

The background of the slide is a photograph of a large, modern building with a prominent triangular pediment and several tall, narrow windows. The building is light-colored, possibly beige or tan. There are trees and bushes in front of the building, and a blue sky with light clouds in the background. A horizontal bar with a yellow segment on the left and a grey segment on the right is positioned below the building image.

CO₂-ARMER WASSERSTOFF

Bezugsoptionen für Deutschland

Max Schönfisch

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI) gGmbH | 15.12.2020

1 Produktionsverfahren

4 Wasserstofftransport

3 Produktionskosten

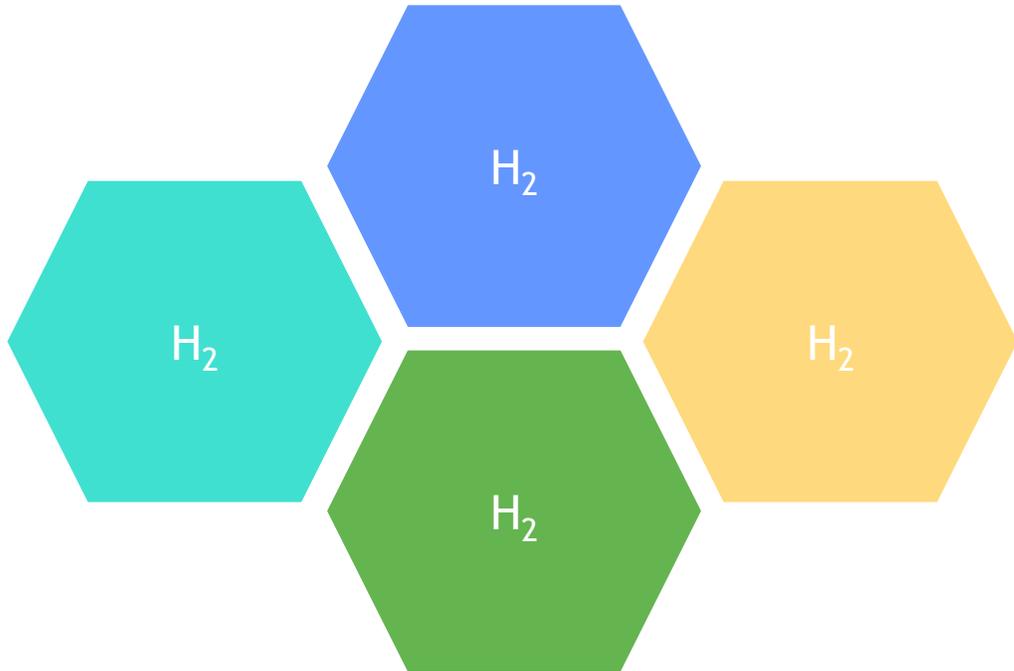
4 Implikationen für Deutschland

5 Fazit

1

Produktionsverfahren

CO₂-armer Wasserstoff hat viele Farben.



- Erdgasbasiert

- **Blau**: Erdgasdampfreformierung + CCS

- **Türkis**: Erdgaspyrolyse

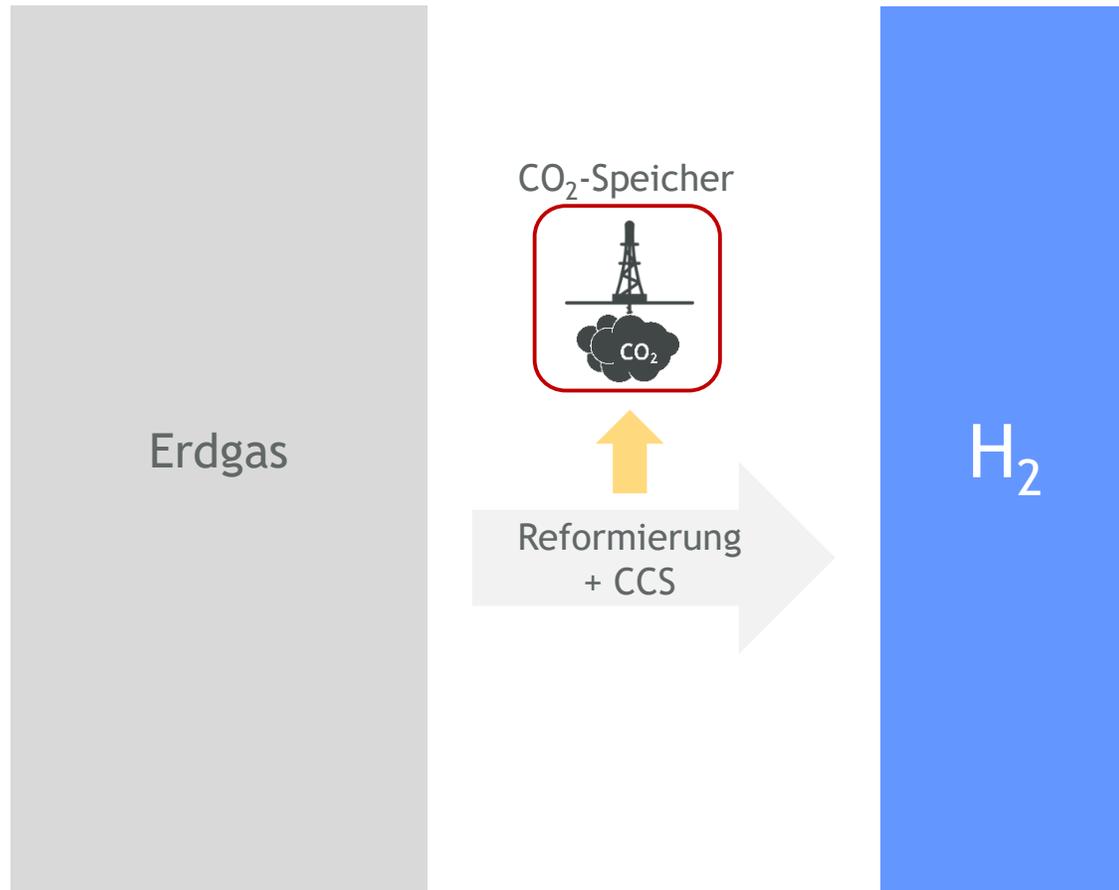
- Strombasiert

- **Grün**: Elektrolyse mit erneuerbarem Strom

- **Gelb**: Elektrolyse mit nuklearem Strom

Blauer Wasserstoff

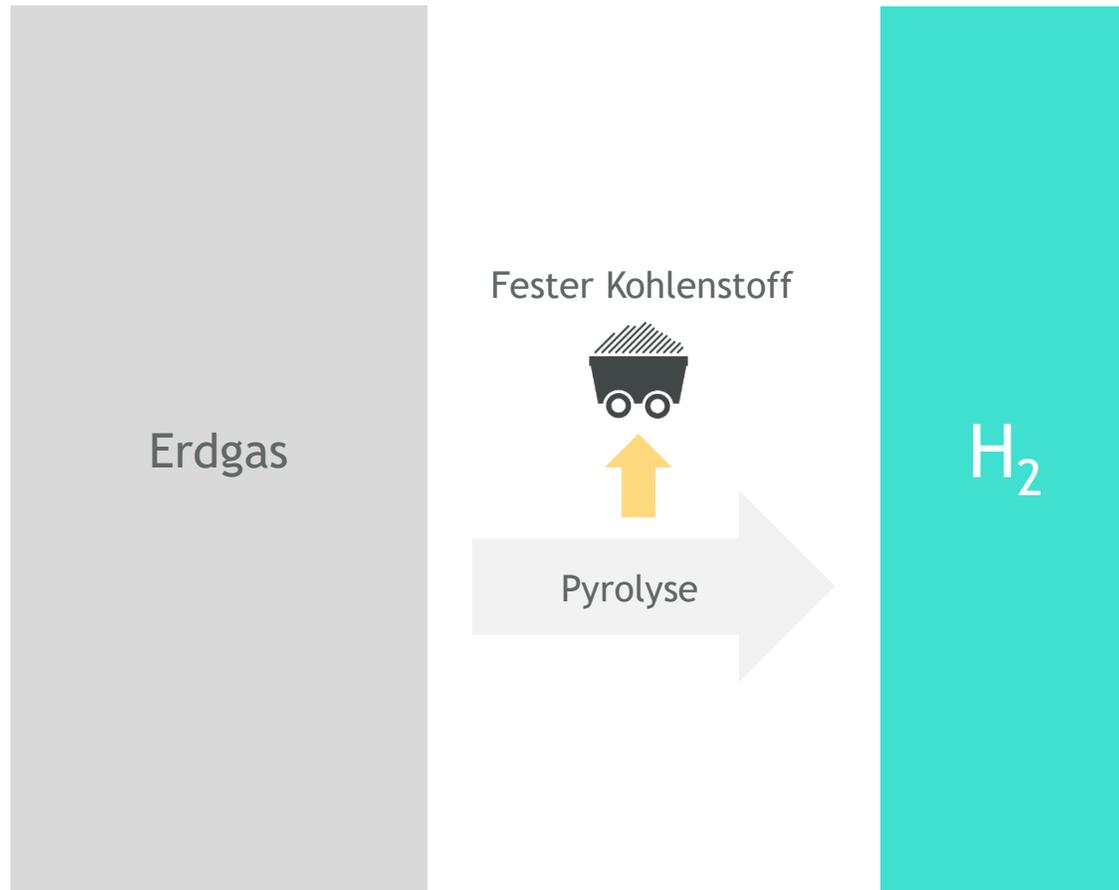
Erdgasreformierung + CCS



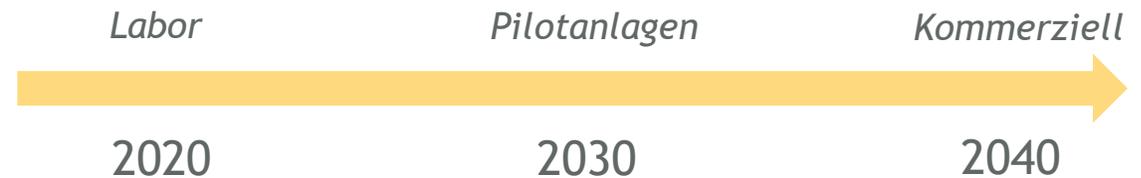
- In der Erdgasreformierung wird Synthesegas (CO/H₂) erzeugt, was zu CO₂ und mehr H₂ reagiert
- Das CO₂ kann abgeschieden werden (CCS)
 - Abscheidungsraten von über 90% sind möglich
- Das CO₂ wird abtransportiert und unterirdisch eingelagert (z.B. in alten Ö-/Gasfeldern oder porösen Sedimentschichten)

Türkiser Wasserstoff

Methanpyrolyse



- Methan (CH₄) wird in H₂ und Kohlenstoff (C) gespalten
- Pyrolyse erfordert hohe Temperaturen: kann durch Strom oder die Verbrennung von H₂ oder Erdgas erzeugt werden
- Der feste Kohlenstoff (z.T. „Carbon Black“ - Industrieruß) kann an industrielle Abnehmer verkauft werden



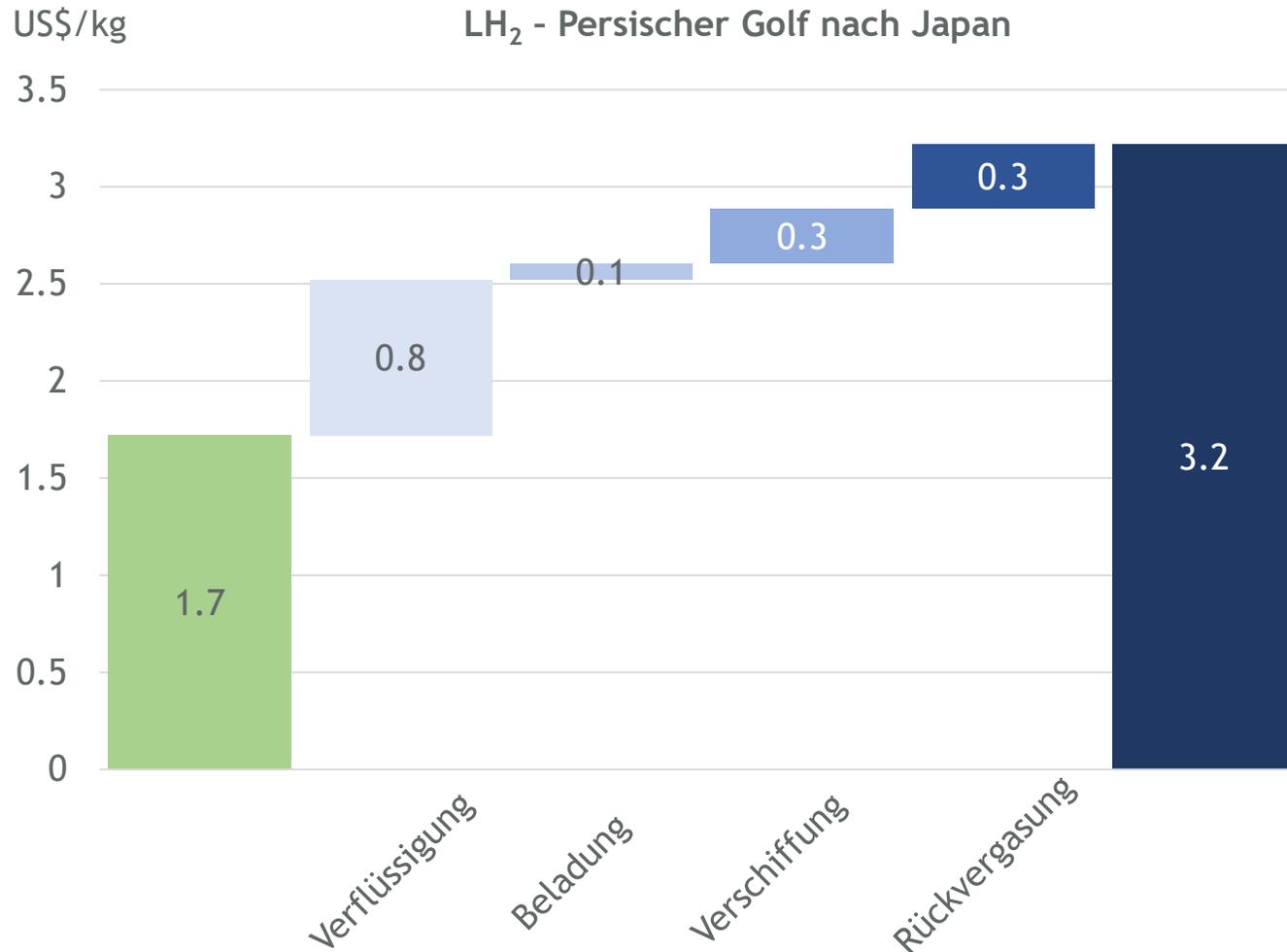
Strombasierter Wasserstoff Elektrolyse



2

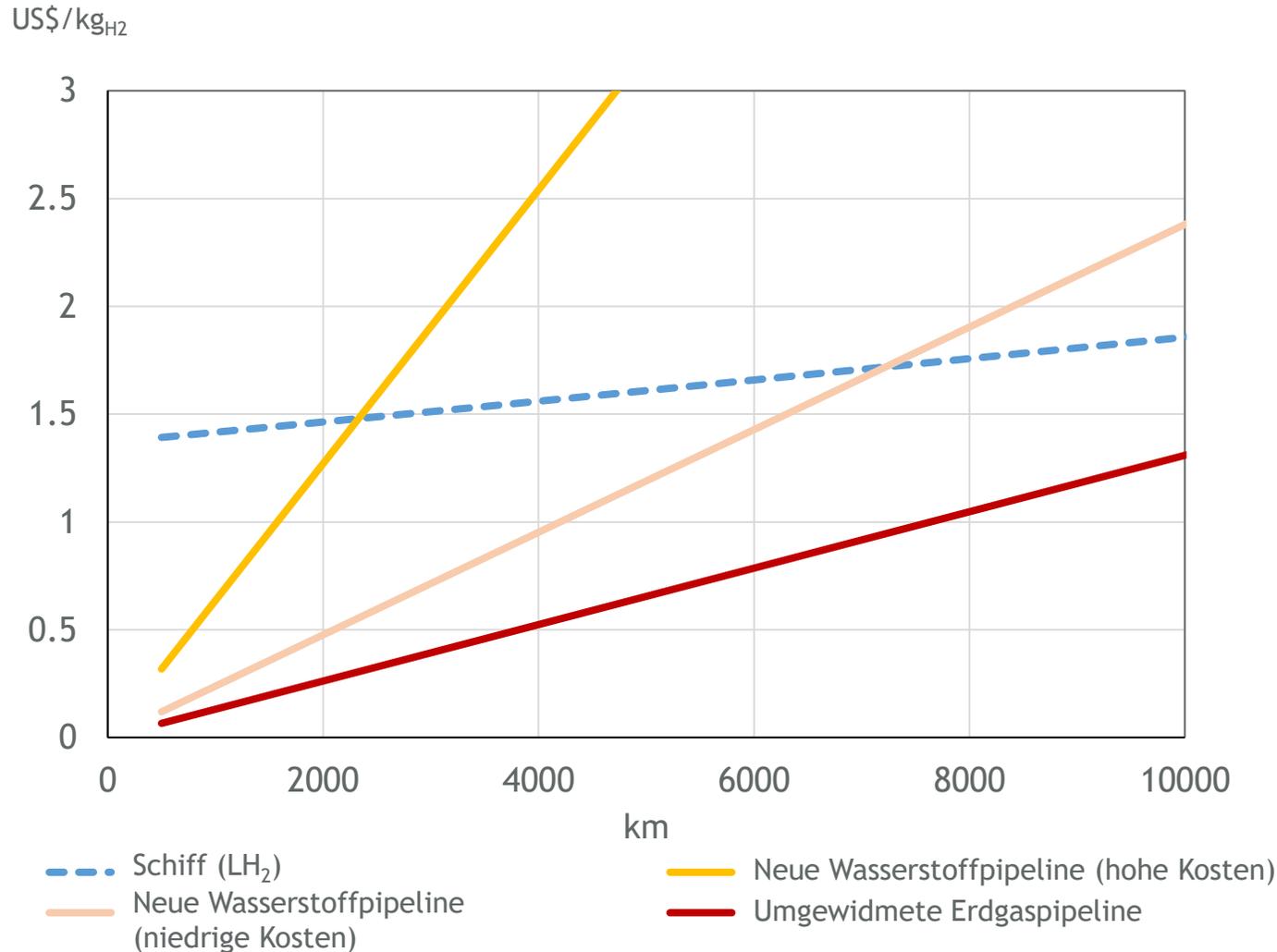
Wasserstofftransport

Wasserstofftransport via Schiff ist teuer.



- Der Transport von Wasserstoff per Schiff ist teuer
- Flüssigwasserstoff (LH₂) langfristig wahrscheinlich die günstigste Option (reinen) Wasserstoff zu transportieren
- Wenn reiner Wasserstoff nicht das nachgefragte Endprodukt ist, ist es günstiger, das Produkt selbst (z.B. Ammoniak oder Methanol) zu transportieren

Pipelines sind günstiger als ein Schiffstransport.



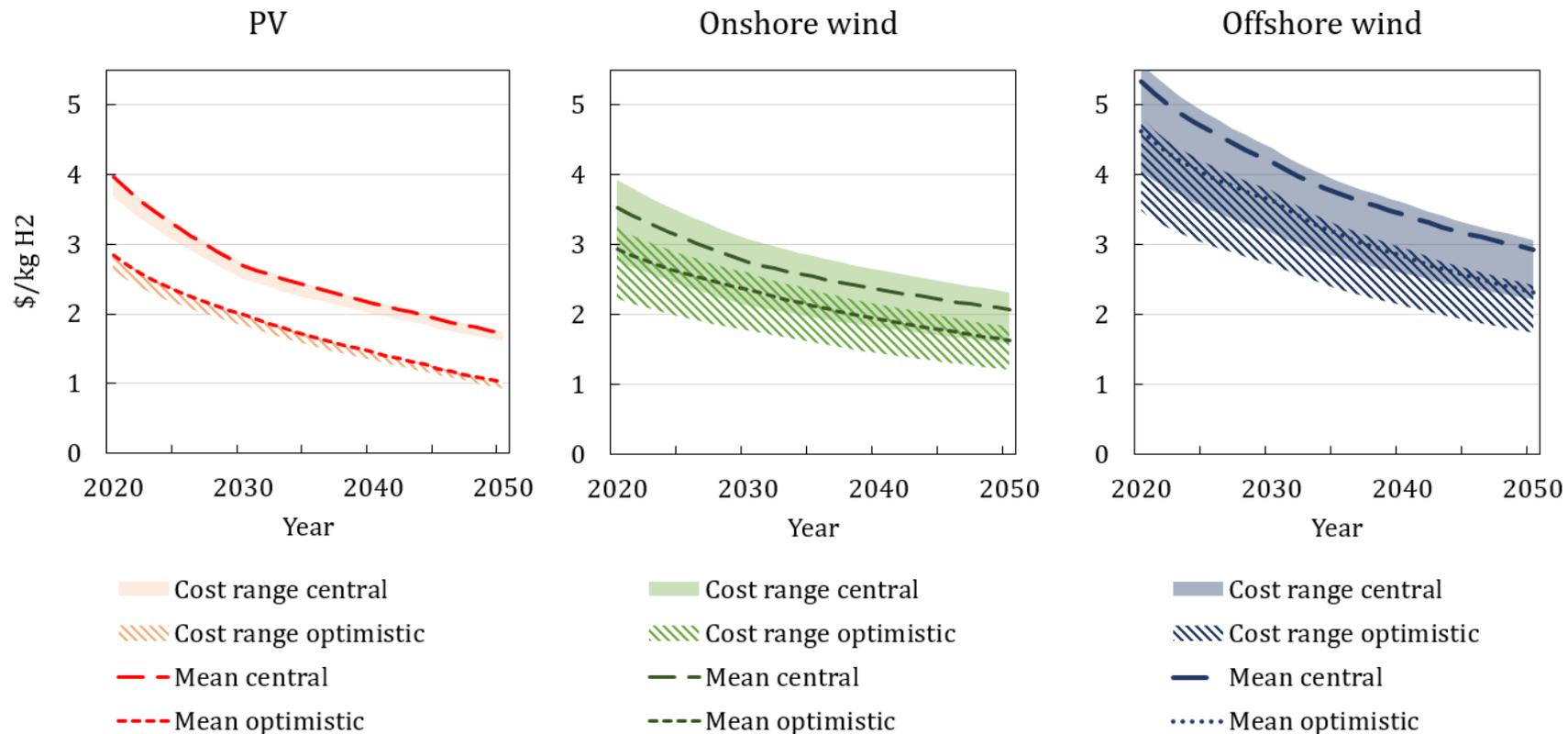
- Neue Wasserstoffpipelines günstiger als Schiffstransporte für Entfernungen zwischen 2000 km - 7000 km
- Umgewidmete Erdgaspipelines potenziell noch günstiger
- Eher mehrere regionale als ein globaler Wasserstoffmarkt

Produktionskosten

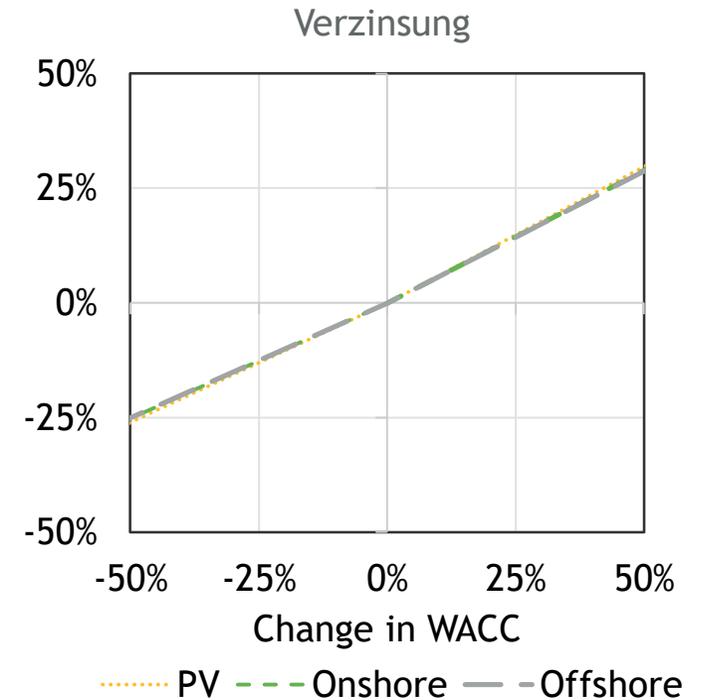
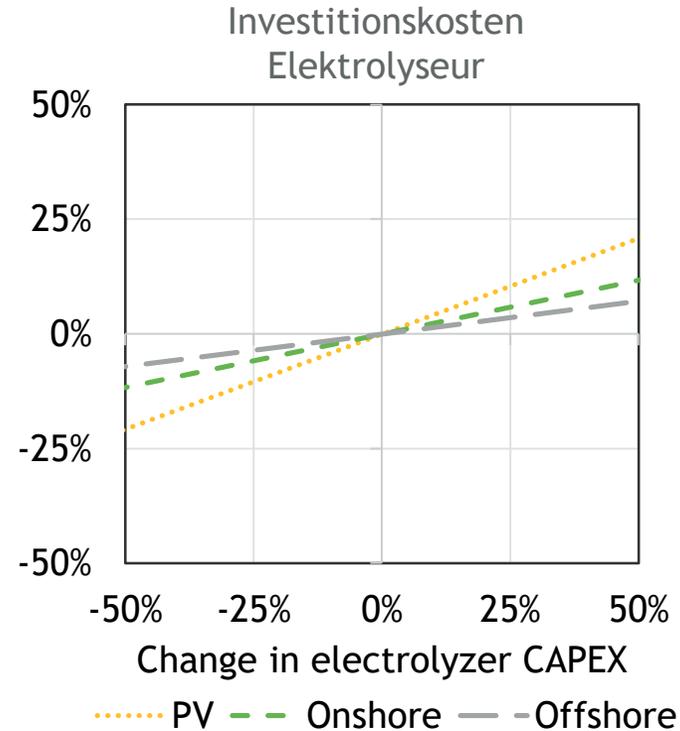
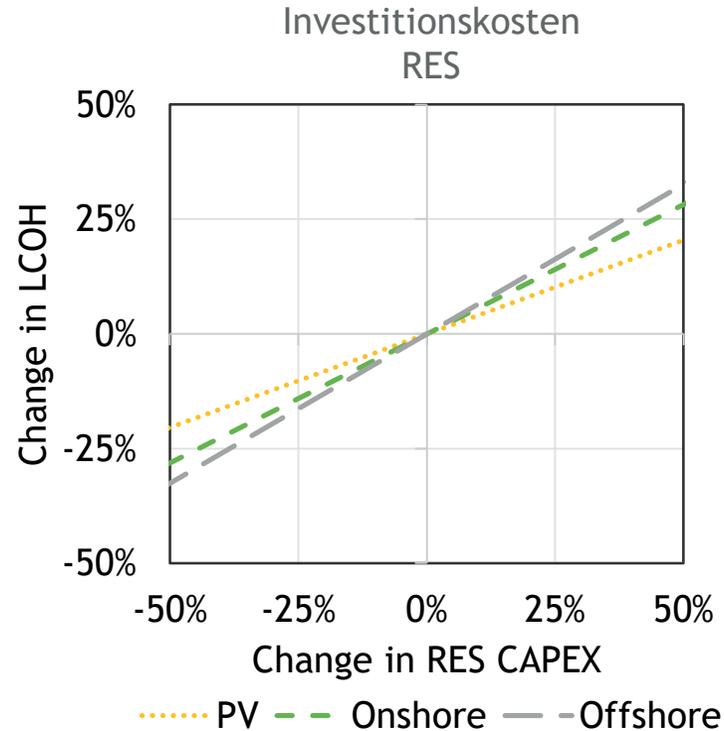
GRÜNER WASSERSTOFF

Wie könnten sich Produktionskosten für grünen Wasserstoff global entwickeln?

Produktionskosten der Top-20 RES-Potenziale global



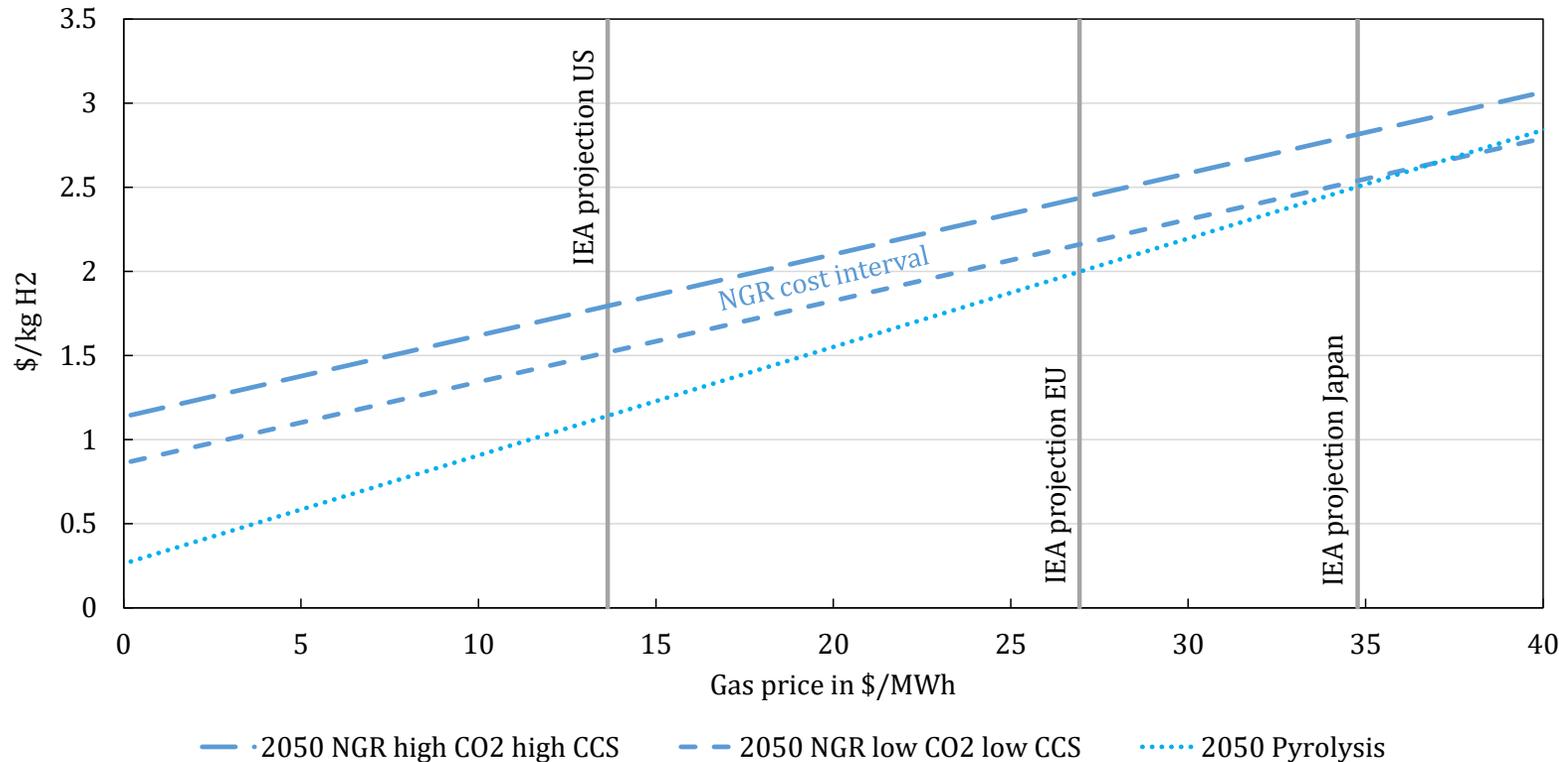
Welche Faktoren beeinflussen die Kosten für grünen Wasserstoff?



Ergebnisse sind sehr sensitiv gegenüber Kapitalkosten und CAPEX der Produktionsanlagen

ERDGASBASIERTER WASSERSTOFF

Produktionskosten für blauen und türkisen Wasserstoff 2050



CO₂ Speicherung nur Offshore | CO₂ Speicherung ohne Restriktionen

Gasreformierung + CCS:

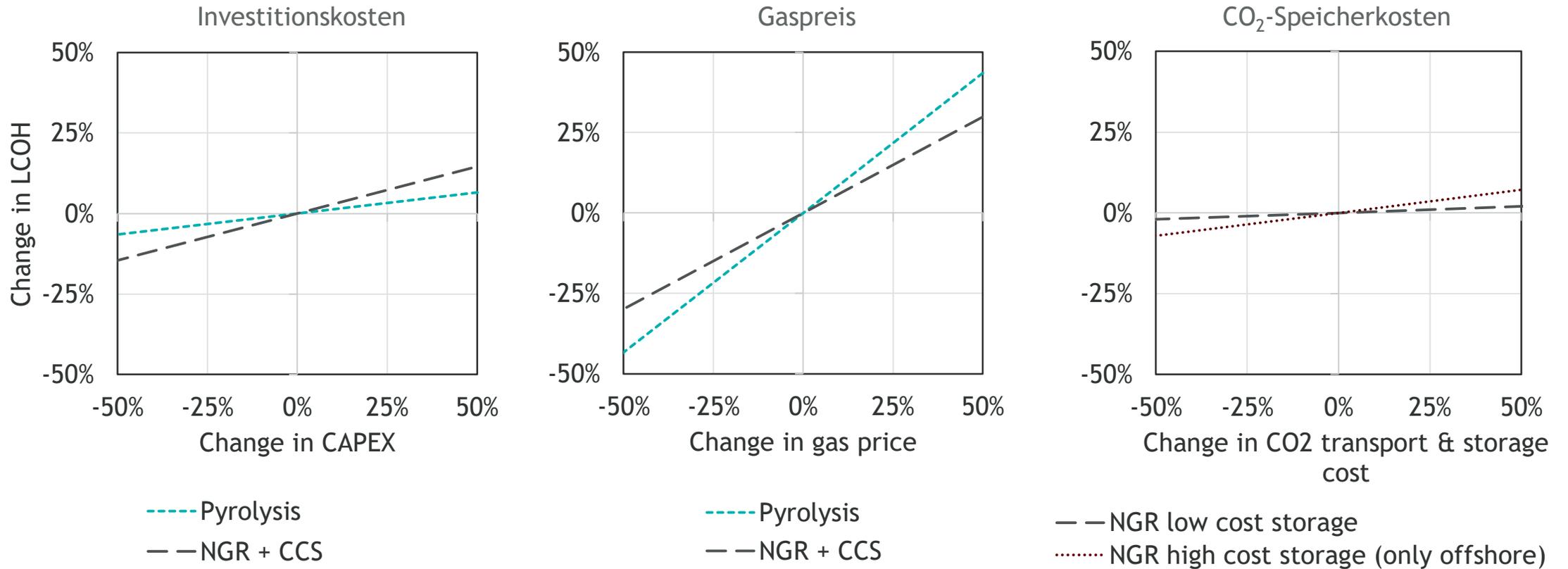
- Kostenintervall für unterschiedliche CO₂Preise und Speicherkosten

Pyrolyse:

- Günstiger als Gasreformierung für Gaspreise <\$35/MWh
- Produktionskosten unter \$1/kg_{H2} möglich

ERDGASBASIERTER WASSERSTOFF

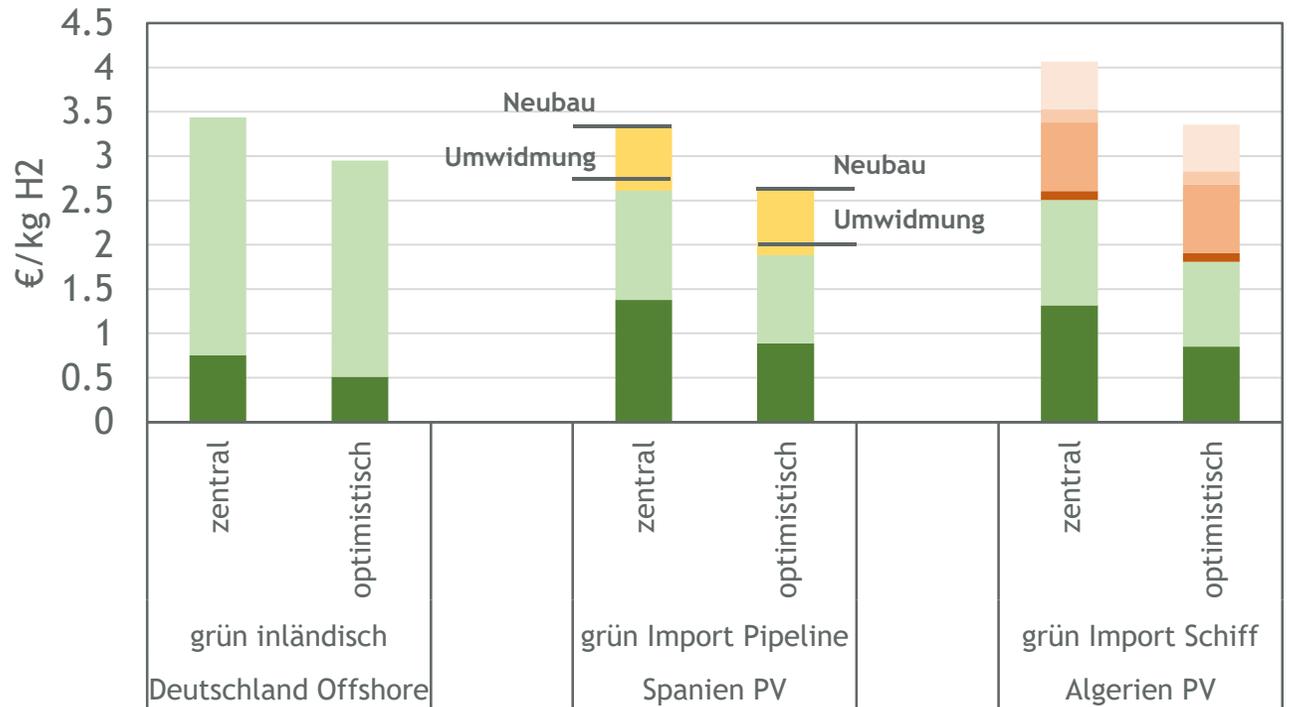
Welche Faktoren beeinflussen die Kosten für H₂ aus Erdgas?



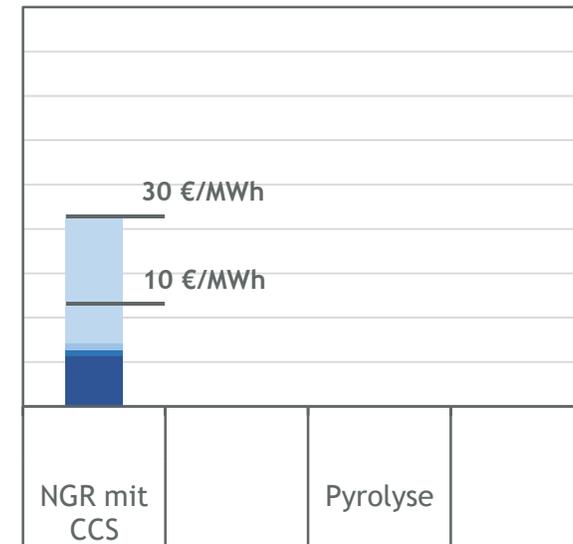
4

Implikationen für Deutschland

WASSERSTOFFKOSTEN IN DEUTSCHLAND



- Elektrolyseur
- Strombezug
- Pipeline
- Export-Terminal
- Verflüssigung
- Schiffstransport
- Import-Terminal

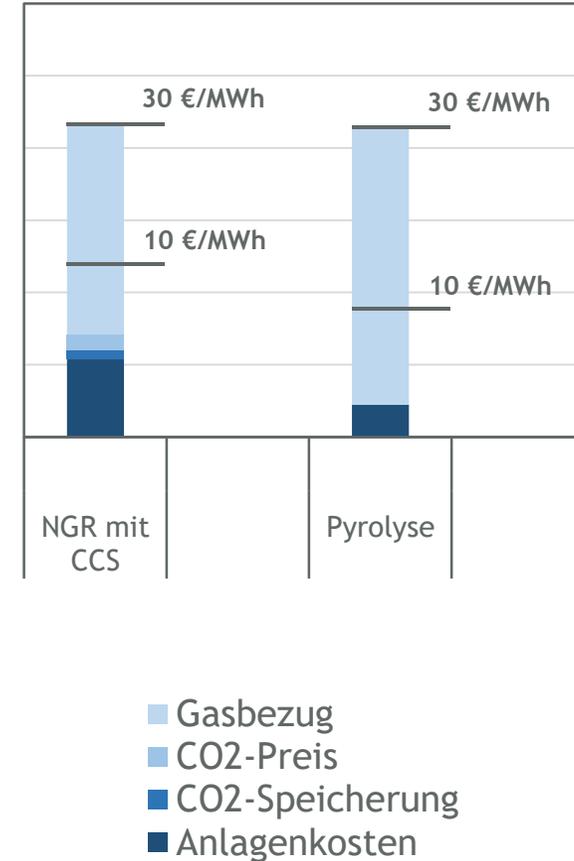
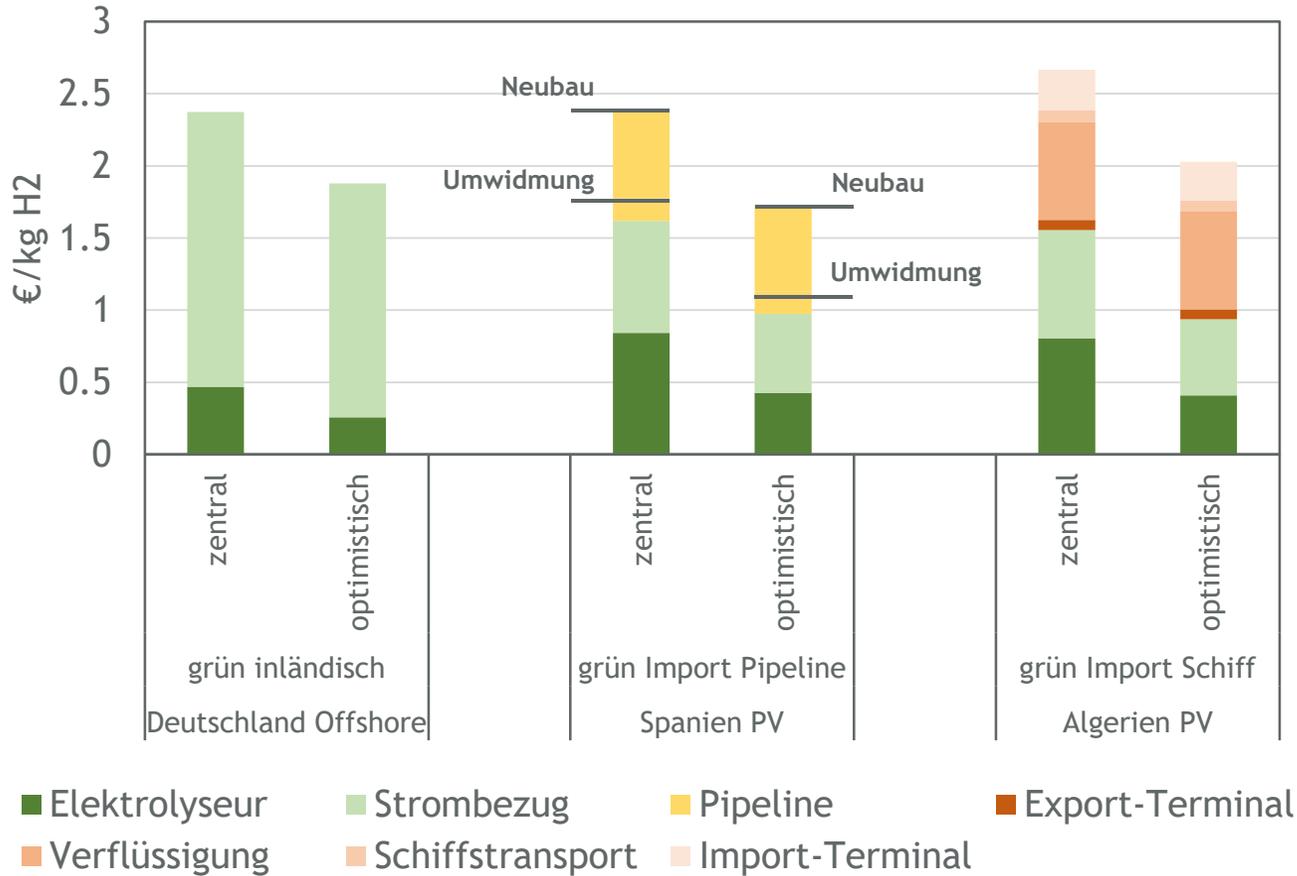


- Gasbezug
- CO2-Preis
- CO2-Speicherung
- Anlagenkosten

2030

- Blauer Wasserstoff kosteneffiziente Lösung
- Import lohnt sich nur über umgewidmete Pipelines

WASSERSTOFFKOSTEN IN DEUTSCHLAND



2050

- Grüner Wasserstoff potentiell konkurrenzfähig
- Pyrolyse wird die günstigere Form für Wasserstoff aus Erdgas

5

Fazit

FAZIT

Schlussfolgerungen für Deutschland

- Mittelfristig ist blauer Wasserstoff günstiger als grüner Wasserstoff
- Langfristig könnte grüner Wasserstoff konkurrenzfähig werden
 - Importe aus Nordafrika/Spanien über umgewidmete Erdgaspipelines voraussichtlich günstiger als heimische Produktion
 - Importe per Schiff nicht konkurrenzfähig
- Bei weiterhin niedrigen bis moderat steigenden Erdgaspreisen NGR+CCS/Pyrolyse aber durchaus langfristig auch konkurrenzfähig
- Märkte für reinen Wasserstoff: eher regional als global

LINKS

Working Paper & Excel Tool

Working Paper:

https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2020/11/EWI_WP_20-04_Estimating_long-term_global_supply_costs_for_low-carbon_Schoenfisch_Braendle_Schulte.pdf

Excel-Tool:

https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2020/12/Global_H2_Cost_Tool_v2.xlsx

Wasserstoff

Bezugsoptionen für Deutschland

KONTAKT

Max Schönfisch

max.schoenfisch@ewi.uni-koeln.de

+49 (0)221 277 29 208

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI) gGmbH