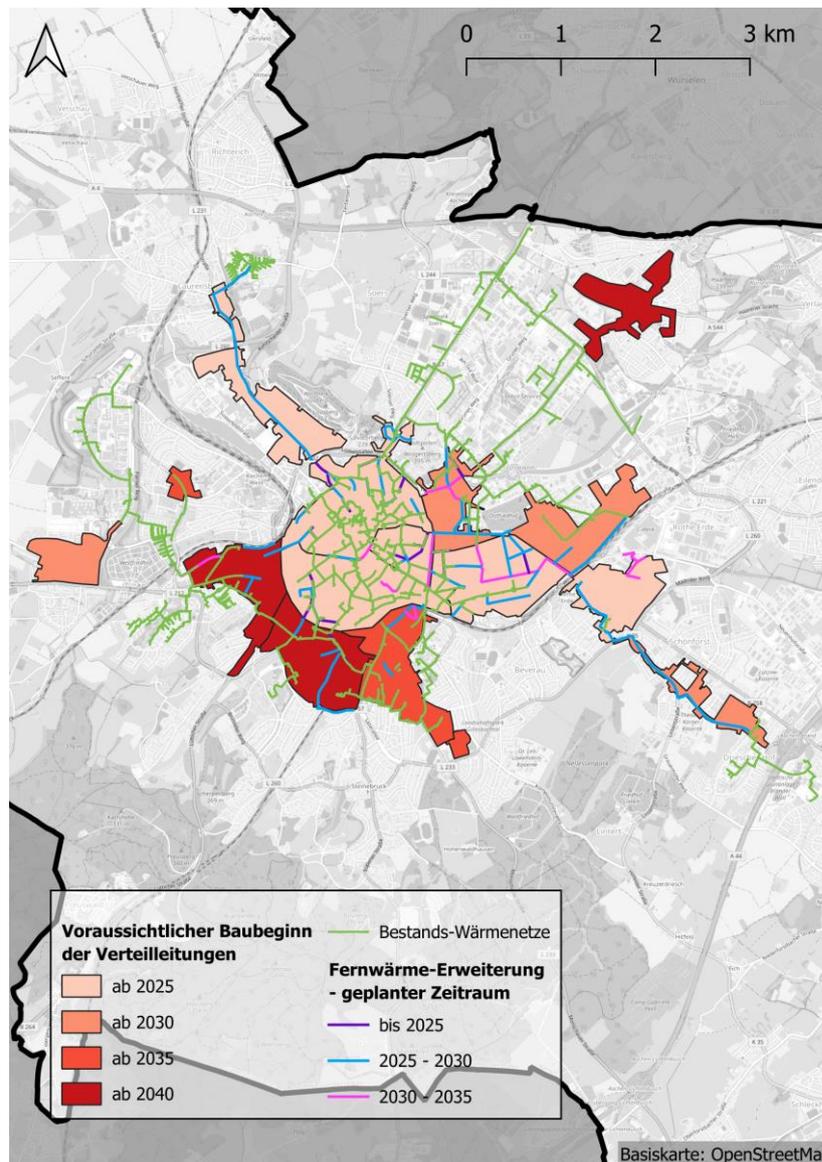


Abbildung 75: Bestands-Fernwärmenetz, von STAWAG geplante Erweiterungsmaßnahmen und Ausbaubereich mit voraussichtlichem Erschließungsbeginn

Es sei darauf hingewiesen, dass die Darstellung den Charakter einer Planung hat und nicht verbindlich ist. Das gilt insbesondere für die zeitliche Stufung der Erschließung der einzelnen Fernwärmegebiete. Dies entspricht auch § 18 (2) des Wärmeplanungsgesetzes. Demnach entsteht aus der Einteilung in ein bestimmtes Wärmeversorgungsgebiet (hier Wärmenetzgebiet) keine Pflicht, eine bestimmte Wärmeversorgungsart tatsächlich zu nutzen oder bereitzustellen. Nichtsdestotrotz besteht die Zielsetzung der Stadt und auch der STAWAG darin, den aufgezeigten Fernwärmeausbau in dem Ausbaubereich umzusetzen. Das Erreichen dieser Zielsetzung ist an eine Reihe von Gelingbedingungen und Voraussetzungen geknüpft und unterliegt auch einigen Einschränkungen.

Eine sehr wesentliche Gelingbedingung ist die Erhöhung der Ausbaugeschwindigkeit bei der Fernwärme in Bezug auf die Verlegung von neuen Leitungen und die Installation von Hausanschlüssen. Die Verdreifachung der Ausbaugeschwindigkeit bei der Verlegung von neuen Leitungen von 1,5 km/a auf 4,5 km/a ist ein sehr ambitioniertes Ziel. Voraussetzung hierfür – wie auch für die Installation der Hausanschlüsse – ist, dass ausreichend Baukapazitäten am Markt verfügbar sind. Zudem setzt dies voraus, dass in der Bevölkerung eine Akzeptanz für die mit dem Fernwärmeausbau einhergehenden Bautätigkeiten in den Straßen und die damit verbundenen Unannehmlichkeiten vorhanden ist. Durch eine gute Kommunikation können Stadt und STAWAG hierzu einen Beitrag leisten. Darauf zählt auch die gemeinsam zwischen Stadt, STAWAG und Regionetz kontinuierlich stattfindende integrierte Infrastrukturplanung ein. Diese

Abstimmungen - über verschiedene Medien hinweg - können und werden auch dazu führen, dass der Fernwärmeausbau auf der Zeitscheine von den Ergebnissen der modellgestützten Simulation abweicht. Aufgrund der Anforderungen zu Maßnahmen bei anderen Medien wie Strom und Abwasser oder bei Straßenbaumaßnahmen kann es dazu kommen, dass die Erschließung einzelner Straßen mit Fernwärme früher erfolgt oder auch nach hinten geschoben wird, damit der Umfang der Bautätigkeiten und damit die Einschränkungen für Anwohner*innen möglichst gering gehalten werden.

Weiterhin ist das Erreichen einer ausreichend hohen initialen Anschlussquote wichtig für die Erschließung von neuen Straßen bzw. Gebieten. Nur wenn sich ausreichend Kunden an die Fernwärme anschließen, kann der Fernwärmeausbau wirtschaftlich und damit im geplanten Umfang realisiert werden. Die initiale Anschlussquote – und auch deren Erhöhung in den Jahren danach - wird zum einen durch vertriebliche Maßnahmen der STAWAG beeinflusst. Dies sind z. B. Vertriebskampagnen im Vorfeld der geplanten Erschließung zum frühzeitigen Abschluss von Lieferverträgen oder auch das Angebot von Zwischenlösungen für die Gebäudeheizung bis zum anstehenden Anschluss an die Fernwärme für den Fall eines akuten Handlungsbedarfs. Auf der anderen Seite ist auch die Akzeptanz und der Stellenwert der Fernwärme bei den Kunden ein wesentlicher Faktor für das Erreichen hoher Anschlussquoten. Hier kann die Stadt mit einem zeitnahen Anschluss ihrer Gebäude an die Fernwärme mit gutem Beispiel vorangehen.

Eine mögliche Maßnahme zur Erreichung einer sehr hohen Anschlussquote ist die Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwangs (ABZ) an das Fernwärmenetz für bestimmte Gebiete oder das gesamte Fernwärmeausbaugebiet. Ein ABZ wäre durch die Stadt per Satzung zu erlassen und über das Allgemeinwohl zu begründen (z. B. Klimaschutz). Beim Erlass eines ABZ würden – abgesehen von wenigen Ausnahmen bzw. Härtefällen - sukzessive alle Gebäude über einen bestimmten Zeitraum hinweg an die Fernwärme angeschlossen, d. h es wären keine alternativen dezentralen Versorgungslösungen zugelassen. Der Vorteil besteht für den Wärmenetzbetreiber darin, dass er eine verlässliche Planungsbasis für den Fernwärmeausbau und über die Entwicklung seiner Absatzmengen erhält. Diese gute Planungsgrundlage gilt dann auch für die von ihm zu tätigen Investitionen und deren Wirtschaftlichkeit. Andererseits geht für den Wärmenetzbetreiber damit auch die Verpflichtung zum Anschluss der Gebäude an sein Fernwärmenetz einher. Für den Kunden entfällt bei einem ABZ die Wahlfreiheit, sich für eine von mehreren möglichen Heizungslösungen zu entscheiden. Zudem erhält der Wärmenetzbetreiber quasi eine Monopolstellung in seinem Fernwärmegebiet, da er sich nicht im Wettbewerb zu dezentralen Versorgungslösungen behaupten muss. Damit einher geht wahrscheinlich eine stärkere Kontrolle der Fernwärmepreise. Der ABZ ist bislang relativ wenig verbreitet. Viele Wärmenetzbetreiber stehen ihm skeptisch gegenüber, da sie ihre Kunden lieber von Vorzügen der Fernwärme überzeugen als zu deren Nutzung zwingen wollen.

Insbesondere bei Wohngebäuden mit mehreren Parteien ist der Anschluss an die Fernwärme u. U. mit Umbaumaßnahmen innerhalb des Gebäudes verbunden (z. B. Umstellung auf eine zentrale Wärmeversorgung bei Gasetagenheizung), die zusätzliche Kosten verursachen. Dies setzt zum einen die Bereitschaft der Kunden (Hausbesitzer) voraus, in solche Maßnahmen zu investieren. Andererseits benötigen solche Maßnahmen auch eine ausreichende Förderkulisse als Anreiz für die Hausbesitzer, wobei die Stadt hier bereits Zuschüsse gewährt.

Der Ausbau der Fernwärme und auch die Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung erfordern sehr hohe Investitionen des Fernwärmeversorgers, also der STAWAG. Daran geknüpft ist die Voraussetzung, dass diese Investitionen durch das Unternehmen finanziert werden können. Dabei spielt ein passender Förderrahmen eine Rolle, der durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) prinzipiell gegeben ist, so sie denn ausreichend ausgestattet ist und auch fortgeführt wird. Und aus unternehmerischer Sicht werden Investitionen in einen massiven Fernwärmeausbau nur mit ausreichend guter Perspektive auf deren Wirtschaftlichkeit getätigt werden können. Trotz der möglichen Inanspruchnahme von Förderungen werden die massiven Investitionen zu einer Erhöhung der Kosten für die Bereitstellung von Fernwärme führen. Insofern ist auch hier eine Akzeptanz der Fernwärmekunden für damit verbundene Preissteigerungen eine Voraussetzung. Dabei muss das Preisniveau der Fernwärme in einem Rahmen bleiben, in dem sich die Wärmekosten von vergleichbaren dezentralen Wärmeversorgungslösungen bewegen, die ebenfalls Kostensteigerungen erfahren werden (vgl. auch Abschnitt 5.4). Insgesamt muss die Fernwärme preislich wettbewerbsfähig sein.

Die STAWAG als Fernwärmeversorger und auch die Stadt können zwar maßgeblich dazu beitragen, dass der Fernwärmeausbau im aufgezeigten Umfang gelingen kann. Allerdings liegt ein Teil dieser Einflussfaktoren auch außerhalb der Sphäre von STAWAG und Stadt und setzt sowohl ein passendes energiepolitisches und energiewirtschaftliches Umfeld als auch eine entsprechende Akzeptanz bei der Bevölkerung für Fernwärme und deren Ausbau voraus.

Eignung der untersuchten Gebiete für Wärmenetze

Nach § 19 WPG ist für das Zieljahr eine Darstellung zu den Teilgebieten hinsichtlich der Eignung für Wärmenetze gefordert. Dabei sind für die Bewertung der Eignung vier Wahrscheinlichkeitsstufen (Kategorien) vorgesehen. Aus den Ergebnissen der Analysen zum Fernwärmeausbau resultiert für die untersuchten Teilgebiete folgende Bewertung: Das Fernwärme-Ausbauggebiet wird als „sehr wahrscheinlich geeignet“ bewertet, da hier sehr hohe Wärmeliniendichten vorliegen und bereits die Unterstützung des Wärmenetzbetreibers sichergestellt ist. Die als geeignet bewerteten Wärmenetzinseln bzw. Fokusgebiete werden in die Kategorie „wahrscheinlich geeignet“ eingeteilt.

Die Gebiete Eilendorf und Brand, die zunächst bzgl. der Eignung für Fernwärme ausgewertet, dann aber verworfen wurden, werden einerseits wegen der grundsätzlich vorhandenen ausreichenden Wärmedichte als Prüfgebiete geführt, aber der Kategorie „wahrscheinlich ungeeignet“ zugeordnet, da hier ein Ausbau auf der Zeitschiene bis 2045 voraussichtlich nicht machbar sein wird. Hier ist die Umsetzbarkeit v.a. aufgrund der Begrenzung der verlegbaren Trassen-km aus heutiger Sicht noch nicht gegeben.

Die verbleibenden Teilgebiete werden anhand der im Jahr 2045 vorliegenden Wärmeliniendichten unterteilt: Gebiete mit Wärmeliniendichten oberhalb von 1.500 kWh/m werden ebenfalls als wahrscheinlich ungeeignet und unterhalb von 1.500 kWh/m als sehr wahrscheinlich ungeeignet bewertet.

Bereitstellung der Fernwärme

Eine weitere wesentliche Voraussetzung für die Realisierbarkeit des Wachstums bei der Fernwärme ist, dass in ausreichendem Umfang Erzeugungsmengen bereitgestellt werden können. Diese müssen bis spätestens 2045 ausschließlich auf erneuerbaren Energien oder auf unvermeidbarer Abwärme basieren. Die Herausforderung besteht also nicht nur darin, die im Status Quo benötigten Fernwärmemengen zu dekarbonisieren, sondern auch weitere Wärmequellen zu erschließen, um das Absatzwachstum zu bedienen.

Ein zentraler Baustein zur Dekarbonisierung der Fernwärme in Aachen besteht in der Ablösung des Wärmebezuges aus dem Braunkohlekraftwerk in Weisweiler. Hier gibt es bereits sehr konkrete Planungen, dass dies über einen alternativen Wärmebezug aus der Müllverbrennungsanlage in Weisweiler (MVA) erfolgen kann. Die Vorteile dieser Lösung besteht darin, dass

- aus der MVA im Vergleich zum Braunkohlewärmebezug in Status Quo sogar noch höhere Wärmemengen bezogen werden können,
- die Wärme aus thermischer Abfallbehandlung als unvermeidbare Abwärme eingestuft wird und damit auf das Dekarbonisierungsziel einzahlt,
- die bestehende Fernwärmeleitung von Weisweiler bis zur Fernwärmeübergabestation (FÜS) und damit der bestehende Einspeisepunkt weiter genutzt werden kann.

Bis 2030 plant die STAWAG darüber hinaus, eine Großwärmepumpe für die Nutzung des Thermalwassers in Burtscheid mit einer Leistung von ca. 3 MW zu realisieren. Zudem soll der Anteil der gasbasierten KWK-Wärme aus den BHKW Melaten, dem BHKW Schwarzer Weg und weiteren neuen KWK-Anlagen deutlich ansteigen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Veränderungen beim Erzeugungsmix für die Fernwärmemengen ausgehend vom Status Quo bis zum Zieljahr 2045. Die für das Zielszenario getroffenen Annahmen zu neuen Wärmequellen basieren dabei einerseits auf den Potenzialanalysen in Kapitel 4 und lehnen sich zudem an die Zwischenergebnisse des Transformationsplans der STAWAG für das Fernwärmenetz an.

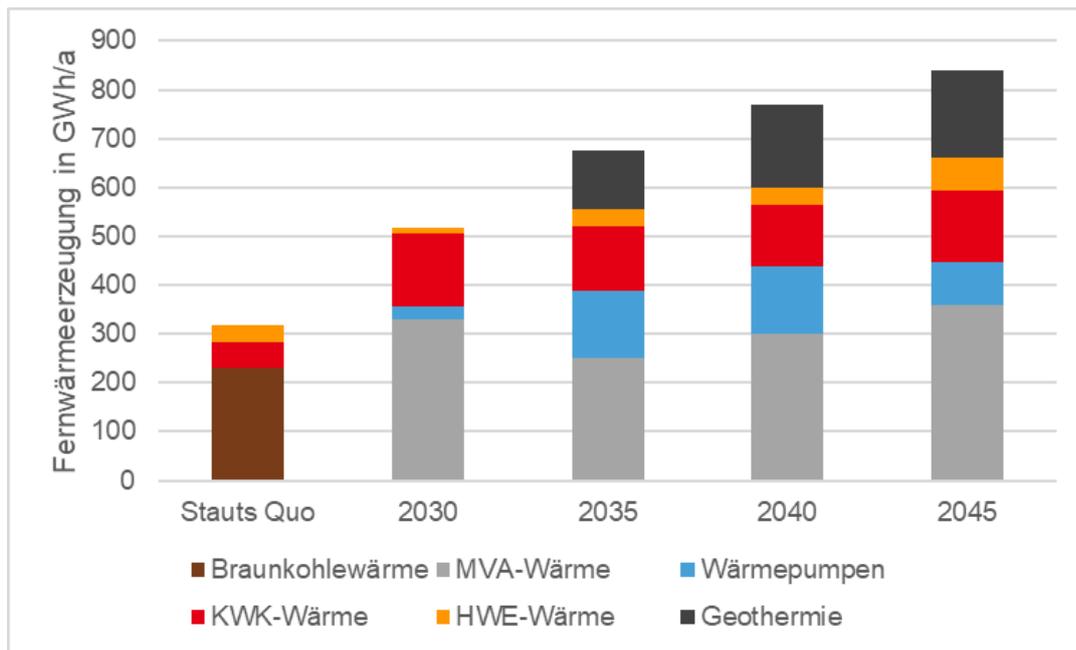


Abbildung 76: Erzeugungsmix der Fernwärme bis 2045

Um den nach 2030 weiter wachsenden Bedarf an Fernwärmemengen bereitzustellen wird für das Zielszenario die Erschließung von zwei weiteren Wärmequellen auf Basis von erneuerbaren Energien bis zum Stützjahr 2035 angenommen. Dabei handelt es sich einerseits um eine weitere Großwärmepumpe mit einer Leistung von 24 MW, die die Wärme des geklärten Abwassers der Kläranlage Soers nutzt. Darüber hinaus wird für das Zielszenario davon ausgegangen, dass das Geothermieprojekt der STAWAG erfolgreich ist und im Endausbau Wärme mit einer Leistung von 30 MW zur Verfügung steht. Die beiden neuen Wärmequellen führen im Jahr 2035 zu einer Diversifizierung des Wärmeeerzeugungsportfolios aber auch zu einer Reduzierung der Wärmemengen aus der MVA. Diese beiden neuen Wärmequellen und die MVA-Wärme aus Weisweiler steigern im Zielszenario bis 2045 jeweils ihre Wärmemengen.

Auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität bis 2045 ist darüber hinaus in den gasgefeuerten Erzeugungsanlagen der Ersatz des fossilen Gases durch klimaneutrale Gase erforderlich. Hier wird für das Zielszenario davon ausgegangen, dass an den Erzeugungsstandorten mit gasgefeuerten Anlagen (KWK-Anlagen, Heizwerke) beginnend ab dem Stützjahr 2035 sukzessive Wasserstoff zur Verfügung steht und eingesetzt wird (vgl. hierzu Abschnitt 5.1.4). An Heizwerksstandorten mit geringer Wärmeeerzeugung ist bei den geringen Brennstoffmengen alternativ auch ein Einsatz von klimaneutralem flüssigem Brennstoff eine Option.

Aus den Wärmeeerzeugungsmengen entsprechend Abbildung 76 lassen sich unter Anwendung der Emissionsfaktoren und der Berechnungsmethodik aus dem Leitfaden Wärmeplanung die THG-Emissionen für 2045 und die Stützjahre ermitteln (siehe auch Tabelle 4).

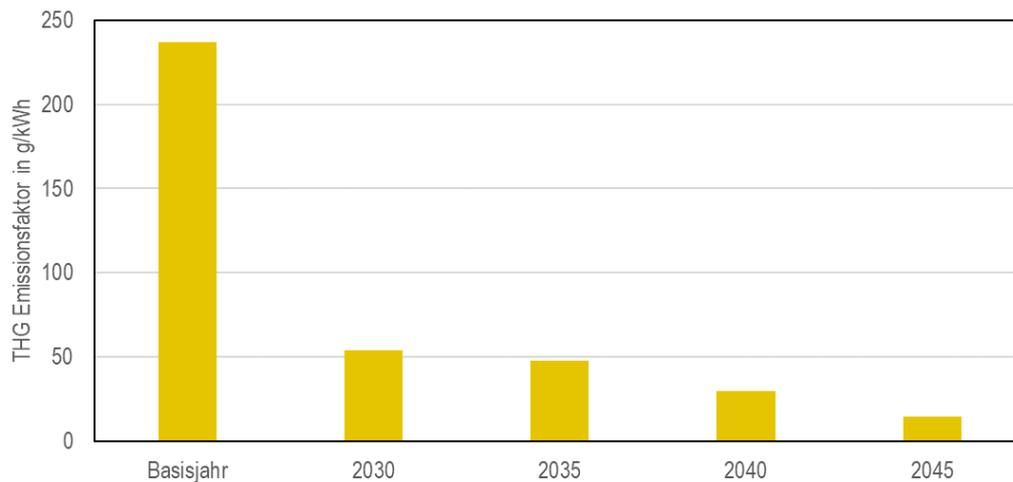


Abbildung 77: spezifische THG-Emissionen (Treibhausgas als CO₂-Äquivalent) der Fernwärme bis 2045

Hier zeigt sich zunächst einmal, dass der Ersatz der Braunkohlewärme durch Abfallwärme in Kombination mit einer Erhöhung der KWK-Wärme und der Thermalwärme bereits bis 2030 zu einer sehr starken Reduzierung der THG-Emissionen führt. Die spezifischen THG-Emissionen reduzieren sich von 237 g/kWh im Status Quo (vgl. Kapitel 2.2) auf 54 g/kWh und betragen damit weniger als ein Viertel des Wertes im Status Quo. In den nachfolgenden Stützjahren reduzieren sich die spezifischen THG-Emissionen weiter und liegen im Zieljahr bei 15 g/kWh. Im Zieljahr der Klimaneutralität liegen die THG-Emissionen nicht bei 0 g/kWh, weil die anzuwendenden THG-Faktoren für Wasserstoff, Strom und unvermeidbare Abwärme Werte oberhalb von 0 g/kWh aufweisen.

5.1.2 Teilgebiete und Quartierslösungen

Im Rahmen der Potenzialanalyse und nach Abstimmung mit der planungsverantwortlichen Stelle wurden für folgende Fokus-Quartiere Strukturen und Lösungsansätze exemplarisch detaillierter analysiert. Kriterien bei der Auswahl der Quartiere waren

- Gebiete mit hoher Wärmeliniendichte, die aber außerhalb der Fernwärmeversorgungsgebiete liegen,
 - Gebiete, die auf andere adaptierbar sind und daher Pilotcharakter haben können,
 - Gebiete mit kommunalem Gebäudebestand,
 - Gebiete mit besonderen Akteursstrukturen, z.B. mit Gebäudebestand von Wohnbaugesellschaften oder speziellen Gewerbestrukturen sowie
 - Gebiete, die aufgrund lokaler Gegebenheiten vor besonderen Herausforderungen bei der Transformation stehen.
- Ziel war weiterhin, Gebiete zu definieren, die sich einerseits deutlich unterscheiden, die andererseits aber ein mögliches Hochskalieren von Lösungsansätzen auf weitere Quartiere erlauben. Ausgewählt wurden 9 Quartiere, von denen die drei im Folgenden zuerst Genannten nochmals detaillierter durch einen Vergleich von Versorgungsansätzen bewertet wurden.

Identifiziert wurden folgende Fokus-Quartiere

- Kornelimünster Schulviertel: Gebiet in Stadtrandlage, das durch eine große öffentliche Schule, das Inda-Gymnasium, sowie angrenzende Wohnbebauung sowie Agrar- und Freiflächen geprägt ist.
- Siedlung Preuswald: Wohnquartier mit Hochhäusern mit hohem Anteil einer einzelnen Wohnbaugesellschaft sowie angrenzenden Waldflächen
- Gewerbegebiet Eilendorf: Großes Gewerbeareal mit hoher Wärmedichte und unterschiedlichsten Betrieben und Mischung aus Produktion, Logistik, Verkaufs- und Büroflächen.
- Zwei eher dörflich geprägte Mischgebiete am Stadtrand, jeweils im Norden (Richterich-Horbach) und im Süden (Walheim)

- Gewerbegebiet Oberforstbach rund um die Pascalstrasse
- Haaren Bogenstrasse: Hochhausstrukturen mit umliegender Mischbebauung
- Burtscheid / Beverau: Typische Reihenhaussiedlung mit sehr vielen architektonisch ähnlichen Reihenhäusern der frühen 60er Jahre
- Kornelimünster Altstadt: Dichte Bebauung mit hohem Anteil an Denkmalschutz

Die Gebiete sind in folgender Abbildung dargestellt:

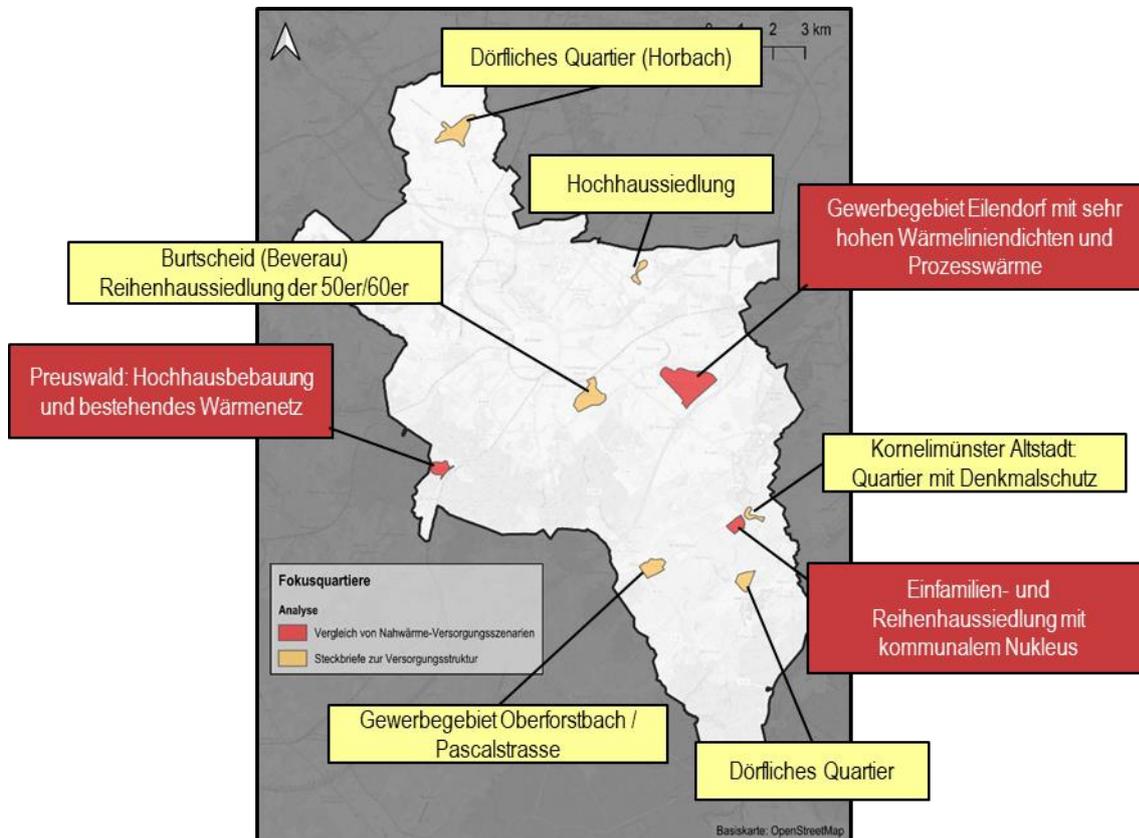


Abbildung 78: Fokusgebiete und ausgewählte Gebiete für Detailanalysen

Die Kennzahlen der verschiedenen Quartiere zeigen eine große Bandbreite der Wärmebedarfe und Strukturen:

- Der Wärmebedarf reicht von 4,5 GWh bis 80 GWh, wobei auch der spezifische Bedarf pro Gebäude zwischen 19 MWh (Reihenhaussiedlungen, Beverau Burtscheid) und 750 GWh (große Gewerbeobjekte in Eilendorf) liegt.
- Die Wärmeliniendichten streuen zwischen 1.700 kWh/m und über 10.000 kWh/m, wobei alle Gebiete über den im Leitfadens beschriebenen unteren Grenzwert einer möglichen Wärmenetzeignung liegen.
- Die Anteile der Wohnnutzung liegen zwischen fast 100% (Horbach, Beverau) und fast 0% (Gewerbeareale Eilendorf, Oberforstbach)
- Einige Gebiete liegen in erreichbarer Distanz zum städtischen Fernwärmenetz (Haaren, Eilendorf), andere sehr weit weg. Als einziges verfügt dabei das Fokusgebiet Preuswald darüber hinaus schon über ein lokales Wärmenetz.

Tabelle 15: Kennzahlen der untersuchten Fokusquartiere

Fokusgebiet	Anzahl Adressen	Wärmebedarf	Bedarf pro Gebäude	Gebauedefläche m ²	spez. Wärmebedarf	Länge Strassen m	Wärmelienendichte	Entfernung zum Fernwärmenetz m
		GWh	MWh/Gebäude		kWh/m ²		kWh/m	
Beverau	916	17,6	19	152.321	115	8.986	1.953	600
Eilendorf	112	85,6	764	469.657	182	4.965	17.232	600
Haaren	138	9,0	65	75.833	119	2.109	4.265	500
Horbach	511	11,0	22	102.005	108	5.585	1.976	3.600
Kornelimünster Altstadt	132	4,6	35	52.776	87	1.756	2.617	3.000
Kornelimünster Schulviertel	234	7,0	30	63.868	109	3.192	2.178	3.000
Oberforstbach	66	12,2	184	138.908	88	2.081	5.848	4.500
Preuswald	160	10,3	64	78.374	131	2.289	4.490	2.900
Wahlheim	358	9,1	25	81.731	111	4.161	2.181	3.800

In den folgenden Abschnitten werden die drei ausgewählten Quartiere Preuswald, Kornelimünster und Eilendorf detaillierter betrachtet und auf mögliche Quartierslösungen hin untersucht. Diese Gebiete wurden ausgewählt, weil sie die gesamte Bandbreite von Wohnquartier (Preuswald) über Mischnutzung mit kommunalem Anker (Kornelimünster) bis zu Gewerbenutzung darstellen. Für die übrigen Fokusgebiete werden z.T. auch bereits in parallel laufenden Projekten schon nähere Untersuchungen gemacht und Strategien entwickelt (bspw. Quartierskonzept Beverau und Kornelimünster Altstadt im Forschungsprojekt AixHeat). Bei der Überleitung der Fokusgebiete in mögliche Versorgungsgebiete wurde wie folgt vorgegangen:

- Gebiete mit Wärmelienendichten unter 2.000 kWh/m im Gebäudebestand werden als kaum erschließbar angesehen und daher als „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ für Wärmenetze klassifiziert und auch nicht als Prüfgebiete ausgewiesen. Dies betrifft die Gebiete Beverau und Horbach, in denen aber andere Modelle wie kleinere gemeinschaftliche Lösungen denkbar sind, z.B. im Bereich von Reihenhaussiedlungen wie in Burtscheid.
- Das Gebiet in Haaren wurde aufgrund der Kennzahlen und Wärmedichten in die Fernwärmenetzgebiete aufgenommen und wird dort als Wärmenetzgebiet dargestellt.
- Für Wahlheim wurde bereits eine detaillierte Machbarkeitsuntersuchung im Rahmen des Förderkonzeptes „Fernwärmenetze 4.0“ des BMWK durchgeführt mit dem Ergebnis, das ein erneuerbares Wärmenetz wirtschaftlich kaum darstellbar ist und daher nicht weiterverfolgt wird. Das Gebiet wird daher vorerst nicht als Prüfgebiet geführt.

Die restlichen 5 Gebiete werden aufgrund der nachfolgenden Untersuchungen als Prüfgebiete ausgewiesen. Das Gewerbegebiet rund um die Pascalstr. In Oberforstbach wurde nicht detailliert bewertet, es gibt hier aber strukturelle Ähnlichkeiten zum anderen Gewerbegebiet in Eilendorf und auch eine bereits vorhandene Akteurgemeinschaft, so dass hier ähnliche Ansätze vorstellbar sind.

Fokusgebiet Kornelimünster Schulviertel

Als Schulviertel in Kornelimünster wird im Rahmen dieser Untersuchung das Wohngebiet zwischen Schleckheimer Str. und St. Gangolfsberg bezeichnet. Bei den dort existierenden Wohngebäuden handelt es sich um eine Mischung aus Reihenhaussiedlungen sowie freistehenden Einfamilienhäusern. Rund die Hälfte der Gebäude fällt in die Baualtersklasse der 80er Jahre. Weitere rund 40 % fallen in die Baualtersklassen (weit vor) den 80 er Jahren und nur ca. 10 % in die Baualtersklasse der 90er Jahre. Neben den Wohngebäuden befindet sich im südlichen Teil des Viertels auch das Inda-Gymnasium mit angrenzender Sportanlage. Die Eckdaten des Gebietes sind in der folgenden Abbildung in einem Steckbrief zusammengestellt.

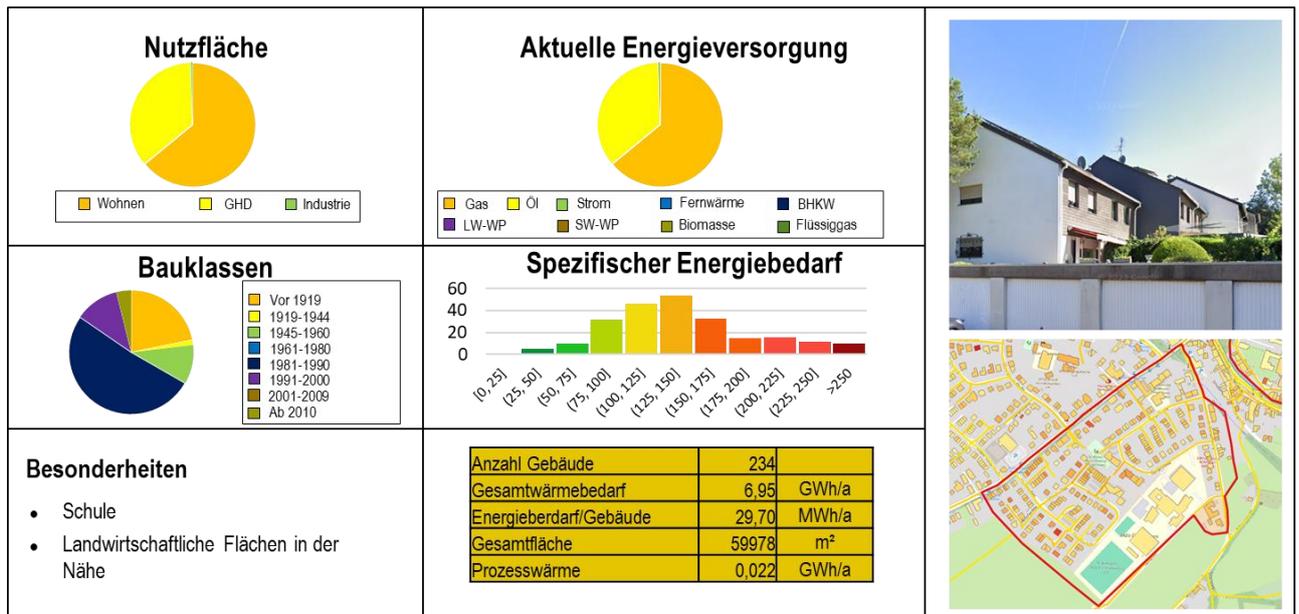


Abbildung 79: Steckbrief Fokusgebiet Kornelimünster Schulviertel

Aufgrund der dichten Bebauung des Wohnviertels und des hohen Wärmebedarfes der Schule liegt für das Viertel eine relativ hohe Wärmebedarfsdichte vor, die eine Nahwärmelösung denkbar macht. Darüber hinaus existieren in unmittelbarer Umgebung zum Viertel landwirtschaftliche Flächen, wo eine zentrale Wärmeerzeugung Flächen finden könnte und es gibt Überlegungen, neue Baugebiete südwestlich der Bestandsbebauung zu errichten.

Vor dem Hintergrund dieser günstigen Voraussetzungen wurde für das Schulviertel in Kornelimünster ein Nahwärme-konzept untersucht, welches eine zentrale Erdkollektor-Wärmepumpe und eine Solarthermie-Anlage in Kombination mit einem Elektro-Kessel zur Spitzenlastdeckung und Besicherung umfasst. Bei einer Erdkollektor-Wärmepumpe wird die oberflächennahe Erdwärme nutzbar gemacht, indem Kunststoffrohre rund 1-2 m tief unter der Erdoberfläche in Schleifen verlegt werden. Zwar wird hierzu ein verhältnismäßig großes Flächenareal benötigt, jedoch ist nach Einbringung der Erd-kollektoren die Fläche weiterhin nutzbar. Im vorliegenden Fall könnten die Kollektoren zum Beispiel u.a. unterhalb des Sportplatzes oder Grünflächen verlegt werden. Abbildung 80 zeigt ein beispielhaftes Nahwärme-konzept für das Viertel mit dem neu zu bauenden Wärmenetz, der benötigten Flächen für die Solarthermie-Anlage sowie der (weiterhin nutzba-ren) Flächen für die Verlegung von Erdkollektoren. Den eingezeichneten Flächenbedarfen liegt eine Wärmepumpe mit rd. 1.200 kW_{th} zugrunde sowie eine Solarthermieanlage mit rd. 2.200 m² Bruttokollektorfläche. Denkbar wäre zudem eine Einbindung von Abwasserwärme aus dem Kanal in der Schleckheimer Str. mittels einer Wärmepumpe.



Abbildung 80: Beispielhaftes Nahwärmeconcept für das Schulviertel in Kornelimünster mit einem Solarthermiefeld sowie einem (nach Installation wieder nutzbaren) Erdkollektorfeld für eine Wärmepumpe. Möglich ist zudem die Einbindung von Abwasserwärme aus dem Kanal in der Schleckheimer Str.

Neben der Option einer Nahwärmelösung, wurde für das Viertel als Referenzlösung eine dezentrale Versorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpen je Gebäude untersucht.

Zur Untersuchung und zum Vergleich der zwei Versorgungsvarianten (Nahwärmeconcept und dezentrale Luft-Wärmepumpen) wurde eine statisch-annuitätische Kostenrechnung mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren durchgeführt, welche die wesentlichen Bestandteile der Investitions- und Betriebskosten abbildet und in einem spezifischen Wärmepreis zusammenfasst. Die Investitionskosten wurden dabei in Anlehnung an die Kostenansätze aus dem dena-Technikkatalog berechnet. Zur Ermittlung der Betriebskosten wurde zunächst die Wärmeerzeugung stundenscharf modelliert, um die jährliche Energiebilanz (Stromeinsatz, Gaseinsatz, etc.) zu ermitteln. Im Rahmen der Modellierung wurde die Einsatzcharakteristik der einzelnen Erzeuger sowie eines Wärmespeichers zum Ausgleich von Tagesspitzen abgebildet. Abbildung 81 zeigt das Ergebnis der Modellierung für das Nahwärmeconcept in Kornelimünster in Form eines Beispiel-lastgangs im Winter (links) und im Sommer (rechts). Für den Winter-Lastfall ist zu erkennen, dass der Großteil des Wärmebedarfes durch die Erdkollektor-Wärmepumpe (blaue Fläche) bereitgestellt wird, während die Solarthermie (gelbe Fläche) kaum zur Deckung beiträgt. Ein zusätzlicher Wärmespeicher erhöht die Auslastung der Wärmepumpe, indem diese in der Nacht den Speicher belädt (dunkelgrüne Fläche), um tagsüber Bedarfsspitzen zu glätten (hellgrüne Fläche). Die verbleibende Residuallast wird über einen Elektro-Kessel gedeckt (rote Fläche).

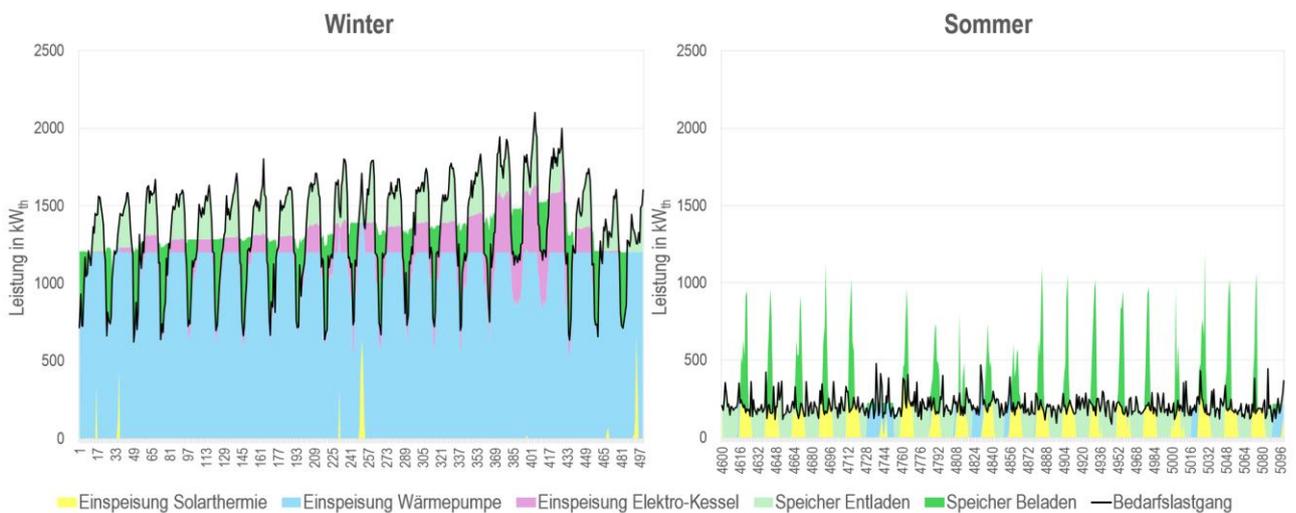


Abbildung 81: Lastgänge des Wärmebedarfes und der Wärmeerzeugung für das Nahwärmeconcept in Kornelimünster. Links: Winter, rechts: Sommer

Während die Solarthermie im Winter kaum zur Wärmeerzeugung beitragen kann, deckt sie im Sommer einen Großteil des Bedarfes. Tagsüber wird dazu die solare Wärme direkt in das Netz eingespeist (gelbe Fläche) sowie überschüssige Wärme eingespeichert (dunkelgrüne Fläche), welche wiederum nachts ausgespeichert wird (hellgrüne Fläche). Die monatlichen Anteile der einzelnen Erzeuger an der Gesamt-Wärmeerzeugung sind in Abbildung 82 dargestellt, woraus der hohe Deckungsanteil der Solarthermie in den Sommermonaten hervorgeht.

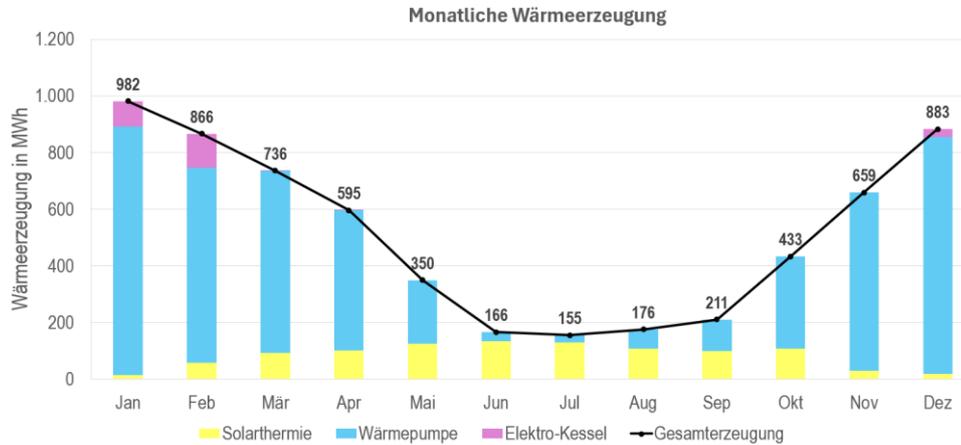


Abbildung 82: Monatliche Anteile der einzelnen Wärmeerzeuger des Nahwärmekonzeptes an der Gesamterzeugung.

Die aus der Modellierung resultierende jährliche Energiebilanz wurde zur Ermittlung der Betriebskosten herangezogen. Darüber hinaus wurden in der Kostenrechnung Fördermöglichkeiten sowohl für das Nahwärmekonzept als auch für die dezentralen Luft-Wasser-Wärmepumpen berücksichtigt. Für letztere kommt die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) in Frage, auf Basis derer eine Investitionskostenförderung von 30 % in der Kostenrechnung angesetzt wurde. Für das Nahwärmekonzept kommt die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) in Frage, im Rahmen dessen 40 % der Investitionskosten gefördert werden sowie eine Betriebskostenförderung für strombetriebene Wärmepumpen und für Solarthermieanlagen möglich ist. Für die Betriebskostenförderung wurde im Rahmen dieser Untersuchung der jeweils maximal mögliche Fördersatz angenommen. Der in Realität erreichbare Fördersatz wird voraussichtlicher niedriger ausfallen.

Die spezifischen Wärmekosten als Ergebnis der statisch-annuitätischen Kostenrechnung sind in Abbildung 83 für beide Versorgungsvarianten dargestellt. Die ausgefüllte Fläche stellt jeweils die Wärmekosten unter Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten dar, während die schraffierte Fläche die Wärmekosten ohne Berücksichtigung von Förderungen widerspiegelt. Zur Einordnung der dargestellten Kosten ist zu berücksichtigen, dass es sich hier um eine Voruntersuchung handelt, die weder wirtschaftlich noch technisch alle Details abbilden kann. Das Ziel ist eine grundsätzliche Einordnung von Versorgungsoptionen zu ermöglichen und Hebel zu identifizieren, die besonderen Einfluss auf die Kosten haben. Nicht berücksichtigt wurden unter anderem Preisszenarien für die Zukunft. Zudem wurde im Falle des Nahwärmekonzeptes von einer Anschlussquote von 100 % ausgegangen, die in Realität möglicherweise nicht erreicht werden kann.

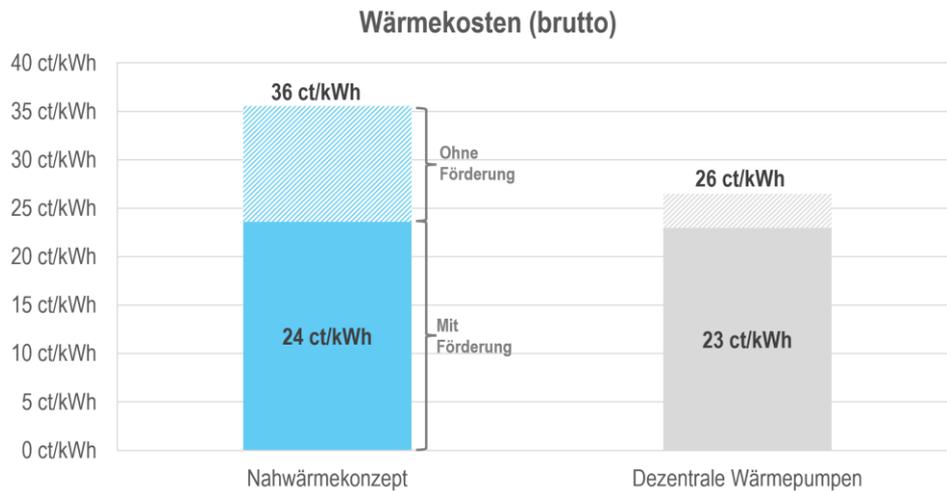


Abbildung 83: Spezifische Wärmepreise als Ergebnis der Kostenrechnung für das Nahwärmekonzept und die dezentrale Wärmeversorgung, jeweils mit und ohne Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten.

Wie aus Abbildung 83 hervorgeht, zeigt die dezentrale Lösung einen wirtschaftlichen Vorteil, wenn keine Fördermöglichkeiten berücksichtigt werden. Durch die Möglichkeit einer BEW-Förderung wird das Nahwärmekonzept jedoch wirtschaftlich konkurrenzfähig und kann im Rahmen weiterführender Machbarkeitsstudien näher untersucht werden. Weitere Ausbauperspektiven ergeben sich im Fall einer neuen Wohn-Bebauung westlich der Schule, die im Flächennutzungsplan schon angelegt ist. Perspektivisch ist auch eine Erweiterung auf Teile der Altstadt denkbar, wobei hier noch deutlich mehr Wärmequellen erschlossen und längere Leitungstrassen gebaut werden müssten.

Fokusgebiet Preuswald

Die Wohnsiedlung „Preuswald“ im äußersten Süden Aachens liegt direkt an der belgischen Grenze und ist von einem ausgedehnten Waldgebiet, dem Preuswald, umgeben, welcher der Siedlung seinen Namen gibt. Die Bebauung in Preuswald besteht überwiegend aus Wohnblöcken und Hochhäusern, die in den 1960er Jahren errichtet und seit 2010 umfassend modernisiert wurden, ergänzt durch einige Einfamilienhäuser. Ein Großteil der Gebäude wird über ein Nahwärmenetz und ein zentrales Biogas Blockheizkraftwerk (BHKW) mit Wärme versorgt. Diese Anlagen werden aktuell von der RheinEnergie im Rahmen eines Contracting-Vertrages betrieben.

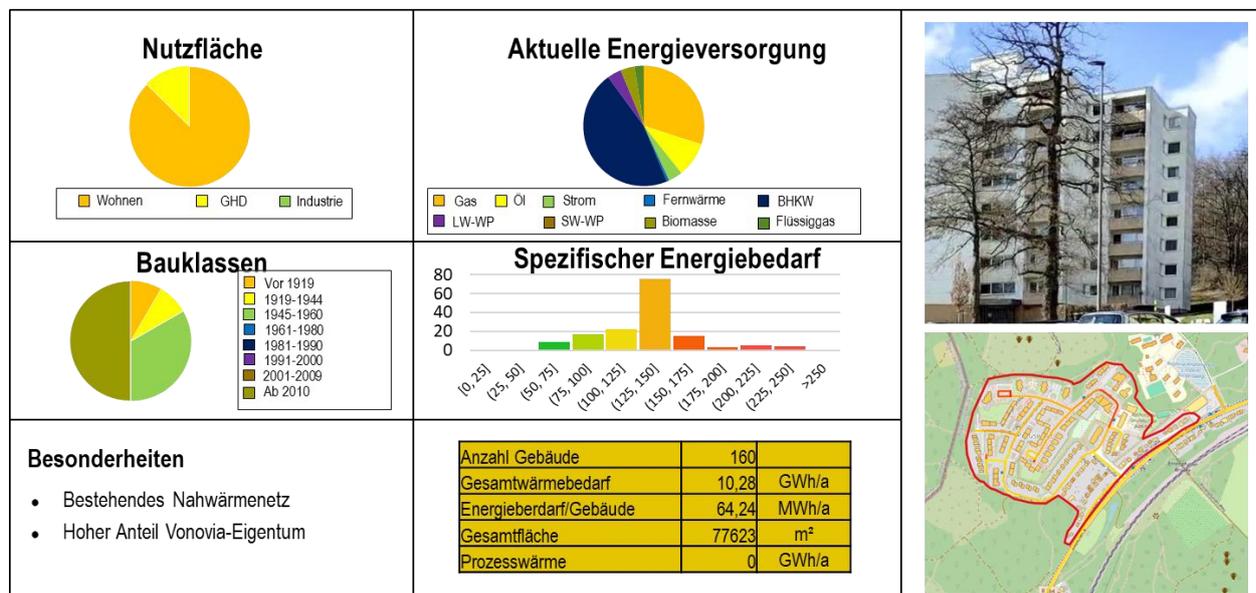


Abbildung 84: Steckbrief Fokusgebiet Preuswald

Aufgrund des bereits bestehenden Nahwärmenetzes liegt auch in Zukunft eine Versorgung mittels zentraler Wärmeerzeugung und Verteilung über das Wärmenetz nahe. Darüber hinaus ist eine Erweiterung des Netzes denkbar, um die bisher nicht angeschlossenen Gebäude an der Lütticher Straße mit zu versorgen. Abbildung 85 zeigt schematisch das Bestandsnetz sowie die mögliche Netzerweiterung.

Für die zentrale Wärmeerzeugung wurden zwei Varianten untersucht. Zum einen die Erneuerung der Biogas BHKW in Kombination mit Gaskesseln zur Deckung von Spitzenlasten sowie zur Besicherung. Zum anderen wurde eine Versorgung über eine Erdsonden-Wärmepumpe in Kombination mit einem Elektro-Kessel zur Spitzenlastdeckung und Besicherung untersucht. Die Erdsonden-Wärmepumpe macht die Wärme aus dem Erdreich (Geothermie) nutzbar und bietet sich in Preuswald besonders an, weil in unmittelbarer Nähe zur Wohnsiedlung große (Wald-)Flächen für die Anlagentechnik verfügbar sind. Die drei weißen Markierungen in Abbildung 85 deuten ein mögliches Gebiet für die Einbringung von Erdsonden in Schrägbohrtechnik an. Die Schrägbohrtechnik wurde durch das Fraunhofer IEG unter dem Namen GeoStar entwickelt und bietet den Vorteil, dass auch Erdreich unterhalb von Gebäuden erschlossen werden kann. Darüber hinaus ist eine kompaktere Anlagentechnik an der Erdoberfläche erreichbar. Abbildung 86 zeigt die GeoStar Technik schematisch anhand eines Beispielprojektes.

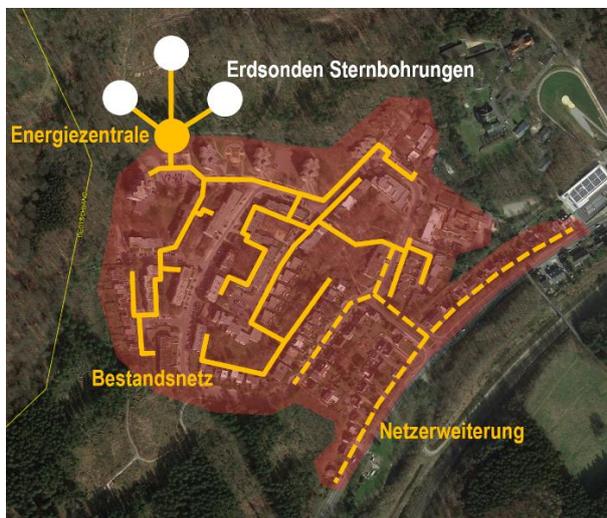


Abbildung 85: Beispielhaftes Nahwärmeconcept für die Siedlung in Preuswald mit Erweiterung des Wärmenetzes und zentraler Wärmeerzeugung mittels Erdsonden und Wärmepumpe.



Abbildung 86: Schematische Darstellung von Erdsonden in Schrägbohrtechnik (GeoStar), entwickelt durch das Fraunhofer IEG.

Die Kostenrechnungen für die zwei Nahwärmeconzepte wurden analog zum oben beschriebenen Vorgehen (Absatz „Fokusgebiet Kornelimünster“) durchgeführt. Für die BHKW Variante wurde in diesem Fall die Möglichkeit einer Förderung im Rahmen des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) berücksichtigt. Die resultierenden Wärmekosten beider Varianten sind in Abbildung 87 dargestellt.

Unter den gesetzten Annahmen in dieser Untersuchung ergeben sich für beide Nahwärmeconzepte ähnlich hohe Wärmekosten. Auffällig ist, dass diese im Vergleich zu dem Nahwärmeconcept in Kornelimünster geringer ausfallen. Dies hängt mit dem bereits vorhandenen Wärmenetz der RheinEnergie in Preuswald zusammen, wodurch Investitionsaufwand eingespart, nicht jedoch vollständig vermieden wird, da das Netz weiterhin Instand gehalten werden muss. Die Kosten für die Weiternutzung des Bestandsnetzes wurden in Form von kalkulatorischen Netznutzungskosten berücksichtigt und sind nur eine Indikation

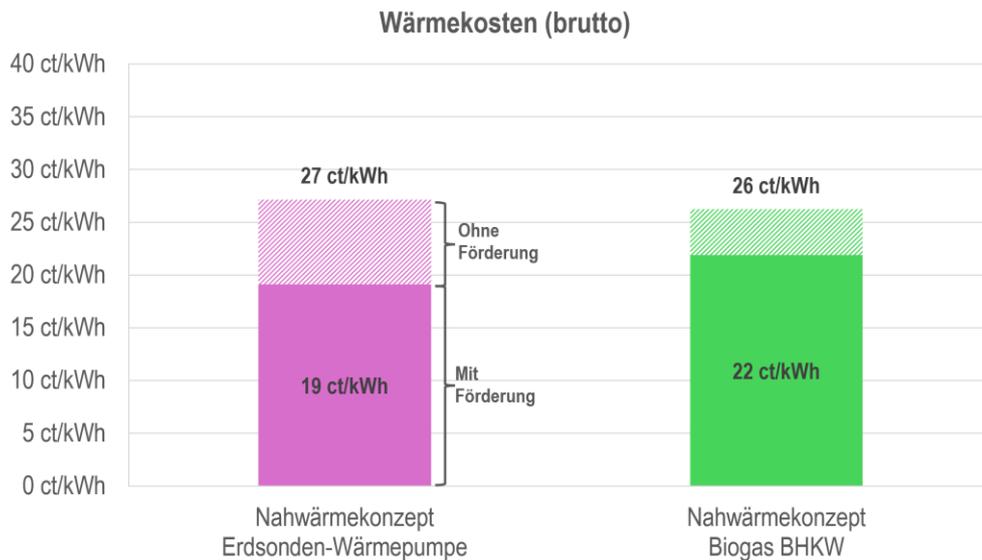


Abbildung 87: Spezifische Wärmepreise als Ergebnis der Kostenrechnung für die zwei Nahwärmekonzepte in Preuswald, jeweils mit und ohne Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten.

Fokusgebiet Gewerbegebiet Eilendorf

Das Gewerbegebiet in Eilendorf, welches durch die Neuenhofstraße und die Debyestraße eingegrenzt wird, zeichnet sich durch eine hohe Diversität an Unternehmen aus. Neben Grünenthal und der FEV sind dort unter anderem Zentis, die Bäckerei Moss sowie diverse Autohäuser ansässig. Entsprechend der durchmischten Industrie- und Gewerbestruktur ergeben sich sehr unterschiedliche Anforderungen an den Wärmebedarf. Einige Unternehmen weisen einen hohen Raumwärmebedarf auf (z.B. Büros, Autohäuser), andere einen hohen Prozesswärmebedarf (z.B. Bäckerei). Darüber hinaus existieren Unternehmen mit Abwärmepotenzial, welche in den umliegenden Unternehmen genutzt werden könnte.

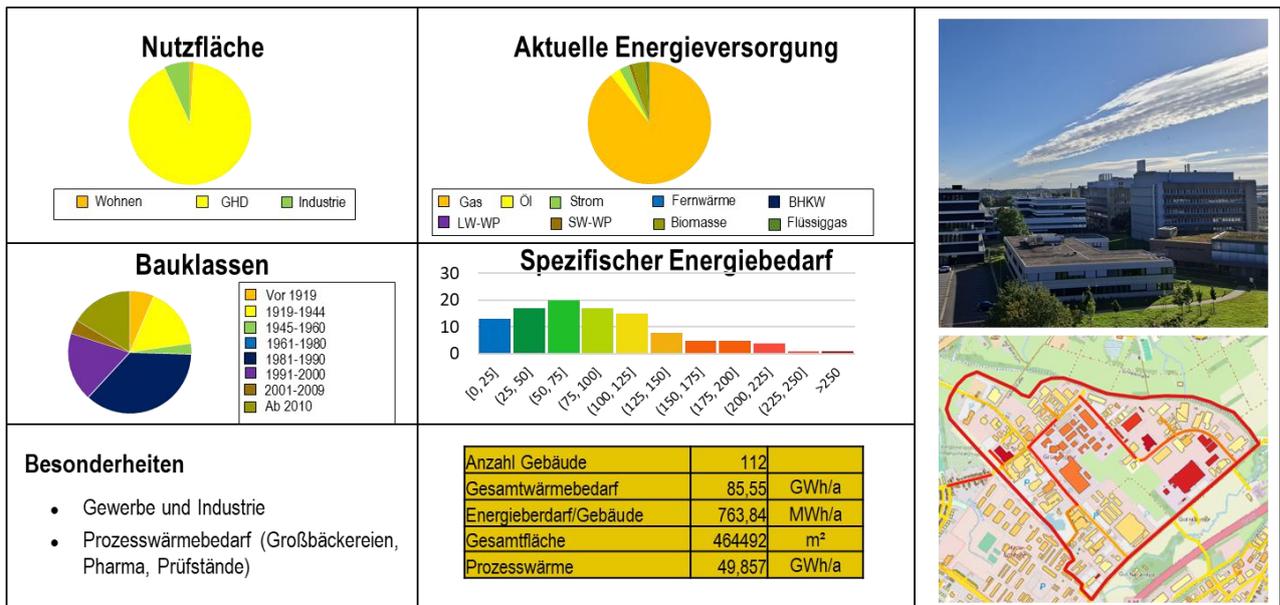


Abbildung 88: Steckbrief Fokusgebiet Eilendorf

Ein mögliches Konzept zur Wärmeversorgung im Industrie- und Gewerbegebiet Eilendorf ist in Abbildung 89 dargestellt. Denkbar ist dort ein kaltes Nahwärmenetz (hellblau eingezeichnet) mit einem niedrigen Temperaturniveau von beispielsweise 4-20 °C, welches im Sommer zum Kühlen der Gebäude eingesetzt werden kann und im Winter zum Heizen, indem dezentrale Luftwärmepumpen das Temperaturniveau anheben. Neben der Option zum Kühlen im Sommer bietet

die niedrige Netztemperatur zudem den Vorteil, dass Abwärme aus den Unternehmen direkt eingekoppelt werden kann, welche häufig nicht auf den hohen Temperaturen eines konventionellen Wärmenetzes vorliegt.

Um neben dem Raumwärmebedarf auch den Prozesswärmebedarf decken zu können, ist der Einsatz von Wasserstoff über die Weiternutzung des bereits vorhandenen oder in Teilen auch neuen Gasnetzes denkbar, da diese Gebiet im Erschließungskorridor eines möglichen H₂ Rings in Aachen liegt (vgl. Abschnitt 5.1.4.).



Zudem: Weiternutzung des bestehenden Gasnetzes,
Nutzung von Wasserstoff zur dezentralen Prozesswärme-Erzeugung

Abbildung 89: Konzept für eine Wärmeversorgung im Industrie- und Gewerbegebiet Eilendorf.

Einordnung der Fokusgebiete

Zu den Fokusgebieten wurden z.T. bereits erste Akteurstermine durchgeführt, die auch ein großes Interesse der jeweils Beteiligten an der Weiterentwicklung von Quartierslösungen gezeigt haben. Dies in Verbindung mit den grundsätzlich gegebenen Voraussetzungen für Quartiersnetze führt zur Einstufung aller drei Gebiete als Prüfgebiete für lokale Wärmenetze. Für die Gebiete Preuswald und Kornelimünster wird eine Machbarkeitsstudie empfohlen, für das Gebiet Eilendorf ist aufgrund der komplexen Randbedingungen ein vorgeschalteter Akteursworkshop sinnvoll.

5.1.3 Dezentrale Erzeugung

Gebiete und Stadtteile, die außerhalb der oben dargestellten Wärmenetzgebiete liegen, sind in dem Zielszenario überwiegend durch Umstellung auf Wärmepumpen geprägt. Dabei spielen neben Luftwärmepumpen auch Erdwärmepumpen eine Rolle, vor allem in Bereichen mit größeren Flurstücken und ohne wasserrechtliche Einschränkungen.

Weitere Bausteine sind – wenn auch punktuell – der Austausch von Ölheizungen durch Pelletkessel sowie die Nutzung klimaneutraler Gase in den Fällen, wo durch besondere Anforderungen wie z.B. Prozesswärme eine Wärmepumpenumstellung nicht möglich erscheint.

Dadurch ist auch im Zielszenario 2045 noch eine Restnutzung gasförmiger Energieträger enthalten, vor allem in gewerblichen Nutzungsarealen. Der Ausbau der Wärmepumpen als wichtigster Baustein neben der Fernwärme ist in Abbildung 90 dargestellt, wo der Zuwachs dezentraler klimaneutraler Optionen gegenüber dem Ausgangspunkt heute auf Baublockebene zu erkennen ist. Vor allem in den Stadtteilen außerhalb der Wärmenetzgebiete im Süden und Norden von Aachen ist ein erheblicher Ausbau erforderlich, während in den Innenstadtbereichen kaum noch dezentrale Lösungen hinzukommen.

Ebenfalls erkennbar ist, dass Baublöcke mit überwiegender Eignung für Erdwärmepumpen, also geothermischer Wärmequelle, fast nur in den Randbereichen existieren, wo es größere Grundstücke gibt.

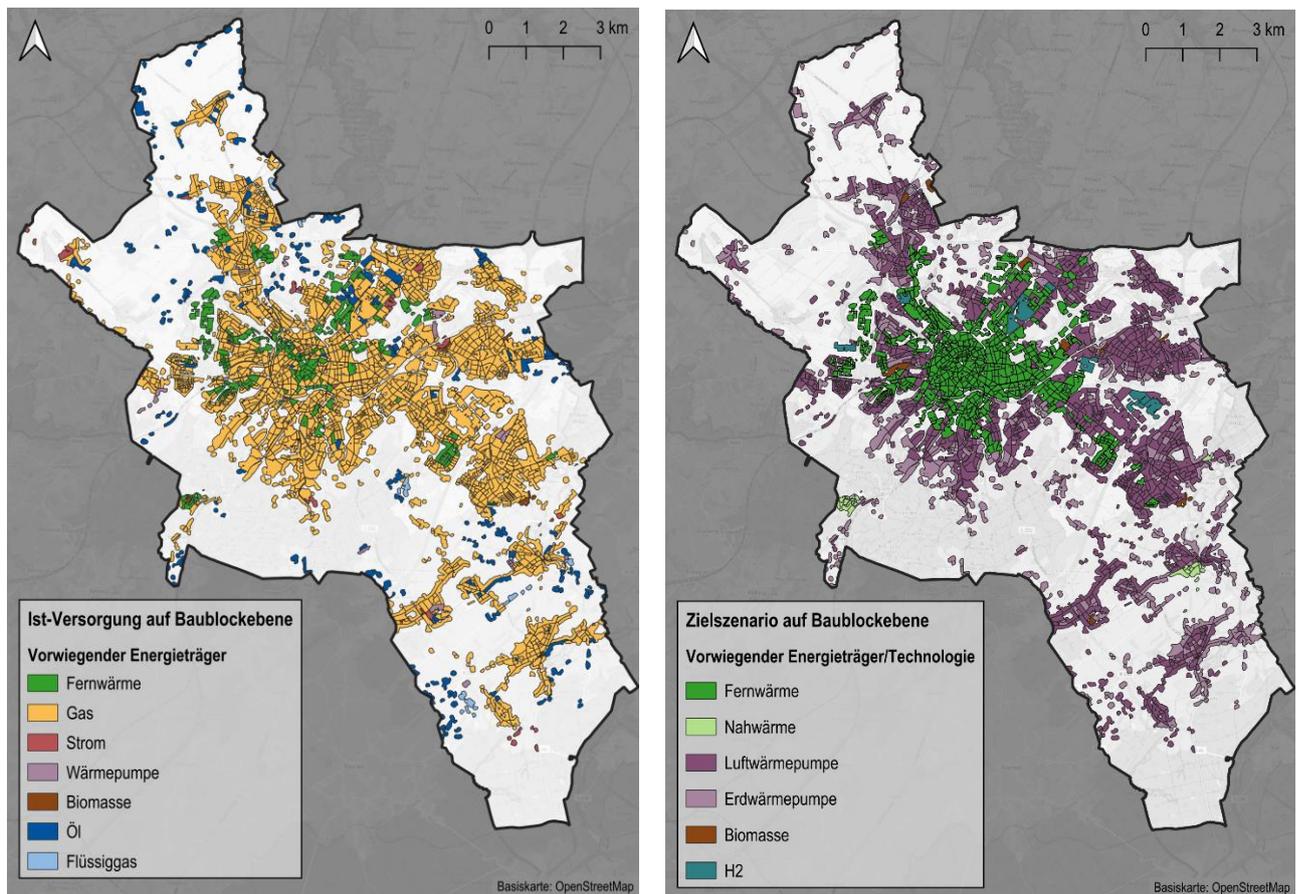


Abbildung 90: IST-Versorgungsart und Zielbild 2045 auf Baublockebene (jeweils mengenanteilig größte Heizungsart)

Der Ausbau der Wärmepumpen wird zu einer deutlichen Erhöhung der elektrischen Anschlussleistungen führen, vor allem in den südlichen Stadtbezirken Eilendorf, Brand und Kornelimünster/Walheim. Die aus dem Wärmepumpenausbau resultierenden zusätzlichen Netzlasten an kalten Wintertagen sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

Insgesamt ergibt sich ein in etwa linear ansteigender Strommehrbedarf für dezentrale Wärmepumpen von 320 GWh/a bis 2045 sowie eine zusätzlich Netzlast von rd. 230 MW (+ 10 MW für die schon bestehenden Wärmepumpen). Hinsichtlich der Stromnetzbelastungen sind die Wärmepumpen an kalten Wintertagen eher bestimmend. PV-Einspeiseleistungen von in Summe 123 MW, bei einer Potenzialausschöpfung wie in Abschnitt 4.3.1 hergeleitet, fallen saisonal konträr an. In der folgenden Abbildung sind die kumulierten Leistungsbedarfe nach statistischen Bezirken dargestellt.

Gut zu erkennen ist, dass sich die Zuwachsleistungen auf die äußeren Bezirke konzentrieren, wo die Wärmepumpenleistungen (im Winter) deutlich über den PV Leistungen (im Sommer) liegen. Besonders hohe Zuwächse sind in den statistischen Bezirken im Südosten, Eilendorf (30 MW), Brand (22 MW) Haaren (18 MW) und Forst (15 MW) zu erwarten. Hinzu kommen dann noch zentrale Großwärmepumpen wie in Abschnitt 5.1.1 beschrieben, deren Bedarf mit rd. 40-50 GWh/a bzw. 10 MW abgeschätzt wird, sowie Wärmepumpen für Quartierslösungen.

Eine weiterer Leistungszuwachs ergibt sich durch Ladestationen für Elektromobilität, deren Bewertung allerdings außerhalb der Aufgabenstellung dieser in dieser Wärmestudie liegen.

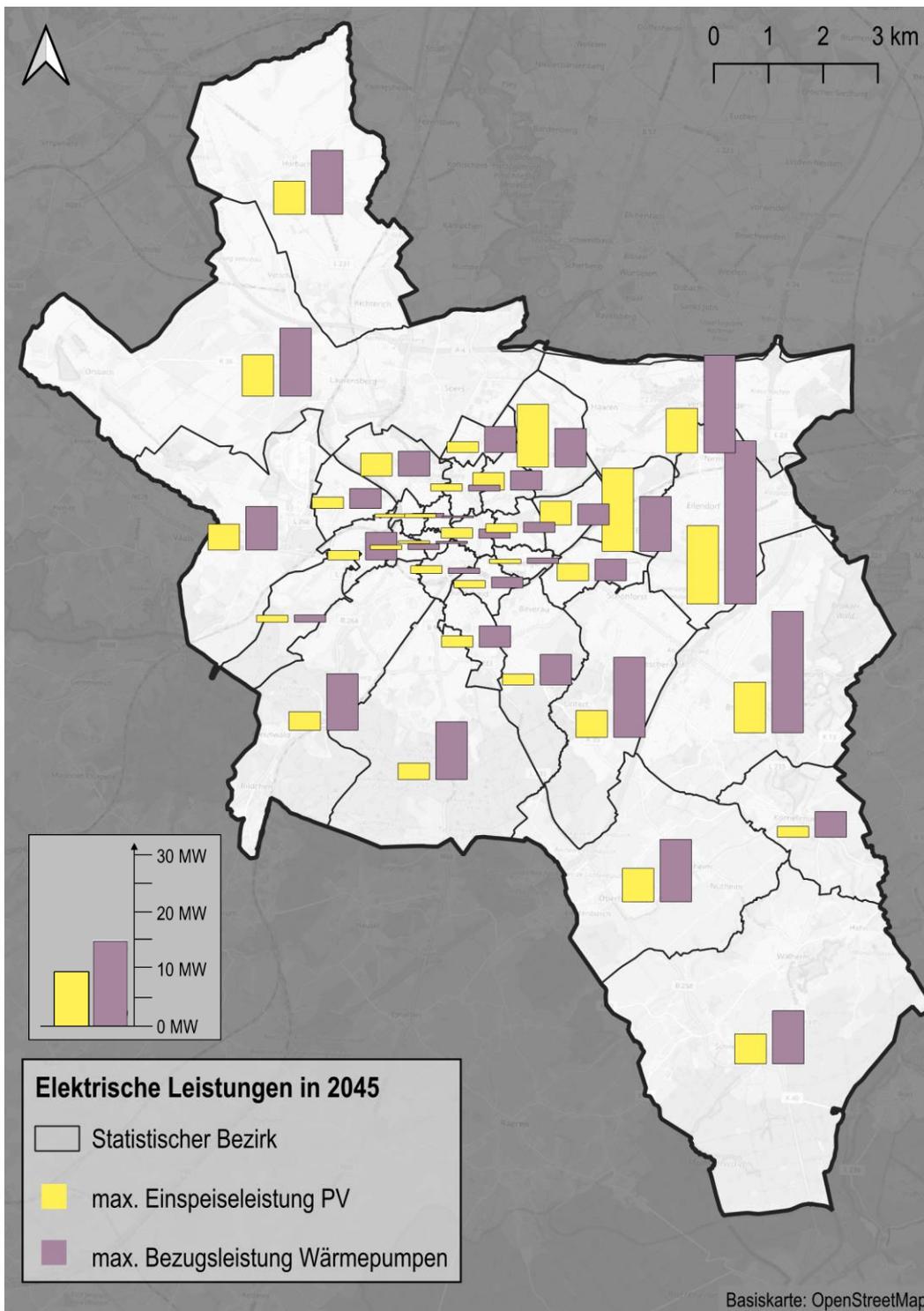


Abbildung 91: Leistungszuwachs bis 2045 durch dezentrale Wärmepumpen im Zielszenario

Die Dimension der Transformation des Wärmesystems zeigt sich auch an der Anzahl der Gebäude, die von Erdgas oder Öl auf Wärmepumpen oder einen Fernwärmeanschluss wechseln, wie in Abbildung 92 gezeigt. Bis 2045 müssen rund 90% aller Gebäude bzw. rd. 40.000 eine neue Versorgungslösung bekommen, wobei dies in den allermeisten Fällen mit einer Erneuerung einer Heizung am Ende der Lebensdauer einhergeht. Die Auswertung der Schornsteinfegerdaten zeigt, dass bis 2045 auch 35.000 Heizungsanlagen in Aachen ein Alter von 25 Jahre erreicht haben werden und damit ein Austausch im Erneuerungszyklus stattfinden kann. Bis 2030 werden 15.500 Gas- und Ölheizungen 25 Jahre oder mehr erreicht haben.

Im Mittel müssen bis zur Zielerreichung jedes Jahr 2.000 Gebäude auf eine neue Versorgungsart umgeschossen werden. Bei den Fernwärmeumschlüssen ist zu beachten, dass es in den kommenden Jahren auch vielfach Anschlüsse an bereits bestehende Leitungen sind (Verdichtung) und dann ab 2030 auch verstärkt Anschlüsse in den Ausbaugebieten.

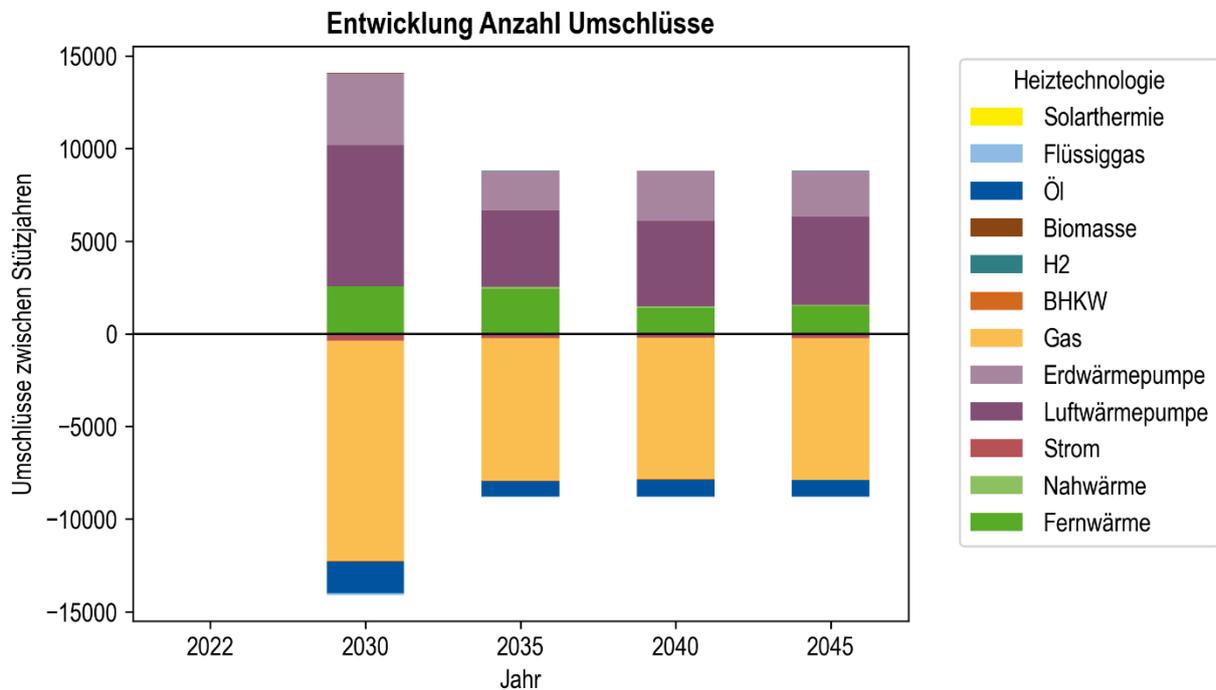


Abbildung 92: Notwendige Umschlüsse von fossilen Heizungen auf Fernwärme und Wärmepumpen zur Zielerreichung 2045 (der erste Zeitraum umfasst 8 Jahre, die anderen 5 Jahre)

5.1.4 Wasserstoff im Wärmemarkt

Wasserstoff wird zukünftig eine steigende Bedeutung für die Erreichung der Dekarbonisierungsziele einnehmen. Dies gilt insbesondere für Anwendungen, bei denen eine Elektrifizierung – und damit der Einsatz von grünem Strom - nicht möglich ist oder eine große Herausforderung darstellt. Im Fokus stehen dabei vor allem industrielle Anwendungen sowie große Anlagen zur Erzeugung von Strom und Wärme.

Die Bundesregierung hat in der jüngeren Vergangenheit einige wesentliche Beschlüsse getroffen, um die Weichen für den H2-Hochlauf zu stellen. Darüber hinaus wurden erste Maßnahmen eingeleitet.

Die **Aktualisierung der nationalen Wasserstoffstrategie** vom Juli 2023 enthält folgende wesentliche Ziele zur Beschleunigung des Markthochlaufs von H2:

- Förderung der Erzeugung von H2, dem Aufbau der erforderlichen Infrastruktur und der Nutzung von H2
- Errichtung von 10 GW Elektrolysekapazität in Deutschland in 2030
- Zielbild für 2030: H2-Bedarf von 95 – 130 TWh bei einem Importanteil von 50-70 %
- Aufbau eines H2-Startnetzes (2027/2028) bzw. eines H2-Kernetzes bis 2032
- Durchführung von Auktionen für den Import von H2 über die Stiftung „H2-Global“ und Ausgleich der Differenz zwischen Importpreis und dem regionalen Preis für einen wirtschaftlichen Einsatz (CfD = Contract for difference); hierzu wurde in einer ersten Runde im Juli 2024 ein langfristiger Kontrakt über grünen Ammoniak geschlossen.

Die **H2-Importstrategie** vom Juli 2024 enthält weitere Zielsetzungen für den Hochlauf. Für das Jahr 2045 wird von einem H2-Bedarf zwischen 360 und 500 TWh ausgegangen und einer Importmenge zwischen 180 und 350 TWh.

Das **Wasserstoffbeschleunigungsgesetz**, das sich zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes im parlamentarischen Verfahren befand, soll zur Beschleunigung von Genehmigungsverfahren beitragen.

Variante über den gelben Leitungsverlauf auf die Nord-Variante einschwenkt, und ebenfalls den von Regionetz angestrebten Auskopplungspunkt ermöglichen würde.

Die Regionetz hat bereits mit den Planungen für ein H₂-Verteilnetz begonnen. Diese sehen für Aachen vor, dass Wasserstoff nur für größere Abnehmer bereitgestellt wird. Hierzu zählen große Industrieunternehmen bzw. größere Gewerbegebiete mit potenziellen Abnehmern sowie die Fernwärme-Erzeugungsstandorte der STAWAG oder auch der RWTH. Ausgehend von dem geplanten Ausspeisepunkt in der Nähe der Debyestrasse ist dann die sukzessive Anbindung von größeren Abnehmern geplant, was schematisch in der nachfolgenden Abbildung dargestellt ist.

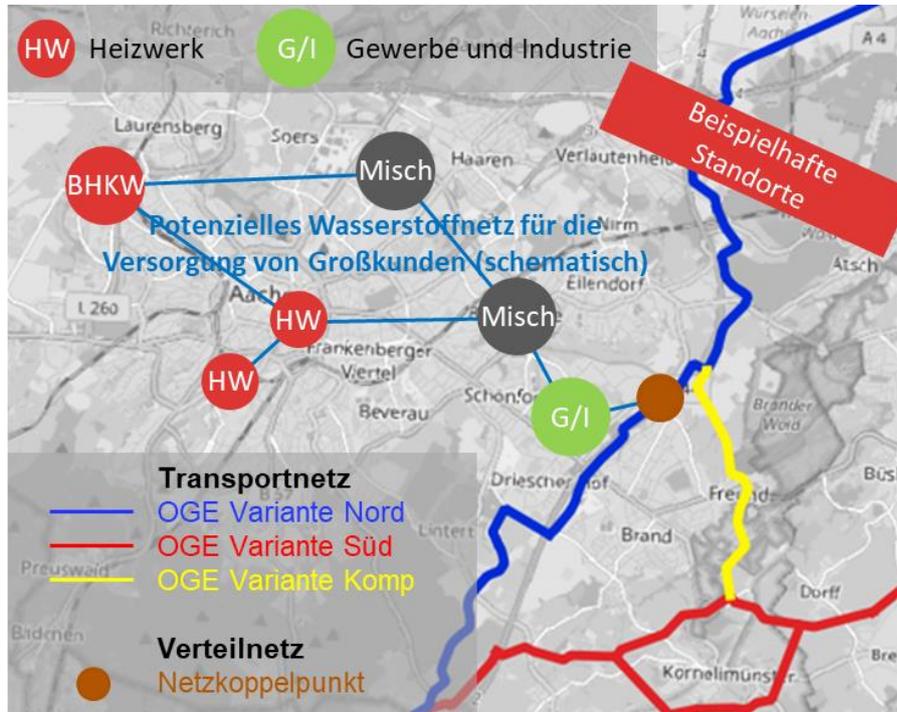


Abbildung 94: schematische Darstellung eines H₂-Verteilnetzes in Aachen

Demnach können zunächst Gewerbe und Industriekunden im Südosten Aachens (z. B. im Gewerbegebiet Eilendorf Süd) sowie am potenziellen KWK-Standort der STAWAG auf dem Areal der ehemaligen Reifenwerks von Continental erschlossen werden. In einem weiteren Schritt könnten dann weitere größere Abnehmer wie z. B. an der Jülicher Straße/Grüner Weg, die STAWAG-Erzeugungsstandorte am Schwarzen Weg und in der Wespienstraße angebunden werden bevor dann eine Anbindung von Standorten im Westen (inkl. RWTH-Anlagen und UKA) erfolgt.

Im Antrag der FNB für das Kernnetz ist für den ersten Abschnitt der H₂ercules-Leitung eine Inbetriebnahme für Ende 2028 vorgesehen, was für eine Neubauleitung sehr optimistisch erscheint. Für Aachen wird in der kommunalen Wärmeplanung angenommen, dass Wasserstoff erst nach 2030 zur Verfügung stehen wird und das Verteilnetz danach sukzessive erweitert wird.

Die Regionetz hat im Zuge der Erstellung des Gasgebietstransformationsplans eine erste Bedarfsermittlung zum Wasserstoffbedarf durchgeführt. Für Aachen ergibt sich hieraus als erste Schätzung ein Bedarf von rund 900 GWh, wovon rund die Hälfte auf die Erzeugung von Fernwärme entfällt.

Ähnlich wie beim Kernnetz geht auch die Regionetz bei den Planungen zum H₂-Verteilnetz davon aus, dass ein Teil der Leitungen neu zu errichten ist und darüber hinaus auch eine Umwidmung bestehender Gasleistungen erfolgen wird.

Nach heutigen Annahmen wird dies etwa in gleichen Anteilen erfolgen. Die Umsetzung dieser Planungen zum H₂-Verteilnetz ist an eine Reihe von Gelingbedingungen gekoppelt. Dies sind z. B. verbindliche Anmeldungen von Abnehmern zu einem H₂-Bedarf oder auch die Genehmigung der erforderlichen neuen Leitungen. Bei der Umwidmung von Leitungen bedarf es einer guten Koordination mit den sich ändernden Anforderungen an das Gasnetz, das über den zu erwartenden rückläufigen Bedarf sukzessive weniger Verteilaufgaben übernehmen wird.

Zusammenfassend ergeben sich aus den zu erwartenden Entwicklungen zum Hochlauf von Wasserstoff und dem Aufbau der dazu erforderlichen Infrastruktur die folgenden Prämissen und Implikationen für das Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung in Aachen:

- Über die mögliche Anbindung an das H2-Kernetz ist davon auszugehen, dass in Aachen H2 nach 2030 zur Verfügung stehen wird
- Die Nutzung von H2 ist auf große Abnehmer beschränkt. Diese werden sukzessive über ein Verteilnetz erschlossen das von der Regionetz errichtet und betrieben wird.
- Eine Versorgung von Endkunden zum Zweck der Raumwärmeversorgung analog zum heutigen Gasverteilstrom ist aktuell nicht geplant.
- Dem entsprechend werden für Aachen auch keine Wärmeversorgungsgebiete als Wasserstoffnetzgebiete definiert.

5.2 Energie- und Klimagasbilanz

Die Transformation der Wärmeversorgung führt zwangsläufig zu großen Änderungen der Energie- und Klimagasbilanzen. So zeigt sich zum einen eine signifikante Verringerung des Wärmebedarfs und (noch stärker) des Endenergiebedarfs bis 2045. Zum anderen wird wie beschrieben eine Vielzahl an Umschlüssen auf andere Heizenergiesysteme oder Energieträger realisiert.

Die Transformation des Wärmesystems ist in der folgenden Abbildung anhand der Wärmebedarfsdeckung in Zeitverlauf dargestellt. Es sind die Beiträge der Zieltechnologien und der Umschluss heute noch fossiler Heizsysteme zu erkennen wie auch der Einsparbeitrag der Sanierung in Höhe von 22%. Gut zu erkennen ist der Zuwachs der Fernwärme trotz gleichzeitiger Sanierung sowie der sukzessive Rückgang von Erdgas und Heizöl, bei dem sich die Versorgungsanteile aufteilen auf Fernwärme, Einsparung und Wärmepumpen. Beginnend mit 2035 und verstärkt ab 2040 sind auch direkte Wasserstoffanteile an der Bedarfsdeckung erkennbar. Dies betrifft, wie im Abschnitt 5.1.4 erläutert, überwiegend industrielle und gewerbliche Wärmeerzeugung. Weitere Wasserstoffanteile sind indirekt auch im Bereich der vorgelagerten Fernwärmeerzeugung eingeplant (KWK Anlagen und Heizwerke).

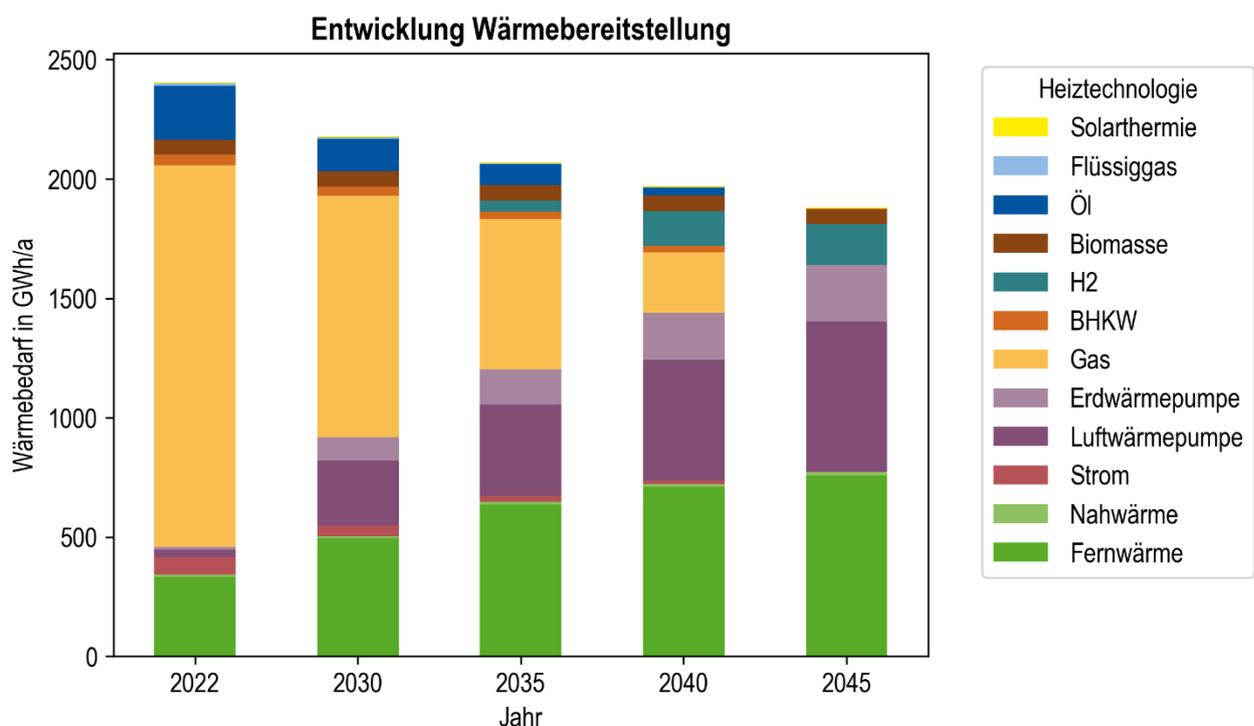


Abbildung 95: Wärmebedarfsdeckung im Zeitverlauf bis 2045

Die räumliche Verteilung der Zieltechnologien zeigt die Abbildung auf Ebene der Bezirke. Während Aachen Mitte überwiegend fernwärmeversorgt sein und Laurensberg zur Hälfte (inkl. Teilen der RWTH mit eigenen Wärmenetzen), sind alle anderen Bezirke überwiegend Wärmepumpenversorgt. In Richterich und Kornelimünster/Walheim sind auch etwas größere Anteile an Biomasse erkennbar, dies betrifft überwiegend die dort häufiger vorhandenen Feuerungsanlagen, vor allem im EFH-Bereich.

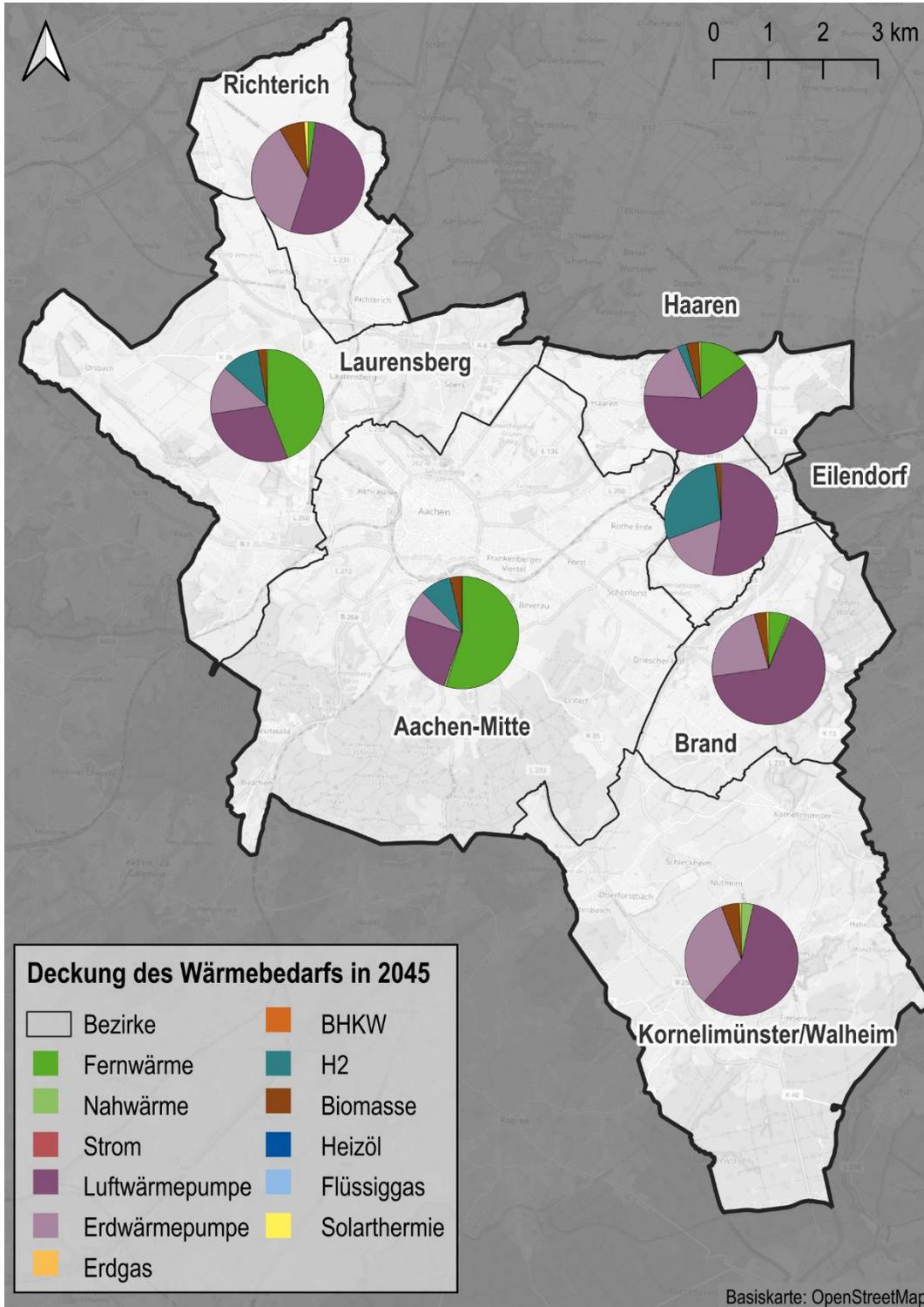


Abbildung 96: Wärmebedarfsdeckung im Zielszenario im Jahr 2045

Die Endenergiebilanz in Abbildung 97 zeigt den rückläufigen Energiebedarf sowie den Wechsel von Erdgas und Erdöl zu Fernwärme und Strom mit einer Reduktion des Endenergieeinsatzes auf die Hälfte des Ausgangswertes.

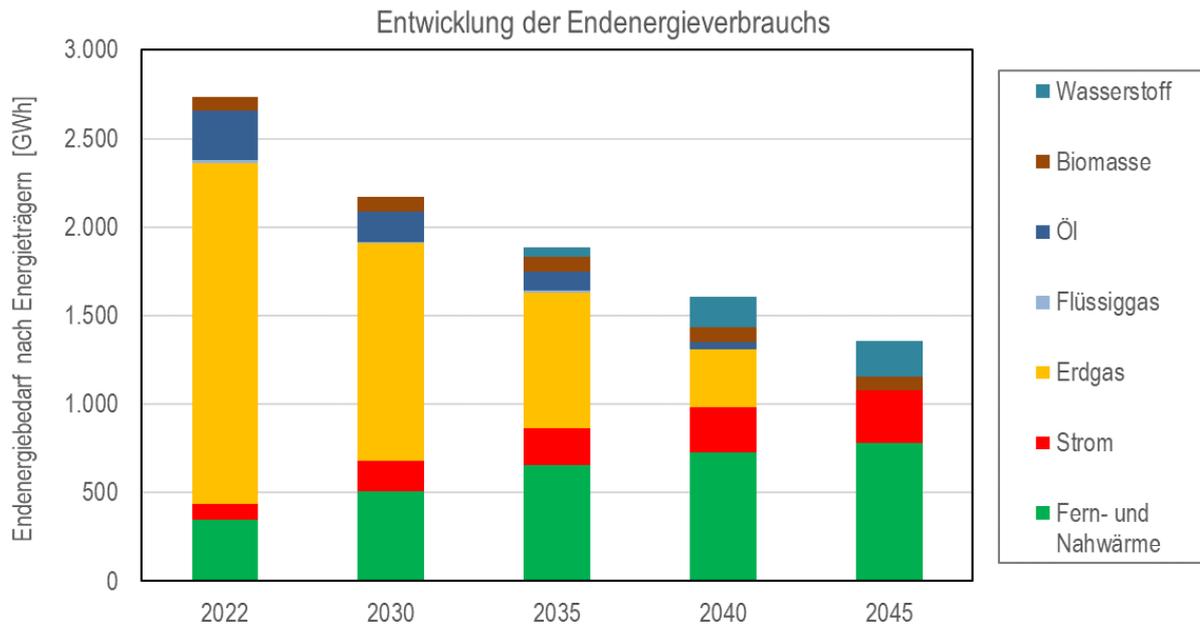


Abbildung 97: Endenergieverbrauch im Zeitverlauf bis 2045

Die Treibhausgasbilanz als wichtigster Kennwert der Wärmeplanung in Abbildung 98 nach Energieträgern bzw. Einsatztechnologien zeigt bis zum Jahr 2030 eine Reduktion um 42 %, bis 2035 um 62% und bis zum Zieljahr dann um 96%. Wichtigster Treiber sind hier die bis 2030 weitgehend abgeschlossene Dekarbonisierung der Fernwärme bei gleichzeitigem weiteren Ausbau sowie die Substitution von Erdgas und Heizöl.

Im Bereich kommunalen Gebäude ist die Reduktion mit einem Rückgang um mehr als $\frac{3}{4}$ besonders ausgeprägt, dies liegt an dem forcierten FW Anschluss weiterer öffentlicher Gebäude und der Verbesserung der Emissionsfaktoren der Fernwärme selbst.

Dass auch im Zieljahr 2040 noch geringe Restemissionen von rd. 3 % der Basiswerte vorhanden sind, liegt an der Methodik (vgl. Abschnitt 17 zu den Emissionsfaktoren), die allen Energieträgern inkl. grünem Strom und Wasserstoff, Biomasse und Abwärme auch in der Zielbilanz einen THG-Faktor zuweist, auch wenn im Zielszenario alle Einsatzmengen zur Fernwärmeerzeugung wie auch dezentraler Erzeugung dekarbonisiert sind.

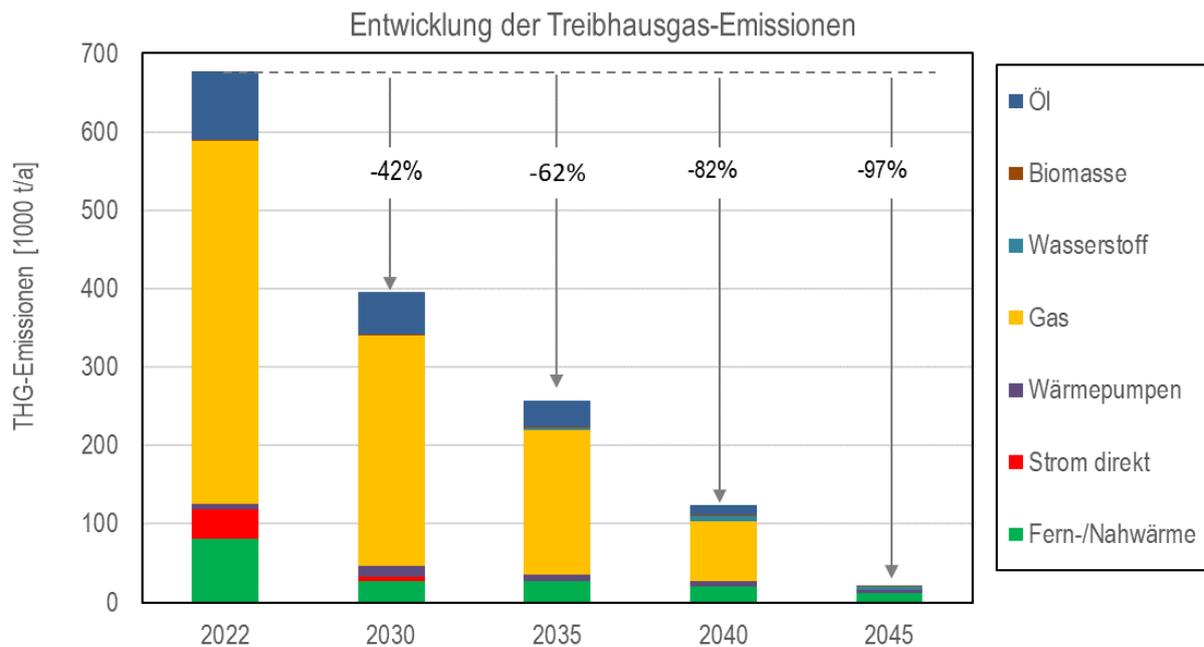


Abbildung 98: THG Emissionen im Zeitverlauf bis 2045

5.3 Investitionsrahmen für die Wärmetransformation

Die Umsetzung der Wärmetransformation ist mit erheblichen Investitionen verbunden, sowohl im Bereich des Infrastrukturausbaus, der Gebäudesanierung wie auch der dezentralen und zentralen Technologiewechsel.

Demgegenüber stehen vermiedene Ersatzkosten fossiler (Kessel-)Anlagen, vermiedene bzw. reduzierte Brennstoffeinsätze sowie Förderprogramme zur Abminderung der Umstellungskosten.

Eine detaillierte und abschließende Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Handlungsfelder ist aufgrund der Vielfältigkeit und Heterogenität der Gebäudesituationen und auch wegen der unklaren zukünftigen Fördersituation nicht möglich.

Gleichwohl ist aber eine Abschätzung des Investitionsvolumens möglich. Dazu sind in dem Leitfaden bzw. dem Technik-katalog zur kommunalen Wärmeplanung Eckwerte gegeben, die im Folgenden genutzt und ergänzt wurden [13].

Die im Katalog angegebenen Kosten sind als Richtwert für ganz Deutschland konzipiert und auf das Jahr 2023 bezogen, diese wurden mit Erfahrungswerten aus lokalen Bauprojekten abgeglichen und auf das Jahr 2025 hochindiziert, meist ergibt sich dadurch eine Erhöhung im Bereich von 10 bis 30 %. Der Kostenrahmen sollte so auch Zusatzkosten abdecken, die vor allem im Gebäudebestand bei Einbau neuer Heizungsanlagen oder Sanierungen auftreten können.

Die Darstellung der Sanierungskosten beruht auf dem detaillierten Datenmodell der Bestandsanalyse (vgl. Abschnitt 2.2.5), das eine Modellierung des Bestandes bis auf Ebene einzelner Bauteile erlaubt.

Dadurch ergibt sich auch eine große Streubreite der möglicher Sanierungskosten, da hier unterschiedlichste Ausgangssituationen und Sanierungstiefen im Bestand der 45.000 Gebäude modelliert wurden. Im Mittel liegen typische Werte bei Teilsanierungen im Bereich von 50 bis 150 €/m² Wohnfläche und bei Vollsanierungen von 200 bis 350 €/m². Dies liegt im Bereich veröffentlichter Literaturwerte, z.B. [32]. Adressiert sind hier die Mehrkosten einer energetischen Sanierung, nicht die unabhängig davon notwendigen baulichen Sanierungsmaßnahmen.

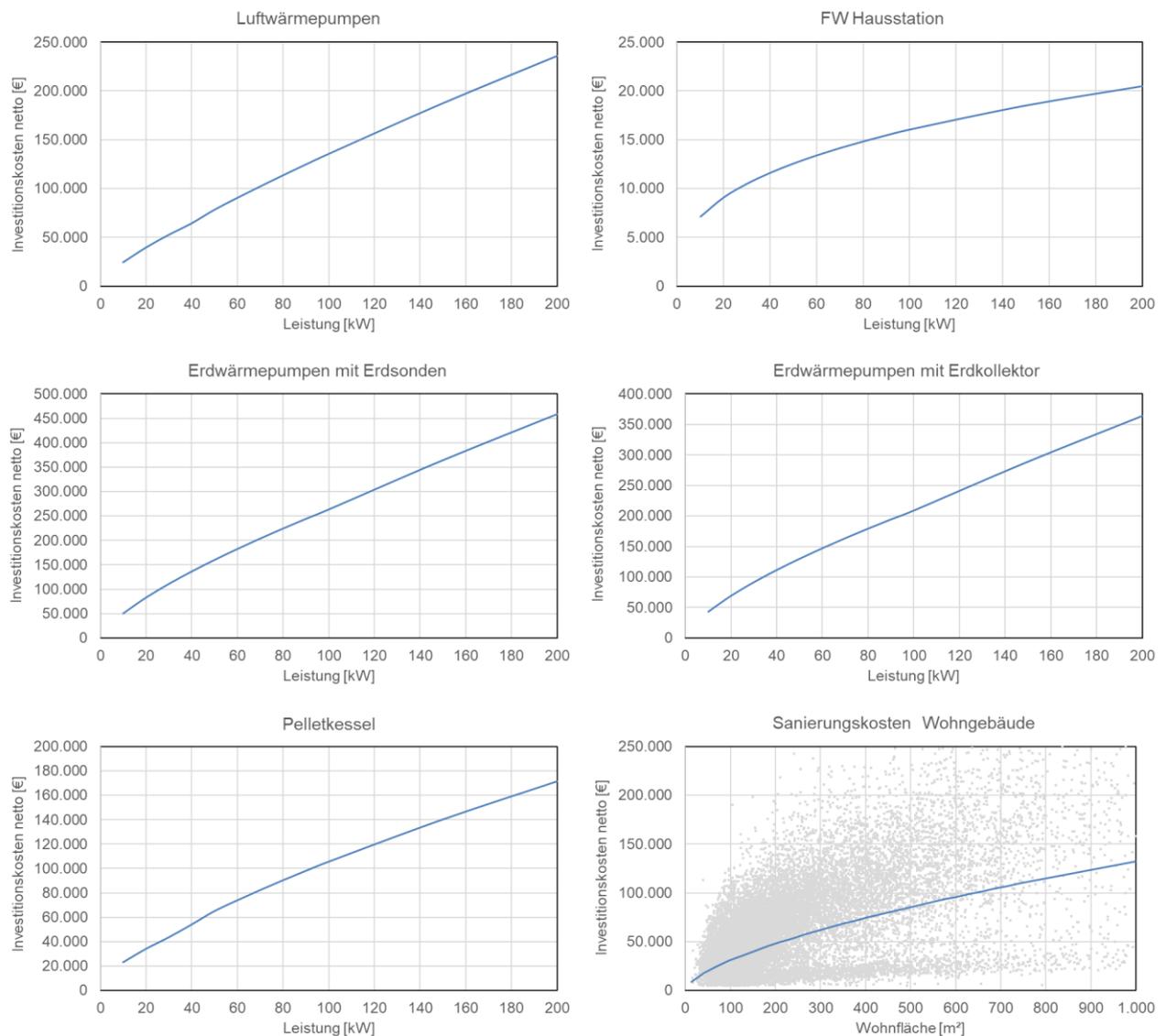


Abbildung 99: Übersicht spez. Investitionskosten gem. Technikatalog Wärmeplanung bzw. eigener Abschätzung (netto, vor Förderzuschüssen)

Neben den in der obigen Abbildung gezeigten spezifische Kostenkennzahlen wurde für den Fernwärmeausbau ein Kostenkennwert von 2.200 € pro Trassenlänge im Stadtbereich angesetzt, bei Hausanschlussleitungen ein Mittelwert von 1.600 €/m. Die gesamten Baukosten neuer Fernwärmeerzeuger wie Wasserstoff-KWK, Geothermieanlagen und Großwärmepumpen wurden anhand von Kostenkennwerten des Technologiekataloges abgebildet und liegen in einer Bandbreite von 1.300 €/kW (KWK Anlagen) bis 3.300 €/kW (hydrothermale Geothermie).

Diese Kostenansätze sind als allgemeine, für Fernwärmeprojekte typische Kennzahlen zu verstehen und nicht als konkrete Projektkosten mit Ortsbezug.

Damit ergibt sich ein rechnerisches Investitionsvolumen von rd. 4,04 Mrd. EUR bis 2045. Dieses umfasst die wesentlichen Bausteine der Wärmewende, nämlich die energetischen Mehrkosten der Gebäudesanierung, die Umstellung von Gas- und Ölheizungen auf Wärmepumpen sowie den Aus- und Umbau der Fern- und Nahwärme.

Dem gegenüber stehen Einsparungen im konventionellen Kesselbau von rd. 450 Mio. € (weniger Ersatzinvestitionen in Gas- und Heizölkessel) und beim Brennstoffeinsatz (Einsparung sowohl dezentral wie auch bei der zentralen Erzeugung). Zudem fällt ein Großteil der Maßnahmenfelder unter die in Abschnitt 2.6 erläuterten Fördermechanismen mit meist 30 – 50 % Zuschussförderung (Bundesförderprogramme BEW und BEG).

Nicht enthalten sind die heute noch schwer abschätzbaren (positiven wie negativen) Kosten im Strom- und Gasnetzbereich.

Eine gesamthafte Aussage zu den wirtschaftlichen Auswirkungen der Wärmewende insgesamt ist vor dem Hintergrund der zahlreichen Einflussfaktoren und auch den z.Z. sehr volatilen Energiepreisen nicht möglich. Eine überschlägige Aufteilung auf den Zeitrahmen bis 2045, die 250.000 Einwohner*innen in Aachen führt bei Berücksichtigung von (im Mittel) 30 % Investitionszuschüssen auf einen Investitionsanteil von rd. 42 EUR pro Einwohner und Monat. Diese Kenngröße dient aber nur der Einordnung großer Summen und ist nicht als Kostenbelastung jedes einzelnen zu verstehen, da es auch Einsparungen in den Betriebskosten gibt (z. B. bei sanierten Gebäuden) und auch nicht alle Investitionen direkt oder indirekt durch die Bürgerschaft Aachens getätigt werden müssen.

Die Aufteilung in der folgenden Abbildung zeigt aber auch, dass das Investitionsvolumen für die Sanierung der Gebäude mit 46 % Anteil der größte Posten ist, aber nur zu rd. 22 % zur Zielerreichung beiträgt. Zweitgrößter Posten sind der Wärmepumpenausbau mit rd. 1,2 Mrd. € bzw. 33% und dann alle mit dem Fernwärmeaus- und Umbau zusammenhängenden Bereiche mit rd. 700 Mio. € (20 %). Der PV-Ausbau mit einer Verdopplung der heutigen Kapazitäten hingegen schlägt mit rd. 60 Mio. € deutlich weniger zu Buche.

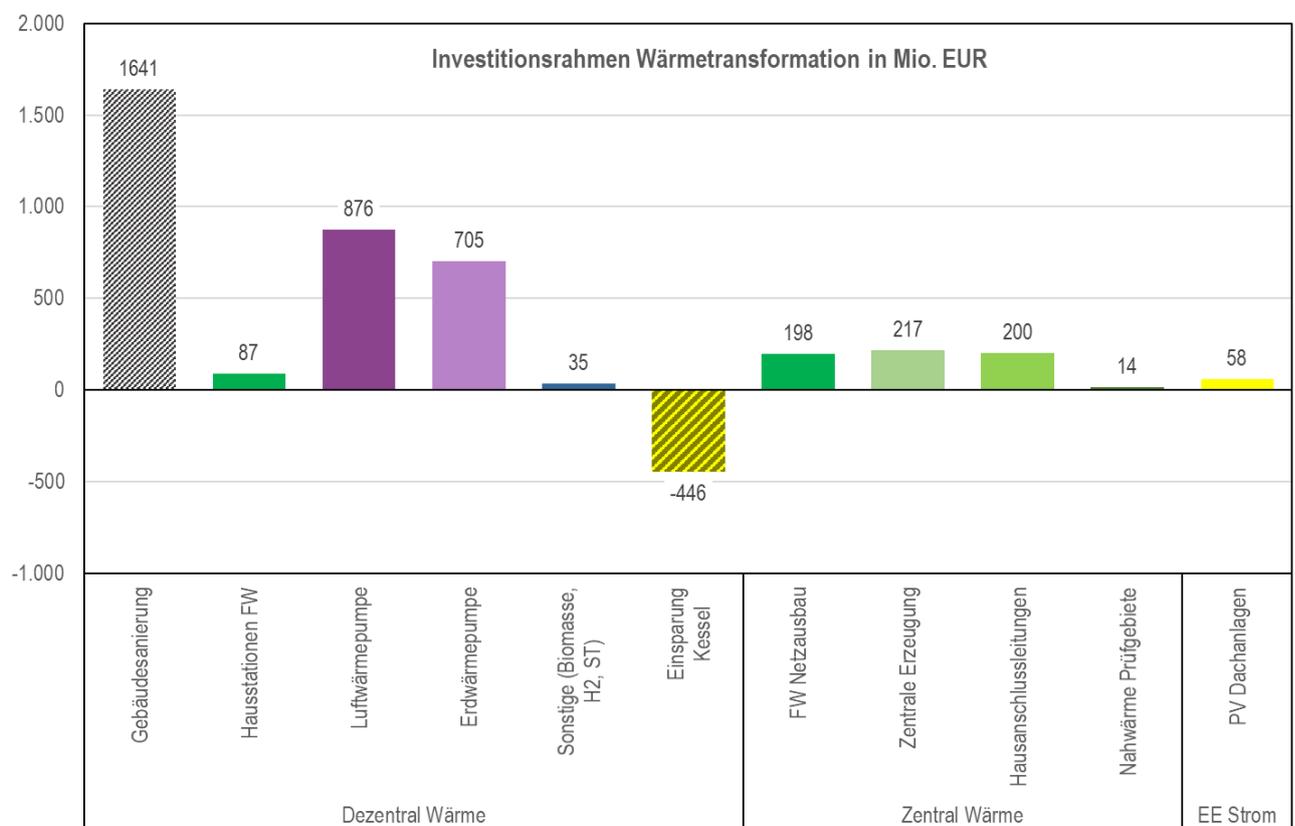


Abbildung 100: Abschätzung des Investitionskostenrahmens der Wärmewende in Aachen

5.4 Wärmekosten für Endkunden

Ein wesentlicher Aspekt der Wärmewende ist der Einfluss auf Endkundenpreise, die sich für verschiedene klimafreundliche Heizungsoptionen ergeben und die aller Voraussicht nach für alle Optionen eher steigende Tendenzen haben werden. Eine eindeutige Antwort ist dabei aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren und der unterschiedlichen Betroffenheit der verschiedenen Akteure allerdings kaum möglich:

- Die Energiepreise für Brennstoffe zum Heizen und zur Stromerzeugung hängen heute wie in Zukunft von Weltmarktpreisen, internationalen Transportwegen und Wettbewerbsintensitäten ab. Dies gilt für Erdgas und Heizöl genauso wie für zukünftige Wasserstoffimporte als auch Pellets und Scheitholz.
- Die regulierten Netzentgelte für Erdgas und Strom können sich je nach Entwicklung der Absatzmengen und Netzinvestitionen bzw. im Fall der Erdgasnetze auch (teilweise) Stilllegungen deutlich anders entwickeln als die allgemeine Preissteigerungsrate. Zusätzlich kann es weitere Anpassungen am regulatorischen Rahmen geben, die sich wiederum auf die Netzentgelte auswirken
- Der Strompreis wiederum hängt sowohl von Brennstoffpreisen und Netzentgelten als auch den CO₂ Kosten ab, wobei dieser Anteil durch die zunehmend erneuerbare Erzeugung weniger relevant wird.
- Der CO₂ Preis wiederum ist ein eher politisch beeinflusster Preis, der sich durch gezielte Verknappung von Zertifikaten im Europäischen Emissionshandel ergibt, hier hat es in den vergangenen 10 Jahren große Schwankungen gegeben.
- Neben diesen eher marktlich oder regulierungsseitig geprägten Komponenten enthalten alle Endkundenpreise mehr oder weniger hohe Anteile von Steuern, Umlagen und Abgaben, die sich ebenfalls verändern können.
- Die neben den Energiepreisen vor allem bei kleineren Anlagen hohen Anteile der Installationskosten werden durch Förderprogramme (für bestimmte Technologiekombinationen bis 70%) gemindert, die ebenfalls mit Unsicherheiten versehen und für die Zukunft nicht garantiert sind.
- Der Ausbau der Fernwärme erfordert Investitionen in Netze und Erzeugungsanlagen und auch hier sind Zuschüsse durch Förderprogramme (vgl. Abschnitt 2.6) notwendig, um die Kosten in einem akzeptablen Rahmen zu halten.
- Darüber hinaus werden die spezifischen Heizkosten auch durch den energetischen Gebäudestandard, den Klimawandel und Sanierungsaktivitäten bestimmt.

Dieser Unsicherheit bei den vielen Einflussfaktoren soll nachfolgend über die Annahme von zwei unterschiedlichen Entwicklungspfaden eines oberen und unteren Preiskorridors Rechnung getragen werden. Beide Entwicklungspfade setzen auf den heutigen Preisrelationen (Oktober 2024) auf und greifen die aktuellen Preise auf für

- Fernwärme (Preisblatt der STAWAG für das Innenstadtnetz),
- Erdgas (typischer Endkundenpreis inkl. Umlagen, Anlehnung an Gstarife in Aachen sowie Online Angebote),
- Strom (Endkundenpreise mit Sondertarif Wärmepumpe als unterbrechbare Verbrauchseinrichtung nach §14a EnWG).

Einzel-Heizungen mit Öl oder Biomasse wurden nicht näher betrachtet, da diese einerseits im Stadtgebiet nur wenig vertreten sind und andererseits (im Fall der Biomasse) auch keine großen Zuwachspotenziale haben.

Unterer Preispfad

Dieses eher moderate Entwicklungsszenario beschreibt im Wesentlichen eine Energiepreisentwicklung, die durch Inflation von 2% bestimmt ist, also eine reale Preiskonstanz der meisten Preiskomponenten beinhaltet. Bei den börsengehandelten Energieträgern Strom und Gas wurden für die Jahre 2025 und 2026 die Großhandelspreise Stand Mitte Oktober 2024 angesetzt, danach greift die beschriebene Steigerungsrate von 2 % beim Erdgas und bei Strom mit 1% etwas unter der Inflation (preisdämpfende Wirkung der Erneuerbaren Einspeiser).

Oberer Preispfad

Dieser Entwicklungspfad wird durch stärker steigende Preise der Großhandelspreise für Erdgas und Strom mit 5% Steigerungsrate ab 2027 angenommen bestimmt, ebenfalls aber aufsetzend auf den heutigen Preisen.

Weitere Dokumentationen zur Ableitung der Endkundenpreise (CO₂ Preise, Netzentgelte, Umlagen, etc) beider Preispfade sind im Anhang in Abschnitt 0 enthalten

Da sich die Preispfade vor allem auf die Versorgung mit Erdgas auswirken, sind in der folgenden Abbildung die resultierenden Endkundenpreise vergleichend dargestellt. Die in der Grafik dargestellten Endkundenpreise für Heizgas stellen einen typischen Abnahmefall mit 54 MWh Wärmebedarf und 30 kW Wärmeleistung dar, was in etwa einem kleinen Mehrfamilienhaus im Bestand mit 3 bis 6 Wohneinheiten entspricht. Der Ausgangswert für 2025 von rd. 11,4 ct/kWh brutto repräsentiert dabei weniger die heute noch aktuellen Erdgaskosten, die bei Bestandsverträgen oft noch höher liegen, sondern die Erwartungshaltung an typische Erdgaskonditionen im nächsten Jahr.

Berücksichtigt wurde weiterhin, dass bei dem hier betrachteten Fall einer neuen Heizungsanlage im Falle fossiler Brennstoffe ab 2029 gemäß Gebäudeneengesetz (GEG) steigende Anteile biogener Brennstoffe (hier: Biomethan als Beimischung) eingesetzt werden müssen (2029: 15%, ab 2035 30%). Diese sind absehbar teurer als Erdgas, allerdings ist für diesen Anteil auch keine CO₂ Abgabe fällig. Für Heizungen, die ab dem 01.07.2026 eingebaut werden, gilt die Anforderung von mindestens 65 % Erneuerbarer Energien.

Zu erkennen ist, dass die Gaspreise in beiden Fällen ansteigen werden, im unteren Preispfad schon über der Inflationsrate und im oberen sehr deutlich. Die Endkundenpreise steigen bis 2040 um 75 % (unterer Preispfad) bzw. 129% (oberer Preispfad). Wesentliche preisbestimmende Faktoren sind dabei:

- Die steigenden CO₂-Kosten, die heute noch weniger als 10% des Endkundenpreises ausmachen,
- Die steigenden Gasnetzentgelte in beiden Preispfaden, die sich durch den Rückgang des Gasabsatzes und Umlage auf weniger Menge sowie schnellerer Abschreibungen gemäß behördlicher Genehmigungen (BNetzA) ergeben werden,
- Die Verpflichtung des GEG, dass beim Neueinbau einer Gasheizung ab dem Jahr 2029 allmählich ansteigende Anteile von (teurerem) Biomethan einzusetzen sind.

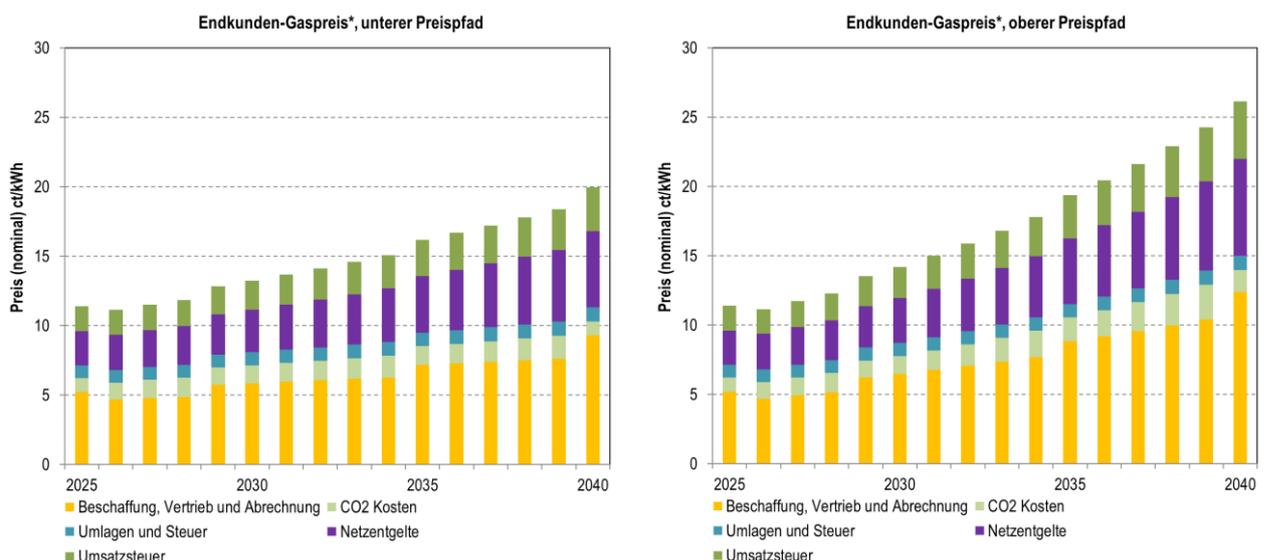


Abbildung 101: Preispfade für einen Endkundenabnahmefall Erdgas mit 54 MWh Wärmebedarf (entspricht rd. 63 MWh Erdgas nach Brennwert H_s), *) ab 2029 mit gesetzlich verpflichtender Beimischung von Biomethan, brutto mit Umsatzsteuer

Die weiteren Endkundenpreise wurden in den beiden Preispfaden wie folgt abgeleitet:

- Strom für Wärmepumpen: Ableitung eines typischen Endkundenpreises, wobei hier die CO₂-Preise und Netzentgelte weniger relevant sind. Von 2025 bis 2040 erhöhen sich die Endkundenpreise nur wenig um 14% (unterer Preispfad) bzw. 70%.
- Fernwärme: Ableitung anhand der aktuellen von STAWAG veröffentlichten Preisgleitklausen bis 2029 sowie Ansatz von ab 2030 etwas erhöhten Arbeitspreisen durch Umstellung der Wärmeerzeugung vom Kraftwerk Weisweiler auf klimafreundlichere Erzeuger (vgl. Abschnitt 5.1.1), die sich dann aber moderater entwickeln. Von 2025 bis 2040 erhöhen sich die Endkundenpreise um 40% (unterer Preispfad) bzw. 77%.

Bei der Einordnung muss berücksichtigt werden, dass in allen Szenarien eine allgemeine Preissteigerungsrate von 2% bereits enthalten ist, die alleine bereits rd. 35% im Zeitraum von 2025 bis 2040 ausmacht.

Heizkostenvergleich

Im Folgenden werden die resultierenden Wärmegestehungskosten aus Kundensicht auf Basis der dargestellten Preispfade berechnet. Dabei kommt ein standardisierter Heizkostenrechner (ENERKO Heizkostenvergleichstool) zum Einsatz, das nach der Methodik der VDI 2067 die Gesamtkosten von Wärmeversorgungssystemen im Vergleich berechnet. Ausgewählt wurde der oben bereits dargestellte Versorgungsfall eines Gebäudes mit 30 kW Wärmeleistung bzw. 54 MWh/a Wärmebedarf.

Hierfür wurden vier Versorgungslösungen bewertet, jeweils mit Einbau einer neuen Wärmeerzeugung für Raumwärme und Trinkwarmwasser:

- Einbau einer neuen Gasheizung als Ersatz einer bestehenden Anlage gem. des GEG Anforderungen (verpflichtende Beratung, Einsatz von Biomethan ab 2029),
- Anschluss an das Fernwärmenetz zu den aktuellen Konditionen,
- Einbau einer Luft-Wasserwärmepumpe,
- Einbau einer Erdwärmepumpe / Sole-Wasserwärmepumpe mit Erdsondenanlage.

Die Investitionskosten der Varianten wurden dem Technikatalog Wärmeplanung [13] entnommen und z.T. etwas angepasst. Sie beziehen sich jeweils auf einen 30 kW Bedarf ohne besondere Schwierigkeiten bei der Umstellung. Eventuell notwendige umfangreiche Sekundärmaßnahmen, wie sie vor allem bei Umbau auf Wärmepumpen auftreten können, wurden nicht berücksichtigt, ebenso wenig besondere Hemmnisse oder Zusatzkosten (große Entfernungen, Umbau der Stromversorgung).

Berücksichtigt wurden aber die regulären Förderzuschüsse des Bundesprogrammes BEG von 30% Basisförderung für die förderfähigen Varianten Fernwärme und Wärmepumpen. Sonderkonditionen, wie sie z.B. für private Eigentümer*innen mit geringem Einkommen gelten, wurden hier nicht berücksichtigt.

Die Auswertung zeigt zum einen, dass die meisten Varianten Stand heute relativ dicht zusammen liegen in einem Bereich von 16 bis 20 ct/kWh brutto, lediglich die besonderes aufwändige Erdwärmepumpe (mit Erdsondenbohrungen, hier mindestens 4 Stück) liegt etwas oberhalb.

Die Entwicklungsdynamik ist aber deutlich unterschiedlich. Die fossile Variante mit Erdgas zeigt entsprechend der oben angegebenen Preissteigerung der Endenergie in beiden Preispfaden eine etwas stärker ausgeprägte Steigung, auch ist die Bandbreite zwischen den zwei Preispfaden und damit der Einfluss der Energiepreise größer.

Zu beachten ist, dass hier nur die Energiepreisentwicklung ab 2027 in den Bandbreiten dargestellt wurde, nicht der Einfluss unterschiedlicher Ausgangssituationen, Gebäudestandards, Einbausituationen etc.

Die Optionen mit Wärmepumpen sind stärker durch Investitionen geprägt und damit weniger anfällig für Energiepreisschwankungen. Dies wird vor allem bei der Erdwärmepumpe deutlich, die einerseits sehr teuer in der Anschaffung ist (in diesem Fallbeispiel rd. 110.000 € vor Förderung), dann aber relativ niedrige und stabilere Betriebskosten aufweist.

Bei der Projektion der Fernwärmepreise ist zu berücksichtigen, dass diese auf der Einschätzung der Gutachter beruht und keine Preisprognose des Anbieters STAWAG darstellt¹⁴.

Nach der für 2029 vorgesehenen Umstellung der Fernwärmeerzeugung vom Kraftwerk Weisweiler auf klimafreundliche Erzeuger (Abwärme, Geothermie) sowie auch im Hinblick auf den dargestellten Netzausbau ist eher von einer Kostensteigerung auszugehen. Im Vergleich mit dezentralen Wärmepumpen liegen die Fernwärmepreise in beiden Entwicklungspfaden in etwa zwischen den Varianten mit Luft als Wärmequelle und Erdsonden.

Für alle Heizungsvarianten werden Kostensteigerungen erwartet. Die klimaneutralen und GEG-konformen Optionen mit Wärmepumpen oder Fernwärme hängen weniger stark von Energiepreisen ab, liegen aber heute noch auf einem insgesamt etwas höheren Kostenniveau, während sich die heute noch durch die geringen Anschaffungskosten geprägten Wärmegestehungskosten für Gasheizungen stärker durch zukünftig Entwicklungen bei CO₂ Preisen und Netzentgelten verteuern und größere Unsicherheiten in der Preisentwicklung aufgrund der Abhängigkeit von Importen enthalten.

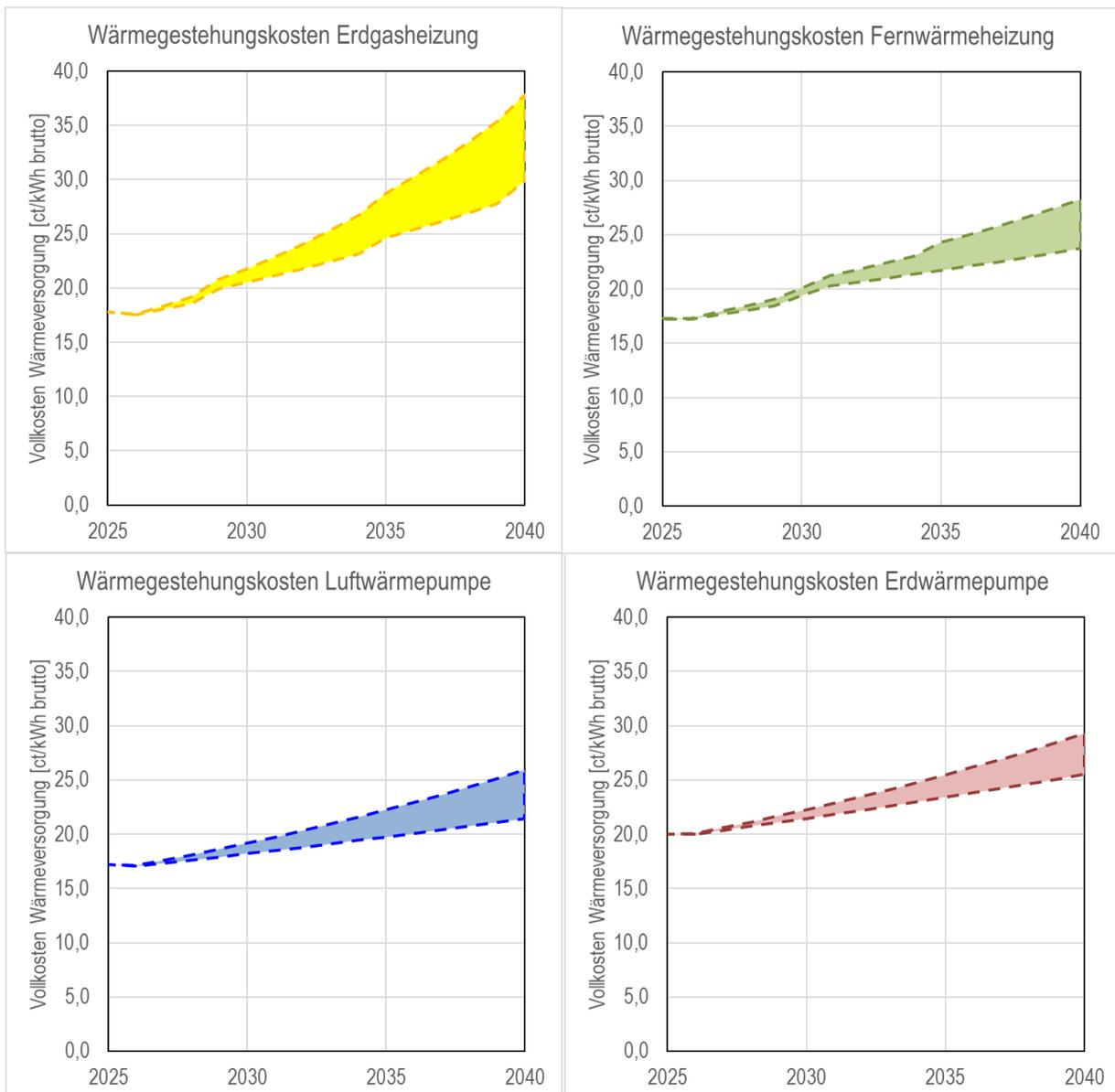


Abbildung 102: Wärmevollkosten (brutto) verschiedener Erzeugungsvarianten im oberen und unteren Preisfad (Bandbreite), Gebäude mit 30 kW und 1.800 Vollbenutzungsstunden

¹⁴ Die heute gültigen FW-Preisblätter sind online veröffentlicht und im Jahr 2024 neu aufgesetzt, so dass hier für die nächsten Jahre mit einer stabilen Entwicklung zu rechnen ist, die sich an den generellen Wärmemarktentwicklungen orientiert, die auch den Preisgleitklauseln zu Grunde liegen. Die Arbeitspreise der Fernwärme gleiten nach aktuellem Preisblatt zu 26% an Braunkohlepreisen, zu 23% an Gaspreisen, zu 16% an CO₂ und zu 35% am allgemeinen Wärmepreisindex.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Planungshorizont dieser Wärmeplanung die spezifischen Wärmebedarfe durch Sanierung und wärmere Winter sinken werden, die spezifischen Wärmekosten aber für alle Versorgungsarten tendenziell ansteigen werden, so dass in Summe der Effekte durchaus leicht steigende Wärmekosten pro qm Wohnfläche zu erwarten sind (mindestens in Höhe der allgemeinen Preissteigerungsraten), ohne dass es aber zu massiven Kostensteigerungen kommen dürfte, sofern nicht wieder außerordentliche Ereignisse (wie 2022 in der Gaskrise) auftreten. Die heute vergleichsweise günstigen Gasheizungen sind dabei mehrfach durch die Einflussfaktoren „steigende CO₂ Abgaben“, „verpflichtende Biogasanteile ab 2029“ und „steigende Gasnetzentgelte“ betroffen.

6. Umsetzungsstrategie und Maßnahmen

Das Wärmeplanungsgesetz und der darauf basierende Leitfaden sehen vor, dass aufbauend auf der Bestands- und Potenzialanalyse und dem entwickelten Zielszenario Handlungsstrategien und Maßnahmen zu entwickeln sind.

Das für die Maßnahmenentwicklung notwendige Zielbild einer klimaneutralen Wärmeversorgung in Aachen wurde im vorhergehenden Kapitel dargestellt. Es basiert auf einer Reduzierung des Wärmebedarfes, einem signifikanten Fernwärmeausbau mit gleichzeitiger Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung und als drittem Handlungsfeld auf der Dekarbonisierung der dezentralen Heizungsanlagen.

Die kommunale Wärmewendestrategie wurde in einem interaktiven Vorgehen unter Beteiligung der Ämter der Stadt, der Energieversorger sowie wesentlicher Akteure entwickelt.

6.1 Handlungsfelder

Die Transformation der Wärmeversorgung erfordert den Einsatz und das Zusammenwirken vieler verschiedener Akteure. Dabei spielt Sensibilisierung ebenso eine wichtige Rolle wie die Motivation von Gebäudeeigentümer*innen zur Sanierung und die Akzeptanz zum Umbau von Gebäuden und Umstellung auf (noch) neue Technologien wie Wärmepumpen. Aber auch die Rolle der Verwaltung sowie STAWAG bei der Planung von Infrastrukturmaßnahmen im öffentlichen Raum und die mit der Umsetzung verbundenen Bautätigkeiten müssen ins Bewusstsein gerückt werden, insbesondere bei einer historisch geprägten, engen und hügeligen Stadtstruktur wie in Aachen. Vor diesem Hintergrund lassen sich die für eine erfolgreiche Wärmewende notwendigen Maßnahmen in folgende Handlungsfelder einteilen:

Die vollständige Dekarbonisierung der Wärmeversorgung erfordert Aktivitäten in folgenden Handlungsfeldern:

- **Strukturelle Maßnahmen:** Schaffung von organisatorischen Rahmenbedingungen und Einführung von begleitenden Maßnahmen. Hierzu gehören städtische Planungsinstrumente wie Bauleitplanung und städtebauliche Verträge aber auch Infrastrukturausbau durch Netzbetreiber.
- **Technische Maßnahmen:** Realisierung von bereits geplanten Bausteinen z.B. im eigenen Liegenschaftsbestand, kommunale Leuchtturmprojekte mit Multiplikatorwirkung (z.B. im Bereich Sanierung Schulen/Kitas). Auf Seiten der STAWAG gehören in diesen Bereich die konkreten Umsetzungsbausteine zur Ablösung der Wärmeversorgung aus Braunkohle durch Abwärmenutzung, Geothermie und Umweltwärme.
- **Effizienzmaßnahmen:** Hier werden Energieeinsparungen im Wärmemarkt adressiert, z.B. durch Sanierungsfahrpläne, gezielte Förderung von Quartierssanierung
- **Motivation und Information:** Maßnahmen, durch die Informationen bereitgestellt werden, ein Austausch von Akteuren stattfindet oder Gebäudeeigentümer*innen motiviert werden. Neben diesen eher „weichen“ Themen gehören aber auch der Ausbau der Informationsportale zum Fernwärmeausbau oder Contracting angeboten dazu.

Eine zweite Dimension sind die handelnden Akteursbereiche, die hier in die städtische Familie, Energieversorger und Netzbetreiber mit städtischer Beteiligung und weitere stadtnahe Institutionen (Wohnbau, IHK, Hochschullandschaft) untergliedert sind.

Die dritte Dimension umfasst dann die geografischen Dimensionen Gesamtstädtisch, Fernwärmebezogen, Fokusgebietsbezogen sowie auf der untersten Ebene die einzelnen Gebäude.

6.2 Wärmewendestrategie und Maßnahmenkatalog

Auf Basis der dargestellten drei Ebenen und Handlungsbereiche wurde die auf den folgenden Seiten dargestellte Maßnahmenliste als „long-list“ erstellt und iterativ abgestimmt. Die farblich hinterlegten Maßnahmen werden als prioritäre Maßnahmen für den weiteren Abstimmungsprozess vorgeschlagen.

Tabelle 16: Maßnahmenliste, Akteursbereich Städtische Familie

Strukturelle Maßnahmen Städtische Familie					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
<p>Regelmäßiger Runder Tisch Umsetzung Wärmeplanung (z. B.: 1/2 jährlich)</p> <p>Runder Tisch als Plattform zum regelmäßigen Austausch mit Betreiber*innen und Eigentümer*innen größerer Liegenschaften sowie mit Multiplikatoren.</p>	alle, Initiierung Stadt AC	x			
<p>Controlling und Verstetigung: dauerhafte Implementation der kommunalen Wärmeplanung in das planerische Handeln und Umsetzungsprojekte der Kernverwaltung sowie der Töchter und Beteiligungen</p> <p>Zentrale Steuerung, Einrichtung übergreifende Einheit zur Koordination (z.B. Fortführung Kernteam), Verankerung Aufgaben aus den Bereichen Strategische Steuerung / Organisation / Umsetzung bzw. Projektmanagement / Monitoring und Controlling in den Fachbereichen und stadtnahen Institutionen / Fortschreibung Wärmeplan / jährliche Berichterstattung</p>	Stadt	x			
<p>Fernwärmeausbauplanung in Abstimmungsprozessen verstetigen</p> <p>sowohl auf Lenkungs- als auch auf operativer Ebene</p>	Stadt, STAWAG, Regionetz	x	x		
<p>Finanzbedarfssicherung (u.a. Kapitalausstattung für den Infrastrukturausbau, Sicherung der Eigenanteile bei Förderprojekten) im kommunalen Haushalt (und bei STAWAG)</p> <p>Langfristige Sicherstellung der notwendigen finanziellen Ressourcen im städtischen Haushalt (Ziel: u.a. Planungssicherheit)</p>	Stadt	x			
<p>Integrierte Stadtentwicklung intensivieren - Wärmeplanung als integralen Planungsbaustein im Neubau und Bestand beachten</p> <p>z.B. Erfordernisse für Nahwärmenetze in Planverfahren, Kanalsanierungen o.ä. in Abstimmung mit anderen Prozessen planen und durchführen</p>	Stadt	x			

Strukturelle Maßnahmen Städtische Familie					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtsädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Nutzung der formellen und informellen Planungsinstrumente zur Umsetzung der Wärmeplanung z. B. Verträge, Satzungen (Anschluss- und Benutzungszwang etc.), städtebauliche Wettbewerbe, Konzeptvergaben	Stadt	x			
Ausweisung von Sanierungsgebieten prüfen	Stadt	x			
Verzahnung der Ergebnisse der kWP mit der Bauleitplanung z. B. Berücksichtigung der Wärmeversorgungsgebiete in allen neuen B-Plänen sowie in der Änderungsplanung etc.	Stadt		x		x
Prüfung von freiwerdenden Flächen auf energetische Nutzbarkeit z.B. bei Umnutzung von Brachflächen, Umbau Sportstädten (Erdkollektoren unter neuem Rollrasen)	Stadt	x			
Flächen für den Ausbau von erneuerbaren Energien verfügbar machen (Flächenmanagement)	Stadt	x			
Optimierung der Verfahrensabläufe und Strukturen innerhalb der Kernverwaltung zur Beschleunigung z. B. zur Beschleunigung von Genehmigungsprozessen	Stadt	x			
Ergänzung der Konzessionsverträge um Vorgaben im Sinne der kommunalen Wärmeplanung	Stadt	x			
Einflussnahme auf die Unternehmen der städtischen Familie zur Umsetzung der Wärmeplanung entsprechend der Eigentumsanteile	Stadt	x			
Aufbau einer dynamischen Wärmeplanung hinsichtlich Daten Aktualisierung, Transparenz und Information, Entwicklung von Chancegebieten (dezentral/zentral)	Stadt	x			

Strukturelle Maßnahmen Städtische Familie					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Marktplatz für Wärme Melden von Abwärmemengen oder auch Wärmebedarf in einem Online-Portal für kleinteilige Versorgungslösungen Als Initiator zur Umsetzung lokal angepasster Versorgungslösungen Bspw. Supermarkt versorgt mit Abwärme aus Kühlbetrieb angrenzende Gebäude	Stadt	x			
Selbstverpflichtung, bei Umbau / Renovierung eigener Liegenschaften fossilfreie Lösungen (Hauptenergieerzeuger) umzusetzen	städtische Familie				x
Weitere Verbesserung und Digitalisierung der Anlagentechnik in eigenen Liegenschaften (z.B. Wärmeverbrauchsähler, digitale Thermostate, intelligente Steuerung) und Ausweitung des regelmäßigen Monitorings	städtische Familie				x
Quartiersbezogene Sanierungsmanagements einführen inkl. Austausch mit Handwerk, Energieberatung und Planern				x	x

Technische Maßnahmen Städtische Familie					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Anschluss der städtischen Gebäude an die Fernwärme - zeitnah bei Gebäuden in räumlicher Nähe zum bestehenden FW-Netz - Vorreiterrolle über frühzeitigen Anschluss bei Erweiterung des FW-Netzes	Stadt		x		x
Weiterentwicklung von Umsetzungsstrategien für einzelne Teilräume (z.B. Nahwärmelösungen in Fokusgebieten) z. B. Initiierung von Machbarkeitsstudien nach BEW, Stadt als Moderator und Impulsgeber sowie auch Ankerkunde - Bildung von Interessenkreisen mit den betroffenen Akteuren aus dem Teilraum - Modellgebiet z.B. Preuswald	Stadt			x	

Technische Maßnahmen Städtische Familie					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Realisierung von PV-Anlagen auf Gebäuden der städtischen Familie	städtische Familie				x
Realisierung von kommunalen Leuchtturmprojekten Vorbildfunktion gerecht werden und Best Practice-Beispiel umsetzen	Stadt				x

Sanierungs- und Energieeffizienzmaßnahmen Städtische Familie					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Förderprogramm Klimaneutrale Gebäude für Sonderfälle Signifikante Unterstützung mit möglichen Förderschwerpunkten: - Austausch von Gasetagenheizungen durch Fernwärme oder WP - Austausch von Nachtspeicherheizungen durch Fernwärme oder WP - Gemeinschaftsversorgung bei Reihenhauserzeilen (z. B.: mit WP/FW und Kellerverlegung) - Sanierung unter Denkmalschutz (:Innendämmung)	Stadt		x	x	x
Sanierungsfahrplan für städtische Gebäude Vorreiterrolle der Stadt im Kontext der Klimaneutralitätszielsetzung	Stadt				x

Motivation- und Informationsmaßnahmen Städtische Familie					
Beschreibung	Haupt- akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
<p>Unterstützung alternativer dezentraler oder zentraler Wärmeversorgungslösungen auf Quartiersebene</p> <p>Mögliche Instrumte sind bspw:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energiegenossenschaften - Kooperationsvereinbarungen - Beirat - Quartiersbüro - Beteiligungskonzept - Reallabor - Energiekonzept - Unterstützung kollektiver Wärmeversorgungslösungen (Beratung und finanzielle Förderung) 	Stadt	x			
<p>Aktivieren von potentiellen Nahwärmegebieten</p> <p>Ziel: Unterstützung der Akteure im Entwicklungsprozess Durchführung von Fokuswerkstätten für Quartiersprojekte zum Thema Nahwärme Unterstützung bei der Auslegung und Prüfung der Wirtschaftlichkeit von Nahwärmelösungen in Pilotgebieten Begleitung der Akteure bei der Entscheidungsfindung und bis zur BEW Förderung</p>	Stadt	x		x	
<p>Unterstützung von Gemeinschaftslösungen (z.B. genossenschaftlich getragener gemeinschaftlicher Wärmeversorgung in Quartieren (ggf. Beverau als Modellprojekt))</p> <p>- Durch professionelle Projektentwicklung und Geschäftsführung für Genossenschaftsprojekte in der Wärmeversorgung durch Stadt und/oder STAWAG zur Überwindung der Hemmnisse im Bereich langfristige Strukturen, Vertrauen der Wärmekunden/Genossenschaftsmitglieder, Wissensdefizite etc. oder durch</p> <p>- Gründung eines städtisch geführten Non-Profit-Wärmedienstleisters, der Wärmeversorgungslösungen (zentral wie dezentral) in kleineren räumlichen Einheiten (auch in genossenschaftlicher Form) anbietet.</p>	Stadt, STAWAG	x			
<p>Kommunikation: Kontinuierliche Durchführung unterschiedlicher zielgruppen- und räumlich spezifischer Kommunikationsformate</p> <p>Aufbau bzw. Fortführung von Netzwerkstrukturen mit ausgewählten Liegenschaftsbetreibern (s. Runder Tisch), Bedienung des gesamtstädtischen Beratungsbedarfs stadtteilraumbezogene Kommunikation mit Zielsetzung Beratung oder Projektentwicklung, Integration in gesamtstädtische Kommunikation zu Aachen klimaneutral 2030</p>	Stadt	x		x	

Motivation- und Informationsmaßnahmen Städtische Familie					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Informationsoffensive und Beratungsangebote zu dezentralen Versorgungslösungen mit Schwerpunkt auf Wärmepumpenlösungen Gesamtstädtisch wie auch in Teilräumen	Stadt				x
Adressierung von Fachkräftemangel in der Öffentlichkeitsarbeit bspw. durch eine Ausbildungskampagne	Stadt, Handwerk, IHK	x			
Sensibilisierung in der Beratung zum Thema Zukunft Gasnetze	Stadt, STAWAG				x
Bewerbung der verhaltensbasierten Wärmeverbrauchssenkung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit	Stadt	x			

Tabelle 17: Maßnahmenliste, Akteursbereich Energieversorger

Strukturelle Maßnahmen Energieversorger					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Ausbau der Contracting-Angebote für dezentrale, klimafreundliche Lösungen	STAWAG			x	x
Prüfung Machbarkeitsstudien Wärmenetze Fokusgebiete / Positionierung als potenzieller Wärmenetzbetreiber	STAWAG / (Stadt)			x	
Zielnetzplanungen zur Verstärkungen der Stromnetze	Regionetz	x		x	x
Prüfung von Beteiligungsmodellen für Bürger*innen an Wärmeprojekten (analog Windparkbeteiligung)	STAWAG				
"Rückzugsplanung" Gasnetz und Kommunikationskonzept zu geplanten Maßnahmen	Regionetz				x
Intensive Vermarktung von Contractingmodellen für PV und Wärmepumpen sowie Prüfung von weiteren Contractingbausteinen	STAWAG			x	x
Unterstützung und Initiierung von Pilotprojekten fossilfreier Wärmeversorgung ggf. in Verbindung mit Sektorenkopplung als Blaupause	STAWAG, Stadt	x			

Technische Maßnahmen Energieversorger					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Umsetzung der Abwärmenutzung MVA Weisweiler und Thermalwärme Burtscheid / Umsetzung Transformationsplan zur Dekarbonisierung der Fernwärme	STAWAG		x		
Überbrückungslösungen zum zeitweisen Ersatz von Heizungen bis zum Umschluss an FW/Nahwärme z. B. bei Havarie der dezentralen Heizung	STAWAG		x	x	
klimaneutrale Versorgung von Neubaugebieten	STAWAG	x			
Energiespeicherung für die Sektorkopplung durch z.B. Einsatz zentraler und dezentraler Strom- und Wärmespeicher	STAWAG		x	x	x
Prüfung weiterer Machbarkeitsstudien zur Nutzung von dezentraler Abwasserwärme	STAWAG	x			
Rechenzentren RegioIT Standort prüfen; die Stadt trifft mit der RegioIT Vereinbarungen zur Bereitstellung von Wärme aus den Rechenzentren für benachbarte Gebäude	RegioIT, Stadt	x			

Sanierungs- und Energieeffizienzmaßnahmen Energieversorger					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Umfassende energetische Sanierung der Gebäude der kommunalen Energieversorger (Vorbildfunktion)					x

Motivation- und Informationsmaßnahmen Energieversorger					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Einrichtung eines Fernwärmeauskunftsportals - umfangreiche Informationen zum FW-Ausbau auf einer Webseite der STAWAG (mit Verlinkung von der Webseite der Stadt) - Kartendarstellung zum Bestandsnetz, FW-Ausbaugebiet, konkreten Maßnahmen auf der Zeitschiene - Angebote / Links / Formulare zum Erhalt weiterer Informationen zum FW-Ausbau	STAWAG und Regionetz		x		x

Tabelle 18: Maßnahmenliste, Akteursbereich Stadtnahe Institutionen

Strukturelle Maßnahmen stadtnahe Institutionen					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Wissenschaftliches Know-How der Institutionen in Aachen einbringen z.B. über Projekte wie AixHeat	RWTH, FH	x			

Technische Maßnahmen stadtnahe Institutionen					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Anschluss aller städtischen Liegenschaften an Fernwärme (in Ausbaugebieten) oder Nahwärmelösungen (bei Neuaufbau)	Gewoge		x		x
Prüfung und Nutzung der Abwärme von Unternehmen/Institutionen		x			

Sanierungs- und Energieeffizienzmaßnahmen stadtnahe Institutionen					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Forcierte Sanierung von Gebäudebeständen					

Motivations- und Innovationsmaßnahmen stadtnahe Institutionen					
Beschreibung	Haupt-akteur	Handlungsebene			
		Gesamtstädtisch	Eignungsgebiete Fernwärme	Fokusgebiete / Nahwärme	Gebäude
Verbindliche Commitments mit Beteiligten am Klimastadtvertrag zur Umstellung der eigenen Wärmeversorgung erzielen.	Stadt	x			
Gesamtstädtische Beratungsoffensive mit unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten Mögliche thematische Schwerpunkte sind bspw.: - Energieeffizienz Nicht-Wohngebäude < 2,5 GWh/a sowie Wohngebäude, Haus zu Haus-Beratung etc. - stärkere Forcierung in der Beratung auf fossilfreie Energieerzeugung - Transparenz über den Betrieb der Gebäude und Netze	Stadt, altbauplus			x	x
Bedarfsgerechte Informationsangebote für Gewerbe- und Industriebetriebe mit unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten	Stadt, IHK, HWK, KHS	x			

Die im weiteren Akteursprozess priorisierten Maßnahmen werden detaillierter in Steckbriefen dargestellt nach dem Muster in Abbildung 103.

Themenschwerpunkt
Maßnahmentitel

Priorität		Einführung		Wirkung		Kommunaler Einfluss	
<input checked="" type="checkbox"/>	gering	<input type="checkbox"/>	2024	<input checked="" type="checkbox"/>	no-regret	<input type="checkbox"/>	Verbrauchen
<input checked="" type="checkbox"/>	mittel	<input checked="" type="checkbox"/>	2025	<input type="checkbox"/>	kurzfristig	<input checked="" type="checkbox"/>	Versorgen
<input checked="" type="checkbox"/>	hoch	<input type="checkbox"/>	2026	<input type="checkbox"/>	mittelfristig	<input type="checkbox"/>	Regulieren
		<input type="checkbox"/>	ff.	<input type="checkbox"/>	langfristig	<input type="checkbox"/>	Motivieren
Ziel						Zielgruppe	
....						...	
Ausgangslage						Akteure	
....						Federführung: ... Beteiligte: ...	
Beschreibung							
...							
Dauer der Maßnahme		Erforderliche Umsetzungsschritte					
maximal X Jahre		• ...					
THG-Einsparungen		Synergieeffekte					
XXX t CO ₂ eq/a		...					
Kosten		Finanzierungsmechanismen und Gewichtung					
X €/a		...					
Hemmnisse		Erfolgsindikatoren/Meilensteine					
...		..					

Abbildung 103: Muster Maßnahmensteckbrief

7. Fazit und Ausblick

Die Stadt Aachen steht zusammen mit städtischen Akteuren wie der STAWAG schon nicht mehr ganz am Anfang der Wärmetransformation, wie die Bestandsaufnahme im Rahmen der Wärmeplanung zeigt. So deckt die städtische Fernwärme zusammen mit den Netzgebieten rd. 14% des Gesamtbedarfes von 2.400 GWh klima-freundlich, wenn auch noch nicht klimaneutral ab. Durch städtisch geförderte Effizienzmaßnahmen in Wohngebäuden, dem schon gut vorangeschrittenen Ausbau der Photovoltaik auf Dächern und den gegebenen Möglichkeiten zur Einbindung von Abwärme der Müllverbrennung und Geothermie sind gute Ausgangssituationen vorhanden.

Die Umsetzung einer weitestgehend klimaneutralen Wärmeversorgung erfordert jedoch weitere Transformationsschritte und ein gemeinsames Handeln aller Beteiligten:

- **Fernwärme:** Der Fernwärmeausbau ist das wichtigste Handlungsfeld der Wärmewende mit einem Zielanteil von rund als 40 % an dem Wärmebedarf. Durch zunehmend kleinteiligere Erschließung, den Aufbau neuer Erzeuger und den Zusammenschluss bestehender kleinerer Netze, aber auch den Erhalt und die Modernisierung des Bestandes sind erhebliche Investitionen erforderlich. Zudem sind noch vielfach Anschlüsse von Gebäuden an schon vorhandene Leitungen möglich (FW-Verdichtung), was mit hoher Priorität erfolgen sollte. Insgesamt ist der Fernwärmeausbau im Zielszenario sehr ambitioniert und an eine Reihe von Voraussetzungen und Gelingbedingungen geknüpft. Dieses Ausbauszenario hat den Charakter einer Planung und ist nicht verbindlich. Das gilt insbesondere für die zeitliche Stufung der Erschließung der einzelnen Fernwärmegebiete, entsprechend auch § 18 (2) des Wärmeplanungsgesetzes. Demnach entsteht aus der Einteilung in ein bestimmtes Wärmeversorgungsgebiet (hier Wärmenetzgebiet) keine Pflicht, eine bestimmte Versorgungsart tatsächlich zu nutzen oder bereitzustellen. Das Erreichen dieser Zielsetzung ist an eine Reihe von im Bericht beschriebenen Gelingbedingungen geknüpft.
- **Dezentraler Bereich:** Gas- und Ölheizung können nach aktueller Gesetzeslage bis 2045 weiterbetrieben werden, neue Anlagen sind seit 2024 aber nur noch unter Auflagen bzw. übergangsweise genehmigungsfähig. Der in Aachen sehr hohe Bestand an Gasheizungen muss in den dezentralen Wärmeversorgungsgebieten Stück für Stück durch zukunftsfähige Heizungstechnologien abgelöst werden, bei sukzessiver Ertüchtigung und Sanierung der jeweiligen Gebäudesubstanz. Hilfestellung erfolgt dabei durch verschiedene Beratungsangebote, zusätzliche Förderung durch Bund und Stadt Aachen und eine Ausweitung von Contracting-Programmen.
- Weitere Ergänzungen können **Quartierslösungen** auf Basis oberflächennaher oder mitteltiefer Geothermie in Verbindung mit größeren Wärmepumpen sein, die exemplarisch für drei Gebiete untersucht wurden. In geringerem Umfang werden auch Biomasse, Solarthermie und ab etwa 2032 grüner Wasserstoff zur Zielerreichung beitragen .
- **PV und Wind:** Grüne Wärme erfordert grünen Strom, der auch in Aachen ausgebaut werden muss. Neben dem PV Ausbau sind auch Zuwachsleistungen bei Windkraftanlagen in der Region zur Bereitstellung von Grünstrom im Winter notwendig.
- **Wasserstoffnetze** werden in Aachen nicht großflächig ausgebaut und dementsprechend auch nicht als Wasserstoffversorgungsgebiete ausgewiesen. Aufgrund der Lage direkt am geplanten Kernnetz kann ein H2-Stadtnetz aber bedarfsabhängig zu Großverbrauchern und Heiz(kraft)werken ausgebaut werden.
- **Transformation erfordert Investition:** Die Gesamtinvestitionen der Wärmewende von (abgeschätzt) rd. 4,0 Mrd. EUR verteilen sich auf viele Akteure, 250.000 Bewohner*innen und 20 Jahre, zudem werden diese teilweise durch Förderprogramme wie BEW und BEG aufgefangen. Trotzdem werden die Kosten der Wärmeversorgung steigen (müssen) und nicht mehr das Niveau vor 2022 erreichen, aber voraussichtlich im bezahlbaren Rahmen bleiben.
- **Wechselwirkungen:** Klimaschutz wird zu Kompromissen an anderen Stellen, z. B. bei der Flächennutzung, dem Verkehrsfluss oder dem Denkmalschutz führen. Dies betrifft Flächen zur Energiegewinnung, neue Erzeugungsstandorte, Ausweisung von Flächen für Windkraft und Dachflächen-PV oder temporäre Einschränkungen beim Bau von Leitungen.

Alle Akteur*innen und die Bürgerschaft werden zusammenarbeiten müssen, um in den verbleibenden 20 Jahren mit einem deutlichen Zuwachs an Geschwindigkeit die Wärmewende weiter umzusetzen und abzuschließen.

8. Literaturverzeichnis

- [1] Ortner et al., „Leitfaden Wärmeplanung,“ dena, Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin, 2024.
- [2] „opengeodata.nrw,“ [Online]. Available: https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/klima/kwp/. [Zugriff am September 2024].
- [3] „OpenStreetMap,“ [Online]. Available: <https://www.openstreetmap.org/>. [Zugriff am September 2024].
- [4] „Open Data Portal Aachen,“ [Online]. Available: <https://offenedaten.aachen.de/>. [Zugriff am September 2024].
- [5] Statistisches Bundesamt, „Zensus 2022,“ Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, 2022.
- [6] Institut für Wohnen und Umwelt IWU, „Energiebilanzen für Gebäude, Gradtagszahlen Deutschland,“ 21. Juni 2023. [Online]. Available: <https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/energiebilanzen/>.
- [7] D. Walberg, T. Gniechwitz, K. Paare, T. Schulze, „Wohnungsbau: Die Zukunft des Bestandes,“ Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., Kiel, 2022.
- [8] „TABULA,“ [Online]. Available: <https://webtool.building-typology.eu/>. [Zugriff am September 2024].
- [9] BBSR, „Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden,“ 2021.
- [10] „Bundesbaublatt,“ [Online]. Available: <https://www.bundesbaublatt.de/news/sanierungsquote-2023-unter-1-tendenz-absteigend-4017943.html>. [Zugriff am September 2024].
- [11] Quaestio, „Fortschreibung der Wohnungsbedarfsprognose für Aachen,“ 2023.
- [12] LANUV, „<https://www.energieatlas.nrw.de>,“ 20.9.2024. [Online]. Available: https://www.energieatlas.nrw.de/site/waermestudienrw_ergebnisse. [Zugriff am 20.9.2024].
- [13] Prognos AG, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), „Technikkatalog Wärmeplanung,“ Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB), 2024.
- [14] Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Dr. Christiane Michulitz, „Der Weg klimaneutral 2030,“ Stadt Aachen, Aachen, 2024.
- [15] Statistisches Bundesamt, *Die Bevölkerung nach der Religionszugehörigkeit*, Wiesbaden, 1952.
- [16] Bundesamt für Justiz, *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden* (Gebäudeenergiegesetz - GEG)*, 2024.
- [17] Popovic, T., „Finanzierung von energetischen Gebäudesanierungen,“ UBA, Stuttgart, 2024.
- [18] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Erdwärme - die Energiequelle aus der Tiefe,“ LfU Bayern, München, 2016.
- [19] Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, „Masterplan Geothermie,“ MWIKE, Düsseldorf, 2024.
- [20] MWIKE, „Jahresbericht 2022 der Bergbehörden des Landes NRW,“ Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes NRW, Düsseldorf, 2023.
- [21] Ingenieurbüro Heitfeld - Schetelig GmbH, „Nutzung von Grubenwasser in der Städtereion Aachen,“ Stadt Aachen, Sitzung Bau- und Umweltausschuss 15./16.05.2019, 2019.

- [22] Verhoeven, René, „Nutzung von Grubenwasser am Beispiel der Stadtwerke Bochum: Project Mark 51°7,“ in *Geothermiekongresses 2023*, Bochum, 2023, 19.10..
- [23] Reicher, Ch. et al., „Burtscheid Wasser sichtbar machen - Machbarkeitsstudie Thermalwasser,“ Stadt Aachen, Fachbereich Stadtentwicklung, -planung und Mobilitätsinfrastruktur, Aachen, 2022.
- [24] STAWAG, *Thermalwasser-Wärmepumpe Landesbadquelle - Konzeptstudie*, Aachen, 2024.
- [25] StädteRegion Aachen, „Geoportal der StädteRegion Aachen,“ [Online]. Available: <https://geoportal.staedteregion-aachen.de/>.
- [26] KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württem, „Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden,“ KEA, Stuttgart, 2020.
- [27] Stark, S. et al., „Leitfaden zur Erschließung von Abwärmeequellen für die Fernwärmeversorgung,“ AGFW, Frankfurt, 2020.
- [28] Verband kommunaler Unternehmen e.V. (VKU), „Abwasserwärme effizient nutzen - Rechtliche und technische Rahmenbedingungen,“ 2024.
- [29] Brinkmann, J. et al., „Realisierung einer Abwasserwärmenutzungsanlage im Wiesental Aachen,“ STAWAG, Aachen, 2017.
- [30] FNBGas, „Gemeinsamer Antrag für das Wasserstoff-Kernnetz,“ Berlin, 2024.
- [31] Görlich et al., *gutachterliche Stellungnahme zur kommunalen Wasserstoffnetzausbauplanung*, Hamburg: Rechtsanwälte Günther, 2024.
- [32] Walberg, W. et al., „Wohnungsbau - die Zukunft des Bestandes, Bauforschungsbericht Nr. 82,“; „Verbändebündnis Wohnungsbau, Kiel, 2022.
- [33] Kremp et al., „Ein neuer Ordnungsrahmen für Erdgasverteilnetze,“ Agora Energiewende, Berlin, 2024.
- [34] Prognos, „Perspektive der Fernwärme,“ Prognos, Berlin, 2024.

Anhang

A – Kennzahlen

Werden in finaler Fassung noch ergänzt

B – Definition der Preispfade

Annahmen für Preiselemente im unteren Preispfad:

- Bei den CO₂ Preisen im europäischen Emissionshandel ETS wurde durch Verknappung ein Anstieg von heute etwa 65 €/t auf 100 €/t bis 2035 und 135 €/t unterstellt, dies entspricht etwa 5% Steigerung pro Jahr. Dieser Preispfad liegt noch unter den Prognosen vieler Institute und auch den offiziellen Langfristszenarien des BMWK. Für den nationalen Emissionshandel, der auch Endkunden für Erdgas und Heizöl betrifft, wurde eine Angleichung an den europäischen Markt ab 2027 unterstellt, für die Jahre 2025 und 2026 wurden die fixierten Steigerungsraten des CO₂ Preises von aktuell 45 €/t auf 55 €/t und dann 65 €/t angesetzt.
- Bei den Netzentgelten für Erdgas wurde die schon feststehende Preissteigerung von rd. 25% von 2024 auf 2025 und dann eine Steigerungsrate von 4%/a nominal bis 2030 und dann 6% angenommen, so dass sich die heutigen Netzentgelte von rd. 2,4 ct/kWh bis 2035 um etwa 60% steigen würden. Hintergrund sind die überproportional steigenden spezifischen Netzkosten bei Rückgang der Erdgasmengen sowie verkürzte Abschreibungsdauern der Netze nach dem sog. KANU 2.0 Verfahren. Diese Annahme wurde aus einer aktuellen Erdgasverteilnetz Studie im Auftrag der Agora Energiewende abgeleitet (vgl. [33], S. 54ff) und liegen noch unter der dort ermittelten Bandbreite der Kostensteigerungen¹⁵.
- Die Netzentgelte für Strom wurden mit 2,5% Steigerungsrate bis 2030 und dann 3% nur leicht über Inflation angesetzt.

Annahmen für Preiselemente im oberen Preispfad:

- Bei den CO₂ Preisen im europäischen Emissionshandel ETS wurde ein stärkerer Anstieg auf 85 €/t bis 2030 und dann auf rd. 220 €/t bis 2040 angenommen. Dieser Preispfad liegt damit im Bereich vieler Prognosestudien, u.a. der aktuellen Prognos Studie für den VKU und AGFW [34].
- Für die Großhandelspreise für Strom und Erdgas wurden 5% Steigerungsrate angenommen. Damit würden die Großhandelspreise für Erdgas von 40 €/t (Startwert 2025) auf 65 €/t bis 2035 ansteigen, was in etwa dem Preisniveau Ende 2021 noch vor dem Ukrainekrieg entspricht. Bis 2040 steigen die Erdgasbörsenpreise auf rd. 83 EUR/t an.
- Bei den Netzentgelten für Erdgas wurde eine Steigerungsrate von 5% nominal bis 2030 und dann 8% angenommen, so dass sich die heutigen Netzentgelte (2024) von rd. 2,4 ct/kWh bis 2035 in etwa um den Faktor 2 und bis 2040 um 2,8 erhöhen würden, in Anlehnung an die Preisprognosen aus [33] (S. 61, Szenario mit Preisdämpfungsmaßnahmen).
- Bei den Netzentgelte für Strom wurden mit 2,5% Steigerungsrate bis 2030 und dann 4% etwas höhere Werte angesetzt als im moderaten Preispfad, aber deutlich weniger als im Gasbereich, da hier keine Mengenrückgänge zu erwarten sind.

In beiden Preispfaden wurden staatliche Abgaben wie Erdgassteuern und Stromsteuern konstant gelassen, andere, weniger bestimmende Bestandteile wie KWK- und Offshore-Umlagen und Konzessionsabgaben wurden mit 1% Steigerungsrate im unteren Preispfad und 4% im oberen jeweils unter bzw. über der Inflationsrate angesetzt.

¹⁵ In der Studie [33] sind die aktuell diskutierten degressiven Abschreibungen (KANU 2.0) für Erdgasnetze noch nicht eingeflossen. Bei Umsetzung dieser Methode würden sich voraussichtlich bis etwa 2035 noch höhere Gasnetzentgelte ergeben, in der Auslaufphase der Gasnetze bis 2045 dann aber etwas stärker gedämpfte.

C - Abkürzungen

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BEG	Bundesprogramm für effiziente Gebäude
BEW	Bundesprogramm für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
CO ₂ -eq	CO ₂ -Äquivalent
COP	Coefficient of Performance (Wirkungsgrad bei Wärmepumpen)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EE	Erneuerbare Energien
EE-Gase	Erneuerbare Gase
EE-Strom	Erneuerbarer Strom
EFH	Einfamilienhaus
EPBD	Europäische Gebäuderichtlinie
fp(-Faktor)	Primärenergie-Faktor
FW	Fernwärme
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GWh	Gigawattstunde
HA	Hausanschluss
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
JAZ	Jahresarbeitszahl
ha	Hektar (100 x 100 m)
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kommunale Wärmeplanung
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
LoD	Level of Detail
MFH	Mehrfamilienhaus
MWh	Megawattstunde
ND	Niederdruck
NWG	Nichtwohngebäude
PE	Primärenergie
PV	Photovoltaik
RW	Raumwärme
THG	Treibhausgas
WPG	Wärmeplanungsgesetz

D - Glossar

Abwärme

Abwärme ist überschüssige Wärme, die bei industriellen oder gewerblichen Prozessen oder in Kraftwerken/Müllverbrennungsanlagen entsteht und meist ungenutzt bleibt. In der kommunalen Wärmeplanung kann Abwärme zur Beheizung von Gebäuden genutzt werden, um den Energiebedarf zu senken.

Baublock

Ein Baublock ist ein Flurstück, Gebäude oder mehrere Gebäude oder Liegenschaften, das oder die von mehreren oder sämtlichen Seiten von Straßen, Schienen oder sonstigen natürlichen oder baulichen Grenzen umschlossen ist oder sind. Für die Zwecke der Wärmeplanung wird ein Baublock als statistische Einheit zusammengehöriger, meist ähnlicher Objekte betrachtet.

Biomethan

Aus Biogas aufbereitetes Methan. Nach der Aufbereitung, bei der Fremdbestandteile wie CO abgeschieden werden, kann Biomethan in das Erdgasnetz eingespeist werden und an anderen Stellen des Netzes entnommen werden. Bei Verwendung in EEG Anlagen sind entsprechende Herkunftsnachweise zu führen. Biomethan zählt zu den synthetischen Gasen, die die Anforderungen des GEG an Klimaneutralität erfüllen.

Contracting

Contracting ist ein Finanzierungs- und Betreibermodell, um Erzeugungsanlagen (meist Wärme oder Kälte) zu betreiben. Der Contractor finanziert betreibt dabei eine Anlage, trägt das wirtschaftliche Risiko und liefert Energiedienstleistungen an einen Contractingnehmer im Rahmen längerfristiger Verträge (meist 10 Jahre mit Verlängerungsoption).

Fernwärme

Fernwärme ist ein System zur Verteilung von Wärme über ein Netz von Rohrleitungen, das viele Haushalte und Gebäude versorgt. Die Wärme wird zentral in einem oder mehreren Anlagen erzeugt und zu den Verbrauchern über eine Vorlauf- und eine Rücklaufleitung transportiert. Nahwärmenetze sind technisch ähnlich aufgebaut, versorgen meist aber nur kleinere Gebiete, meist nur innerhalb eines Stadtbezirks. Eine genau Abgrenzung gibt es hier nicht.

Fokusgebiet

Der Begriff Fokusgebiet leitet sich aus einer Förderrichtlinie für Kommunen ab und bezeichnet ein Quartier, für das besondere Voraussetzungen vorliegen und für das Planung und Umsetzung energetischer Maßnahmen auf Quartiers-ebene genauer beschrieben werden.

Gebäudesanierung

Hierunter wird die energetische Sanierung der Gebäudehülle verstanden. Im Vordergrund der thermischen Sanierung steht die Verringerung der Wärmeverluste über das Dach, die Außenwände, Fenster, Türen und den Boden, meist durch Austausch von Bauteilen oder nachträgliche Isolierung sowie Verminderung der Lüftungsverluste. Die thermische Gebäudesanierung hilft dabei, einerseits den Energiebedarf insgesamt und andererseits das notwendige Temperaturniveau abzusenken.

Geothermie

bezeichnet die Nutzung von Erdwärme als Energiequelle zur Beheizung von Gebäuden. Die Erdwärme kann in Form von Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren oder durch die Nutzung von tiefem oder oberflächennahem Thermalwasser genutzt werden.

Kommunale Wärmeplanung

Kommunale Wärmeplanung umfasst die Analyse, Entwicklung und Umsetzung von Strategien zur nachhaltigen Wärmeversorgung in Städten und Gemeinden. Ziel ist es, den Energieverbrauch zu reduzieren und erneuerbare Energien zu fördern.

Nahwärme

Nahwärme ist eine Variante der Fernwärme, bei der die Wärmeversorgung auf ein kleineres Gebiet, wie ein Quartier oder eine Siedlung, begrenzt ist. Nahwärmenetze werden oft lokal erzeugt, z.B. mit Blockheizkraftwerken oder Biomasseanlagen.

Primärenergiefaktor

Faktor zur Bewertung unterschiedlicher Energiearten, die zu Heizzwecken eingesetzt werden. Übliche Primärenergiefaktoren für Brennstoffe sind in dem Gebäudeenergiegesetz GEG definiert. Berechnung von Primärenergiefaktoren von Fernwärmenetzen ist in der AGF FW 309 festgelegt.

Prüfgebiet

Bezeichnet ein beplantes Teilgebiet, das nicht in ein voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet eingeteilt werden soll, weil die für eine Einteilung erforderlichen Umstände noch nicht ausreichend bekannt sind

Sanierungsrate

Die Sanierungsrate gibt an, wie viel Prozent des Gebäudebestands pro Jahr energetisch saniert werden. Sie ist ein wichtiger Indikator in der kommunalen Wärmeplanung, um den Fortschritt bei der Modernisierung des Gebäudeparks zu messen. Eine höhere Sanierungsrate bedeutet, dass der Gebäudebestand schneller energieeffizienter wird und somit die CO₂-Emissionen zügiger gesenkt werden können. In Deutschland liegt die Sanierungsrate aktuell bei etwa 1 % pro Jahr.

Sanierungstiefe

Die Sanierungstiefe beschreibt den Umfang und die Intensität der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen. Sie reicht von einfachen Maßnahmen, wie der Dämmung einzelner Bauteile, bis hin zu umfassenden Komplettanierungen, bei denen ein Gebäude fast auf den Standard eines Niedrigenergie- oder Passivhauses gebracht wird. Eine höhere Sanierungstiefe führt in der Regel zu einem größeren Einsparpotenzial, erfordert jedoch oft auch höhere Investitionen.

Umweltwärme

Umweltwärme bezeichnet leicht zu erschließende Energiequellen, wie Oberflächengewässer (hydrothermische Umweltwärme), Umgebungsluft (aerothermische Umweltwärme) und oberflächennahe Geothermie. Gemein ist diesen Energiequellen, dass ihre Energie aus der Sonne stammt bzw. darüber wieder regeneriert wird und sie keine hohen Temperaturniveaus zur Verfügung stellen können. Umweltwärmequellen sind meist flächendeckend in irgendeiner der Formen vorhanden, benötigen immer aber Wärmepumpen zur Anhebung der Temperatur.

Wärmebedarf

Der Wärmebedarf ist die errechnete oder gemessene Energiemenge, die benötigt wird, um ein Gebäude auf einer angenehmen Temperatur zu halten. Die Wärmeplanung analysiert den Wärmebedarf in einem Gebiet und der Gesamtstadt als Grundlage für die Zielplanung

Wärmelinienichte

ist der Quotient aus der Wärmemenge in Kilowattstunden, die innerhalb eines Leitungs- oder Straßenabschnitts an die dort angeschlossenen oder anschließbaren Verbraucher innerhalb eines Jahres abgesetzt wird, und der Länge dieses Leitungsabschnitts in Metern. Dabei entspricht ein Leitungsabschnitt meist einem Straßenabschnitt bzw. einer Bau-blockseite. Üblich sind Werte von weniger als 1000 kWh/m bis etwa 10.000 kWh/m.

Wärmenetzgebiet

Ist ein beplantes Teilgebiet, in dem ein Wärmenetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wärmenetz versorgt werden soll. Es kann noch zwischen Verdichtungsgebiet und Ausbaugbiet unterschieden werden.

Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe ist ein Heizsystem, das Umgebungswärme aus der Luft, dem Wasser oder dem Erdreich nutzt und mit einem thermodynamischen Prozess unter Einsatz von Strom in Heizenergie umwandelt, ähnlich einem „umgedrehten“ Kühlschrank. Bei Anlagen >500 kW kann man von Großwärmepumpen sprechen.

Wärmespeicher

Wärmespeicher speichern überschüssige Wärme und stellen sie bei Bedarf zur Verfügung, wobei man kurz- mittel und Langfristspeicher unterscheiden kann. Sie sind ein wichtiger Baustein zur Flexibilisierung und Effizienzsteigerung von Wärmenetzen.

Wasserstoff

Wasserstoff (H₂) ist ein universeller Energieträger, der sowohl stofflich in der chemischen Industrie als auch energetisch genutzt werden kann. Die Speicherung und der Transport über lange Strecken ist möglich, aber aufwendiger als bei

Methan, da Wasserstoff leichter Barrieren durchdringt. Wasserstoff kann sowohl in speziellen Netzen transportiert als auch in (umzurüstenden) Erdgasnetzteilen oder bis zu einem bestimmten Prozentsatz beigemischt werden. Klimaneutral hergestellt wird Wasserstoff aus Wasser mittels Elektrolyse durch erneuerbaren Strom.