

# Wasserstoffhochlauf in Deutschland

## Eine einzelwirtschaftliche Analyse

---

Johannes Kochems, Leonard Willeke, Kristina Nienhaus,  
Christoph Schimeczek  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),  
Institut für Vernetzte Energiesysteme

19. Symposium Energieinnovation (EnInnov 2026)  
11.02. – 13.02.2026 | Graz

Gefördert durch:

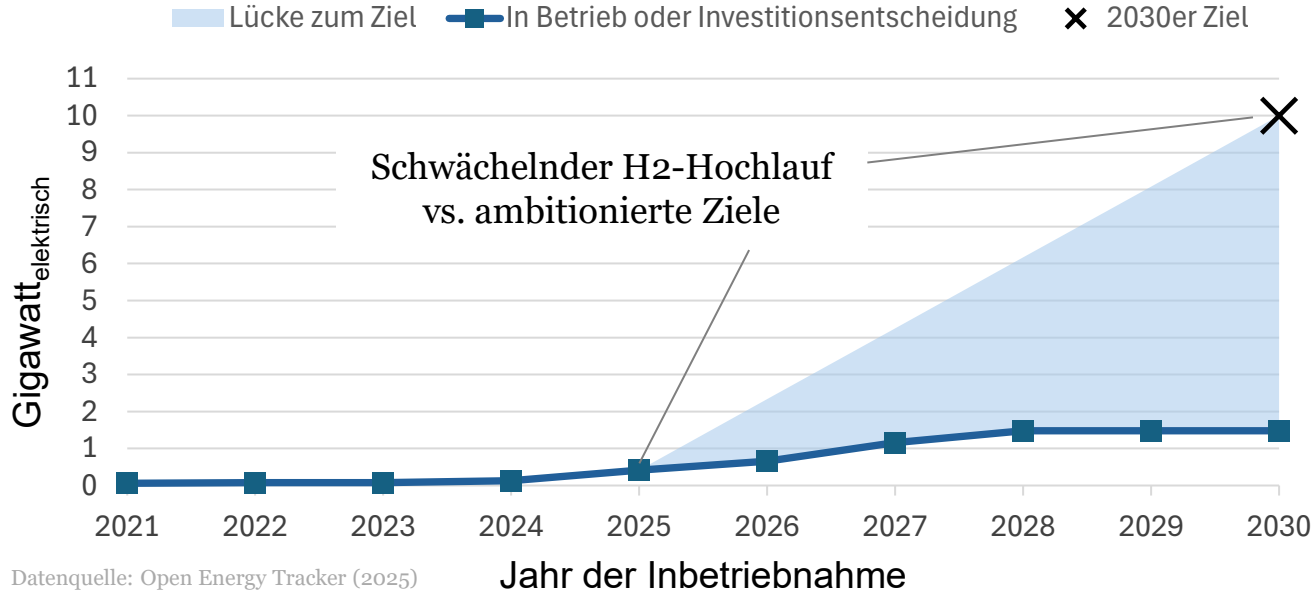


Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Motivation

## Stockender Elektrolyseurzubau



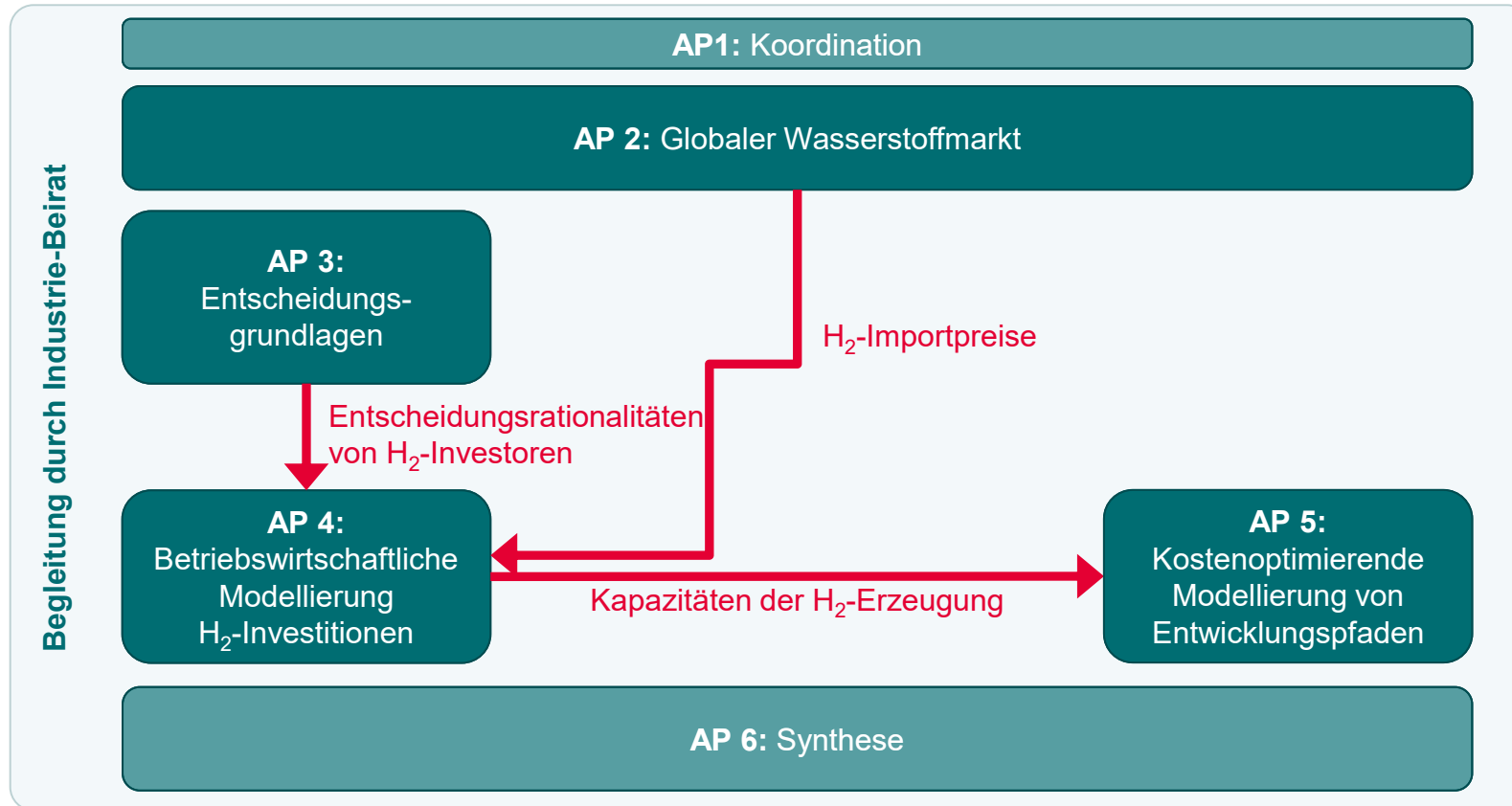
➤ Wie ist der Einfluss der RFNBO\*-Kriterien auf den Hochlauf?

\*Renewable Fuels of Non-Biological Origin  
nach Delegierter Verordnung (EU) 2023/1184

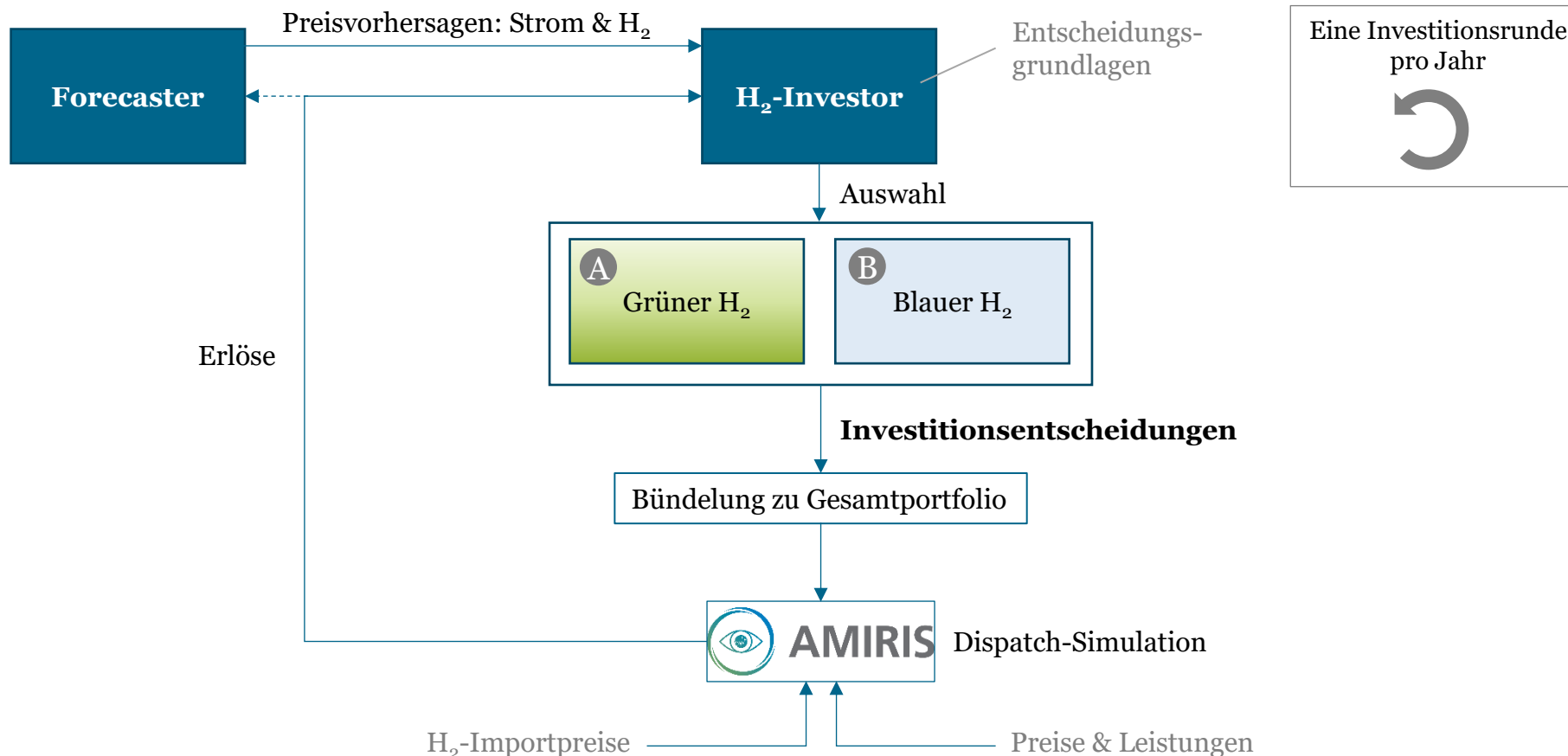
➤ Wie gestaltet sich die betriebswirtschaftliche Perspektive im Systemkontext?

# NoRaLock AP 4

## Betriebswirtschaftliche Modellierung von H<sub>2</sub>-Investitionen

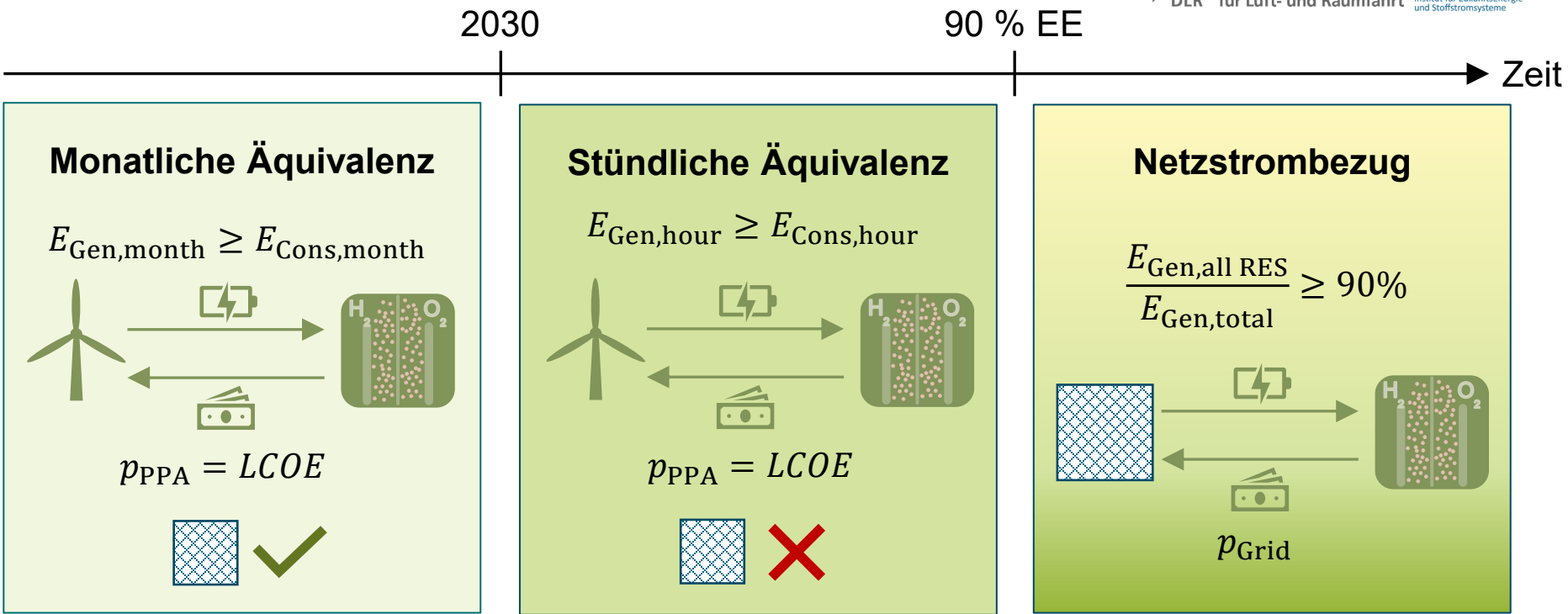


# AMIRIS – Konzept der agentenbasierten Investitionsmodellierung



# Elektrolyseure in AMIRIS

Drei Betriebsstrategien und Investitionspendants gemäß RFNBO\*-Definition

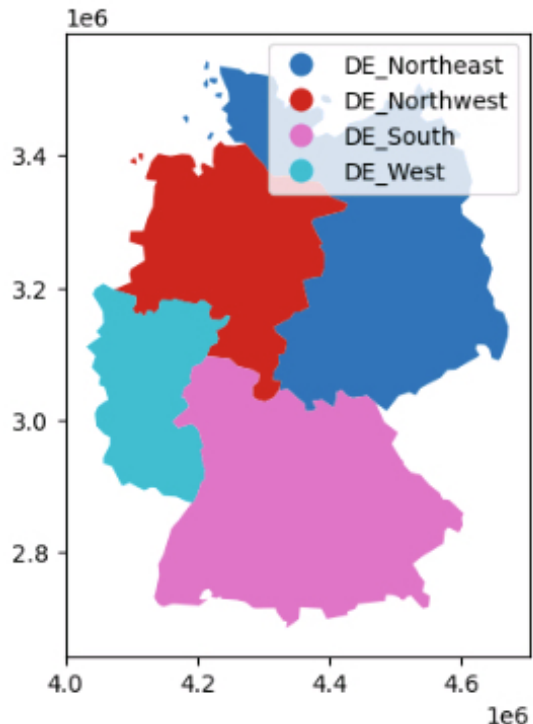


\*Renewable Fuels of Non-Biological Origin nach Delegierter Verordnung (EU) 2023/1184

$E_{Gen}$ : Stromerzeugung der EE-Anlagen  
 $E_{Cons}$ : Stromverbrauch des Elektrolyseurs  
 $LCOE$ : Stromgestehungskosten der EE-Anlagen

$p_{PPA}$ : PPA-Preis der EE-Anlagen  
 $p_{Grid}$ : Preis für den Netzstrombezug  
 PPA: Power Purchasing Agreement

## Regionale Auflösung



Quelle: Cluster-Ergebnis Wuppertal-Institut

## Varianten: RFNBO\*-Definition

### Gleichzeitigkeit

Status quo

Nur stündliche Äquivalenz

Nur monatliche Äquivalenz

Nur Netzstrombezug

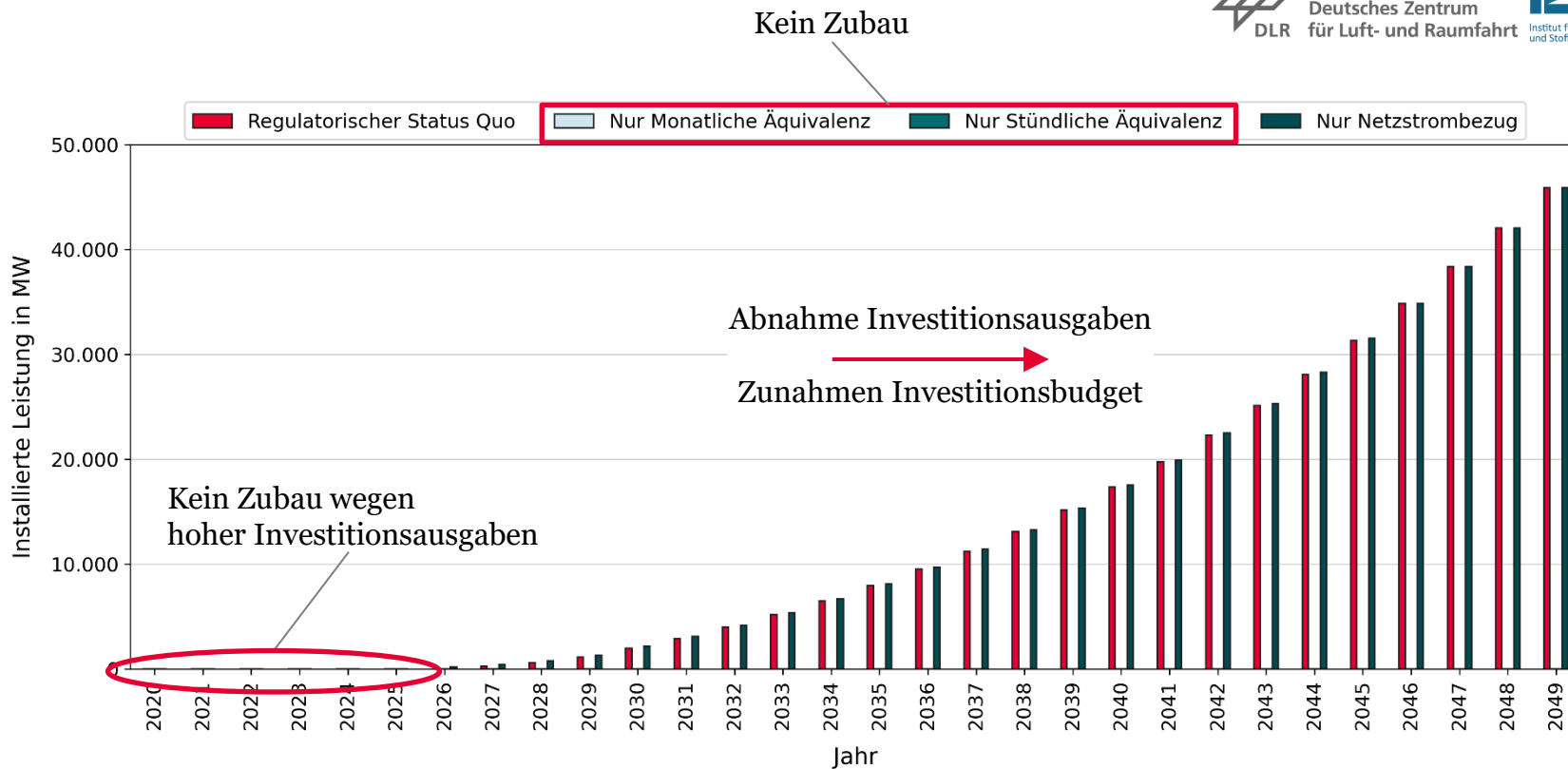
\*Renewable Fuels of Non-Biological Origin

→ Analyse des Einflusses der Anforderungen

→ Analyse lokaler Konzentrationseffekte

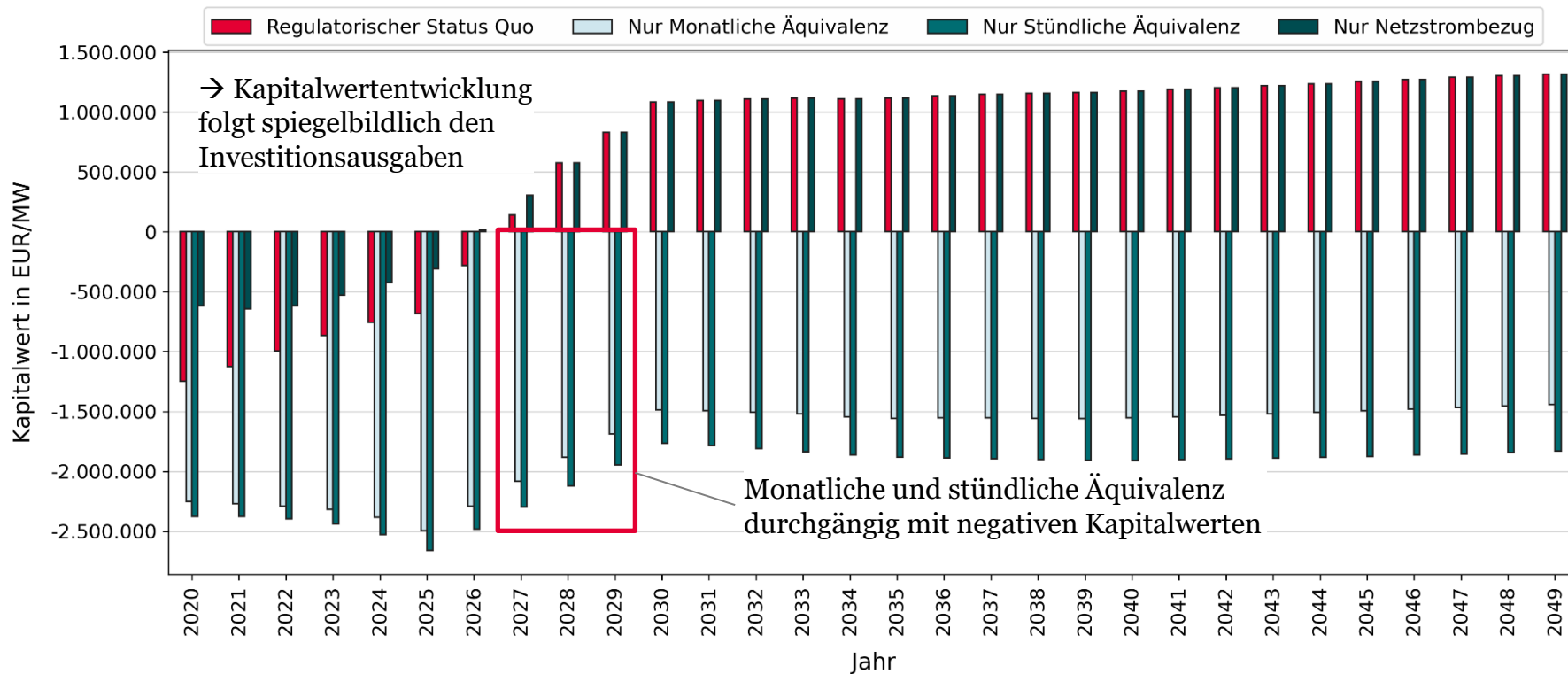
# Vorläufige Ergebnisse – Installierte Leistung

Marktzone: DE Northwest



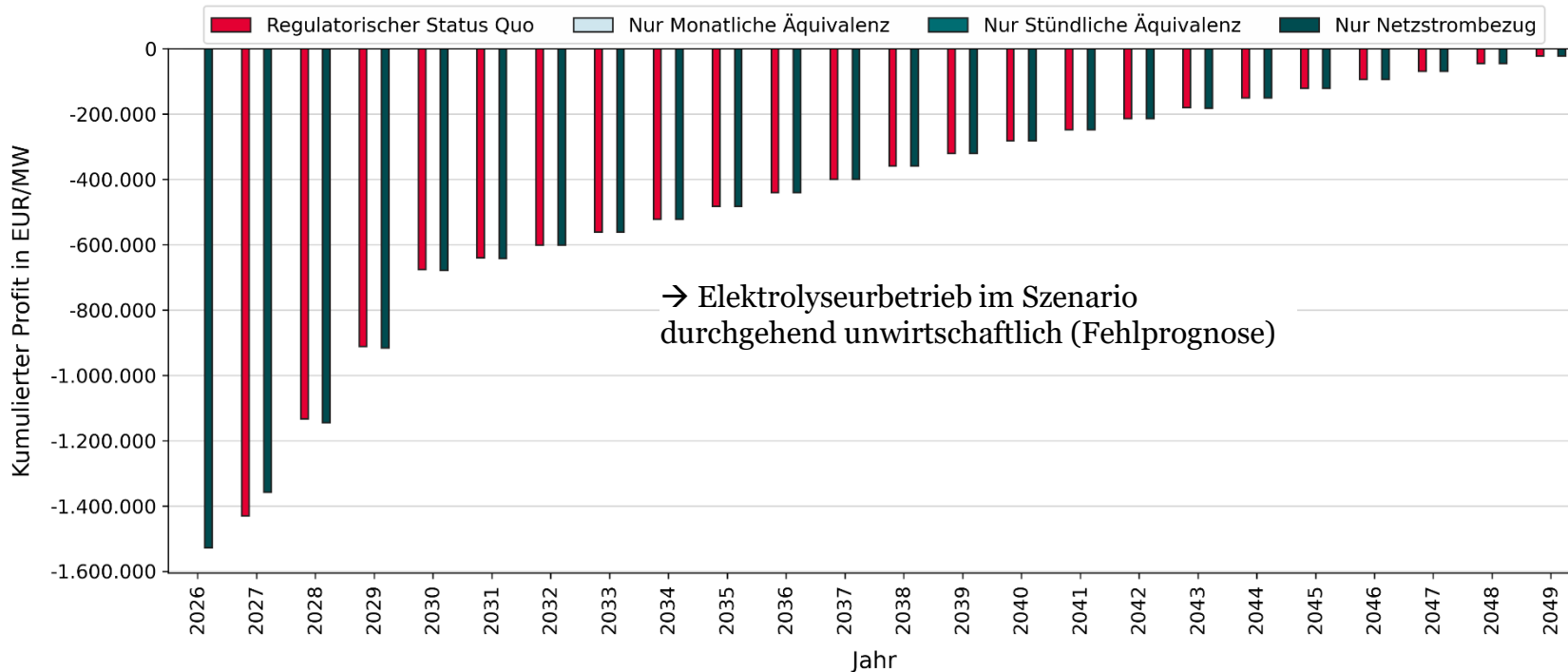
# Vorläufige Ergebnisse – Kapitalwerte

Marktzone: DE Northwest



# Vorläufige Ergebnisse – Profit

Marktzone: DE Northwest



## › Methode

- Einzelwirtschaftliche Ausbauentscheidungen in agentenbasierter Simulation
- Abbildung RFNBO-Kriterien; erweiterbar um Förderung; beliebige Investorenkonfiguration

## › Limitationen

- Relativ niedriger H<sub>2</sub>-Preis
- Annahme Befreiung von Stromnebenkosten

## › Vorläufige Ergebnisse

- Zeitliche Äquivalenzanforderungen mit erheblichem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit (vgl. auch EWI 2025, Ruhnau & Lehmann 2025)
- Für betrachtetes Szenario: Keinerlei Zubau ohne Option zum Netzstrombezug

## › Weitere Analyseaspekte

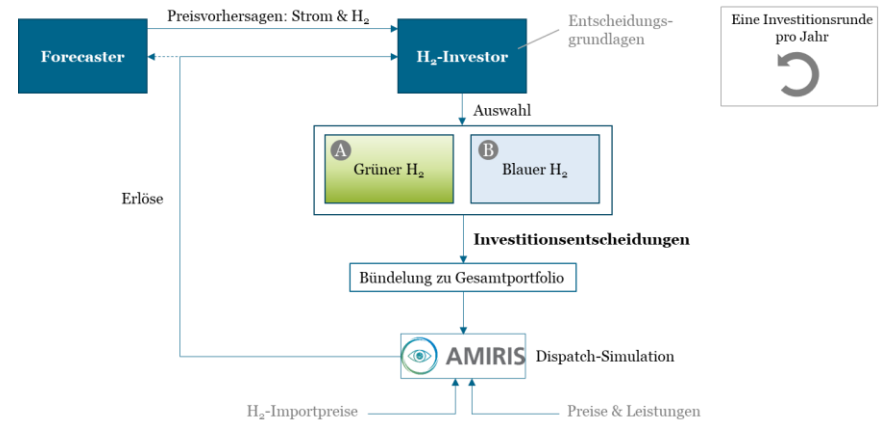
- Förderung: Einfluss von Investitions- und Betriebsförderung
- Akteursdifferenzierung: Aufgreifen der Typisierung von AP 3

## › Verwendung der Ergebnisse

- Übernahme der zugebauten Kapazitäten in optimierendes Modell WESOM in AP 5 (→ Folgevortrag)  
→ Analyse der Systemkosteneffekte und drohender *Lock-Ins*

# Fragen? Anmerkungen?

Johannes Kochems | [johannes.kochems@dlr.de](mailto:johannes.kochems@dlr.de)  
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)  
 Institut für Vernetzte Energiesysteme



- › Danish Energy Agency (2025): Technology Data for Renewable Fuels, <https://ens.dk/en/analyses-and-statistics/technology-data-renewable-fuels>, accessed 03.02.2026.
- › Delegierte Verordnung (EU) 2023/1184 der Kommission vom 10. Februar 2023 zur Ergänzung der Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates durch die Festlegung einer Unionsmethode mit detaillierten Vorschriften für die Erzeugung flüssiger oder gasförmiger erneuerbarer Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs für den Verkehr.
- › Klaas, A.-K., Diehl, M., Fadl, N. et al. (2025): Green hydrogen production under RFNBO criteria - Analyzing the system and business case perspective. EWI, Oktober 2025, Köln.
- › Open Energy Tracker (2025): Schill, W.P. & Schmidt, F. (2026): Open Energy Tracker. Deutschland. Wasserstoff, erstellt von A. Roth & W.P. Schill (DIW), <https://openenergytracker.org/docs/germany/hydrogen/>, Abruf am 02.02.2026; basierend auf Daten der IEA Hydrogen Projects Database und Elektrolyse-Monitor von Wasserstoff-Kompass von acatech und DECHEMA.
- › Ruhnau, O. & Lehmann, P. (2025): Green hydrogen support with overlapping climate policies, EWI Working Paper, No 25/09, Oktober 2025, Köln.

- › Thema: Wasserstoffhochlauf in Deutschland. Eine einzelwirtschaftliche Analyse
- › Datum: 2026-02-12
- › Autoren: Johannes Kochems, Leonard Willeke, Kristina Nienhaus, Christoph Schimeczek
- › DLR-Institut: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Institut für Vernetzte Energiesysteme
- › Lizenzen: DLR (CC BY 4.0), außer  
DLR Logo © DLR  
BMW Logo © BMW  
Logo des Wuppertal Instituts © Wuppertal Institut  
ECOLOG Logo © ECOLOG  
IZES Logo © IZES

# BACKUP

---

# Wirtschaftlichkeitsberechnung Elektrolyseur

## Kapitalwertansatz

$$NPV = -I_0 + (E_t - A_t) \cdot (1 + i)^{-t}$$

**Investitionsauszahlung**  
Elektrolyseur + Peripherie

**Einnahmen H<sub>2</sub>-Verkauf:**  
Menge · H<sub>2</sub>-Absatzpreis

+ Einnahmen aus Veräußerung Reststrom  
(+ Herkunftsnachweise)

**Ausgaben (für Strombezug):**  
Menge · Strompreis (t)

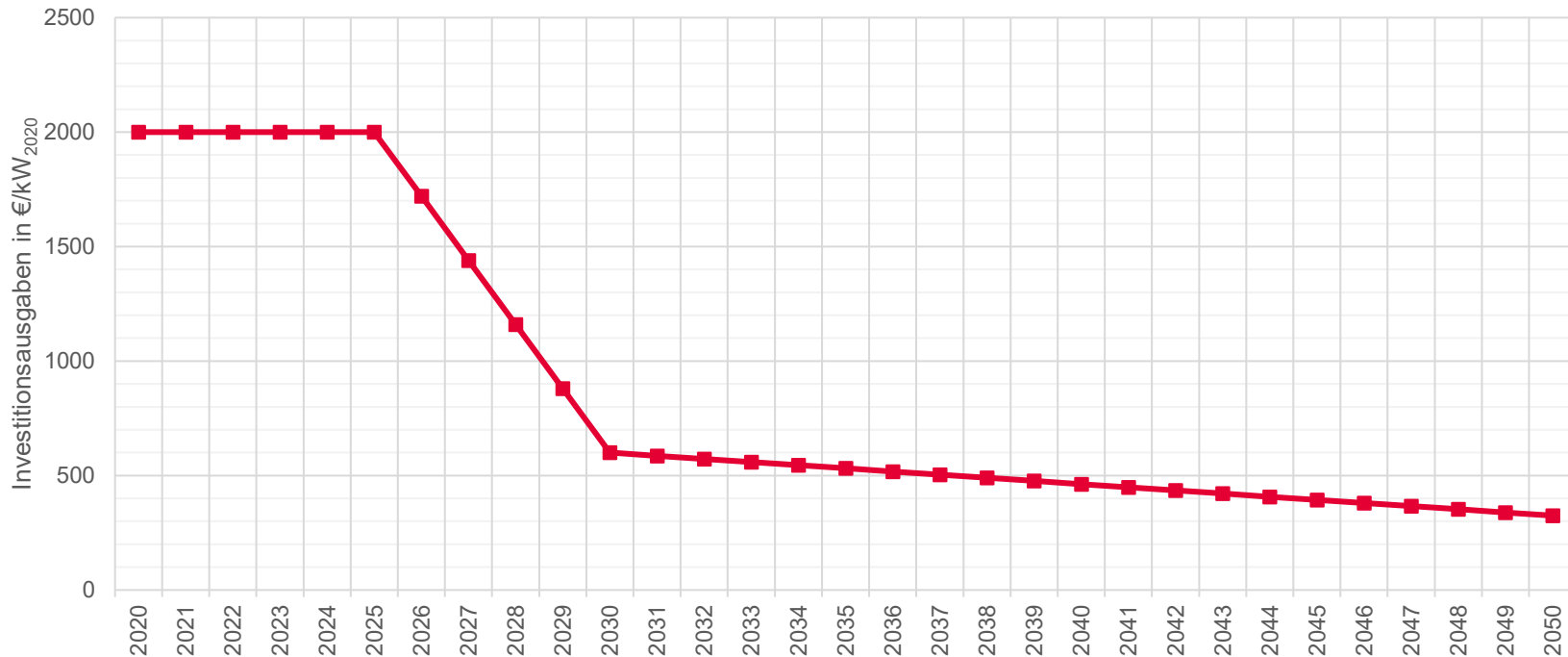
oder

Menge · PPA-Preis

+ Betriebskosten, Wartung etc.

<i>NPV</i> :	Kapitalwert (Net Present Value)	
<i>I</i> <sub>0</sub> :	Anschaffungsauszahlung	
<i>E</i> <sub><i>t</i></sub> :	Einnahmen in Periode <i>t</i>	H <sub>2</sub> -Preis / Strompreis:
<i>A</i> <sub><i>t</i></sub> :	Auszahlungen in Periode <i>t</i>	Erwartete Preise von Forecaster
<i>i</i> :	Kalkulationszinssatz (WACC)	WACC: Weighted Average Cost of Capital

# Investitionsausgaben Elektrolyse



Datenquelle: Danish Energy Agency (2025); eigene Annahmen