

Effiziente Integration von Offshore-Windenergie durch Offshore-Wasserstoffproduktion

Vorstellung der Studie für AquaVentus

Dr. Matthias Janssen, Frontier Economics

12. November 2025



Wir beraten Industriekunden, Verbände und öffentliche Auftraggeber in ganz Europa...

350+
ÖKONOM:INNEN
in 9 Büros

70 LÄNDER
Projekterfahrung in
über 70 Ländern

36 SPRACHEN
sprechen unsere
MitarbeiterInnen



... und haben umfassende Projekterfahrung in Energiemarktdesign & -modellierung

Beispiele

Link zur Studie	Link zur Studie	Link zur Studie	Link zur Studie
Auftraggeber:	Auftraggeber:	Auftraggeber:	Auftraggeber:

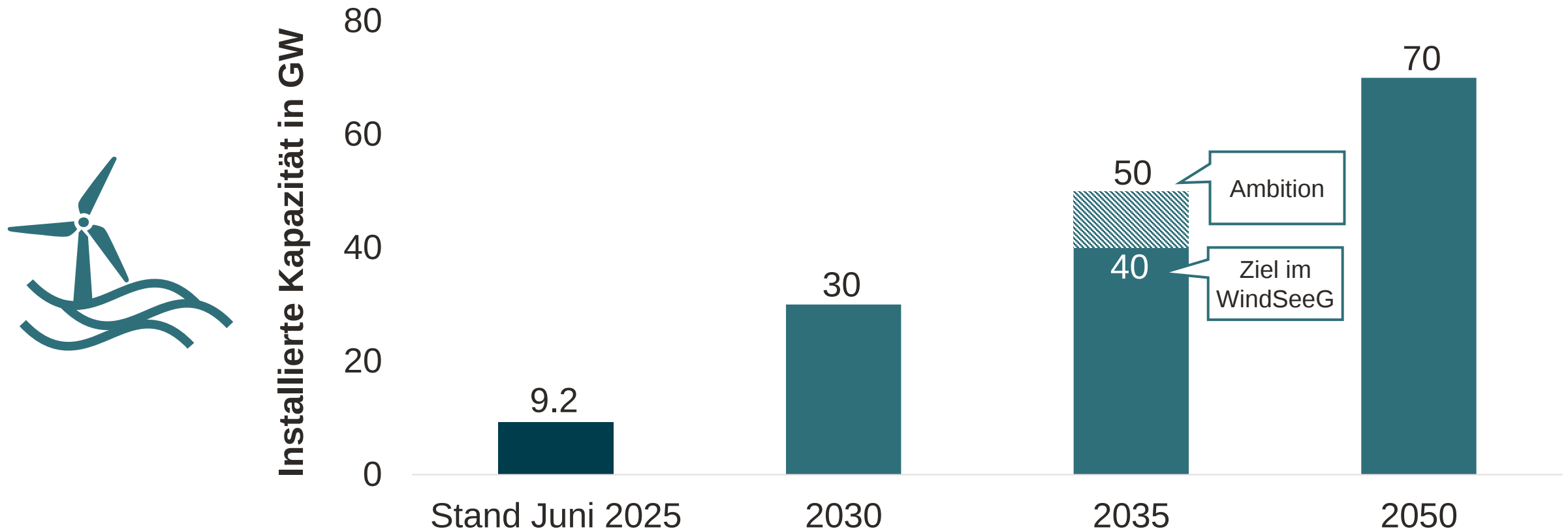
Agenda

#	Thema	Folie
1	Kontext	3
2	Studienfrage & Methodik	8
3	Ergebnisse	12
4	Schlussfolgerungen	20

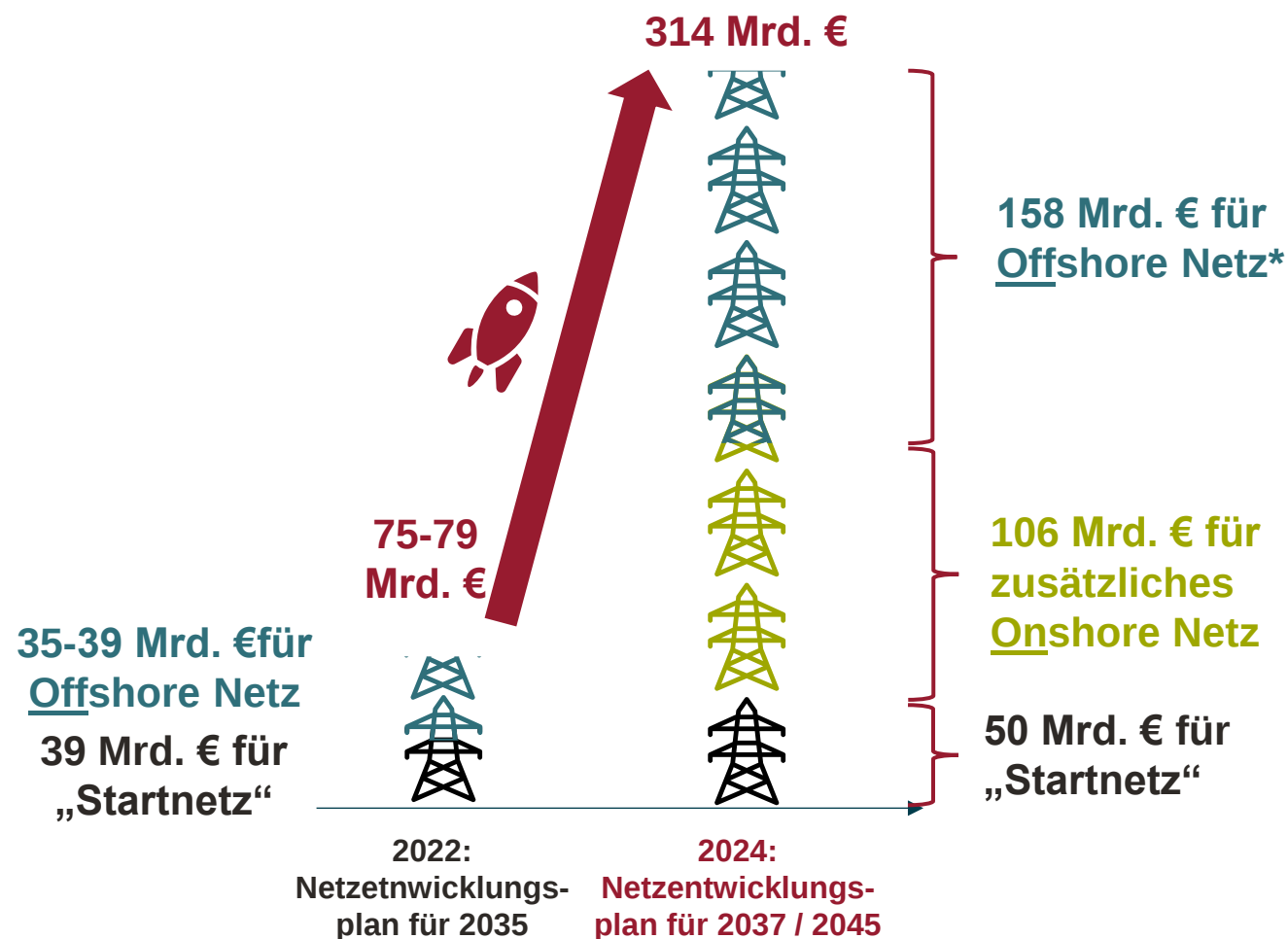
Agenda

#	Thema	Folie
1	Kontext	3
2	Studienfrage & Methodik	8
3	Ergebnisse	12
4	Schlussfolgerungen	20

Um die Klimaziele zu erreichen hat sich Deutschland ambitionierte Ziele für den Ausbau von Wind Offshore gesetzt



Nach bisheriger Logik werden alle Windparks (nahezu) ausschließlich mit Stromleitungen angeschlossen, die Kosten dafür drohen jedoch zu explodieren

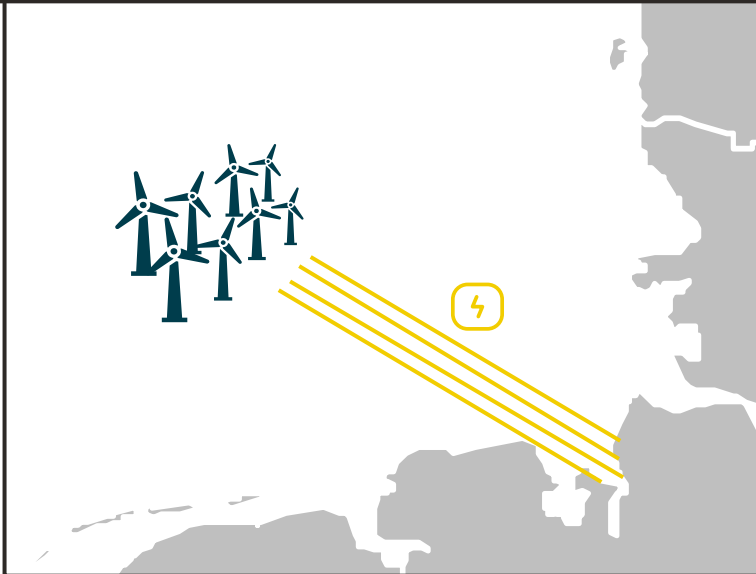


Quelle: [NEP 2035](#); [NEP 2037 / 2045 \(Version 2023\)](#)

* Offshore Ausbau bis 2045 mit Investitionsvolumen von 145,1 Mrd € und 12,4 Mrd € für bereits in der Realisierung befindliche Ausbaumaßnahmen

Daher schlägt das zuständige Bundesamt für Schifffahrt vor Offshore Wind Parks zukünftig nur noch unvollständig anzuschließen („Overplanting“, „Spitzenkappung“)

Aktueller Ausbau
Windparkkapazität = Netzkapazität



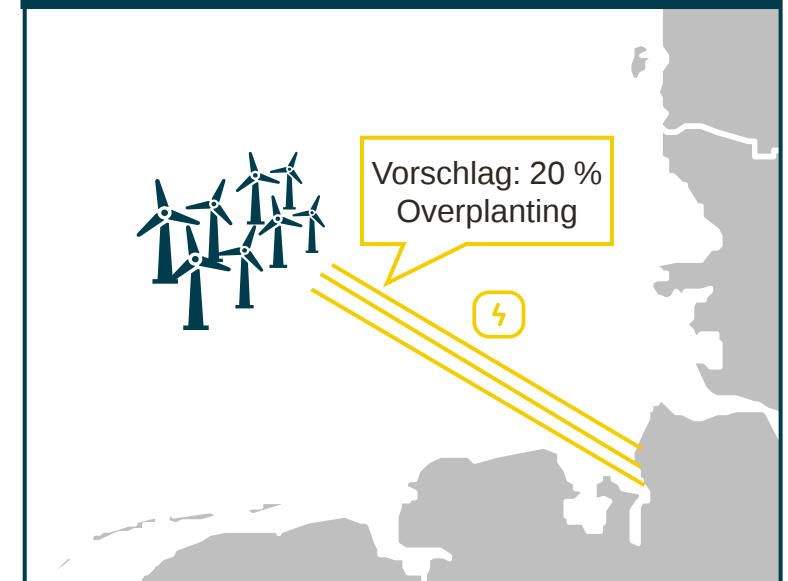
**Vorschläge des BSH im FEP 2025
zur Erhöhung der Netzauslastung**

Fokus auf Zone 4 und 5:

- **Reduzierung der Netzanbindungskapazität im Verhältnis zur Windparkleistung („Overplanting“ von 20%) und Spitzenkappung**
- Neuer Zuschnitt der Flächen mit geringerer Leistungsdichte für geringere wake effects
- Erhöhung der Übertragungskapazität von ONAS von derzeit 2 GW auf 2,2 GW

➔ Im Ergebnis soll gegenüber dem NEP 2037/2045 eine **Reduktion um fünf ONAS** erreicht werden

BSH-Vorschlag: Overplanting
Windkapazität > Anschlusskapazität



Das BSH geht dabei weiterhin von (nahezu) ausschließlichem Stromanschluss aus, obwohl Wasserstoff eine wichtige Rolle für Klimaneutralität spielen wird

Offshore Netzanschluss bisher (weitgehend) ohne Wasserstoff

 1 GW Kapazität in SEN-1 für „sonstige Energienutzung“, aber Ausschreibungsverfahren noch unklar

 Keine zusätzlichen Flächen für die explizite Wasserstoffproduktion.



Ziele für Offshore-Kapazitäten

	2030	2040	2050
Elektrizität (gesamt)	30 GW	40 GW	70 GW
Wasserstoff möglich	1 GW	?	?

Wasserstoff ist essenziell für eine erfolgreiche Energiewende



... für schwer zu elektrifizierende Endanwendungen, Feedstock und Kraftwerke



... als Speichermedium



... für Transport und (teilweise) Verteilung von Energie

Agenda

#	Thema	Folie
1	Kontext	3
2	Studienfrage & Methodik	8
3	Ergebnisse	12
4	Schlussfolgerungen	20

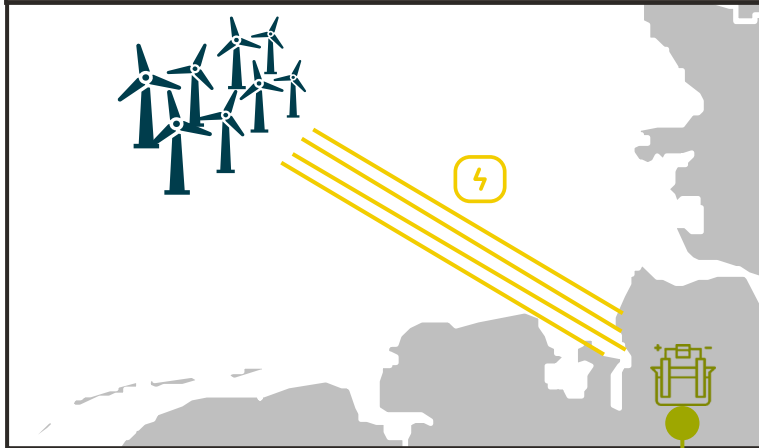
Unsere Studie untersucht inwieweit Kosten gesenkt werden können indem ein Teil der Offshore Windenergie als Wasserstoff in Pipelines an Land transportiert wird

Wir vergleichen 3 Konfigurationen zur Erschließung des Offshore-Windpotenzials in Nordsee Zonen 4 & 5

Gestern veröffentlichte BMW Konsultation stellt diese Frage auch!

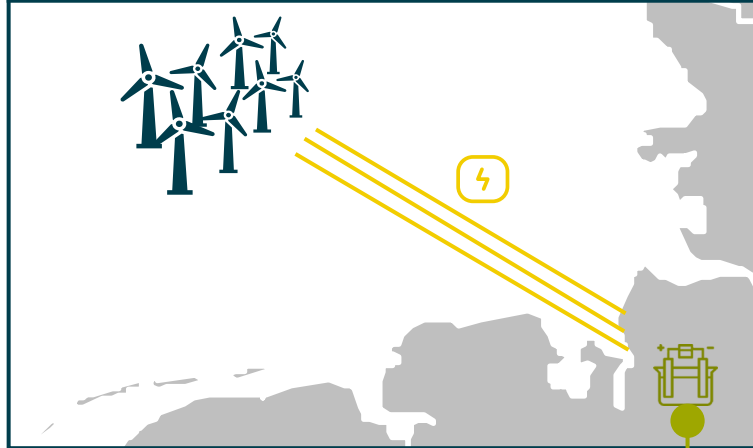
Baseline: aktueller Ausbau

Windparkkapazität = Kabelkapazitäten. Nur Stromanschlüsse



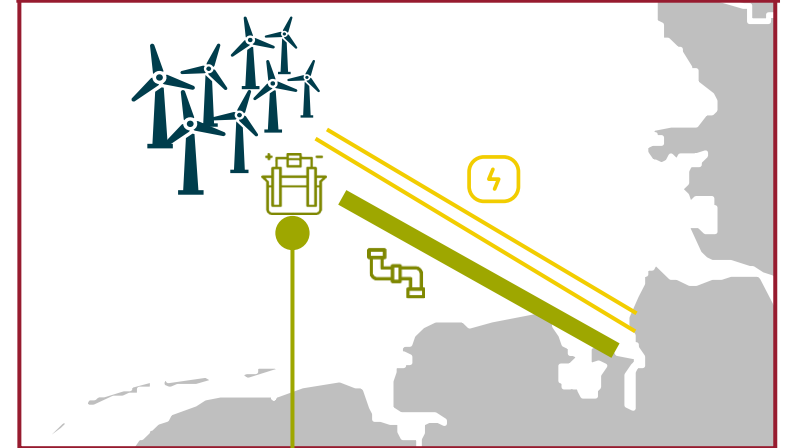
BSH-Alternative: Overplanting

Windkapazität > Kabelkapazität; nur Stromanschlüsse



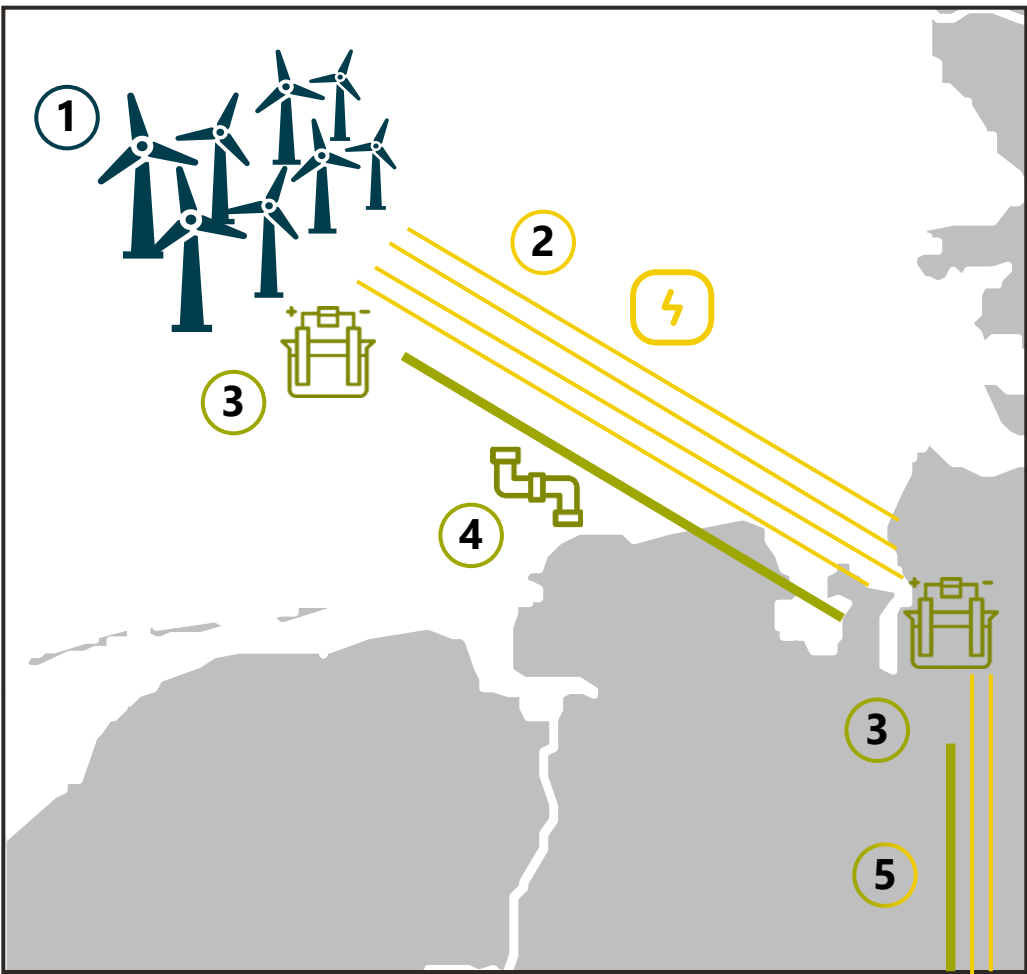
Offshore-Sektorkopplung

Windkapazität > Kabelkapazität; Offshore-Elektrolyse und Wasserstoffpipeline ergänzen elektrische Verbindungen



Für einen „Like-for-Like“-Vergleich nehmen wir die gleiche Elektrolysekapazität über alle Konfigurationen an

Modellansatz: Wir minimieren Kosten für Infrastruktur unter Berücksichtigung des Wertes von produziertem Strom und H2



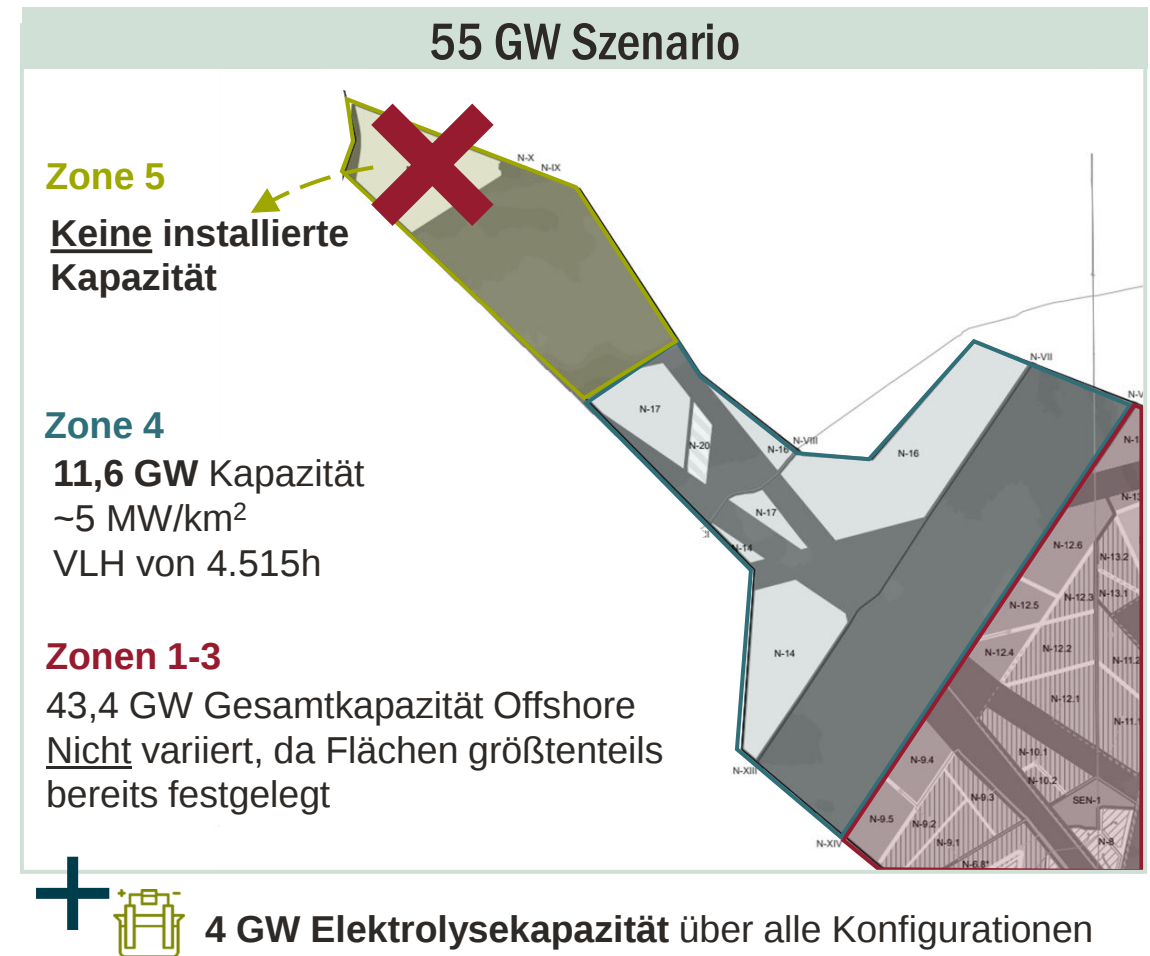
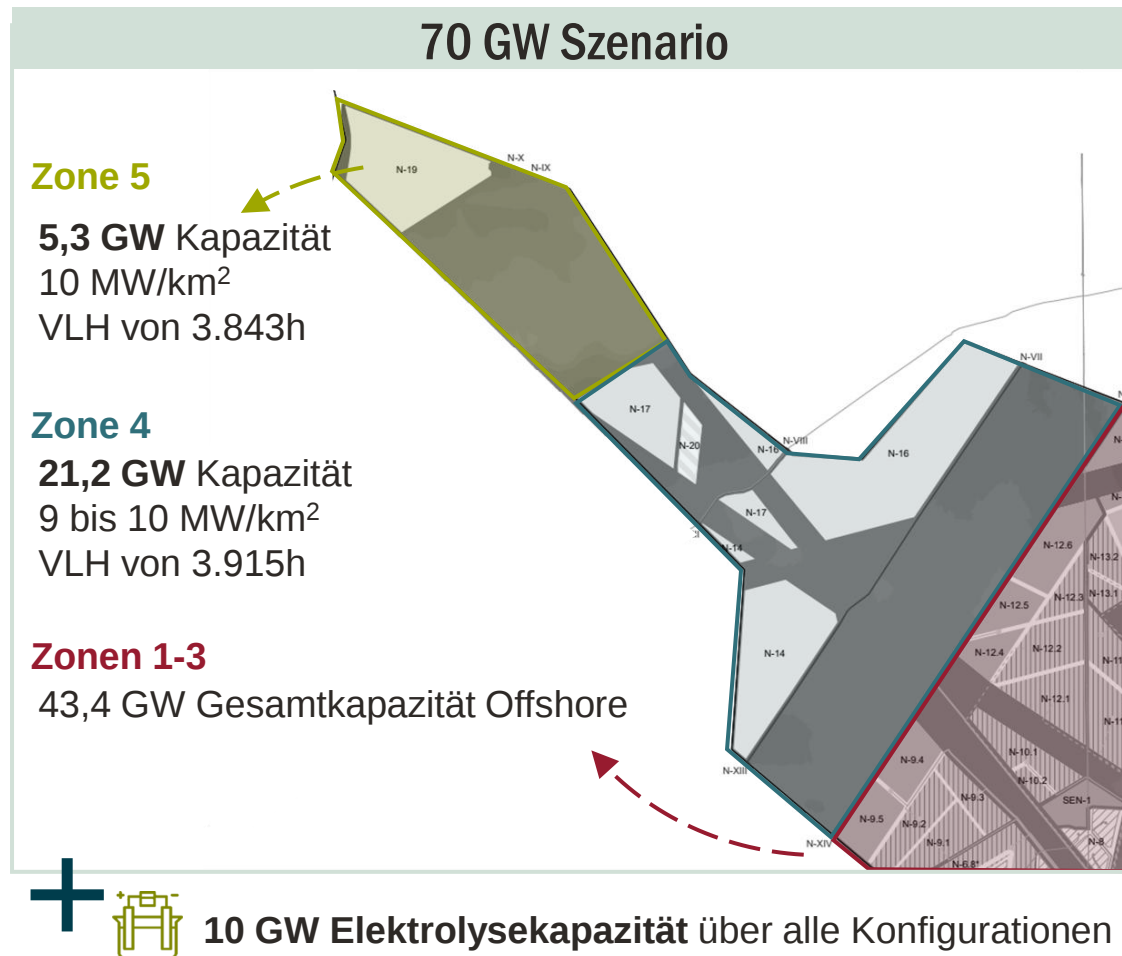
- 1 OWF-Kapazität
- 2 Kabel-Kapazität
- 3 Elektrolyse-Kapazität
- 4 Pipeline-Kapazität
- 5 Onshore-Netz

Mehr Freiheitsgrade im Modell		
Aktueller Ausbau	Overplanting (nur Strom)	Offshore-Sektorkopplung
Einheitlich vorgegeben über alle Konfigurationen (Betrachtung der Zonen 4 und 5)		
Identisch zu OWF	Optimiert	
Onshore	Offshore	
Keine Offshore Pipeline	Optimiert	
Optimiert für H2 und Strom		



Das Modell optimiert endogen Investitionen in die Elektrizitäts- und H2-Infrastruktur, um die „**Integrationskosten**“ zu minimieren:
 Integrationskosten = Infrastrukturkosten minus Wert der an Endverbraucher gelieferten Energie (Strom & H2)

Vor dem Hintergrund der aktuellen Diskussionen zur Steigerung der Kosteneffizienz betrachten wir neben dem aktuellen 70 GW Ausbauziel noch ein 55 GW Szenario



Agenda

#	Thema	Folie
1	Kontext	3
2	Studienfrage & Methodik	8
3	Ergebnisse	12
4	Schlussfolgerungen	20

Ergebnisse auf einen Blick



Kosteneinsparungen durch Offshore Sektorkopplung bis zu **1,700 mn. €/Jahr** (70 GW) bzw. **500 mn. €/Jahr** (55 GW) gegenüber aktuellem Ausbau.



Elektrizitäts-Overplanting senkt Kosten bereits, aber **Sektorkopplung** nutzt zusätzlich **Wasserstoffpipelines** als günstigen Transportweg, wodurch Kosten zusätzlich sinken.



Netzauslastung steigt von **55 %** → **65 % (70 GW)** bzw. **55 %** → **64 % (55 GW)**.

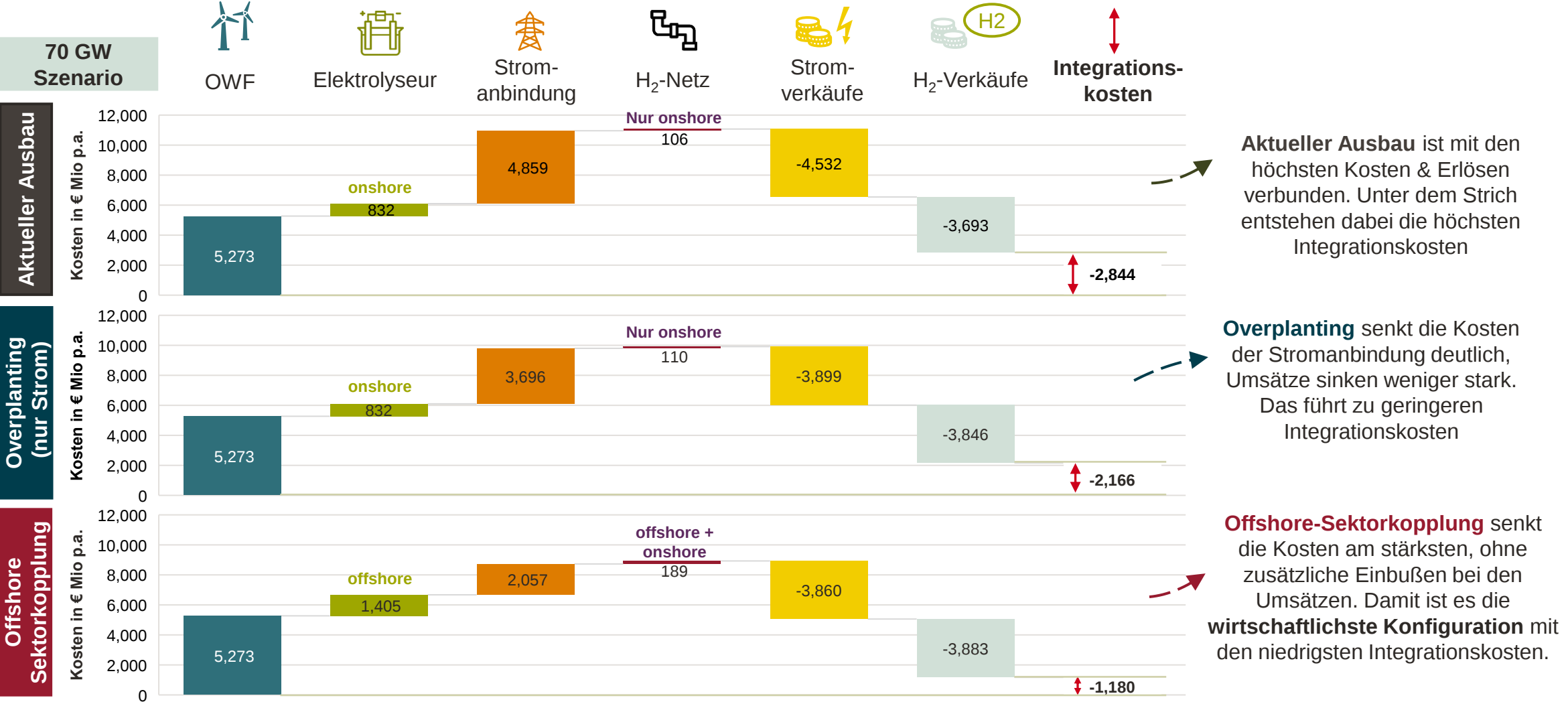


Abregelung sinkt im Vergleich zu Overplanting von **14 %** → **11 % (70 GW)** und **5 %** → **3 % (55 GW)**; dadurch **mehr nutzbare Energie** (~ 2,5 TWh im 70 GW Szenario und 1 TWh im 55 GW Szenario) im Jahr 2045.

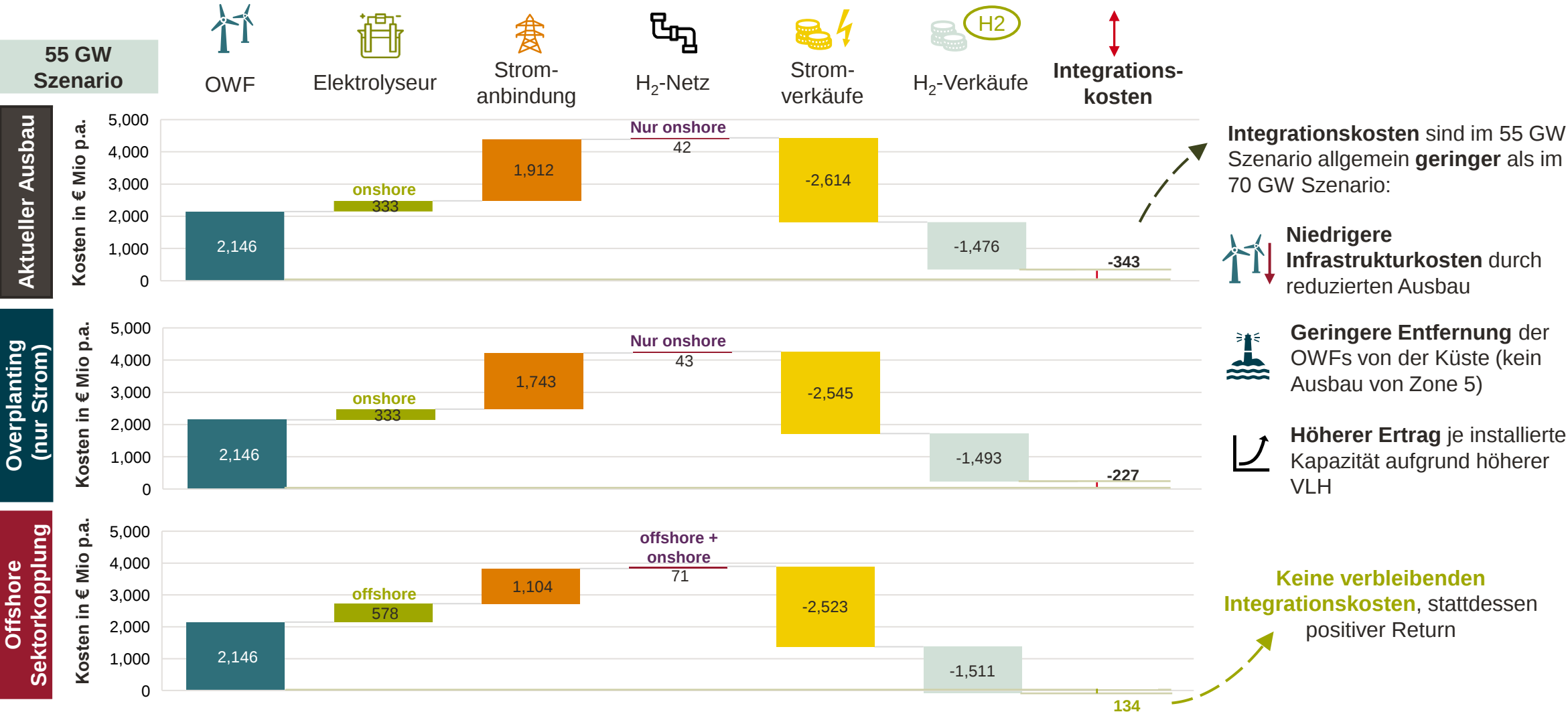


Ergebnisse **robust** gegenüber Änderungen bei Elektrolyseurkapazität, Elektrolysekosten und Strompreisen.

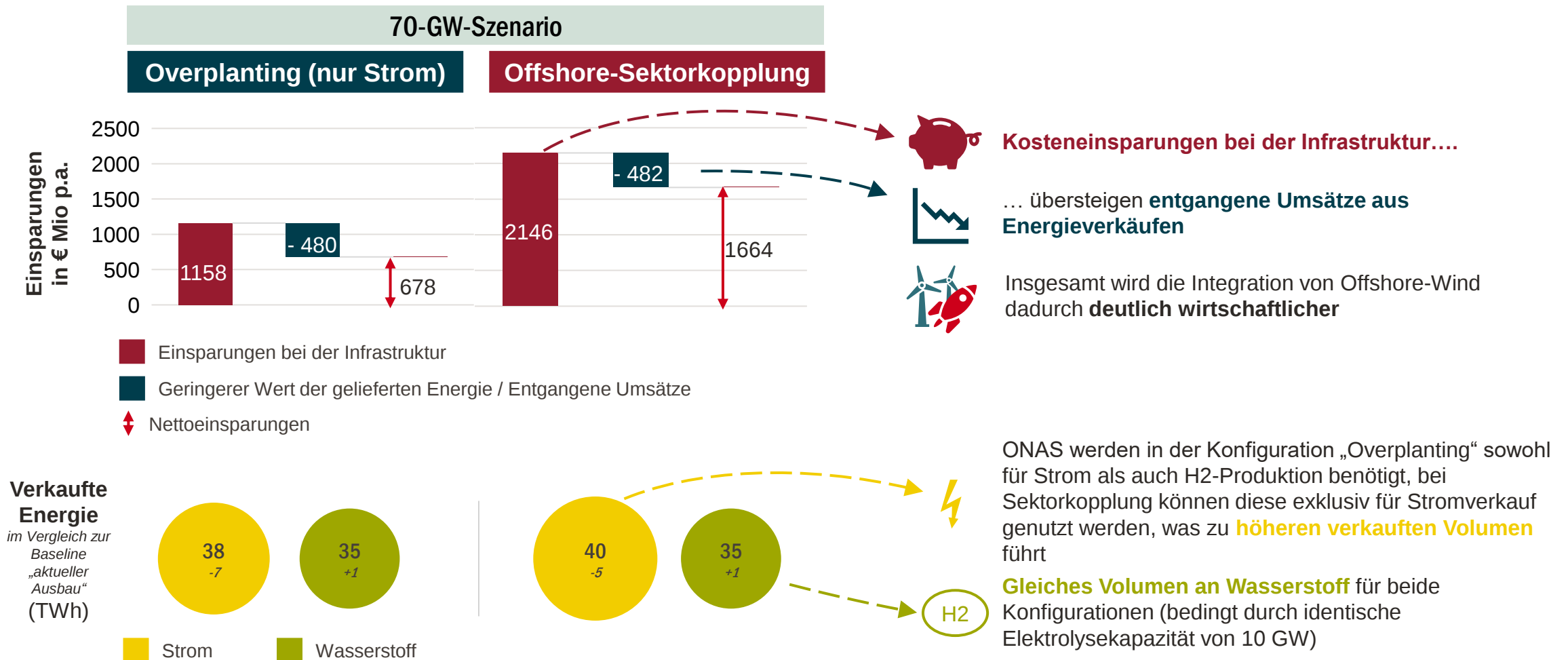
Sektorkopplung ermöglicht kosteneffiziente Integration von Offshore Wind (70 GW)



Ein ähnliches Bild zeigt sich für das 55 GW Szenario, wenn auch weniger ausgeprägt

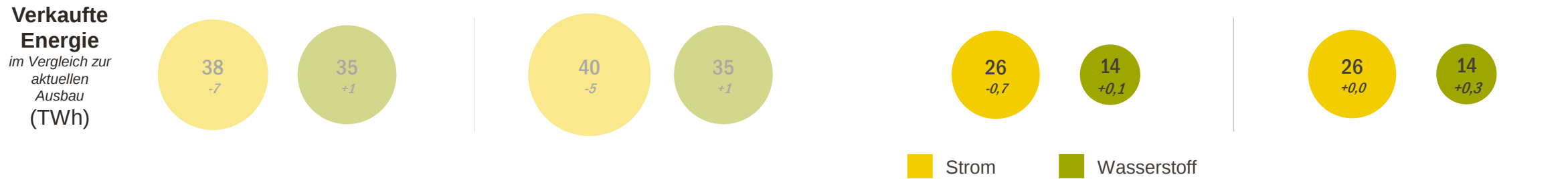
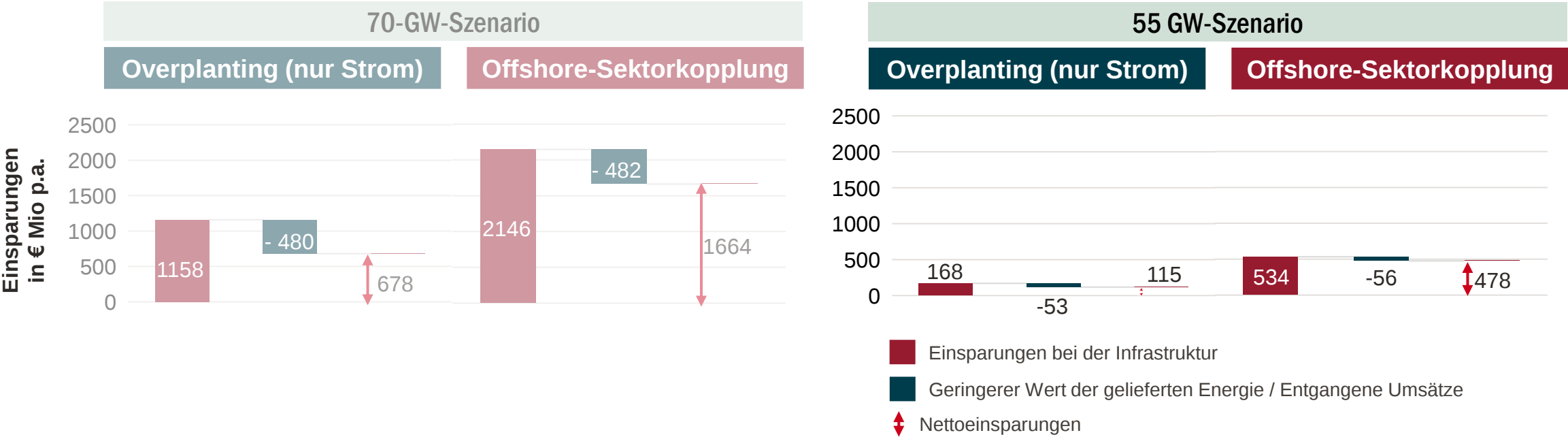


Sektorkopplung liefert das größte Einsparpotenzial für die Integration von Offshore Wind in den Zonen 4 und 5 im 70-GW-Szenario...

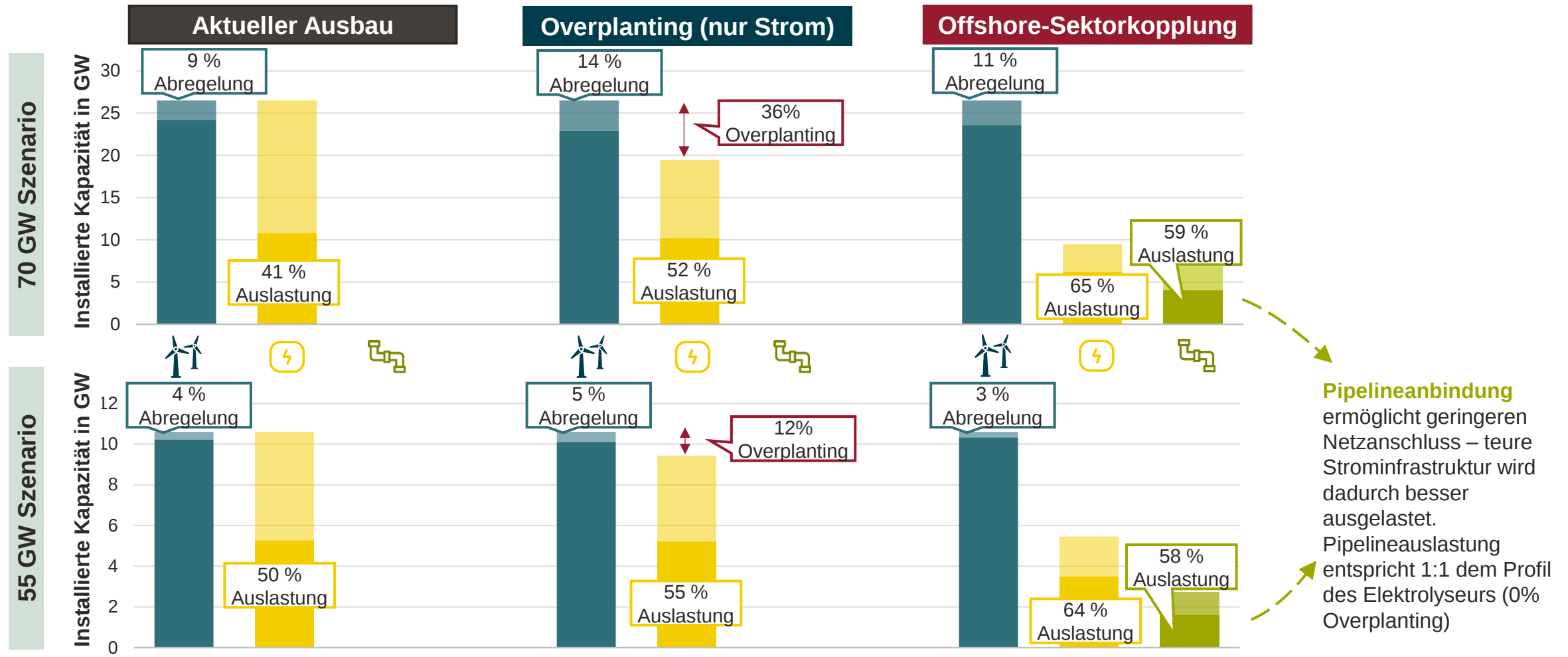


* Die Referenz ist der derzeitige Ausbau mit Elektrolyse an der Küste, die Elektrolysekapazität ist im 70-GW-Szenario auf 10 GW und im 55-GW-Szenario auf 4 GW festgelegt.

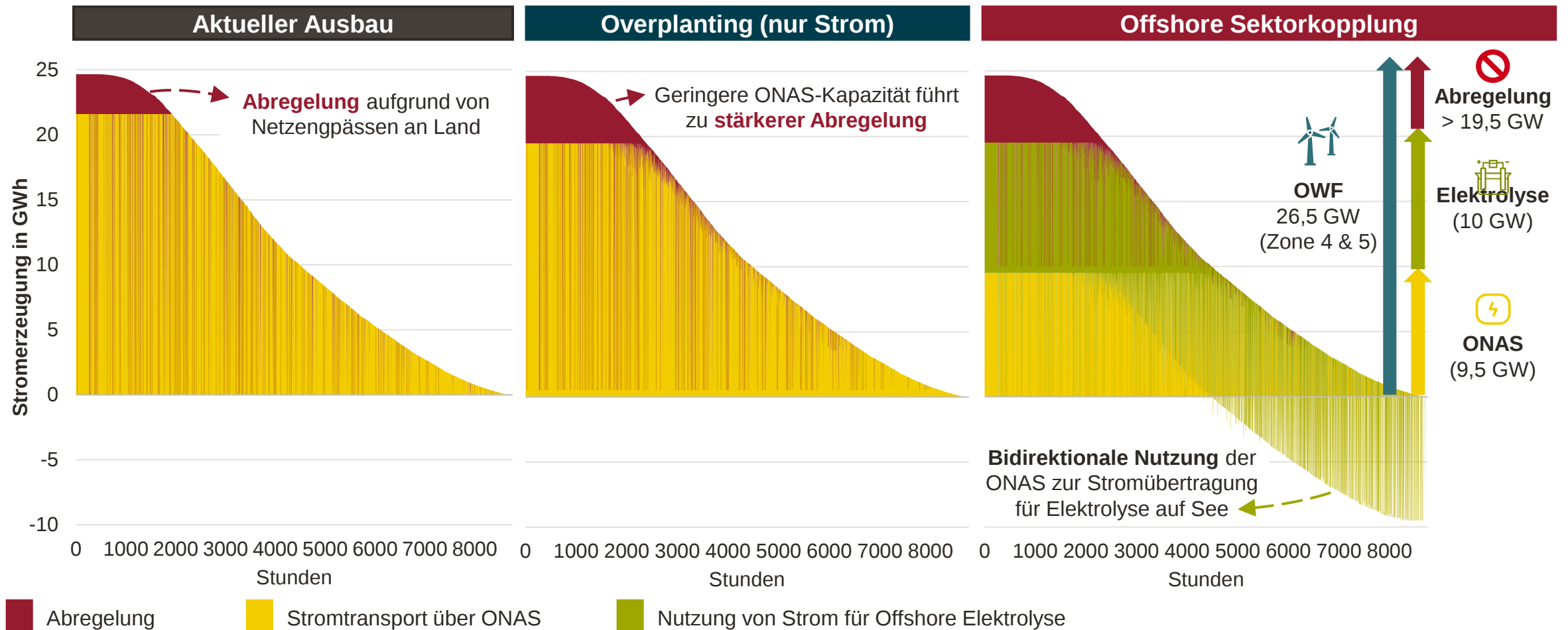
... und im 55-GW-Offshore-Windszenario



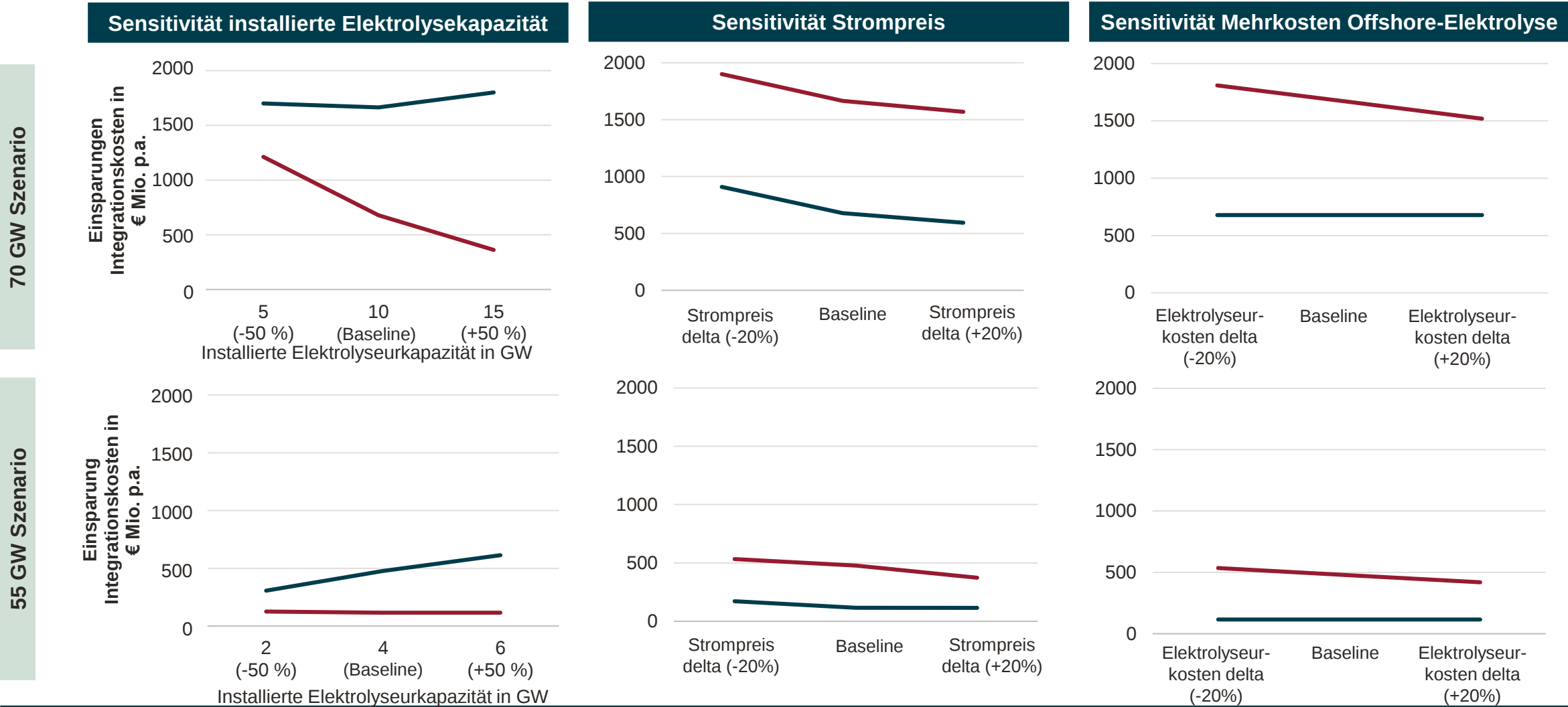
Offshore-Sektorkopplung ermöglicht eine höhere Auslastung teurer Offshore-Netzanschlüsse – bei im Vergleich zu Overplanting niedrigerer Abregelung



Im stündlichen Profil sind die Unterschiede in der Nutzung von Offshore Infrastruktur zwischen den Konfigurationen deutlich sichtbar (Beispiel 70 GW Szenario)



Ergebnisse sind robust gegenüber Änderungen bei Elektrolyseurkapazität, Strompreisen und Offshore-Kosten.



Agenda

#	Thema	Folie
1	Kontext	3
2	Studienfrage & Methodik	8
3	Ergebnisse	12
4	Schlussfolgerungen	20

Zusammenfassung der Ergebnisse



Kosteneinsparungen durch Sektorkopplung bis zu **1,700 mn. €/Jahr** (70 GW) bzw. **500 mn. €/Jahr** (55 GW) ggü. aktuellem Ausbau.



Elektrizitäts-Overplanting senkt Kosten bereits, aber **Sektorkopplung** nutzt zusätzlich **Wasserstoffpipelines** als günstigen Transportweg, was Kosten noch weiter reduziert.



Netzauslastung steigt von **55 %** → **65 % (70 GW)** bzw. **55 %** → **64 % (55 GW)**.



Abregelung sinkt im Vergleich zu Overplanting von **14 %** → **11 % (70 GW)** und **5 %** → **3 % (55 GW)**; dadurch **mehr nutzbare Energie** (~ 2,5 TWh im 70 GW Szenario und 1 TWh im 55 GW Szenario) im Jahr 2045..



Ergebnisse **robust** gegenüber Änderungen bei Elektrolyseurkapazität, Strompreisen und Offshore-Kosten.

Um diese Kostensenkungs- und Flexibilitätspotenziale zu haben bedarf es gezielten politische Weichenstellungen



Ausweisung weiterer
Offshore-
Wasserstoffflächen **über**
Pilotgebiet SEN-1
(1 GW) hinaus



Zulassung
kombinierter
Strom- und
Wasserstoffanbindungen



Gemeinsame Planung
von Strom- und
Wasserstoffnetzen zur
Kostenoptimierung



Gleichstellung von
Offshore- mit Onshore-
Elektrolyse als
„**öffentliches**
Interesse“



Risikominderung
für Erstinvestoren
durch klare
Rahmenbedingungen
und gezielte *de-risking*
Instrumente

Vielen Dank!



DR. MATTHIAS JANSSEN

matthias.janssen@frontier-economics.com

<https://www.linkedin.com/in/matthias-janssen/>



MARÍA PAULA TORRES

maria.paula.torres@frontier-economics.com

[linkedin.com/in/maria-paula-torres-figueroa](https://www.linkedin.com/in/maria-paula-torres-figueroa)



GREGOR BRAENDLE

gregor.braendle@frontier-economics.com

[linkedin.com/in/gregor-b-](https://www.linkedin.com/in/gregor-b-)



LAURA COORDT

laura.coordt@frontier-economics.com

[linkedin.com/in/laura-coordt-8975a0208](https://www.linkedin.com/in/laura-coordt-8975a0208)

Frontier Economics Ltd ist Teil des Frontier Economics Netzwerks, welches aus zwei unabhängigen Firmen in Europa (Frontier Economics Ltd) und Australien (Frontier Economics Pty Ltd) besteht. Beide Firmen sind in unabhängigem Besitz und Management, und rechtliche Verpflichtungen einer Firma erlegen keine Verpflichtungen auf die andere Firma des Netzwerks. Alle im hier vorliegenden Dokument geäußerten Meinungen sind die Meinungen von Frontier Economics Ltd.