

NRW-Fallstudie: Erste Ergebnisse (Arbeitsstand)

Sprint CO2-Infrastruktur, Gelsenkirchen, 01.12.2025

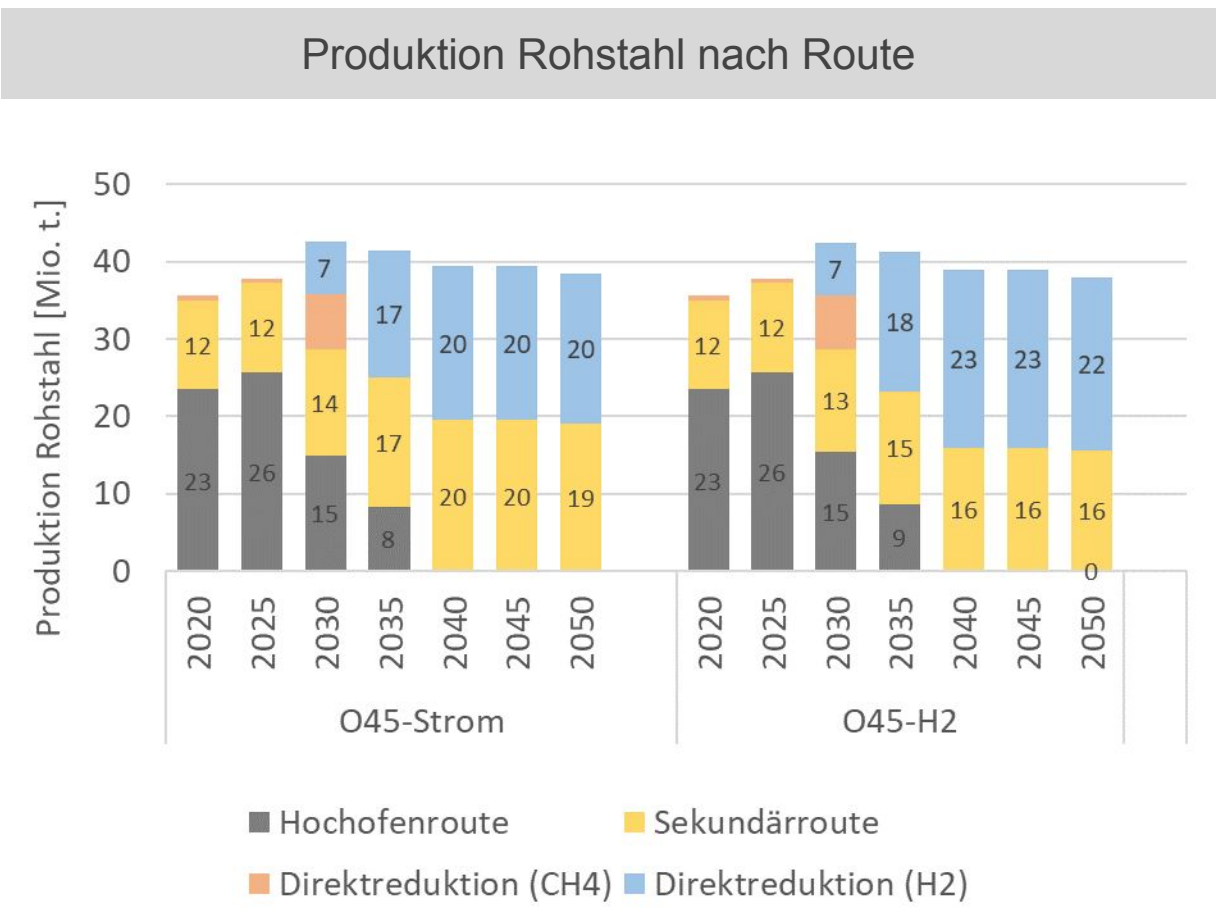
O45-Strom: Zentrale Szenario-Leitplanken

Aus dem Projekt Langfristszenarien für das BMW

	O45 Szenarien
Ziel THG Minderung 2045	Mindestens 95 % gegenüber 1990 für den Industriesektor (dabei THG-Neutralität Gesamtsystem in 2045 nach Klimaschutzgesetz vom August 2021)
Wirtschaftliche Entwicklung	Kontinuierliches Wachstum und leichter Strukturwandel (BWS ~+1%/Jahr, „neue Branchen“)
Biomasse	Energetischen Einsatz nicht ausweiten
Energie-, Materialeffizienz und Circular Economy	Ambitionierte Steigerung (in realistischem Rahmen)
CCS und CCU	CO ₂ -Abscheidung, wo Alternativen schwierig sind: Zement- und Kalkwerke (sowie Müllheizwerke)
Brennstoff- Feedstock- und Prozesswechsel	O45-Strom: Schwerpunkt Elektrifizierung, wo technisch umsetzbar

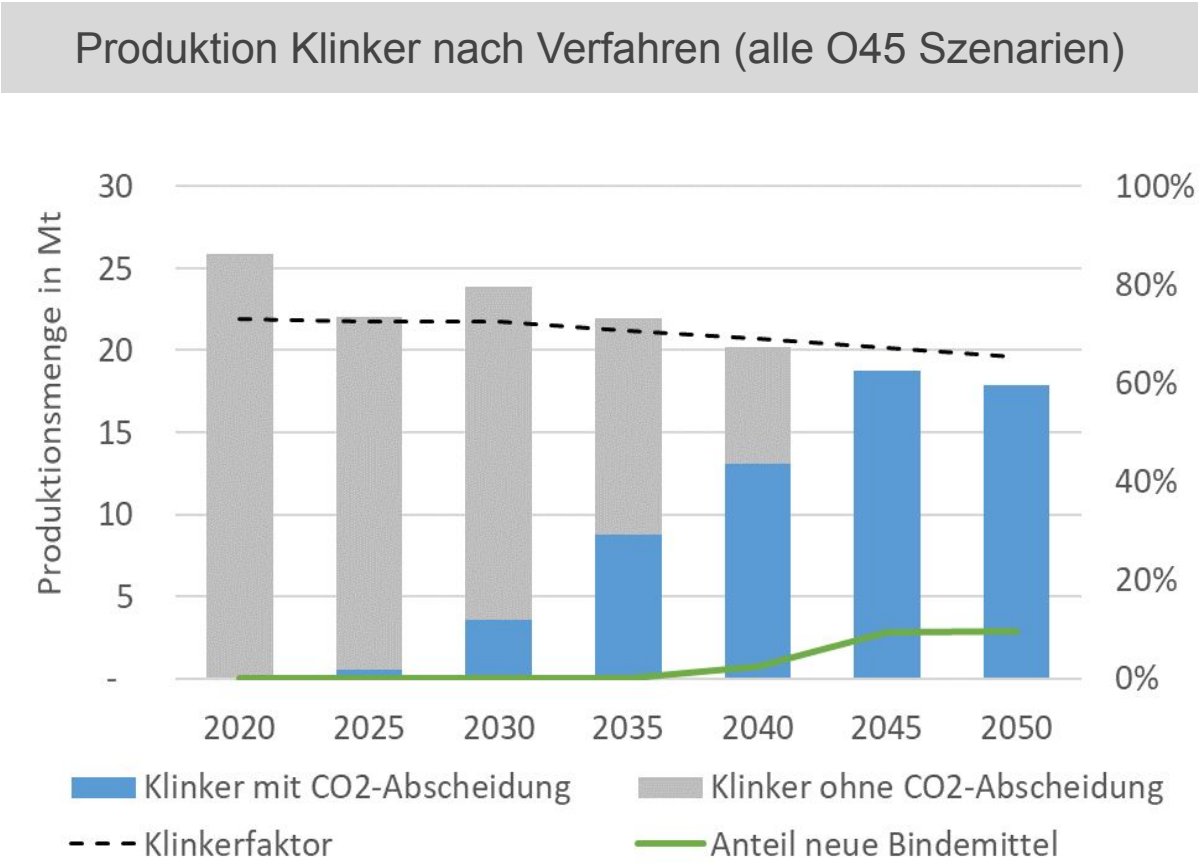
Annahmen: Stahl

Annahmen Stahlindustrie		
	O45-Strom	O45-H2
Materialeffizienz	Reduktion Nachfrage nach Rohstahl und Walzstahl: 10% ggü. Ref	
Kreislauf	Anteil Sekundärstahl steigt von 30% (2015) auf 49% in 2045	Anteil Sekundärstahl steigt von 30% (2015) auf 41% in 2045
Prozesswechsel	H ₂ -DRI (Übergang CH ₄ -DRI) 2030:14 Mt DRI	H ₂ -DRI (Übergang CH ₄ -DRI) 2030:13 Mt DRI



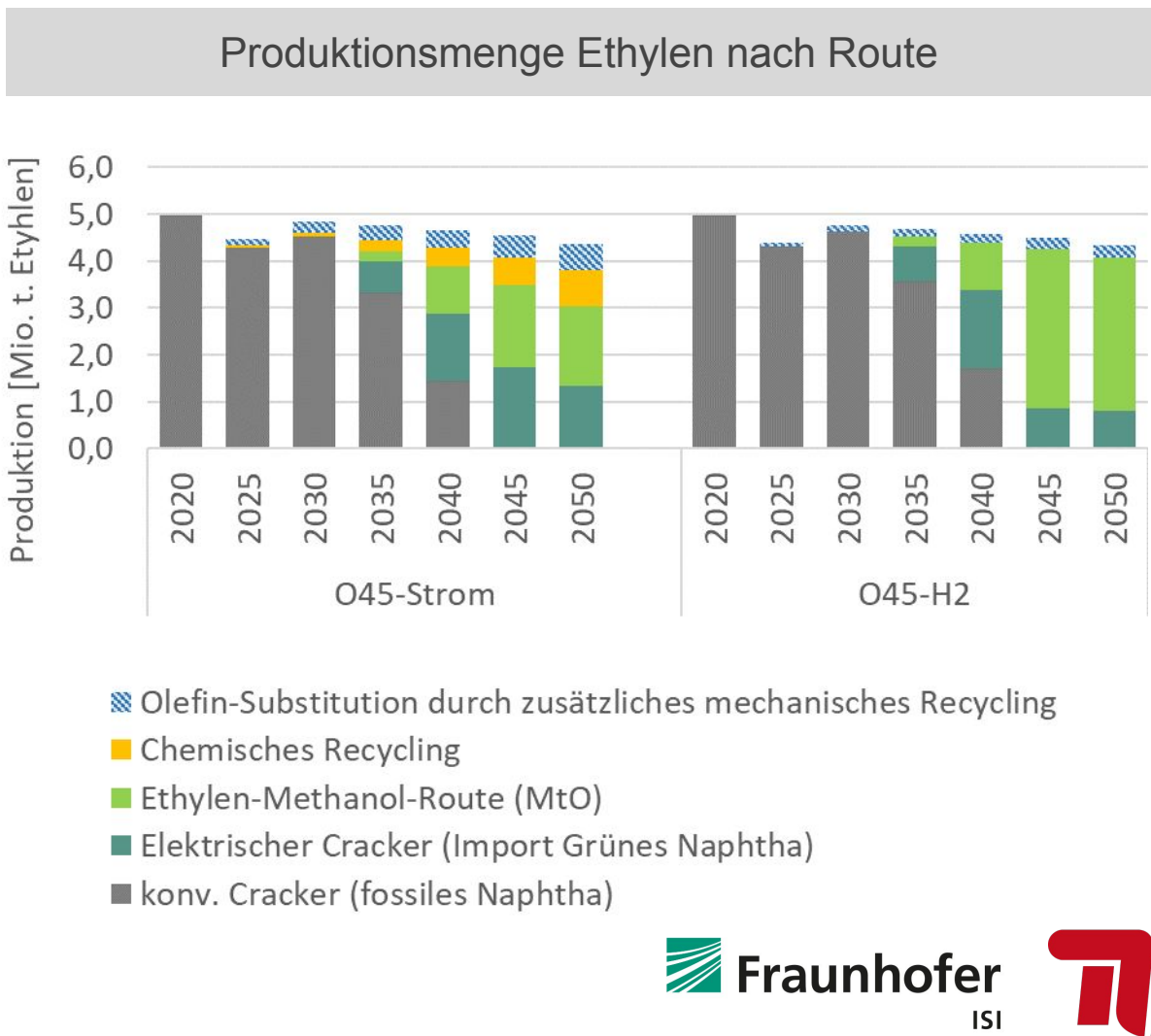
Annahmen: Zement und Kalk

Annahmen Zement u. Kalk		
	O45-Strom	O45-H2
Materialeffizienz	Produktion Zement: -20% ggü. 2018 (bis 2045) Produktion konventioneller Klinker: -33% ggü. 2018 (bis 2045) Produktion Kalk: -40% ggü. 2018 (bereits bis 2030)	
Kreislauf	-	
Materialeinsatz / neue Produkte	Geringe Anteile neue Bindemittel (~10%) Klinkerfaktor von 73% in 2015 auf 65% in 2045	
Brennstoffwechsel	Teilelektrifizierung, Ersatzbrennstoffe, Biomasse	Wasserstoff, Ersatzbrennstoffe
CCS /CCU	CO ₂ -Abscheidung bis 2045 an allen Zementwerken und den meisten Kalkwerken	



Annahmen: Grundstoffchemie

Szenariodesign Grundstoffchemie			
	Ggfs. Sektor	O45-Strom	O45-H2
Material-effizienz		Reduktion und Ersatz Kunststoffverbrauch: 8% (Ethylen), Reduktion Düngerbedarf: 12% (Ammoniak)	
Kreislauf	High Value Chemicals	Mechanisches Recycling (+13%)	Mechanisches Recycling (+6%)
		Chemisches Recycling (20%)	Chemisches Recycling (0%)
Prozess-wechsel	High Value Chemicals (Olefine + Aromaten)	H ₂ ->MtO/MtA (45%) El. Steamcracker + PtL (35%)	H ₂ ->MtO/MtA (80%) El. Steamcracker + PtL (20%)
	Ammoniak	Import grüner Ammoniak	EE-H ₂ Hochlauf (2035: 6%, 2040: 18%, 2045: 100%)
Brennstoff-wechsel	Dampf	Direktelektrifizierung	Wasserstoffeinsatz



FORECAST Industrie





- Verbleibende Emissionen nach umfassenden Minderungsmaßnahmen
- CCS ermöglicht die weitgehende Abscheidung bei fehlenden Minderungsalternativen

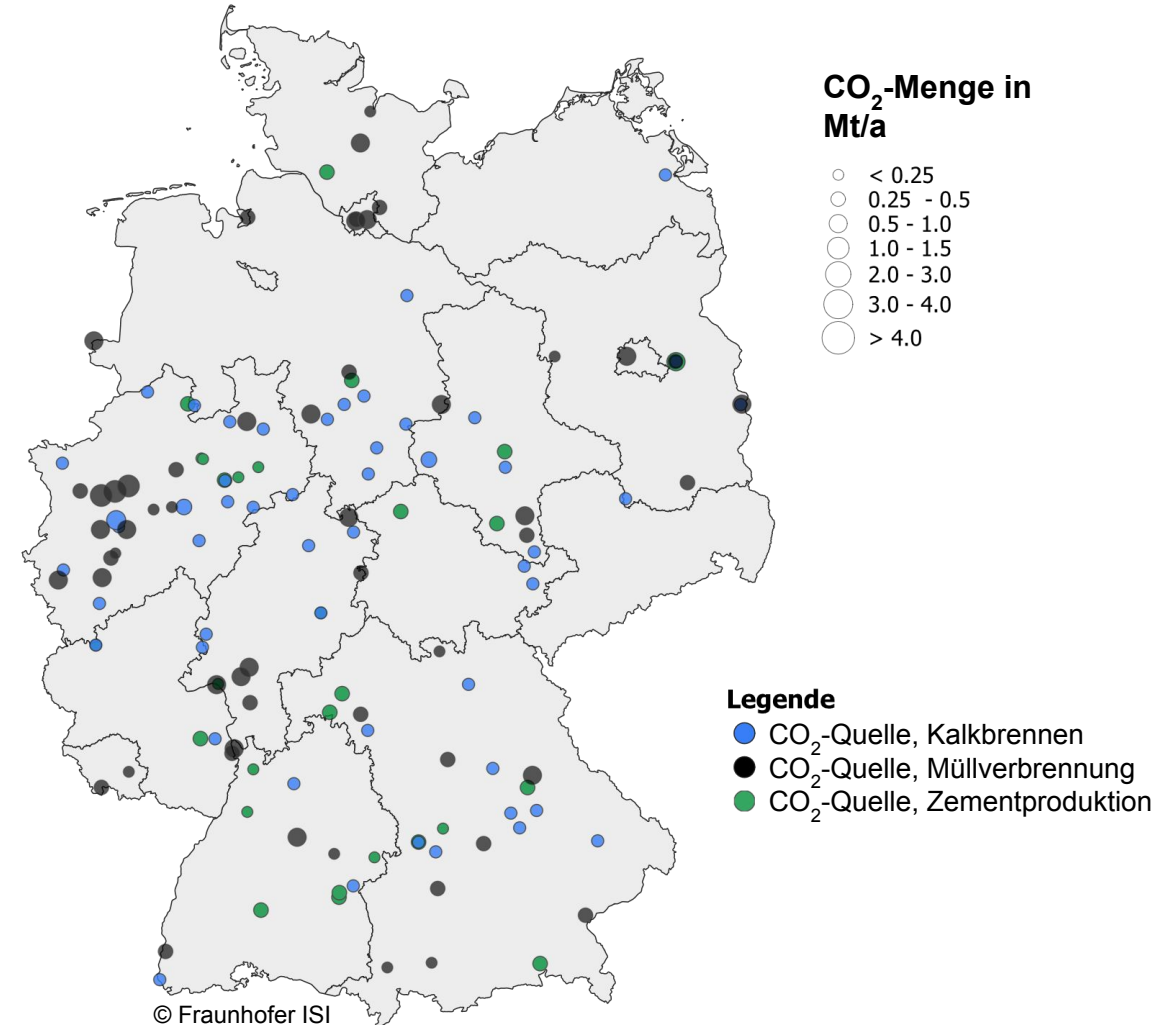
▪ Relevante Prozesse:

- Brennen von Kalk
- Brennen von Klinker (Zementherstellung)
- Müllverbrennung

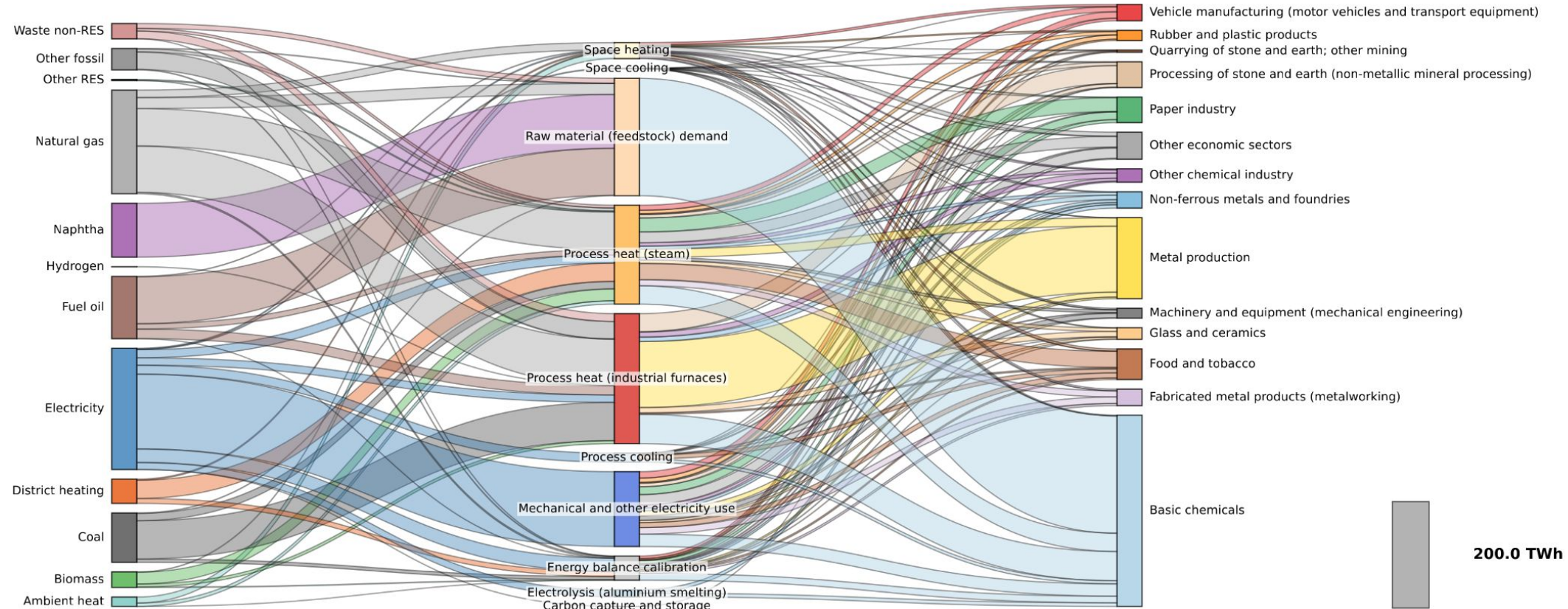
▪ Räumliche Verteilung:

- Breite räumliche Verteilung der Standorte und Emissionen

DE 2045	 			NRW 2045	 		
Kategorie	Kalk	Zement	WTE	Kategorie	Kalk	Zement	WTE
Standorte	52	32	55	Standorte	15	8	14
Menge [Mt/a]	~4	~9	~27	Menge [Mt/a]	~1	~3	~6

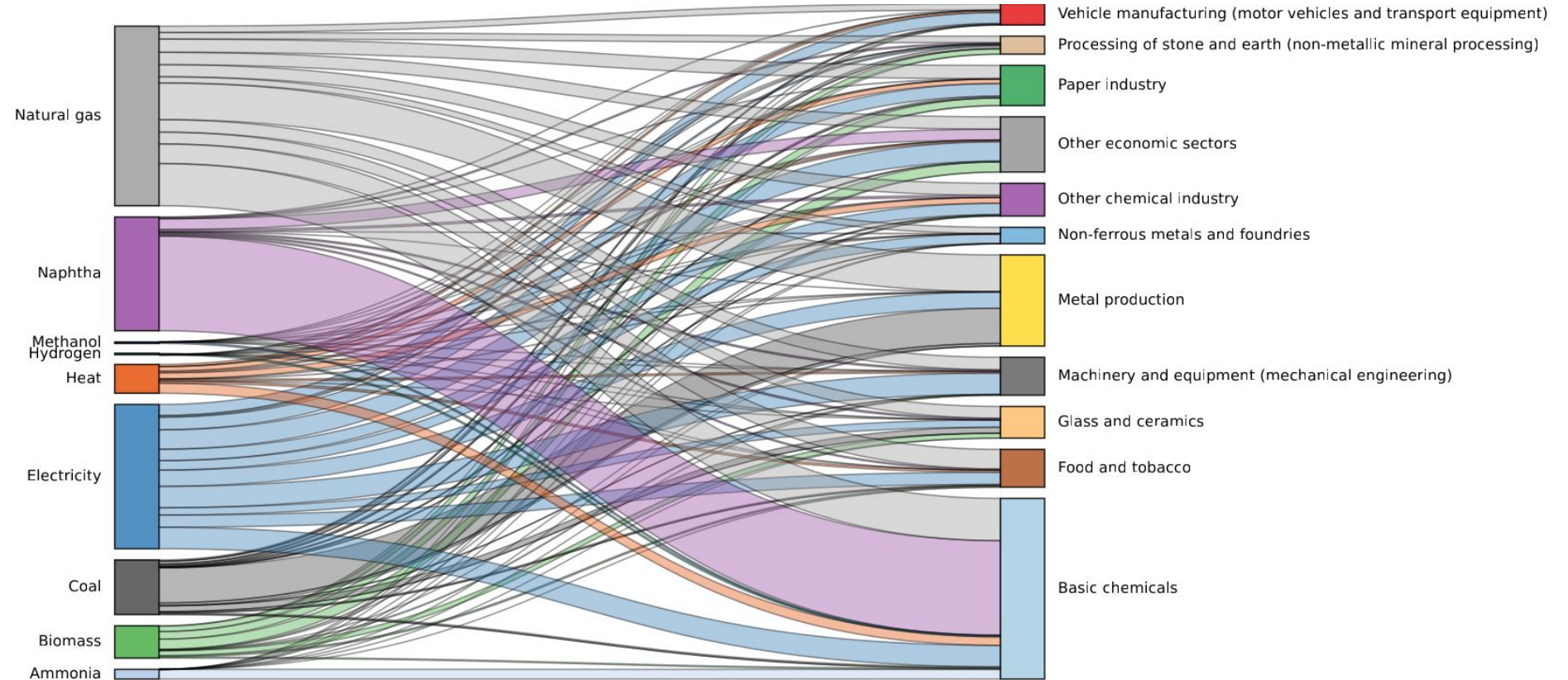


In NRW-Fallstudie: FORECAST (“Orientierungsszenario Strom”) für DE



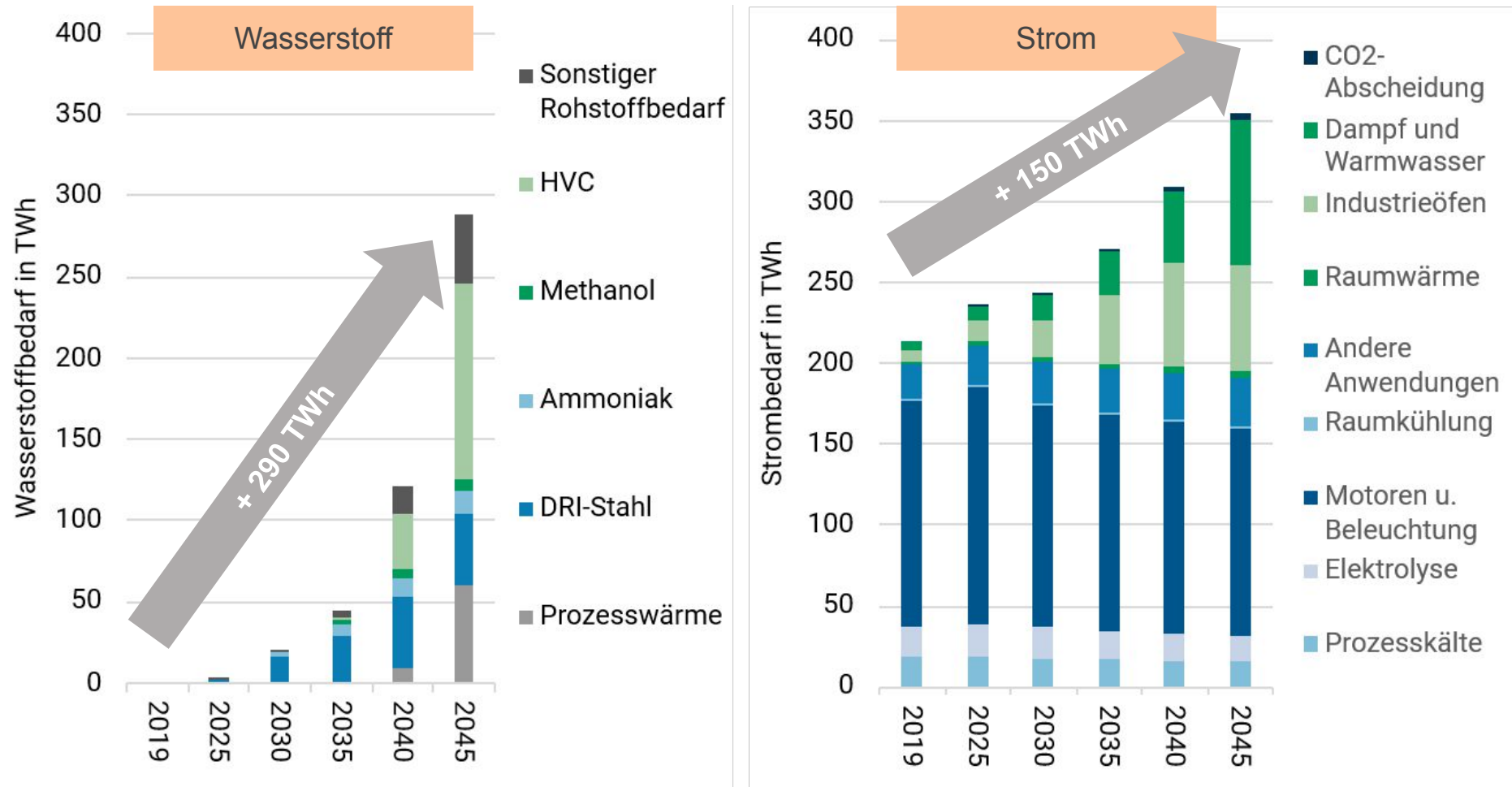
Berücksichtigung der Industrie durch aggregierte Energieträger

Das Modell aggregiert die Industrieproduktion in ihre Energieeinsätze, berücksichtigt dabei deren räumliche Verteilung und speist die entsprechenden Energieträger als Nachfragegrößen in das Energiesystemmodell ein.



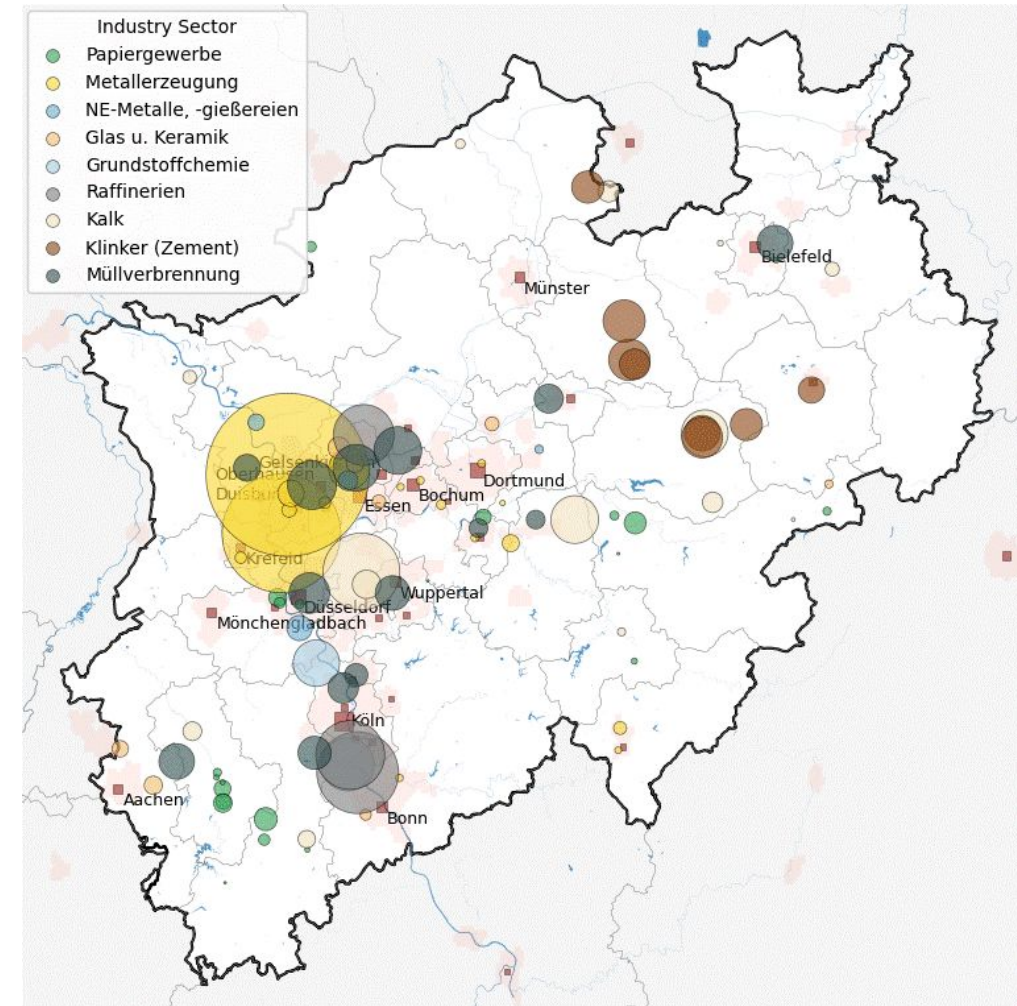
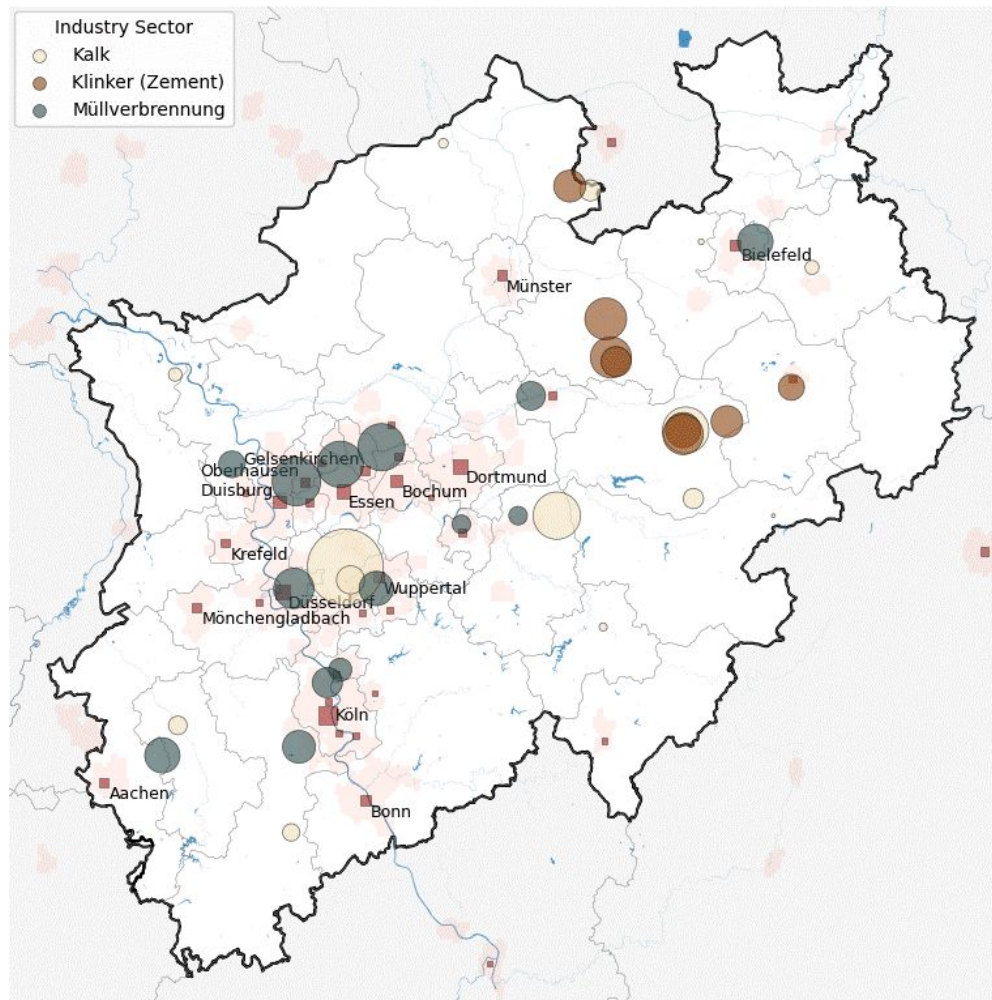
Starker Anstieg des Wasserstoff- und Strombedarfs der Industrie erwartet

O45-Szenario: Wasserstoff- und Strombedarf Industrie nach Anwendungen

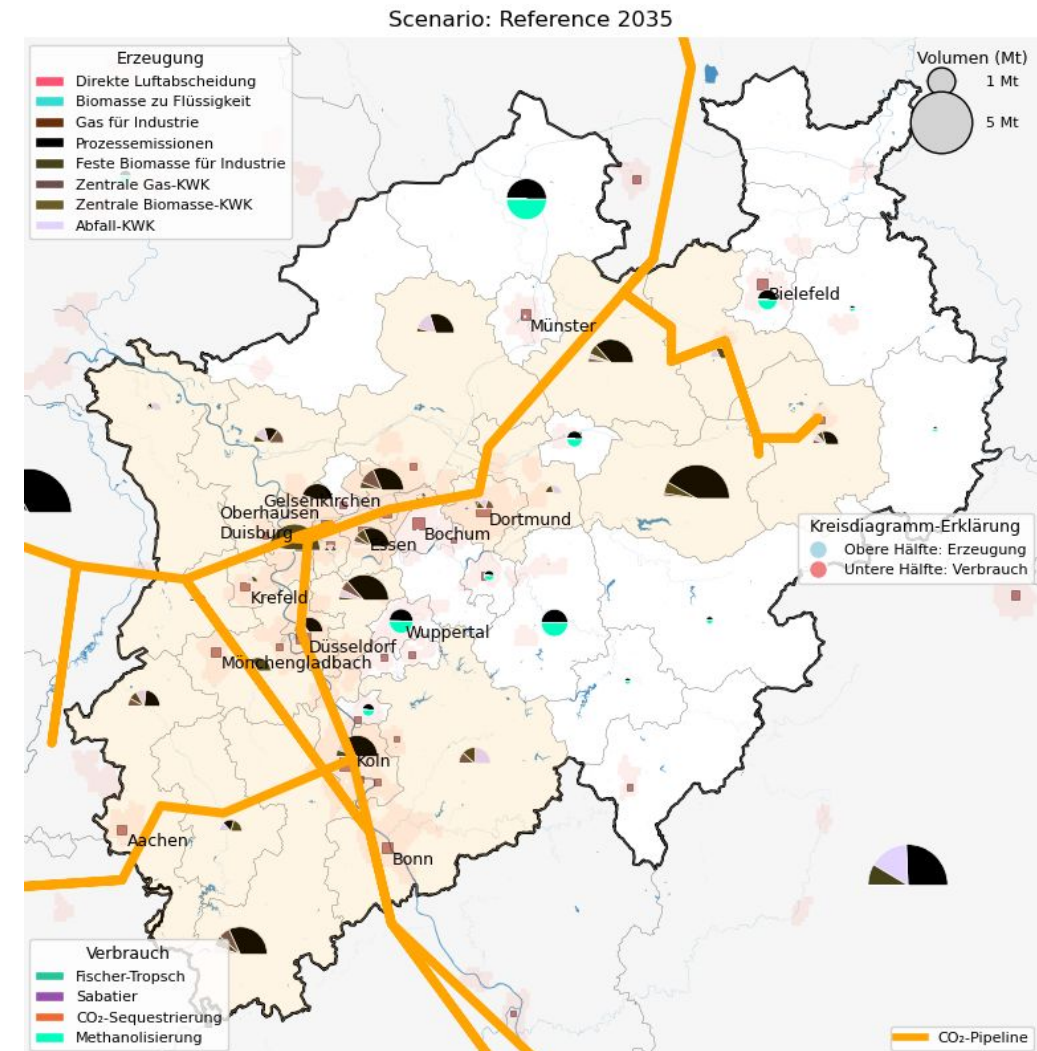
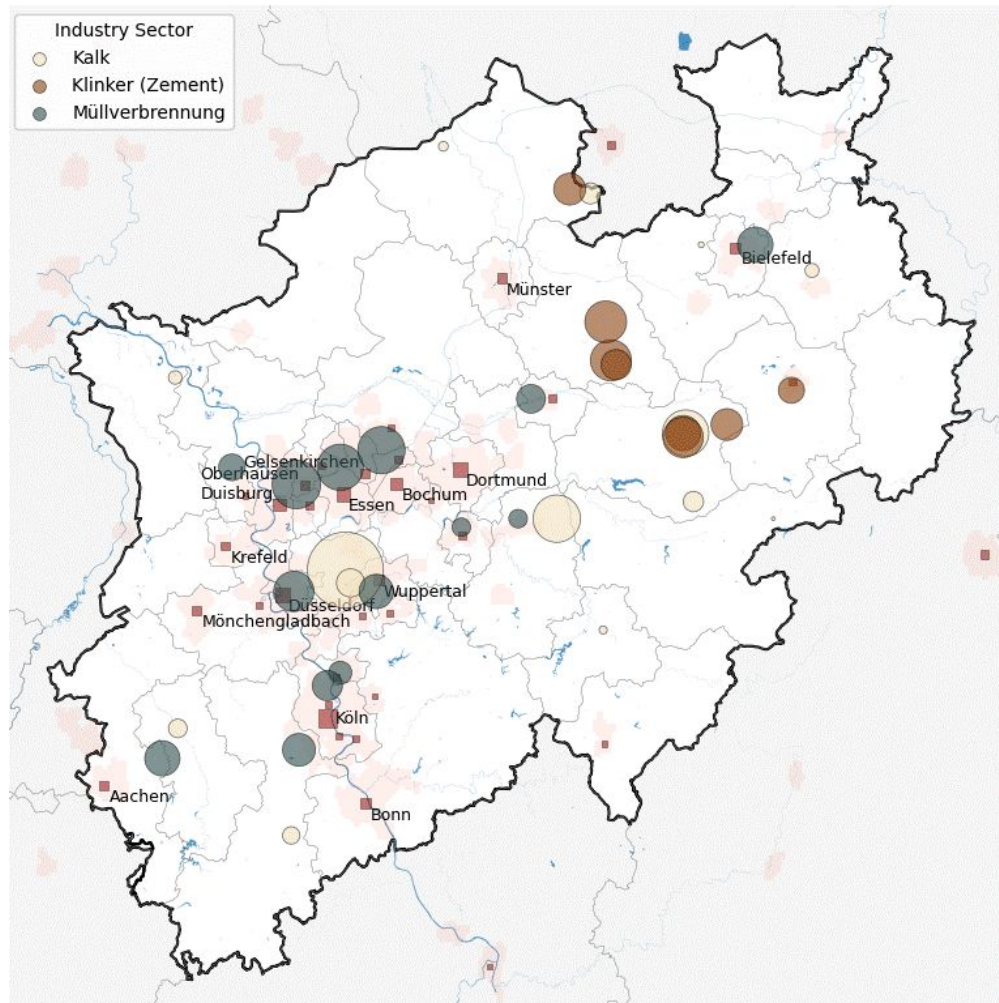


Strom und Wasserstoff werden die wichtigsten Energieträger für die Industrie

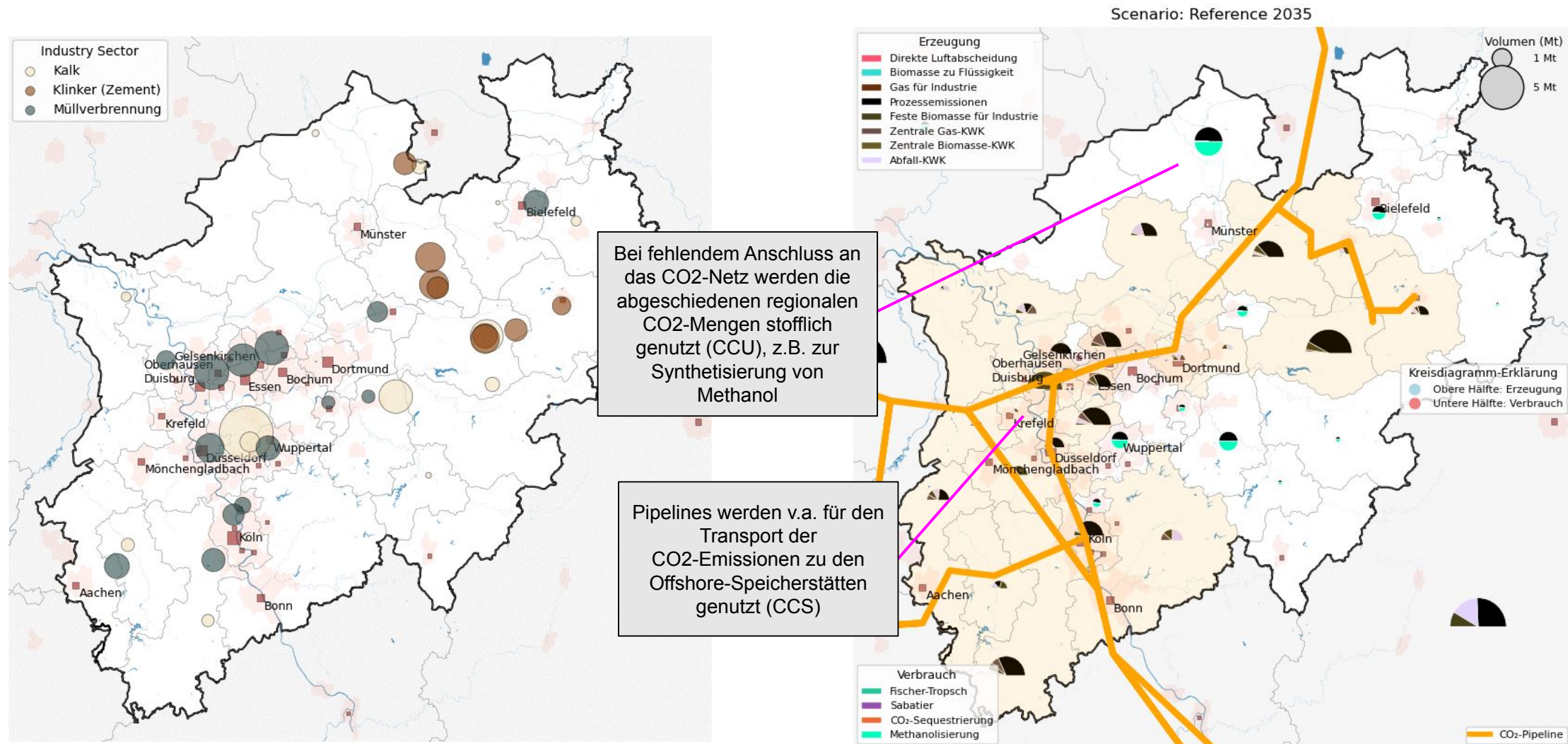
Regionale Verteilung von CO2-Potenzialen*



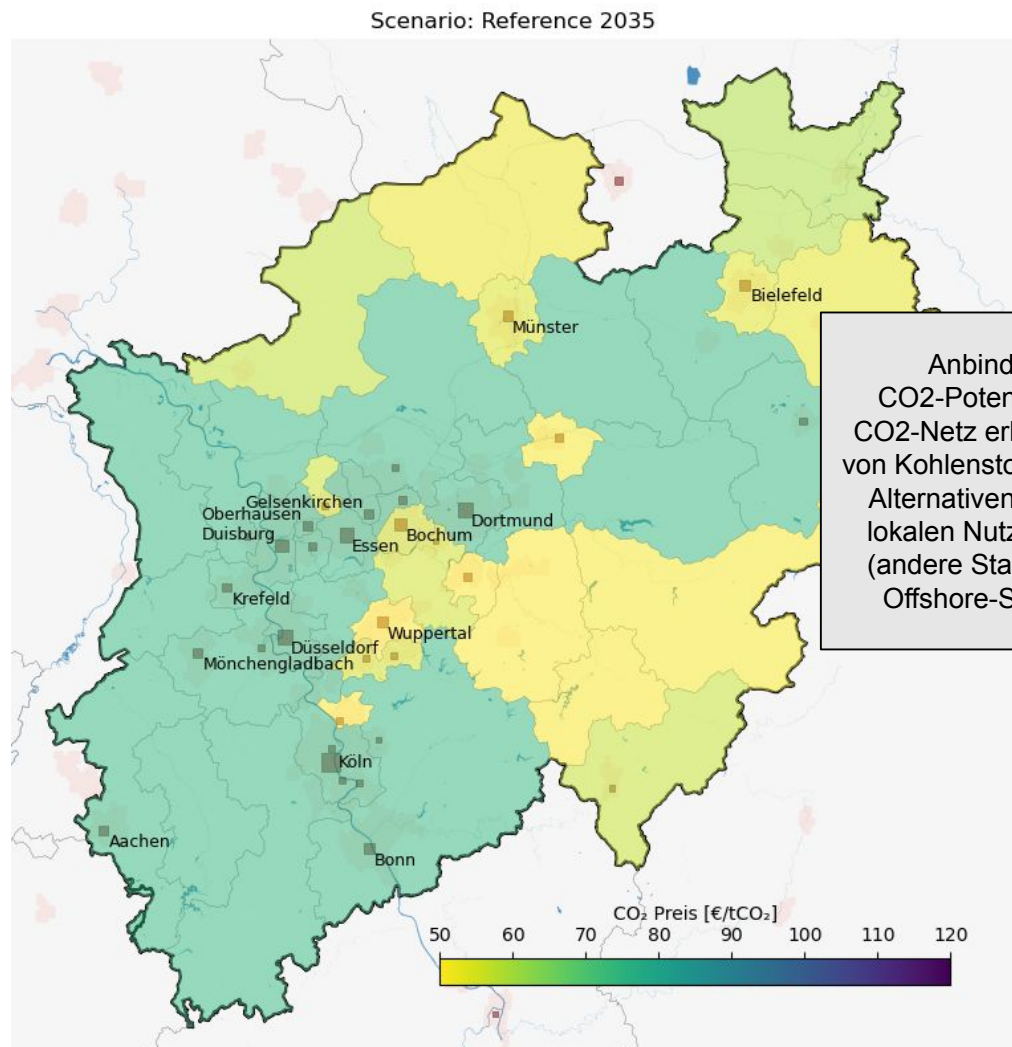
Regionale Verteilung der CO₂-Abscheidung und -Nutzung



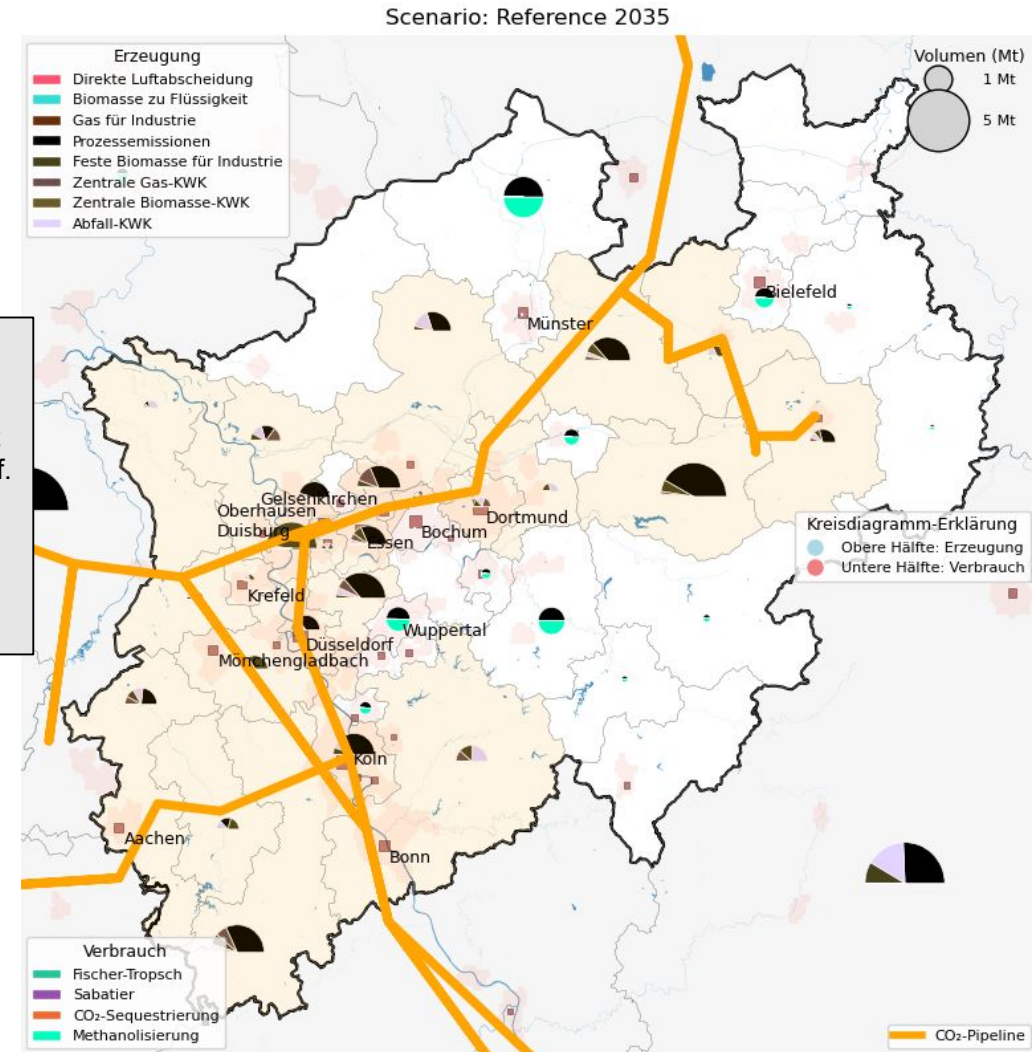
Regionale Verteilung der CO₂-Abscheidung und -Nutzung



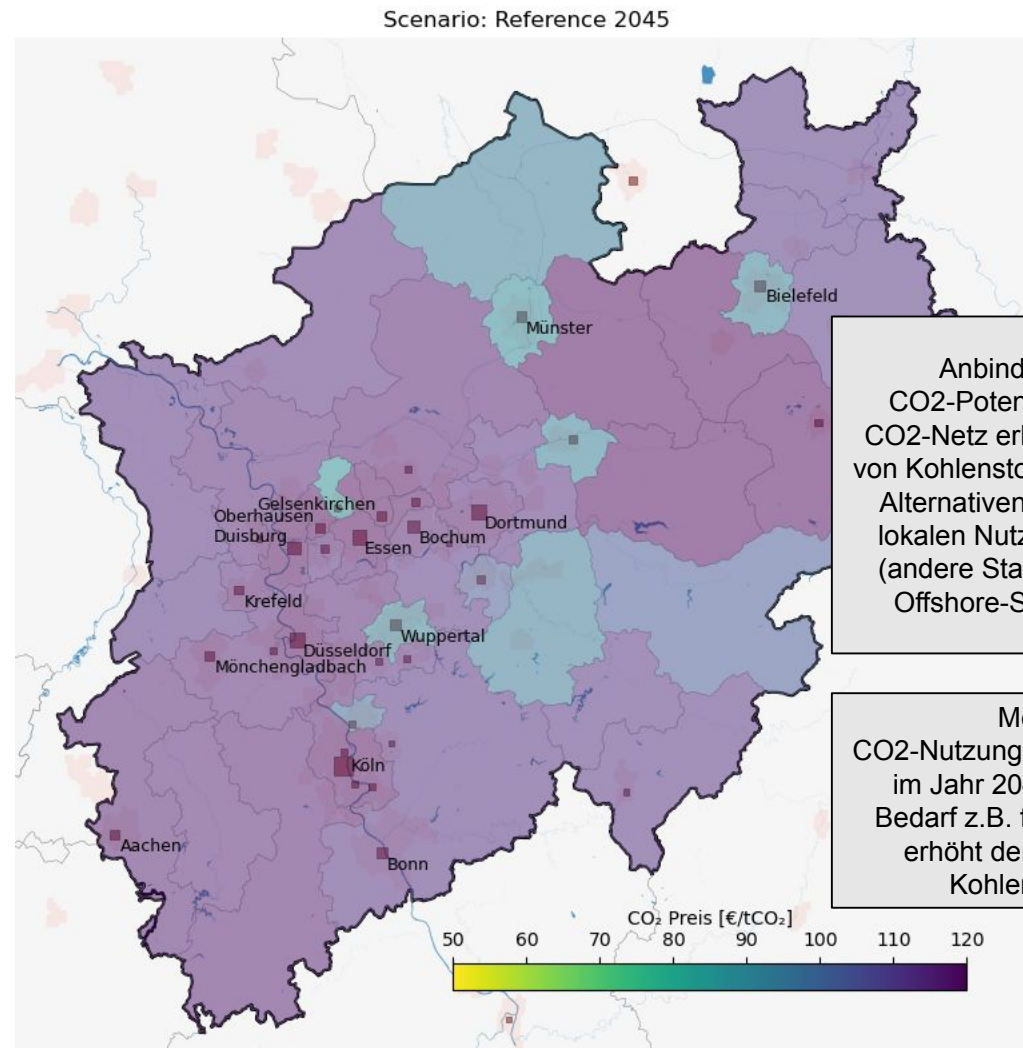
Regionale Verteilung der CO₂-Abscheidung und -Nutzung



Anbindung der CO₂-Potentiale an das CO₂-Netz erhöht den Wert von Kohlenstoff als Rohstoff. Alternativen zur direkten lokalen Nutzung möglich (andere Standorte sowie Offshore-Speicherung)

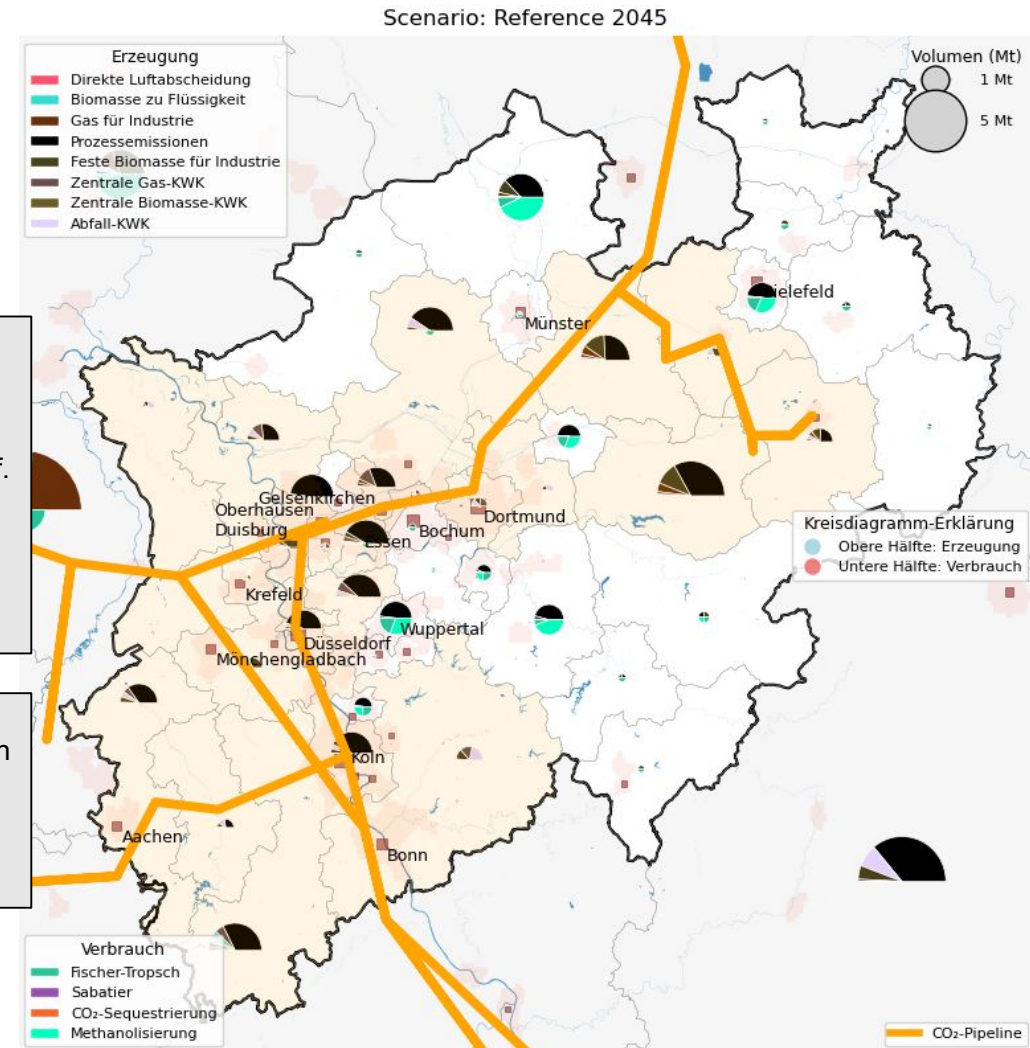


Regionale Verteilung der CO₂-Abscheidung und -Nutzung

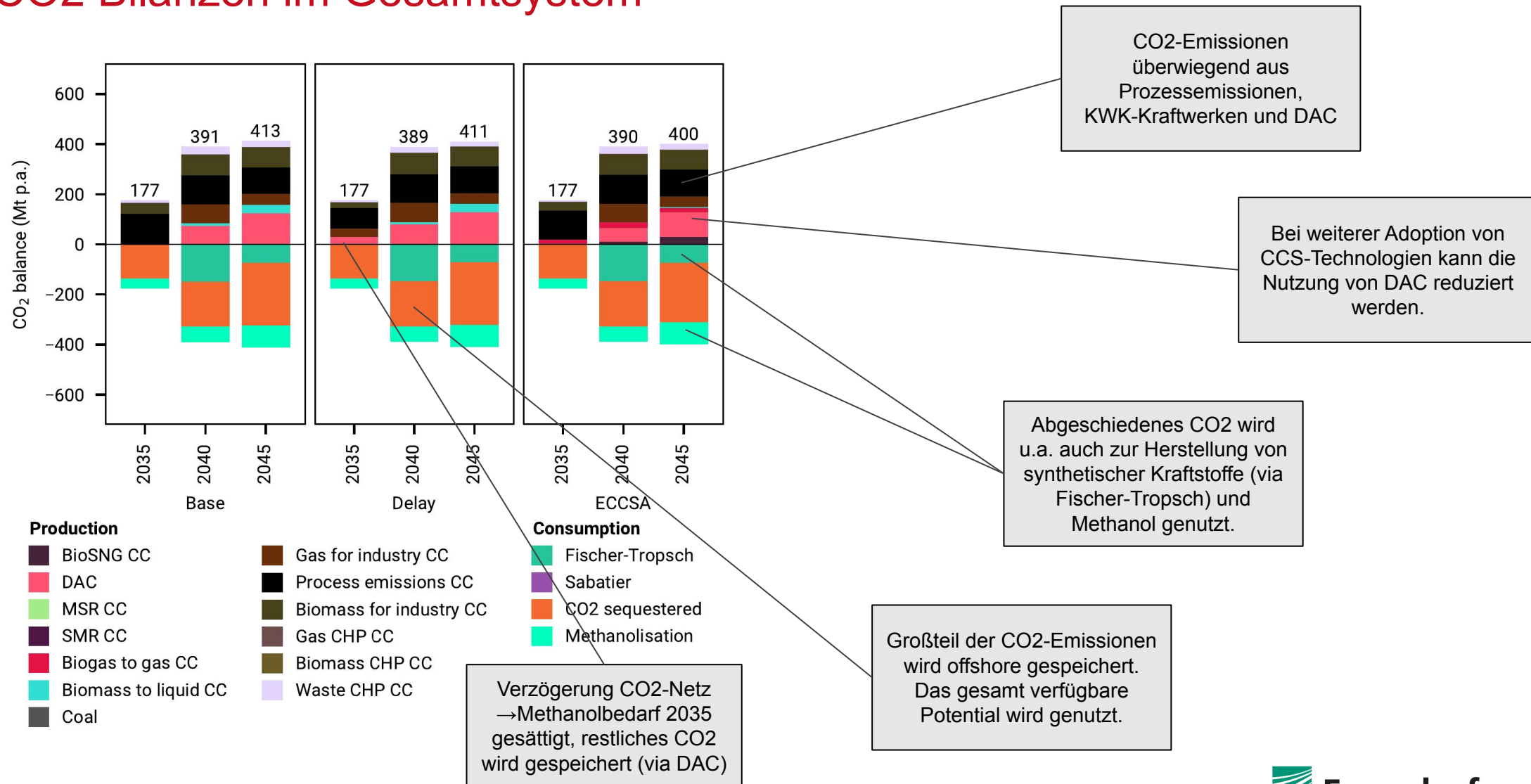


Anbindung der CO₂-Potentiale an das CO₂-Netz erhöht den Wert von Kohlenstoff als Rohstoff. Alternativen zur direkten lokalen Nutzung möglich (andere Standorte sowie Offshore-Speicherung)

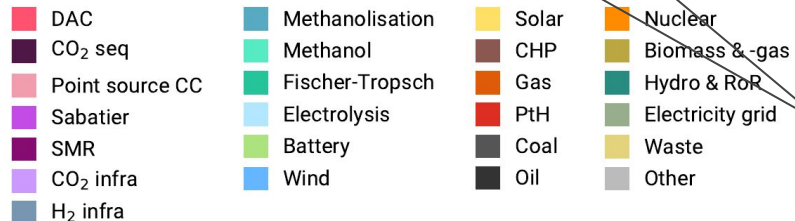
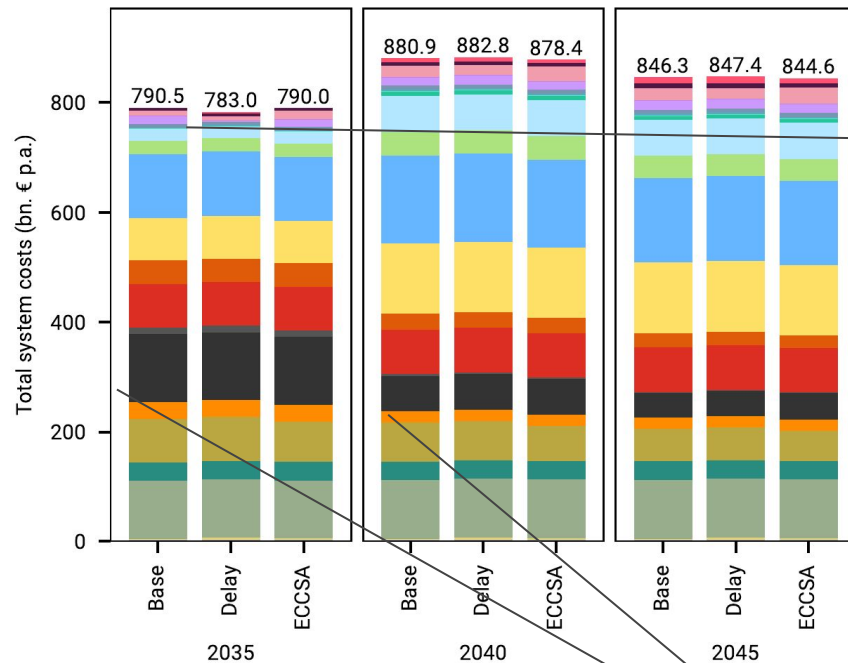
Mehr CO₂-Nutzungsmöglichkeiten im Jahr 2045 (höherer Bedarf z.B. für Methanol) erhöht den Wert des Kohlenstoffs.



CO₂ Bilanzen im Gesamtsystem



Gesamtsystemkosten (annualisiert)



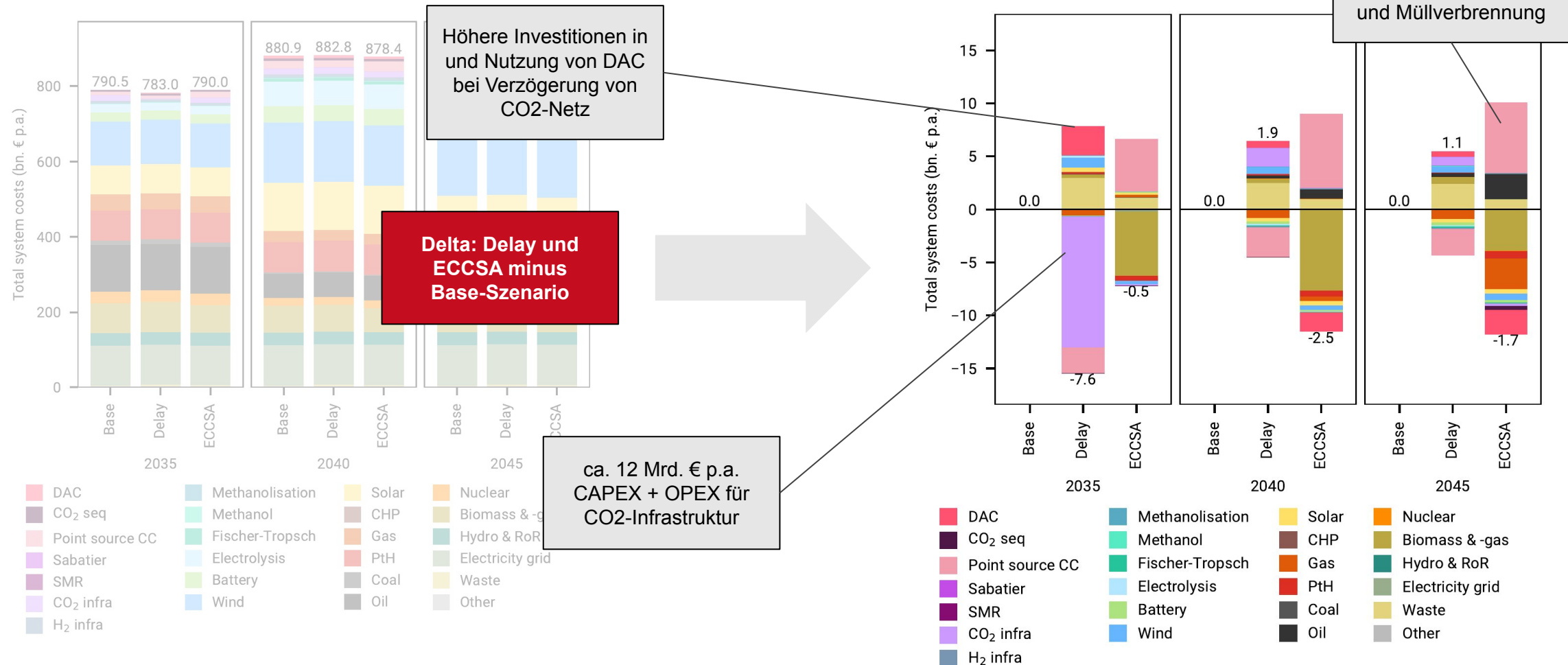
Kurzfristige Einsparungen von knapp 6.5 Mrd. € p.a., die unmittelbar mit der Verzögerung des CO₂-Pipelineausbaus verbunden sind

Langfristige (geringe) Gesamtsystemkosten-Einsparungen* durch CO₂-Pipelinennetz: Nutzung von Offshore-Speichern und geringere Abhängigkeit von negativen Emissionstechnologien wie DAC

*Relativ geringe Effekte durch den exogen vorgegebenen Zubau der Onshore-Pipelineinvestitionen:
(i) Nicht alle CO₂-Potenziale können ausgeschöpft werden.
(ii) Systemseitig potenziell kostengünstigere alternative Pipelinepfade fehlen.

Annuitätische Systemkosten (CAPEX + OPEX) nach Technologiegruppen

Gesamtsystemkosten & Veränderungen



Erste Erkenntnisse und Ausblick

- Nutzung der Pipelines primär zur offshore CO₂-Speicherung
- Pipeline-Verzögerung führt (aktuell im Modell) dazu, dass alternative Wege gefunden werden, um CO₂ zu speichern (kostenintensiv durch DAC, DAC-Nutzung im Modell 2035 mit Vorsicht zu genießen und unwahrscheinlich)
- Geringfügige Erhöhung der Gesamtsystemkosten bei Verzögerung des CO₂-Netzes

Möglicher Ausblick & Input für nachfolgende Diskussion in World-Cafés

- Verbesserung der Modellparameter und -kosten
- Anpassung/Erweiterung der Szenarien und Sensitivitäten, z.B. Ausweitung CO₂-Abscheidung
- Infrastruktur: Endogener CO₂-Pipelineausbau (über das Plannetz hinaus)
- Kommerziell interessante Metriken/KPI?