



Dr. Jessica Thomsen

Freiburg, 20.07.2023

Bottom-Up Studie Wärmesektor

Potenzial von Wasserstoff in der Wärmeversorgung am Beispiel von vier Versorgungsgebieten

Im Auftrag:



Ziel und Methodik

Studienansatz

- Analyse von 4 Versorgungsgebieten
- Berücksichtigung von Strom (inkl. E-Mobilität), Wärme sowie Industrieprozessen & den Netzen soweit möglich

Studienziel

- Analyse & Bewertung von Bottom-Up Transformationspfaden für den Wärmesektor
- Bewertung der Rolle von H₂ in einer klimaneutralen Wärmeversorgung

Erhebung Inputdaten & Generierung der Nachfrageprofile

- Erhebung aller verfügbaren Daten je Gebäude
- Erzeugung stündlicher Profile (2021)

- Raumwärme & Trinkwarmwasser (PHH & GHD), Prozesswärme (GHD)
- Strombedarf (PHH & GHD)
- Gebäudetypen
- Mobilitätsdaten
- Leistung der Bestandsanlagen (Wärmeerzeuger)

Inputdaten Basisjahr 2021

Energiesystemoptimierung mit DISTRICT & Generierung Netzdaten

- Energiesystemoptimierung für 5 Szenarien
- Sensitivitäten für Strom-, Gas- & Wasserstoffkosten

- Stündliche Werte für 7 repräsentative Wochen je Jahr
- Output:
 - Installierte Leistungen
 - Energiemengen je Energieträger und Teilgebiet
 - Gebäudescharfe Strom- & Gasbedarfe

Inputdaten Jahre 2025-2045

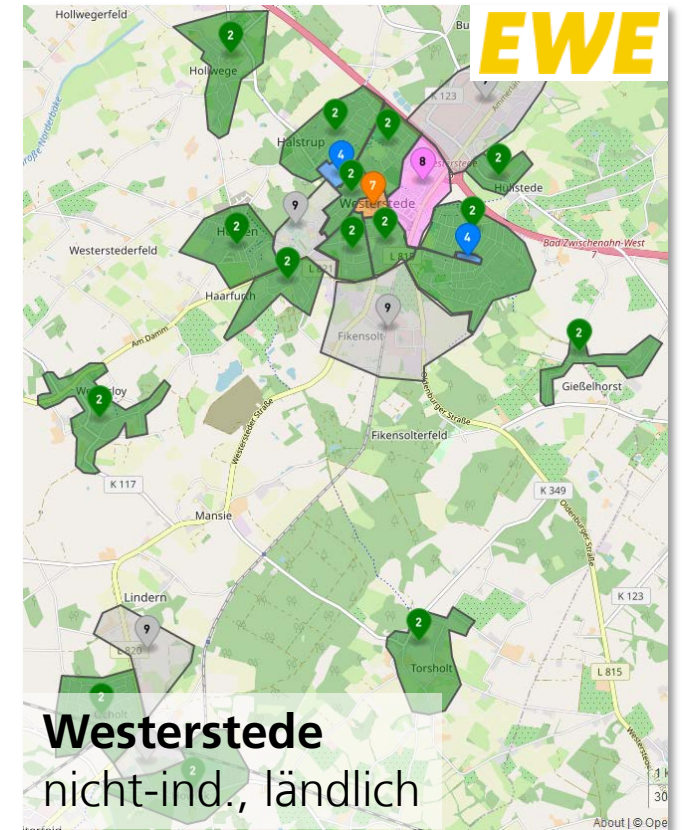
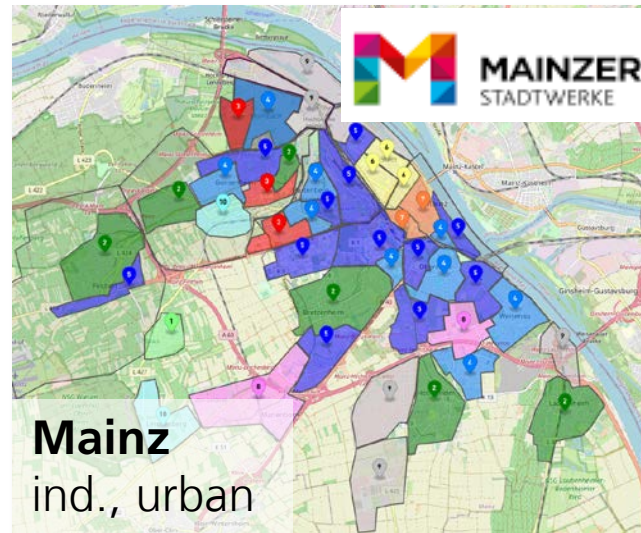
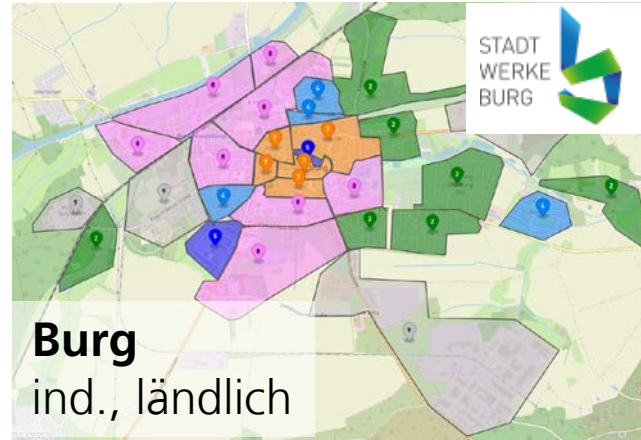
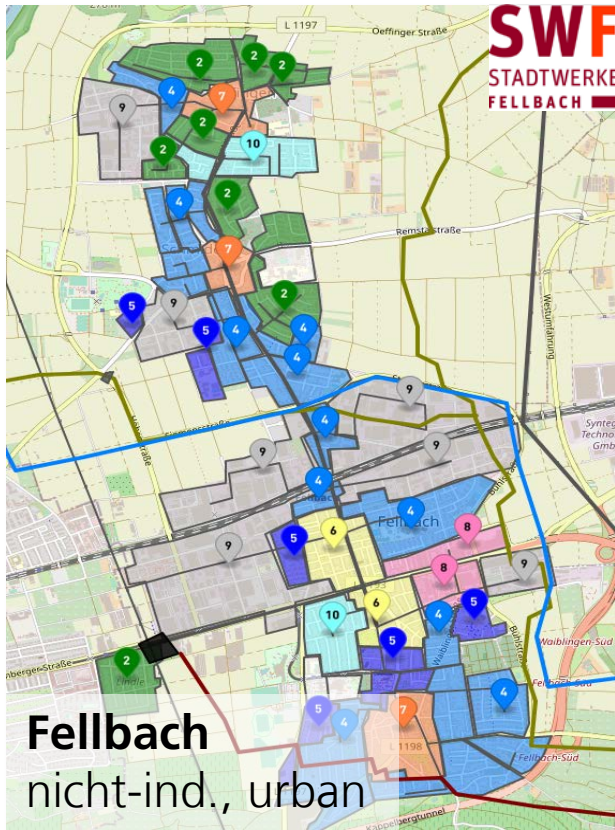
Netzberechnung

- Simulation ausgewählter Netzgebiete der Nieder- und Mittelspannung, sowie Gasnetz auf verschiedenen Druckebenen

- Ermittlung Netzbelastung für kälteste Tage:
 - Druck- und
 - Spannungsband-verletzungen
 - Leitungs- und
 - Transformator-überlastungen
- Abschätzung Kosten der Netzverstärkung

Betrachtete Versorgungsgebiete

Diverse Siedlungsstrukturen, über Deutschland verteilt



Übersicht Szenarien

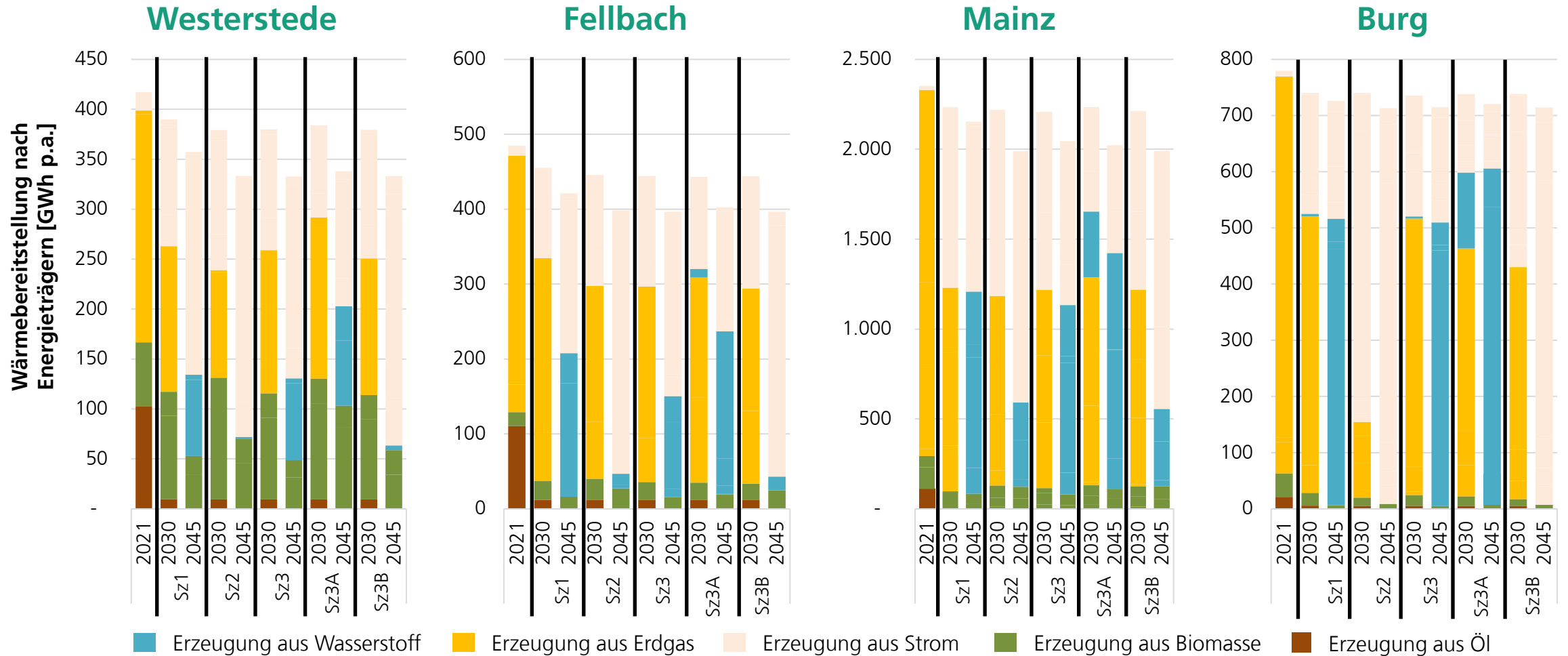
Fokus in den Szenarien auf der Rolle von Wasserstoff

	Szenario 1 »Mäßige Sanierung & hohe Innovationsaffinität«					Szenario 2 »Sanierungsfortschritt & Innovationsskepsis«					Szenario 3 »Hohe Verfügbarkeiten Erneuerbare Energien & Wasserstoff«					Szenario 3A »Niedriger Wasserstoffpreispfad«					Szenario 3B »Hoher Erneuerbare-Energien Ausbau«				
Sanierungsrate / -tiefe	1,2 % / KfW 70					1,8 % / KfW 70					1,8 % / KfW 70					1,8 % / KfW 70					1,8 % / KfW 70				
H₂-Backbone am Case verfügbar	2030					2035					2030					2030					2035				
H₂-Preise & Verfügbarkeit	Niedrig, Hoch					Hoch, Niedrig					Niedrig, Hoch					Niedrig, Hoch					Hoch, Niedrig				
Jahr	2025	2030	2035	2040	2045	2025	2030	2035	2040	2045	Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 2				
Haushalt [$\frac{ct_{\text{€}}}{kWh}$]	-	12,5	10,8	9,0	8,3	-	-	16,3	14,0	13,8	Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 2				
Industrie [$\frac{ct_{\text{€}}}{kWh}$]	-	10	9	8	7,5	-	-	14,5	13,0	12,5	Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 2				
Strompreise	Mittel					Mittel					Mittel					Hoch					Niedrig				
Jahr	2025	2030	2035	2040	2045	Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 1					2025	2030	2035	2040	2045	2025	2030	2035	2040	2045
Haushalt [$\frac{ct_{\text{€}}}{kWh}$]	23,7	21,7	21,8	21,9	22,1	Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 1					26,7	27,6	28,1	28,6	29,4	23,2	20,6	20,3	20,0	19,6
Industrie [$\frac{ct_{\text{€}}}{kWh}$]	13,5	11,5	11,6	11,7	11,9	Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 1					16,5	17,5	17,9	18,4	19,2	13,0	10,4	10,1	9,8	9,4
Technologiekosten	Mittel					Hoch					Mittel					Mittel					Mittel				
Wärmepumpe-austauschraten	Mittel					Mittel					Hoch					Hoch					Hoch				
EE-Strom Verfügbarkeit	Hoch					Mittel					Hoch					Niedrig					Hoch				
Fernwärme	Hohe Austauschrate					Mittlere Austauschrate					Hohe Austauschrate					Hohe Austauschrate					Hohe Austauschrate				

Kapitel 02

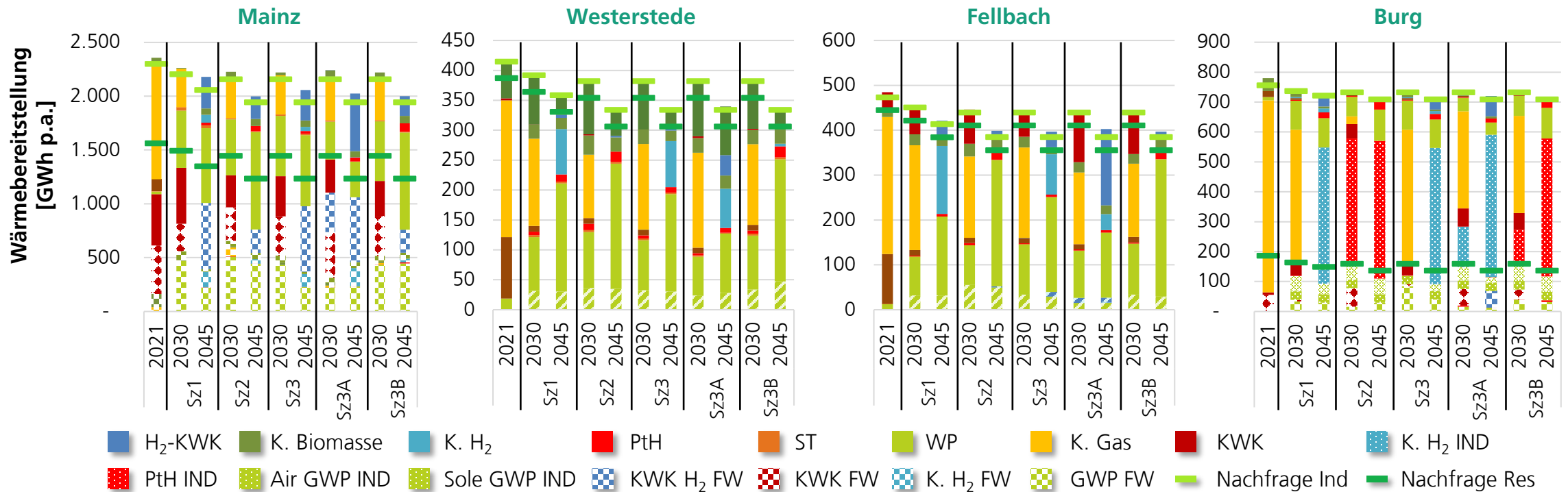
Zentrale Ergebnisse

Es werden alle klimaneutralen Energieträger in der Wärmeversorgung benötigt



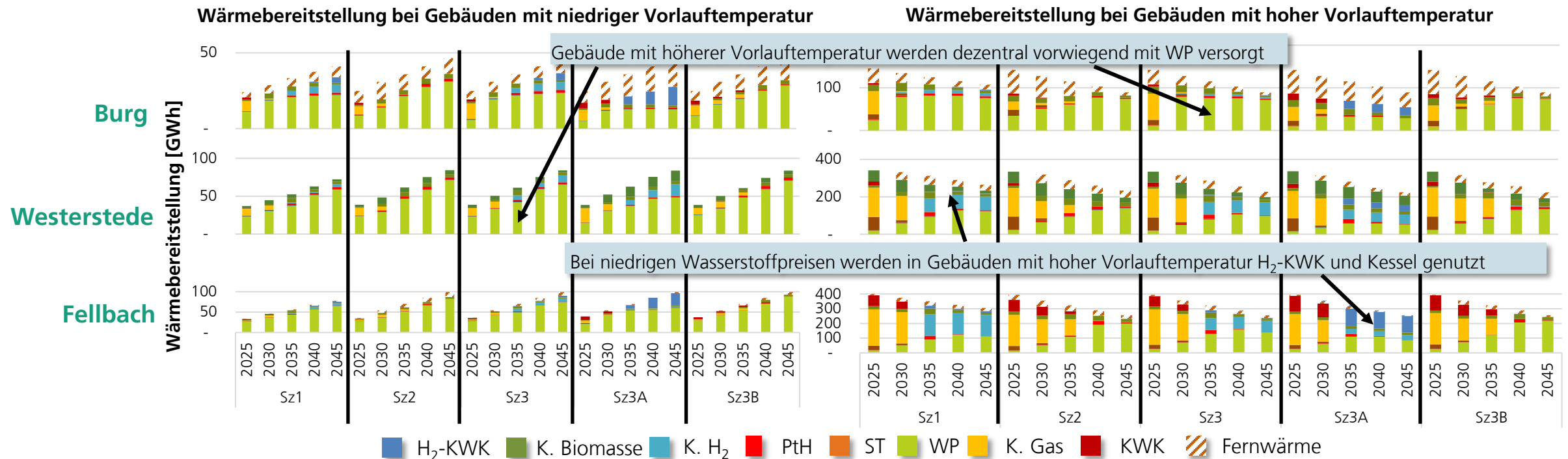
Keine »one-size fits all« Lösung. Die Wärmebereitstellung ist für jedes untersuchte Gebiet unterschiedlich

- Die Gesamtlösung von jedem Versorgungsgebiet variiert abhängig von dem Anteil der Prozesswärmenachfrage, Einwohnerdichte, Gebäudestruktur und lokalen Potenzialen an Umweltwärme und zur Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien (EE)



In der Raumwärme ist der zentrale Lösungsansatz Wärmepumpen und Fernwärme

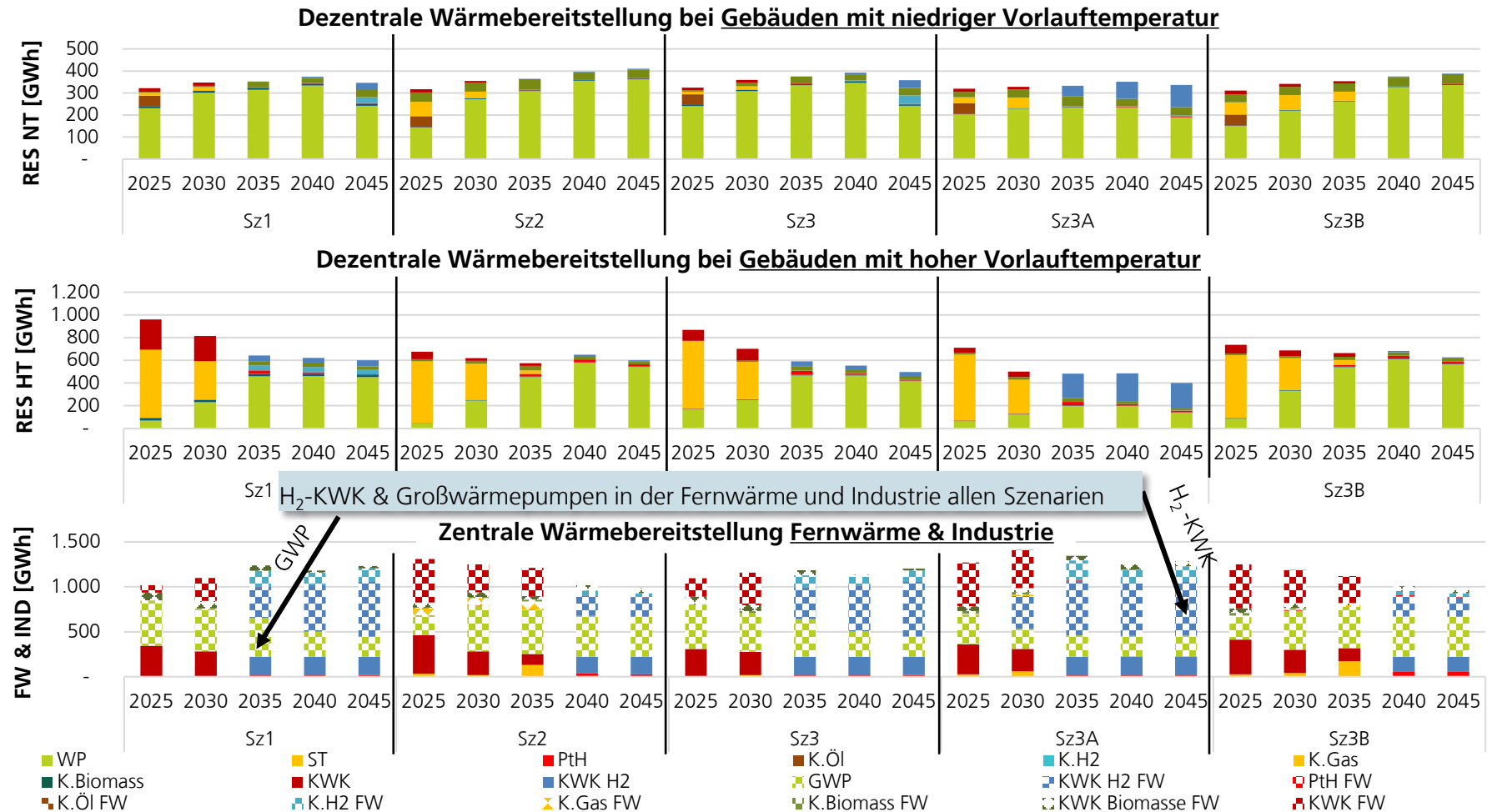
- Der Vergleich der vier analysierten Versorgungsgebiete zeigt, dass in Gebieten ohne oder mit geringem Prozesswärmebedarf (Westerstede, Fellbach) die Bereitstellung der Raumwärme abhängig vom Szenario überwiegend durch Wärmepumpen und Fernwärme erfolgt. Wasserstoff kann in solchen Fällen Gebieten zunächst in der Fernwärme zum Einsatz kommen.
- Bei der Annahme niedriger H₂-Endkundenpreise in Höhe von 7 ct/kWh für Industriekunden und 9 ct/kWh für Haushaltskunden nach 2035 erfolgt ein nennenswerter Anteil der Raumwärme durch H₂-Kessel in der dezentralen Versorgung.



Wasserstoff kommt in der Fernwärme und der Prozesswärmebereitstellung für die Industrie zum Einsatz

Detailanalyse Mainz

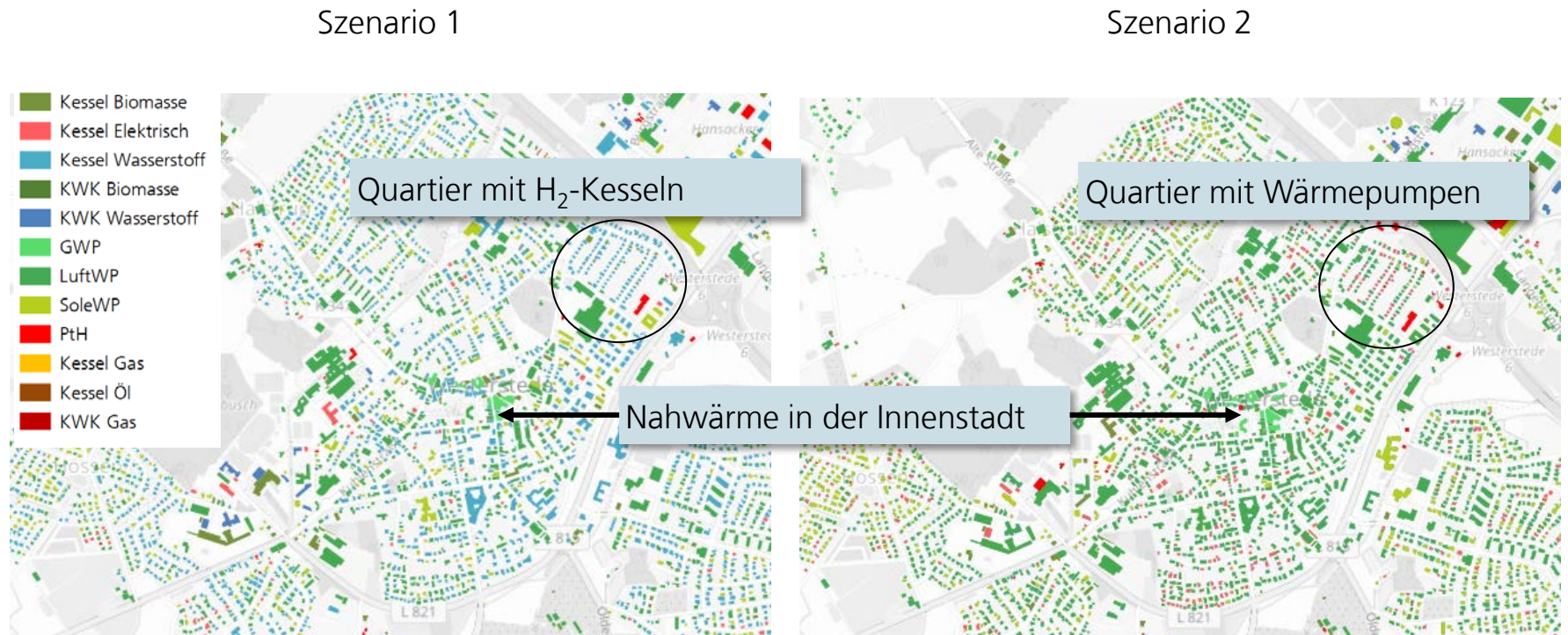
- Die Bereitstellung der Raumwärme erfolgt fast ausschließlich durch Fernwärme und dezentrale Wärmepumpen.
- In Mainz gibt es einen hohen Fernwärmeausbau und Nachverdichtung in allen Szenarien, gedeckt durch H₂-Kessel, H₂-KWK & GroßWP.
- KWK leistet eine wichtige Rolle bei der Absicherung der Wärmeleistung in Fern- und Nahwärme.



Die Bottom-Up Betrachtung weist eine hohe Komplexität auf, die in der kommunalen Wärmeplanung mit ausreichend Ressourcen zu hinterlegen ist

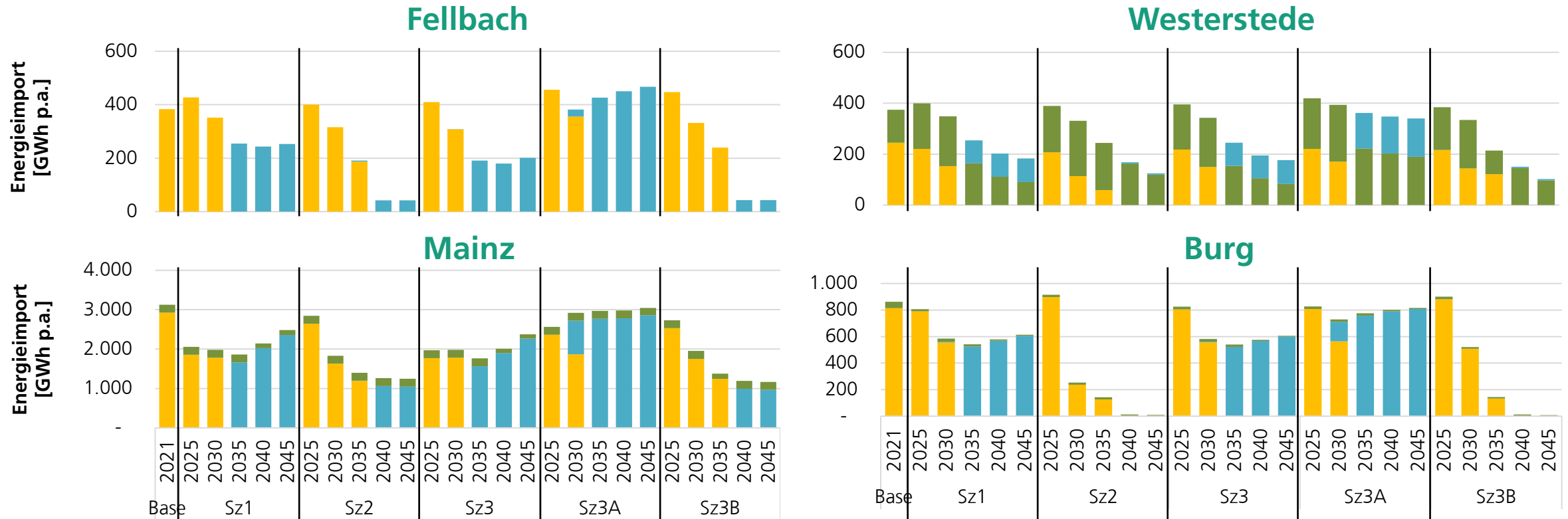
- Untersuchungen sind für alle Versorgungsgebiete über alle Bestandsinfrastrukturen regional spezifisch durchzuführen.
- Vorhandene Infrastrukturen, Erneuerbare-Energien-Potentiale, und der Gebäudebestände müssen berücksichtigt werden.
- Insgesamt ist eine hohe Anzahl an Wechsellern der Wärmeerzeuger bis 2045 notwendig.

Mögliche Verteilung der Versorgungsanlagen auf Gebäude* in Westerstede in 2045



* Je nur eine Technologie je Gebäude mit statistischer Verteilung der Erzeuger nach Bestand sowie Gebäudetyp

Die energetische Absatzmenge im Gasnetz sinkt mehrheitlich - auch wenn Wasserstoff in der Raumwärme genutzt wird

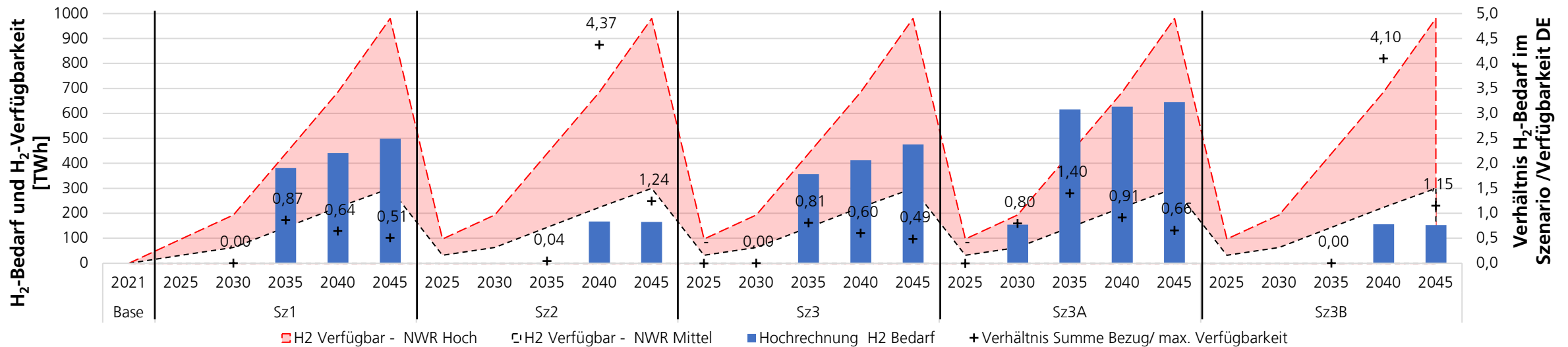


- In Netzgebieten, in denen der Methangas-Absatz zurückgeht und langfristig Wasserstoff dezentral nicht in der Breite benötigt wird, ist ein bedarfsgerechter Aus- bzw. Umbau der notwendigen Infrastrukturen zwingend erforderlich.

■ Erdgas
 ■ Biogase + Abfall
 ■ Wasserstoff

Hochrechnung des H₂-Bedarfs in der Wärme auf Deutschland

- Die Hochrechnung des Wasserstoffbedarfs der vier Gebiete (Erläuterungen zur Methodik im Anhang) ist anhand des jeweiligen Anteils der summierten Verbräuche der 4 Gebiete an den Erdgasbezugsmengen im Referenzjahr 2021 in Deutschland erfolgt. Der Wasserstoffbedarf aus der Hochrechnung liegt im Szenario 3A in 2035 über dem definierten Unsicherheitsbereich*. Zu diesen Verbräuchen kommen weitere Wasserstoffbedarfe in anderen Anwendungen, z.B. Verstromung, Verkehr und stoffliche Nutzung.
- Hierbei ist zu beachten, dass in drei Szenarien hohe Importverfügbarkeit von Wasserstoff zu Grunde gelegt wird, deren Eintreten mit großen Unsicherheiten behaftet ist.



*Der Unsicherheitsbereich für die Verfügbarkeiten von Wasserstoff für Gesamtdeutschland in den Szenarien wurden vom LK vorgeschlagen (hoch - 1000 TWh, mittel - 300 TWh bis 2045).



Kontakt

Jessica Thomsen

Jessica.Thomsen@ise.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE
Heidenhofstraße 2
79110 Freiburg
www.ise.fraunhofer.de

Matthias Lenz

Matthias.Lenz@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer IEE
Joseph-Beuys-Str. 8
34117 Kassel
www.iee.fraunhofer.de

Im Auftrag:



Die Bottom-Up Studie zur Dekarbonisierung des Wärmesektors wurde im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrates erstellt

Die Studie ist unter <https://www.wasserstoffrat.de/veroeffentlichungen/studien> veröffentlicht.

Kurzfassung:

https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/Kurzfassung_bottom-up-Studie_20221127.pdf

Langfassung:

[https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/221222_Bottom Up Studie final-1.pdf](https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/221222_Bottom_Up_Studie_final-1.pdf)

