

**H2.B** ZENTRUM  
WASSERSTOFF.  
BAYERN



# Wasserstoff

– wesentlicher Baustein der Energiewende

Dr. Fabian Pfaffenberger, H2.B

Merkendorf, 13.04.2023

Initiiert durch



Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

**H2.B** ZENTRUM  
WASSERSTOFF.  
BAYERN



WASSERSTOFF  
BÜNDNIS.  
BAYERN

# Wasserstoff

– wesentlicher Baustein der Energiewende

Dr. Fabian Pfaffenberger, H2.B

Merkendorf, 13.04.2023

Initiiert durch



Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

# Zentrum Wasserstoff.Bayern und Wasserstoffbündnis Bayern



## Zentrum Wasserstoff.Bayern (H2.B)

Strategie- und Koordinationsstelle des Freistaats Bayern für Wasserstoffthemen in Bayern

- ▶ Stärkung und Beschleunigung des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft in Bayern
- ▶ Beratung, Information und Vernetzung der bayerischen Wasserstoffakteure

### Aktivitäten:

- ▶ Wasserstoff-Strategie und -Roadmap Bayern
- ▶ Beratung der bayerischen Politik
- ▶ Markt- und Technologieanalysen
- ▶ Öffentlichkeitsarbeit, Vernetzung, Matchmaking

Koordination



## Wasserstoffbündnis Bayern

Networking-, Informations- und Interessens-plattform für Wasserstoffakteure in Bayern

knapp 330 H2-Akteure mit einem Sitz in Bayern entlang der gesamten H2-Wertschöpfungskette

### Angebote für Bündnispartner:

- ▶ Workshops (zur Vernetzung & Information)
- ▶ Technologisches Matchmaking
- ▶ Initiale Beratung
- ▶ Infoletter
- ▶ Delegationsreisen
- ▶ Gemeinschaftsstände



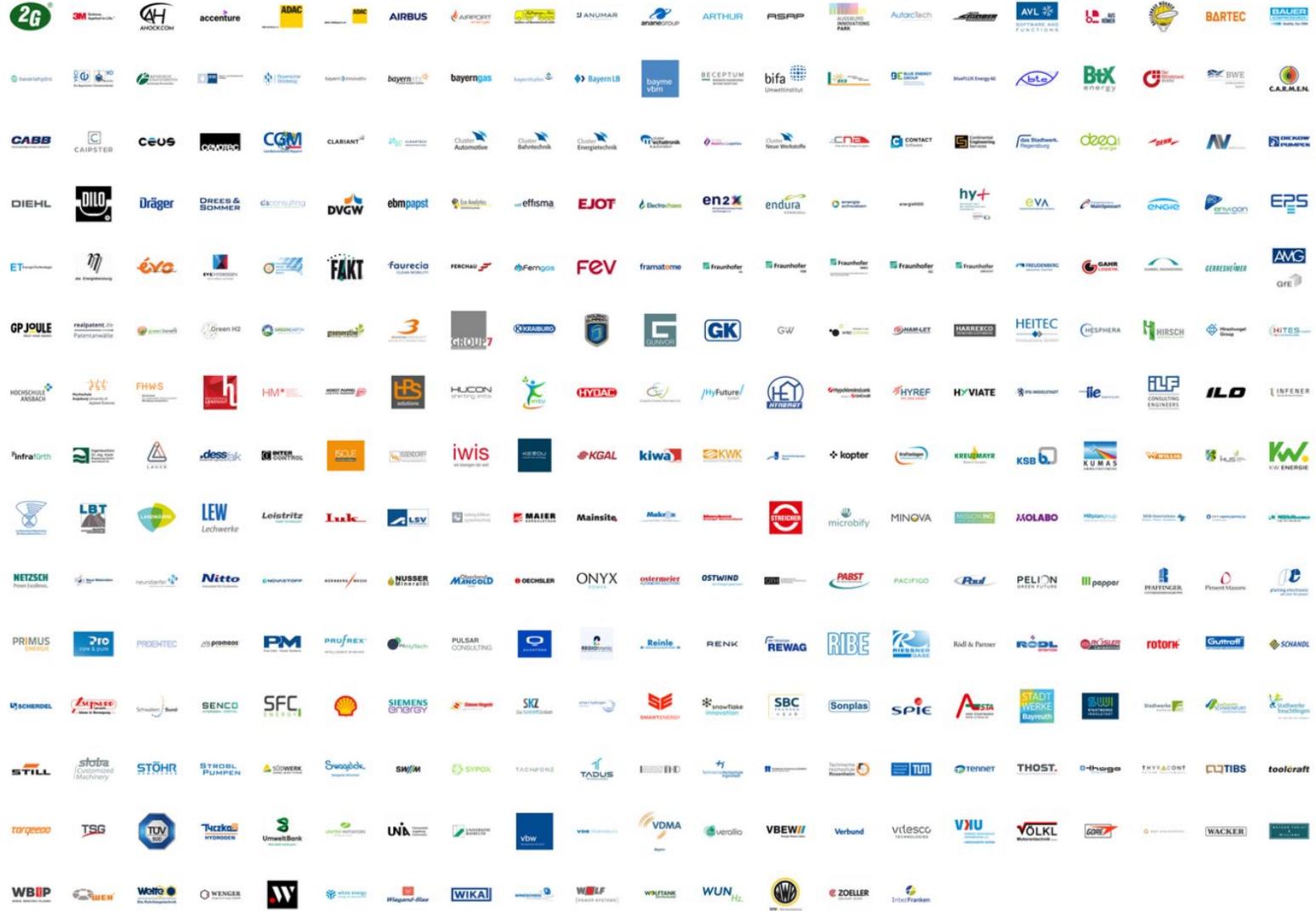
-  **329 Bündnispartner**
-  **257 Unternehmen**
-  **22 Forschungseinrichtungen / Hochschulen**
-  **28 Verbände / Cluster**
-  **6 Sonstige Organisationen**

# Kompetenzen & Branchen im Wasserstoffbündnis Bayern

- Aktivitäten und Interessen entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette
- Querschnitt durch die Wirtschaft: Selbstständige, KMU, Industrie, Finanzunternehmen & Investoren und Forschungsinstitute
- Darunter Markt- und Technologieführer in unterschiedlichen Branchen



# Partner im Wasserstoffbündnis Bayern



## Gründungspartner 2019:



## Strategische Partner:



[www.wasserstoffbueundnis.bayern](http://www.wasserstoffbueundnis.bayern)

# 1

**Was ist Wasserstoff?**

**Und wie wird er erzeugt?**



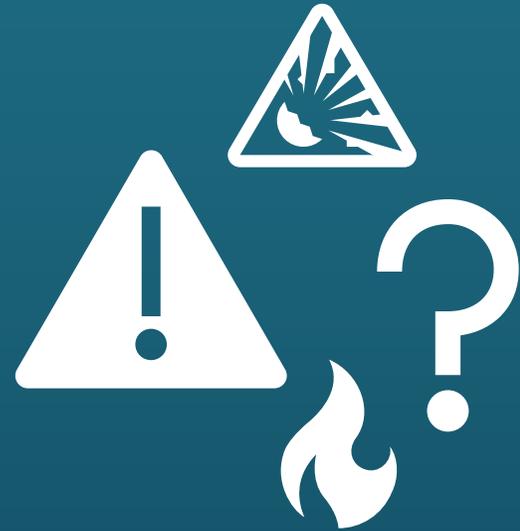
# Was ist Wasserstoff?

- Wasserstoff (H<sub>2</sub>) ist das häufigste Element in unserem Universum und ist in gebundener Form in nahezu allen organischen Verbindungen vorhanden.
- Es hat die geringste Atommasse aller Elemente: Wasserstoff ist 14-mal leichter als Luft.
- Wasserstoff kommt nur gebunden vor (z.B. Wasser, Erdgas)
- Wichtige „Wasserstoff-Derivate“:
  - Ammoniak (NH<sub>3</sub>)
  - Methanol (CH<sub>3</sub>OH)
  - Methan (CH<sub>4</sub>)
  - Kraftstoffe, wie Diesel, Kerosin, Benzin (C<sub>n</sub>H<sub>n+2</sub>)
- Elementarer Wasserstoff muss unter Energieeinsatz aus chemischen Verbindungen gewonnen werden. Die wichtigsten Quellen sind Erdgas, Erdöl und Wasser.

# Wie sicher ist Wasserstoff?

## Eigenschaften:

- Ungiftig und nicht reizend
  - Umweltneutral, nicht wassergefährdend
  - Geruchlos & geschmacksneutral
  - Unsichtbar, verbrennt mit farbloser Flamme rückstandsfrei
  - Im Freien nicht explosiv, entzündet sich nicht selbst
  - Nicht radioaktiv
  - Nicht krebserregend
- **Gefahrenpotential von Wasserstoff ist nicht größer als das von Erdöl und Erdgas**
- **Es gibt in Deutschland für Wasserstoff keine anderen Sicherheitsvorschriften als für alle anderen brennbaren Gase.**

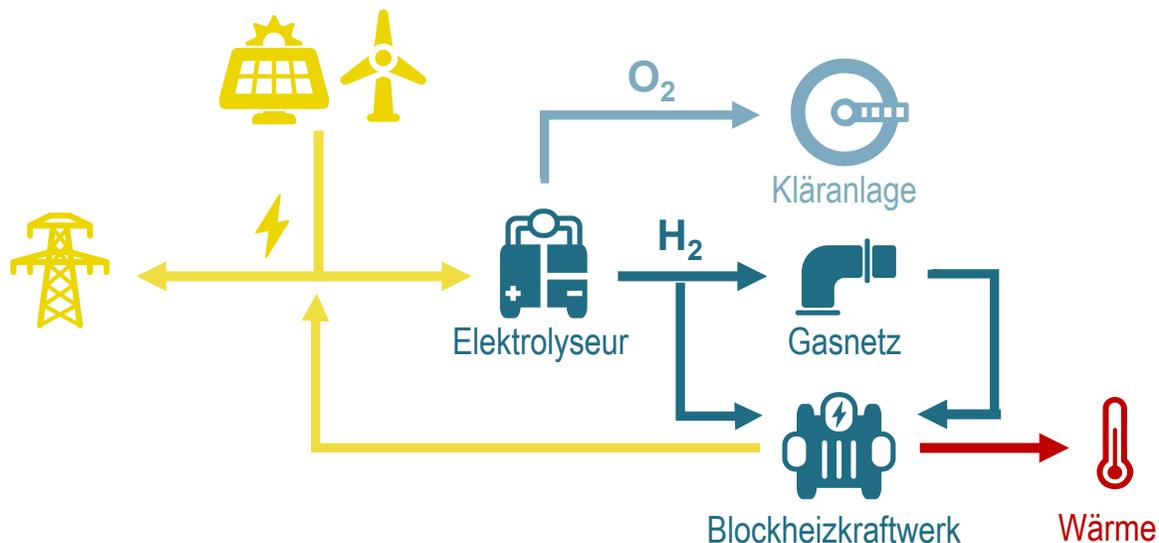


# Farbenlehre – Welche Verfahren zur Wasserstoffherstellung gibt es?



# Praxisbeispiel: *windgas* – Projekt der Stadtwerke Haßfurt

- Speicherung von Überschüssen aus Wind- und Solarenergieerzeugung
- H<sub>2</sub>-Einspeisung ins Erdgasnetz
- Netzdienliche EL-Leistungsanpassung Erweiterung um eine KWK-Anlage, um Regelleistung bereitzustellen
- Nutzung des Sauerstoffs in der Abwasserbehandlung



Elektrolyseanlage



H2-Blockheizkraftwerk

Bildquelle: <https://www.stwhas.de>

# Praxisbeispiel: WUN H2

- Vernetzter, Hybrider Kraftwerkspark: Sonne, Wind, Biomasse, elektrischer Speicher und Elektrolyse
  - 8,75 MW-Elektrolyseur
  - Nutzung des Sauerstoffs in der Abwasserbehandlung
  - Nutzung des Wasserstoffs in Industrie und Mobilität
  - Nutzung der Abwärme zur Pellet-Trocknung
- Hohe / Dauerhafte Verfügbarkeit erneuerbarer Energien

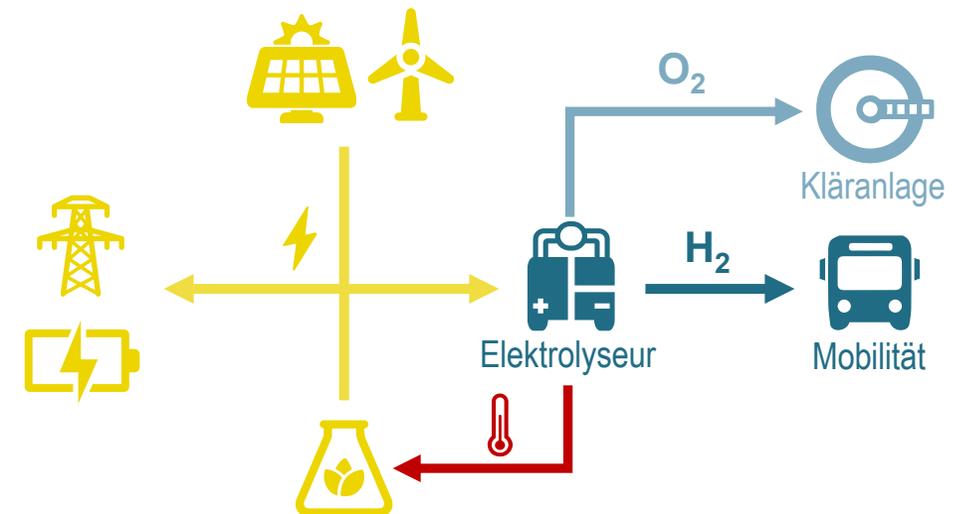


Bildquellen: Entwicklungsagentur Fichtelgebirge / SIEMENS AG

24.02.2023, 15:54 Uhr

🏠 > Wie die Strompreisbremse den Wasserstoff aus Wunsiedel bremst

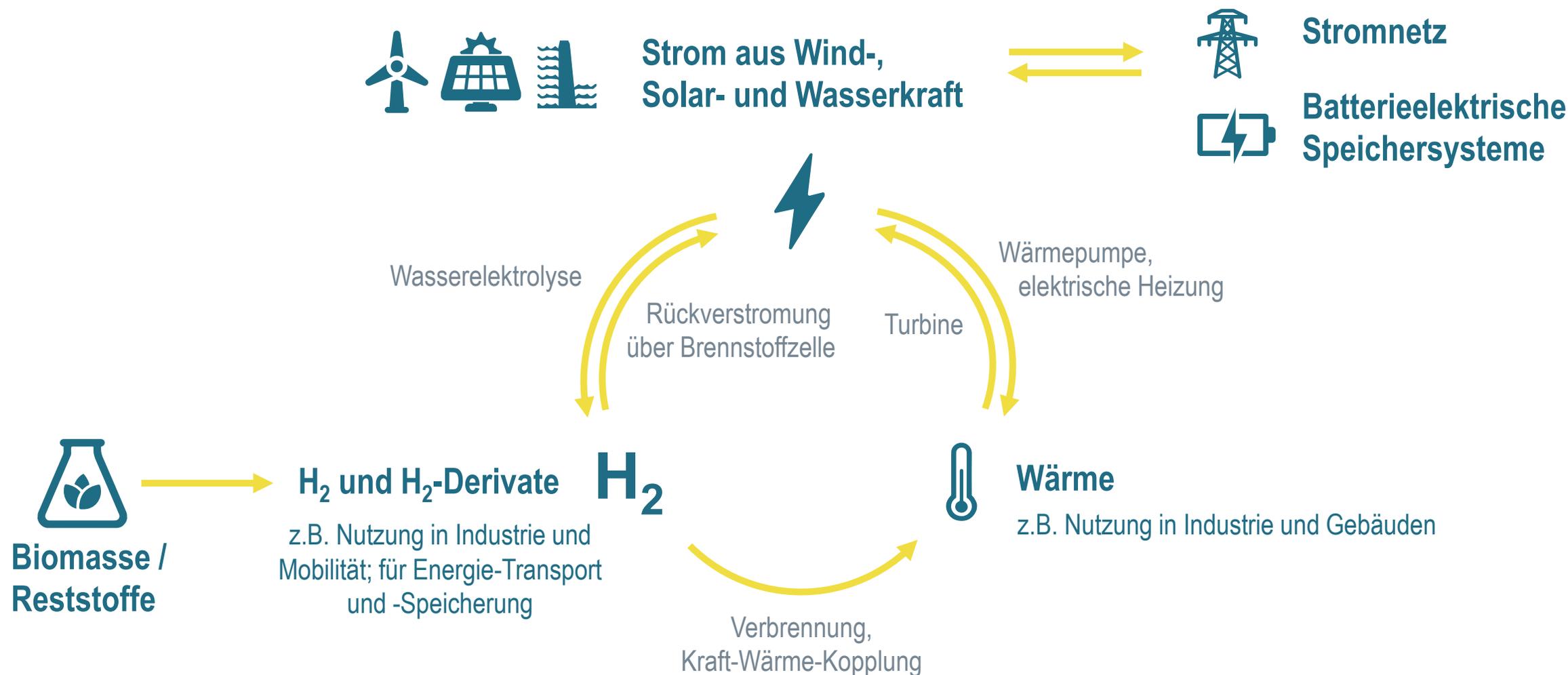
## Wie die Strompreisbremse den Wasserstoff aus Wunsiedel bremst



# 2

## Warum brauchen wir Wasserstoff?

# Das (defossilisierte) Energiesystem der Zukunft



# Wasserstoff ist ein wichtiger Baustein des künftigen Energiesystems



## Energievektor

v.a. Import von erneuerbarer Energie, Diversifizierung



## Energiespeicher

Ausgleich des schwankenden Energiedargebots, Energiereserven



## Grund- und Brennstoff

z.B. chemische Industrie (z.B. Dünger), Stahlindustrie, Mobilität (+ E-Fuels für Bestandsflotten)

# ... und des künftigen Wirtschaftssystems



## Wertschöpfung & Wohlstand

Erhalt von Industrie & produzierendem Gewerbe, Sicherung von Arbeitsplätzen



## Forschung & Entwicklung

Auf- und Ausbau von Expertise & Hoch-Technologie, Erhalt von Fachkräften

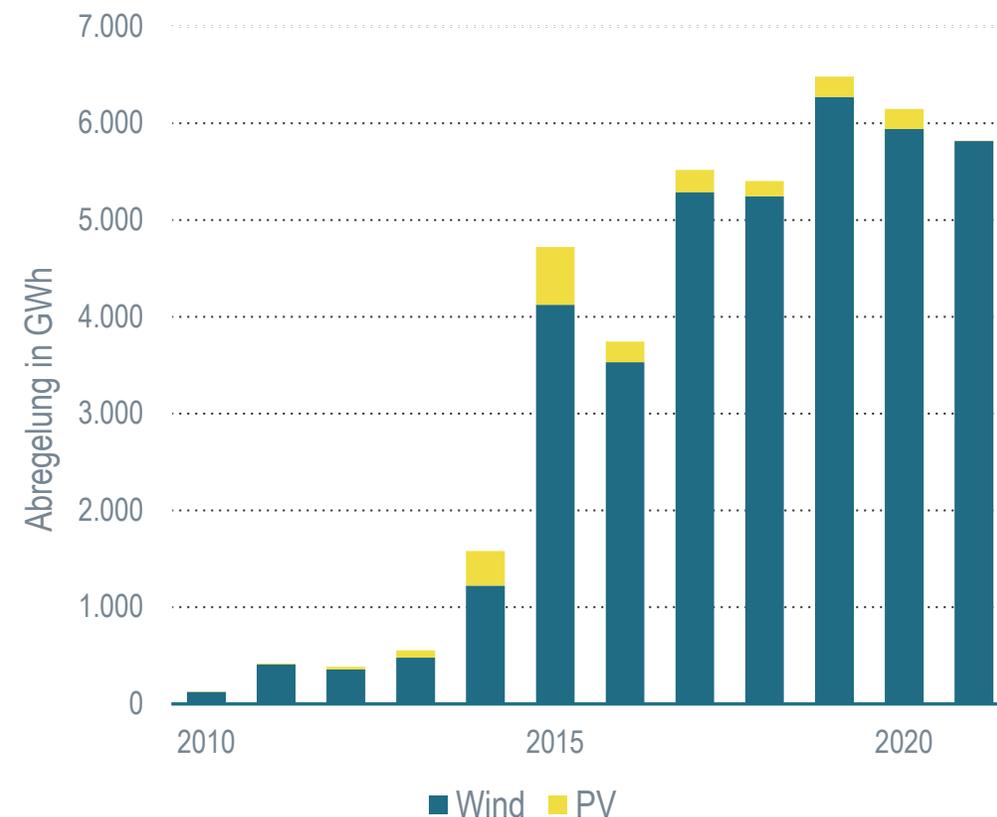


## Handel

Export von Wasserstoff-Technologie (z.B. Maschinen und Komponenten)

# Wasserstoff aus Überschussstrom?

- Abgeregelte Stromeinspeisung in Deutschland: jährlich 3-6 TWh (Bundesnetzagentur, Daten für 2016-2020)  
→ Potenzial für H<sub>2</sub>-Produktion: 1,8 und 3,6 TWh
- Allerdings: momentaner H<sub>2</sub>-Verbrauch: 57 TWh in Deutschland  
→ **Geringer Anteil an Bedarfsdeckung, dennoch nicht unerheblich im Kontext der Energiekrise**
- Aber: Wirtschaftlicher Betrieb von Elektrolyseure ab 1.500 Volllaststunden im Jahr!
- Immerhin: Wasserstoff aus Überschussstrom soll als grün definiert werden („Netzdienlichkeit“)

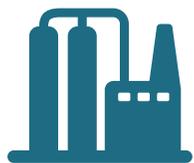


Quelle: Bundesnetzagentur - Monitoringbericht 2022

# 3

## Wo wird Wasserstoff eingesetzt?

# Wo wird Wasserstoff (künftig) eingesetzt?



## Industrie

- Ammoniaksynthese
- Methanolsynthese
- Raffinerie
- Stahlherstellung (Reaktionsmittel)



## Energiesystem

- Spitzenlastausgleich
- Saisonaler Speicher



## Mobilität

- Flugverkehr (E-Kerosin, H<sub>2</sub>)
- Schiffsverkehr (Ammoniak, Methanol, H<sub>2</sub>)
- Fernverkehr-LKW, Reisebusse, Nutzfahrzeuge (H<sub>2</sub>, Synfuels\*)
- Kleine LKW, PKW (H<sub>2</sub>, Synfuels\*) 



## Wärme

- Hochtemperaturprozesse 
- Niedertemperaturprozesse 
- Wohnraumwärme 

\*für Bestandsflotten

## Die „Champagner-Debatte“



- Diskussion über prioritäre Anwendungsbereich von Wasserstoff, insbesondere über Sinnhaftigkeit von Wasserstoff im Mobilitäts- und Wärmebereich
- Rein-elektrische vs. wasserstoffgetriebene Energiewende
- Preis- und effizienzorientierte Argumentation
- Oft in Debatten nicht berücksichtigt:
  - Nicht direkt elektrifizierbare Prozesse (chemische Industrie)
  - Nicht sinnvoll elektrifizierbare Anwendungsfälle (Flugzeuge, Schwerlastverkehr)
  - Energiesystemische Einschränkungen (z.B. Netz-Infrastruktur)
  - „Faktor Mensch“ (z.B. Nutzungsverhalten, Gewohnheiten, Zahlungsbereitschaft)

# Die Effizienz von Umwandlungsprozessen

Beispiel: Grüner H<sub>2</sub> in 2030



1) Bei einem Verbrauch von 1 kg H<sub>2</sub> / 100 km

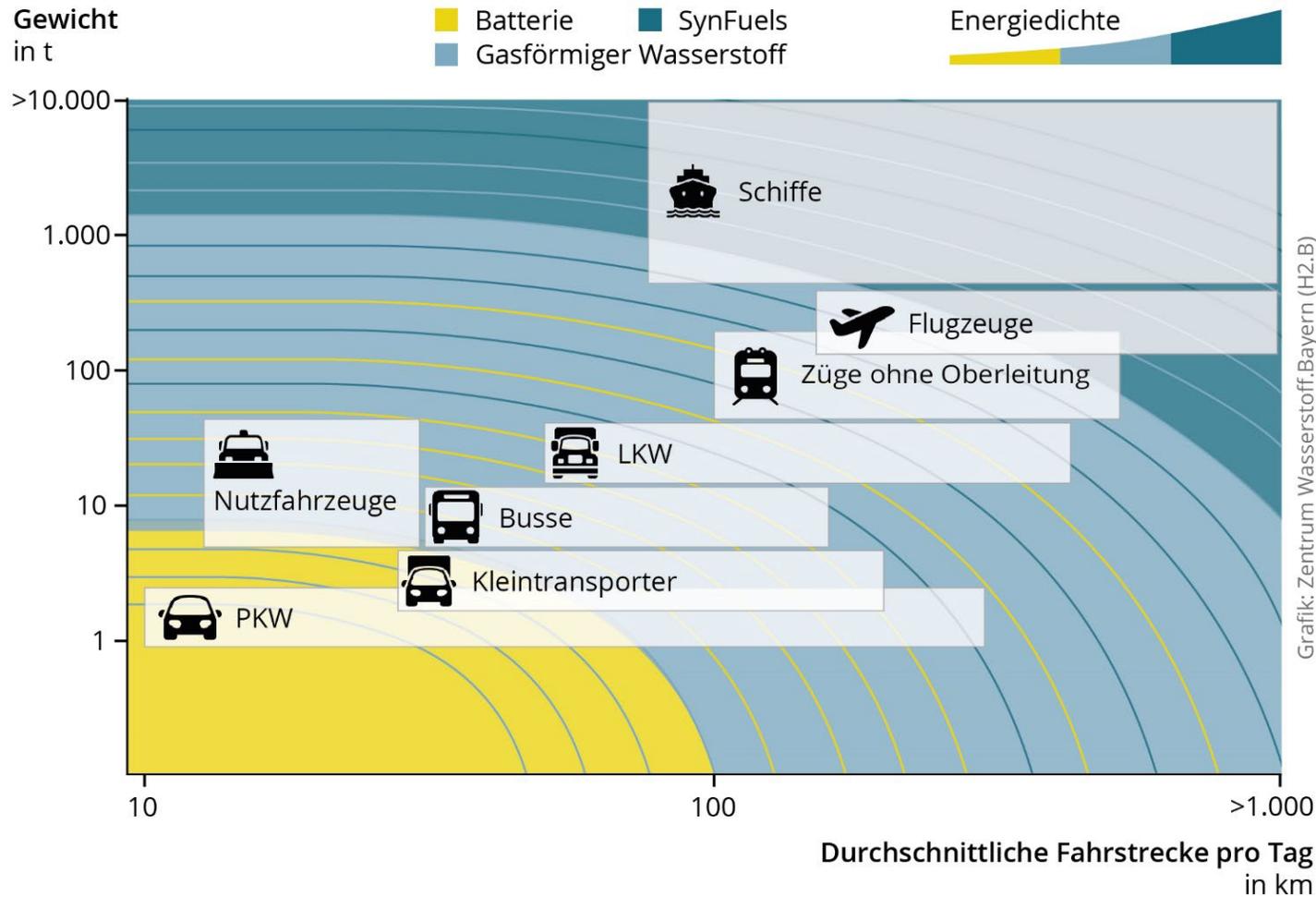
2) Bei 4,2 CNG / 100 km

3) Bei 5,2 l Benzin / 100 km

4) Bei 20 kWh / 100 km

Quelle: Klimapfade für Deutschland, Hybrit, BCG

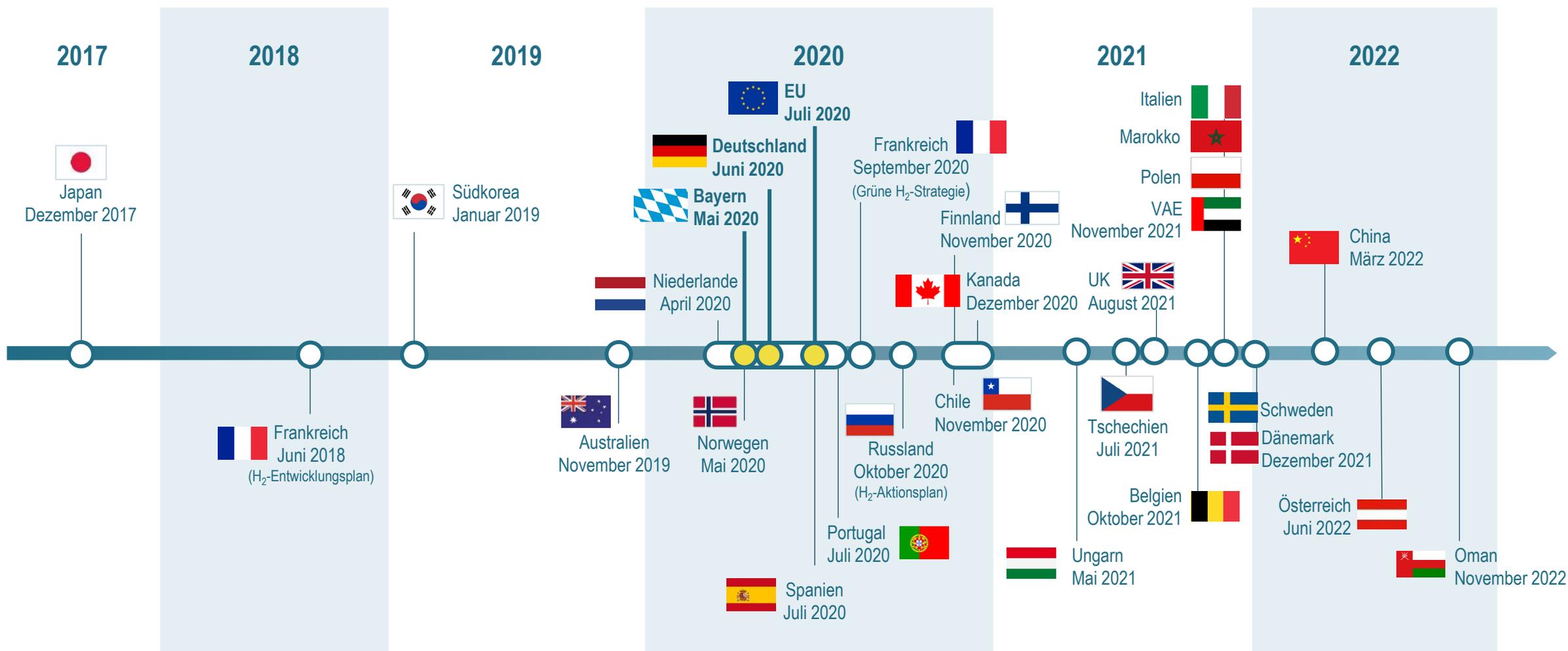
# Wasserstoff in der Mobilität



# 4

## Bayerische Wasserstoffstrategie

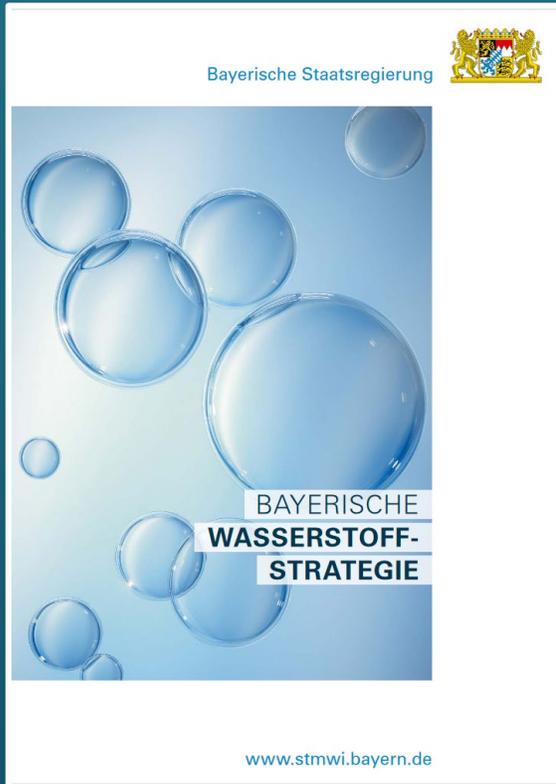
# Wasserstoff-Strategien weltweit



In Anlehnung an: World Energy Council, 2021

# Die Bayerische Wasserstoffstrategie

- Veröffentlichung durch das StMWi im Mai 2020
- **Starker Fokus auf grünen Wasserstoff und H<sub>2</sub> in der Mobilität**
- Überwiegend Wasserstoffimport nach Bayern und Technologieexport
- Umsetzungsschritte (Auszug):
  - Wasserstoff-Forschungsoffensive „H2 Hightech Bayern“
  - Aufbau von Entwicklungs-, Test- und Anwendereinrichtungen
  - **Förderrichtlinie für Wasserstofftankstellen**
  - Ausbau der bayerischen Wasserstoff-Modellregionen und Demonstrationsprojekte
- neu: • **Förderrichtlinie für Elektrolyseure**
- neu: • **Unterstützung des Ausbaus der Pipeline-Infrastruktur (HyPipe Bavaria)**



# Wasserstoff-Roadmap Bayern

- Veröffentlichung durch das H2.B im April 2022
- Ziele: Aufzeigen von Perspektiven, konkretem Handlungsbedarf und wichtigen Meilensteinen für den Rollout von Wasserstoff in Bayern, Abschätzung des möglichen Wasserstoffverbrauchs in Bayern
- **Hinweis: Krieg in der Ukraine und energiepolitische Konsequenzen nicht berücksichtigt!**

## Wichtige Ergebnisse:

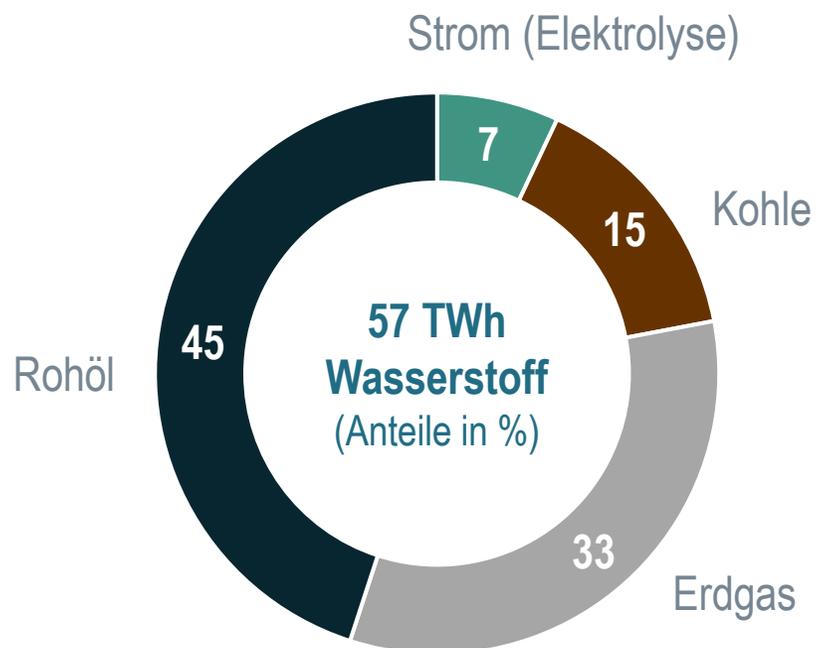
- **Kumulierte Nachfrage (H2 + Derivate) bis 2040: mind. 33-75 TWh**, hauptsächlich im Bereich der Mobilität, Petrochemie, Konversion
- **Bedarf an bayerischer Elektrolysekapazität von mindestens 1 GW bis 2030**
- Große Chancen für die exportorientierte bayerische Industrie
- Gezielte Unterstützung von Projekten zur Real-Erprobung von Technologien zur Erzeugung regionaler Spillover-Effekte



# Steigender Wasserstoffbedarf in Deutschland und Bayern

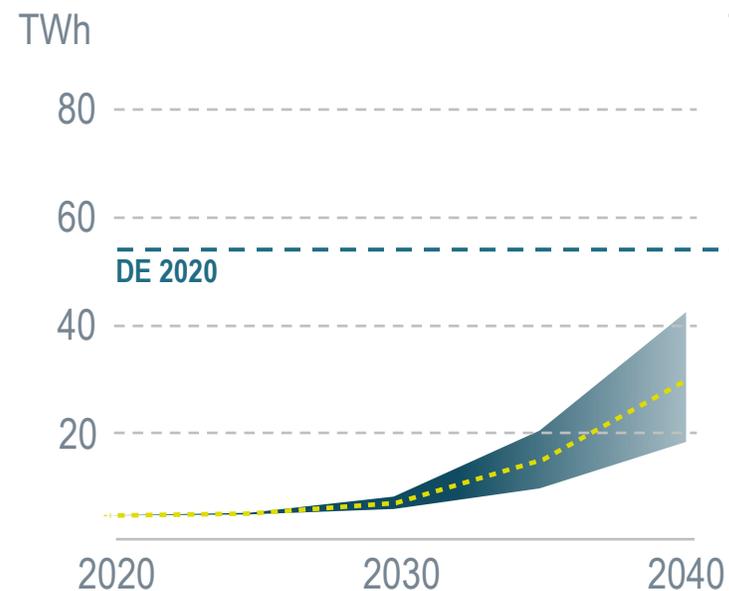
## Wasserstoffbedarf 2020 in Deutschland

Gesamtenergiebedarf: ca. 2.500 TWh

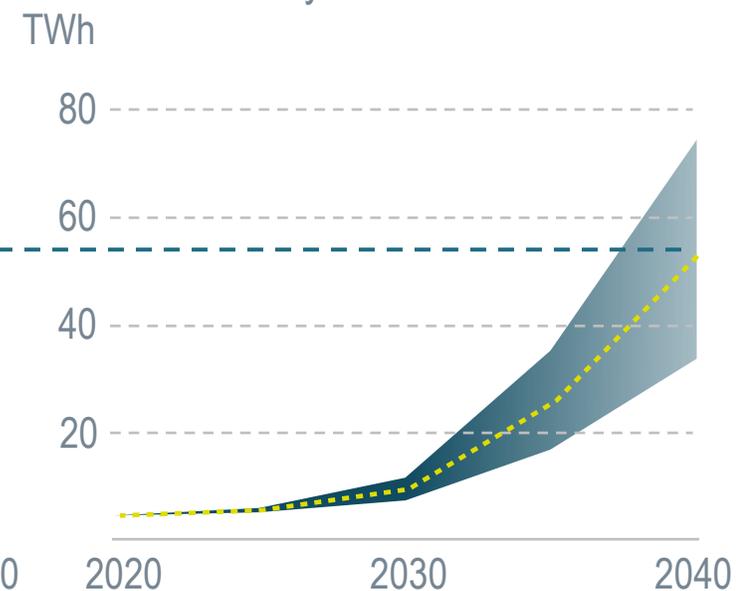


## erwarteter Wasserstoffbedarf in Bayern bis 2040

kumulierter Wasserstoffbedarf



kumulierter Wasserstoff- und Synfuelbedarf

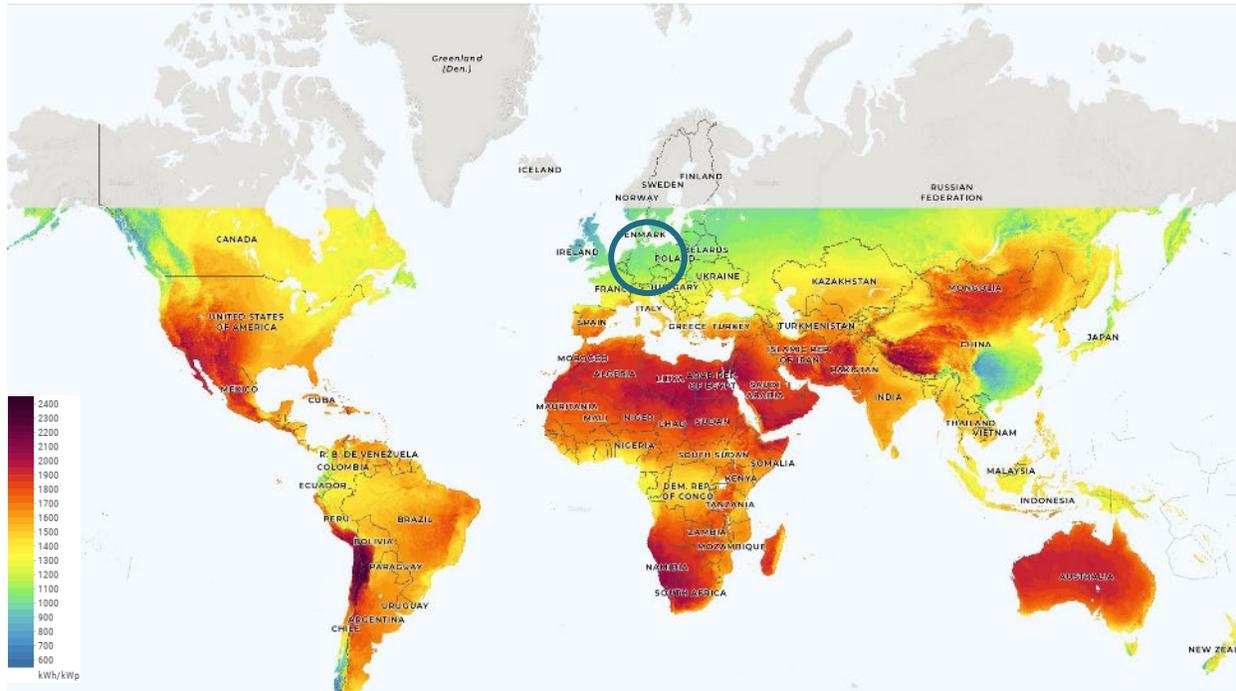


# 5

**Zwischen Angebot und Nachfrage:**

**Die Importfrage**

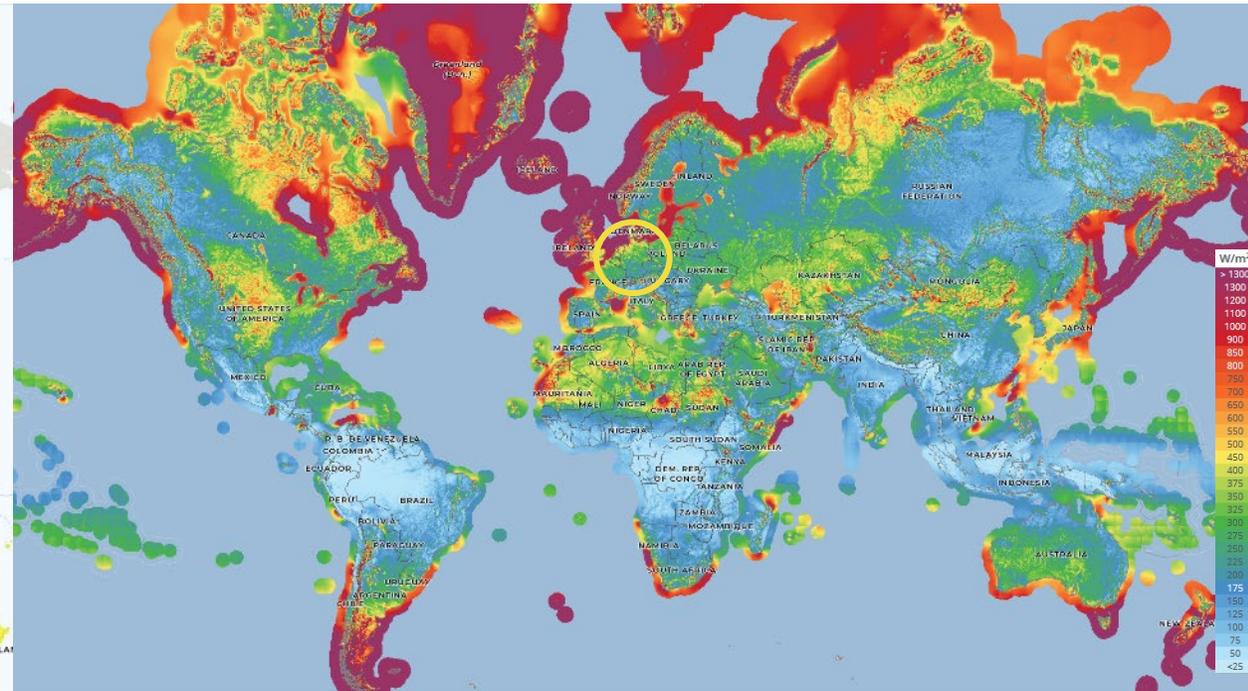
# Weltweites Potenzial für Erneuerbare Energien



**Photovoltaik Potential**

Einheit: kWh/kWp

Quelle: Global Solar Atlas 2022 (Photovoltaic Power Output)



**Wind Potential**

Einheit: W/m<sup>2</sup> at 100 m

Quelle: Global Wind Atlas 2021 (Mean Wind Power Density auf 100m Höhe)



**Deutschland wird weiterhin ein Netto-Energieimporteur bleiben.**

# Wasserstofflogistik nach Bayern?

## Formen?

- Elementar (verflüssigt, komprimiert)
- Chemisch gebunden (LOHC)
- Derivate (NH<sub>3</sub>, MeOH, E-fuels)

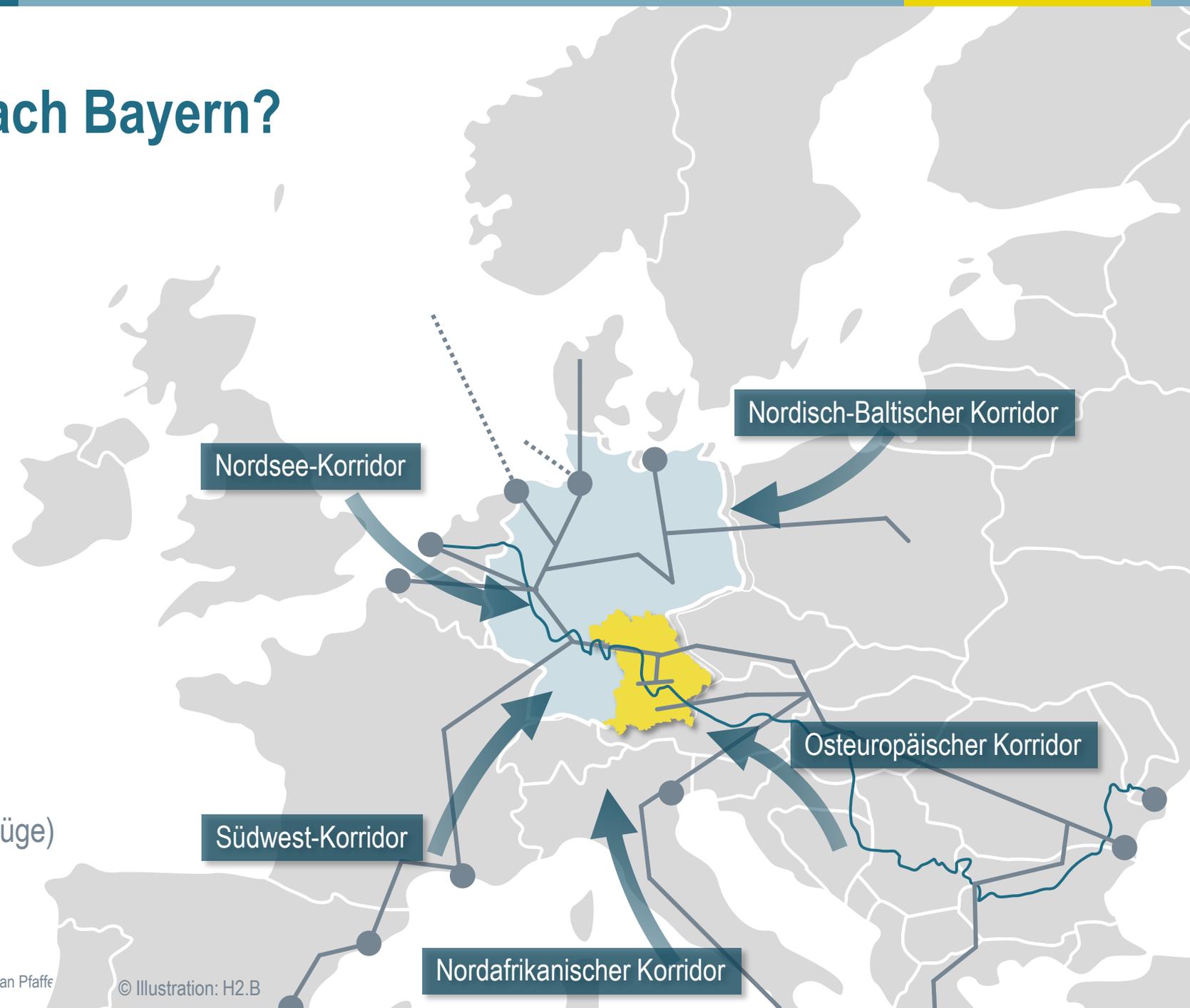
## Transportmethode?

- Pipelines
- Schiffe
- Züge & Trailer

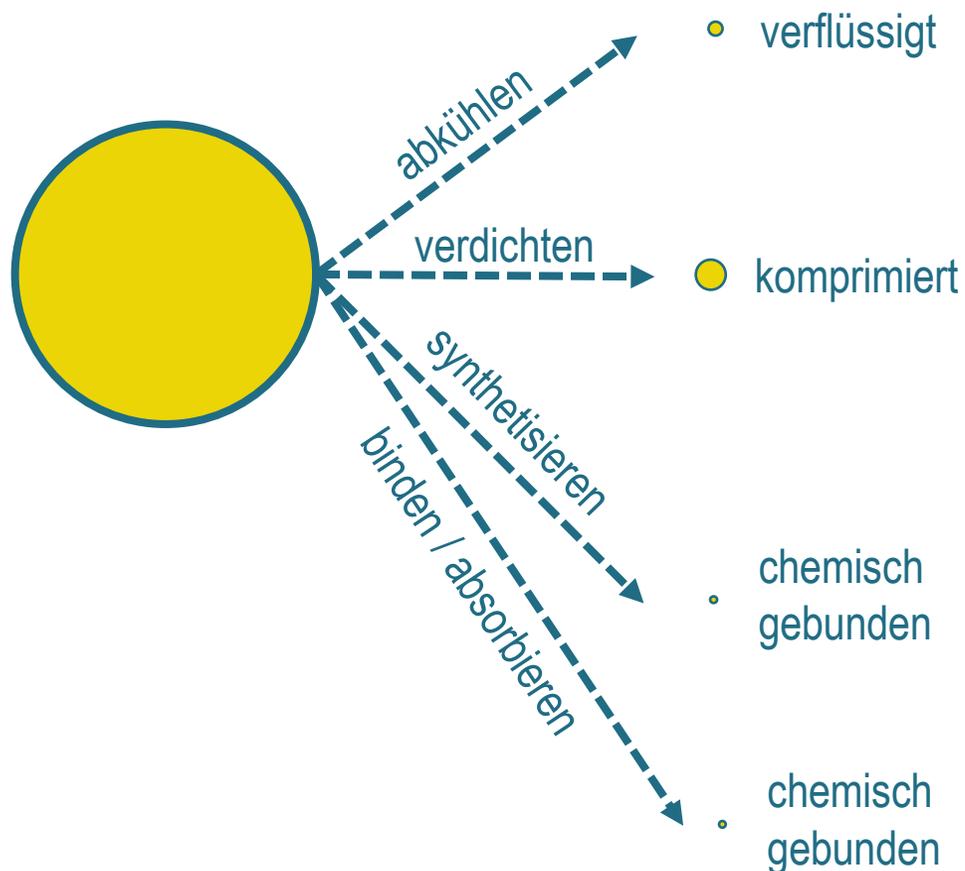
● Import Hub

--- European Hydrogen Backbone (Auszüge)

~ Rhein / Main / Donau (Auszüge)

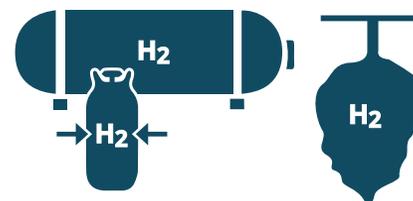


# Speicherung und Transport von Wasserstoff



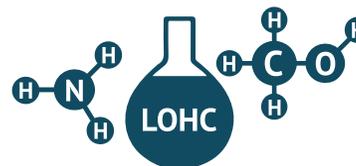
## Flüssiger Wasserstoff (LH<sub>2</sub>)

H<sub>2</sub> wird bei -253°C tiefgekühlt gespeichert und kann so über weite Strecken transportiert werden.



## Gasförmiger Wasserstoff (GH<sub>2</sub>)

H<sub>2</sub> wird unter hohem Druck (20-1000 bar) verdichtet, in Kavernen gespeichert und in Pipelines und Tanks transportiert.



## Chemisch gebundener Wasserstoff

H<sub>2</sub> wird in Trägerflüssigkeit (LOHCs) gebunden oder für die Herstellung synthetischer Kraftstoffe (wie Methanol, Ammoniak oder Diesel) genutzt.



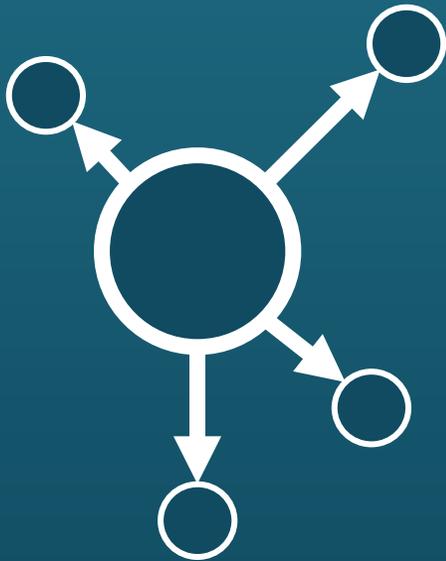
## Metallhydride

H<sub>2</sub> wird in Festkörpern aus Metall gespeichert, die das Gas wie Schwämme aufsaugen können.

# Inländische H<sub>2</sub>-Produktion

Wachsende Bedeutung lokaler, **systemintegrierter Projekte** und Inselnetze mit H<sub>2</sub>-Erzeugung und H<sub>2</sub>-Nutzung als Ausgangspunkt für Skalierung:

- (in begrenztem Maße) „Überbrückung“ des Hochlaufs bis Anschluss an European Hydrogen Backbone
- Versorgung von Verteilinfrastruktur-fernen Abnehmern
- Test von Technologien unter Alltagsbedingungen / Reallabore
- Aufbau lokaler Netzwerke
- Sichtbarmachen von Technologie, Schaffung von Akzeptanz
- Sicherung von Arbeitsplätzen



**Allerdings: Großvolumiger Import von grünem H<sub>2</sub> und Derivaten wird unabdingbar sein!**

# Wasserstoffprojekte & Akteure (Auszug)

## HyLand-Regionen

-  HyStarter
-  HyExpert
-  HyPerformer

## H2-Projekte

-  Aktiv
-  In Realisierung
-  In Planung
-  IPCEI-Projekt

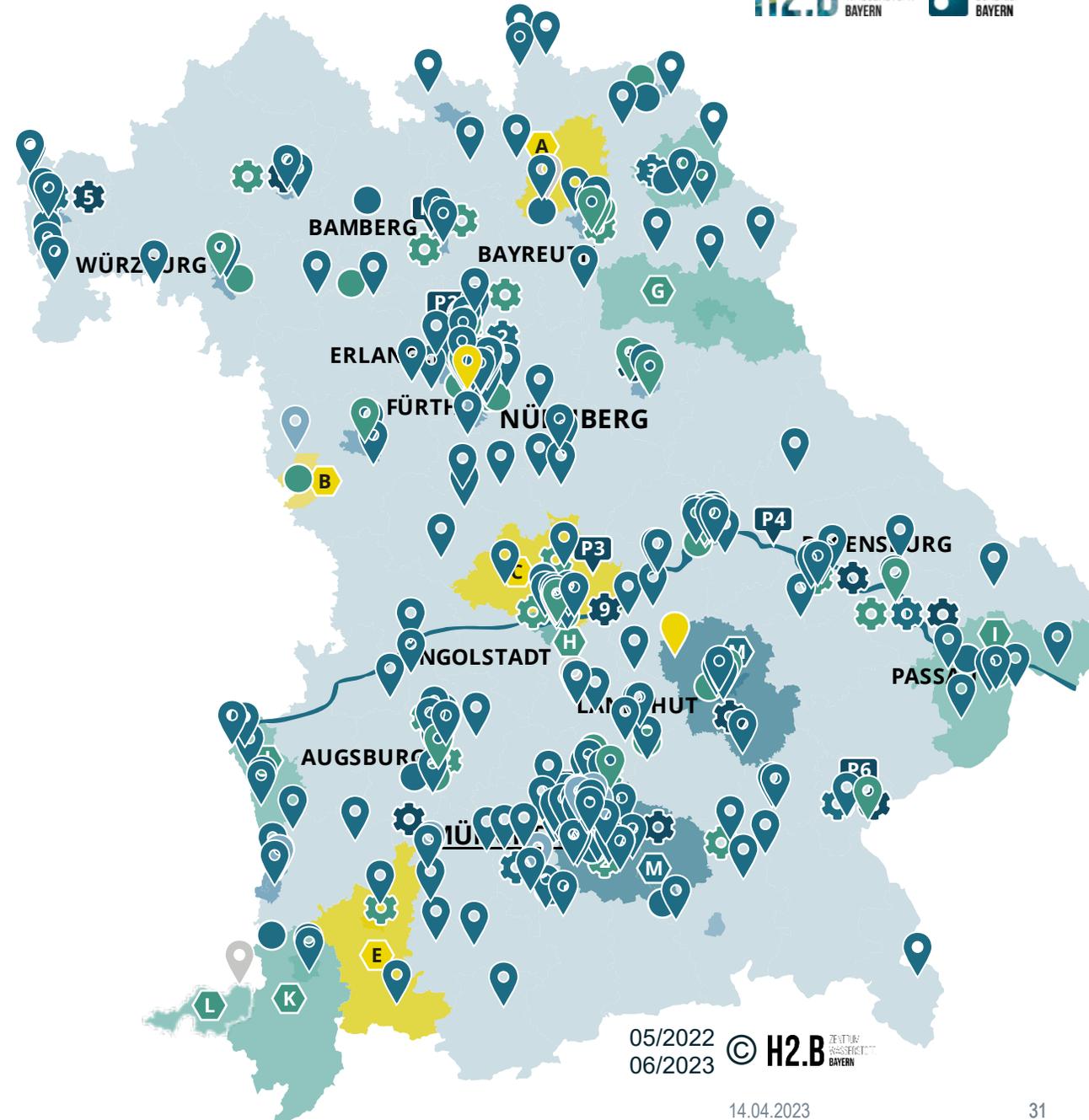
 WTAZ Pfeffenhausen

## H2-Tankstellen

-  In Betrieb
-  In Planung

 Partner im Wasserstoffbündnis Bayern

 H2.B



05/2022 © H2.B ZENTRUM WASSERSTOFF BAYERN  
06/2023

# 6

## Förderprogramme

# Vorschau: Bayerische Förderrichtlinie für Elektrolyseure

- Angaben unter Vorbehalt! -

## Förderprogramm

- Investives Förderprogramm zur Unterstützung des Hochlaufs der dezentralen Wasserstoffproduktion in Bayern
- Veröffentlichung Fördercall: voraussichtlich August 2023
- Gesamtes Fördervolumen: 150 Millionen Euro
- Investitionsbeihilfen nach AGVO bis zu 45% der zuwendungsfähigen Mehrausgaben (Art. 41 AGVO)

## Was wird gefördert?

- Elektrolyseanlagen zur Herstellung von grünem Wasserstoff (auf Basis der Definition durch RED II)
- Betrieb der Anlage zu 100% mit elektrischem Strom aus regenerativen Energiequellen
- Elektrische Gesamtleistung von mind. 1 MW bis ca. 10-20 MW

## Was wird *nicht* gefördert?

- Der Erwerb des Grundstücks, Gebäude sowie Kosten für den Betrieb der Anlage
- Anlagen zur Stromerzeugung

# Vorschau: Bayerische Förderrichtlinie für Elektrolyseure

- Angaben unter Vorbehalt! -

## Wichtig

- Berücksichtigung der RED II Kriterien für grünen H2 (Zusätzlichkeit, zeitliche & geografische Korrelation)
  - Netzdienlichkeit (Netzintegration)
  - Ideal: (bereits vorhandener) Energienutzungsplan
- Bayerisches Förderprogramm Energiekonzepte und kommunale Energienutzungspläne
- Antragsberechtigt sind kommunale Gebietskörperschaften in Bayern
  - Förderung von Energienutzungsplänen, deren Umsetzung sowie Energiekonzepte, erstellt durch fachkundige Dritte
  - Förderung bis zu 70 % der förderfähigen Kosten (Umsetzungsbegleitung max. 40.000 Euro, bei Energiekonzepten maximal 50.000 Euro)

<https://www.bayern-innovativ.de/de/seite/foerderung-energiekonzepte>

# BMDV: Förderung von Elektrolyseanlagen zur Wasserstoffherstellung für den Verkehrssektor (NIP II)

## Förderprogramm

- Gesamtes Fördervolumen: 80 Millionen Euro
- Investitionsbeihilfen nach AGVO bis zu 45% der zuwendungsfähigen Mehrausgaben (Art. 41 AGVO)

## Was wird gefördert?

- Elektrolyseanlagen zur Herstellung von grünem Wasserstoff (auf Basis der Definition durch RED II) **für den Verkehrsbereich;**  
→ Wasserstoffversorgung konkreter Verkehrsanwendungen
- In Verbindung mit der Elektrolyseanlage: Transportinfrastruktur, wie Trailer und Pipelines, zum H<sub>2</sub>-Verbraucher im Verkehrsbereich
- El. Gesamtleistung von mind. 1 MW, Betrieb der Anlage zu 100% mit elektrischem Strom aus regenerativen Energiequellen

## Was wird nicht gefördert?

- Der Erwerb des Grundstücks, Gebäude sowie Kosten für den Betrieb der Anlage
- Anlagen zur Stromerzeugung

# Weiterführende Links

## Bund

- [Basiswissen Projektförderung \(Projektträger Jülich\)](#)
- [Lotsenstelle Wasserstoff](#)
- [Praxisbeispiele konkreter Förderprojekte entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette](#)

## Bayern

- [Übersicht Förderinstrumente im Bereich Wasserstoff \(LENK\)](#)
- [Förderlotse Bayern \(Bayern Innovativ\)](#)

# 7

## Fazit

# Wasserstoff ist ein wichtiger Baustein des künftigen Energiesystems!



## ABER: Wasserstoff ist kein Allheilmittel der Energiewende! Wir brauchen...



Deutlich ambitionierteren Ausbau der erneuerbaren Energien



Konsequente Umstellung/Optimierung von Prozessen (Energiesparmaßnahmen; wo sinnvoll: direkte Elektrifizierung), systemintegrierte Energiewende



Schaffung/Anpassung der Energieinfrastruktur für künftige Bedarfe



Harmonisierte Standards & Förderkulisse, technologieoffenen Hochlauf (aller CO<sub>2</sub>-armen/neutralen Technologien)



Pragmatismus und Pioniergeist!

# HYDROGEN DIALOGUE 2023 – Summit & Expo



**HYDROGEN**  
**DIALOGUE** 2023  
**SUMMIT & EXPO**

Flaggschiff-Event der bayerischen  
Wasserstoff-Community

Datum: 6. – 7. Dezember 2023

Format: Kongress und Ausstellung

Ort: Messezentrum Nürnberg

Turnus: jährlich

[www.hydrogendialogue.com](http://www.hydrogendialogue.com)





[www.h2.bayern/newsletter/](http://www.h2.bayern/newsletter/)

# Newsletter

## allgemeiner Newsletter:

- Wichtiges aus dem Zentrum Wasserstoff.Bayern (H2.B) und dem Wasserstoffbündnis Bayern
- Ausgewählte Meldungen, Ausschreibungen, Fördermaßnahmen, Publikationen rund um Wasserstoff (in Bayern)
- Veranstaltungshinweise

# Ihre Ansprechpartner



## Elisabeth Gruber

Referentin Nationale Angelegenheiten

Tel: +49 (0) 911 5302 99221

Mail: [elisabeth.gruber@h2.bayern](mailto:elisabeth.gruber@h2.bayern)

## Dr. Fabian Pfaffenberger

Geschäftsführer

Mail: [fabian.pfaffenberger@h2.bayern](mailto:fabian.pfaffenberger@h2.bayern)

Zentrum Wasserstoff.Bayern (H2.B)  
Fürther Straße 250, 90429 Nürnberg  
[www.h2.bayern](http://www.h2.bayern)

**H2.B** ZENTRUM  
WASSERSTOFF.  
**BAYERN**



WASSERSTOFF  
BÜNDNIS.  
**BAYERN**

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**

Initiiert durch



Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie