

Die kommunale Wärmeplanung auf Basis eines digitalen Zwillings

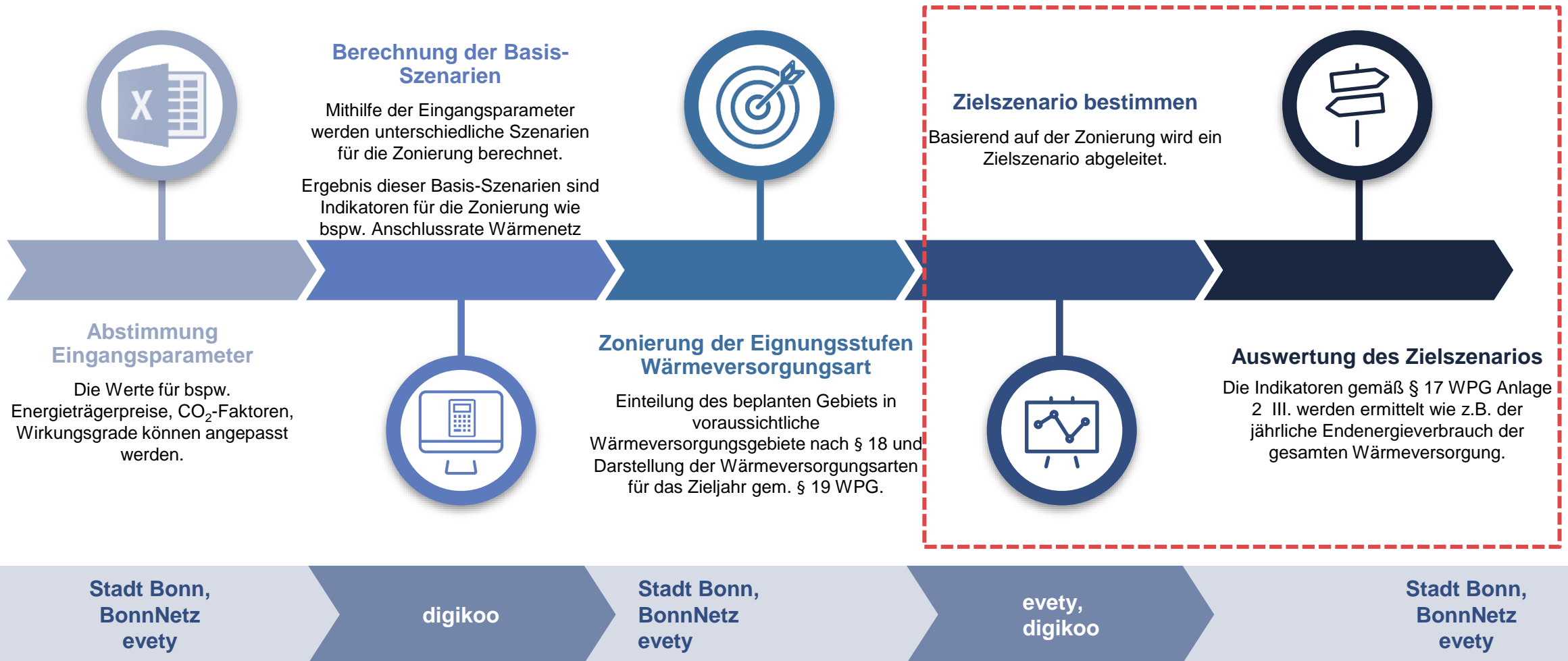
Zielszenarien 2045 und 2035

INHALT

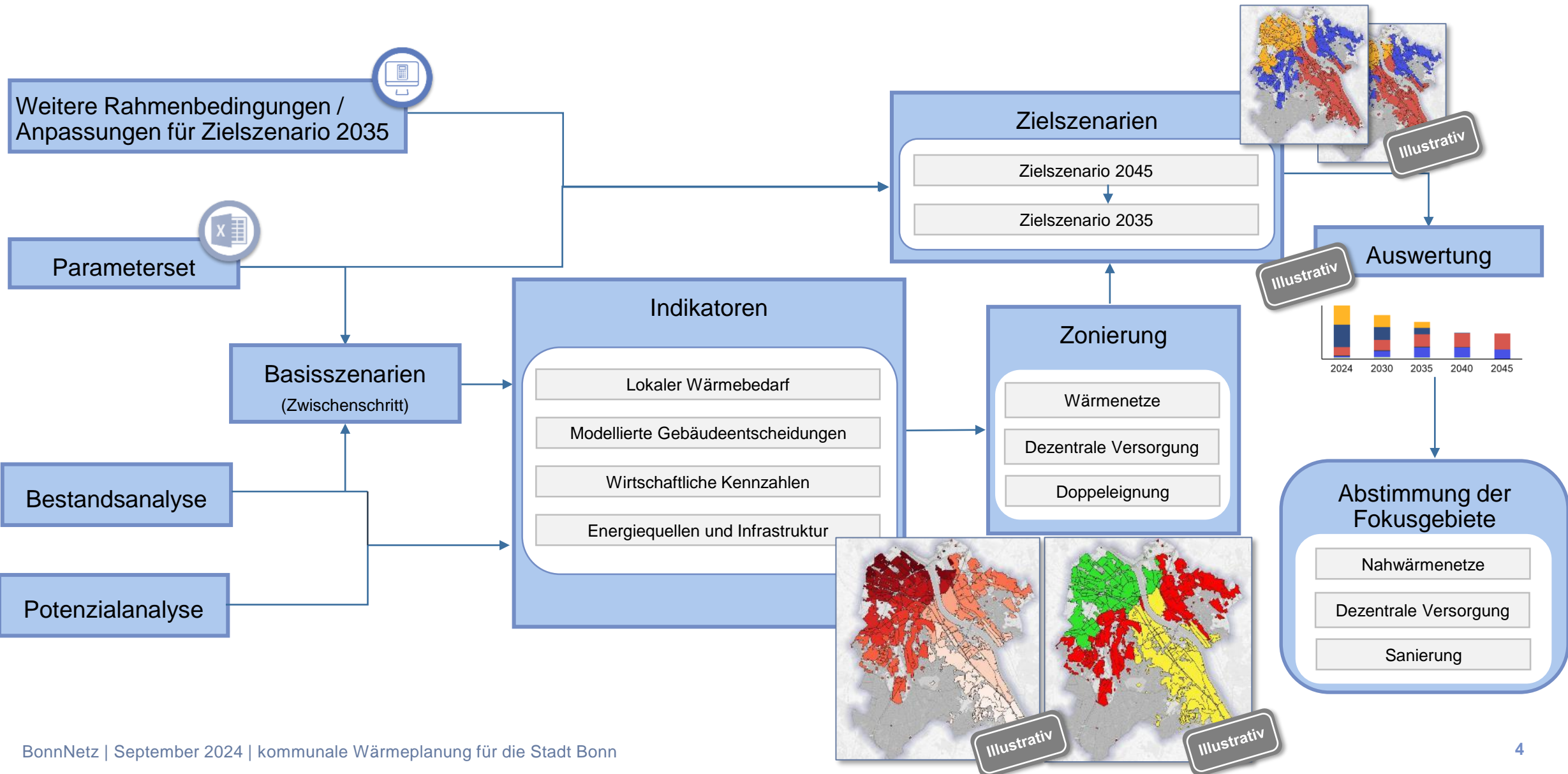
1. Einleitung
2. Zielszenario 2045
3. Zielszenario 2035



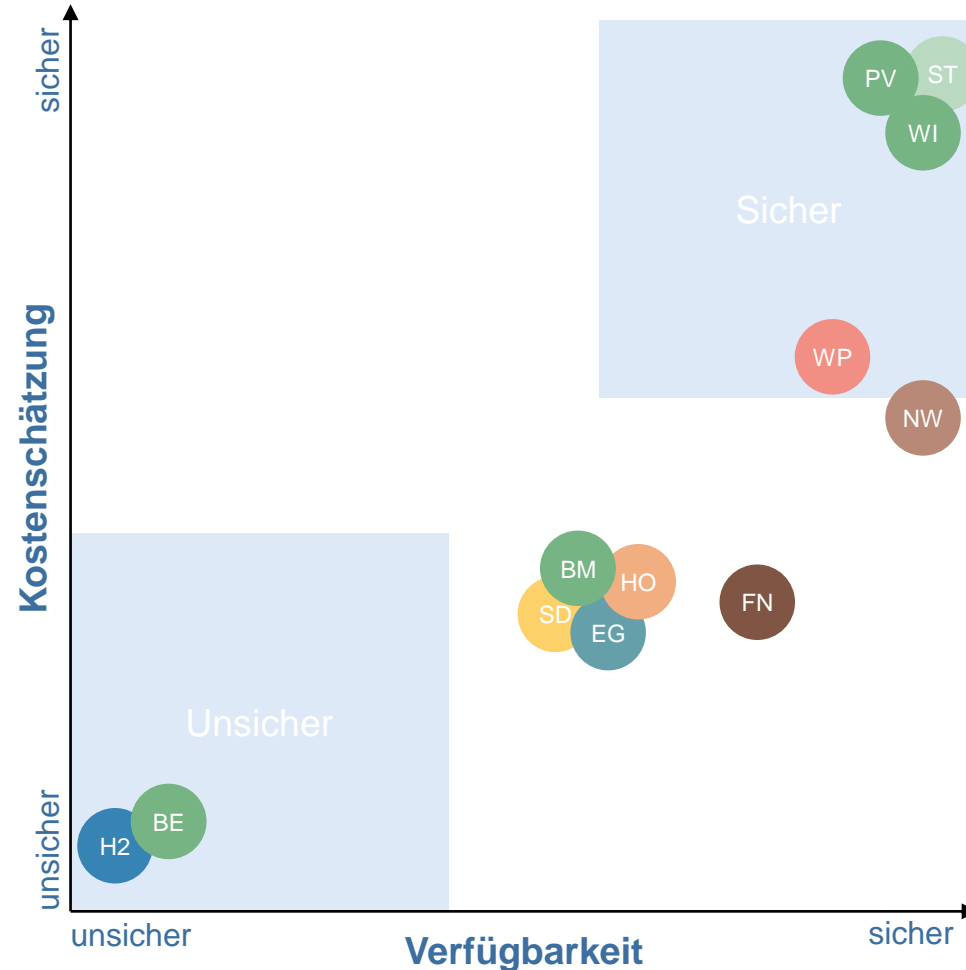
Die Indikatoren dienen im Vorgehensmodell als Grundlagen für die Zonierung



Mithilfe der Basisszenarien werden die Indikatoren für die Zonierung abgeleitet



Vor allem PV, Wind und Solarthermie werden nach getätigten Anfangsinvestitionen eine maximale Preis- und Verfügbarkeitssicherheit aufweisen

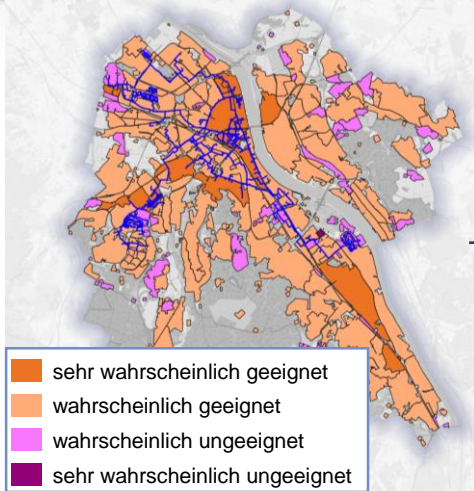


Anmerkungen

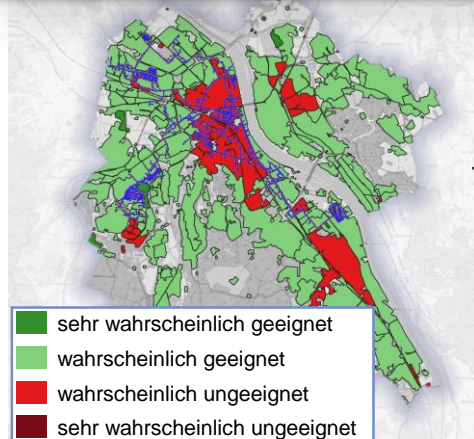
- **PV, Wind und Solarthermie** sind zwar **volatil**, weisen aber nach den Anfangsinvestitionen eine hohe **Preis-** und **Verfügbarkeitssicherheit** auf.
- Die **Wärmepumpe** verfügt durch einen hohen Anteil an Umweltwärme über eine hohe **Verfügbarkeit**, ist jedoch durch den **volatilen Strompreis** unsicher in der Kosteneinschätzung.
- **Konventionelle** Energieträger sind **unsicher** in ihrer Preisentwicklung.
- **Wasserstoff** und **Biomethan** sind sowohl in ihrer Preisentwicklung als auch in ihrer Verfügbarkeit **sehr unsichere** Energieträger.

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

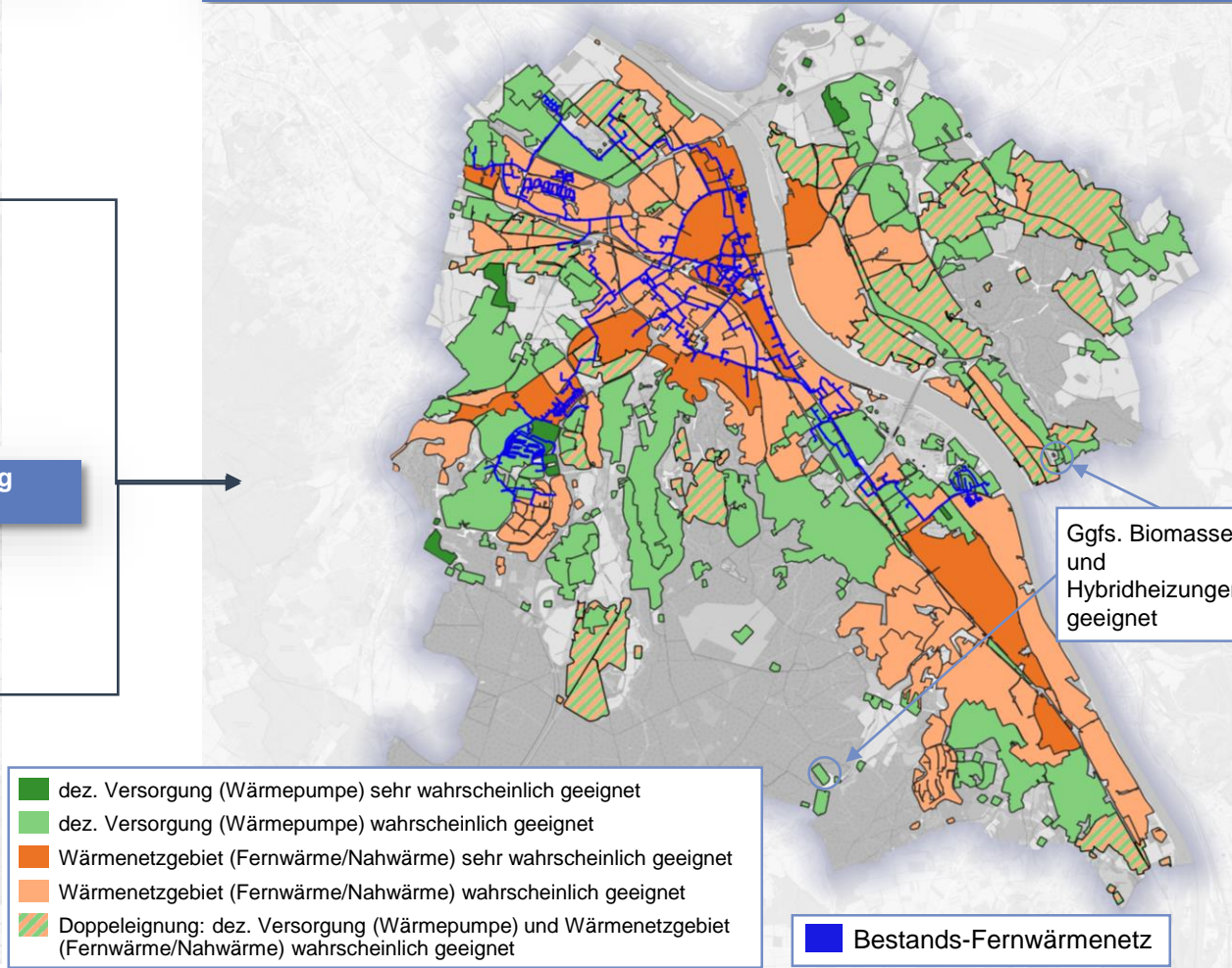
Eignungsstufen Wärmenetzgebiet (Fernwärme/Nahwärme)



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.

INHALT

1. Einleitung
2. Zielszenario 2045
3. Zielszenario 2035










Das Zielszenario 2045 erreicht eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045

Vorgehensweise

- Dieses Szenario setzt voraus, dass **Anreize** geschaffen werden, eine Heizung bereits zu ersetzen, bevor sie kaputt geht bzw. das Ende ihrer im Modell angenommenen Lebensdauer erreicht.
- Die nachfolgenden Auswertungen beziehen sich auf **die Bestandsgebäude** in Bonn. In dieser wurden circa 62 Tsd. Gebäude erfasst. Es wurden **keine Neubauten** berücksichtigt, weder in bereits ausgewiesenen Neubaugebieten noch in Form von durchschnittlichen Wachstumsquoten.
- Des Weiteren ist der Einbau von **fossil-betriebenen Heizungen** ab 2024 verboten.

Weitere Annahmen

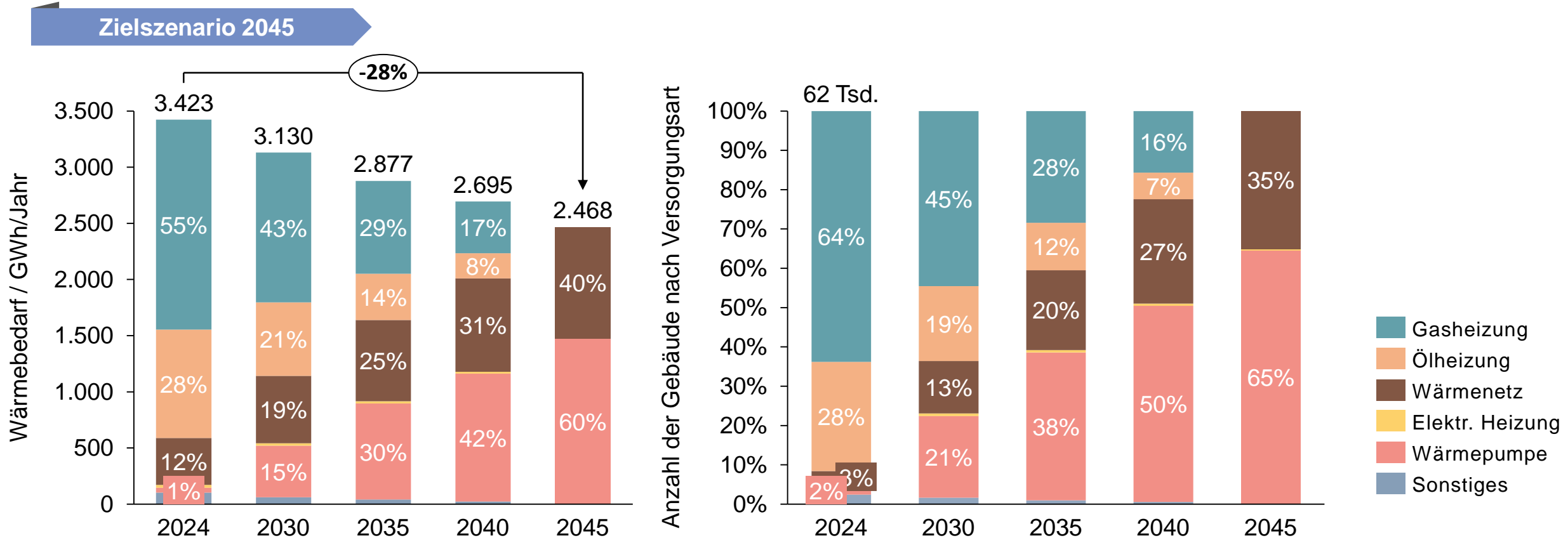
- Ein **Wechsel** von **bereits bestehenden Wärmenetzanschlüssen** auf eine alternative Heizungstechnologie ist **nicht möglich**
- Ein **Wechsel** von **Wärmepumpen** auf einen **Wärmenetzanschluss** ist nicht möglich
- Die **Kesselaustauschrate*** im **Zielszenario 2045** beträgt jährlich **5 %**, das entspricht jährlich circa **3.000 Heizungen**

	Zielszenario 2045 / Zielszenario 2035
 Wärmepumpe	✘
 Wärmenetz	✘
 Elektr. Heizungen	✘
 Ölheizung	○
 Gasheizung	○
 Hybridheizung	○
 Grüne Gase (Biomethan)	○
 Biomasse (Pelletheizung)	○
Sonstiges	○

✘ Neustallation möglich ○ In Bestand

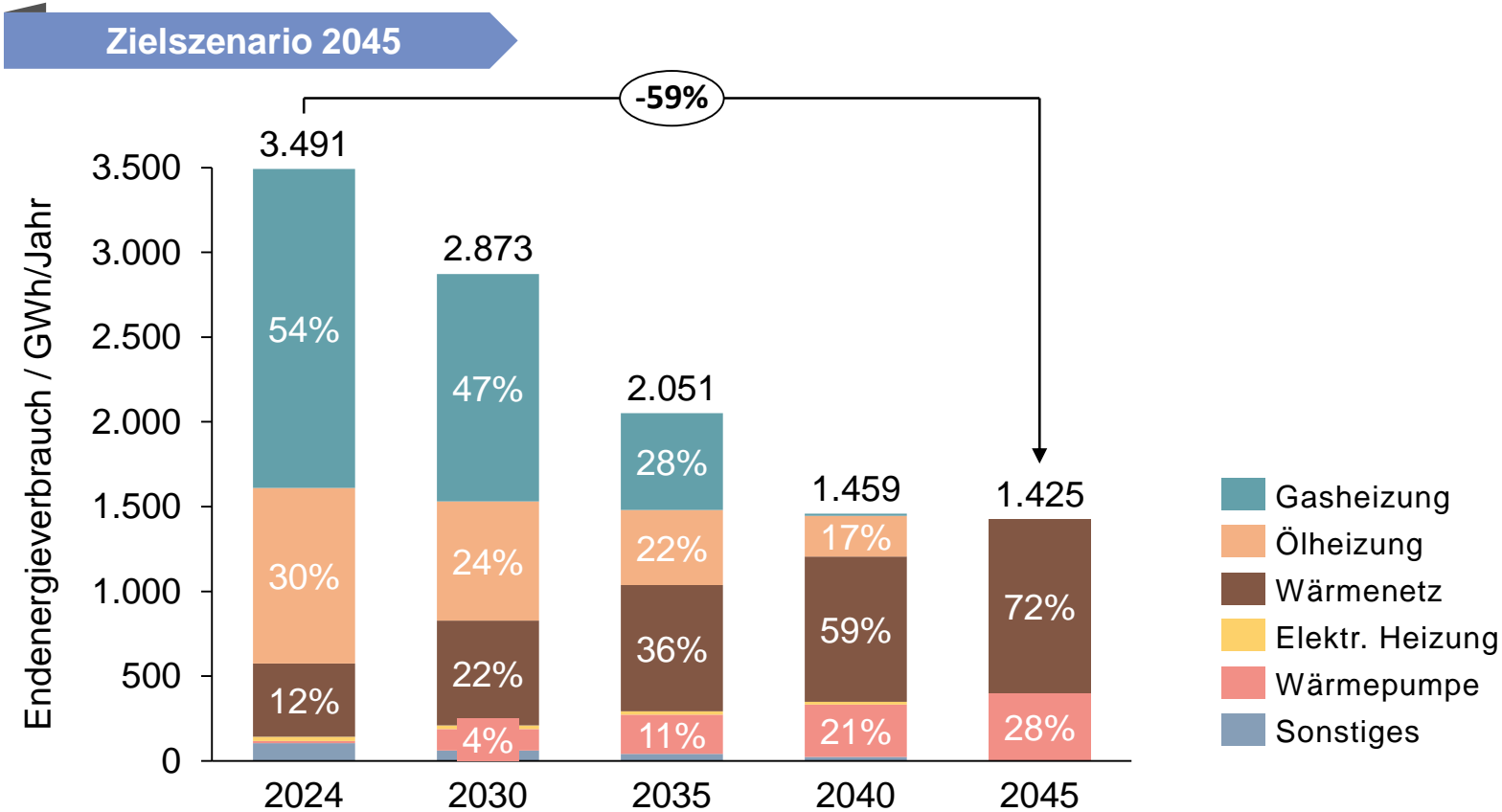
*Kesselaustauschrate = Ist der Anteil der Heizungen die jährlich gewechselt werden. Im Jahr 2022 wurden circa 5 % der Heizungen gewechselt, wobei dieser Wert höher als in den Vorjahren war
BonnNetz | September 2024 | kommunale Wärmeplanung für die Stadt Bonn

Im Zieljahr 2045 müssen laut Modellergebnis 35 % der Gebäude mit Wärme über ein Wärmenetz und 65 % über Wärmepumpen versorgt werden



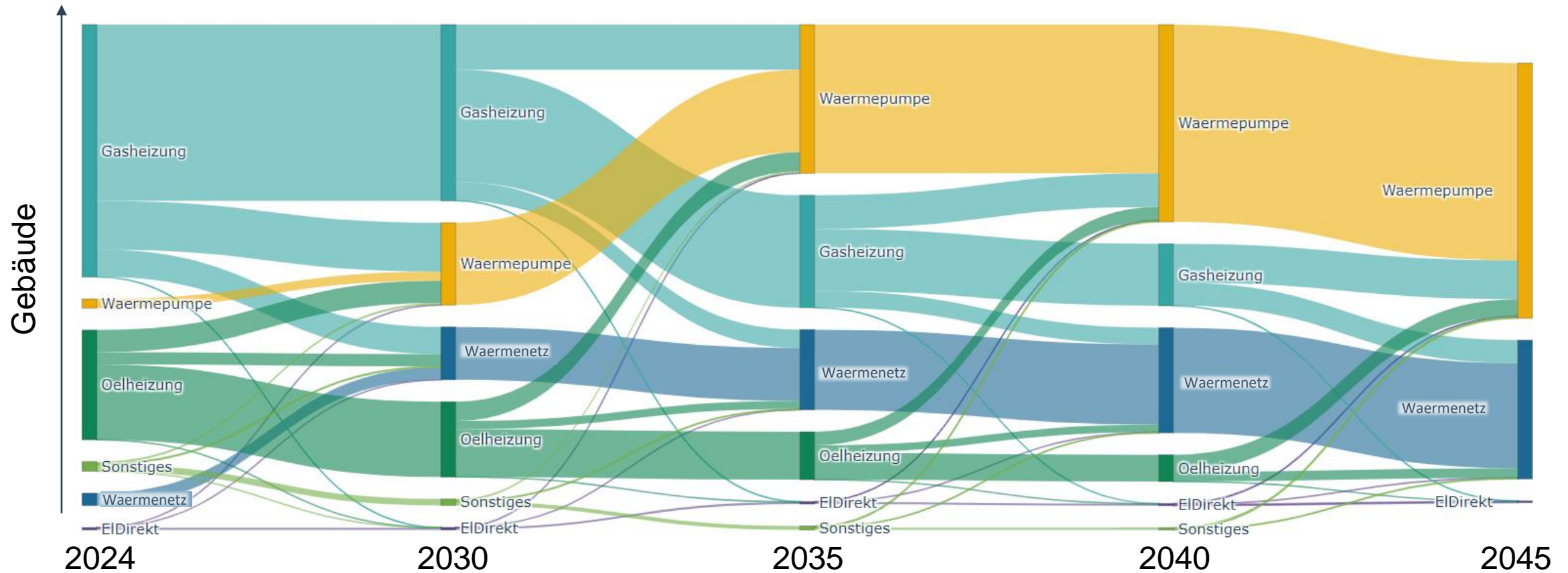
- Der Wärmebedarf im Stadtgebiet wird zunehmend anstatt von fossilen Energieträgern, von Wärmepumpen und Wärmenetzen gedeckt werden.
- Durch Sanierungsmaßnahmen wird der aktuelle Wärmebedarf um 28 % reduziert
- Um das Zielbild des Szenarios 2045 zu erreichen, werden steigende Wärmenetzkapazitäten benötigt und die Anzahl der angeschlossenen Gebäude verzehnfachen sich

Der Endenergieverbrauch muss bis zum Zieljahr 2045 um rund 59 % sinken, was durch den erhöhten Einsatz von Wärmepumpen erreichbar ist



- Der Wärmebedarf im Stadtgebiet wird zunehmend anstatt von fossilen Energieträgern, von Wärmepumpen und Wärmenetzen gedeckt werden.
- Durch den höheren Wirkungsgrad von Wärmepumpen sinkt der Endenergiebedarf deutlich stärker im Vergleich zum Wärmebedarf
- Der Strombedarf zur Wärmeversorgung steigt im Zielszenario von ca. 38 GWh/a auf 399 GWh/a. Es müssen also zusätzlich 361 Gigawattstunden pro Jahr an Strom bereit gestellt werden. Der Ausbau des Stromnetzes wird notwendig sein. Zusätzlich muss der Strombedarf für die zunehmende E-Mobilität berücksichtigt werden.

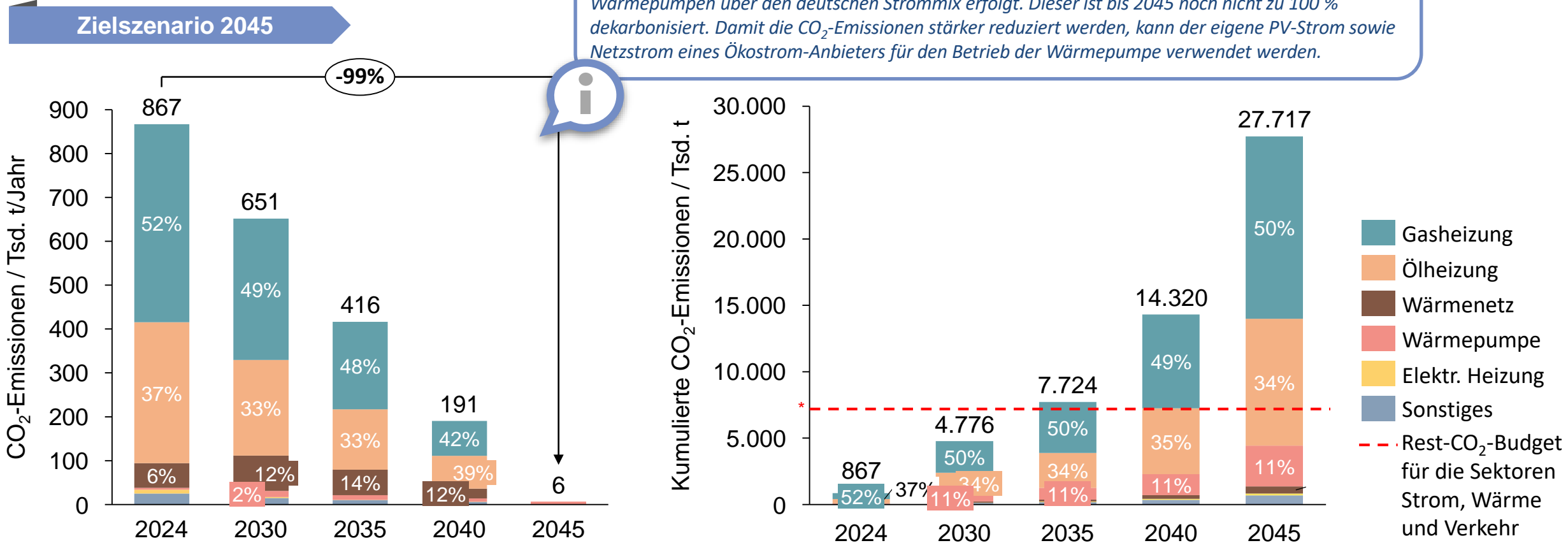
Insgesamt kann im Modell eine starke Migration von fossilen Energieträgern hin zu Wärmepumpen und Wärmenetzen beobachtet werden



- Es findet ein starker Wechsel von fossilen Energieträgern zu Wärmepumpen und Wärmenetzen statt.
- Vereinzelt wechseln Haushalte zu elektrischen Direktheizungen.

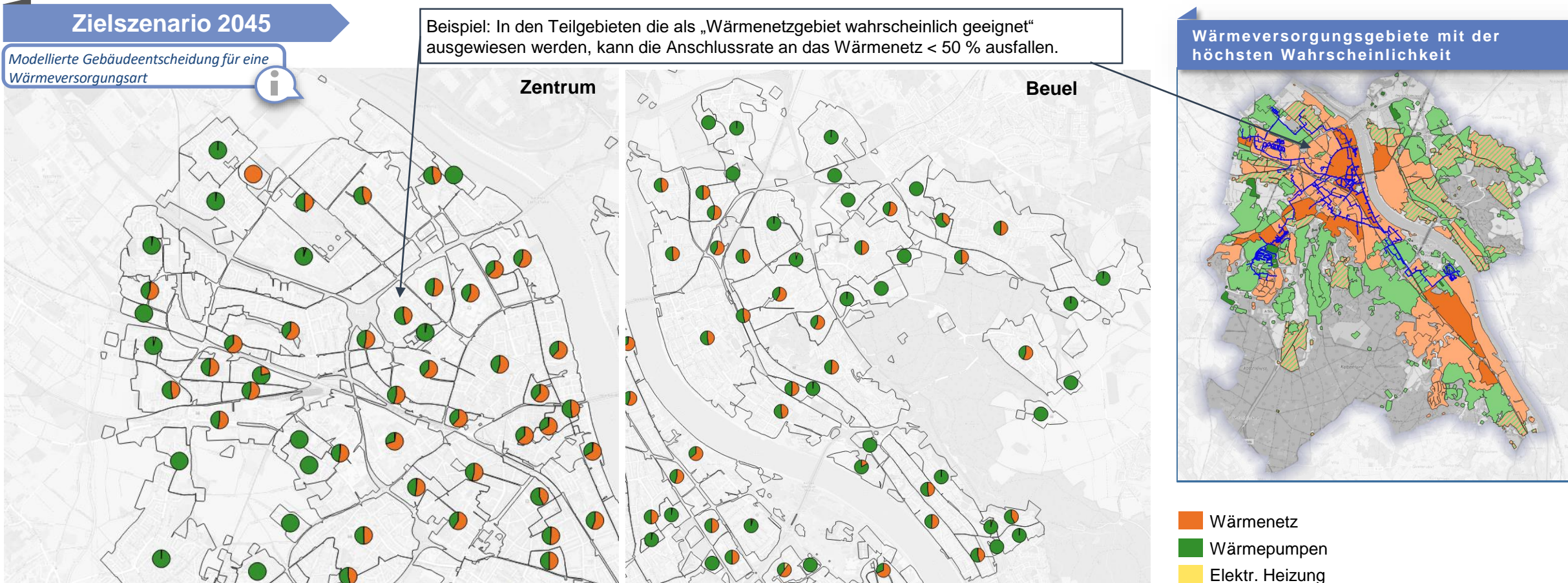
Die CO₂-Emissionen müssen bis zum Zieljahr 2045 um 99 % sinken

Es verbleiben auch 2045 Rest-Emissionen, da angenommen wurde, dass der Betrieb der elektrischen Wärmepumpen über den deutschen Strommix erfolgt. Dieser ist bis 2045 noch nicht zu 100 % dekarbonisiert. Damit die CO₂-Emissionen stärker reduziert werden, kann der eigene PV-Strom sowie Netzstrom eines Ökostrom-Anbieters für den Betrieb der Wärmepumpe verwendet werden.



- Die CO₂-Emissionen des Wärmesektors sinken bis zum Zieljahr um knapp 99 %, die restlichen 1 % der Emissionen sind durch den deutschen Strommix begründet. Grundlage für die sinkenden Emissionen sind die angenommene Dekarbonisierung der Energieträger Strom und Wärmenetze.
- Im Zielszenario werden bis zum Jahr 2045 noch circa 27,7 Millionen Tonnen CO₂ emittiert. *Schon im Jahr 2035 wird in diesem Szenario das Rest-CO₂-Budget gemäß Klimaplan Bonn 2035 überschritten, wenn es nur für den Sektor Wärme verwendet würde. Da auch die Sektoren Strom und Verkehr erhebliche CO₂-Emissionen verursachen, ist das Rest-CO₂-Budget in Realität noch deutlich früher aufgebraucht.

Anschlussraten: Gebäude-Eigentümer*innen entscheiden sich im modellierten Zielszenario 2045 im Zentrum von Bonn zu 50-70 % für den Anschluss an ein Wärmenetz

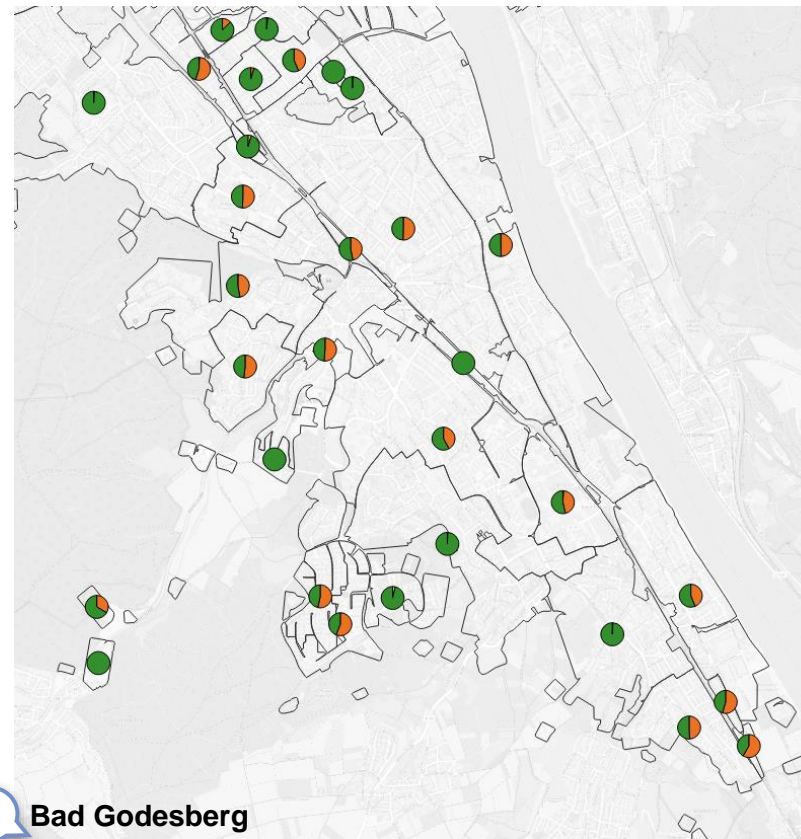
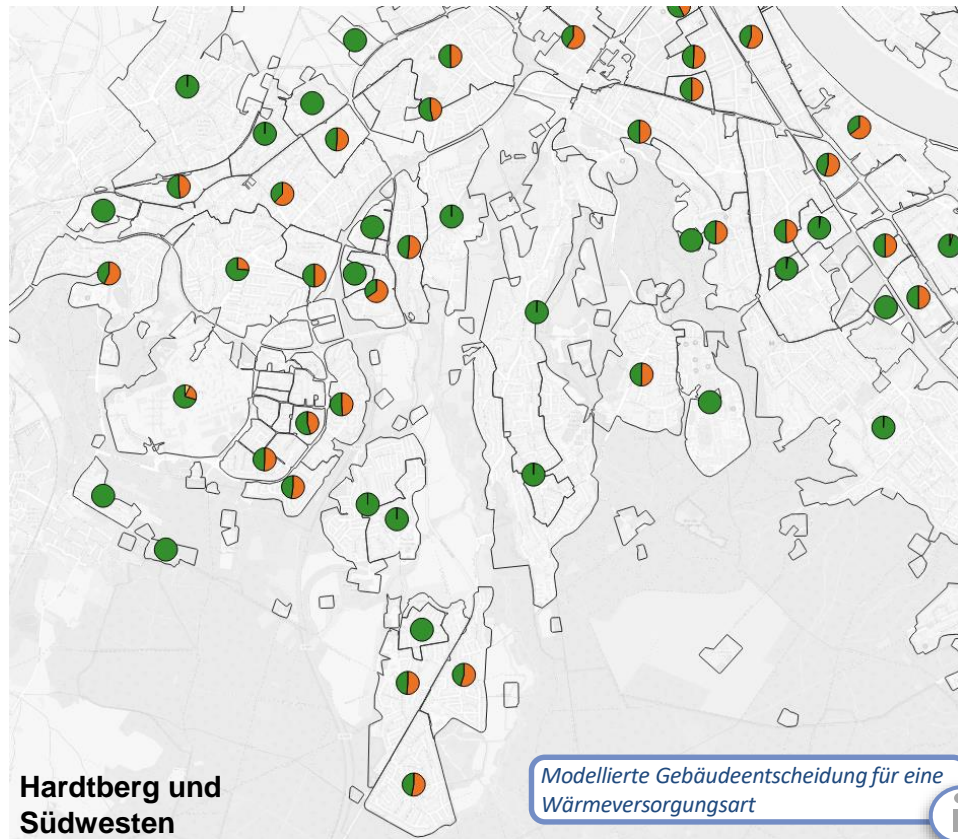


Die Karten zeigen, wie viel Prozent der Gebäude sich - unter der Annahme, dass eine Wärmenetz-Infrastruktur in den Teilgebieten, für die eine Wärmenetzzeignung wahrscheinlicher ist als dezentrale Versorgung, bereits bestünde - für den Anschluss an dieses Wärmenetz entscheiden würden ("modellierte Gebäudeentscheidung").

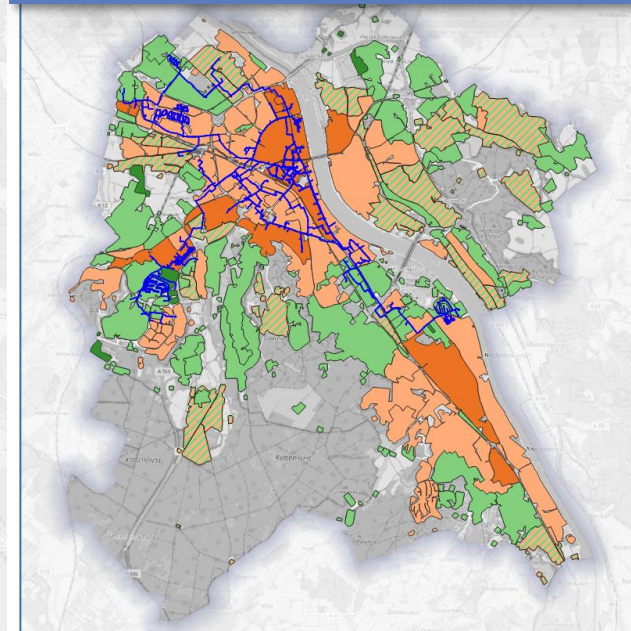
- In Wärmenetz-Eignungsgebieten im Zentrum werden höhere Anschlussraten an das Wärmenetz von > 50 % und teilweise bis zu 70 % erreicht. Sanierungsmaßnahmen sind in diesen Gebieten aus wirtschaftlicher Sicht unattraktiv.
- Im Bonner Norden ist der Anteil der Wärmepumpen höher. Sanierungsmaßnahmen begünstigen den effizienten Betrieb der Wärmepumpen.
- In Beuel werden in Wärmenetz-Eignungsgebieten größtenteils Anschlussraten von knapp unter 50 % erreicht, mit einzelnen Ausnahmen.

Im Südwesten und in Bad Godesberg führen die modellierten Gebäudeentscheidungen zu Anschlussraten von um die 50 %

Zielszenario 2045



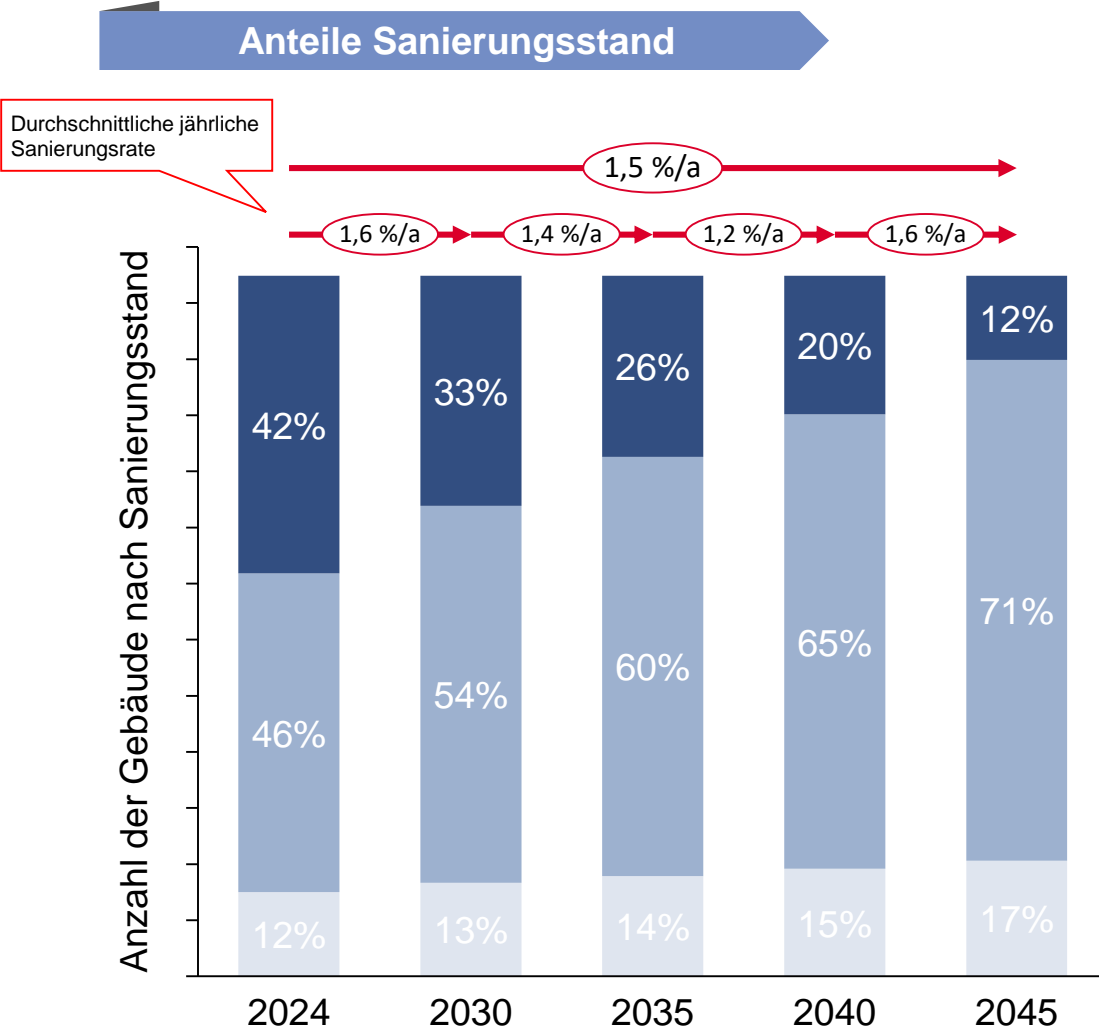
Wärmeversorgungsgebiete mit der höchsten Wahrscheinlichkeit



- Wärmenetz
- Wärmepumpen
- Elektr. Heizung

- In Teilgebieten, die für ein Wärmenetz wahrscheinlicher sind als dezentrale Versorgung, ergeben sich im Südwesten größtenteils Anschlussraten von um die 50 % mit Ausnahme des Teilgebiets Hardtberg.
- Auch in den Wärmenetz-Eignungsgebieten von Bad Godesberg führen die modellierten Gebäudeentscheidungen meist zu Anschlussquoten von ca. 50 %.

Die Anzahl der unsanierten Gebäude im Stadtgebiet muss sich von rund 26.500 im Jahr 2024 auf rund 7.490 im Zieljahr 2045 verringern



Anmerkungen:

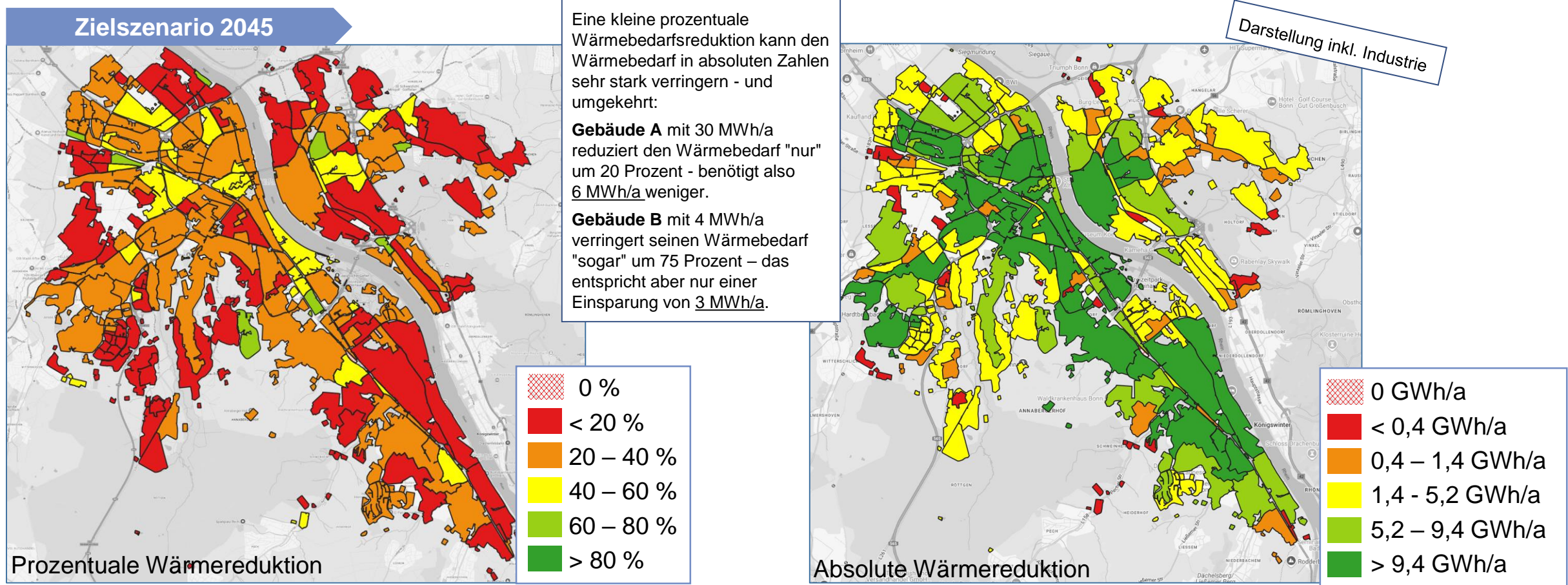
- Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial sind vor allem Gebiete mit einem älteren Gebäudebestand und einem dementsprechend hohen (spezifischen) Raumwärmebedarf.
- In vielen Teilgebieten können durch **serielle Sanierungsprozesse** Skaleneffekte und damit kostengünstige Energieeinsparungen realisiert werden.
- Ein Fokus können z.B. **Großsiedlungen** sein, die in den **60er- und 70er-Jahren** errichtet wurden, da diese sich besonders für eine **serielle Sanierung** eignen.
- Aktuell befinden sich in Bonn **26.500 unsanierte Gebäude**, bis 2045 werden davon **19.010 Gebäude entweder teil- oder vollsaniert**. Dies entspricht pro Jahr rund **950 Gebäude**.
- Die durchschnittliche **jährliche Sanierungsrate** von 2024 bis 2045 beträgt **1,5 %**.

Jährliche Sanierungsrate Zieljahr 2045

$$= \frac{((\text{Anzahl Gebäude}_{\text{teilsaniert},2045} + \text{Anzahl Gebäude}_{\text{vollsaniert},2045}) - (\text{Anzahl Gebäude}_{\text{teilsaniert},2024} + \text{Anzahl Gebäude}_{\text{vollsaniert},2024}))}{\text{Anzahl Gebäude}_{\text{gesamt}} * (2045 - 2024)}$$

- Unsaniert
- Teilsaniert: Dach und Keller
- Vollsaniert: Dach, Keller, Fenster und Fassade

Durch energetische Modernisierung muss sich bis zum Zieljahr 2045 der prozentuale und absolute Wärmebedarf reduzieren



- Vereinzelt mittlere prozentuale Wärmereduktionen vorwiegend im Bonner Norden, Beuel sowie im Raum Dottendorf/Friesdorf (40 bis 60 Prozent). In Bad Godesberg und am Hardtberg finden sich eher niedrige prozentuale Wärmereduktionen von weniger als 40 Prozent.
- Aktuell noch hohe absolute Wärmeverbräuche in Verbindung mit hohen relativen Reduktionen führen in einzelnen Gebieten zu hohen absoluten Reduktionen (z.B. Venusberg und Teilgebiet in Beuel). Am Hardtberg oder in Bad Godesberg kann eine Bedarfsreduktion von nur 20-40 Prozent zu hohen absoluten Wärmeeinsparungen in Höhe von circa 9,4 GWh/a führen

INHALT

1. Einleitung
2. Zielszenario 2045
3. Zielszenario 2035











Das Zielszenario 2035 erreicht eine frühzeitige CO₂-neutrale Wärmeversorgung bis zum Jahr 2035

Vorgehensweise

- Das **Zielszenario 2035** für Bonn wurde aus dem (gesetzlich vorgeschriebenen) **Zielszenario 2045** abgeleitet.
- Dabei wurde angenommen, dass **100 % Heizungswechsel bis 2035** vorgenommen wird. Verteilt über 10 Jahre werden jährlich mindestens 10 Prozent der Heizungen ausgetauscht.
- Dieses Szenario setzt voraus, dass **Anreize** geschaffen werden, eine Heizung bereits zu ersetzen, bevor sie kaputt geht bzw. das Ende ihrer im Modell angenommenen Lebensdauer erreicht.
- Die nachfolgenden Auswertungen beziehen sich auf **die Bestandsgebäude** in Bonn. In dieser wurden circa 62 Tsd. Gebäude erfasst. Es wurden **keine Neubauten** berücksichtigt, weder in bereits ausgewiesenen Neubaugebieten noch in Form von durchschnittlichen Wachstumsquoten.
- Des Weiteren ist Einbau von **fossil-betriebenen Heizungen** ab 2024 verboten.

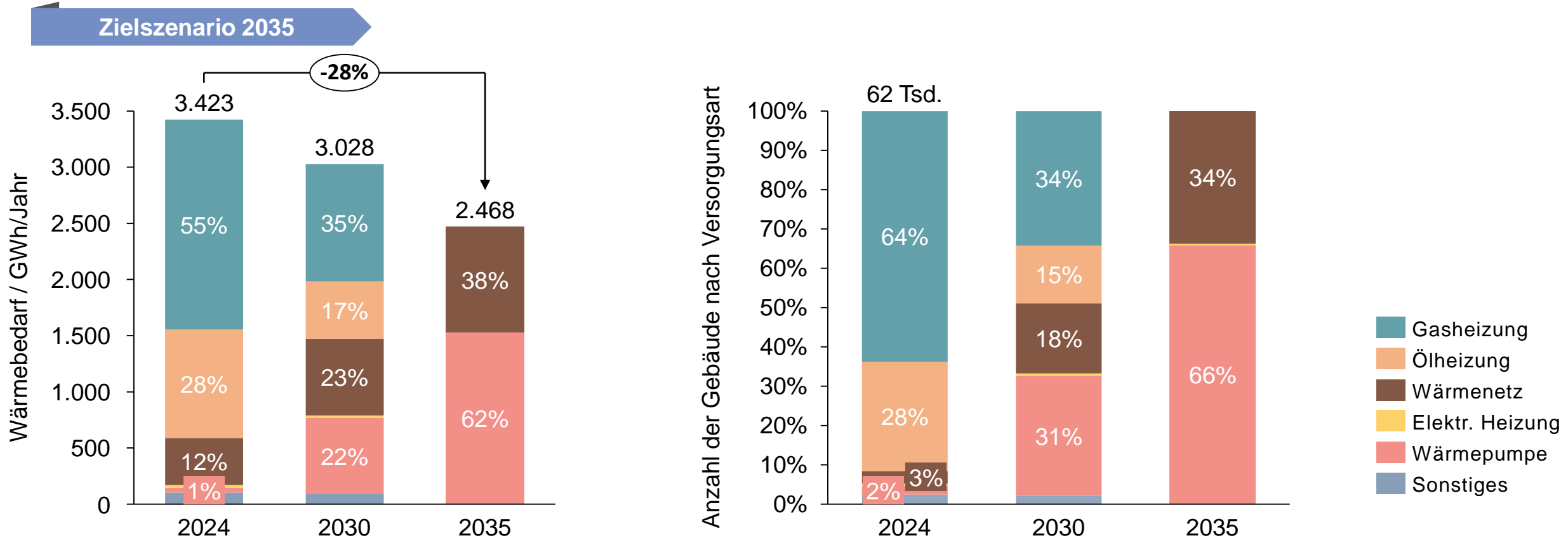
Weitere Annahmen

- Ein **Wechsel** von bereits **bestehenden Wärmenetzanschlüssen** auf eine alternative **Heizungstechnologie** ist nicht möglich
- Ein **Wechsel** von **Wärmepumpen** auf einen **Wärmenetzanschluss** ist nicht möglich
- Die **Kesselaustauschrate** im **Zielszenario 2035** beträgt jährlich **7,5 - 11 %**, das entspricht jährlich circa **4.600 bis 6.700 Heizungen**.

	Zielszenario 2045 / Zielszenario 2035
 Wärmepumpe	✘
 Wärmenetz	✘
 Elektr. Heizungen	✘
 Ölheizung	○
 Gasheizung	○
 Hybridheizung	○
 Grüne Gase (Biomethan)	○
 Biomasse (Pelletheizung)	○
Sonstiges	○

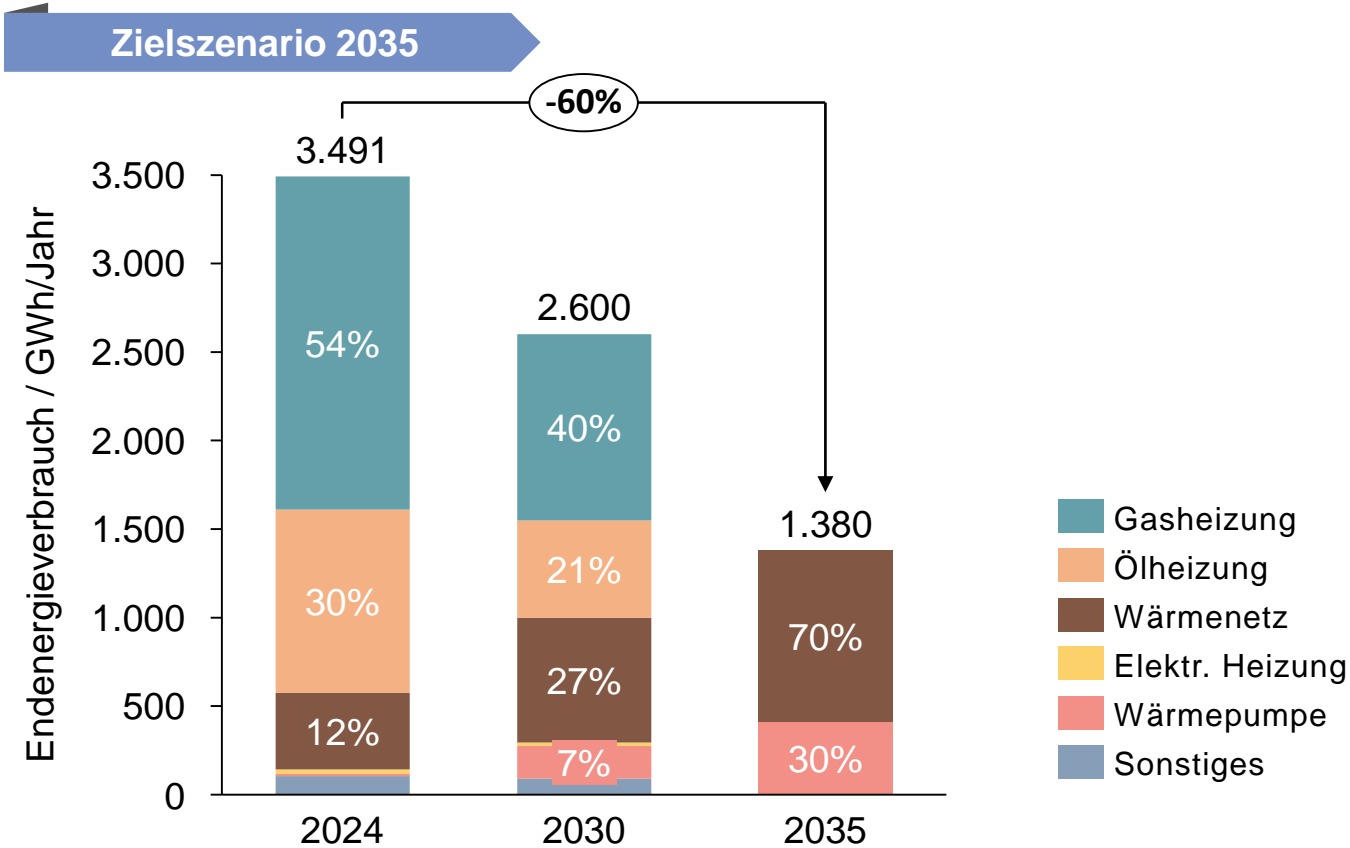
✘ Neustallation möglich ○ In Bestand

Der Wärmebedarf muss bis zum Zieljahr 2035 durch Sanierungsmaßnahmen um rund 28 % sinken



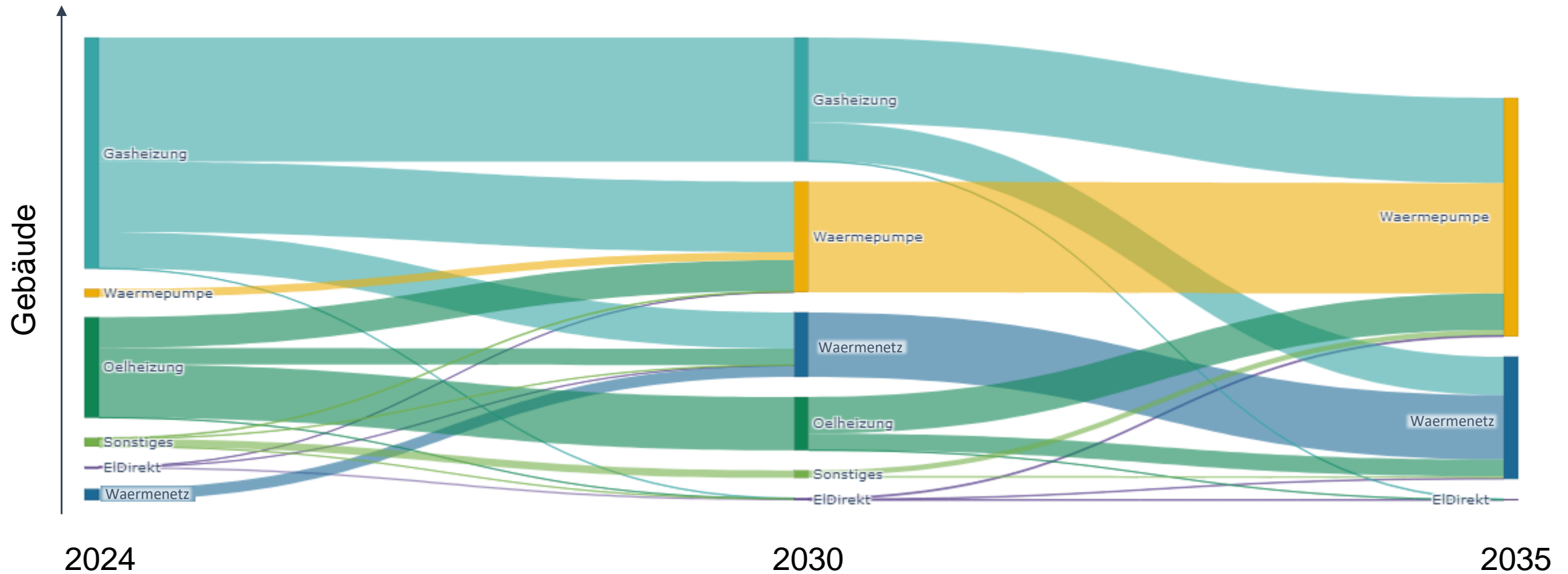
- Der Wärmebedarf im Stadtgebiet wird zunehmend anstatt von fossilen Energieträgern, von Wärmepumpen und Wärmenetzen gedeckt werden.
- Durch Sanierungsmaßnahmen wird der aktuelle Wärmebedarf um 28 % reduziert
- Um das Zielbild des Szenarios 2035 zu erreichen, werden steigende Wärmenetzkapazitäten benötigt und die Anzahl der angeschlossenen Gebäude verzehnfacht sich

Der Endenergieverbrauch muss bis zum Zieljahr 2035 um rund 60 % sinken, was durch den erhöhten Einsatz von Wärmepumpen erreichbar ist



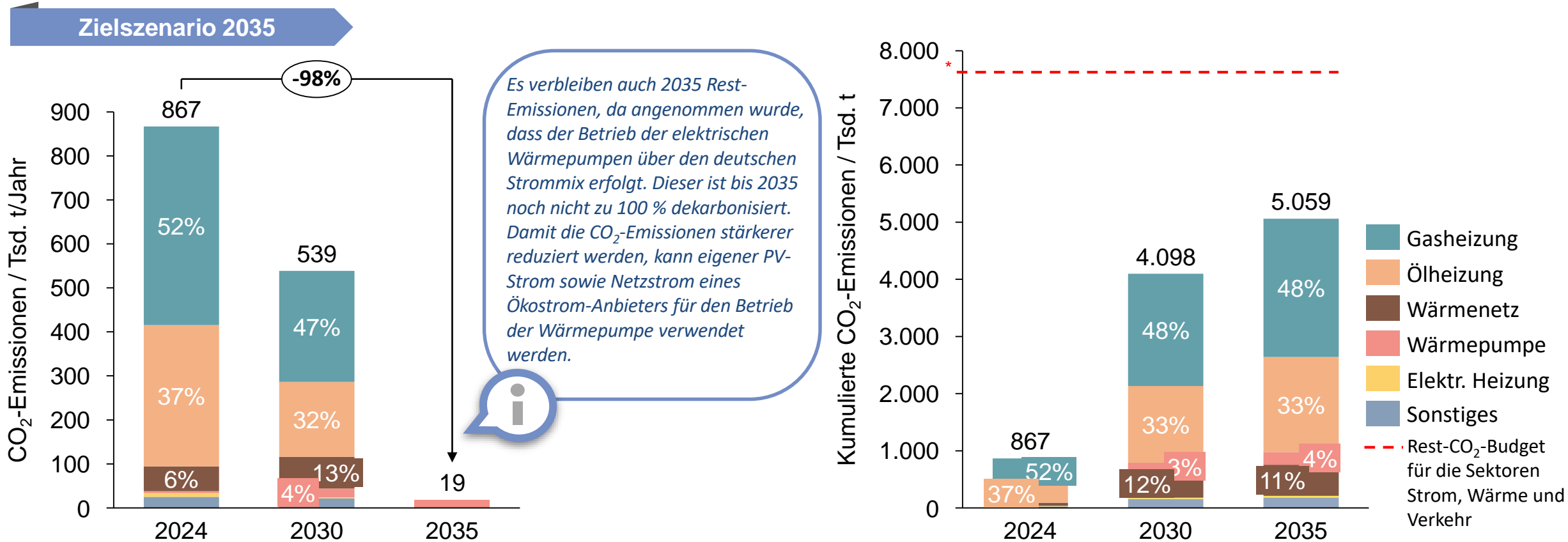
- Der Wärmebedarf im Stadtgebiet wird zunehmend anstatt von fossilen Energieträgern, von Wärmepumpen und Wärmenetzen gedeckt werden.
- Durch den höheren Wirkungsgrad von Wärmepumpen sinkt der Endenergiebedarf deutlich stärker im Vergleich zum Wärmebedarf
- Der Strombedarf zur Wärmeversorgung steigt im Zielszenario von ca. 38 GWh/a auf rund 420 GWh/a. Der Ausbau des Stromnetzes wird notwendig sein. Zusätzlich muss der Strombedarf für die zunehmende E-Mobilität ebenfalls berücksichtigt werden.

Insgesamt kann im Modell eine starke Migration von fossilen Energieträgern hin zu Wärmepumpen und Wärmenetzen beobachtet werden



- Starker Wechsel von Fossilen Heizungen zu Wärmepumpen; ein kleinerer Anteil wechselt zur Fernwärme.
- Insgesamt entsteht ein hoher Anteil an mit Wärmepumpen versorgten Gebäuden im Jahr 2035.

Die CO₂-Emissionen müssen bis zum Zieljahr 2035 um 98 % sinken



- Die CO₂-Emissionen des Wärmesektors sinken bis zum Zieljahr um knapp 98 %, die restlichen 2 % Emissionen sind durch den deutschen Strommix begründet.
- Im Zielszenario werden bis zum Jahr 2035 noch circa 5 Mt CO₂ emittiert
- Grundlage der sinkenden Emissionen sind auch die angenommen stark sinkenden Emissionen der Energieträger Strom und Wärmenetze
- *Das Rest-CO₂-Budget für Bonn würde von 2024-2035 zu zwei Dritteln allein für den Sektor Wärme verwendet. Um das Rest-CO₂-Budget gleichmäßiger auf alle drei Sektoren (Strom, Wärme, Verkehr) zu verteilen, müssten in der Wärmewende die Wärmebedarfsreduktion und die Heizungswechsel noch frühzeitiger erfolgen.

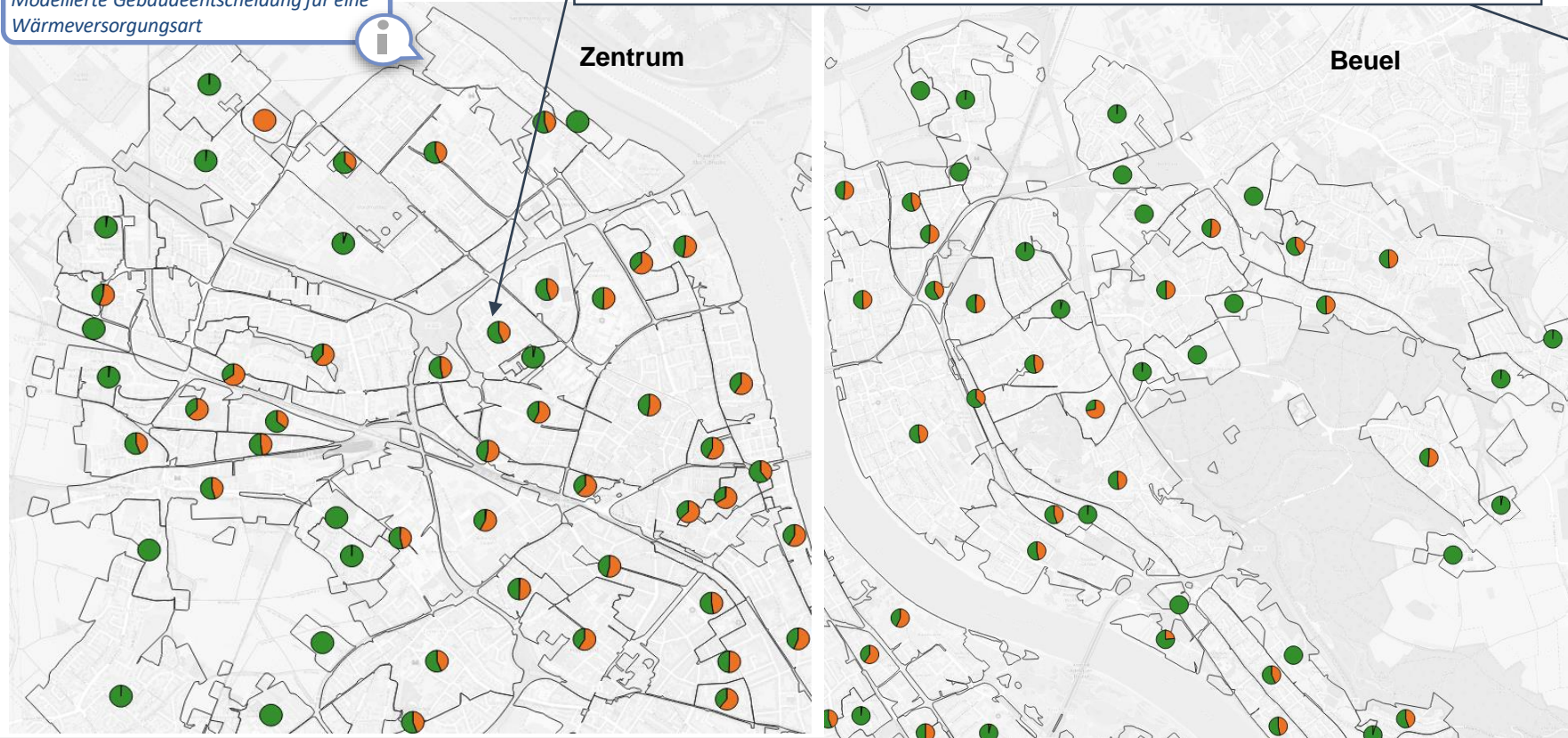
Anschlussraten: Gebäude-Eigentümer*innen entscheiden sich im modellierten Zielszenario 2035 im Zentrum von Bonn zu 50-70 % für den Anschluss an ein Wärmenetz

Zielszenario 2035

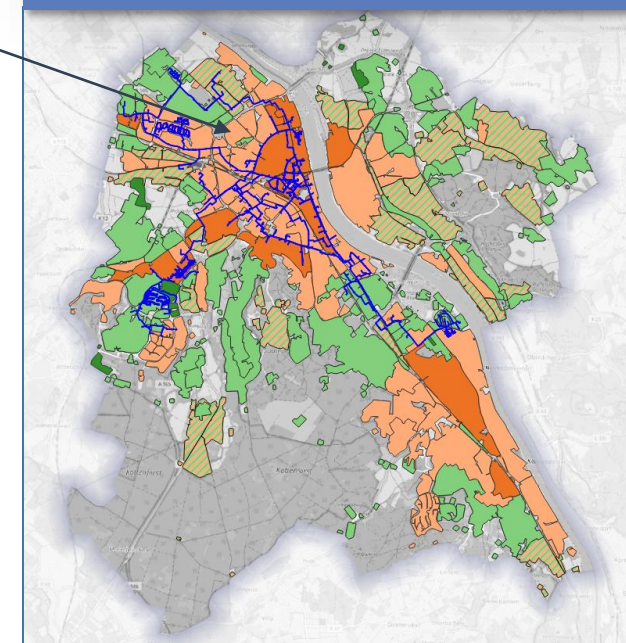
Modellierte Gebäudeentscheidung für eine Wärmeversorgungsart



Beispiel: In den Teilgebieten die als „Wärmenetzgebiet wahrscheinlich geeignet“ ausgewiesen werden, kann die Anschlussrate an das Wärmenetz < 50 % ausfallen.



Wärmeversorgungsgebiete mit der höchsten Wahrscheinlichkeit



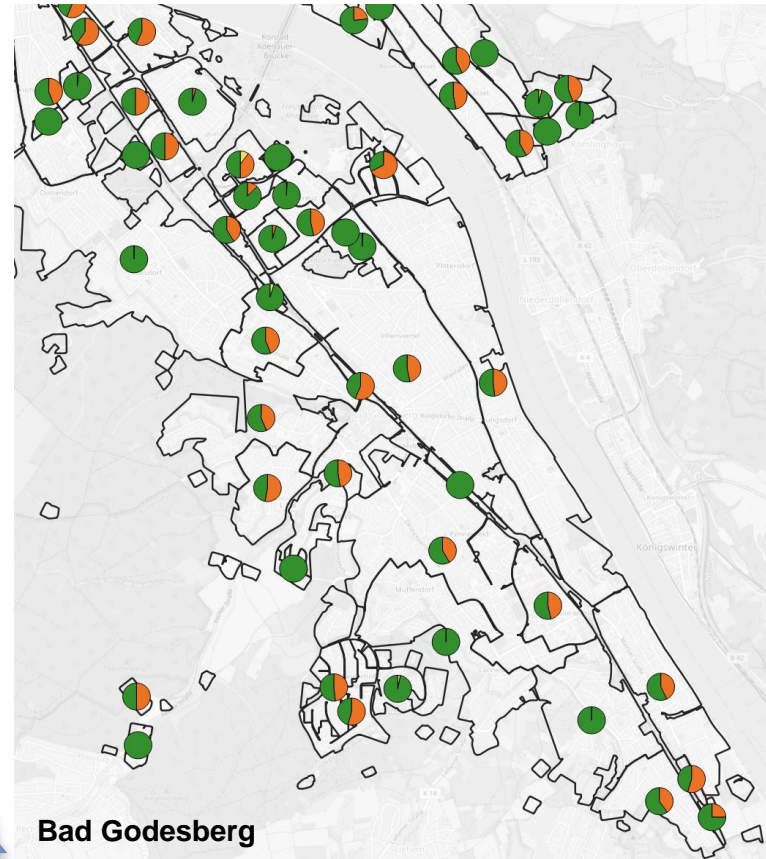
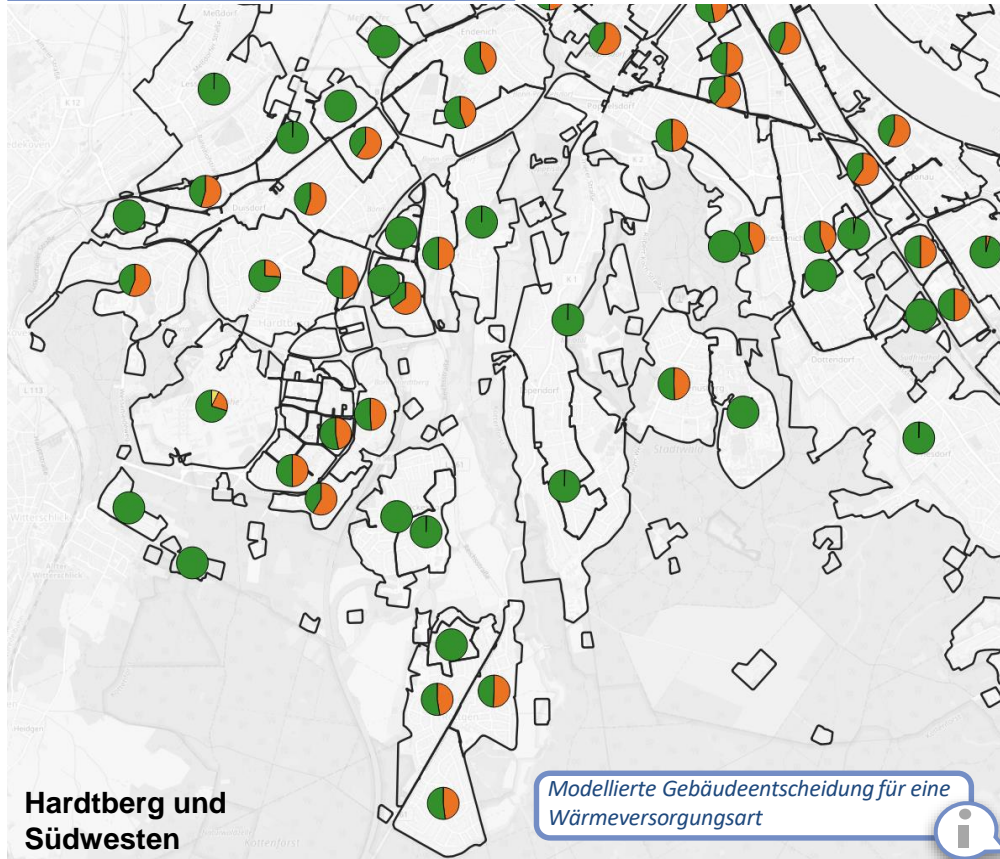
Orange Wärmenetz
Grün Wärmepumpen
Gelb Elektr. Heizung

Die Karten zeigen, wie viel Prozent der Gebäude sich - unter der Annahme, dass eine Wärmenetz-Infrastruktur in den Teilgebieten, für die eine Wärmenetzgeignung wahrscheinlicher ist als dezentrale Versorgung, bereits bestünde - für den Anschluss an dieses Wärmenetz entscheiden würden ("modellierte Gebäudeentscheidung").

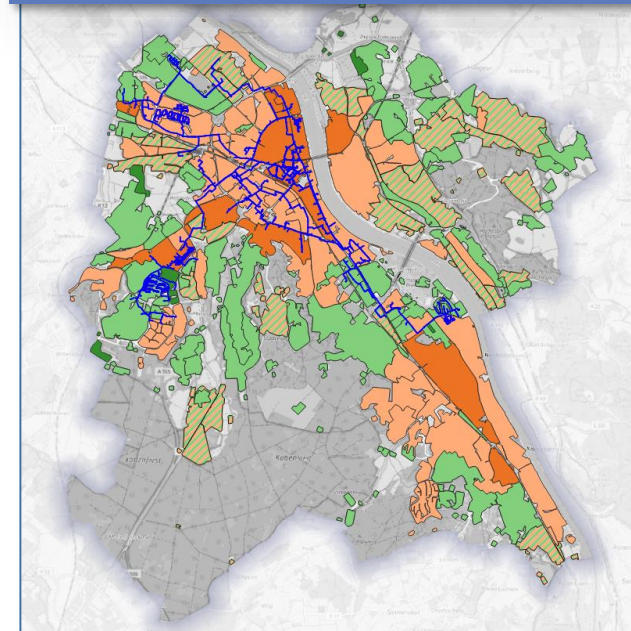
- In Wärmenetz-Eignungsgebieten im Zentrum werden höhere Anschlussraten an das Wärmenetz von > 50 % und teilweise bis zu 70 % erreicht. Sanierungsmaßnahmen sind in diesen Gebieten aus wirtschaftlicher Sicht unattraktiv.
- Im Bonner Norden ist der Anteil der Wärmepumpen höher. Sanierungsmaßnahmen begünstigen den effizienten Betrieb der Wärmepumpen.
- In Beuel werden in Wärmenetz-Eignungsgebieten größtenteils Anschlussraten von knapp unter 50 % erreicht, mit einzelnen Ausnahmen.

Im Südwesten und in Bad Godesberg führen die modellierten Gebäudeentscheidungen zu Anschlussraten von um die 50 %

Zielszenario 2035



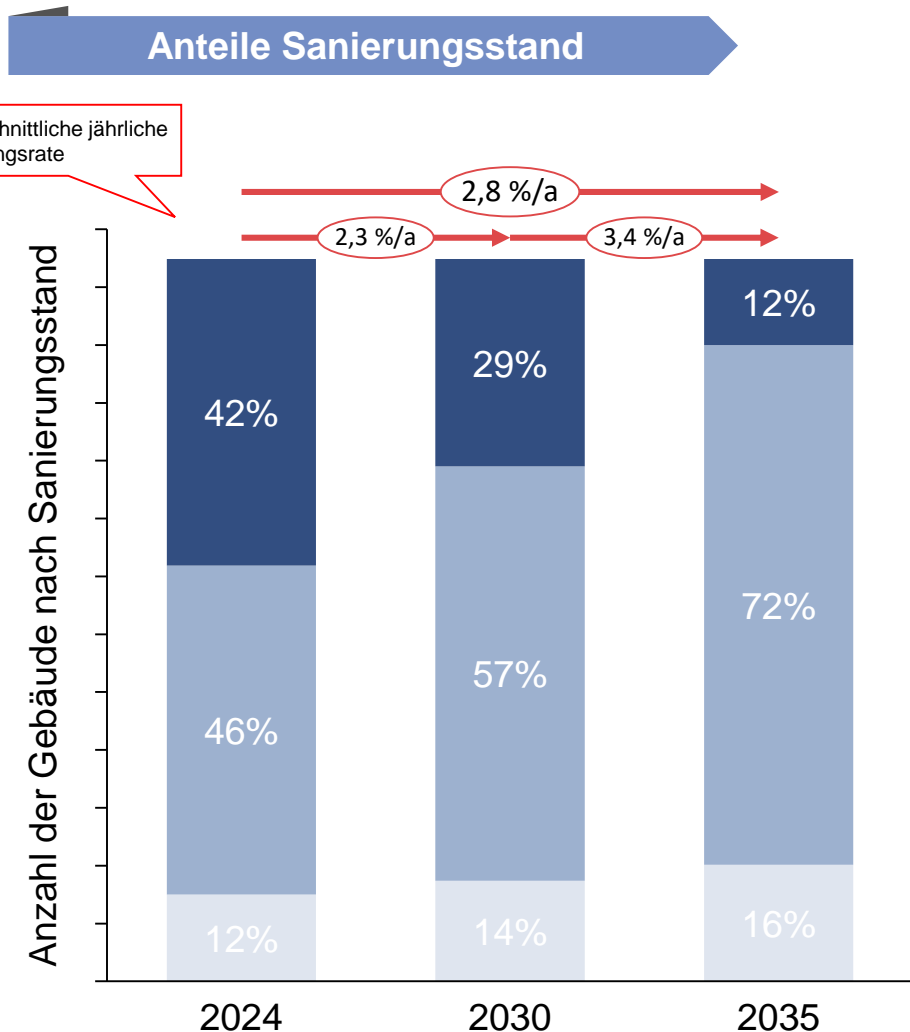
Wärmeversorgungsgebiete mit der höchsten Wahrscheinlichkeit



- Wärmenetz
- Wärmepumpen
- Elektr. Heizung

- In Teilgebieten, die für ein Wärmenetz wahrscheinlicher sind als dezentrale Versorgung, ergeben sich im Südwesten größtenteils Anschlussraten von um die 50 % mit Ausnahme des Teilgebiets Hardtberg.
- Auch in den Wärmenetz-Eignungsgebieten von Bad Godesberg führen die modellierten Gebäudeentscheidungen meist zu Anschlussquoten von ca. 50 %.

Die Anzahl der unsanierten Gebäude im Stadtgebiet muss sich von rund 26.500 im Jahr 2024 auf rund 7.400 im Zieljahr 2035 verringern



Anmerkungen:

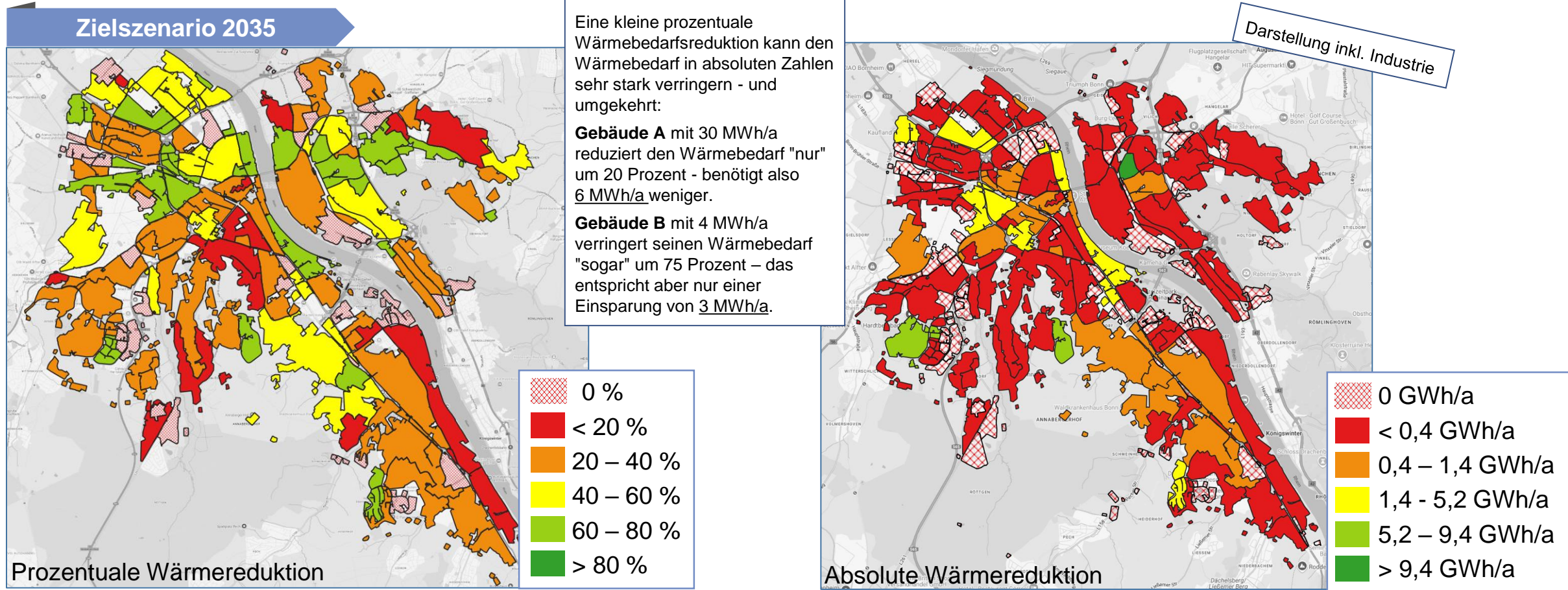
- Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial sind vor allem Gebiete mit einem älteren Gebäudebestand und einem dementsprechend hohen (spezifischen) Raumwärmebedarf.
- In vielen Teilgebieten können durch **serielle Sanierungsprozesse** Skaleneffekte und damit kostengünstige Energieeinsparungen realisiert werden.
- Ein Fokus können z.B. **Großsiedlungen** sein, die in den **60er- und 70er-Jahren** errichtet wurden, da diese sich besonders für eine **serielle Sanierung** eignen.
- Aktuell befinden sich in Bonn **26.500 unsanierte Gebäude**, bis 2035 werden davon **19.100 Gebäude entweder teil- oder vollsaniert**. Dies entspricht pro Jahr rund **1.700 Gebäude**.
- Die durchschnittliche **jährliche Sanierungsrate** von 2024 bis 2035 beträgt **2,8 %**.

Jährliche Sanierungsrate Zieljahr 2035

$$= \frac{((\text{Anzahl Gebäude}_{\text{teilsaniert},2035} + \text{Anzahl Gebäude}_{\text{vollsaniert},2035}) - (\text{Anzahl Gebäude}_{\text{teilsaniert},2024} + \text{Anzahl Gebäude}_{\text{vollsaniert},2024}))}{\text{Anzahl Gebäude}_{\text{gesamt}} * (2035 - 2024)}$$

- Unsanier
- Teilsaniert: Dach und Keller
- Vollsanier: Dach, Keller, Fenster und Fassade

Durch energetische Modernisierung muss sich bis zum Zieljahr 2035 der prozentuale und absolute Wärmebedarf verringern



- Mittlere und hohe prozentuale Wärmereduktionen vorwiegend im Bonner Norden, Beuel sowie im Raum Dottendorf/Friesdorf (40 bis 80 Prozent). In Bad Godesberg und am Hardtberg finden sich eher niedrige prozentuale Wärmereduktionen von weniger als 40 Prozent.
- Aktuell noch hohe absolute Wärmeverbräuche in Verbindung mit hohen relativen Reduktionen führen in einzelnen Gebieten zu hohen absoluten Reduktionen (z.B. Venusberg und Teilgebiet in Beuel). Am Hardtberg kann eine Bedarfsreduktion von nur 20-40 Prozent zu hohen absoluten Wärmeeinsparungen in Höhe von circa 9,4 GWh/a führen