

Die kommunale Wärmeplanung auf Basis eines digitalen Zwillings

Parameter, Basisszenarien und
Wärmeversorgungsarten

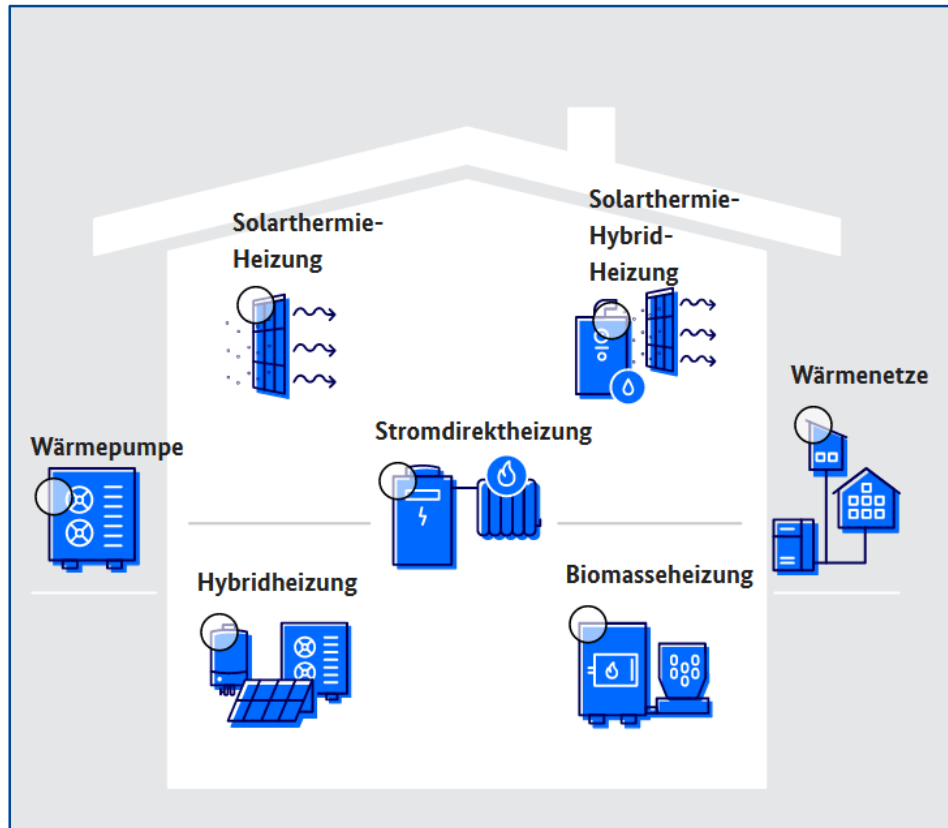
INHALT

1. Festlegung der Technologien für die Zielszenarien
2. Eingangsparameter Zielszenarien
3. Berechnung von Basisszenarien
4. Zonierung der Eignungsstufen



Für die dezentrale Versorgung mit Wärme stehen zukünftig gemäß GEG* sieben Technologien zur Verfügung

a) Dezentrale Versorgung



Wärmenetzanschluss

→ Anforderung gemäß Wärmeplanungsgesetz

Elektrische Wärmepumpe

→ Ohne Anforderungen

Stromdirektheizung:

→ Nur in besonders gut gedämmten Gebäuden mit sehr niedrigem Wärmebedarf

Solarthermie

→ Prüfzeichen „Solar Keymark“

Biomasse & Brennwert

→ 65 % EE-Anteil bei flüssigen und gasförmigen Energieträgern,
15-60 % EE-Anteil unter Randbedingungen

→ Nachhaltigkeitsverordnung und automatische Beschickung bei Pelletöfen

Wärmepumpen-Hybridheizung**

→ Thermische Leistung muss 30 – 40 % der Heizlast entsprechen

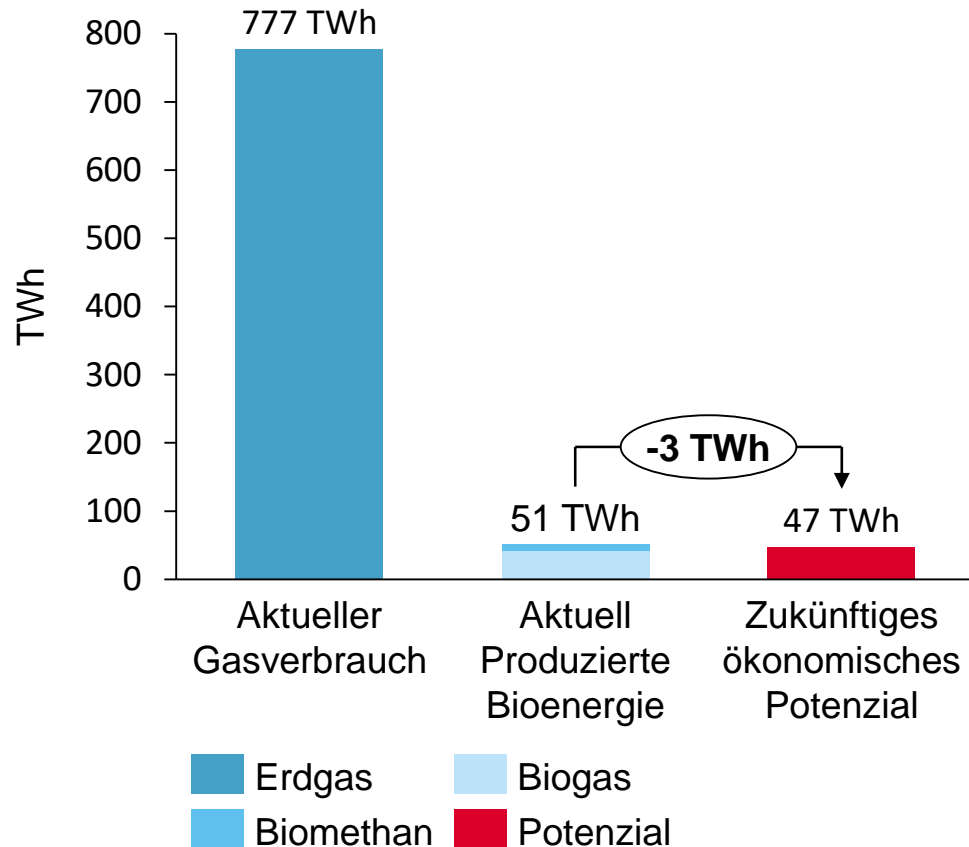
Solarthermie-Hybridheizung

→ Wenn bestimmte Mindestflächen eingehalten werden, kann ohne einen rechnerischen Nachweis angenommen werden, dass die solarthermische Anlage mit 15 % zur Wärmeerzeugung beiträgt. In diesem Fall müssen dann beispielsweise bei einer Gasheizung nur 60 % grüne Gase eingesetzt werden.

*GEG: Gebäudeenergiegesetz, **Hybridheizungen, die für den Betrieb anteilig fossile Brennstoffe benötigen, können im Sinne des Ziels einer klimaneutralen Wärmeversorgung nur eine Übergangslösung sein
Quellen: Darstellung nach Website [energiewechsel](https://www.energiewechsel.de) (Zugriff am 01.03.2024) [1], Gebäudeenergiegesetz, 2023 [2]

Das zukünftige Potenzial von Biogas und Biomethan zur Einspeisung in das Erdgasnetz ist vernachlässigbar gering

a) Dezentrale Versorgung



Ungenutztes wirtschaftliches Potenzial

- **47 TWh** könnten **zukünftig wirtschaftlich erzeugt** werden
- Das **theoretische Potenzial** beträgt circa **104 TWh**, wovon allerdings 52 TWh Stroh sind
- Die **3 TWh Differenz** zur aktuellen Produktion entstehen durch die aktuell für die Produktion genutzten **Energiepflanzen** (größtenteils Mais)
- Der **Energiepflanzen** Anteil wird laut nationaler Biomassestrategie bis zum im Jahr **2045 stark sinken**, eine stoffliche Nutzung soll priorisiert werden

Nur ein kleiner Teil der aktuell produzierten Bioenergie wird ins Erdgasnetz eingespeist

- Aktuell werden maximal **9 TWh eingespeist**
- Die restlichen 42 TWh werden dezentral zur Strom- und Wärmeproduktion verwendet
- Um diese Potenziale zukünftig im Verteilnetz zu nutzen, müssten die entsprechenden **Anlagen zunächst angeschlossen** werden

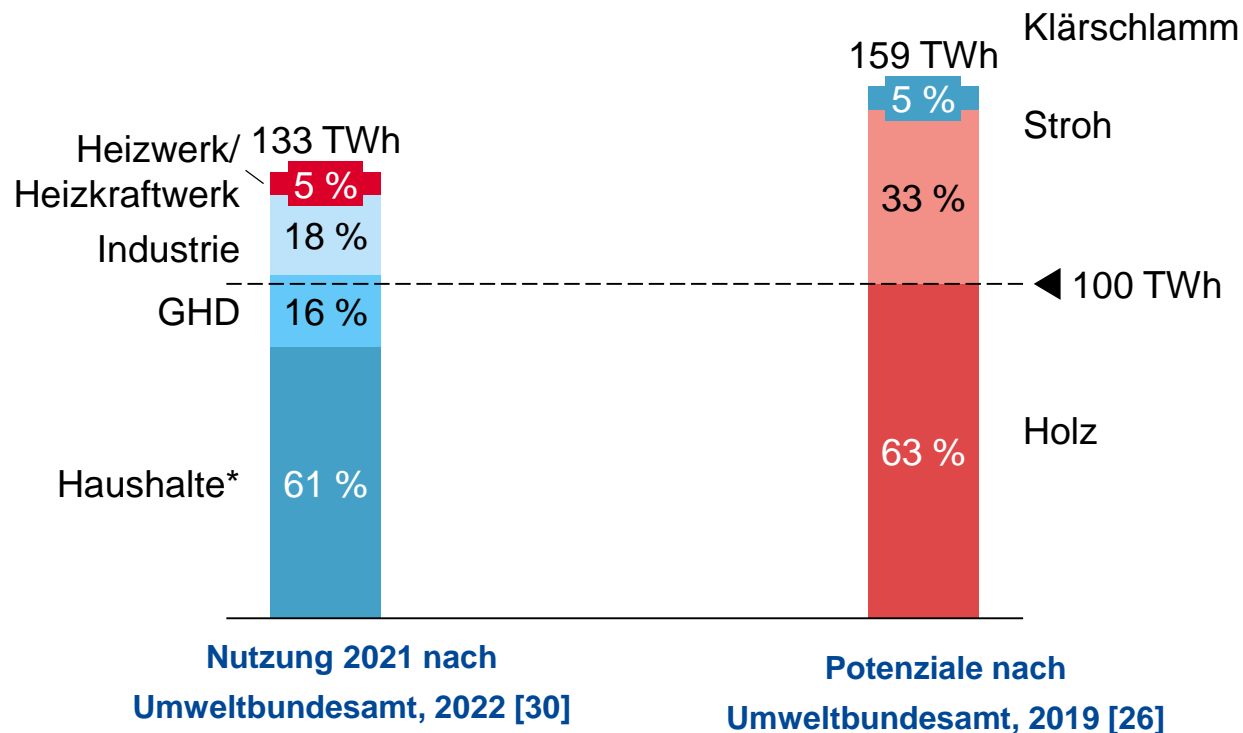
Fazit

- **Biogas und Biomethan** sind zukünftig bestenfalls eine **Nischenlösung** und werden in Folge **nicht weiter betrachtet**

Die Potenziale für Holzbrennstoffe werden schon heute vollständig verwendet – eine Steigerung ist unwahrscheinlich

a) Dezentrale Versorgung

Biomasseverwendung und Potenziale



Einsatz laut WPG** von ausschließlich

→ Naturbelassenem stückigen Holz und nicht stückigen Holz sowie Presslingen wie Holzbriketts oder Holzpellets

Aktuelle Nutzung und Potenziale

→ Aktuell verwenden private **Haushalte** circa **80 TWh** Festbrennstoffe, überwiegend Holz

→ Davon sind circa **18 TWh Holzpellets**

→ Das **Holzpotenzial** in Deutschland beträgt circa **100 TWh**

→ Das Potenzial an **biogenen Festbrennstoffen** wird in Deutschland wahrscheinlich schon **vollständig genutzt**

→ Die Nutzung von **Waldrestholz** oder Potenzialflächen für bspw. **Kurzumtriebsplantagen** könnte das Potenzial **allerdings** zukünftig stark anheben









→ Auf der anderen Seite ist die weitere **energetische Nutzung** ist allerdings stark abhängig von der noch nicht **veröffentlichten** Biomassestrategie – der Entwurf sieht eine **Priorisierung** der **stofflichen Nutzung** vor

Fazit

→ **Keine weitere Betrachtung im Rahmen dieser Untersuchung**

*überwiegend Holz und Holzpellets, WPG: Wärmeplanungsgesetz Quellen: Eigene Darstellung nach Umweltbundesamt, 2022 [8] und Umweltbundesamt, 2019 [4], DEPV, 2022 [9], Clausen et al., 2024 [5], Wärmeplanungsgesetz, 2023 [11], BImSchV, 2021 [12], Kullmann, 2023 [13], BMEL, 2022 [6]

Mit der Auswahl der Technologien wird ein realistisches Bild gezeichnet, die Ziele mit zur Verfügung stehenden Technologien zu erreichen

		Zielszenario 2045 / Zielszenario 2035	
	Wärmepumpe	✘	<p>Ein Wärmenetz kann unterschiedlich groß sein (Fern- aber auch Nahwärme) und durch unterschiedliche Technologien/Energieträger gespeist werden. Für die bestehenden Anschlüsse in einem Wärmenetz wird ein Bestandsschutz vorgesehen. Ein Wechsel auf eine andere Technologie kommt in der Realität sehr selten vor und es ist kein Rückbau des Bestandsnetzes geplant.</p>
	Wärmenetz	✘	
	Elektr. Heizungen	✘	
	Ölheizung	○	
	Gasheizung	○	<p>Aktuell wird die Hybridheizung als Option in der Realität genutzt, dies wird sich in den nächsten Jahren aufgrund wirtschaftlicher Aspekte wahrscheinlich ändern. Die Ergebnisse des Technologie Mix Szenarios hat gezeigt, dass die Hybridheizung aus wirtschaftlichen Gründen nicht gewählt wird.</p>
	Hybridheizung	○	
	Grüne Gase	○	<p>Das zukünftige Potenzial von Biomethan zur Einspeisung in das Erdgasnetz ist vernachlässigbar gering. Auch in Bonn werden voraussichtlich nicht ausreichende Mengen an Biomethan zur Beimischung in das Gasverteilnetz zur Verfügung stehen.</p>
	Biomasse (Pelletheizung)	○	<p>Das Holzpotenzial in Deutschland beträgt circa 100 TWh. Das Potenzial an biogenen Festbrennstoffen wird in Deutschland wahrscheinlich schon vollständig genutzt.</p>
	Sonstiges	○	

✘ Neustallation möglich ○ In Bestand

*Sonstiges = z.B. Kohleöfen , Hybridheizung = Gasheizung (30%) + Wärmepumpe (70%)

INHALT

1. Festlegung der Technologien für die Zielszenarien
2. Eingangsparameter Zielszenarien
3. Berechnung von Basisszenarien
4. Zonierung der Eignungsstufen



Die Eingangsparameter dienen im Vorgehensmodell als Grundlagen für die Basisszenarien



Die Berechnungslogik berechnet eine wirtschaftlich optimierte Entscheidung auf Gebäudeebene

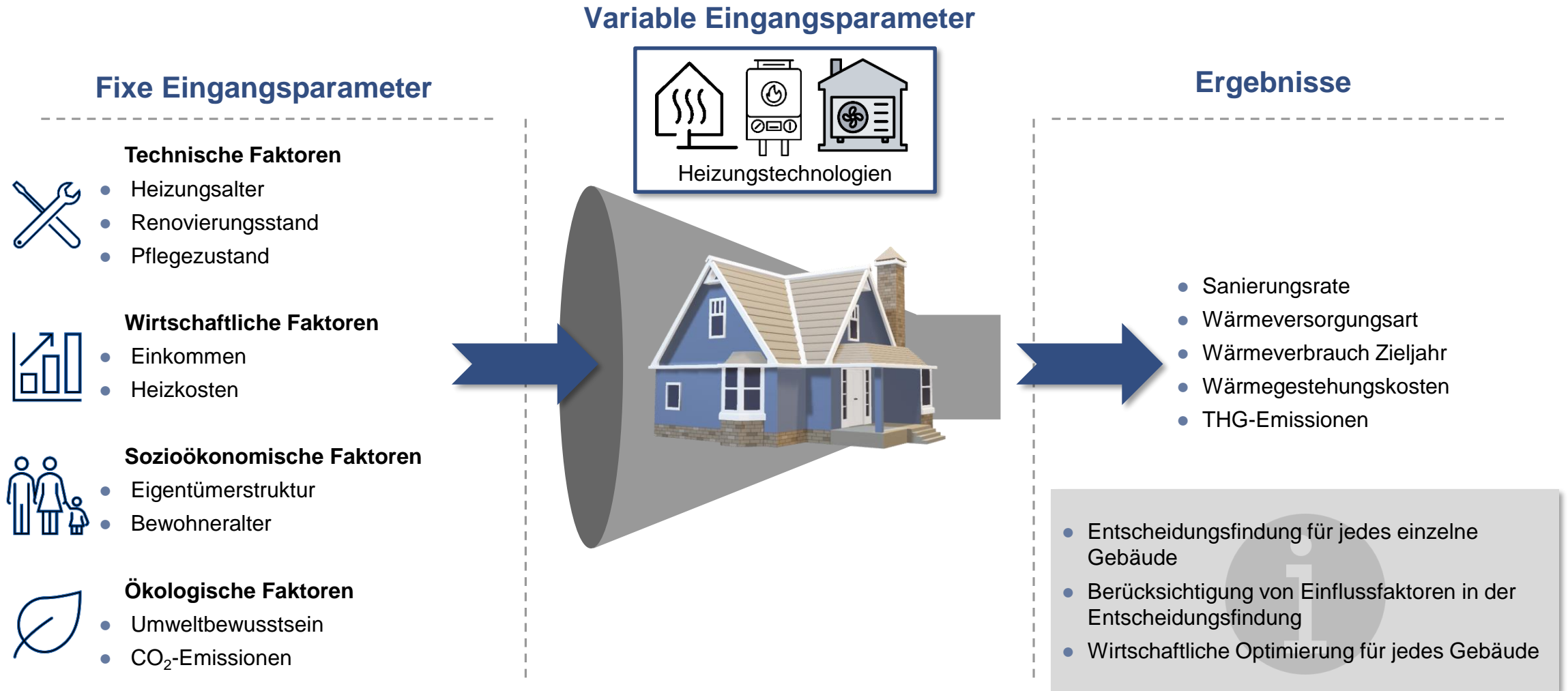


Illustration der Standardgewichtungen für die Bestimmung der Wechselwahrscheinlichkeiten der Heizungsanlage

- **Technische Faktoren – 38 %**

- Heizungsalter
- Renovierungsstand
- Pflegezustand

- **Wirtschaftliche Faktoren – 32 %**

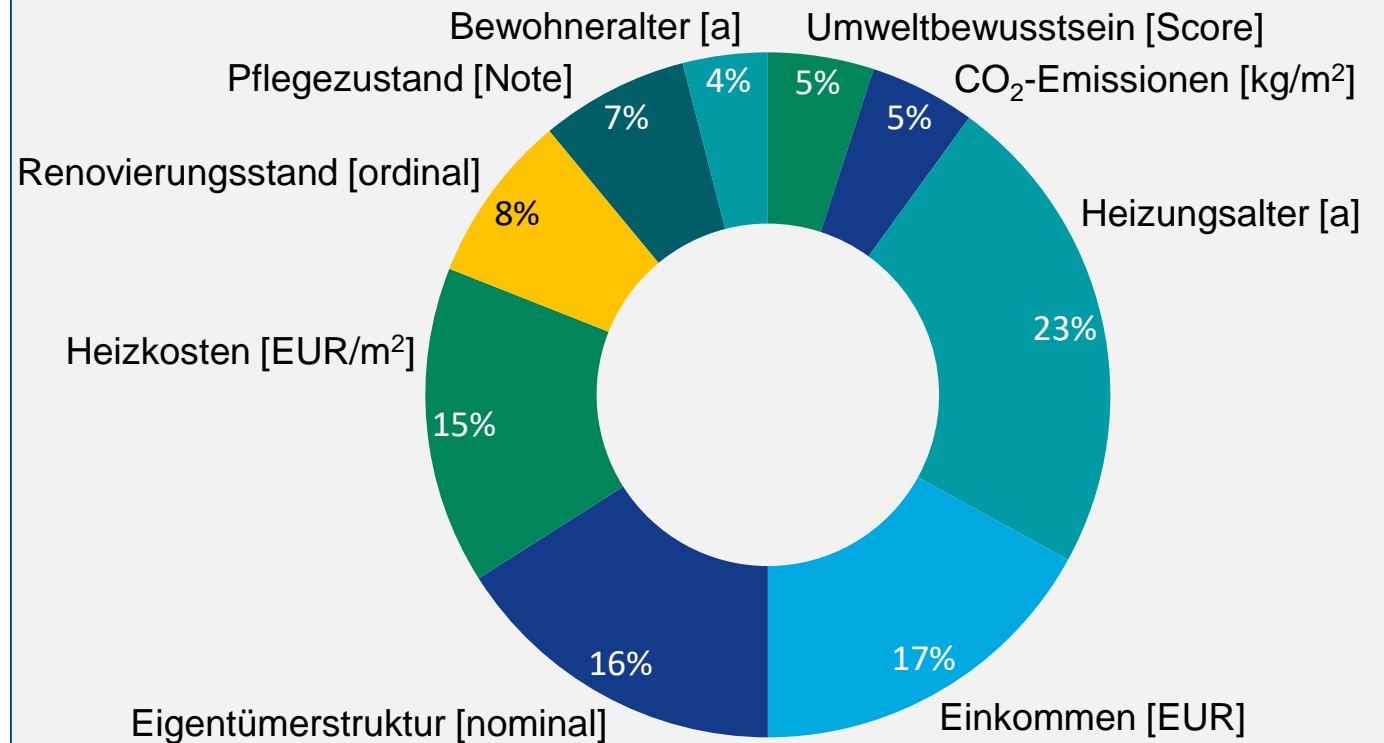
- Einkommen
- Heizkosten

- **Sozioökonomische Faktoren – 20 %**

- Eigentümerstruktur
- Bewohneralter

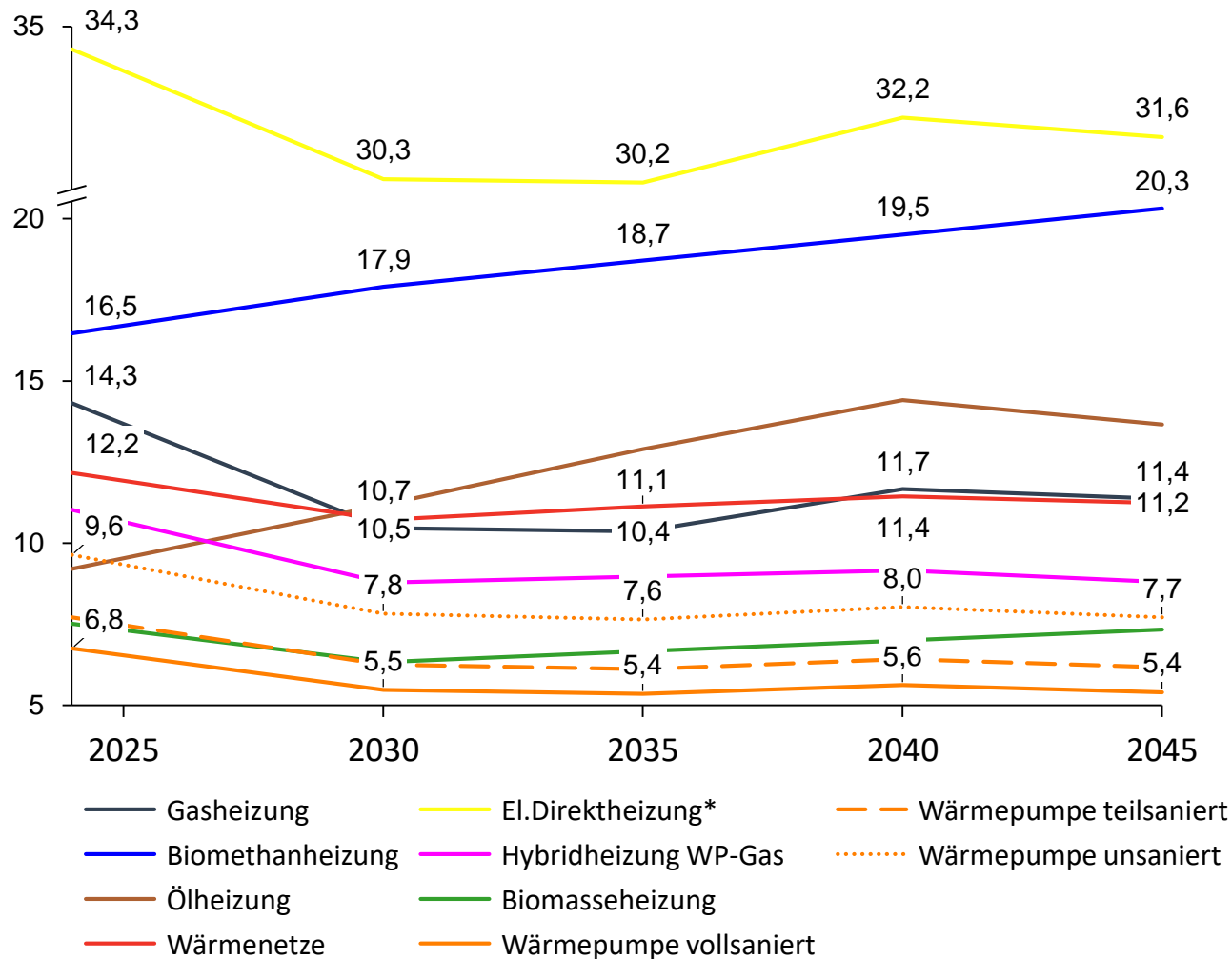
- **Ökologische Faktoren – 10 %**

- Umweltbewusstsein
- CO₂-Emissionen



Bei den spezifischen Wärmekosten pro erzeugter kWh Wärme ist die elektrische Direktheizung am teuersten

Spezifische Wärmekosten je Heizungstechnologie pro kWh erzeugter Wärme in ct/kWh



Wärmepumpenstromtarif und COP = 4 bei Vollsaniierung, *beinhaltet El. Direktheizungen und Nachtspeicherheizungen
 BonnNetz | September 2024 | kommunale Wärmeplanung für die Stadt Bonn

Vorgehen:

- Für jede Technologie werden die spezifischen Preise pro kWh erzeugte Wärme auf Grundlage des Wirkungsgrades und den Brennstoffpreisen in **ct pro kWh Wärme** berechnet.
- Es handelt sich dabei um abgeleitete Endkundenpreise basierend auf dem Großhandelspreis inklusive Kosten nach BEHG, MwSt, Netzentgelte und Energiesteuer.
- Auf Basis des KEA-Technikkatalogs Baden-Württemberg wurde die **Entwicklung der Brennstoffpreise** für die Folgejahre entwickelt.
- Für den **Wärmenetzpreis** wurde der Mittelwert (Mischpreis MFH, Stand 2024) herangezogen und mithilfe der langen Reihen auf das Basisjahr 2020 referenziert.
 - Die Fortschreibung der Preisentwicklung erfolgt in Anlehnung an die Strompreisentwicklung.
 - Hinzu kommt ein regionaler Aufschlag

Quellen:

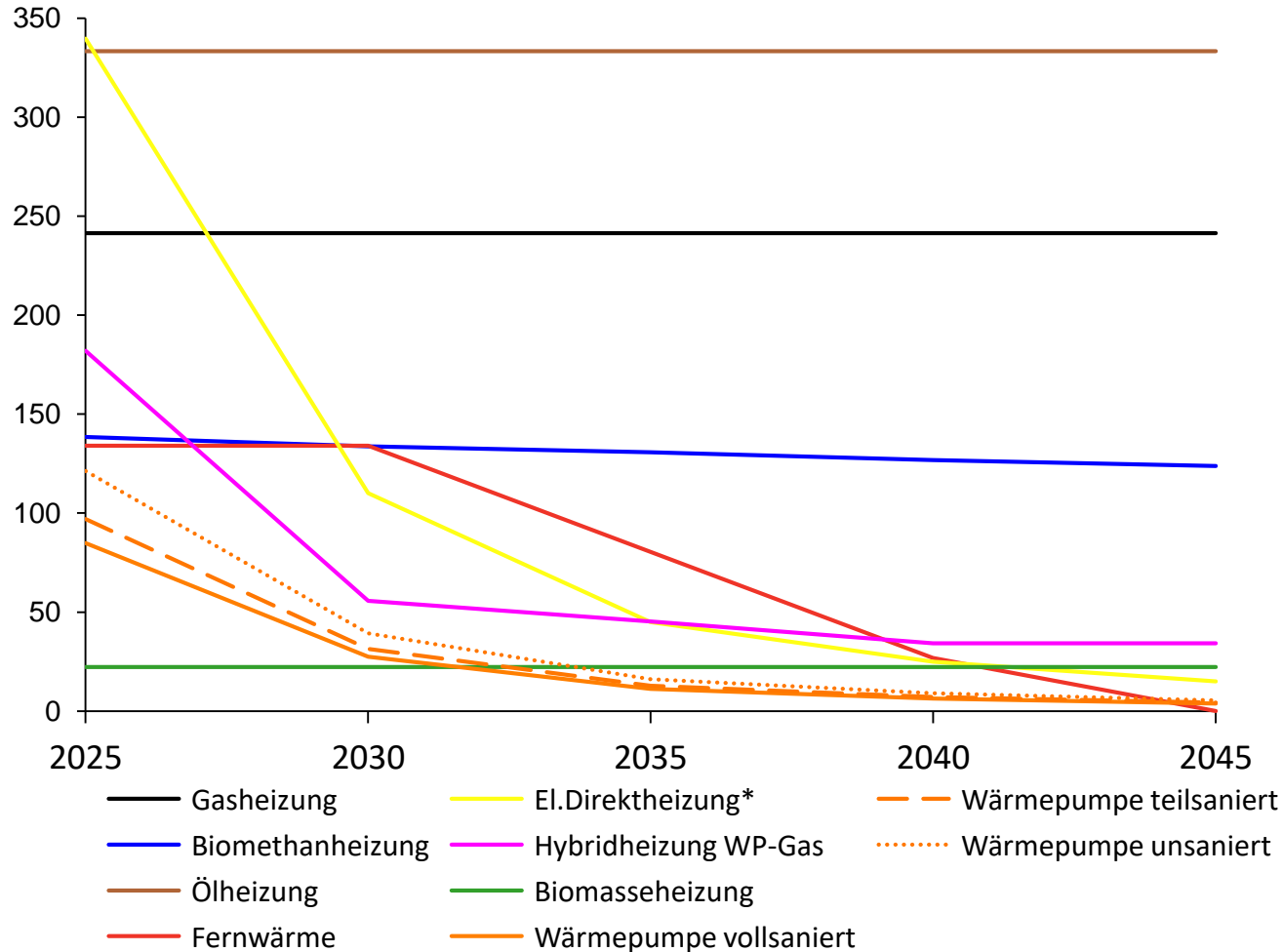
- **Brennstoffpreise:** Technikkatalog des KEA-Leitfadens, Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland, Fraunhofer ISI, ifeu GmbH et al. (2022), Gaspreis (Anpassung für 2024 auf Basis von Verivox (März 2024)), Pelletverband / Deutsches Pelletinstitut (DEPI)
- **Wärmenetzpreis:** Preistransparenzplattform Fernwärme <https://waermepreise.info/preisuebersicht/>
- 61241-02: Lange Reihen der Indizes der Erzeugerpreise gewerblicher Produkte (Fernwärme mit Dampf und Warmwasser)
- **Wirkungsgrad Heizungstechnologie:** Technikkatalog KEA-Leitfaden

Weitere Anmerkungen zum Wärmenetzpreis:

Der Wärmepreis für die leitungsgebundene Wärmeversorgung (Fern-/Nahwärme) in unseren Zielszenarien basiert auf Daten der Preistransparenzplattform (<https://waermepreise.info/preisuebersicht/>). Die Preise setzen sich in der Regel aus Grund-, Leistungs-, Arbeits- und Emissionspreise zusammen. Der Mittelwert der Preise wurde auf das Basisjahr 2020 zurückgerechnet und über einen Aufschlag an das Preisniveau in Bonn angepasst. Die Preisentwicklung bis 2045 wird voraussichtlich der Strompreisentwicklung folgen, da die Erzeugungsanlagen zur Wärmenetzeinspeisung zum großen Teil strombasiert, d.h. Großwärmepumpen, sein werden und nur in der Heizperiode ein geringer Anteil Wasserstoff in der Fernwärmeerzeugung eingesetzt werden soll. Weitere Energiequellen sind (unvermeidbare) Abwärme (z. B. MVA oder industrielle), weitere erneuerbare Energien (EE) sowie saisonale Speichertechnologien. Zudem bleibt der KWK-Betrieb eine stabile und effiziente Grundlage, da er weiterhin gefördert wird und sowohl Strom als auch Wärme produziert. Diese diversifizierte Struktur reduziert das Preisrisiko und die Abhängigkeit von einzelnen Energieträgern. Daher wird davon ausgegangen, dass der leitungsgebundene Wärmepreis in der Zukunft keinen starken Schwankungen unterliegt.

Durch einen steigenden Anteil an Erneuerbaren Energien im Strommix sinken die spezifischen Emissionen der elektrischen Technologien

Spezifische Emissionen in g/kWh je Heizungstechnologie



*beinhaltet El. Direktheizungen und Nachtspeicherheizungen
BonnNetz | September 2024 | kommunale Wärmeplanung für die Stadt Bonn

Vorgehen:

- Die spezifischen Emissionen bezeichnen die **Emissionen je kWh erzeugter Wärme bezogen auf den Wirkungsgrad**.
- Zum Beispiel bei der Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von 4: $340 \text{ g/kWh}_{el} / 4 = 85 \text{ g/kWh}_{th}$ spezifische Emissionen.
- Auf Basis des KEA-Technikkatalogs Baden-Württemberg wurden die **Emissionen auf die entsprechenden Brennstoffe und für die Folgejahre** entwickelt.

Ergebnis:

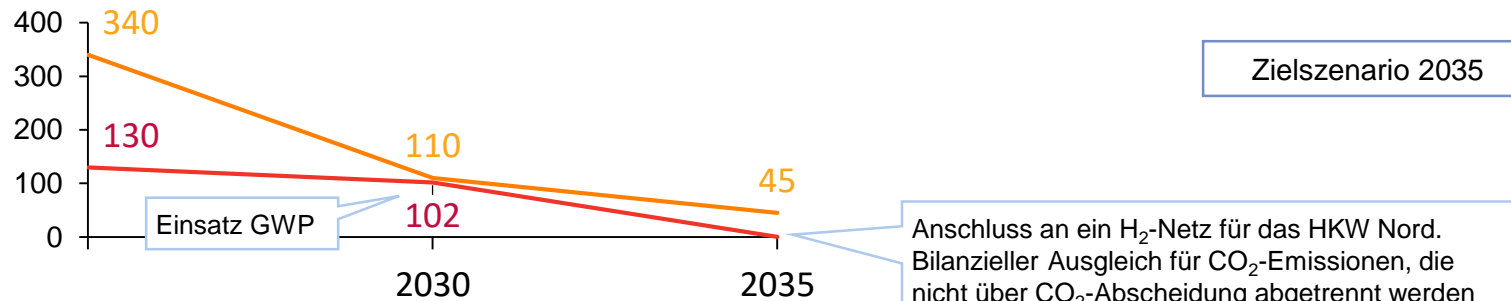
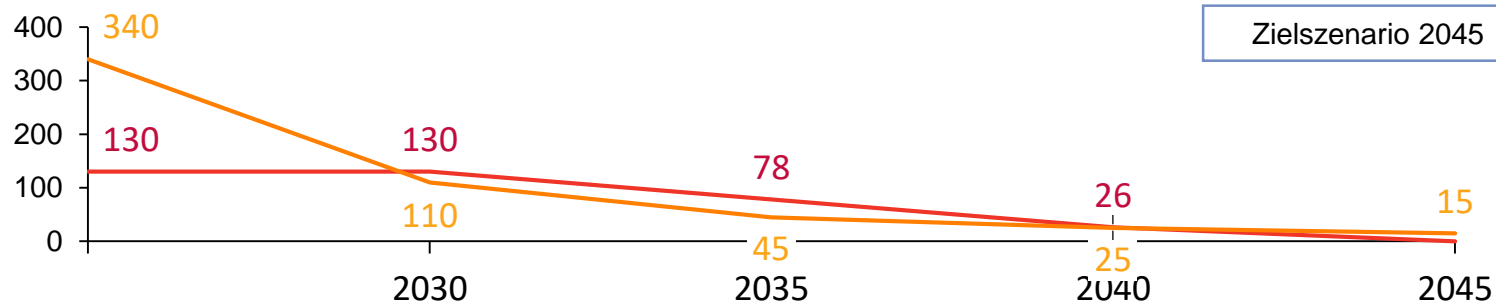
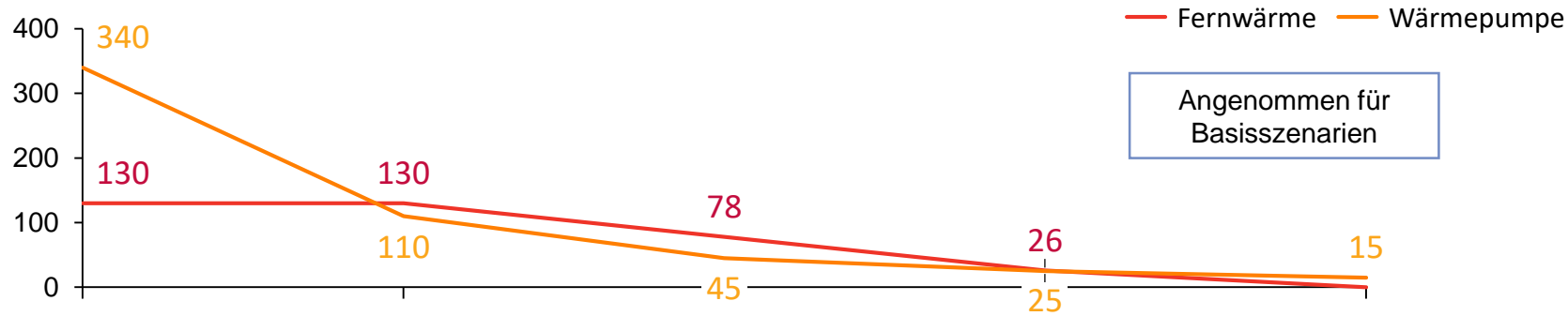
- Elektrische Heizungen wie die Wärmepumpe haben langfristig die **geringsten Emissionen** da der Strom künftig nahezu ausschließlich aus **erneuerbaren Quellen** kommen soll.
- Gemäß den **Vorgaben des WPG** muss die Fernwärme bis 2040 um 80 % und **vollständig bis 2045 dekarbonisiert** werden.
- Die Stadtwerke Bonn streben allerdings eine vollständige Dekarbonisierung der Fernwärme **ab dem Jahr 2035 an**

Quellen:

- Emissionen: Technikkatalog des KEA-Leitfadens, Informationsblatt CO₂-Faktoren (BAFA)
- Wirkungsgrad Heizungstechnologie: Technikkatalog KEA-Leitfaden
- Emissionen Fernwärme: Angaben der SWB / BonnNetz

Emissionspfade Fernwärme und deutscher Strommix für das Zielszenario 2045 und 2035

Emissionen in g/kWh



GWP = Großwärmepumpe

BonnNetz | September 2024 | kommunale Wärmeplanung für die Stadt Bonn

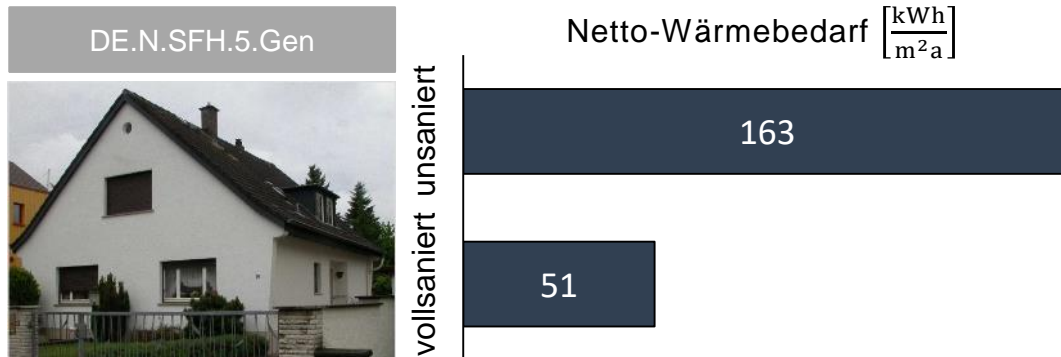
Vorgehen:

- Die Stadtwerke Bonn streben eine vollständige Dekarbonisierung des Wärmenetzes **bis zum Jahr 2035 an**
- Die Emissionspfade aller anderen Energieträger **bleiben identisch** zum bereits bekannten Zielszenario 2045. (Auch wenn sich die Stadtwerke Bonn ehrgeizigere Ziele setzen, werden diese nur geringfügigen Einfluss auf den deutschen Strommix haben.)
- Elektrische Heizungen wie die Wärmepumpe haben langfristig die **geringsten Emissionen** da der Strom künftig nahezu ausschließlich aus **erneuerbaren Quellen** kommen soll.
- Gemäß den **Vorgaben des WPG muss jedes Wärmenetz** ab dem 1. Januar **2040** zu einem Anteil von mindestens **80 %** aus erneuerbaren Energien, unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination hieraus gespeist werden.

Quellen:

- Emissionen: Technikkatalog Wärmeplanung des Bundesleitfadens
- Emissionen Wärmenetz: Angaben der SWB / BonnNetz

Reduktionspotential durch Sanierung von einem Beispielhaus¹





Gebäudetyp Klassifizierung (Tabula)		Eckdaten	
DE	→ Land: Deutschland	→ Beheizte Wohnfläche: 121 m ²	
N	→ Typologie Region: nicht regional spezifisch (national)	→ Anzahl Vollgeschosse: 1	
SFH	→ Größenklasse: Einfamilienhaus (Single Family Home)	→ Anzahl Wohnungen: 1	
5	→ Baualtersklasse: [E] 1958 ... 1968	→ Wärmeversorgung: Gaszentralheizung, schlechter Wirkungsgrad (Einfamilienhäuser)	
Gen	→ Zusatz-Kategorie: Grund-Typ (Generic)	→ Aktueller Wärmebedarf: 150 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$	

Rechnung			
$\text{Wärmebedarf}_{\text{saniert}} = \text{Wärmebedarf}_{\text{aktuell}} \cdot (\text{Reduktionspotential} + 100 \%)$ $= 150 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \cdot (-0,17 + 1)$ $= 124 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$			
$\text{Reduktionspotenzial} = \text{Sanierungsgrad} \cdot \text{Reduktionspotenzial}_{\text{max}}$ $= 25 \% \cdot (-0,69)$ $= -0,17 = -17 \%$			
	von un- zu teilsaniert	von teil- zu vollsaniert	von un- zu vollsaniert
Sanierungsgrad	25 %	75 %	100 %
$\text{Reduktionspotenzial}_{\text{max}} = \frac{\text{Wärmebedarf}_{\text{Tabula,vollsaniiert}}}{\text{Wärmebedarf}_{\text{Tabula,unsaniert}}} - 1$ $= \frac{51,4}{163,4} - 1 = -69 \%$			

Quellen: ¹ [TABULA WebTool \(building-typology.eu\)](https://www.tabula.eu/)

Exemplarische Vollkostenvergleiche für ca. 50 % der Bonner Gebäude: Mehrfamilienhäuser

Haustyp	Mehrfamilienhaus Effizienzhausniveau 55 	Mehrfamilienhaus teilsaniert 	Mehrfamilienhaus alt 	
Nutzfläche/ Wohnfläche	605,1 m ² / 500 m ²	605,1 m ² / 500 m ²	605,1 m ² / 500 m ²	
Gebäudeheizlast	16 kW	30 kW	40 kW	
Spezifischer Wärmeenergiebedarf (Bezug: A _{nutz})	34,8 kWh/m ² a	120 kWh/m ² a	160 kWh/m ² a	
Weitere Gebäudedaten	alle WP-Varianten mit Heizkörper 45/35 °C bzw. alle anderen Wärmeerzeuger mit Heizkörper 55/45 °C.	Ausgangszustand Heizung: Gas/Öl-Altessel	Ausgangszustand Heizung: Gas/Öl-Altessel	

Die Jahresgesamtkosten werden anhand der Kapitalkosten, der Betriebskosten und den verbrauchsgebundenen Kosten ermittelt

Ermittlung der Jahresgesamtkosten

Kostenübersicht:

- Die Jahresgesamtkosten einer Anlagenvariante werden in Anlehnung an **VDI 2067 Blatt 1** ermittelt.
- Diese beinhalten folgende Kostenbestandteile:
 - Verbrauchsgebundene Kosten
 - kapitalgebundene Kosten unter Berücksichtigung bundesweiter Fördermaßnahmen
 - betriebsgebundene Kosten (einschließlich Instandsetzung)

Energiepreise:

- Die Entwicklung der Energiepreise sind auf der vorherigen Folie dargestellt.

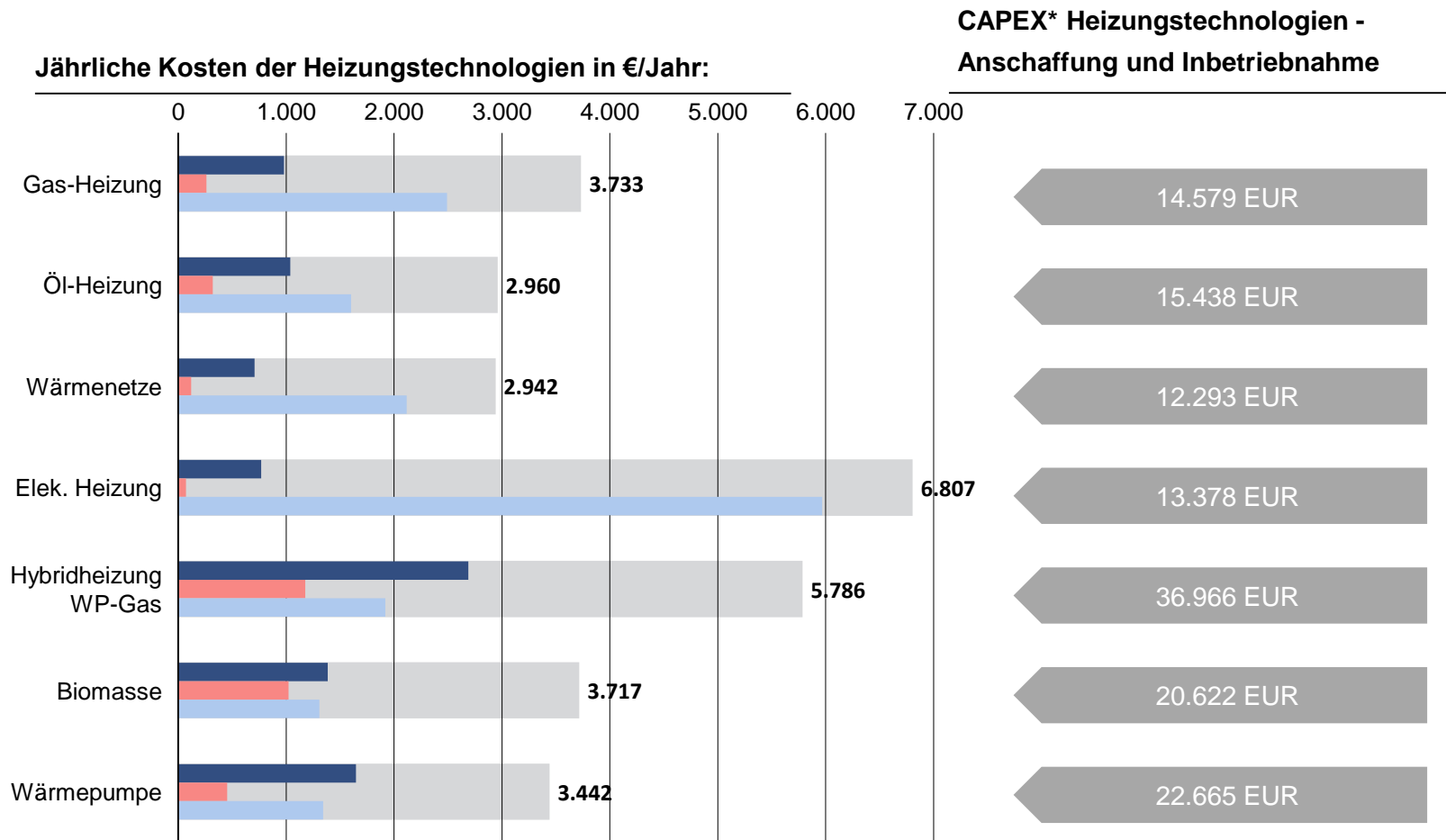
Investitionen und kapitalgebundene Kosten:

- Grundlage für die Ermittlung der Investitionskosten ist die Dimensionierung der Anlagen entsprechend **der Gebäudeheizlast**.
 - Die kapitalgebundenen Kosten beinhalten die **in jährliche Kosten umgerechneten** Investitionen mit der Annuitätenmethode.
 - Berechnung der Annuität erfolgt über Nutzungsdauer und den Instandsetzungsaufwand der Komponenten
 - Angenommener **Kalkulationszinssatz: 3 %**

Sonstige Annahmen:

- Es wird davon ausgegangen, dass die vorhandenen Heizflächen und Rohrleitungen weiter genutzt werden.
- Abweichend davon wird bei Elektro- und Gas-Wärmepumpen, dem Hybridsystem der Einbau von Heizflächen für niedrigere Systemtemperaturen vorgesehen.
- Die untersuchten **Anlagensanierungen** enthalten jeweils ein Paket **geringinvestiver Maßnahmen zur Optimierung der Gesamtanlage**, welches die Dämmung der Verteilleitungen im Keller, den Einbau neuer Thermostatventile sowie einen hydraulischen Abgleich beinhaltet.
- Bei den Kapitalkosten wird **ein regionaler Aufschlag von 5 % berücksichtigt**.

Heizungskostenvergleich: Mehrfamilienhaus neu mit 16 kW Heizleistung nach BDEW-Musterhaus



Methodik:

- Durch die **Annualisierung** der Kosten können langfristige Investitionen auf **jährliche Kosten** heruntergebrochen werden.
- Die Berechnung umfasst die Bereitstellung von **Heizwärme und Warmwasseraufbereitung** für den jeweiligen Gebäudetyp

Ergebnis:

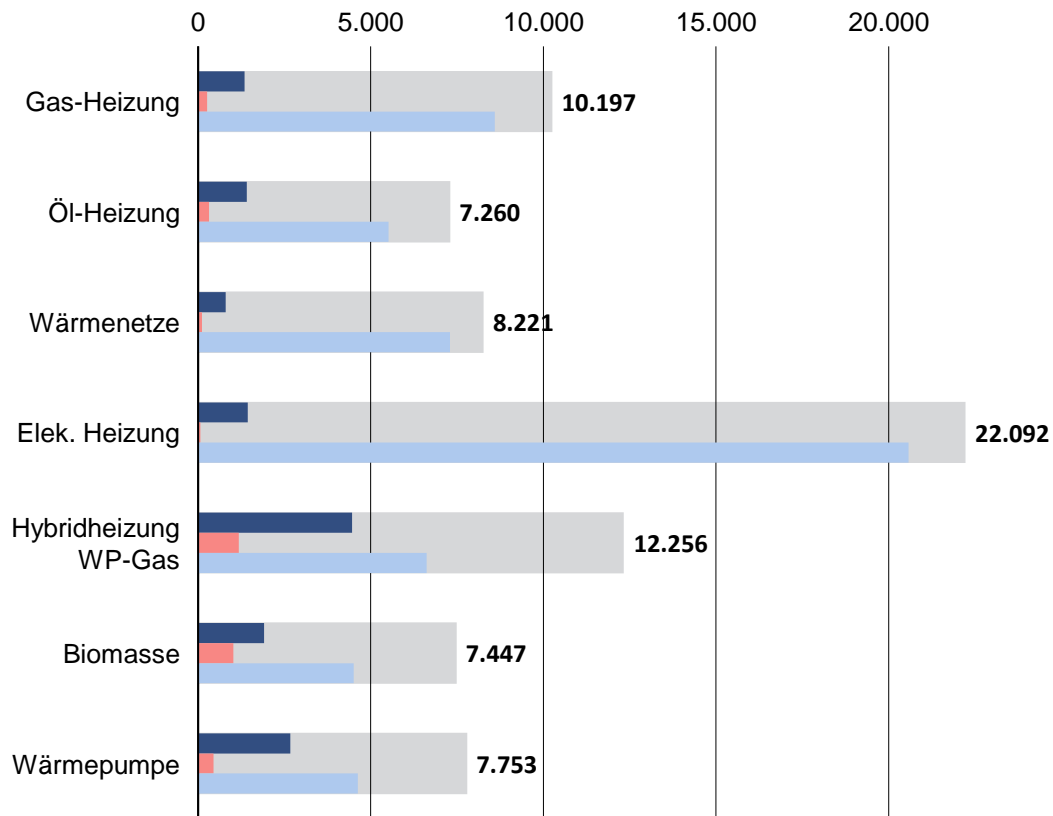
- Die **aktuelle Förderlandschaft** ermöglicht bei dem Einsatz von Wärmepumpen das Erreichen einer **Kostenparität** gegenüber den mit fossilen Energieträgern betriebenen Heizungstechnologien.
- Die Auswirkungen **der Effizienz von WP** werden insbesondere bei dem Vergleich mit den Elektrischen Direktheizungen deutlich

Legende:

- Kapitalkosten
- Betriebskosten
- Verbrauchsgebundene Kosten
- Gesamtkosten

Heizungskostenvergleich: Mehrfamilienhaus teilsaniert mit 30 kW Heizleistung für das Stadtgebiet Bonn

Jährliche Kosten der Heizungstechnologien in €/Jahr:



CAPEX* Heizungstechnologien - Anschaffung und Inbetriebnahme



Methodik:

- Durch die **Annualisierung** der Kosten können langfristige Investitionen auf **jährliche Kosten** heruntergebrochen werden.
- Die Berechnung umfasst die Bereitstellung von **Heizwärme und Warmwasseraufbereitung** für den jeweiligen Gebäudetyp

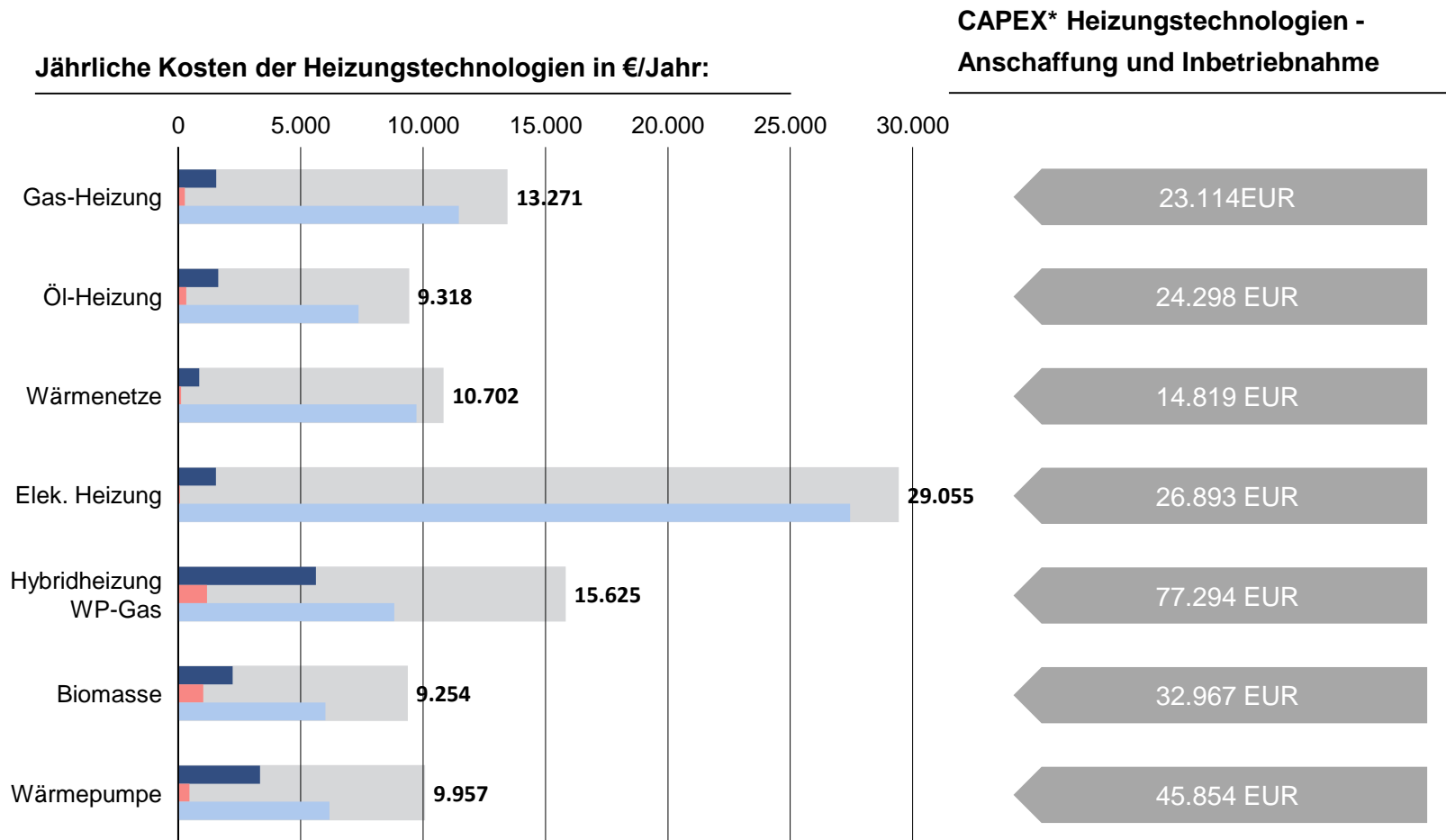
Ergebnis:

- Die **aktuelle Förderlandschaft** ermöglicht bei dem Einsatz von Wärmepumpen das Erreichen einer **Kostenparität** gegenüber den mit fossilen Energieträgern betriebenen Heizungstechnologien.
- Die Auswirkungen **der Effizienz von WP** werden insbesondere bei dem Vergleich mit den Elektrischen Direktheizungen deutlich

Legende:

- Kapitalkosten
- Betriebskosten
- Verbrauchsgebundene Kosten
- Gesamtkosten

Heizungskostenvergleich: Mehrfamilienhaus alt mit 40 kW Heizleistung für das Stadtgebiet Bonn



Methodik:

- Durch die **Annualisierung** der Kosten können langfristige Investitionen auf **jährliche Kosten** heruntergebrochen werden.
- Die Berechnung umfasst die Bereitstellung von **Heizwärme und Warmwasseraufbereitung** für den jeweiligen Gebäudetyp

Ergebnis:

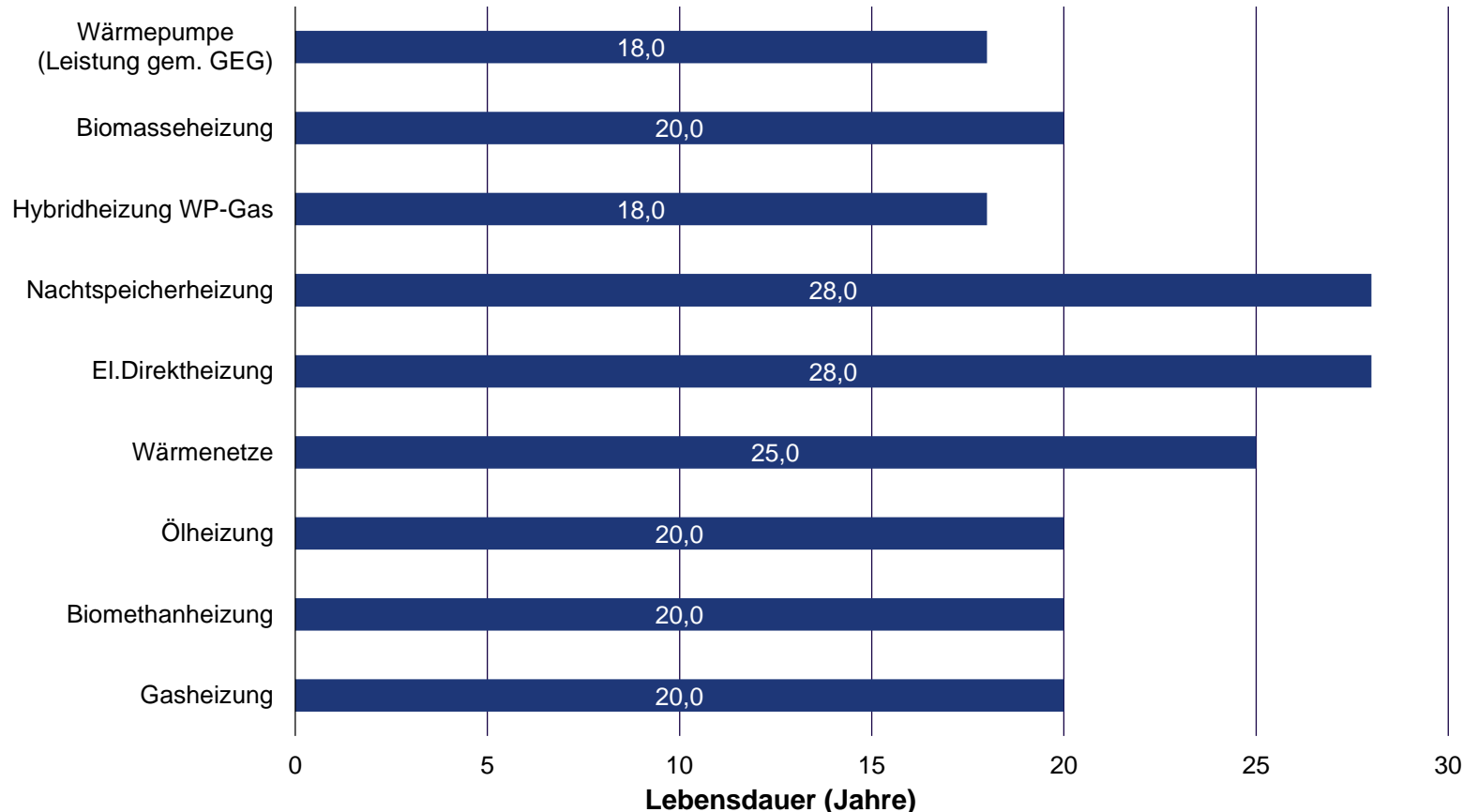
- Die **aktuelle Förderlandschaft** ermöglicht bei dem Einsatz von Wärmepumpen das Erreichen einer **Kostenparität** gegenüber den mit fossilen Energieträgern betriebenen Heizungstechnologien.
- Die Auswirkungen **der Effizienz von WP** werden insbesondere bei dem Vergleich mit den Elektrischen Direktheizungen deutlich

Legende:

- Kapitalkosten
- Betriebskosten
- Verbrauchsgebundene Kosten
- Gesamtkosten

Die Nutzungsdauer verschiedener Wärmeversorgungsarten hängt von der Lebensdauer der Heizungstechnologie sowie der Gesetzeslage ab

Lebensdauer verschiedener Heizungstechnologien



Nutzungseinschränkungen

Keine Nutzungseinschränkungen

Automatische Beschickung & Sicherstellen d. Nachhaltigkeit d. Biomasse nach EU-Richtlinie notwendig

Sekundärer Wärmeerzeuger muss Brennwertechnik nutzen und ab 2045 CO₂-frei betrieben werden

Bei Einhaltung von Anforderungen bzgl. baulichem Wärmeschutz perspektivisch nutzbar (GEG)

Bei Einhaltung von Anforderungen bzgl. baulichem Wärmeschutz perspektivisch nutzbar (GEG)

Keine Nutzungseinschränkungen insofern Betreiber die rechtlichen Anforderungen erfüllen

GEG konform insofern die 65 % EE-Vorgabe eingehalten wird

Keine Einschränkung durch das GEG, Verfügbarkeit ist hingegen teilweise kritisch

Ggf. Grüngastarif notwendig / ggf. H₂readyness notwendig

Aktuelle Förderprogramme bieten eine Kostenübernahme von bis zu 70% der Investitions- und Umbaukosten



Förderung von klimafreundlichem Heizen: Das gilt ab August 2024

Heizung



30% Grundförderung



20% Geschwindigkeitsbonus



30% Einkommensabhängiger Bonus



Schutz für Mieterinnen & Mieter



Bis zu maximal 70% Gesamtförderung

Gebäude



15% Grundförderung



5% iSFP-Bonus



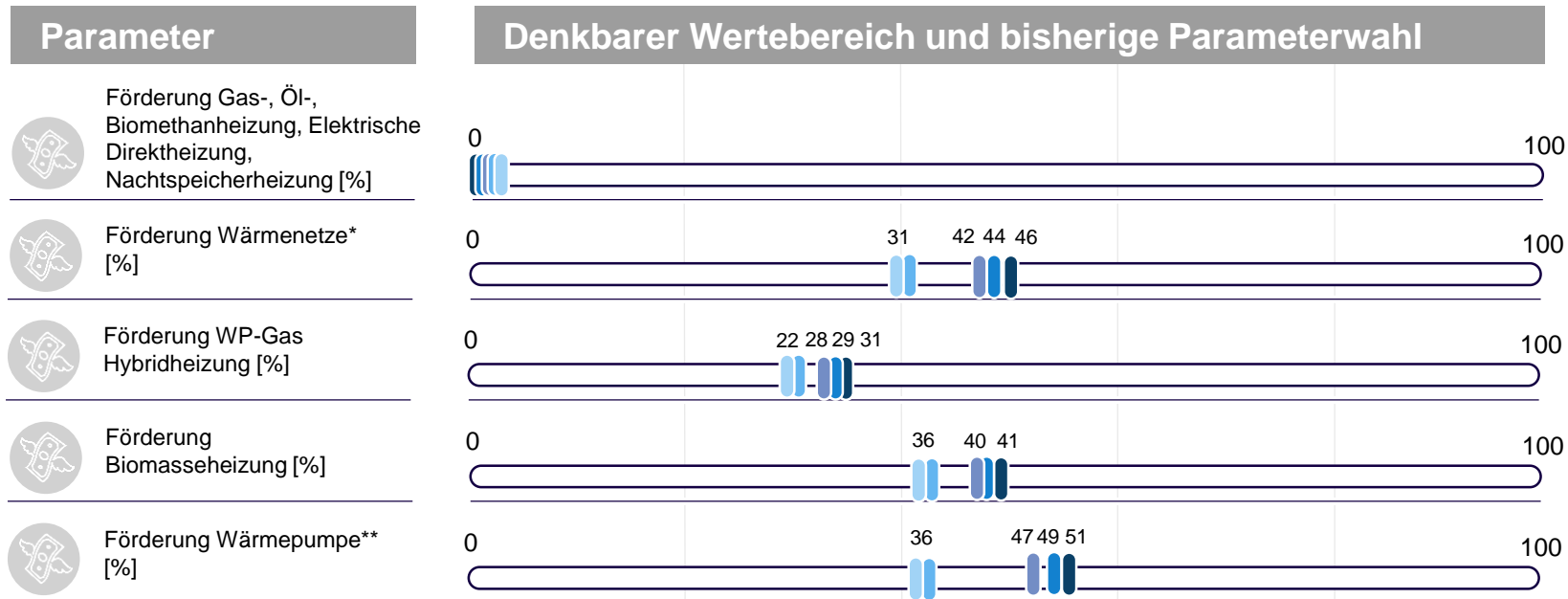
50% Zuschuss zur Energieberatung & 50% Zuschuss zur Fachplanung und Bauberatung



Bis zu maximal 20% Gesamtförderung

Variable Parameter zur Diskussion (1/2)

Für die folgenden Szenarienparameter wurde eine Auswahl innerhalb eines recherchierten Wertebereichs getroffen



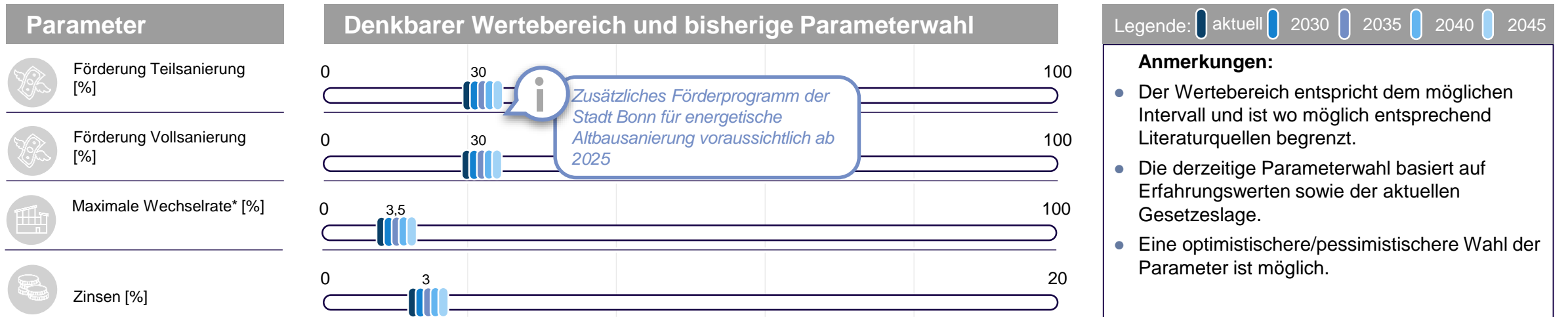
Legende: 

Anmerkungen:

- Der Wertebereich entspricht dem möglichen Intervall und ist wo möglich entsprechend Literaturquellen begrenzt.
- Die derzeitige Parameterwahl für die Zeitscheiben 2024, 2030, 2040 und 2045 basiert auf Erfahrungswerten sowie der aktuellen Gesetzeslage
- Die Fördermittel beziehen sich hauptsächlich auf das Förderprogramm: „Bundesförderung für effiziente Gebäude [BEG]“
- Dezentrale Solarthermie kann aktuell mit 45 %, gefördert werden, 44 % (2030) und 35 % (2040,2045).

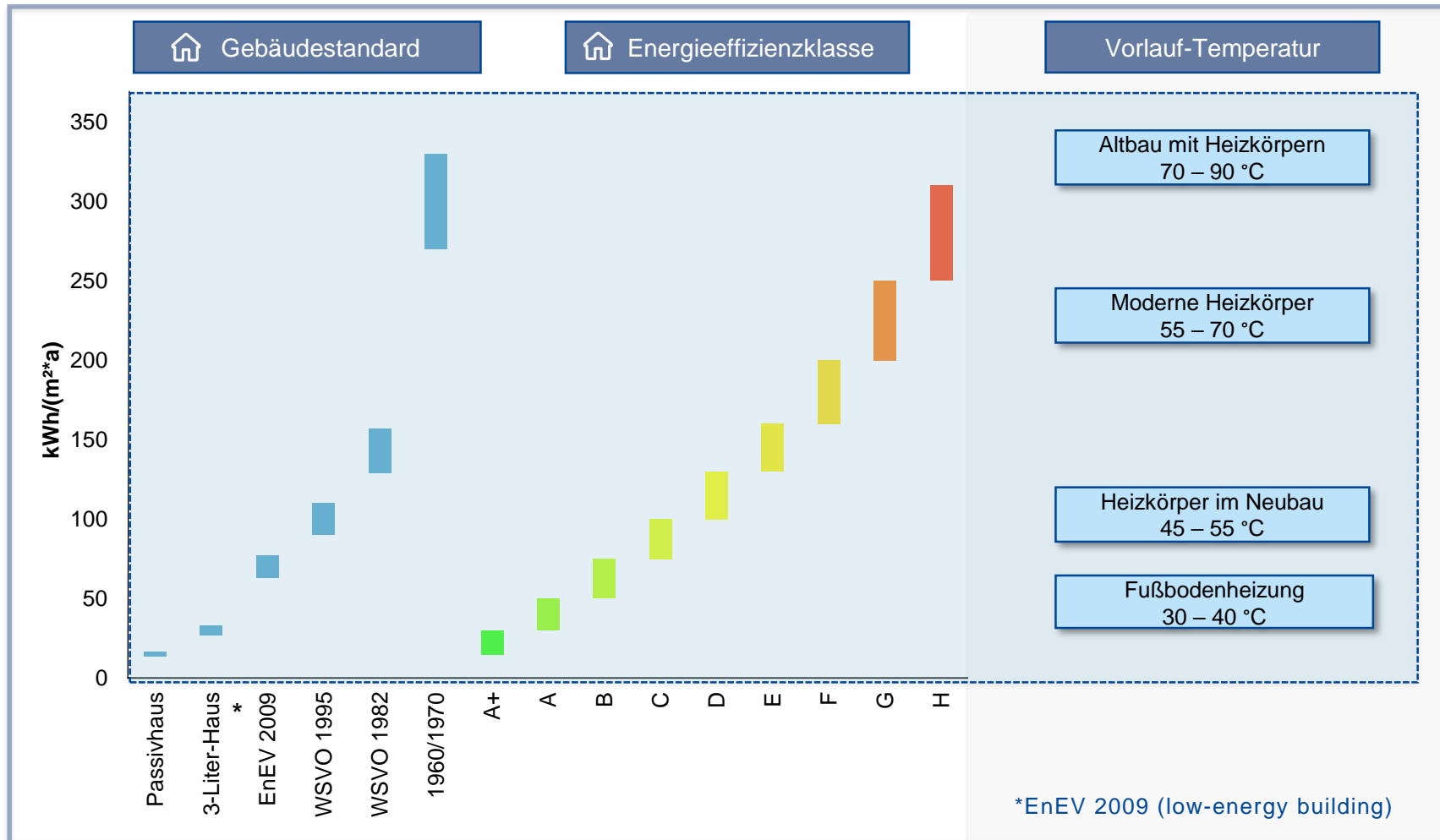
Variable Parameter zur Diskussion (2/2)

Für die folgenden Szenarienparameter wurde eine Auswahl innerhalb eines recherchierten Wertebereichs getroffen



*Oberer Grenzwert: Anteil der Gebäude bei denen die Technologie pro Jahr gewechselt wird
BonnNetz | September 2024 | kommunale Wärmeplanung für die Stadt Bonn

Unsanierete z.B. unter Denkmalschutz stehende Gebäude benötigen hohe Vorlauftemperaturen von 70-90 °C



Anmerkungen

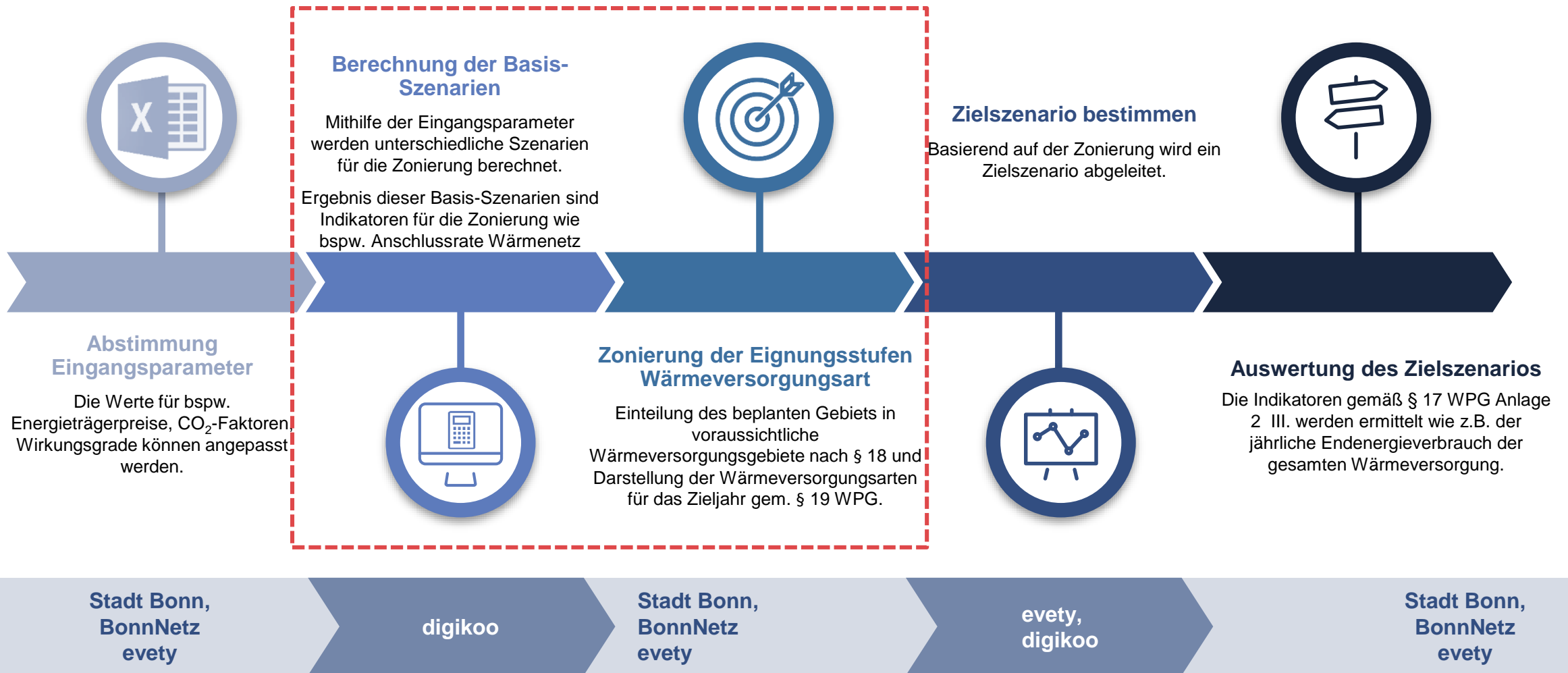
- Die **Vorlauftemperatur** hängt **individuell** vom betrachteten Gebäude ab
- Die wichtigsten **Einflussfaktoren** sind
 - die **Wärmedämmung** des Gebäudes
 - das **Wärmeabgabesystem**
 - das **Heizungssystem**
- **Unsanierete Altbauten** mit hohen Wärmebedarfen und kleinen Heizkörpern benötigen **hohe Vorlauftemperaturen**
- Sanierete Bestandsgebäude oder **Neubauten** in Kombination mit einer **Fußbodenheizung** benötigen die **niedrigsten Vorlauftemperaturen**
- **Wärmepumpen** sind in den meisten Gebäuden, auch in Altbauten, sinnvoll und effizient einsetzbar.
- Dazu sollte die mögliche **Vorlauf-Temperatur** ermittelt und ggf. **abgesenkt** werden – z.B. durch Vergrößerung einzelner Heizkörper oder kleiner Dämmmaßnahmen

INHALT

1. Festlegung der Technologien für die Zielszenarien
2. Eingangsparameter Zielszenarien
3. Berechnung von Basisszenarien
4. Zonierung der Eignungsstufen



Die Indikatoren dienen im Vorgehensmodell als Grundlagen für die Zonierung



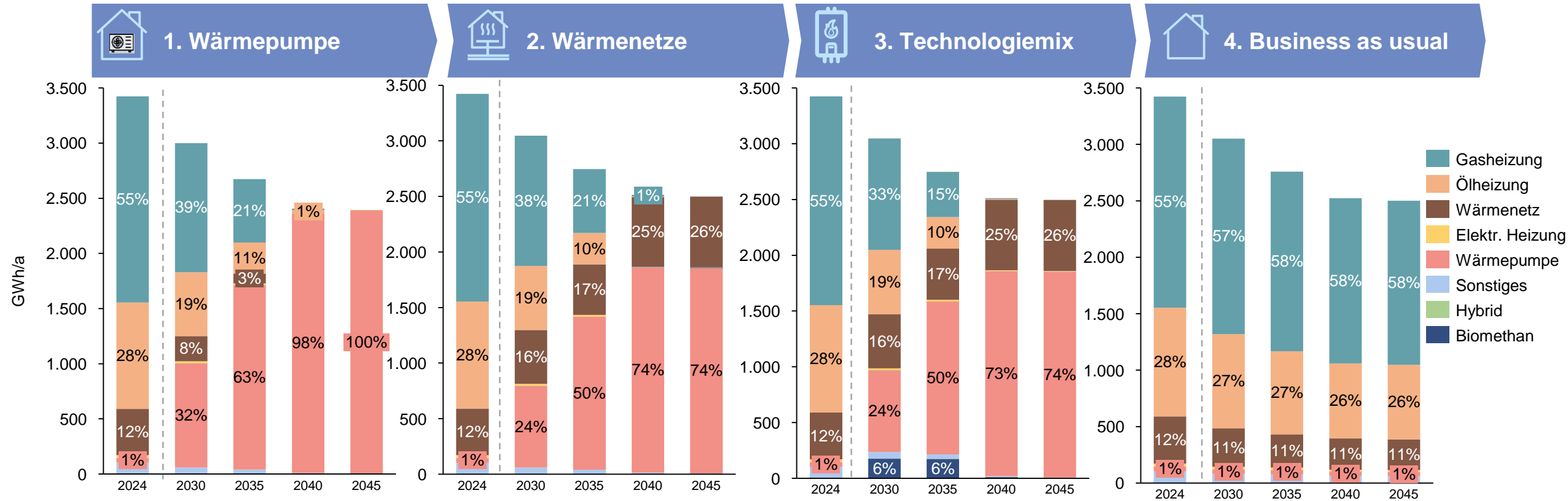
Für die Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete werden zunächst Basisszenarien gebildet und Indikatoren für die Zonierung definiert

Für die Basiszenarien wurden Extrembedingungen untersucht, um daraus Indikatoren abzuleiten. Mithilfe der Indikatoren kann dann die räumliche Zonierung vorgenommen werden. Die Berechnung der Zielszenarien 2045 / 2035 erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.

Szenario	1. Wärmepumpe	2. Wärmenetze	3. Technologiemix	4. Business as usual
Fokus	<ul style="list-style-type: none"> Zur Neuinstallation stehen ausschließlich Wärmepumpen zur Verfügung 	<ul style="list-style-type: none"> Zur Neuinstallation stehen ausschließlich Wärmepumpen oder das Wärmenetz zur Verfügung Im gesamten Stadtgebiet kann zu einem Wärmenetz gewechselt werden 	<ul style="list-style-type: none"> Zur Neuinstallation stehen Wärmepumpe, Wärmenetz, Gasheizung mit grünen Gasen, Elektr. Heizung und die Hybridheizung zur Verfügung Im gesamten Stadtgebiet kann zu Wärmenetz gewechselt werden Technologiewechsel erfolgt nach Ablauf der Lebensdauer zur wirtschaftlichsten Technologie Stufenweiser Hochlauf grüner Gase (Biomethan) bis 100% in 2045 	<ul style="list-style-type: none"> Es erfolgt kein Wechsel der Heizungstechnologie Am Ende der Lebensdauer wird die gleiche Technologie installiert Kein Hochlauf von alternativen Energieträgern wie z.B. grünen Gasen
Eine Sanierungsentscheidung wird in einer Gesamtkostenoptimierung im Zuge der Wirtschaftlichkeitsberechnung für jede Wohneinheit berücksichtigt				
Technologien	<p>Erlaubt für Neuinstallation:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wärmepumpe 	<p>Erlaubt für Neuinstallation:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wärmepumpe, Wärmenetz 	<p>Erlaubt für Neuinstallation:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wärmepumpe, Wärmenetz, Gasheizung, Elektr. Heizung, Hybridheizung 	<p>Erlaubt für Neuinstallation:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kein Wechsel der Heizungstechnologie
Alle Heizungstechnologien im Stadtgebiet, die in der Bestandsanalyse ermittelt wurden				

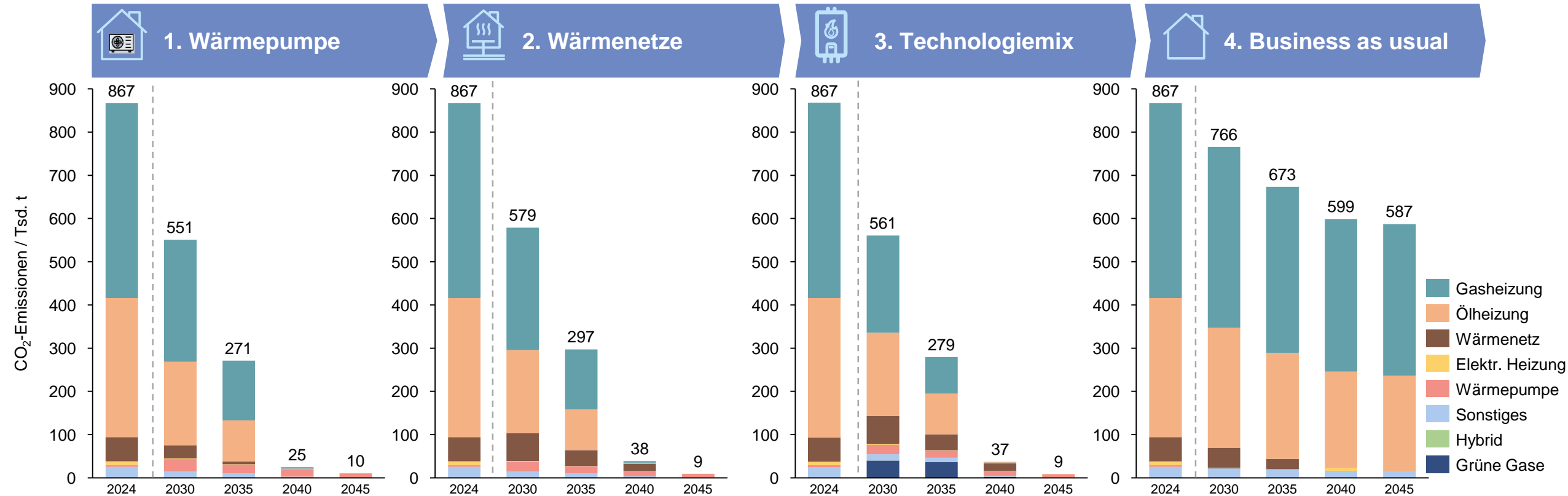
Sonstiges = z.B. Holzpellets oder Kohleöfen, Hybridheizung = Gasheizung + Wärmepumpe, grüne Gase = Stufenweise Beimischung Biomethan ins Gasverteilnetz

Anhand des Wärmebedarfs ist bereits die Bedeutung von Wärmepumpen und dem Wärmenetz für die Wärmeversorgung von Bonn zu erkennen



- Anhand aller Szenarien ist deutlich zu erkennen, dass der Anteil an **Wärmepumpen deutlich zunimmt**. In allen Szenarien liegt der Anteil in 2045 **bei 65% oder höher**.
- An **zweiter Stelle** kommt das **Wärmenetz**. In **beiden Szenarien**, in denen ein Wärmenetz erlaubt ist, liegt der Anteil **in 2045 bei 34%** (in Bezug auf die Anschlussrate)
- **Keine Bedeutung** kommen **elektr. Heizungen, Hybridheizungen und Biomethan** zu. Obwohl diese zur CO₂-Neutralität führen, wird deren Anteil kontinuierlich bis auf 0 abgebaut.

Der Wechsel von Öl- und Gasheizungen auf eine CO₂-arme Technologie reduziert die CO₂-Emissionen bis 2045 auf rund 9 Tsd. Tonnen



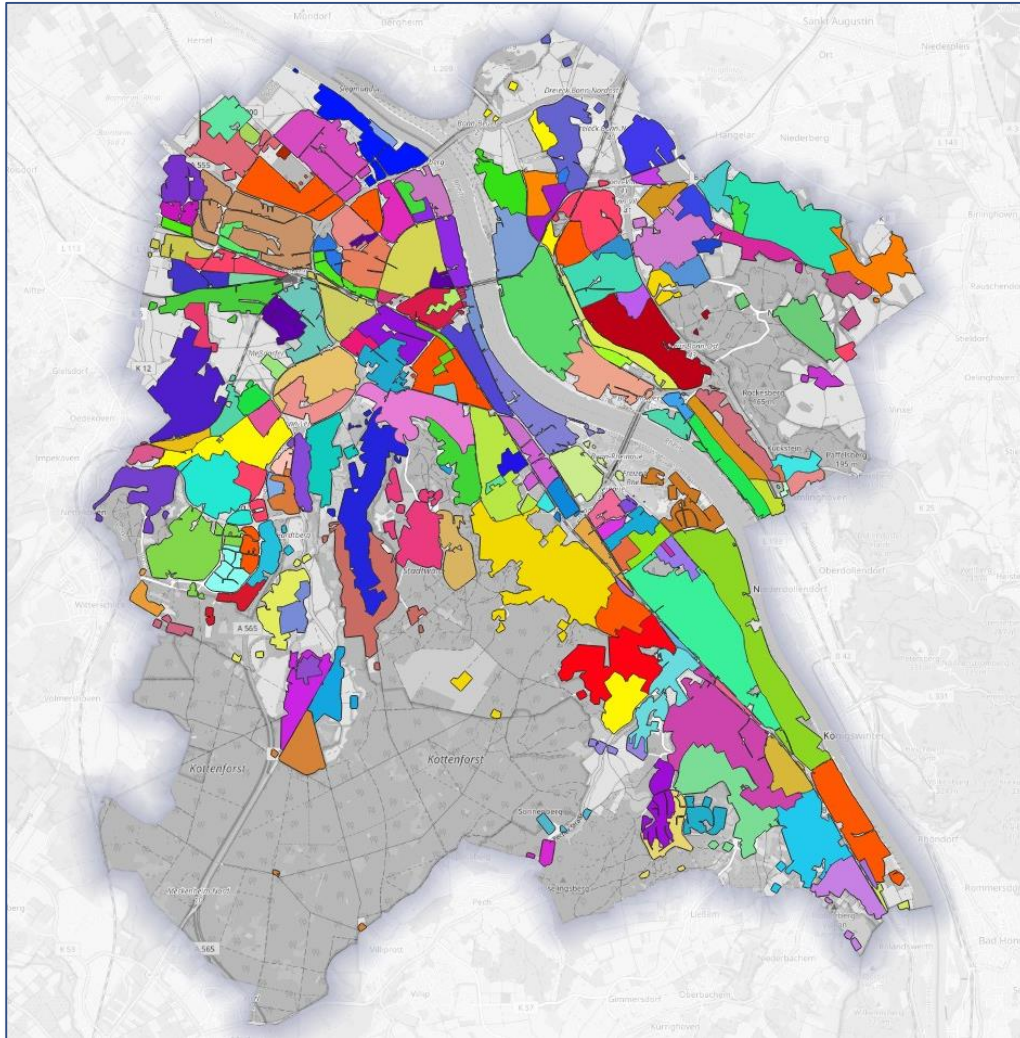
- Öl- und Gasheizungen haben wie erwartet den größten Einfluss. Durch einen konsequenten Heizungswechsel, kann Bonn 2045 klimaneutral sein
- Im Zieljahr 2045 verursacht die Stromversorgung für den Betrieb der Wärmepumpen den größten Anteil an CO₂-Emissionen.
- Um die Klimaneutralität zu erreichen, muss der Anteil am Wärmenetz und Strom für Wärmepumpen im Zieljahr CO₂-Neutral zur Verfügung zu stehen.

INHALT

1. Festlegung der Technologien für die Zielszenarien
2. Eingangsparameter Zielszenarien
3. Berechnung von Basisszenarien
4. Zonierung der Eignungsstufen



Für die kommunale Wärmeplanung wird das Stadtgebiet mittels einer Datenauswertung in 175 homogene Teilgebiete unterteilt



Abgrenzung der Teilgebiete

Definition:

- Ein **Teilgebiet** besteht aus mehreren **Grundstücken** oder aus Teilen von einzelnen oder mehreren **Baublöcken**. Diese Gebiete werden für die weitere Wärmeplanung und insbesondere für die Einteilung in die „normale-“ oder „verkürzte Wärmeplanung“ verwendet.

Methodik:

- Auf Basis einer **Analyse der Bestandsdaten** aus dem Stadtgebiet Bonn werden die einzelnen Gebäude zu sinnvollen Gebäudeclustern und im Anschluss zu insgesamt 175 Teilgebieten zusammengefasst.
- Die Projektpartner haben sich in der Stadt Bonn für eine Einteilung nach Siedlungstypen als die sinnvollste Variante entschieden.

Ergebnis:

- Auf Basis der Daten auf Baublockebene wurde die Stadt Bonn in 175 sinnvolle Teilgebiete unterteilt.

Die Eignung von Teilgebieten für eine Wärmeversorgung mittels Wärmenetz wird anhand von Indikatoren bewertet

Indikatoren – Wärmenetzgebiet (Fernwärme/Nahwärme) Gewichtung






Indikatoren – Wärmenetzgebiet (Fernwärme/Nahwärme)		Gewichtung
Lokaler Wärmebedarf		
	1. Wärmedichte aktuell	• 7,5 %
	2. Wärmedichte 2045 im Szenario „Wärmenetze“	• 12,5 %
	3. Wärmeliniendichte aktuell	• 7,5 %
	4. Wärmeliniendichte 2045 im Szenario „Wärmenetze“	• 17,5 %
Modellierte Gebäudeentscheidungen		
	5. Anschlussrate 2045 im Szenario „Wärmenetze“	• 15 %
	6. Anschlussrate 2045 im Szenario „Technologiemix“	• 15 %
Wirtschaftliche Kennzahlen		
	7. Abweichung Kosten „Wärmenetze“ ggü. Referenzszenario (Business as usual)	• 5 %
	8. Share of Wallet 2045 im Szenario „Wärmenetze“	• 5 %
Energiequellen und Infrastruktur		
	9. Entfernung zu erneuerbaren Energiepotenzialen*	• 10 %
	10. Ankerkunden im Teilgebiet vorhanden	• 2,5 %
	11. Bestandswärmenetz im Teilgebiet vorhanden	• 2,5 %

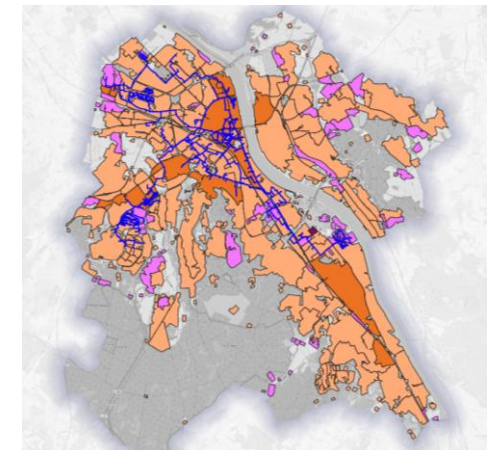
Vorgehen:

- Für jedes Teilgebiet werden die Indikatoren für einen Anschluss an ein Wärmenetz anhand der Daten aus der **Bestandsanalyse, Potenzialanalyse und Szenarienberechnungen** jeweils mit 1 bis 4 Punkten bewertet. (1 = niedrige Eignung, 4 = hohe Eignung)
- Die **Indikatoren** werden anschließend **entsprechend der Gewichtung miteinander verrechnet**.
- Die Wahl der Gewichtungen wurde in Abstimmung mit dem Kernprojektteam definiert.

Ergebnis:

- Die errechnete **Eignungsstufe des jeweiligen Teilgebiets** gibt die Wahrscheinlichkeit für eine Wärmeversorgung mittels Wärmenetz mit einer Wertung zwischen 1 und 4 an. Diese werden entsprechend in den unterschiedlichen Eignungsstufen farblich markiert.

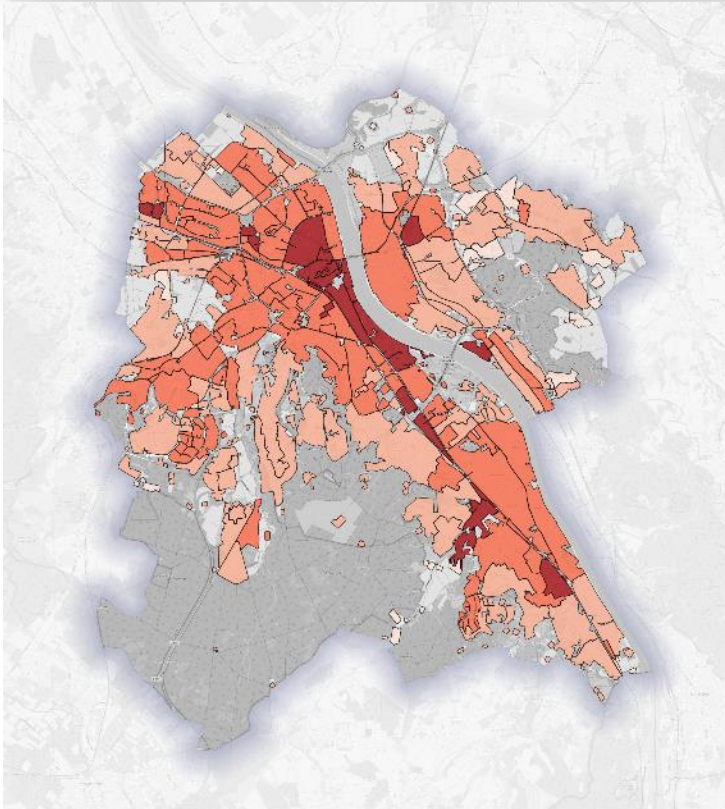
-  sehr wahrscheinlich geeignet
-  wahrscheinlich geeignet
-  wahrscheinlich ungeeignet
-  sehr wahrscheinlich ungeeignet
-  Bestands-Fernwärmenetz



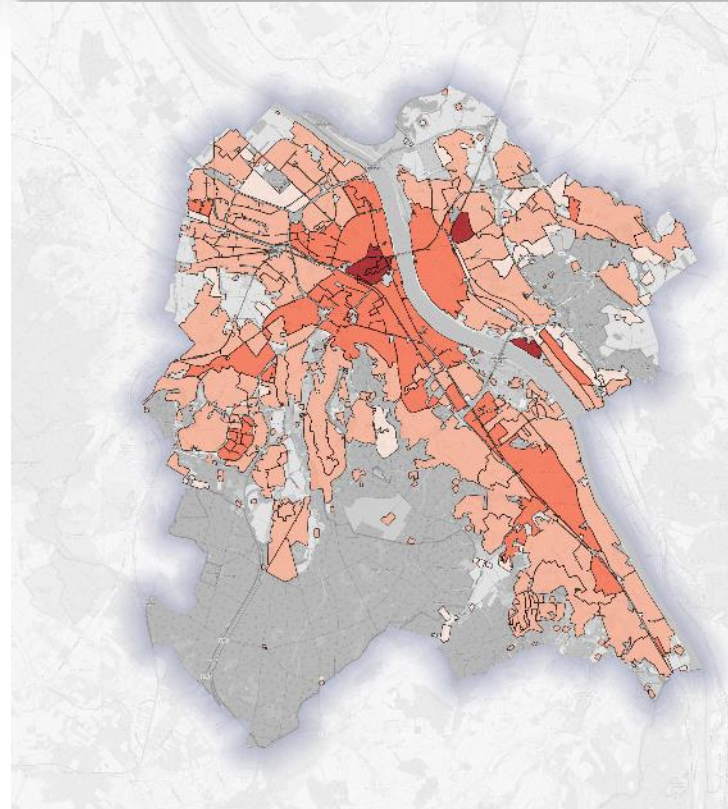
Share of Wallet = Ausgaben für die Wärmeversorgung/Einkommen, Bildquelle: Leitfaden Wärmeplanung (BMWK), *Entfernung zentrale Solarthermie, Abwärme Industrie, Abwärme Rhein

Die Wärmedichte sinkt im Wärmenetz-Szenario, wodurch sich die Eignung leicht verschlechtert

1. Wärmedichte aktuell







2. Wärmedichte 2045 im Szenario „Wärmenetze“



Anmerkungen:

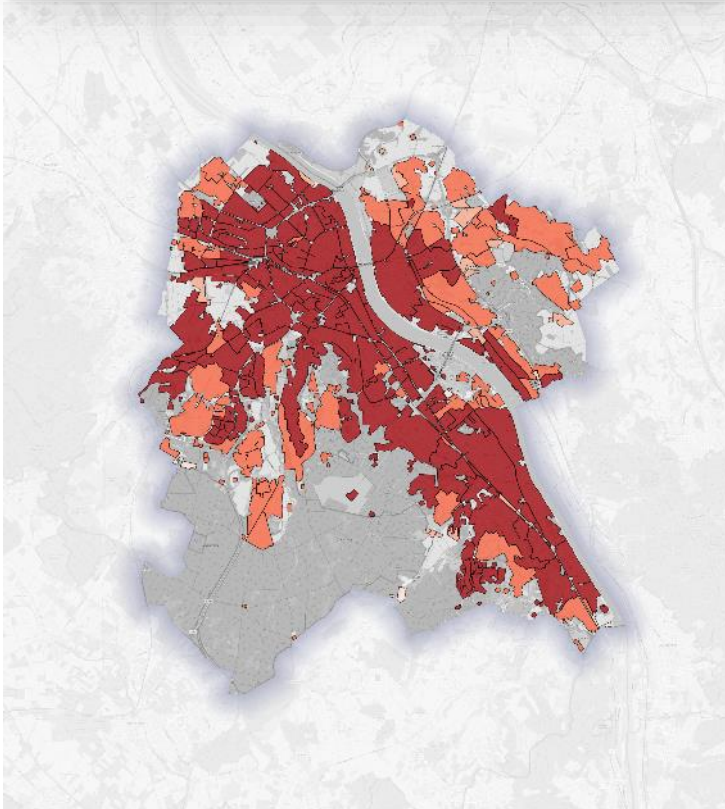
- Die spezifische Wärmedichte wird über den Quotienten der Summe aller Wärmeverbräuche in einem räumlich abgegrenzten Bereich und der Fläche des Bereichs berechnet.
- Je höher die flächenspezifische Wärmedichte, desto höher ist die Eignung für den Einsatz von Wärmenetzen.

$$\text{spezifische Wärmedichte} = \frac{\sum_i \text{Wärmeverbräuche}_i}{\text{Fläche}}$$

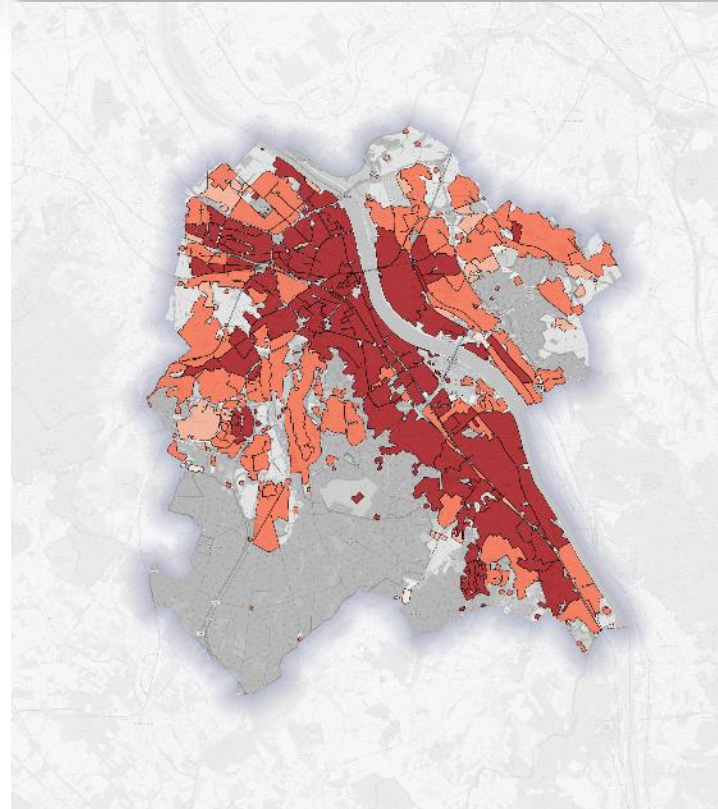
Wertebereich	Bewertung
 < 175 MWh/(ha*a)	1
 < 415 MWh/(ha*a)	2
 < 1.050 MWh/(ha*a)	3
 ≥ 1.050 MWh/(ha*a)	4

Analog zur Wärmedichte sinkt im Wärmenetz-Szenario auch die Wärmelinienendichte bis zum Jahr 2045

3. Wärmelinienendichte aktuell



4. Wärmelinienendichte 2045 im Szenario „Wärmenetze“



Anmerkungen:

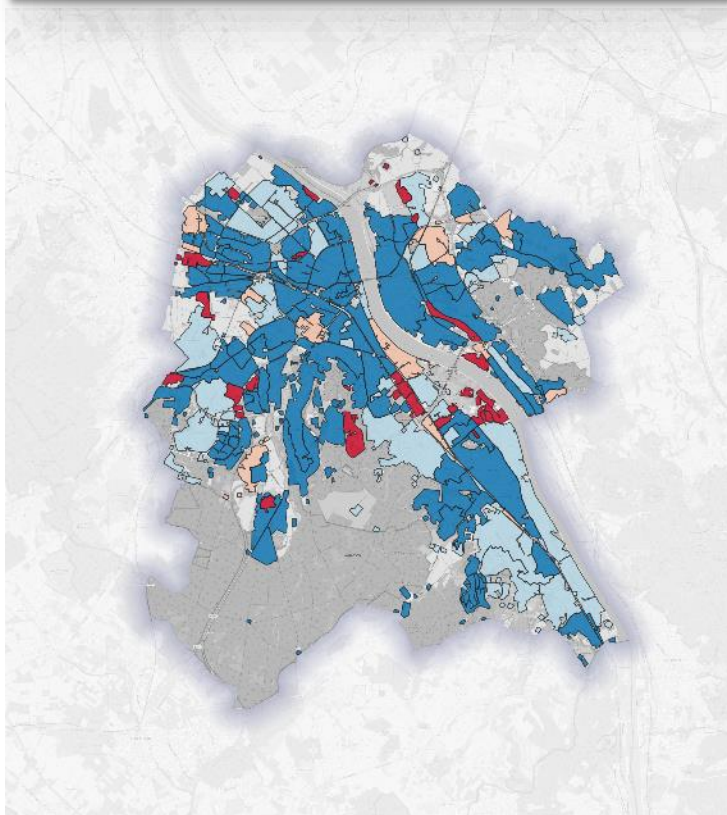
- Zur Berechnung der Wärmelinienendichte wird die theoretische Verlegung eines Wärmenetzes entlang des Straßennetzes betrachtet. Der Wärmeverbrauch jedes Gebäudes wird dem nächstliegenden Wärmenetzabschnitt zugerechnet.
- Die Wärmelinienendichte ist der Quotient aus summierten Wärmeverbräuchen und der Länge des Abschnitts.
- Je höher die längenspezifische Wärmelinienendichte, desto wirtschaftlicher ist ein theoretisches Wärmenetz.

$$\text{Wärmelinienendichte} = \frac{\sum_i \text{Wärmeverbräuche}_i}{\text{Länge des Straßenabschnitts}}$$

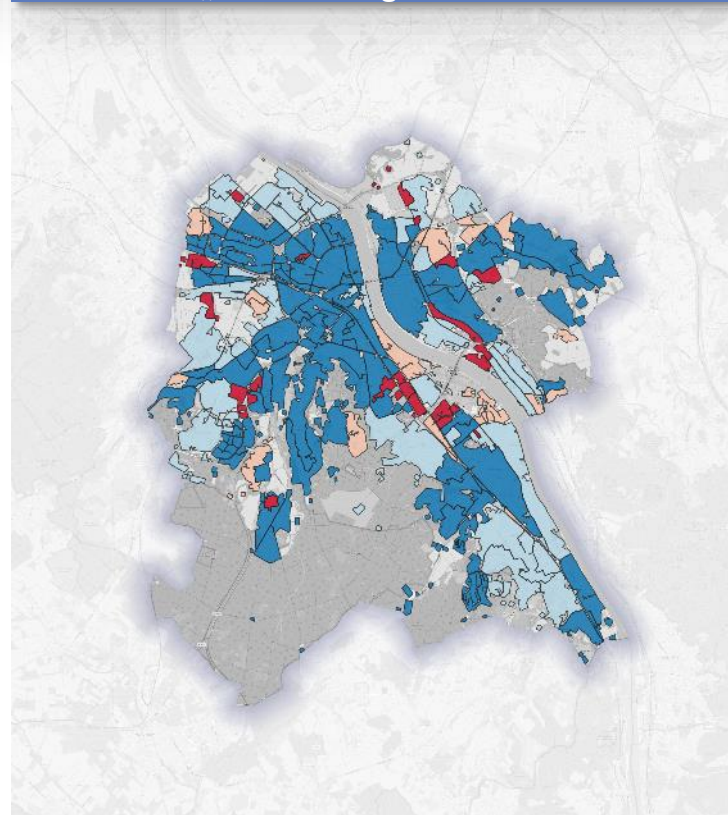
Wertebereich	Bewertung
< 0,7 GWh/km	1
< 1,7 GWh/km	2
< 3 GWh/km	3
≥ 3 GWh/km	4

Die Anschlussrate an ein zukünftiges Wärmenetz liegt größtenteils im Bereich 20-30 %

5. Anschlussrate Wärmenetz 2045 im Szenario „Wärmenetze“



6. Anschlussrate Wärmenetz 2045 im Szenario „Technologiemix“



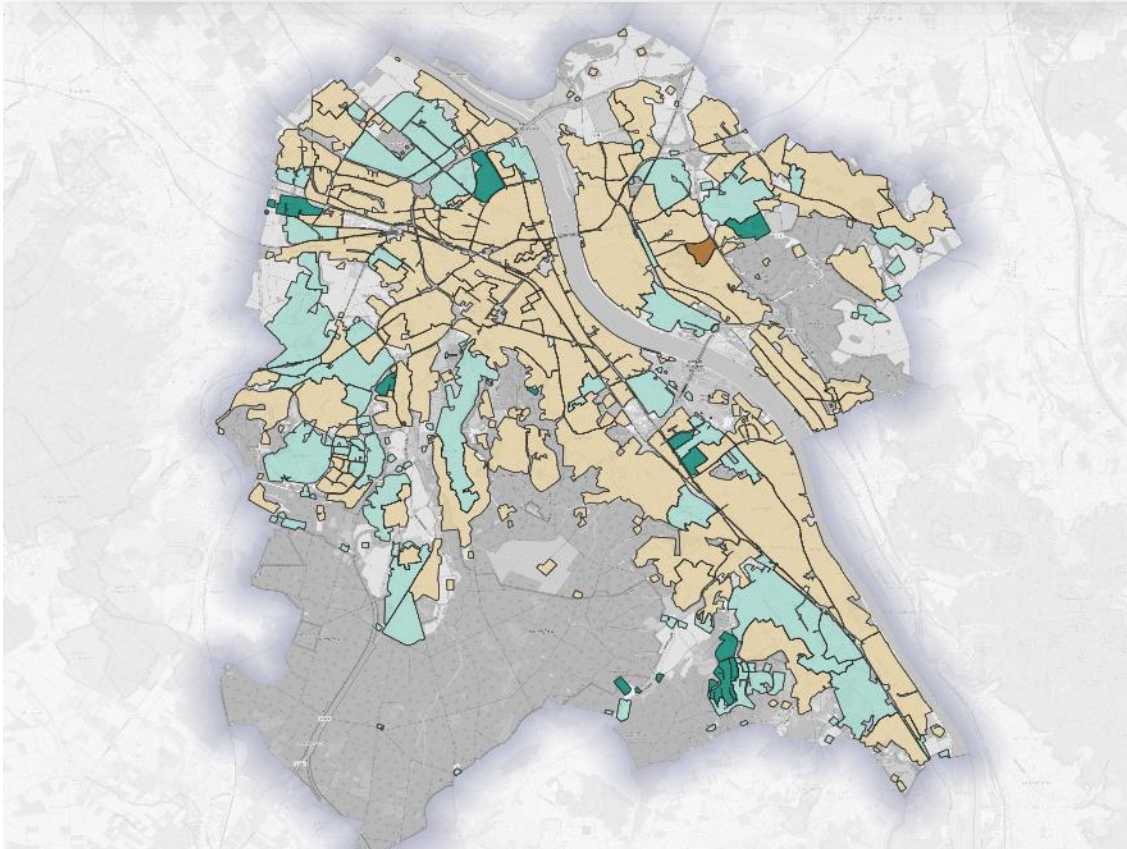
Anmerkungen:

- Der erwartete Anschlussgrad an ein Wärmenetz kann lokal großen Einfluss auf die erwarteten Anschluss- und Betriebskosten der Verbraucher haben.
- Der Einfluss ist mittelfristig vor allem bei Wärmenetzen hoch.

Wertebereich	Bewertung
■ ≤ 20 %	1
■ < 25 %	2
■ < 30 %	3
■ ≥ 30 %	4

Das Wärmenetz-Szenario ermöglicht Kostenreduktionen von über 15 % in der Spitze gegenüber dem Referenzszenario

7. Abweichung Kosten „Wärmenetz“ ggü. Referenzszenario



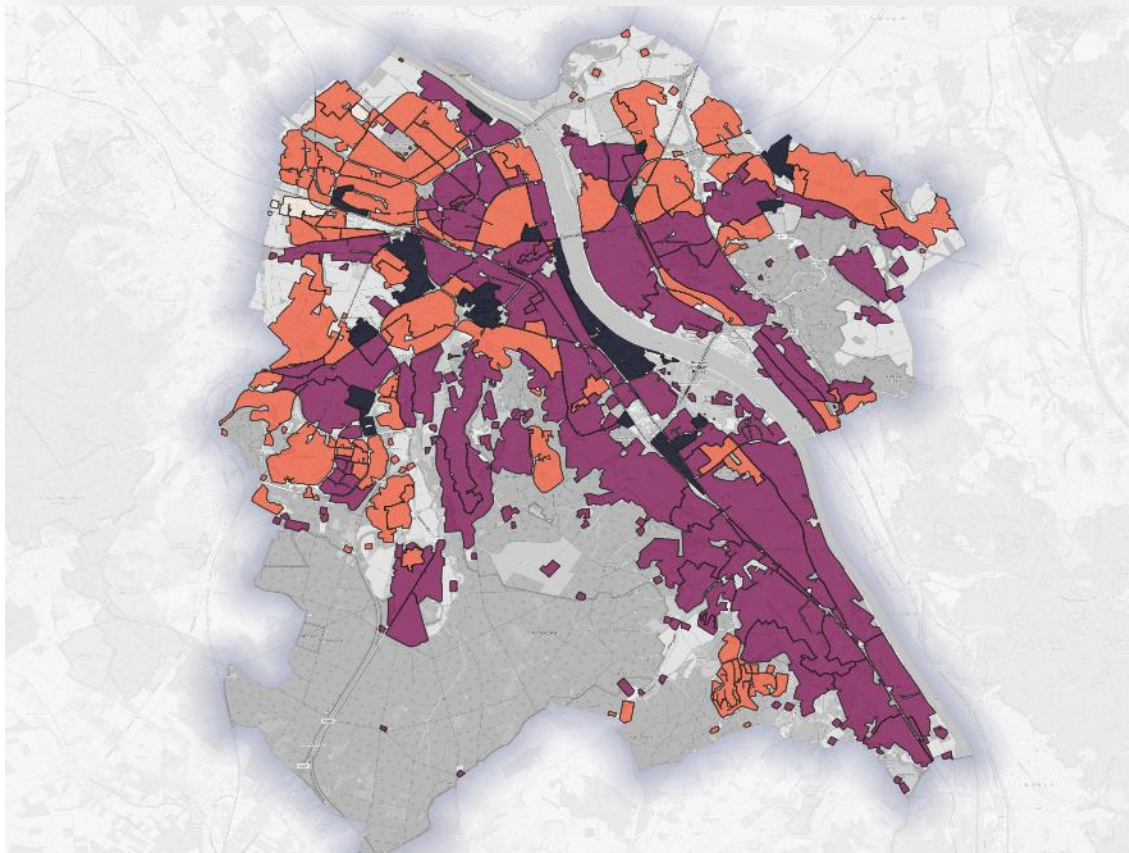
Anmerkungen:

- Relative Kostenreduzierung im Teilgebiet ggü. Referenzszenario
- Diese beinhalten folgende Kostenbestandteile:
 - verbrauchsgebundene Kosten
 - kapitalgebundene Kosten unter Berücksichtigung bundesweiter Fördermaßnahmen
 - betriebsgebundene Kosten (einschließlich Instandsetzung)
 - Sanierungskosten (Dämmungskosten für die Komponenten: Dachfläche, Kellerdecke, Fassade, Fenster)

Wertebereich	Bewertung
< 5 %	1
< 10 %	2
< 15 %	3
≥ 15 %	4

Die Haushaltsbelastung liegt in vielen Teilgebieten im Bereich 4-6 %

8. Share of Wallet 2045 im Szenario „Wärmenetze“



Anmerkungen:

- Der Share of Wallet beschreibt den Anteil des verfügbaren Einkommens, das pro Haushalt (der Mieter) für die Wärmeversorgung aufgewendet wird.

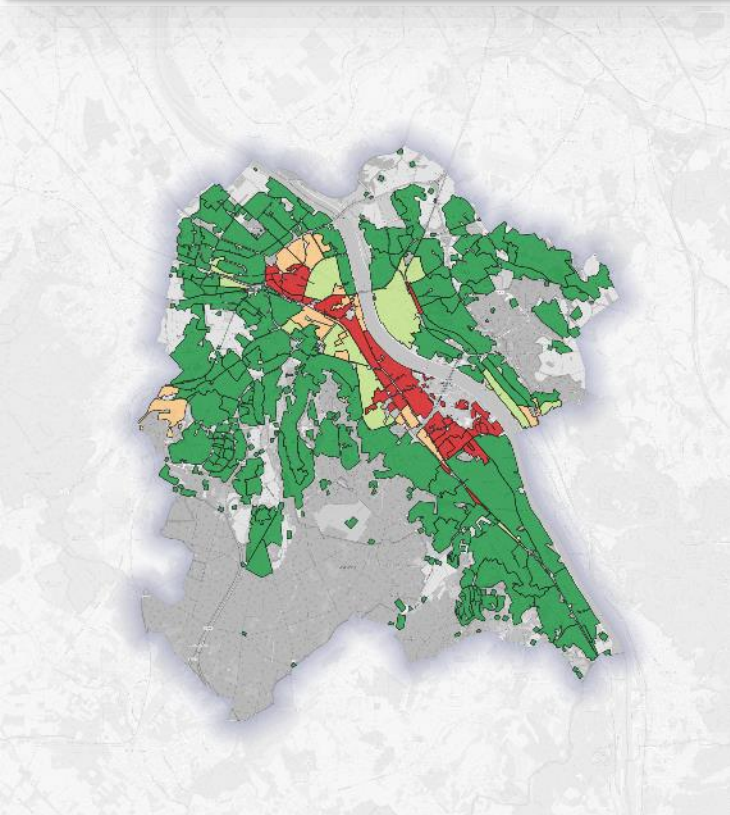
$$\text{Share of Wallet} = \frac{\text{Ausgaben für die Wärmeversorgung}}{\text{Einkommen}}$$

- Der Share of Wallet kann als politischer Entscheidungsträger dienen, ob Maßnahmen zur Energieeffizienz oder zur Unterstützung einkommensschwacher Haushalte notwendig sind.
- Über alle Einkommensklassen hinweg wenden bundesweit die Haushalte im Schnitt monatlich 6,1 % ihrer Konsumausgaben für Strom, Heizung und Warmwasser auf.

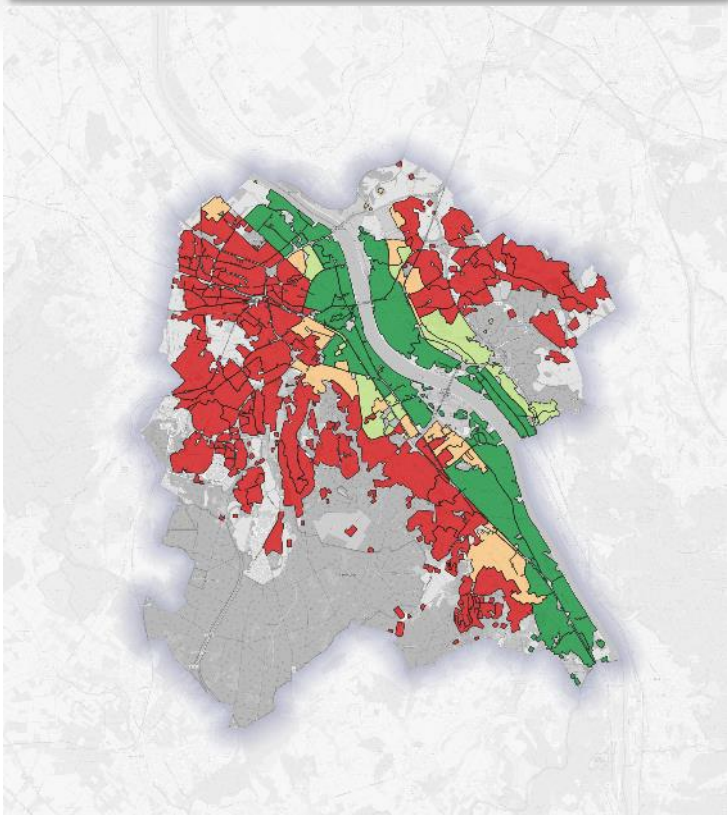
Wertebereich	Bewertung
< 2 %	4
< 4%	3
< 6 %	2
≥ 6 %	1

Einem Großteil der Teilgebiete steht eine zentrale EE-Quelle innerhalb eines 500 m Radius zur Verfügung

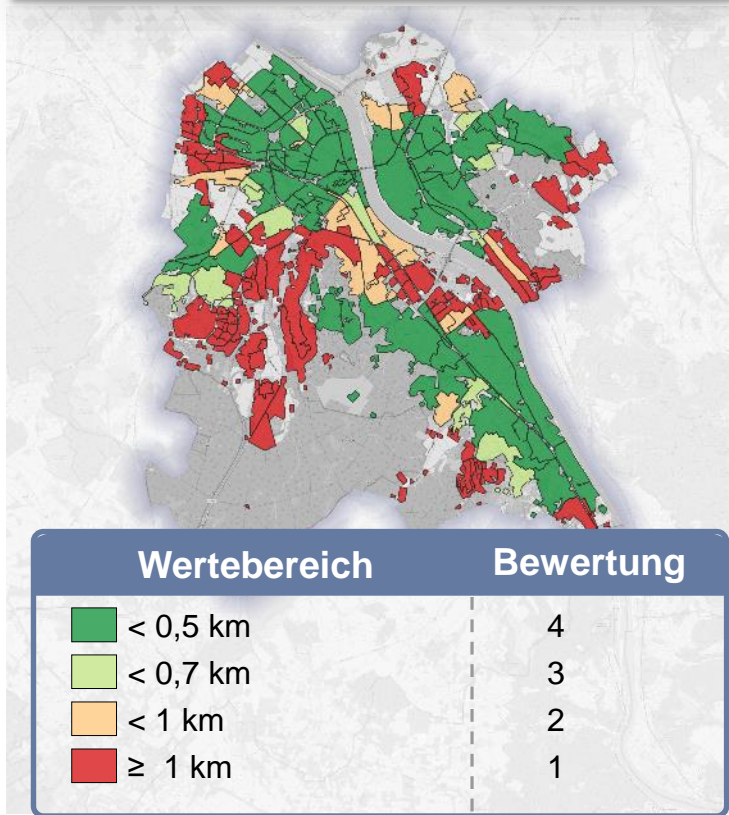
9. Entfernung zentrale Solarthermie



9. Entfernung Abwärme Rhein

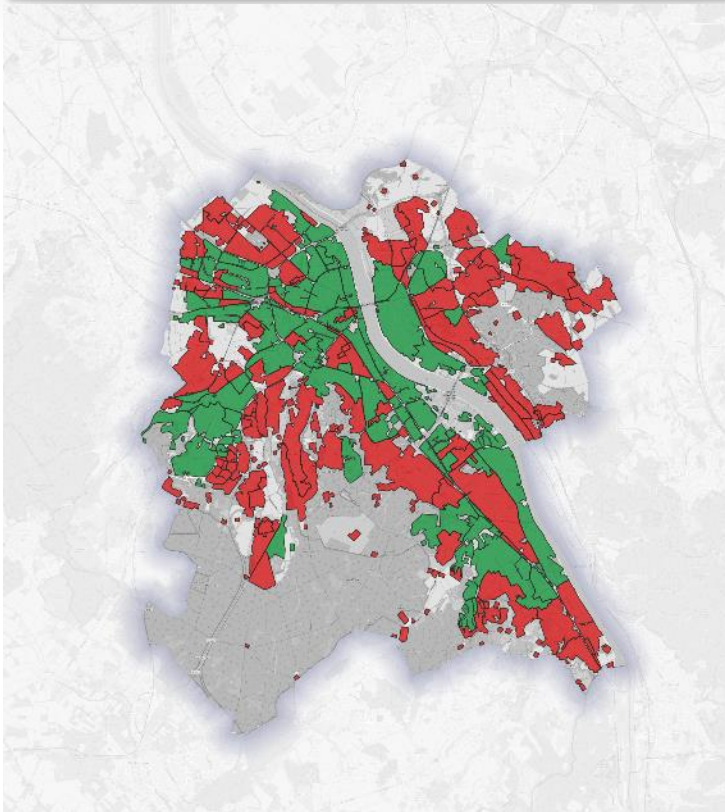


9. Entfernung Abwärme Industrie

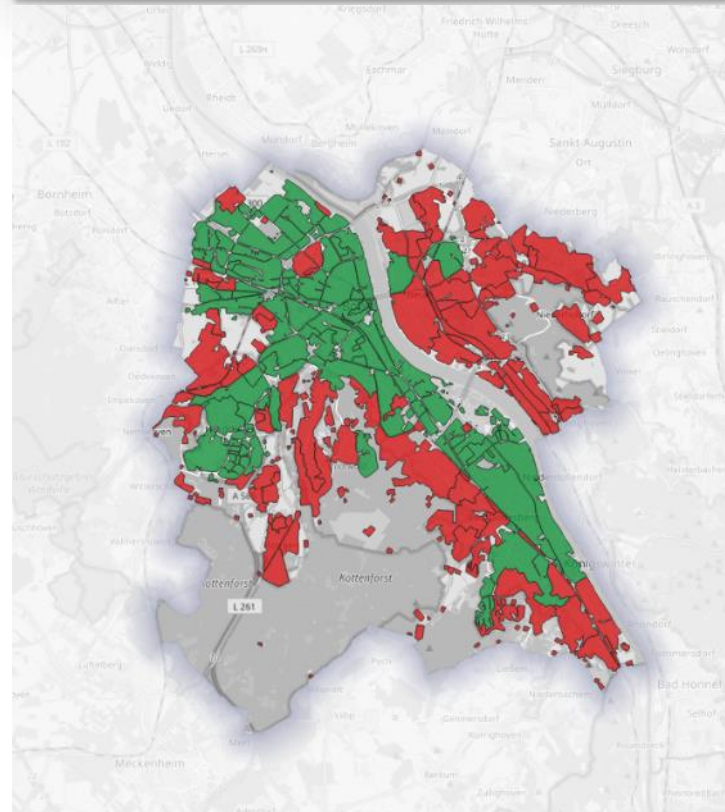


Die Teilgebiete mit vorhanden Ankerkunden und Bestandswärmenetze überschneiden sich in weiten Teilen

10. Ankerkunden



11. Bestandswärmenetz



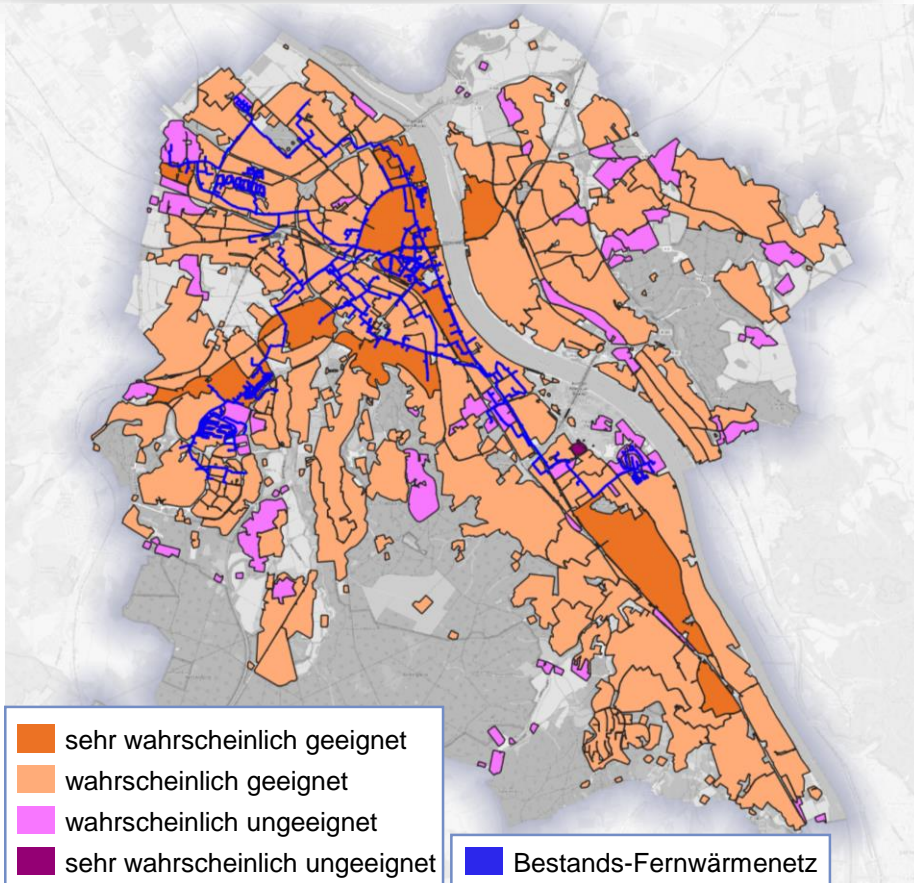
Anmerkungen:

- Als Ankerkunden zählen Großverbraucher mit einem Wärmeverbrauch von > 2,5 GWh/a
- Ankerkunden minimieren das Realisierungsrisiko
- Liegt ein Ankerkunde im Teilgebiet vor, wird dieses Teilgebiet mit 4 bewertet, andernfalls mit 1
- Befindet sich das Bestandswärmenetz im Teilgebiet, wird dieses mit 4 bewertet, andernfalls mit 1
- Berücksichtigt wurden alle Wärmenetze, die in der Bestandsanalyse ausgewiesen wurden

Wertebereich	Bewertung
■ Ja	4
■ Nein	1

In 15 Teilgebieten ist eine Wärmeversorgung mittels Wärmenetz sehr wahrscheinlich geeignet

Eignungsstufen Wärmenetzgebiet (Fernwärme/Nahwärme)




Indikatoren – Wärmenetzgebiet (Fernwärme/Nahwärme) Gewichtung

Indikatoren	Gewichtung
Lokaler Wärmebedarf	
1. Wärmedichte aktuell	• 7,5 %
2. Wärmedichte 2045 im Szenario „Wärmenetze“	• 12,5 %
3. Wärmelinien-dichte aktuell	• 7,5 %
4. Wärmelinien-dichte 2045 im Szenario „Wärmenetze“	• 17,5 %
Modellierte Gebäudeentscheidungen	
5. Anschlussrate 2045 im Szenario „Wärmenetze“	• 15 %
6. Anschlussrate 2045 im Szenario „Technologiemix“	• 15 %
Wirtschaftliche Kennzahlen	
7. Abweichung Kosten „Wärmenetze“ ggü. Referenzszenario (Business as usual)	• 5 %
8. Share of Wallet 2045 im Szenario „Wärmenetze“	• 5 %
Energiequellen und Infrastruktur	
9. Entfernung zu erneuerbaren Energiepotenzialen*	• 10 %
10. Ankerkunden im Teilgebiet vorhanden	• 2,5 %
11. Bestandswärmenetz im Teilgebiet vorhanden	• 2,5 %

Ergebnis:

- In 15 Teilgebieten ist eine Wärmeversorgung mittels Wärmenetz sehr wahrscheinlich geeignet.
- In 66 Teilgebieten ist die Wärmeversorgung mittels Wärmenetz wahrscheinlich geeignet

Die Eignung von Teilgebieten für eine Wärmeversorgung mittels dezentraler Versorgung wird anhand von Indikatoren bewertet






Indikatoren – Dezentrale Versorgung (Wärmepumpe)		Gewichtung
	Modellierte Gebäudeentscheidungen	
	1. Anschlussrate 2045 im Szenario „Wärmenetze“	• 7,5 %
	2. Anschlussrate 2045 im Szenario „Technologiemix“	• 7,5 %
	Wirtschaftliche Kennzahlen	
	3. Abweichung Kosten „Wärmepumpe“ ggü. Referenzszenario (Business as usual)	• 10 %
	4. Share of Wallet 2045 im Szenario „Wärmepumpe“	• 5 %
	Energiequellen und Infrastruktur	
	5. EE-Dekung (Solarthermie/Geothermie/PV)	• 15 %
	6. Freie Kapazitäten des Niederspannungsnetzes	• 10 %
	7. Denkmalschutz	• 15 %
	8. Effizienzklasse aktuell	• 15 %
	9. Baujahresklasse	• 5 %
	10. Sanierungsanforderung 2045 „Wärmepumpe“	• 10 %

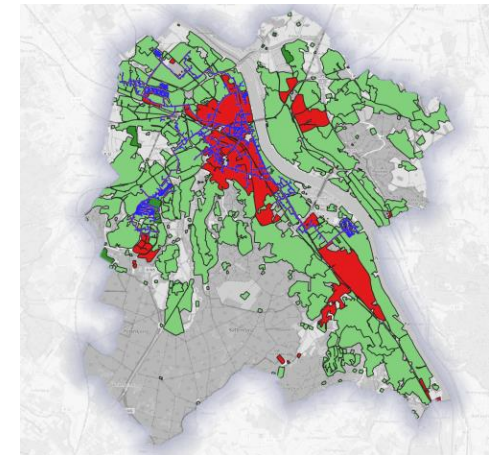
Vorgehen:

- Für jedes Teilgebiet werden die Indikatoren für eine dezentrale Wärmeversorgung anhand der Daten aus der **Bestandsanalyse, Potenzialanalyse und Szenarienberechnungen** jeweils mit 1 bis 4 Punkten bewertet. (1 = niedrige Eignung, 4 = hohe Eignung)
- Die **Indikatoren** werden anschließend entsprechend einer **Gewichtung miteinander verrechnet**.
- Die Wahl der Gewichtungen wurde in Abstimmung mit dem Kernprojektteam definiert.

Ergebnis:

- Die errechnete **Eignungsstufe des jeweiligen Teilgebiets** gibt die Wahrscheinlichkeit für eine dezentrale Wärmeversorgung mit einer Wertung zwischen 1 und 4 an. Diese werden entsprechend in den unterschiedlichen Eignungsstufen farblich markiert.

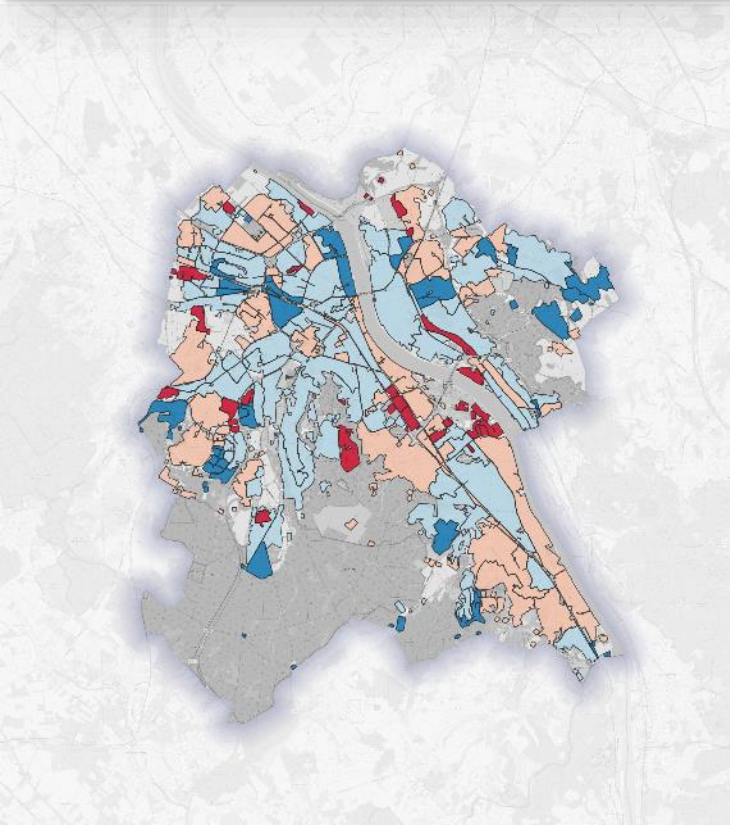
-  sehr wahrscheinlich geeignet
-  wahrscheinlich geeignet
-  wahrscheinlich ungeeignet
-  sehr wahrscheinlich ungeeignet
-  Bestands-Fernwärmenetz



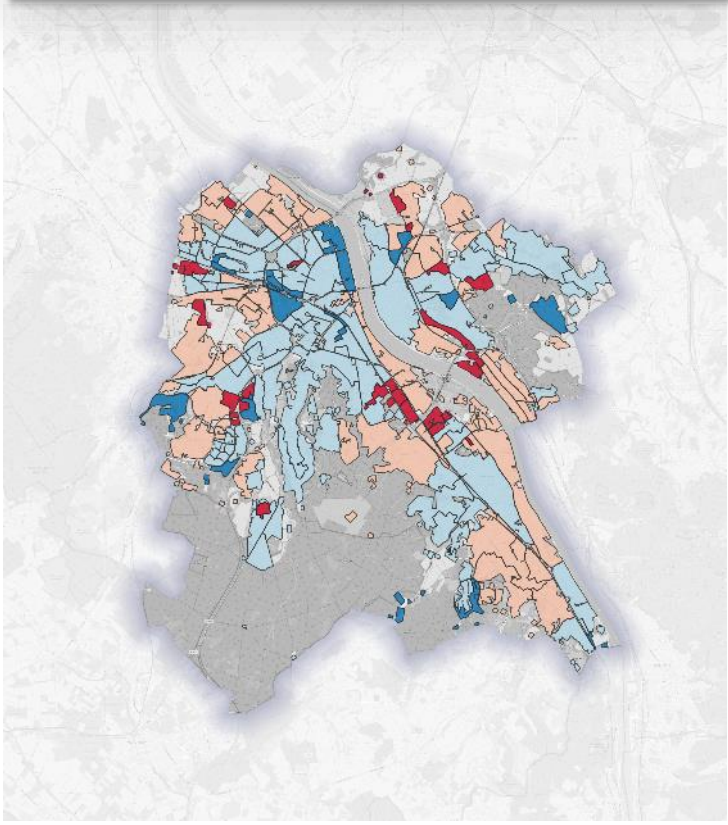
Share of Wallet = Ausgaben für die Wärmeversorgung/Einkommen, Bildquelle: Leitfaden Wärmeplanung (BMWK)

Die zukünftigen Anteile von Wärmenetzen in den Teilgebieten sind eher inhomogen verteilt

1. Anschlussrate Wärmenetz 2045 im Szenario „Wärmenetze“



2. Anschlussrate Wärmenetz 2045 im Szenario „Technologiemix“



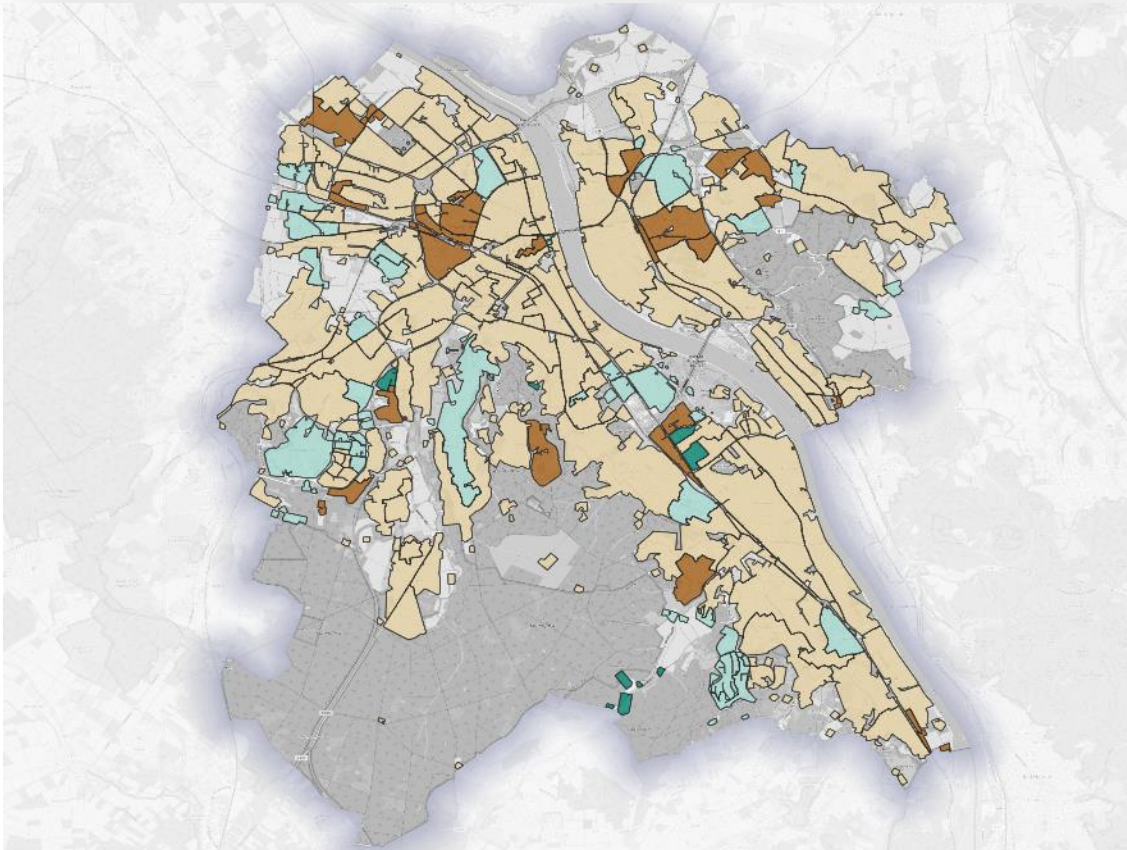
Anmerkungen:

- Betrachtet wird der zukünftige Anteil an Wärmenetzen in den Szenarien Wärmenetze und Technologiemix

Wertebereich	Bewertung
< 20 %	4
< 30 %	3
< 40 %	2
≥ 40 %	1





Der Kostenvorteil des Szenarios Wärmepumpe liegt größtenteils im Bereich 5-10 % gegenüber dem Referenzszenario

3. Abweichung Kosten „Wärmepumpe“ ggü. Referenzszenario



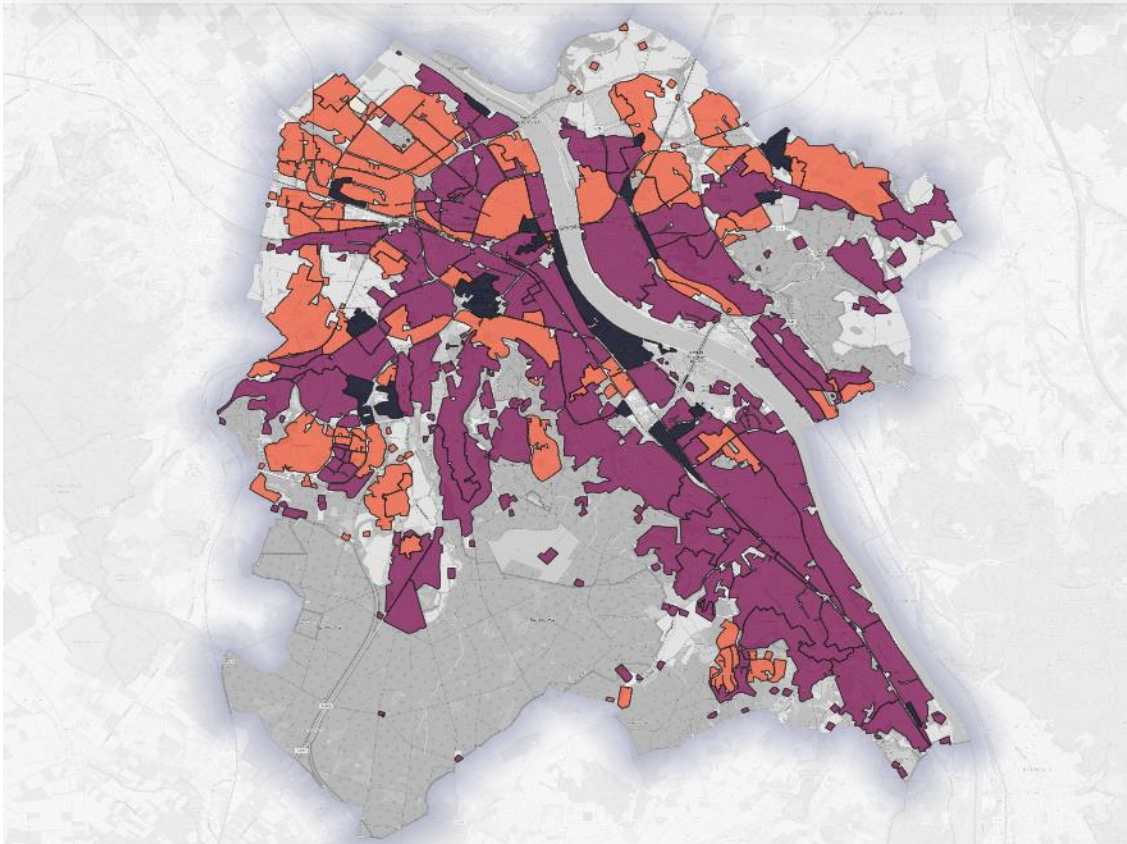
Anmerkungen:

- Relative Kostensenkung im Teilgebiet ggü. Referenzszenario
- Diese beinhalten folgende Kostenbestandteile:
 - verbrauchsgebundene Kosten
 - kapitalgebundene Kosten unter Berücksichtigung bundesweiter Fördermaßnahmen
 - betriebsgebundene Kosten (einschließlich Instandsetzung)
 - Sanierungskosten (Dämmungskosten für die Komponenten: Dachfläche, Kellerdecke, Fassade, Fenster)

Wertebereich	Bewertung
 < 5 %	1
 < 10 %	2
 < 15 %	3
 ≥ 15 %	4

Die Haushaltsbelastung liegt, analog zum Szenario Wärmenetze, in vielen Teilgebieten im Bereich 4-6 %

4. Share of Wallet 2045 im Szenario „Wärmepumpe“



Anmerkungen:

- Der Share of Wallet beschreibt den Anteil des verfügbaren Einkommens, das pro Haushalt (der Mieter) für die Wärmeversorgung aufgewendet wird.

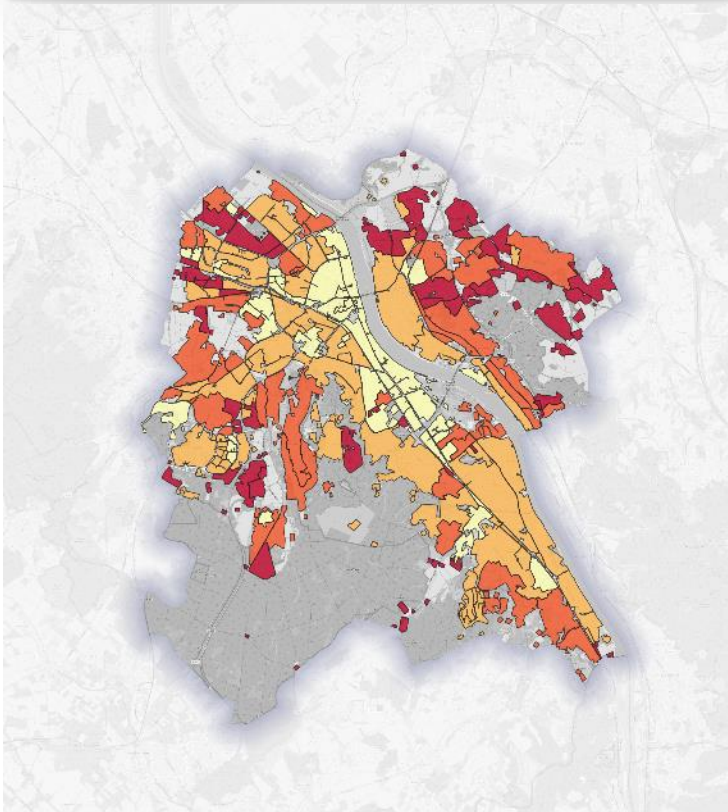
$$\text{Share of Wallet} = \frac{\text{Ausgaben für die Wärmeversorgung}}{\text{Einkommen}}$$

- Der Share of Wallet kann als politischer Entscheidungsträger dienen, ob Maßnahmen zur Energieeffizienz oder zur Unterstützung einkommensschwacher Haushalte notwendig sind.
- Über alle Einkommensklassen hinweg wenden die Haushalte bundesweit im Schnitt monatlich 6,1 % ihrer Konsumausgaben für Strom, Heizung und Warmwasser auf

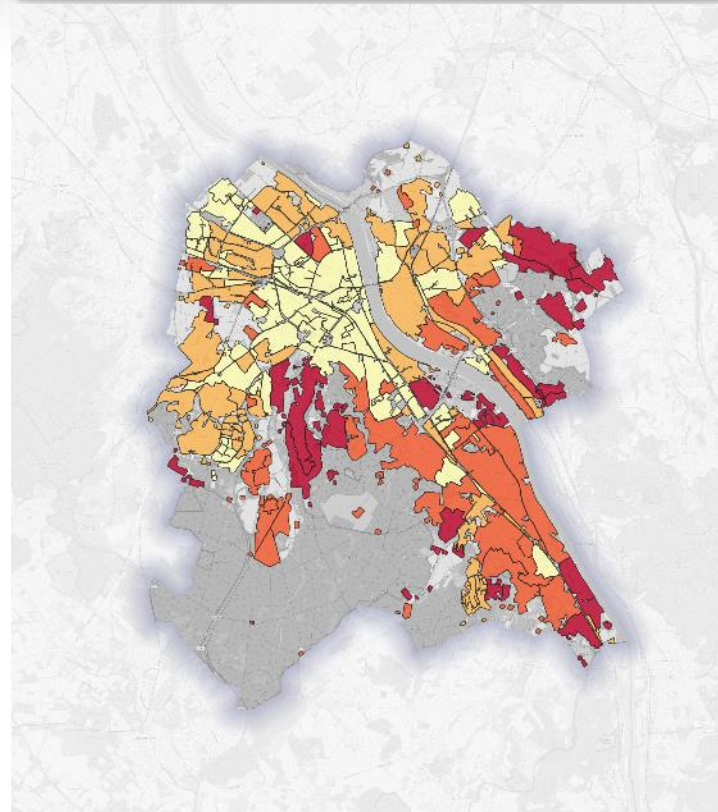
Wertebereich	Bewertung
< 2 %	4
< 4 %	3
< 6 %	2
≥ 6%	1

Als dezentrale EE-Quellen wurden Solarthermie, oberflächennahe Geothermie und dezentrale Dachfläche-PV-Anlagen berücksichtigt

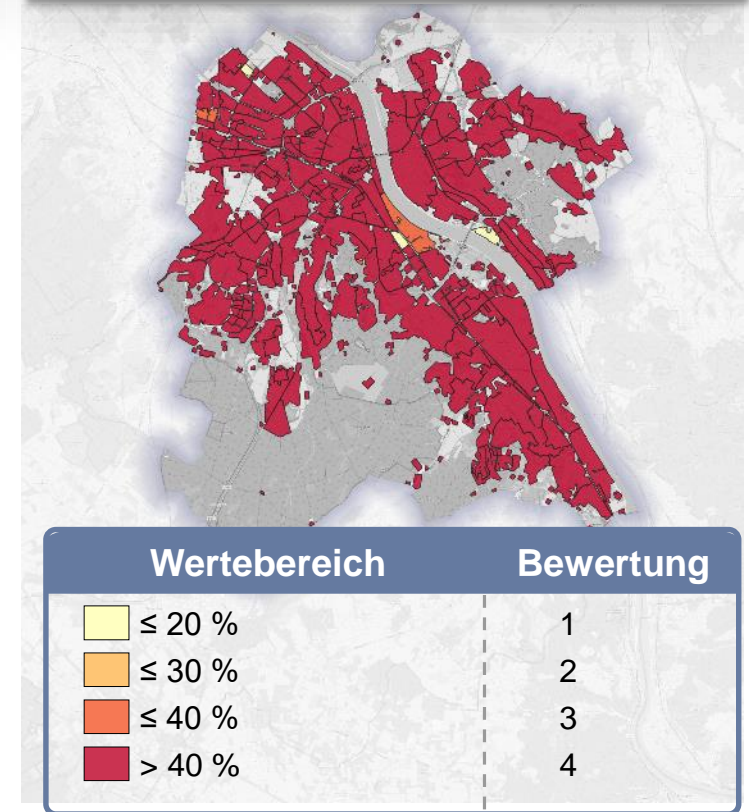
5. Wärmebedarfsdeckung Solarthermie



5. Wärmebedarfsdeckung Geothermie

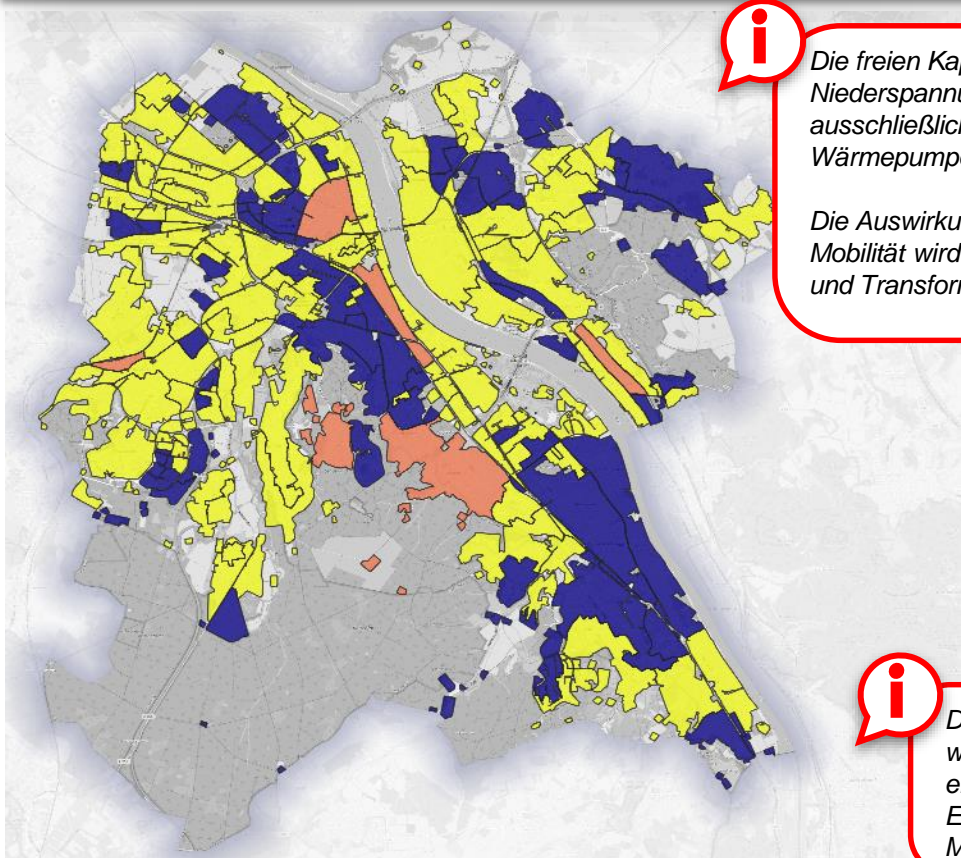


5. Strombedarfsdeckung Wärmepumpe über DF-Photovoltaik



Die freien Niederspannungsnetz-Kapazitäten in dicht besiedelten Gebieten sinken teilweise auf unter 5 %

6. Freie Kapazitäten des Niederspannungsnetzes



i Die freien Kapazitäten des Niederspannungsnetzes beziehen sich ausschließlich auf den Zubau der Wärmepumpen.

Die Auswirkungen der zunehmenden E-Mobilität wird in der Wärmewendestrategie und Transformationspfade berücksichtigt

i Die Stromstationen in den Teilgebieten wurden aufsummiert, es kann an den einzelnen Stromstationen trotzdem zu Engpässen kommen, die zu einer Minderung nach § 14a EnWG führen.

Anmerkungen:

- Der Wärmebedarf über Wärmepumpe wurde in den einzelnen Teilgebieten summiert
- Unter der Annahme der Leistungszahlen für den Sanierungsstand des Gebäudes und den Betriebsstunden der Wärmepumpen, wurde der Strombedarf ermittelt
- Berechnung der freien Kapazitäten an den Stromstationen pro Teilgebiet:

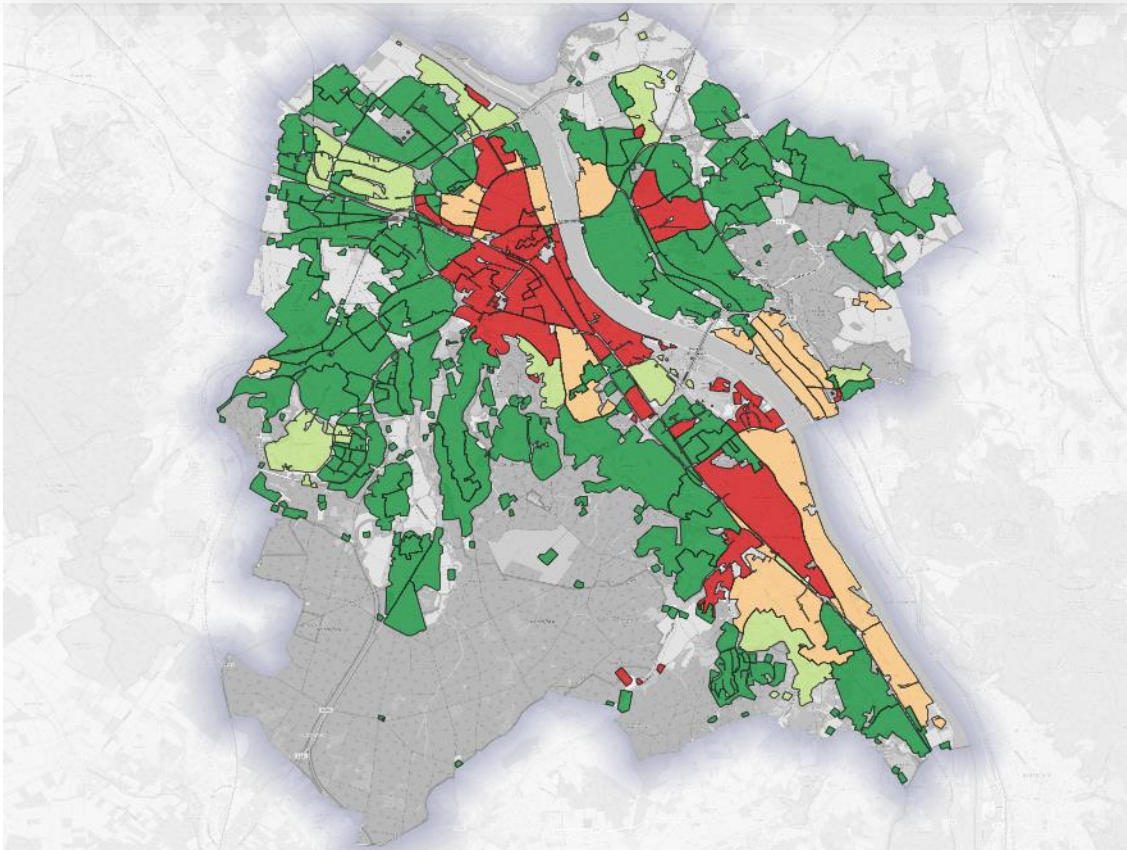
$$= \frac{\text{max. Leistung}_{2023} - (\text{el. Leistung WP}_{2045} - \text{el. Leistung WP}_{2023})}{\sum \text{Leistung Stromstationen}_{2023}}$$

max. Leistung = freie Nennleistung der Stromstationen in 2023
el. Leistung WP = elektrische Leistung für den Betrieb der Wärmepumpe im Szenario „Wärmepumpe“

Wertebereich	Bewertung
≤ 5 %	1
≤ 7 %	2
≤ 10 %	3
> 10 %	4





Hohe Anteile an denkmalgeschützten Gebäuden liegen vor allem in der Innenstadt, Teilen von Beuel und Bad Godesberg vor

7. Denkmalschutz



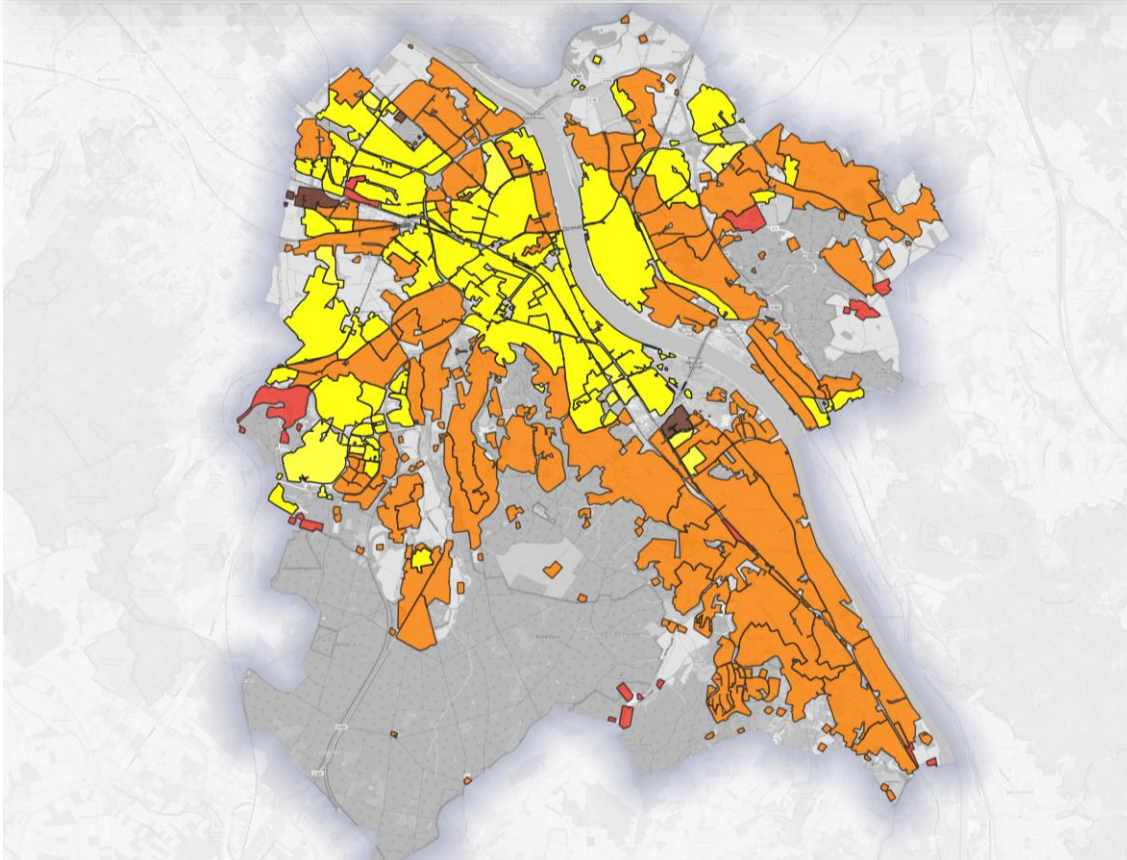
Anmerkungen:

- Die denkmalgeschützten Gebäude wurden über einen Datensatz der Stadt Bonn bestimmt
- Generell ist der Sanierungsaufwand von denkmalgeschützten Gebäuden mit höherem Aufwand und Kosten verbunden
- Denkmalgeschützte Gebäude haben eine höhere Wahrscheinlichkeit für ältere Heizkörper mit höheren Vorlauftemperaturen und entsprechend eine schlechtere Eignung für Wärmepumpen

Wertebereich	Bewertung
 < 2 %	4
 < 4 %	3
 ≤ 10 %	2
 > 10 %	1

Große Teile der Innenstadt, Beuel sowie Gebiete im Norden und im Westen sind anhand ihrer Effizienzklasse sehr gut für Wärmepumpen geeignet

8. Effizienzklasse aktuell



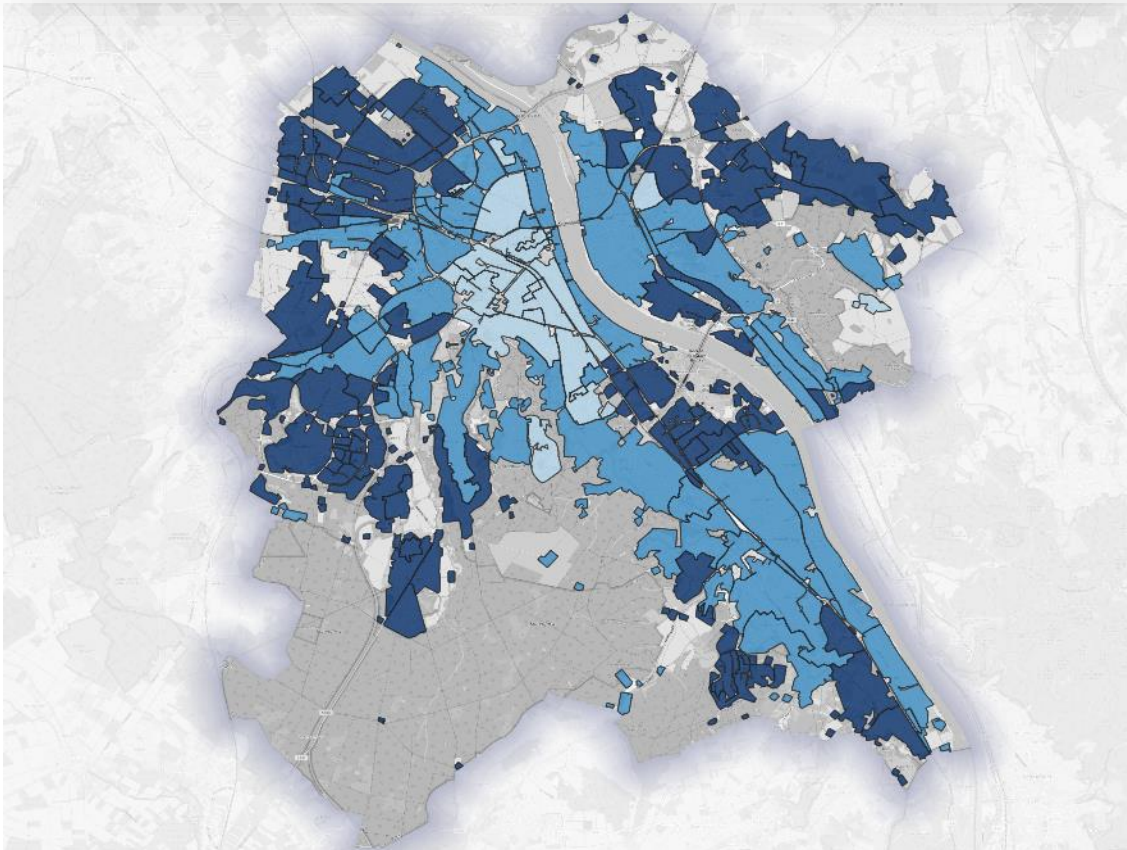
Anmerkungen:

- Die Effizienzklasse wurde über den Quotienten der in den Teilgebieten vorliegenden Verbräuche und der beheizten Fläche ermittelt
- Laut Literatur sind Wärmepumpen bis ca. 130 kWh/m² problemlos einbaubar

Wertebereich	Bewertung
≥ 200 kWh/m ²	1
≥ 160 kWh/m ²	2
≥ 130 kWh/m ²	3
< 130 kWh/m ²	4





Die Eignung für Wärmepumpen anhand der Baujahresaltersklasse steigt tendenziell vom Stadtkern zu den äußeren Teilgebieten

9. Baujahresklasse der Gebäude



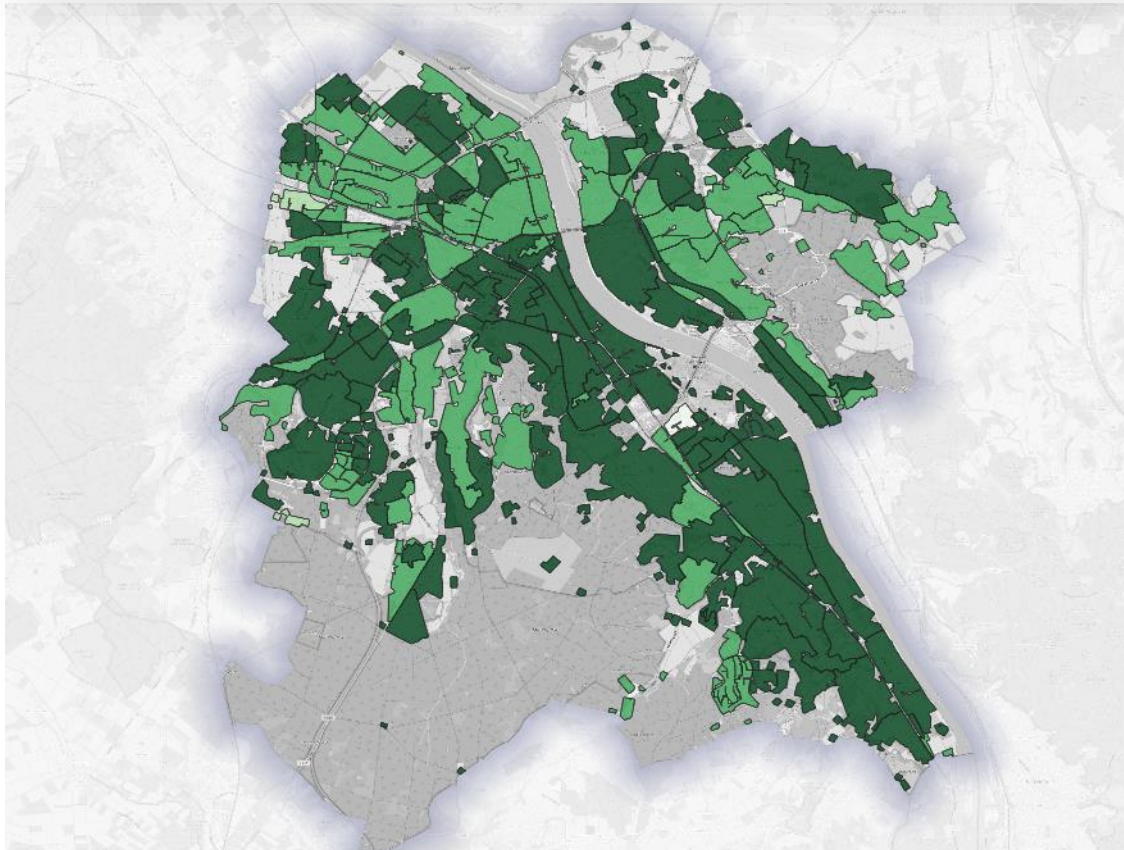
Anmerkungen:

- Zur Bewertung der Baujahresklassen wurde der Mittelwert innerhalb der Teilgebiete berechnet

Wertebereich	Bewertung
 < 1920	1
 < 1940	2
 < 1960	3
 ≥ 1960	4





Niedrigere Sanierungsanforderung liegen im Wärmepumpen-Szenario in Bad Godesberg sowie in der Innen- und Südstadt vor

10. Sanierungsanforderung 2045 „Wärmepumpe“



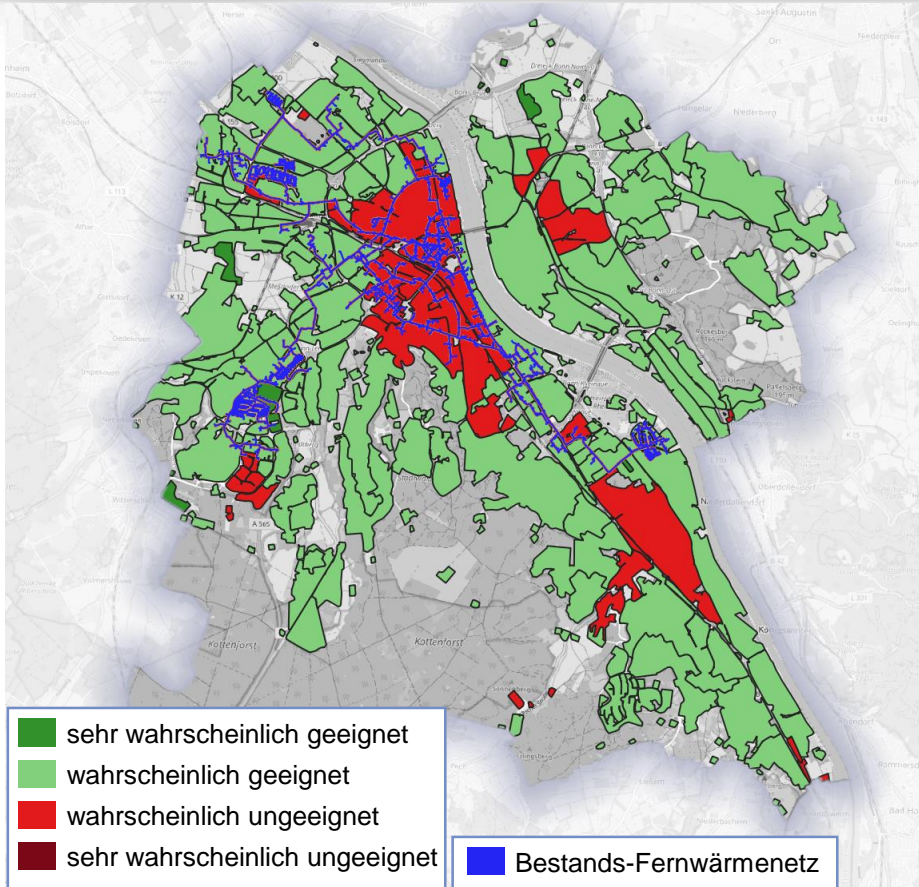
Anmerkungen:

- Dargestellt wird die durchschnittliche jährliche Sanierungsanforderung im Teilgebiet bis zum Jahr 2045 im Szenario „Wärmepumpe“

Wertebereich	Bewertung
 < 1 %	4
 < 2 %	3
 < 3 %	2
 ≥ 3 %	1

In 82 Teilgebieten ist eine dezentrale Wärmeversorgung wahrscheinlich bzw. sehr wahrscheinlich geeignet

11. Eignungsstufen dezentrale Wärmeversorgung (Wärmepumpe)



Indikatoren – Dezentrale Versorgung (Wärmepumpe)

Gewichtung



Modellierte Gebäudeentscheidungen

1. Anschlussrate 2045 im Szenario „Wärmenetze“ • 7,5 %
2. Anschlussrate 2045 im Szenario „Technologiemix“ • 7,5 %



Wirtschaftliche Kennzahlen

3. Abweichung Kosten „Wärmepumpe“ ggü. Referenzszenario (Business as usual) • 10 %
4. Share of Wallet 2045 im Szenario „Wärmepumpe“ • 5 %



Energiequellen und Infrastruktur

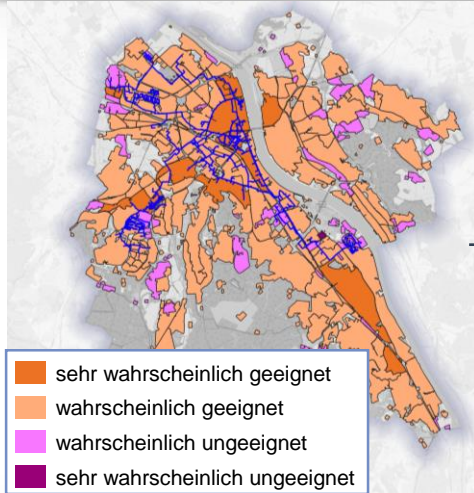
5. EE-Deckung (Solarthermie/Geothermie/PV) • 15 %
6. Freie Kapazitäten des Niederspannungsnetzes • 10 %
7. Denkmalschutz • 15 %
8. Effizienzklasse aktuell • 15 %
9. Baujahresklasse • 5 %
10. Sanierungsanforderung 2045 „Wärmepumpe“ • 10 %

Ergebnis:

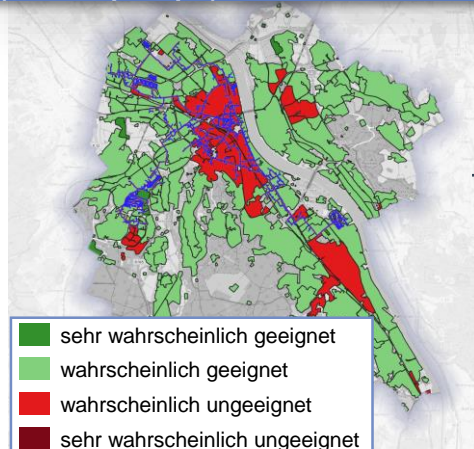
- In 5 Teilgebieten ist eine dezentrale Wärmeversorgung sehr wahrscheinlich geeignet
- In 77 Teilgebieten ist eine dezentrale Wärmeversorgung wahrscheinlich geeignet

Neben den geeigneten Wärmenetzgebieten im Zentrum von Bonn, ist eine Vielzahl der Teilgebiete für eine dezentrale Versorgung geeignet

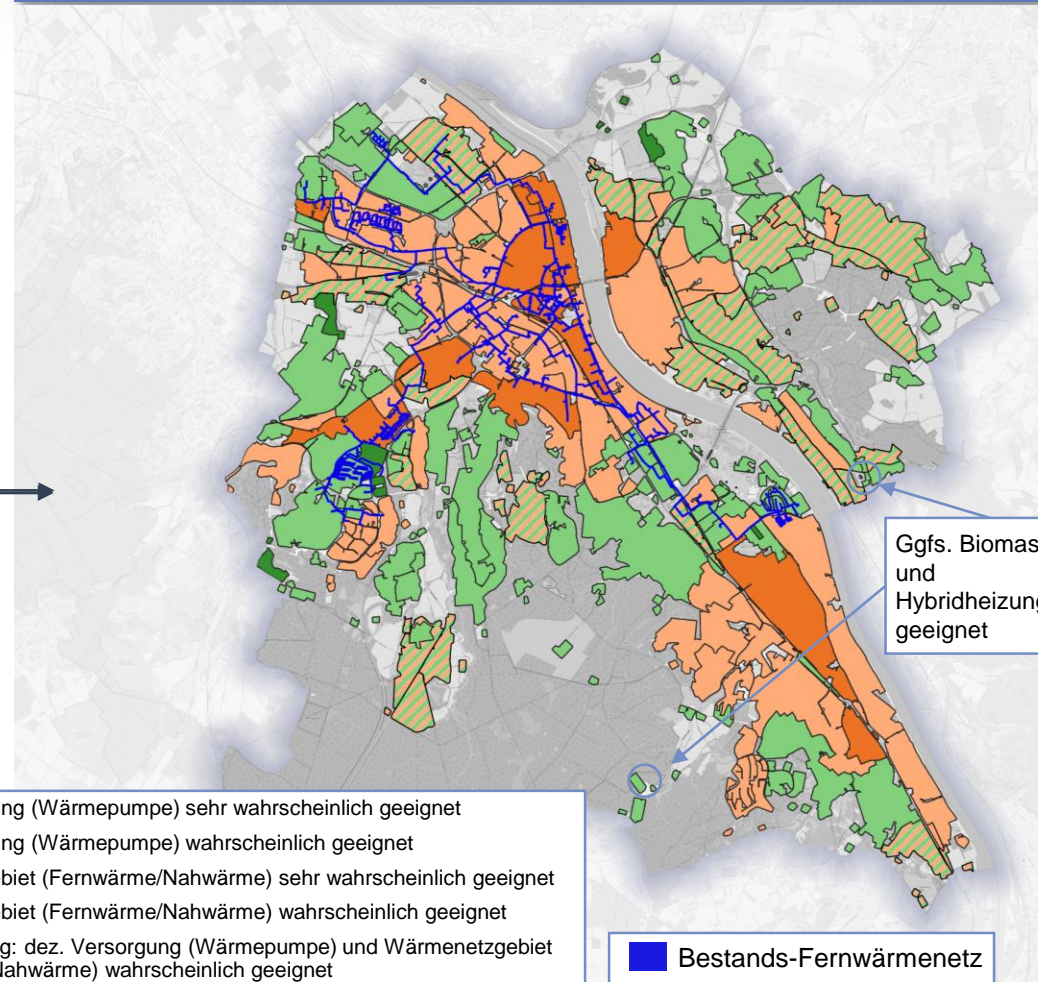
Eignungsstufen Wärmenetzgebiet (Fernwärme/Nahwärme)



Eignungsstufen dez. Versorgung (Wärmepumpe)



Wärmeversorgungsgebiete mit der höchsten Wahrscheinlichkeit



Anmerkungen:

- Aus den Eignungsstufen der Wärmenetzgebiete und der dezentralen Versorgung wird die **wahrscheinlichste Wärmeversorgungsart** ausgewählt
- In den Teilgebieten, in denen ein Wärmenetzgebiet und die dezentrale Versorgung **wahrscheinlich geeignet** ist, wurde die Wärmeversorgungsart mit der **höheren Bewertung** in der ersten Nachkommastelle gewählt
- Die Teilgebiete mit der gleichen Bewertung werden als „Doppeleignung“ ausgewiesen.



Im Ergebnis stellt die Karte geeignete Versorgungsoptionen je Teilgebiet dar. Aufbauend hierauf können durch Versorger spezifische Ausbau- und Neubaupläne für Wärmenetze entwickelt werden.

Diese Karte ist ausdrücklich nicht als Zusage für eine zukünftige Wärmenetzversorgung zu verstehen.

Quellenverzeichnis

[1]	Website energiewechsel, 2024: Übersicht zum Gesetz für Erneuerbares Heizen (Gebäudeenergiegesetz – GEG), Zugriff am 1.3.2024 (https://www.energiwechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Dossier/geg-gesetz-fuer-erneuerbares-heizen.html#id10c88a0b-6ef3-4cb3-811a-66cc7c69f59e)
[2]	Gebäudeenergiegesetz, 2023: Gesetz zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes, zur Änderung des Bürgerlichen Gesetzbuches, zur Änderung der Verordnung über Heizkostenabrechnung, zur Änderung der Betriebskostenverordnung und zur Änderung der Kehr- und Prüfungsordnung vom 16. Oktober 2023
[3]	AG Energiebilanzen, 2024: „Auswertungstabellen“ (Stand 11/2023) (https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/auswertungstabellen/)
[4]	Umweltbundesamt, 2019: BioRest: Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem (Strom-, Wärme- und Verkehrssektor). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-09-24_texte_115-2019_biorest.pdf
[5]	Clausen, Jens; Seifert Thomas; Huber, Michael, 2024: Die Wärmewende. Zentrale Aufgabe einer klimaverantwortlichen Kommunalpolitik. Scientist for Future. Berlin. (https://de.scientists4future.org/wp-content/uploads/sites/3/2024/02/Waermewende-Buch-S4F_2024.pdf)
[6]	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), 2022: Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS) (https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/eckpunkte-nationale-biomassestrategie-nabis.html)
[7]	Deutsche Energie-Agentur, 2023: Marktmonitoring Bioenergie 2023 – Datenerhebungen, Einschätzungen und Prognosen zu Entwicklungen, Chancen und Herausforderungen des Bioenergiemarktes (https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/ANALYSE_Marktmonitoring_Bioenergie_2023.pdf)

Quellenverzeichnis

[8]	Umweltbundesamt, 2022: Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2021 (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/hg_erneuerbareenergien_dt.pdf)
[9]	DEPV, 2022: Pellet Produktion und Verbrauch. (https://www.depv.de/p/Pelletproduktion-und-verbrauch-in-Deutschland-Anteil-ENplus-5eJAc88yiMU8j4BUh6SmPM)
[10]	BImSchV, 2021: Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes *) (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV)
[11]	Wärmeplanungsgesetz, 2023: Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz – WPG) (Stand 22.12.2023)
[12]	BImSchV, 2021: Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes *) (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV)
[13]	Felix Kullmann, 2023: Energieperspektiven 2030 – Detailergebnisse (https://www.fz-juelich.de/de/iek/iek-3/aktuelles/meldungen/energieperspektiven-2030)
[14]	