

TECHNISCH-WIRTSCHAFTLICHE DIMENSIONIERUNG VON ELEKTROLYSEUREN

3. Branchentag Wasserstoff

Gelsenkirchen, 30. März 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

Expert Advice
Industry &
Commerce



Energy
Infrastructures

Renewable
Energies



Energy
Economics

Mobility



Hydrogen

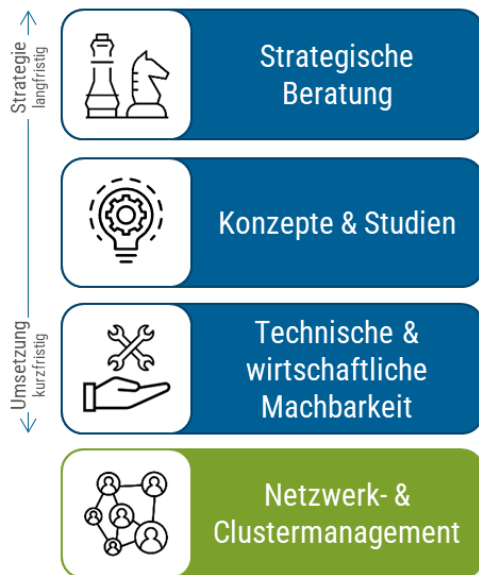
Circular
Economy



Buildings

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
CO₂-Abdruck-Berechnungen



Öffentliche Hand

Erstellung lokaler Roadmaps
Rechtliche Fragestellungen
Umweltschutzgutachten



Investoren

Beurteilung der Werthaltigkeit
von Konzepten
Due Diligence
Financial Engineering
Geschäftsmodelle

AGENDA

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

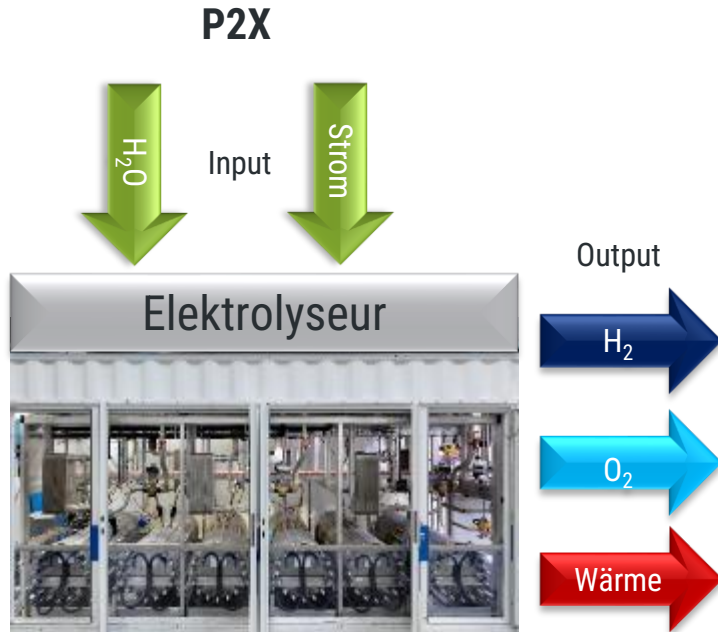


AGENDA

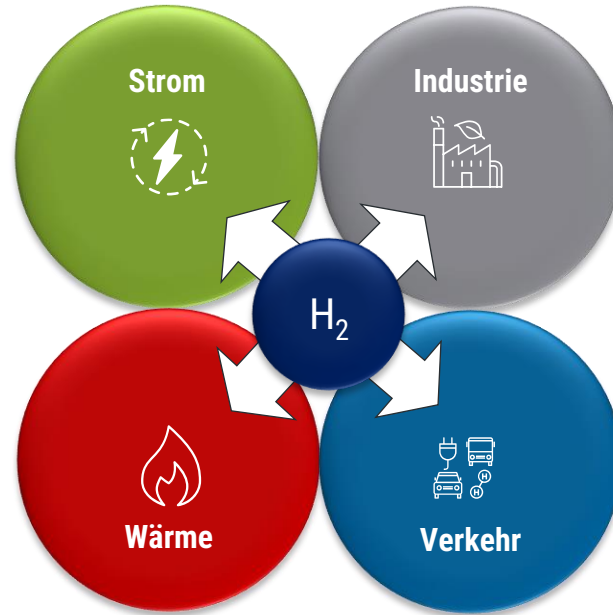
- ⤵ Technische Möglichkeiten
- ⤵ Flächen und Infrastrukturen
- ⤵ Genehmigungen
- ⤵ Kosten und Wirtschaftlichkeit
- ⤵ Förderungen
- ⤵ Fazit



WASSERSTOFFPRODUKTION PER ELEKTROLYSE



Sektorenkopplung



Quelle: HyLYZER

H2-PRODUKTION AUS SONNEN- & WINDENERGIE

H₂-Erzeugung per Elektrolyse

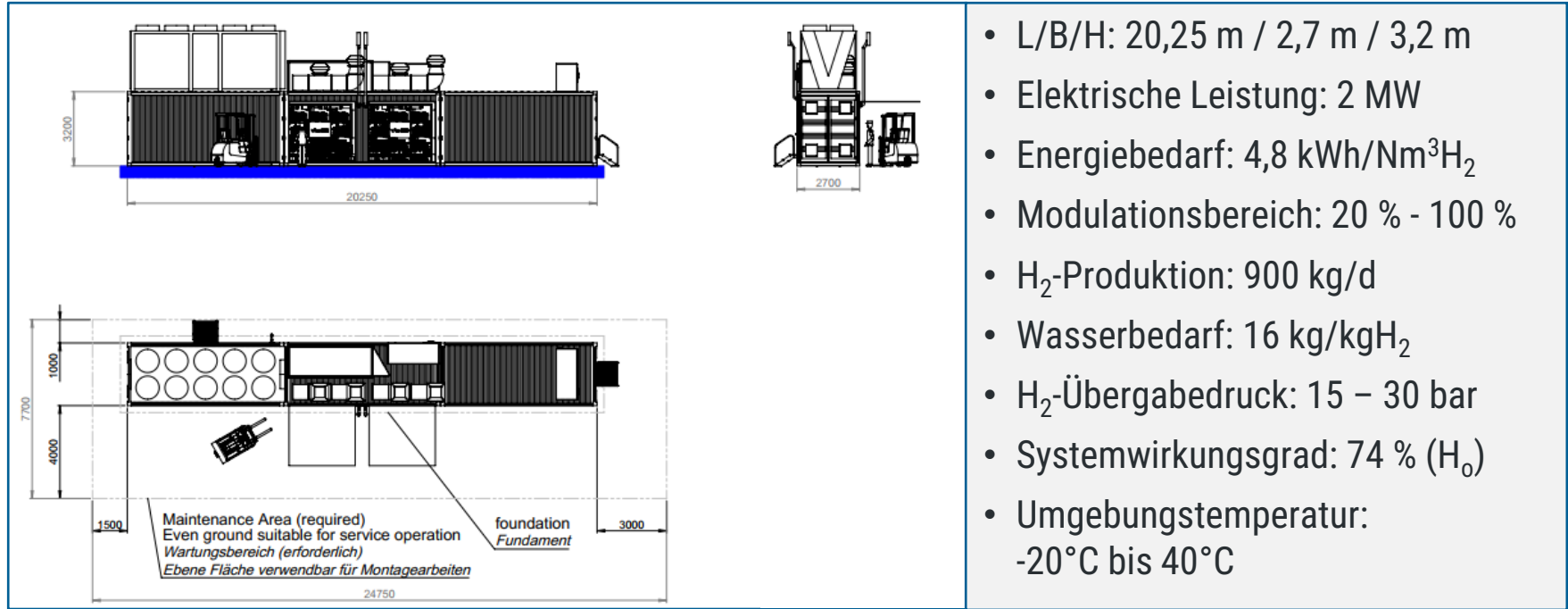
Benötigte Komponenten	<ul style="list-style-type: none"> • PV-/Windpark oder Netzanschluss • PEM- oder alkalischer Elektrolyseur inkl. Gastrocknung • Verdichter für Speicherbefüllung oder Pipeline-Einspeisung
Technologiereife	Kommerziell erhältlich und breitflächig im Einsatz, zuverlässig und sicher
Leistungsbereich	2,4 - 20.000 kW → 1.000 kW Elektrolyseur = 400 kg H ₂ /d (22h)
Input/Output	Input: Ø 55 kWh _{el} + 13,5 l Frischwasser pro kg Wasserstoff Output: 1 kg H ₂ + 8 kg Sauerstoff + 50 - 60 °C Abwärme (20 %) + 4,5 l Retentat
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
Einsatzmöglichkeit	Stromverwendung aus PV und Wind oder Netznutzung Wasserstoffverwendung für Mobilität, Industrie, Energie, Quartiere/Gebäude



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_2 für Raffinerieprozesse und Betankung
- 10-MW-PEM-Elektrolyseur: 1.300 t H_2 /a
- In Betrieb seit Juli 2021



Source: AWG

AWG, Wuppertal Wirtschaftsbetriebe

- Verwendung von grünem H_2 aus MHKW-Strom (50 % Bioabfälle) für Betankung von BZ-Bussen und Müllfahrzeugen
- 1-MW-PEM-Elektrolyseur: 400 kg H_2 /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

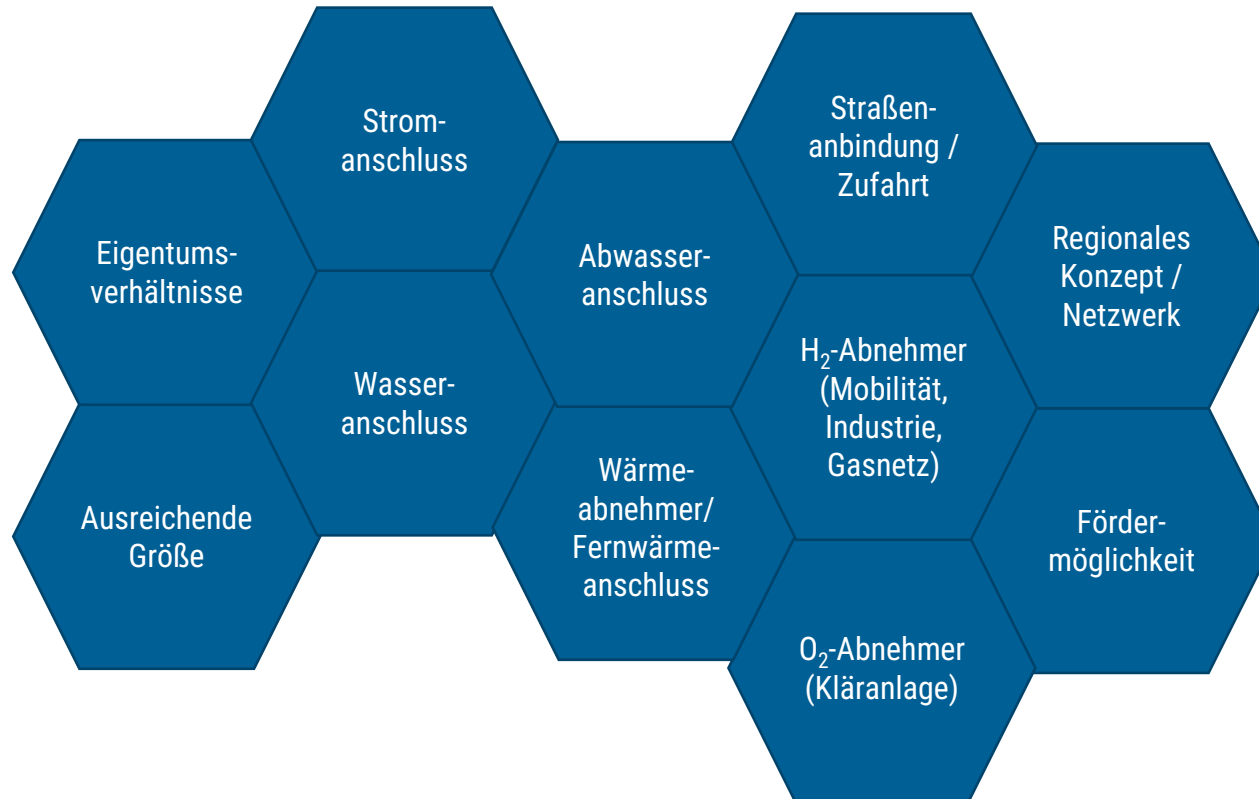
AGENDA

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

AGENDA

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



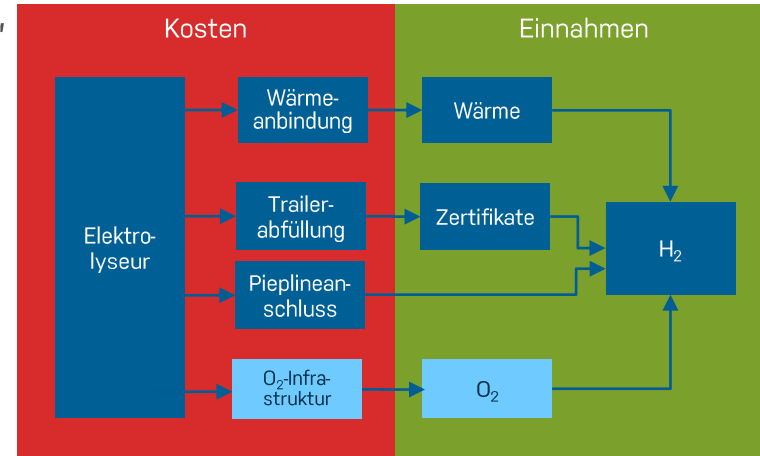
KOSTEN UND WIRTSCHAFTLICHKEIT

Kosten:

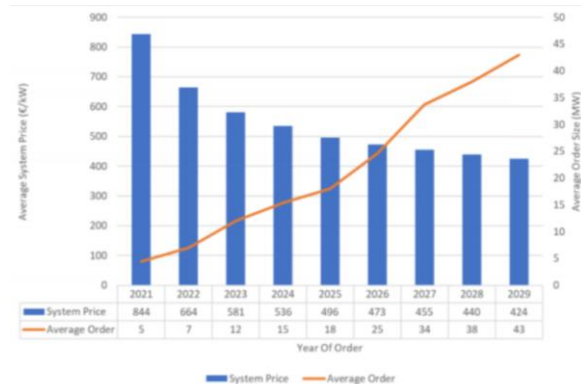
- ⤵ **CAPEX:** Planung/Genehmigung, Bau, Hardware, Installation, Anschlüsse vor Ort
- ⤵ **OPEX:** Miete, Personal, Wartung, Versicherung, Ersatzteile, Strom, Wasser und Abwasser

Einnahmen:

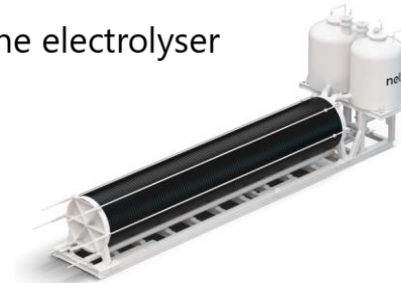
- ⤵ H₂-Erlös (Mobilität >> Industrie)
- ⤵ H₂-Zertifikate: bei Verwendung in der Mobilität
- ⤵ Wärmeerlös
- ⤵ Sauerstofflerlös



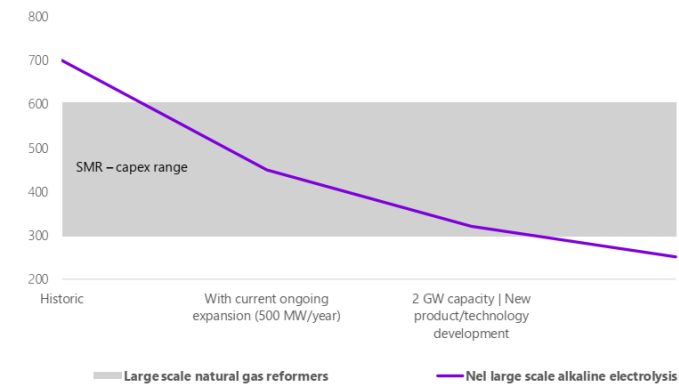
KOSTEN ELEKTROLYSE



20 MW alkaline electrolyser



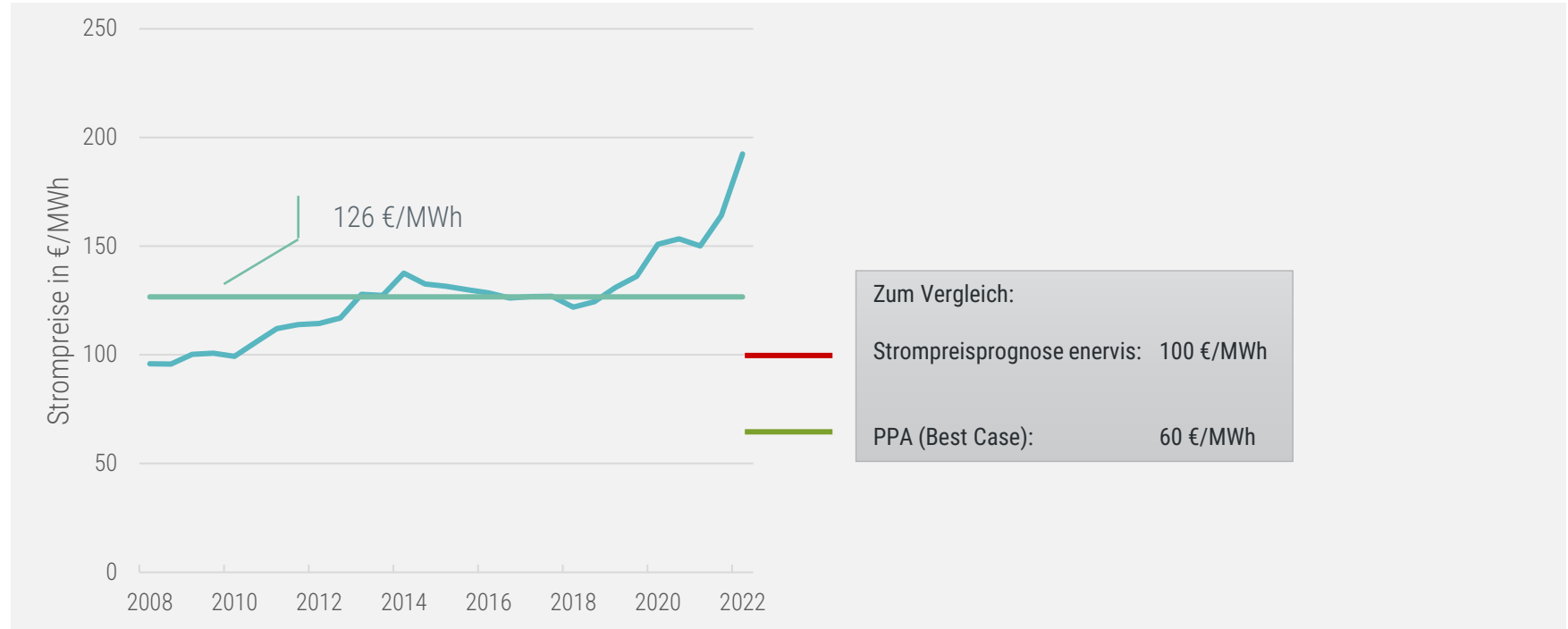
Capex of steam methane reformers (SMR) vs. Nel's alkaline electrolyzers \$/kW



Quelle: ITM und NEL

STROMPREIS

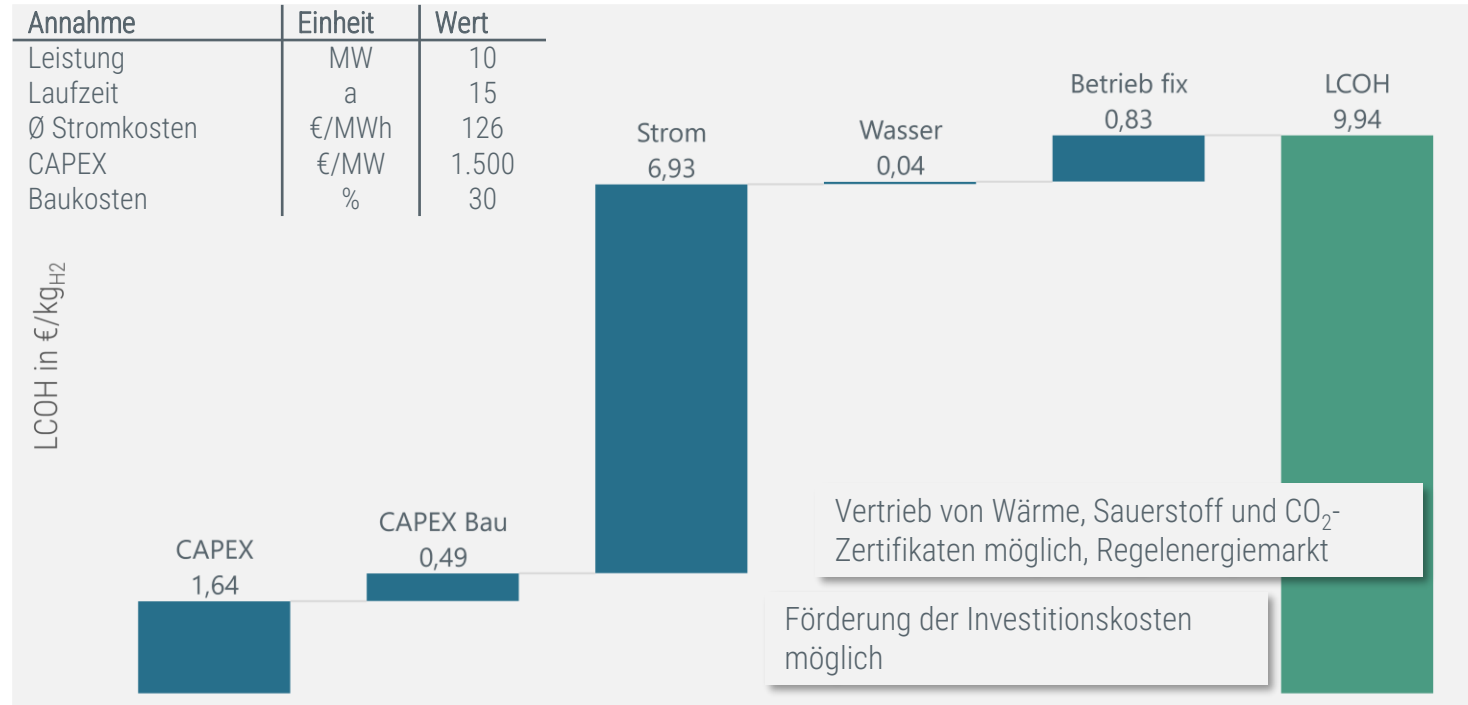
Strompreisentwicklung für Industriekunden (2.000 – 20.000 MWh)



Strompreise für Industriekunden nach destatis 2022

WASSERSTOFFGESTEHUNGSKOSTEN (LCOH)

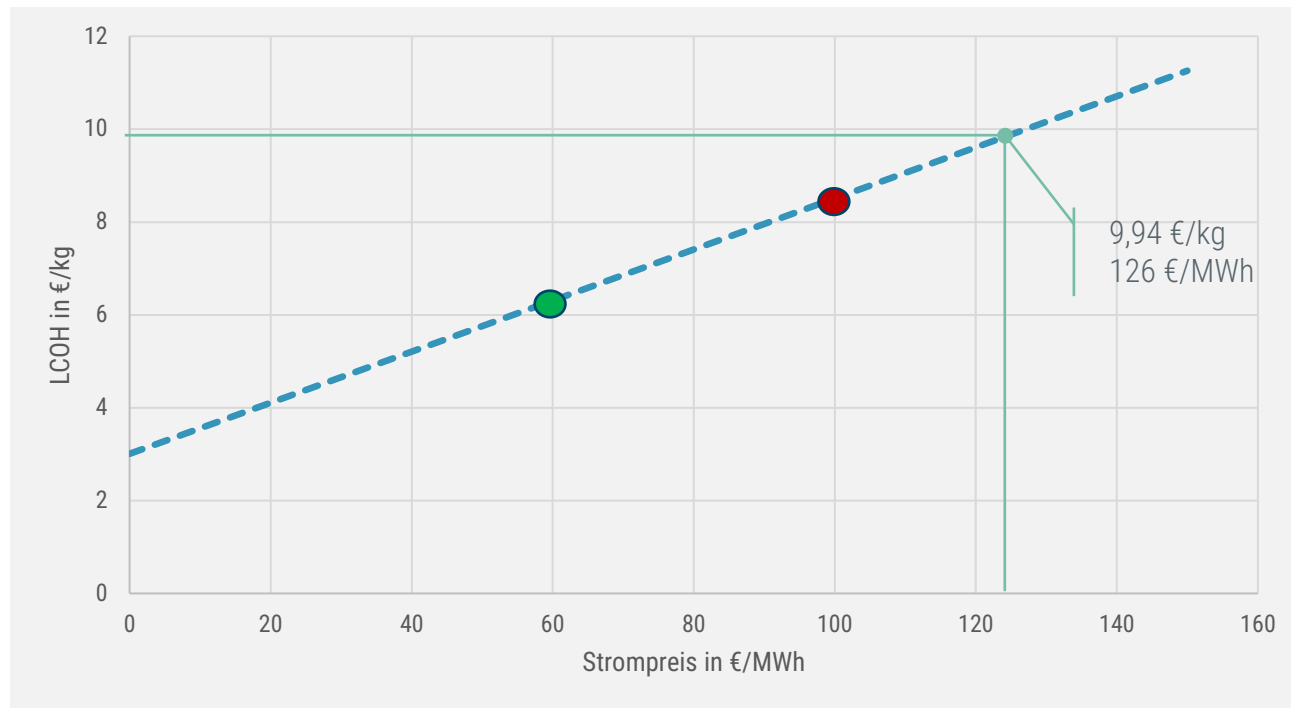
Wasserstoffgestehungskosten einer 10 MW PEM-Elektrolyse



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. CO₂-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

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