



Energiewirtschaftliches Institut  
an der Universität zu Köln

Energiemärkte erforschen –  
Entscheidungen verbessern.



# Datengrundlage für die E.ON H<sub>2</sub>Bilanz 2023

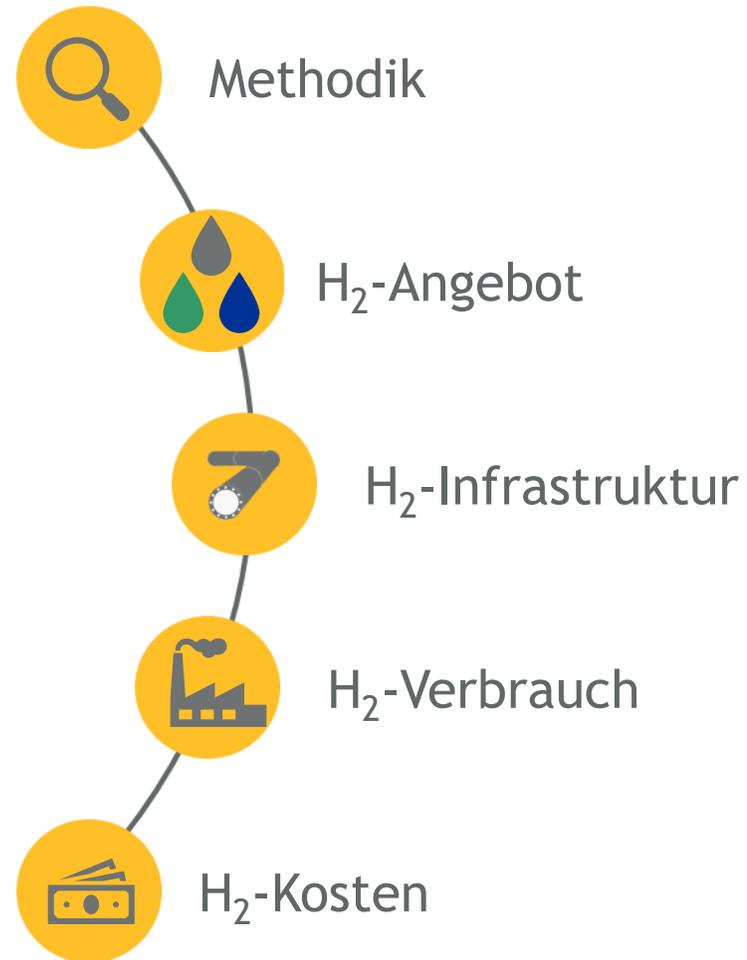
## Begleitdokument zur Einordnung der Ergebnisse

Tobias Sprenger | Jan Kopp | Felix Schäfer

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI) gGmbH

April 2023

# Daten- grundlage H<sub>2</sub>Bilanz



# Methodik

## Wichtiger Hinweis



*Das vorliegende Dokument ist nur ein Begleitdokument zur Datengrundlage der H<sub>2</sub>Bilanz. Eine ausführliche Aufführung der Annahmen, der Berechnungsmethodik und weiterführenden Quellen befindet sich in der eigentlichen Datengrundlage der H<sub>2</sub>Bilanz (Excel).*

## Warum eine H<sub>2</sub>Bilanz?



- Einsetzender Markthochlauf von grünem Wasserstoff gewinnt immer mehr an Tempo
- **Derzeitige Datenlage** zu Verbrauch, Erzeugung und Infrastruktur ist **unzureichend**
- Erstellung und Berechnung der H<sub>2</sub>Bilanz soll einen **quantitativen Zwischenstand** liefern, indem Fortschritt und Aktivitäten des Wasserstoffmarkts betrachtet werden

## Wie entsteht die Datengrundlage?



### Recherche

- Recherche in öffentlichen Datenbanken, bei Institutionen sowie einschlägigen fachlichen Veröffentlichungen

### PtX-Projektdatenbank

- Stetige Aktualisierung der internen EWI PtX-Projektdatenbank und Ausarbeitung einer Übersicht der Projekte (Betrieb, Bau und Planung)

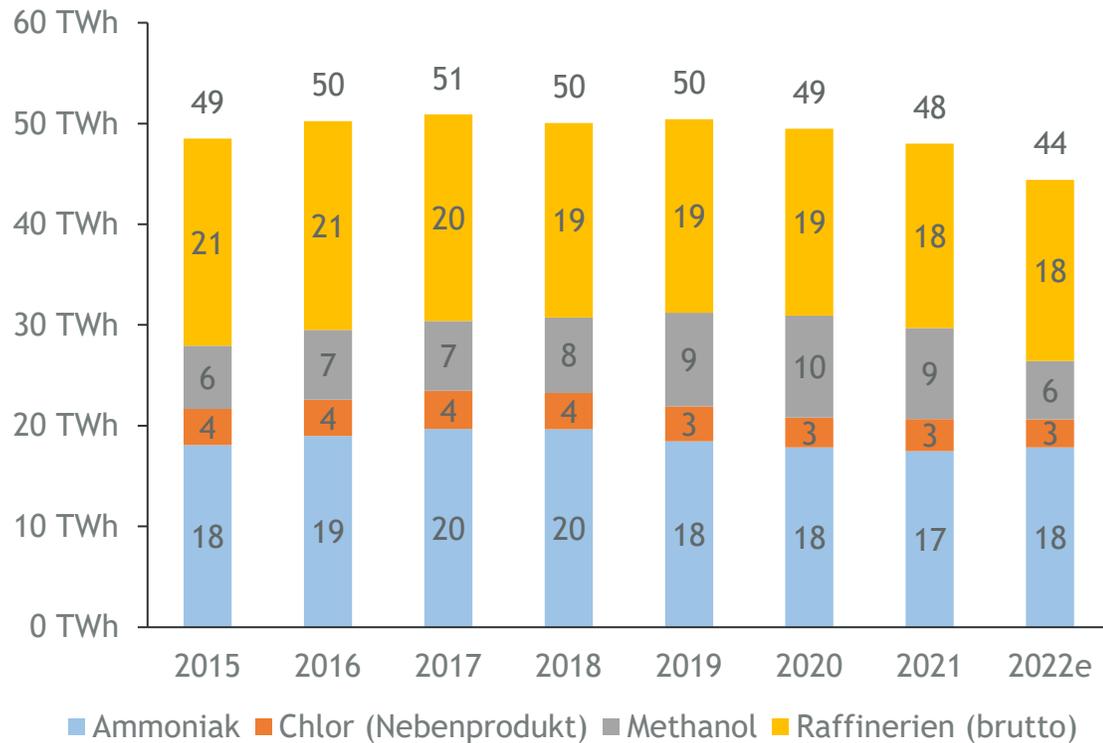
### Interne Berechnungen

- Abschätzung des Verbrauchs konventionellen Wasserstoffs und Erzeugung von Elektrolyse-Wasserstoff
- Berechnung von Wasserstoffgestehungskosten

# H<sub>2</sub>-Angebot

# Erzeugungsmengen grauer Wasserstoff

## Historische Erzeugung grauen Wasserstoffs in Deutschland



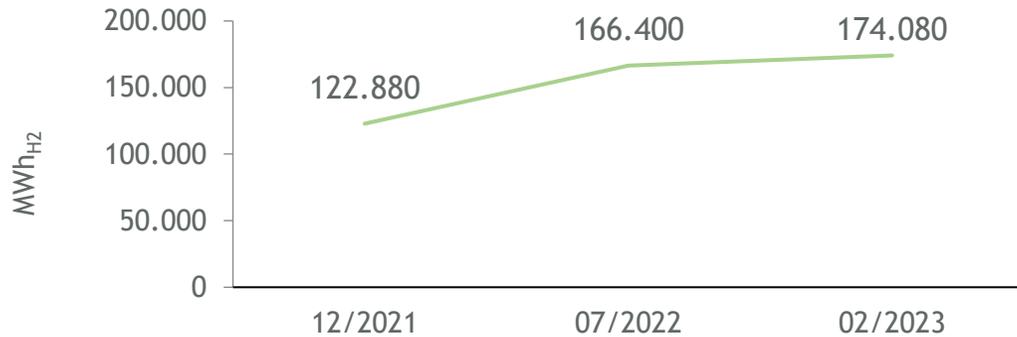
- **Zentrale Annahme:** Erzeugung entspricht dem errechneten Verbrauch der wichtigsten nachfragenden Industrien sowie der Erzeugung von Wasserstoff als Nebenprodukt (Chlor).
- Wichtigste Industrien mit Bezug zu Wasserstoff
  1. Raffinerien
  2. Ammoniak
  3. Methanol
  4. Chlor (Erzeugung von Wasserstoff als Nebenprodukt)
- Die Datengrundlage zeigt eine relativ konstante Gesamterzeugung zwischen den Jahren 2015 und 2020.
- Seit 2021 sinken die abgeschätzten Erzeugungsmengen. Grund ist v.a. eine sinkende industrielle Erzeugung der zugrundeliegenden Industrien.

e Abschätzung auf Basis interner ökonomischer Berechnungen

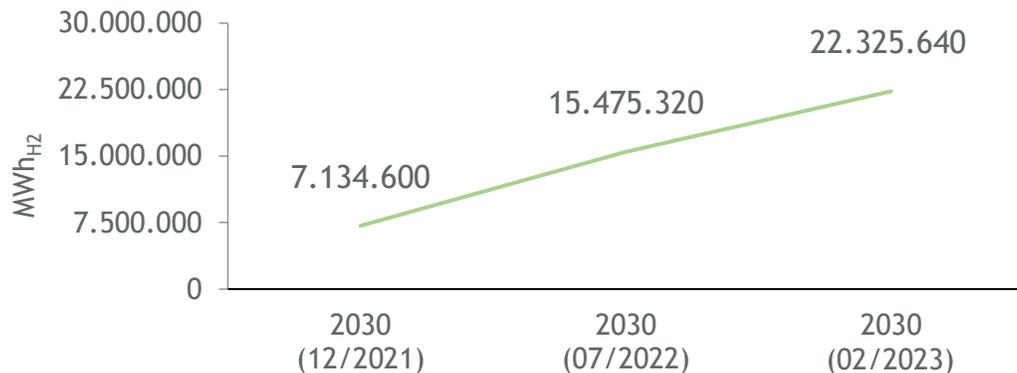
# Erzeugungsmengen Elektrolyse-Wasserstoff

## Aktuelle und zukünftige Erzeugung von Elektrolyse-Wasserstoff in Deutschland

### Abschätzung der aktuellen Erzeugung von Elektrolyse-Wasserstoff



### Mögliche Erzeugung von Elektrolyse-Wasserstoff im Jahr 2030



- Die Grafiken zeigen die Abschätzung der Erzeugung sowie die mögliche Erzeugung von Elektrolyse-Wasserstoff im Jahr 2030 zum jeweiligen Stichtag der Bilanz (12/2021; 07/2022; 02/2023).
- Es ist nicht bekannt, ob alle Elektrolyseure die Kriterien für grünen Wasserstoff erfüllen. Daher wird die Erzeugung entsprechend als „Elektrolyse-Wasserstoff“ bezeichnet.
- Real stieg die produzierte Menge Elektrolyse-Wasserstoff im Zeitraum 07/2022-02/2023 nur geringfügig (obere Grafik). Der Grund ist eine sehr niedrige zugebaute Elektrolysekapazität.
- Die mögliche zusätzliche Erzeugung im Jahr 2030 ist im Zeitraum 07/2022-02/2023 stark angewachsen. Dies liegt an einer stark gestiegenen Anzahl von Wasserstoff-Projekten.

**Hinweis:** Die Erzeugungsmengen von Elektrolyse-Wasserstoff basieren auf Annahmen zu Wirkungsgrad, Volllaststunden und Informationen aus der EWI PtX-Datenbank. Eine ausführliche Aufzählung der Annahmen, der Berechnungsmethodik und Quellen befindet sich in der eigentlichen Datengrundlage der H<sub>2</sub>Bilanz (Excel).

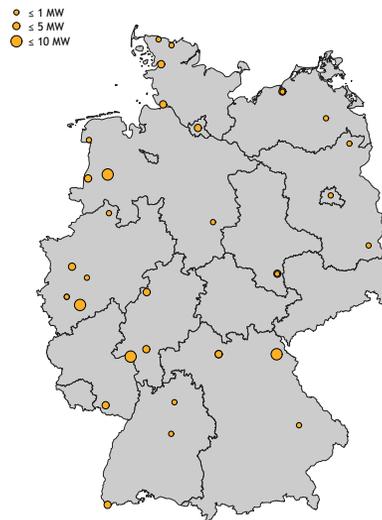
# Installierte Elektrolysekapazität für die Jahre 2023 und 2030

## EWI Power-to-X Projektdatenbank

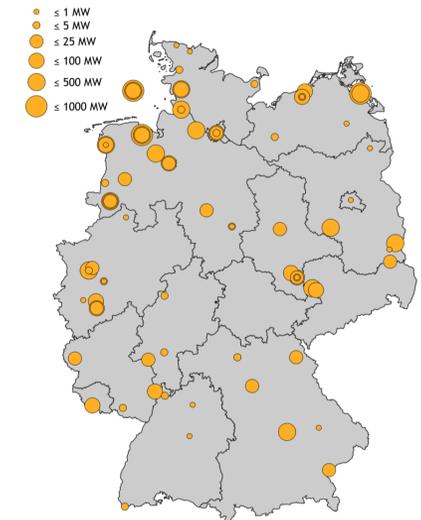
- Übersicht über Wasserstoffprojekte in Deutschland
- Erfasste Daten: Standorte, installierte Leistung, Status (in Betrieb, Bau, Planung) und den Zeitpunkt der Inbetriebnahme
- Kriterien für die Datengrundlage H<sub>2</sub>Bilanz:
  - Zeitpunkte: 02/2023 und 12/2030
  - Daten zu Projekten sind öffentlich verfügbar
  - Informationen zu Projekten sind vollständig
  - Installierte Leistung der Elektrolyseure ist größer als 100 kW<sub>el</sub>

Status	Anzahl Projekte	Installierte Leistung	Durchschnittliche Leistung
2023 in Betrieb	34	~ 68 MW <sub>el</sub>	2 MW <sub>el</sub>
Bis 2030 in Betrieb/Bau/Planung	88	~ 8.089 MW <sub>el</sub>	92 MW <sub>el</sub> (149 MW <sub>el</sub> für Projekte ab 2023)

Power-to-X Projekte bis Februar 2023



Power-to-X Projekte bis 2030

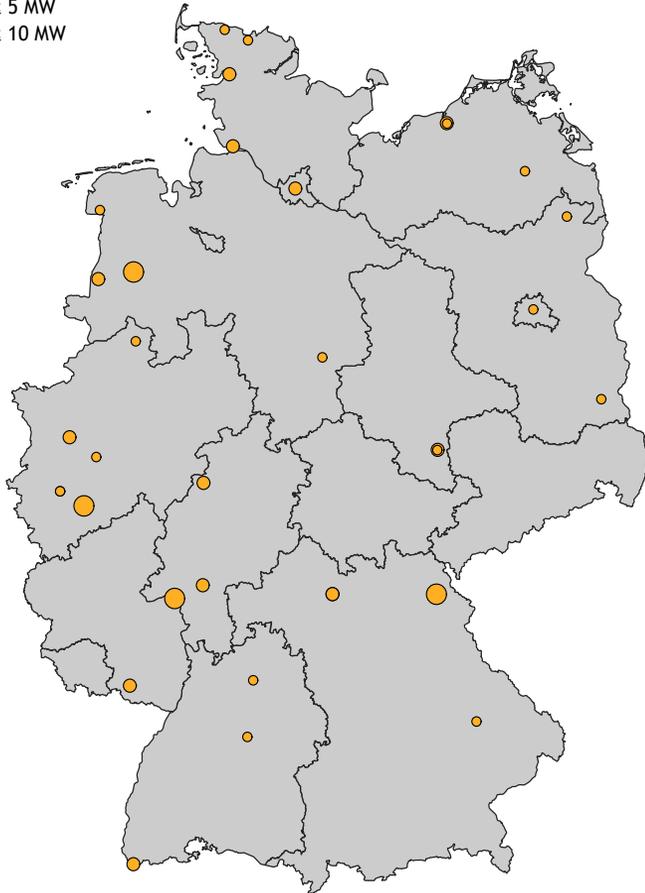


# Installierte Elektrolysekapazität

PtX-Projektkarten für 02/2023 und 2030 - jeder Kreis entspricht einem Projekt

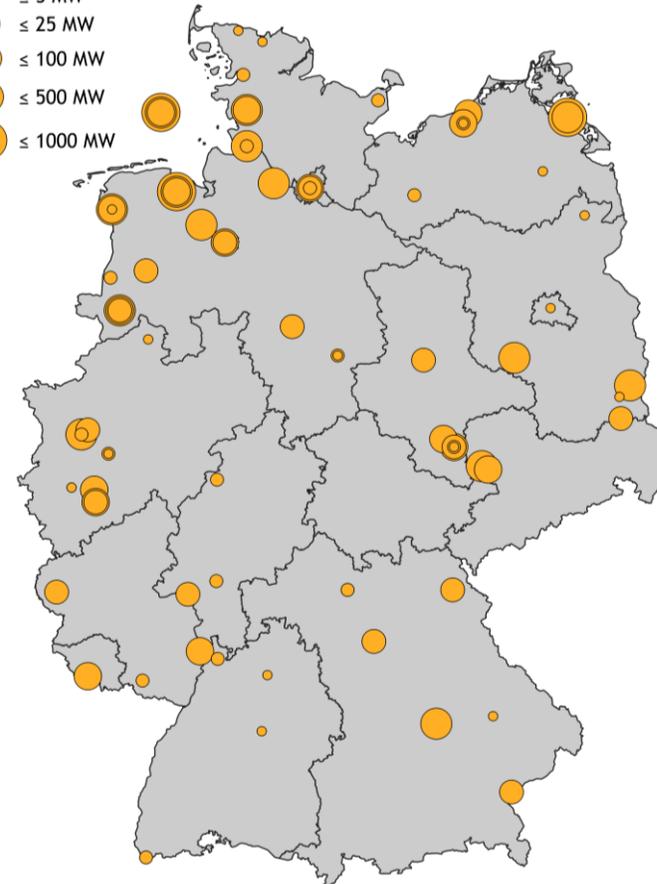
Power-to-X Projekte bis Februar 2023

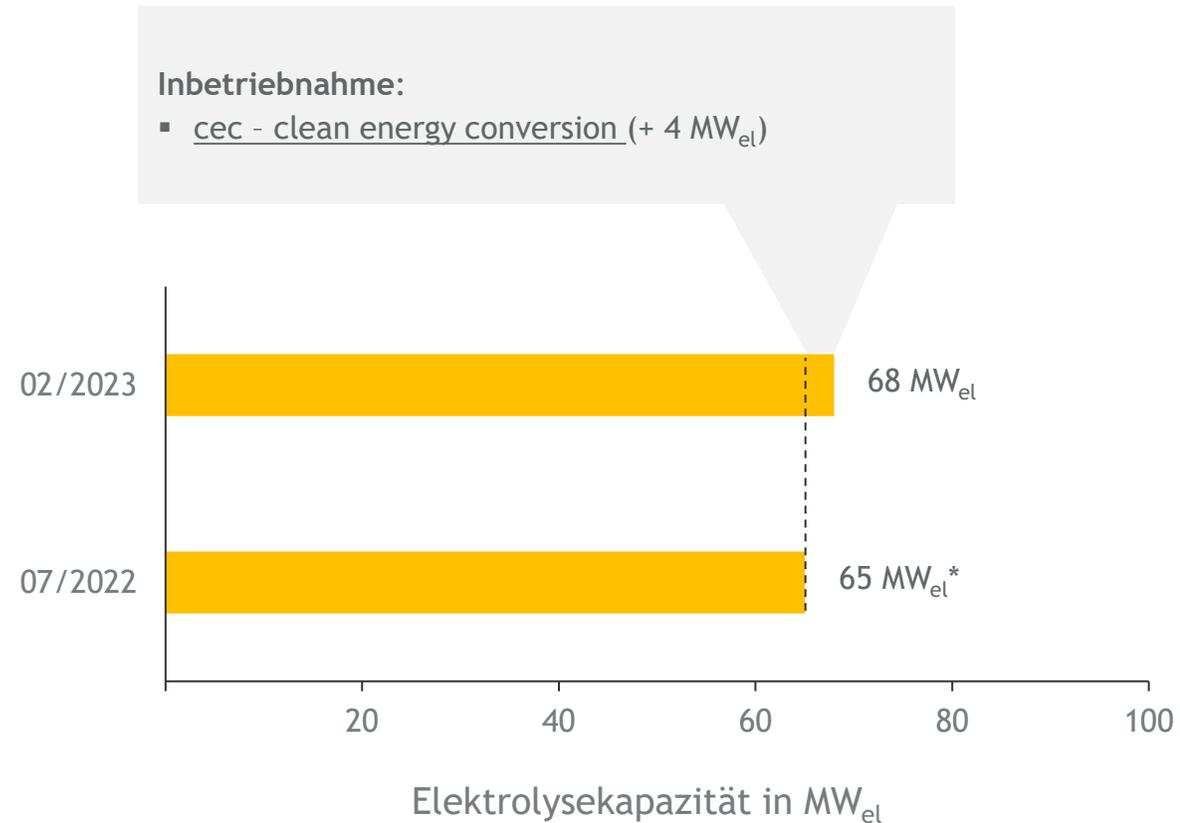
- ≤ 1 MW
- ≤ 5 MW
- ≤ 10 MW



Power-to-X Projekte bis 2030

- ≤ 1 MW
- ≤ 5 MW
- ≤ 25 MW
- ≤ 100 MW
- ≤ 500 MW
- ≤ 1000 MW

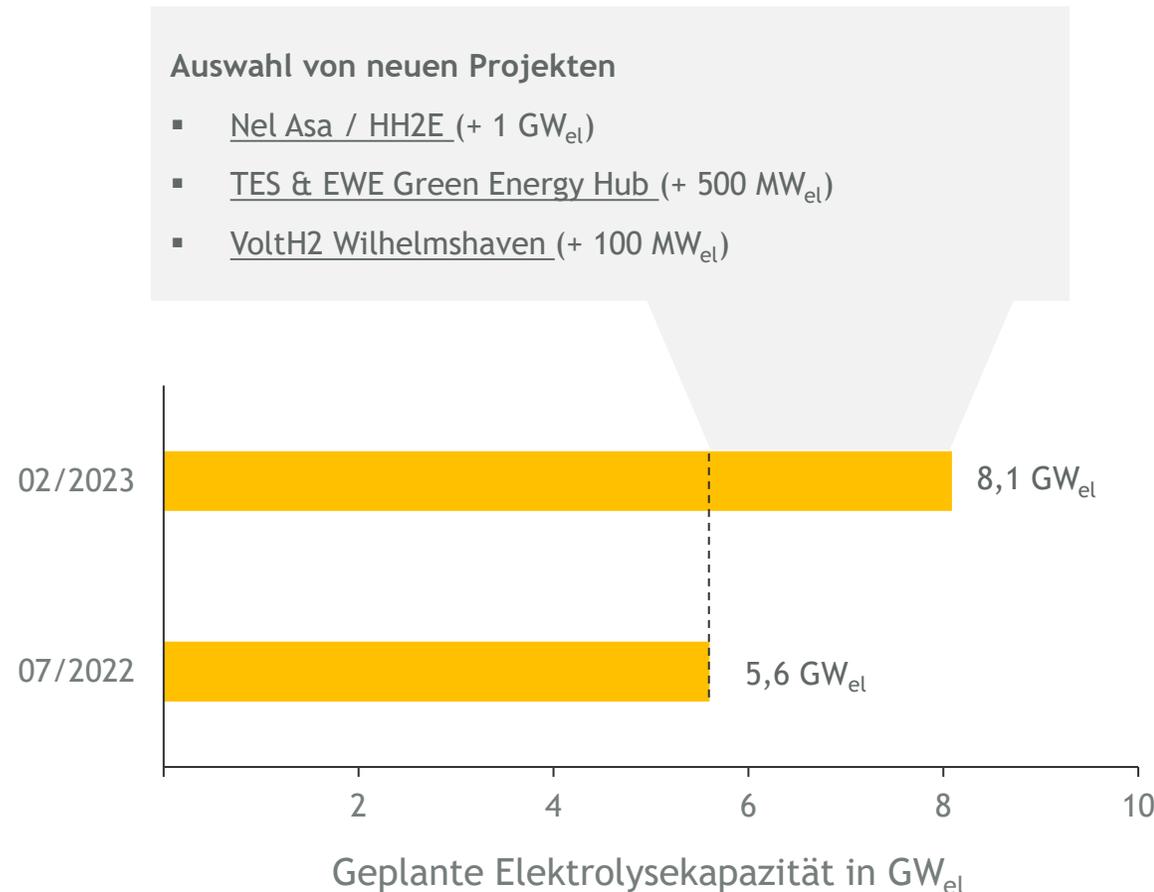




\* Gerundete Werte.

- Im Vergleich zur letzten Aktualisierung (07/2022) ist die betriebene Elektrolysekapazität um rund 4 MW<sub>el</sub>\* auf 68 MW<sub>el</sub> gestiegen.
- Des Weiteren sind für 2023 weitere 64 MW<sub>el</sub> an Elektrolysekapazität geplant, welche sich derzeit noch im Bau befinden.
  - Unter den in Bau befindlichen Projekten führen wir auch das 24 MW<sub>el</sub> Projekt von Linde in Leuna. Der Elektrolyseur sollte bereits Ende 2022 in Betrieb gehen, ist jedoch nach aktuellem Kenntnisstand nicht in Betrieb.
- In 2024 ist zu erwarten, dass der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft deutlich an Geschwindigkeit gewinnt. Nach aktuellem Stand ist die Inbetriebnahme von rund 674 MW<sub>el</sub> (10 Projekte) geplant.
  - Das Projekt Get H2 Nukleus gehört zu den größeren Projekten und sieht für 2024 die Errichtung von 100 MW<sub>el</sub> Elektrolysekapazität vor.

# Entwicklung der geplanten Elektrolysekapazität (2030)



- Im Vergleich zur letzten Aktualisierung (07/2022) ist die für 2030 angekündigte Elektrolysekapazität auf rund 8,1 GW<sub>el</sub> gestiegen.
- Diese Veränderung ist auf zwei wesentliche Ursachen zurückzuführen
  1. Neue und neu erfasste Projekte
  2. Aktualisierung von Informationen bereits erfasster Projekte
- Der deutliche Anstieg um rund 2,5 GW<sub>el</sub> ist insbesondere auf die große Anzahl neuer Projekte und Ausbaustufen und weniger auf eine gestiegene Kapazität der Projekte zurückzuführen.
- Darüber hinaus sind zu bereits angekündigten Projekten neue Informationen bekannt geworden, sodass diese als zusätzliche Kapazität einberechnet wurden.

## Aktuell:

- Importe haben in der Datengrundlage H<sub>2</sub>Bilanz 2023 noch keine Relevanz.

## Entwicklung:

- Eine Einschätzung möglicher Importpotentiale aus Nachbarländern wurde im Netzentwicklungsplan Gas 2022-2032 veröffentlicht (siehe Tabelle rechts).
- Auswahl bilateraler Wasserstoffkooperationen (weitere Informationen in der Datengrundlage der H<sub>2</sub>Bilanz 2023)
  - Afrika (u.a. Ägypten, Namibia und Südafrika)
  - Australien
  - Israel
  - Kanada
  - Katar
  - Neuseeland
  - Norwegen
  - Vereinigte Arabische Emirate (VAE)

## Einschätzung von Importpotentialen aus Nachbarländern

Länder	mögl. Umsetzung ab	Grenzüber-gangspunkte
Niederlande (NL)	2032	3
Belgien (BE)	2030	1
Frankreich (FR)	ca. 2035	1
Tschechien (CZ)	n/a	1
Österreich (AT)	2030	2
Dänemark (DK)	2027 - 2030	1
Norwegen (NO)	2027 - 2032	0*

Quelle: FNB Gas (2023) Netzentwicklungsplan Gas 2022-2032 - Entwurf.  
\* via NL oder Retrofit/Bau neuer Leitung

# H<sub>2</sub>-Infrastruktur

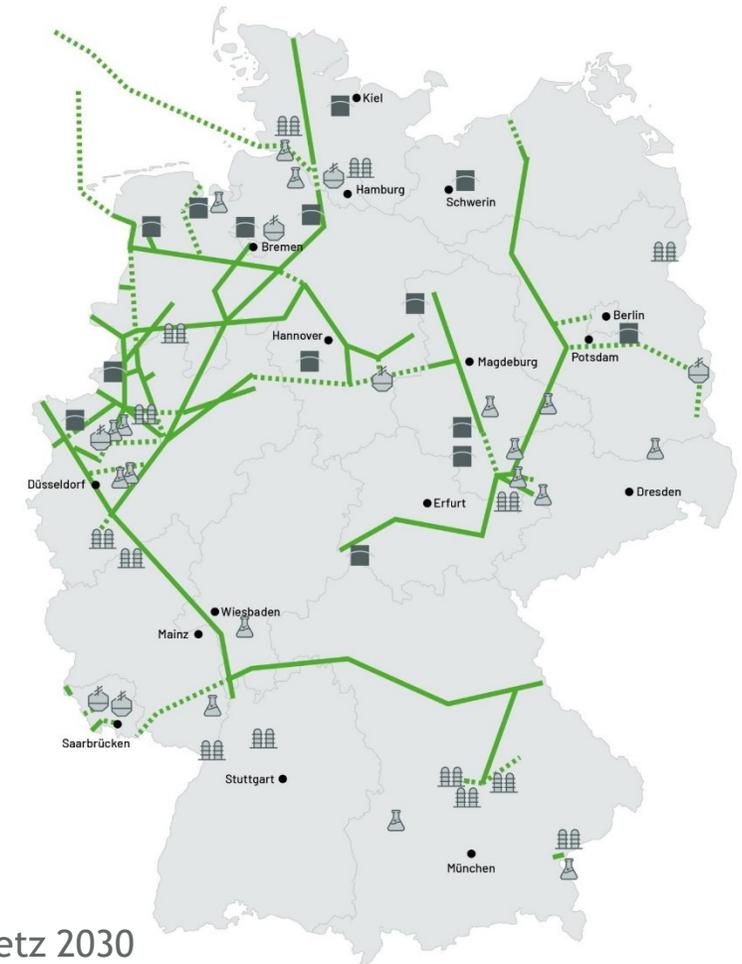
## Aktuell:

- 417 km operatives Wasserstoff-Netz an 4 Standorten, teilw. innerbetrieblich
- Zur Einordnung: deutsches Erdgas-Fernleitungsnetz umfasst rund 41.600 km (Stand: 12/2020)

## Entwicklung:

- **Konkrete Pläne** für 2.813 km H<sub>2</sub>-Leitungen bis 2035\* z. T. durch Umwidmung von Erdgasleitungen (v. a. bei langen Pipelines), sonst Neubau
- Vorschlag von **Maßnahmen im Netzentwicklungsplan Gas 2022-2032 - Entwurf**
  - Umzustellende Leitungen: 4.900-5.900 km (bis Ende 2032)
  - Neubauleitungen: 2.300-2.900 km (bis Ende 2032)

\* Abschätzung basiert auf eigenen Recherchen.



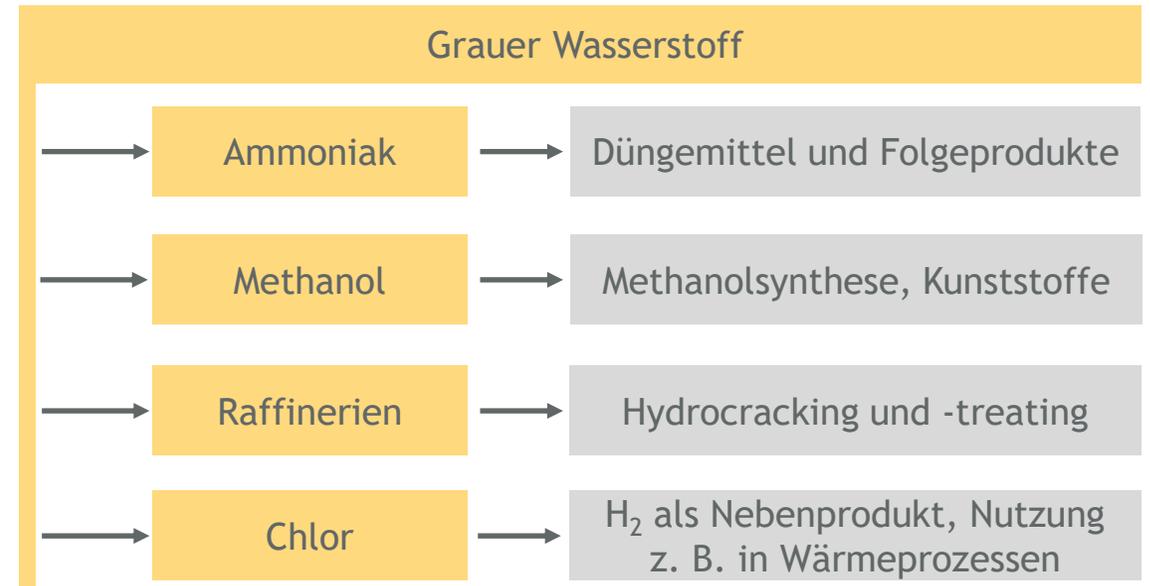
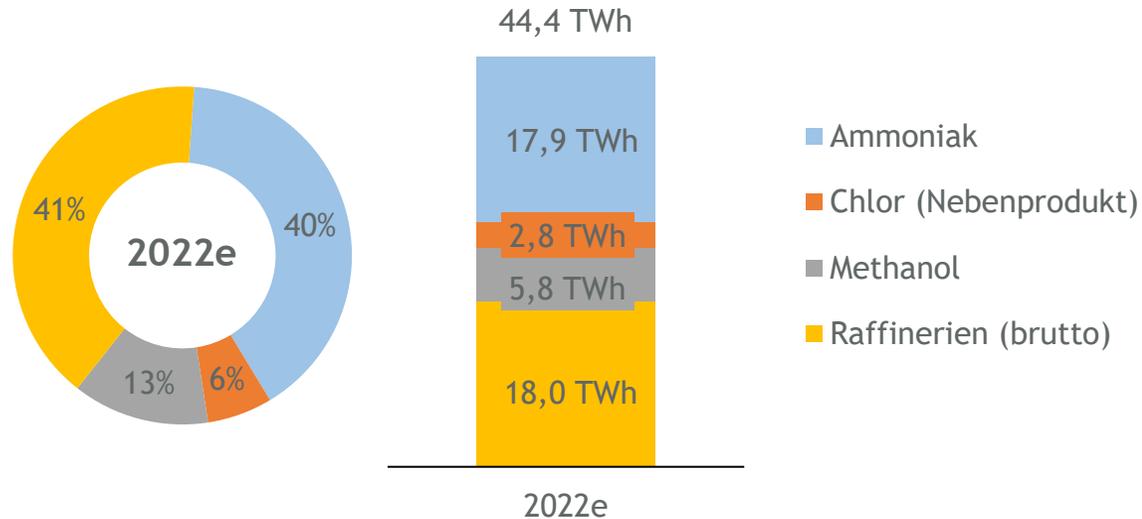
H<sub>2</sub>-Netz 2030

Quelle: FNB Gas (2022) NEP Gas 2022-2032 - Zwischenstand

# H<sub>2</sub>-Verbrauch

# Verbrauch grauer Wasserstoff

## Historischer Verbrauch der wichtigsten industriellen Anwendungsbereiche



e Abschätzung auf Basis interner ökonometrischer Berechnungen

- Erzeugungsmengen wurden über Produktionsmengen der jeweiligen Güter und durchschnittliche Wasserstoffbedarfe errechnet
- Bei Raffinerien wird zwischen netto (01; externer Bedarf) und brutto (02; externer Bedarf + prozessinterne Erzeugung) unterschieden



2.022 FCEV\*

ca. 8.569 MWh<sub>H2</sub>



43 LKW und  
Zugmaschinen

ca. 1.603 MWh<sub>H2</sub>



69 Busse

ca. 9.602 MWh<sub>H2</sub>



15 Brennstoffzellen-Züge  
(BZ-Zug)

ca. 19.498 MWh<sub>H2</sub>



1 Schubboot im Testbetrieb



112 in Betrieb  
33 in Realisierung  
(350 und 700 bar)

- Gesamtzahl an Wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen ist weiterhin noch gering.
- Gesamtzahlen zur Einordnung (Januar 2023):
  - PKW: 48,8 Mio.
  - LKW/Zugmaschinen: 3,64/2,39 Mio.
  - Kraftomnibusse: 82.932
- In 2023 spielen Schiffe noch keine Rolle. Im Schienenverkehr ist jedoch ein Hochlauf zu erkennen.
  - Seit 07/2022 wurden 14 BZ-Züge in Betrieb genommen.
  - Im Rhein-Main-Verkehrsverbund ist der erste Wasserstoffzug seit Dezember 2022 im Regelbetrieb. Im Frühjahr 2023 werden 26 weitere BZ-Züge geliefert und schrittweise in den Regelbetrieb integriert.
  - In der Schifffahrt ist der Einsatz von 10-15 Wasserstoffbetriebenen Binnenschiffen auf der Strecke Rotterdam-Köln ab 2024 geplant.

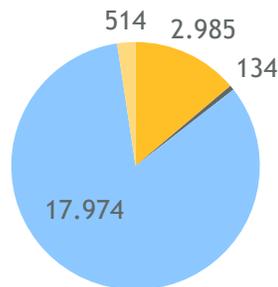
Quellen: siehe Datengrundlage der *H<sub>2</sub>Bilanz 2023*, Stand: 02/2023 | \* FCEV = Fuel Cell Electric Vehicle

## Brennstoffzellenheizungen



- Als Brennstoffe werden aktuell Erd- oder Biogas eingesetzt, welche elektrochemisch in Strom umgewandelt werden. Abwärme wird zum Heizen und zur Warmwasserbereitung genutzt.
- KfW *Zuschuss 433* seit 2016 (Stichtag 31.12.2022)

- Insg. 21.607 geförderte Sanierungen und Neuinstallationen für
- 303 Mio. EUR



- Neubau Wohngebäude
- Neubau Nicht-Wohngebäude
- Saniert Wohngebäude
- Saniert Nicht-Wohngebäude

## Wasserstoffquartiere



### Laufende Projekte

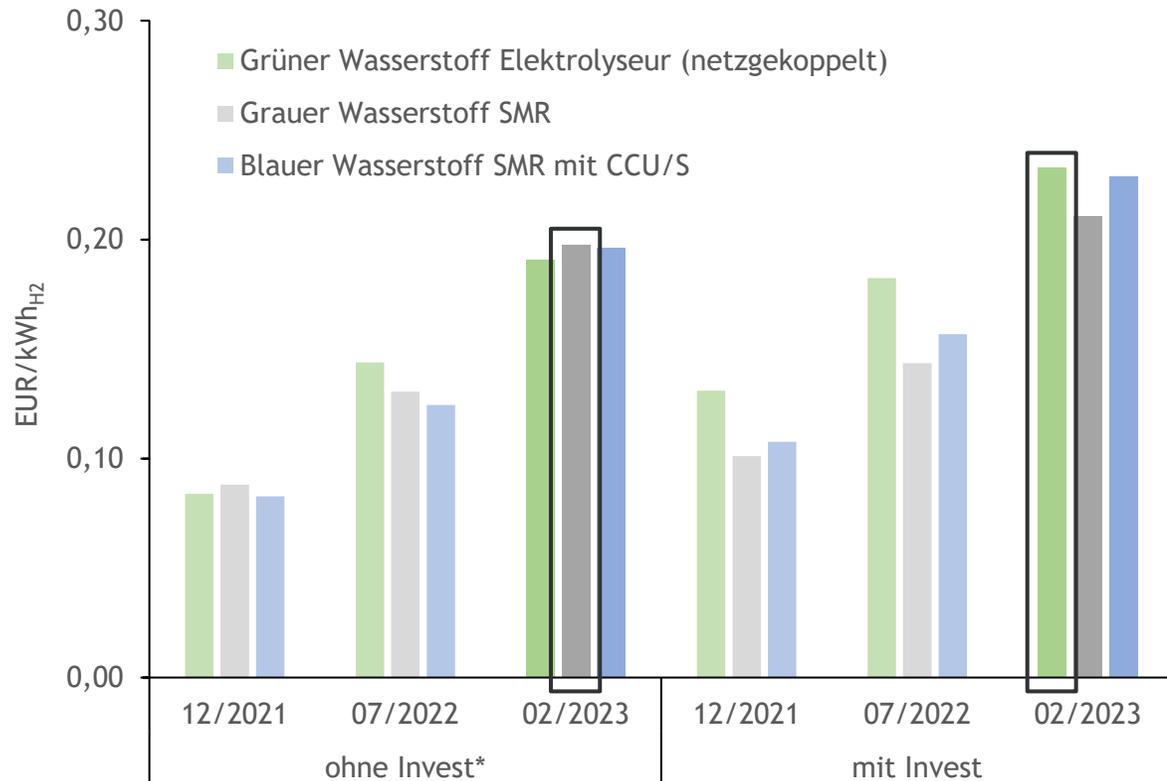
- **Kaisersesch:** Produktion grünen Wasserstoffs zur Ortsweiten Nutzung im Bereich Wärme (BHKW) & Mobilität (Busse, Bahnen)
  - Inbetriebnahme ab Mai 2023
- **Esslingen:** Erzeugung und Nutzung von grünem Wasserstoff aus Überschussstrom von PV-Anlagen
  - Bereits im Betrieb

### Weitere Projekte

- Im Bau befindliches Quartier in **Gütersloh**
- Geplantes Quartier in **Oldenburg**

# H<sub>2</sub>-Kosten

## Wasserstoffgestehungskosten



- Differenzierung zwischen Wasserstoffgestehungskosten *mit* und *ohne* Investitionskosten
- Der zentrale Vergleich zwischen *grau (ohne Invest)* und *grün (mit Invest)* zeigt, dass Wettbewerbsfähigkeit noch nicht erreicht ist. Dies gilt trotz hoher Erdgaspreise in 2022 & 2023.
  - Potenziell konkurrieren errichtete Erdgas-Dampfreformierer (grau) mit noch zu errichtenden Elektrolyseuren (grün).
- *Blauer Wasserstoff* ist im Fall *ohne Invest* etwas günstiger als *grauer*, da die Belastung durch den CO<sub>2</sub>-Preis geringer ist. Im Fall *mit Invest* liegen die Kosten über denen von grauem Wasserstoff.
- Preisannahmen (Ø 03/2022-02/2023)
  - Erdgaspreis: 134,01 EUR/MWh
  - Strompreis: 235,16 EUR/MWh
  - CO<sub>2</sub>-Preis: 80,26 EUR/tCO<sub>2</sub>

\* In der Kategorie *ohne Invest* werden nur OPEX und Energiekosten berücksichtigt; kein CAPEX (Investitionskosten).



## EWI - Eine Wissensfabrik

Das EWI ist gemeinnützig und versteht sich als Wissensfabrik mit dem Ziel, neues Wissen über zunehmend komplexe Energiemärkte zu schaffen, zu verbreiten und nutzbar zu machen.

## Forschungs- und Beratungsprojekte

Das EWI forscht und berät zu zunehmend komplexen Energiemärkten - praxisnah, energieökonomisch fundiert und agenda-neutral.

## Neuste Volkswirtschaftliche Methoden

Das EWI analysiert den Wandel der Energiewelt mit neusten volkswirtschaftlichen Methoden und detaillierten computergestützten Modellen.

## EWI Academy

Das EWI bietet Trainings zu aktuellen energiewirtschaftlichen Themen für Unternehmen, Politik, NGOs, Verbände sowie Ministerien an.

## KONTAKT

 <https://www.ewi.uni-koeln.de>

 @ewi\_koeln

 EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln

## KONTAKT

Tobias Sprenger

[tobias.sprenger@ewi.uni-koeln.de](mailto:tobias.sprenger@ewi.uni-koeln.de)

+49 (0)221 650 745 45

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI) gGmbH