

# **TECHNISCH-WIRTSCHAFTLICHE DIMENSIONIERUNG VON ELEKTROLYSEUREN**

15. Branchentag Windenergie

Gelsenkirchen, 21. Juni 2023

Dr. Thomas Kattenstein, Johannes Schindler, Patrick Krieger

## UNSER UNTERNEHMEN

---



> 25 Jahre erfolgreich am Markt



Wissenschaftspark Gelsenkirchen



≈ 8 Millionen € Jahresumsatz



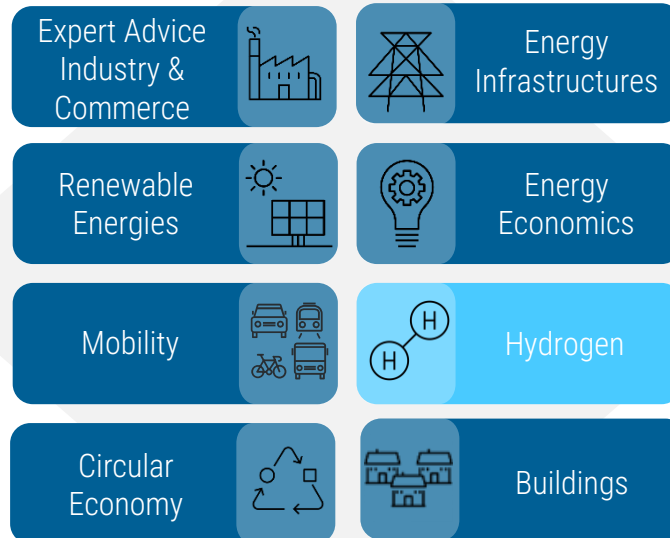
≈ 60 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter



Teil der TÜV NORD GROUP

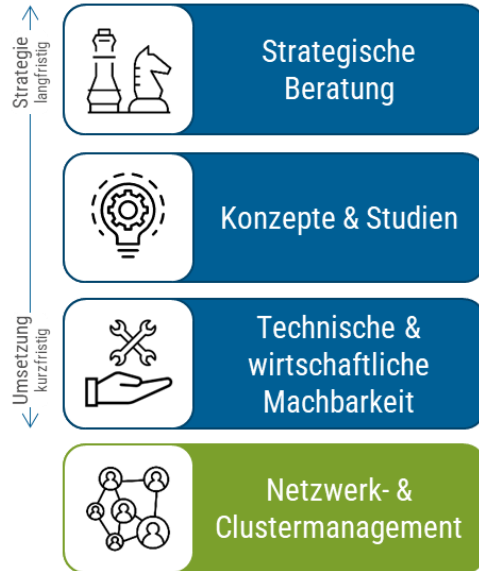


# UNSERE THEMEN



# SPEKTRUM UNSERER ARBEIT

Unsere Leistungen reichen von der Strategie bis zur konkreten Umsetzung



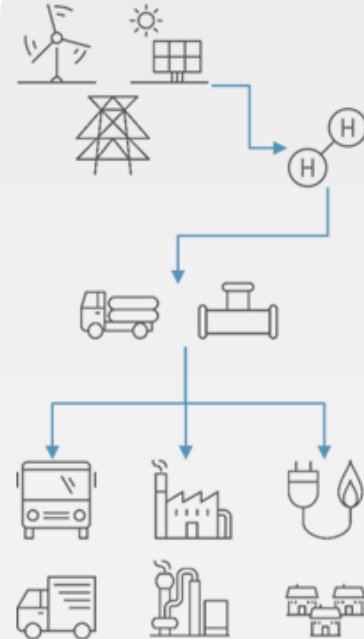
Produktion

Import/Export

Infrastruktur

Herkunftsnachweis

Anwendung



Engineering-Support  
Safety-Engineering  
Strategische und finanzielle Beratung  
Technische Begutachtungen

## H2-Erzeuger



Betriebsstrategien  
IT-Security  
Betriebsmonitoring und -überwachung  
Trassen- und Pipelineengineering für Trassen und Kavernen

## Netz- und Speicherbetreiber



Consulting und Engineering im Bereich Anlagen-,  
Prozess- und Verfahrenstechnik  
H2-Standortkonzepte (technisch/wirtschaftlich)  
Betreiberpflichtenmanagement

## Industrielle Anwender



## Unsere 360° Wasserstoffstrategie



## Mobilitätsanwendungen

H2-betriebene Fahrzeuge  
Reichweitenberechnungen  
Beratung zu Investitionen in  
H2-Fahrzeugflotten  
CO<sub>2</sub>-Abdruck-Berechnungen



## Öffentliche Hand

Erstellung lokaler Roadmaps  
Rechtliche Fragestellungen  
Umweltschutzgutachten



## Investoren

Beurteilung der Werthaltigkeit  
von Konzepten  
Due Diligence  
Financial Engineering  
Geschäftsmodelle

# AGENDA

---

- ⑤ Technische Möglichkeiten
- ⑤ Flächen und Infrastrukturen
- ⑤ Genehmigungen
- ⑤ Kosten und Wirtschaftlichkeit
- ⑤ Förderungen
- ⑤ Fazit





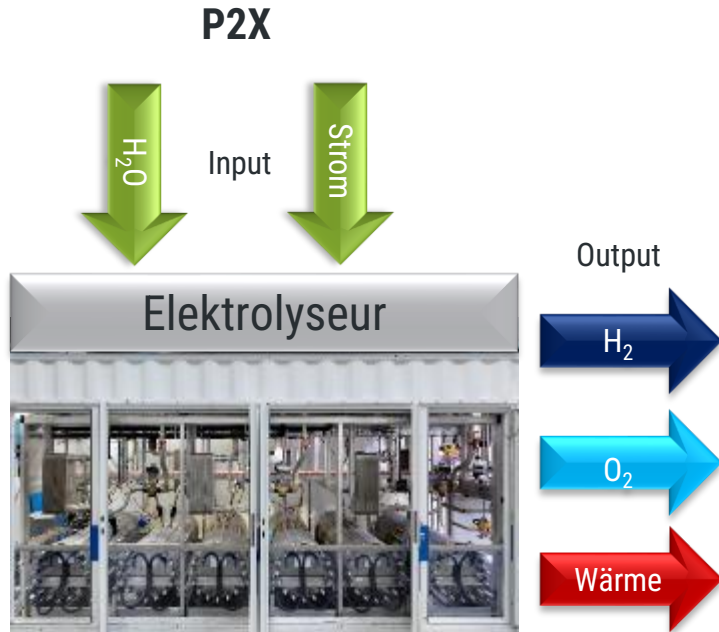
# AGENDA

---

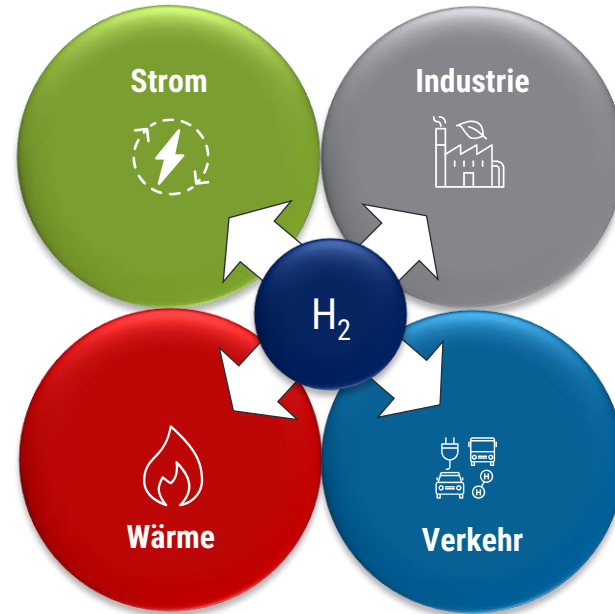
- ⑤ Technische Möglichkeiten
- ⑤ Flächen und Infrastrukturen
- ⑤ Genehmigungen
- ⑤ Kosten und Wirtschaftlichkeit
- ⑤ Förderungen
- ⑤ Fazit



# WASSERSTOFFPRODUKTION PER ELEKTROLYSE



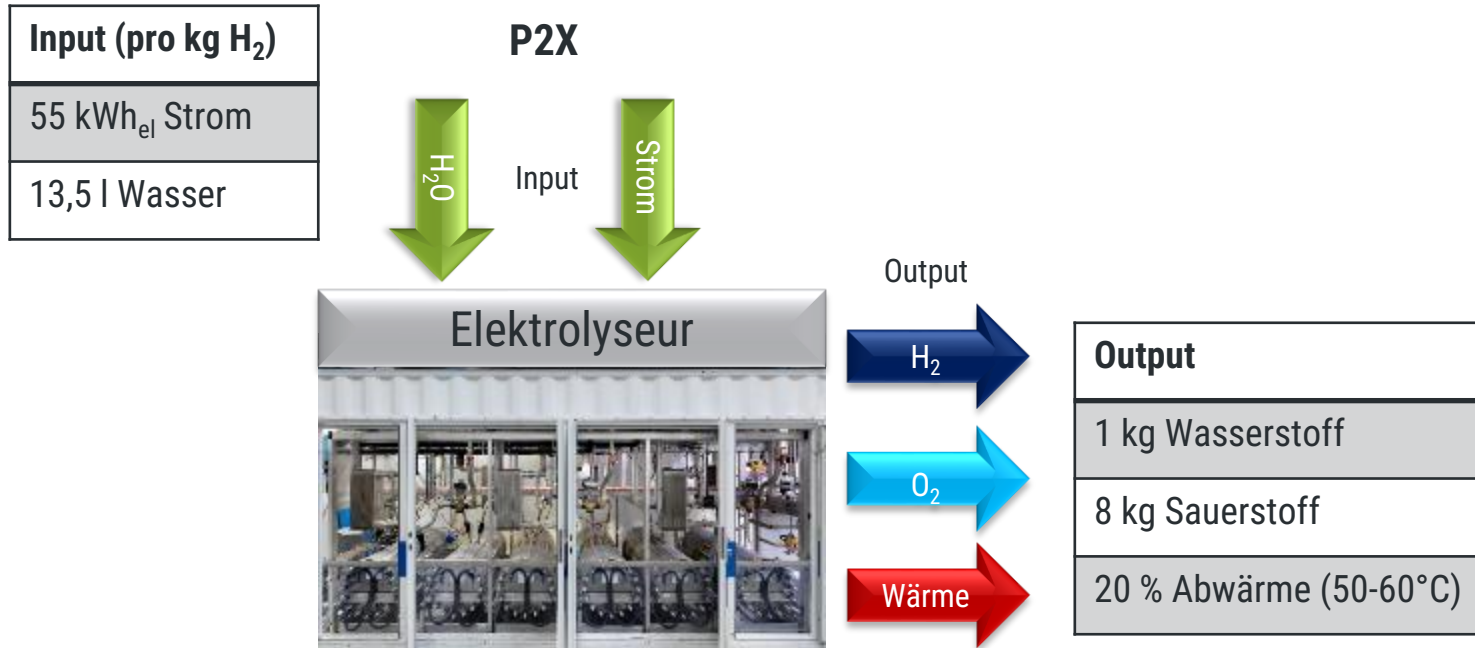
## Sektorenkopplung



Quelle: HyLYZER



# WASSERSTOFFPRODUKTION PER ELEKTROLYSE



Bildquelle: HyLYZER

# H2-PRODUKTION AUS SONNEN- & WINDENERGIE

## H<sub>2</sub>-Erzeugung per Elektrolyse

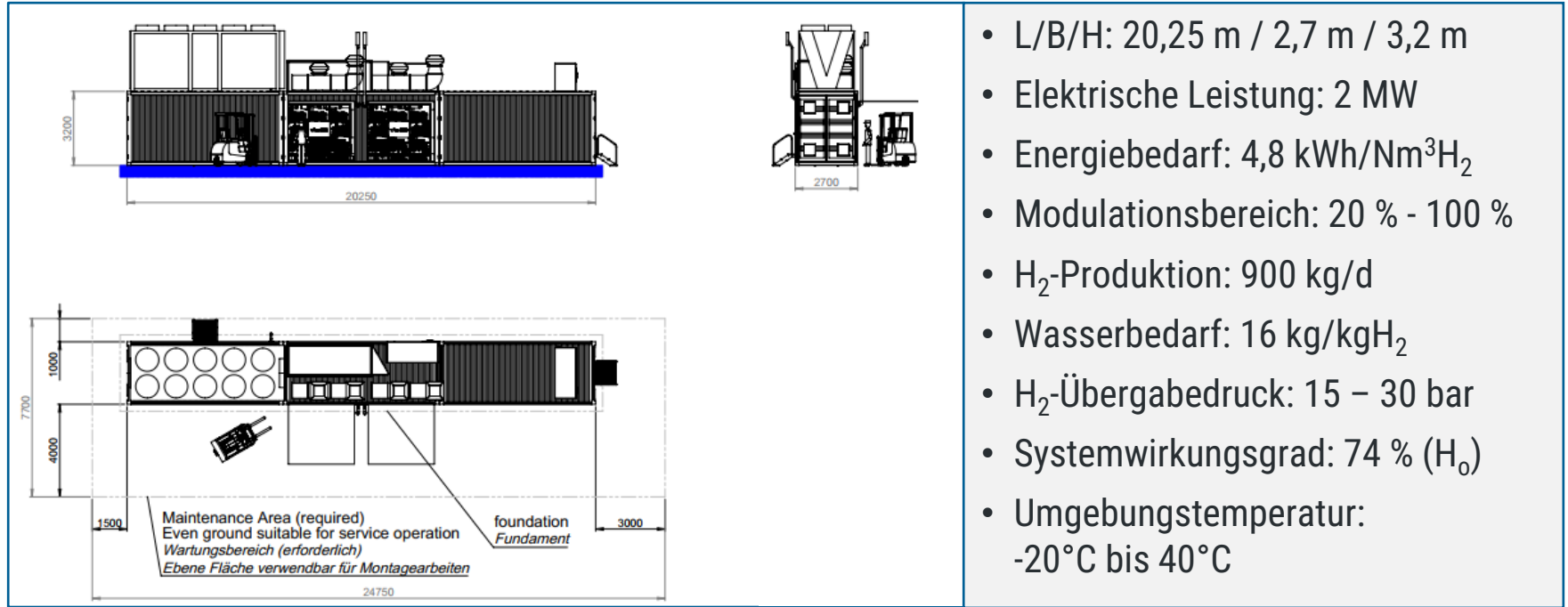
Benötigte Komponenten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PV-/Windpark oder Netzanschluss</li> <li>• PEM- oder alkalischer Elektrolyseur inkl. Gastrocknung</li> <li>• Verdichter für Speicherbefüllung oder Pipeline-Einspeisung</li> </ul>
Technologiereife	Kommerziell erhältlich und breitflächig im Einsatz, zuverlässig und sicher
Leistungsbereich	2,4 - 20.000 kW → 1.000 kW Elektrolyseur = 400 kg H <sub>2</sub> /d (22h)
Hersteller	Elogen (35 bar), Enapter (35 bar), Fest (40 bar), h-tec (30 bar), ITM Power (20 bar), NEL (1 - 200 bar), ThyssenKrupp Nucera (atm.), Siemens (atm.), ...
Platzbedarf	Indoor- oder Containerlösung (Standardcontainern 20 ft - 40 ft)
Planungs- & Errichtungszeit	Erfahrungswerte über 2 Jahre



① 1 Pixabay (Lizenzfrei) | 2 ASCORI | 3 Hydrogenics

# ELEKTROLYSEUR

Exemplarisch: H-TEC SYSTEMS Hydrogen Cube System (HCS) – 2 MW



Quelle: H-TEC SYSTEMS

# ELEKTROLYSEUR: AUSGEFÜHRTE ANLAGEN



Source: Shell

## REFHYNE, Shell Raffinerie Köln

- Verwendung von grünem H<sub>2</sub> für Raffinerieprozesse und Betankung
- 10-MW-PEM-Elektrolyseur: 1.300 t H<sub>2</sub>/a
- In Betrieb seit Juli 2021



Source: AWG

## AWG, Wuppertal Wirtschaftsbetriebe

- Verwendung von grünem H<sub>2</sub> aus MHKW-Strom (50 % Bioabfälle) für Betankung von BZ-Bussen und Müllfahrzeugen
- 1-MW-PEM-Elektrolyseur: 400 kg H<sub>2</sub>/d
- In Betrieb seit Mai 2020

# ELEKTROLYSEUR: AUSLEGUNG

## Basierend auf erneuerbarer Stromerzeugung:

- ⊗ **Windpark:** Elektrolyseur-Leistung = 40 bis 60 % der Windparkleistung
- ⊗ **PV-Park:** Elektrolyseur-Leistung = 10 bis 30 % der PV-Parkleistung

- ⊗ **Anschlussleistung Elektrolyse:** bis 30 % höher für weitere Verbraucher

## Steigerung der Volllaststunden:

- ⊗ Überlastfähigkeit der PEM-Elektrolyseure (bis auf 200 %)
- ⊗ Power-Purchase-Agreements (PPA)

Volllaststunden EE-Anlage	Volllaststunden Elektrolyseur
Wind: 2.200 h	3.500 – 4.000 h
PV: 1.000 h	2.500 – 3.000 h

# AGENDA

---

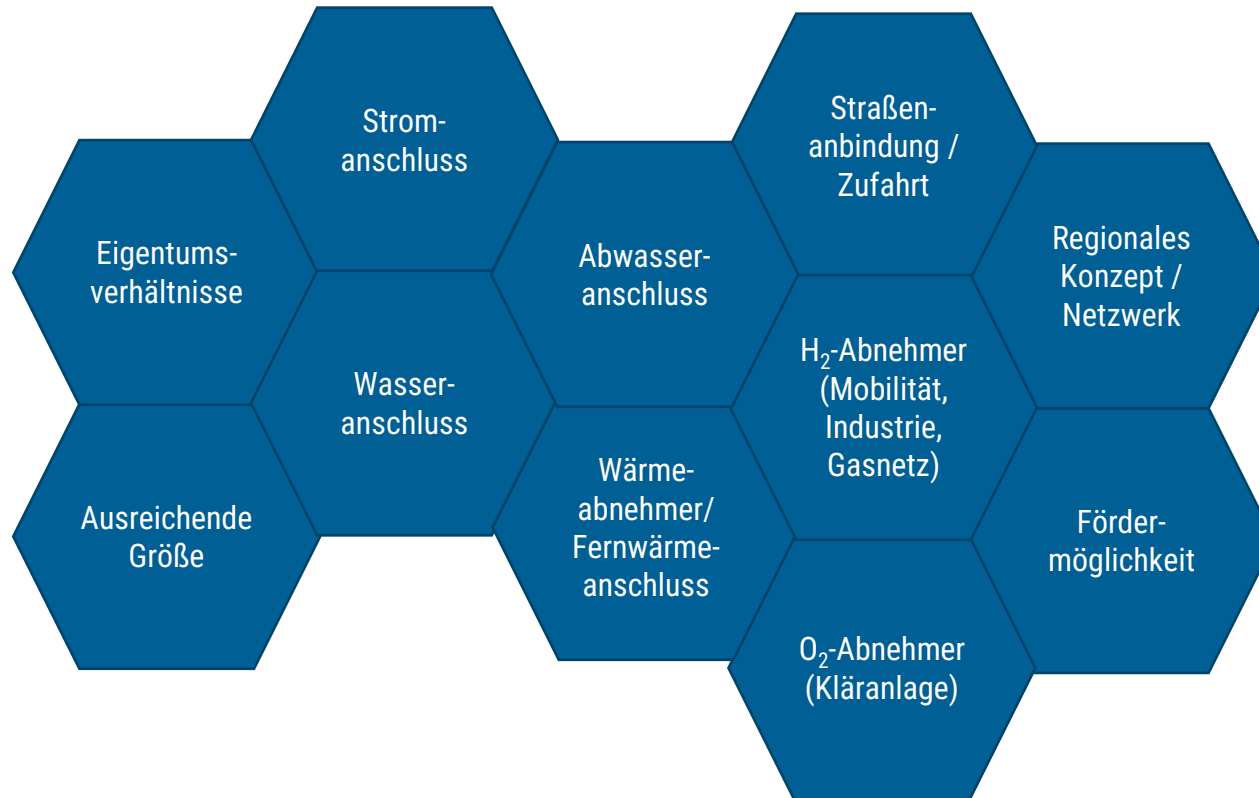
- ⑤ Technische Möglichkeiten
- ⑤ Flächen und Infrastrukturen
- ⑤ Genehmigungen
- ⑤ Kosten und Wirtschaftlichkeit
- ⑤ Förderungen
- ⑤ Fazit





# FLÄCHENANFORDERUNGEN

## Kurzüberblick



# AGENDA

---

- ⤵ Technische Möglichkeiten
- ⤵ Flächen und Infrastrukturen
- ⤵ **Genehmigungen**
- ⤵ Kosten und Wirtschaftlichkeit
- ⤵ Förderungen
- ⤵ Fazit



# GENEHMIGUNG

Es sind 5 Rechtsgebiete zu beachten:

## Baugesetz

Anwendung:

immer

## Arbeitsschutz (Gefährdungsanalyse Arbeitsplatz)

Anwendung: immer

## Störfallrecht (12. BImSchV)

Anwendung: Lagerung > 5t

## Brandschutz, Gefahrenabwehr (Brandschutzkonzept, Alarmplan)

Anwendung: immer

## Immissionsschutzgesetz (4. BImSchV)

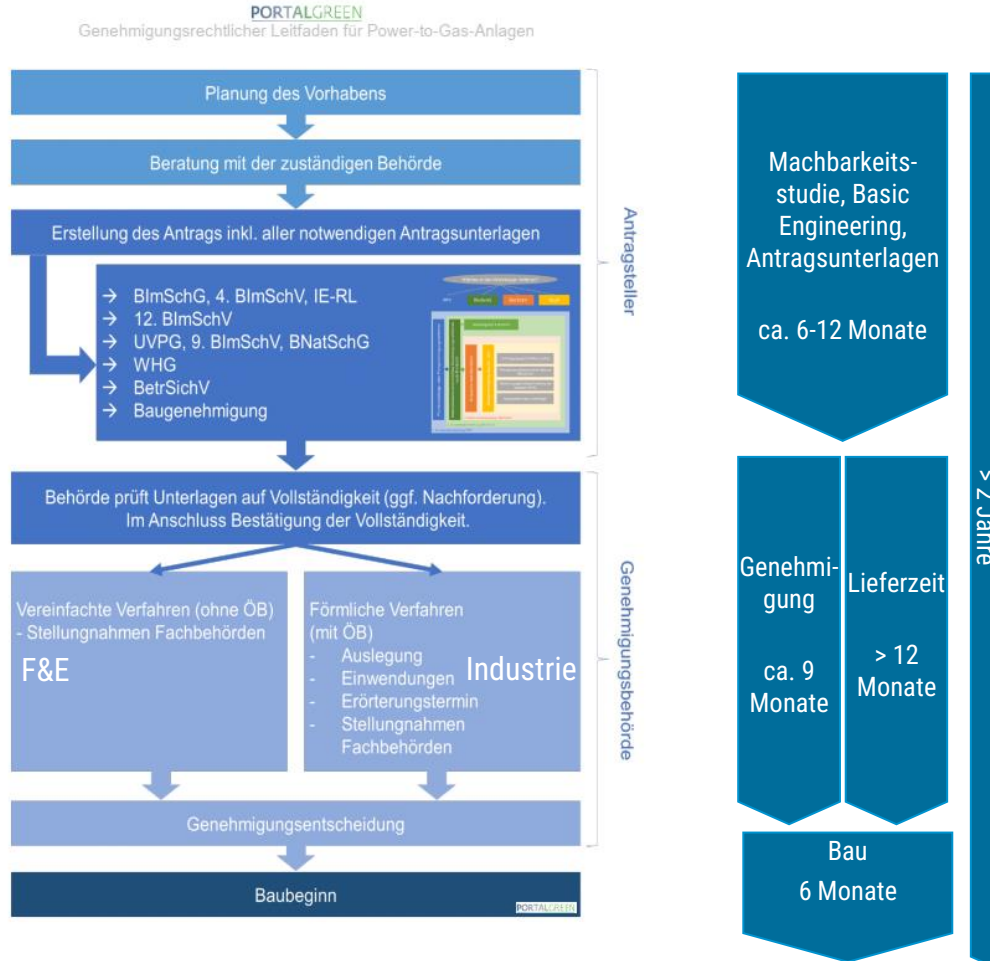
Anwendung: - Lagerung > 3t  
- Produktion

Sicherheitsabstände

Genehmigungsverfahren

Quelle: nach Hamburger Hochbahn

# GENEHMIGUNG



Quelle: Portal Green, DBI und eigene Angaben

# AGENDA

---

- ⤵ Technische Möglichkeiten
- ⤵ Flächen und Infrastrukturen
- ⤵ Genehmigungen
- ⤵ **Kosten und Wirtschaftlichkeit**
- ⤵ Förderungen
- ⤵ Fazit



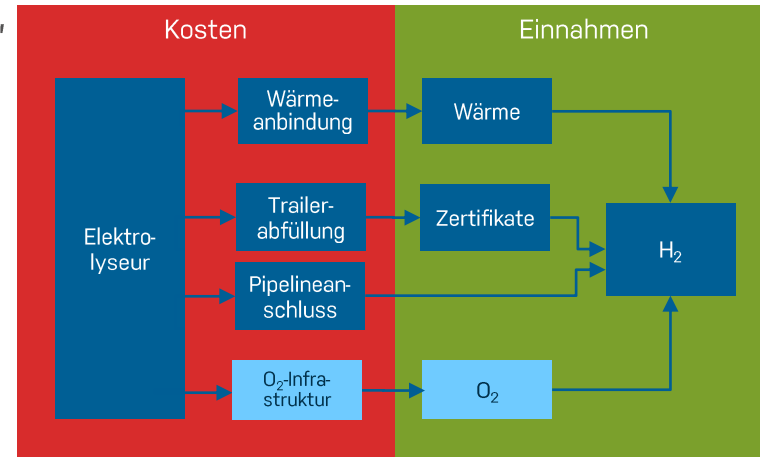
# KOSTEN UND WIRTSCHAFTLICHKEIT

## Kosten:

- ⊗ **CAPEX:** Planung/Genehmigung, Bau, Hardware, Installation, Anschlüsse vor Ort
- ⊗ **OPEX:** Miete, Personal, Wartung, Versicherung, Ersatzteile, Strom, Wasser und Abwasser

## Einnahmen:

- ⊗ H<sub>2</sub>-Erlös (Mobilität >> Industrie)
- ⊗ H<sub>2</sub>-Zertifikate: bei Verwendung in der Mobilität
- ⊗ Wärmeerlös
- ⊗ Sauerstoffenerlös

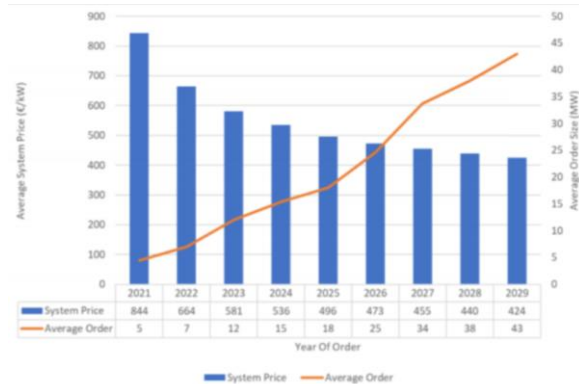
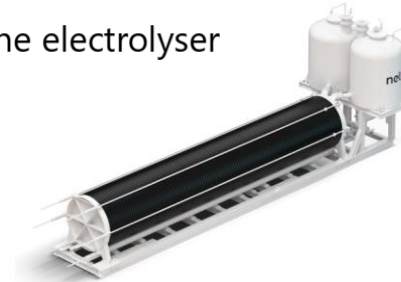




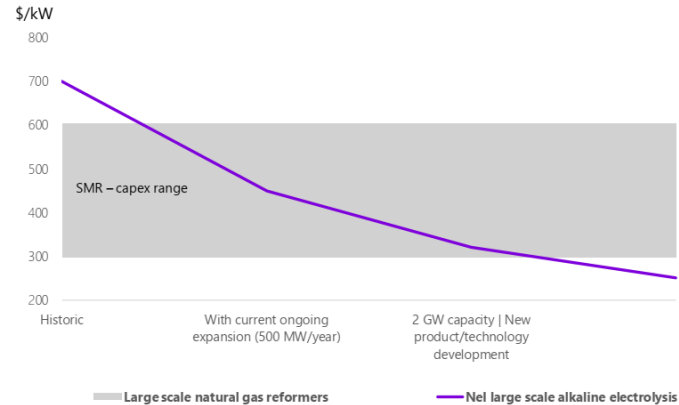
# KOSTEN ELEKTROLYSE



## 20 MW alkaline electrolyser



### Capex of steam methane reformers (SMR) vs. Nel's alkaline electrolyzers

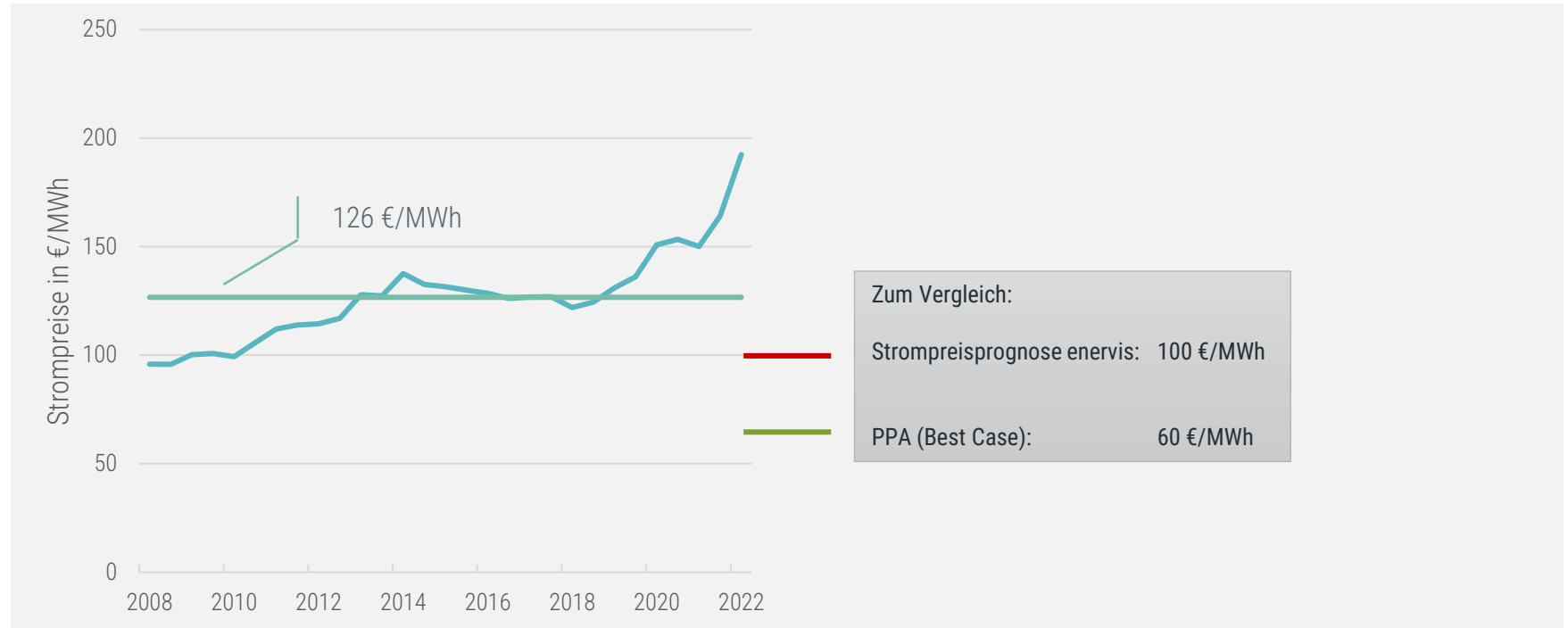


Quelle: ITM und NEL



# STROMPREIS

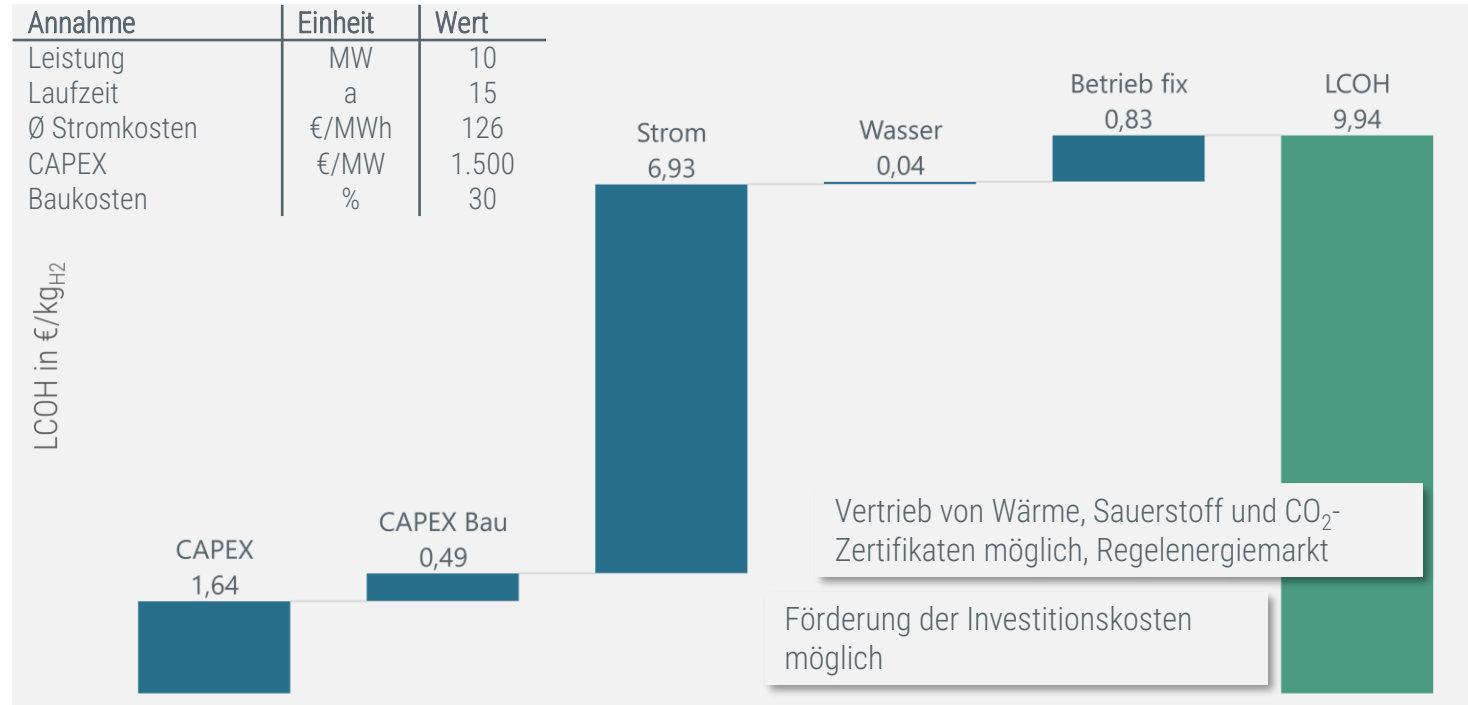
## Strompreisentwicklung für Industriekunden (2.000 – 20.000 MWh)



Strompreise für Industriekunden nach destatis 2022

# WASSERSTOFFGESTEHUNGSKOSTEN (LCOH)

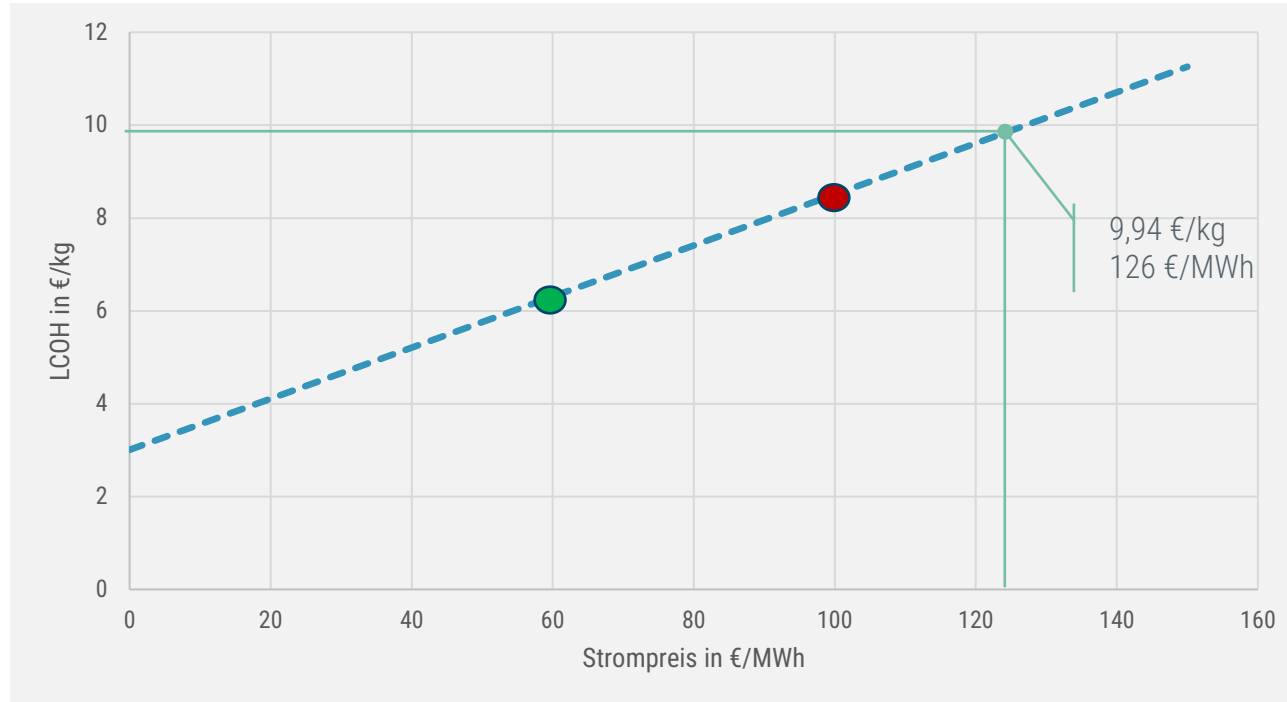
Wasserstoffgestehungskosten einer 10 MW PEM-Elektrolyse



Darstellung auf Basis eigener Berechnungen

# DIE WASSERSTOFFGESTEHUNGSKOSTEN STEIGEN MIT DEN STROMKOSTEN

LCOH abhängig von den Strompreisen mit sonst unveränderten Annahmen



Darstellung auf Basis eigener Berechnungen

# AGENDA

---

- ⤵ Technische Möglichkeiten
- ⤵ Flächen und Infrastrukturen
- ⤵ Genehmigungen
- ⤵ Kosten und Wirtschaftlichkeit
- ⤵ Förderungen
- ⤵ Fazit



# FÖRDERUNGEN

---

## Bund, u. a.:

- **CAPEX-Kosten:** Förderung **Elektrolyseure** von 45 % der Investitionskosten (100 % EE-Strom) für Mobilitätsanwendungen/öffentliche H2-Tankstellen (BMDV); in **Q1/2023** stehen 80 Mio. EUR zur Verfügung
- **Erläsoptimierung durch Umsetzung der RED II** (THG-Quote, 22 % bis 2030): Über Quotenübertragungsverträge können zusätzliche Einnahmen generiert werden (derzeit 400 EUR/t, etwa **5-8 EUR/kg H2**)
- **Programm Klimaschutzverträge:** Noch **keine CCfD für Industrie** (Mehrkostenförderung ggü. CO<sub>2</sub>-Zertifikaten)

## Bundesländer, hier als Beispiel NRW:

- **CAPEX-Kosten:** Förderung **Elektrolyseure** von 45 % der Investitionskosten (100 % EE-Strom) für Mobilitätsanwendungen/nicht-öffentliche H2-Tankstellen,
- **CAPEX-Kosten:** Förderung **Elektrolyseure**, Wasserstoffspeicher und wasserstoffbasierte Heizkessel in Verbindung mit PV-Anlage: **max. 40 Prozent** (max. 110.000 Euro)





# AGENDA

---

- ⑤ Technische Möglichkeiten
- ⑤ Flächen und Infrastrukturen
- ⑤ Genehmigungen
- ⑤ Kosten und Wirtschaftlichkeit
- ⑤ Förderungen
- ⑤ Fazit



# FAZIT

---

Regionale Wasserstofferzeugung ermöglicht lokale Wertschöpfung und Netzentlastung

Heimische Wind- und PV-Potentiale können genutzt werden, Abschaltung der Anlagen (Post-EEG) wird vermieden

Regionale Verfügbarkeit von Wasserstoff ermöglicht zeitigen Aufbau der H2-Wirtschaft unabhängig vom Hydrogen Backbone

Heimischer Wasserstoff kann kompetitiv mit Importwasserstoff sein, allerdings sind die Business Cases genau zu analysieren

H2-Infrastrukturen (Pipelines und Tankstellen) sind unter Einbeziehung der potenziellen Nachfrager zu planen bzw. umzustellen

**Abwarten ist keine Option!**

**Chancen und Grenzen der H2-Wirtschaft sollten jetzt untersucht werden, Umsetzungszeiträume sind zu beachten**



Zukunft. Nachhaltig. Gestalten.



**Dr. Thomas Kattenstein**

Managing Consultant

Tel.: +49 173 251 273 9

kattenstein@energy-engineers.de



TÜV NORD GROUP

Wissenschaftspark, Munscheidstraße 14, 45886 Gelsenkirchen

Sitz der Gesellschaft: Gelsenkirchen  
Registergericht: Amtsgericht Gelsenkirchen, HRB 8017  
Geschäftsführung: Dr. Andreas Ziolk