



FACHGESPRÄCH

WASSERSTOFF

Unser Niederrheinkreis als Möglichmacher

Mittwoch, 25. Oktober 2023

Tobias Kempken



# Gliederung

- 1. Einleitung:** Warum hilft Wasserstoff bei der Energiewende?
- 2. Herstellung:** Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?
- 3. Nutzung:** Was machen wir mit dem Wasserstoff?
- 4. Transport:** Wie transportieren wir Wasserstoff?
- 5. Fazit:** Und was hat unser Niederrheinkreis damit zu tun?



# Warum eigentlich ich?

- Sachkundiger Bürger im Umwelt- und Planungsausschuss
- Ingenieur der Energie- und Verfahrenstechnik
  - 2014 – 2019: Forschung u.a. zum Wasserstoffeinsatz in konventionellen Kraftwerken (Universität Duisburg-Essen)
  - 2019 – 2023: Forschung u.a. zum Wasserstoffeinsatz in Stahl- und Gießereiindustrie (gemeinnütziges Forschungsinstitut der deutschen Stahlindustrie)
  - 2021: Promotion zum Dr.-Ing. (Themenfeld: Wasserstoffeinsatz in der Industrie / Produktion von E-Fuels)
  - 2021: Studie „Green Steel for Europe“ zur klimaneutralen Stahlproduktion für die Europäische Kommission
  - seit 2023: Wärmeplanung in Krefeld





# Gliederung

- 1. Einleitung:** Warum hilft Wasserstoff bei der Energiewende?
- 2. Herstellung:** Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?
- 3. Nutzung:** Was machen wir mit dem Wasserstoff?
- 4. Transport:** Wie transportieren wir Wasserstoff?
- 5. Fazit:** Und was hat unser Niederrheinkreis damit zu tun?



# Warum hilft Wasserstoff bei der Energiewende?

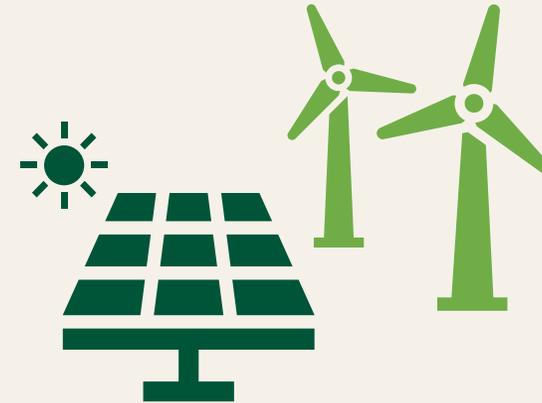
„alte Welt“



nicht-nachhaltige Nutzung  
fossiler Energieträger

Energiewende

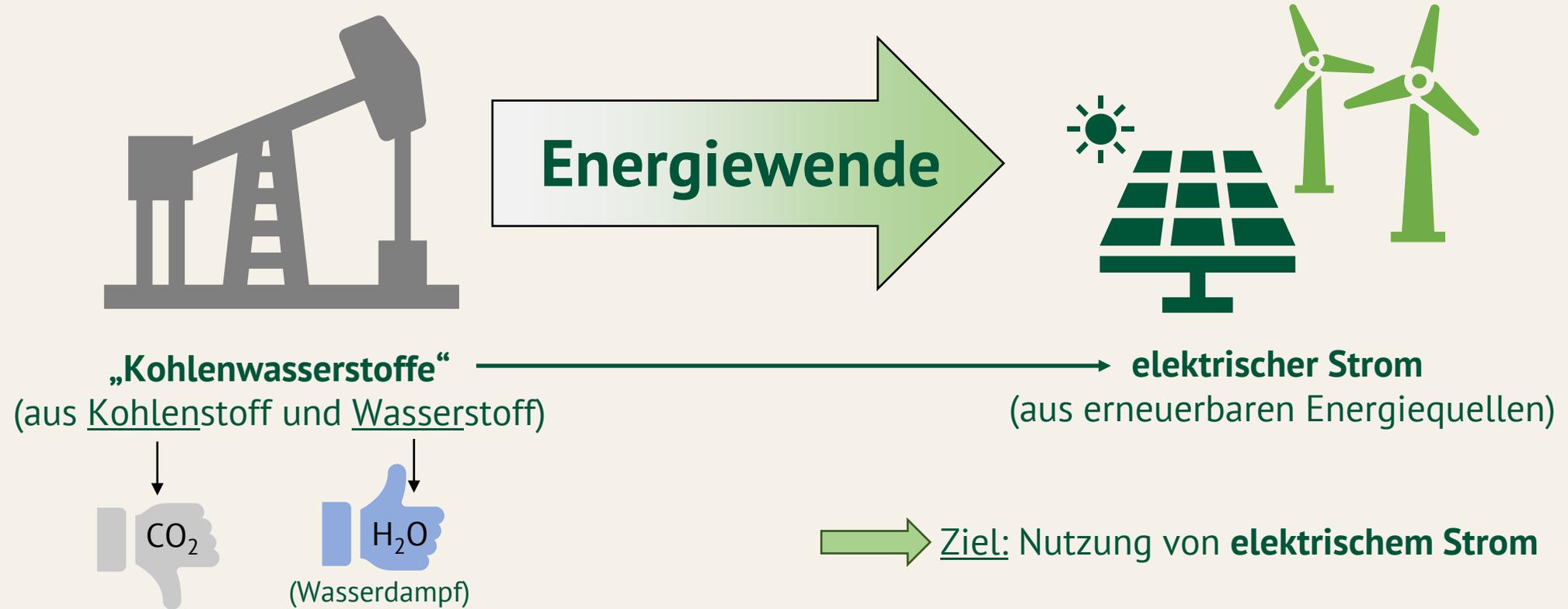
„neue Welt“



nachhaltige Nutzung  
erneuerbarer Energieträger



# Warum hilft Wasserstoff bei der Energiewende?





# Warum hilft Wasserstoff bei der Energiewende?

- Wasserstoff hat zwei große Vorteile:
  1. Wasserstoff lässt sich vergleichbar zu gasförmigen Kohlenwasserstoffen einsetzen, **vermeidet aber CO<sub>2</sub>-Emissionen.**



2. Wasserstoff lässt sich **erneuerbar** und **nachhaltig** herstellen.



# Gliederung

- 1. Einleitung:** Warum hilft Wasserstoff bei der Energiewende?
- 2. Herstellung:** Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?
- 3. Nutzung:** Was machen wir mit dem Wasserstoff?
- 4. Transport:** Wie transportieren wir Wasserstoff?
- 5. Fazit:** Und was hat unser Niederrheinkreis damit zu tun?



# Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?

- Wasserstoff lässt sich aus Erdgas oder Wasser gewinnen
  - Wasserstoff:  $\text{H}_2$
  - Erdgas:  $\text{CH}_4$  (überwiegend)
  - Wasser:  $\text{H}_2\text{O}$
- Zwei technische Verfahren:
  - Dampfreformierung:  $\text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}_2 + \text{CO}_2$
  - Elektrolyse:  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$  (durch elektrischen Strom)
- Daraus ergeben sich unterschiedliche „Wasserstoff-Farben“



# Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?

- Die Wasserstoff-Farben:
  - **Gelber Wasserstoff:** aus **Wasser** (Elektrolyse)  
mit Strom u.a. aus fossilen Quellen
  - **Grauer Wasserstoff:** aus **Erdgas** (Dampfreformierung)
  - **Blauer Wasserstoff:** aus **Erdgas** (Dampfreformierung)  
mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung oder -Nutzung
  - **Roter Wasserstoff:** aus **Wasser** (Elektrolyse)  
mit Strom aus Kernenergie
  - **Grüner Wasserstoff:** aus **Wasser** (Elektrolyse)  
mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen



# Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?

- Die Wasserstoff-Farben:

weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen

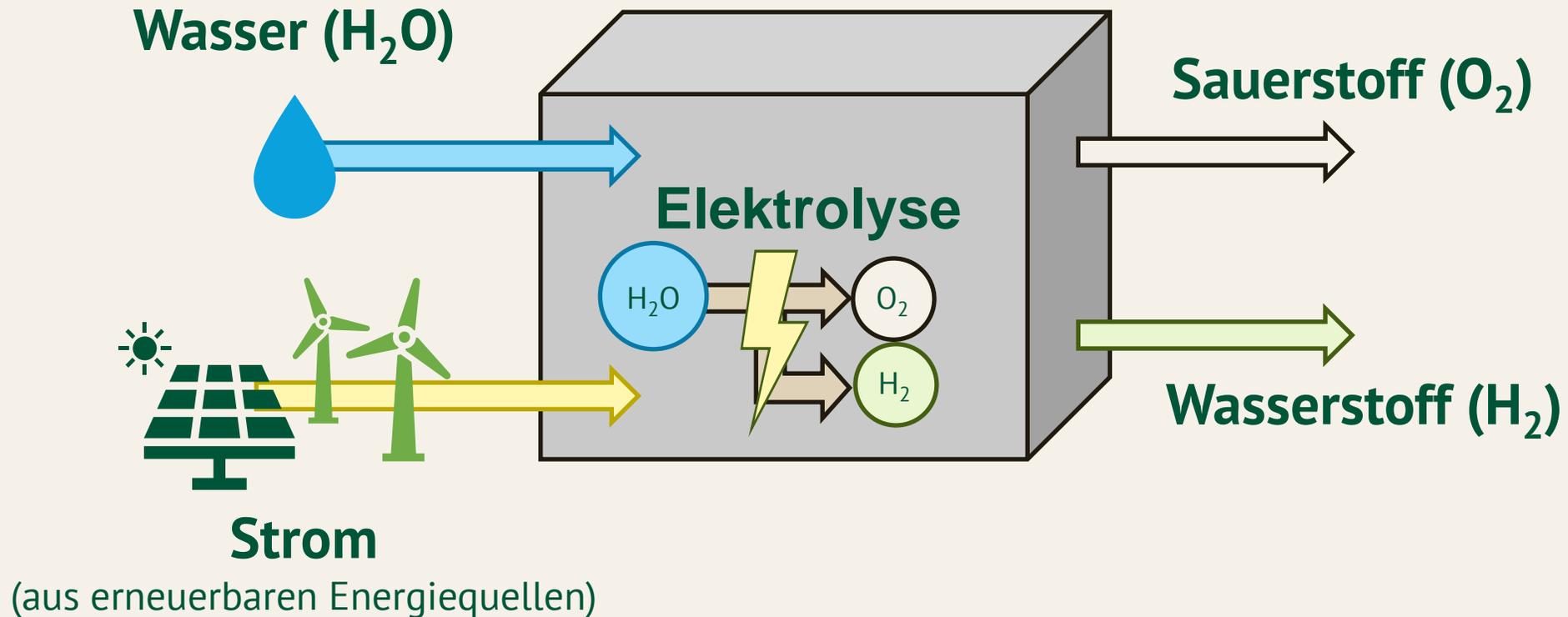
- **Gelber Wasserstoff:** aus **Wasser** (Elektrolyse)  
mit Strom u.a. aus fossilen Quellen
- **Grauer Wasserstoff:** aus **Erdgas** (Dampfreformierung)
- **Blauer Wasserstoff:** aus **Erdgas** (Dampfreformierung)  
mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung oder -Nutzung
- **Roter Wasserstoff:** aus **Wasser** (Elektrolyse)  
mit Strom aus Kernenergie
- **Grüner Wasserstoff:** aus **Wasser** (Elektrolyse)  
mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Nur **grüner Wasserstoff** ist  
CO<sub>2</sub>-neutral und nachhaltig!

[Quelle: IKEM, [Link](#)]



# Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?





# Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?

- Was brauchen wir also zur Produktion von grünem Wasserstoff?
  - **Strom** (aus erneuerbaren Energiequellen)  
ca. 50 kWh Strom pro kg Wasserstoff
  - **Wasser**  
ca. 9 kg Wasser pro kg Wasserstoff
  - **Abnehmer / Nutzer des Wasserstoffs** (H<sub>2</sub>)
  - **Fläche & Transportinfrastruktur**
  - optimalerweise: **Abnehmer / Nutzer des Sauerstoffs** (O<sub>2</sub>)

Durch die vorliegende Infrastruktur bieten sich insbesondere **ehemalige Industriestandorte** zur Wasserstoffproduktion an.

Die Herstellung von grünem Wasserstoff benötigt **Strom, Wasser, Fläche & Transportinfrastruktur.**



# Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?

- Ein Rechenbeispiel:  
Wie viel Wasserstoff kann mit dem Strom einer typischen **5 MW Windkraftanlage** hergestellt werden?
  - 5 MW Leistung
  - ca. 2000 Volllaststunden pro Jahr
  - Energiebedarf von 50 kWh Strom pro kg Wasserstoff



**200 t grüner Wasserstoff pro Jahr**  
(bei ausschließlicher Nutzung zur Wasserstoffproduktion)



# Gliederung

- 1. Einleitung:** Warum hilft Wasserstoff bei der Energiewende?
- 2. Herstellung:** Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?
- 3. Nutzung:** Was machen wir mit dem Wasserstoff?
- 4. Transport:** Wie transportieren wir Wasserstoff?
- 5. Fazit:** Und was hat unser Niederrheinkreis damit zu tun?



# Was machen wir mit dem Wasserstoff?

- Wasserstoff lässt sich prinzipiell überall dort einsetzen, wo bislang fossile Energieträger wie Kohle, Öl oder Erdgas genutzt werden.
- Die nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung<sup>1</sup> nennt Anwendungen:
  - in Industrieprozessen (insb. Chemie-, Stahl-, Glas- und Papierindustrie)
  - im Mobilitätssektor (insb. Schwerlast-, Luft- und Schiffsverkehr)
  - zur Stromproduktion
  - im Wärmemarkt

---

[1] Die Bundesregierung – Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS 2023), 26.07.2023, [Link](#)



# Wie viel Wasserstoff brauchen wir?

- Chemieindustrie<sup>2</sup>:

- Die deutsche Chemieindustrie setzt bereits heute ca. **1 Mio. t Wasserstoff** (~5000 Windkraftanlagen, WKA) pro Jahr ein.
- In den 2030er Jahren wird ein **zusätzlicher, erheblicher Bedarf an grünem Wasserstoff** zur Herstellung von klimaneutralen Grundchemikalien entstehen.

- Stahlindustrie<sup>2</sup>:

- Die klimaneutrale Stahlproduktion in Deutschland benötigt ca. **2,2 Mio. t Wasserstoff** (~11000 WKA) pro Jahr.
- Allein **thyssenkrupp in Duisburg** wird **720 000 t Wasserstoff** (~3600 WKA) pro Jahr benötigen.
- Die Umstellung der Produktionsprozesse führt zu einem Wasserstoffbedarf **bereits ab 2026**.

Es wird in bereits in den kommenden 10 Jahren **sehr große Industriebedarfe** an Wasserstoff geben.

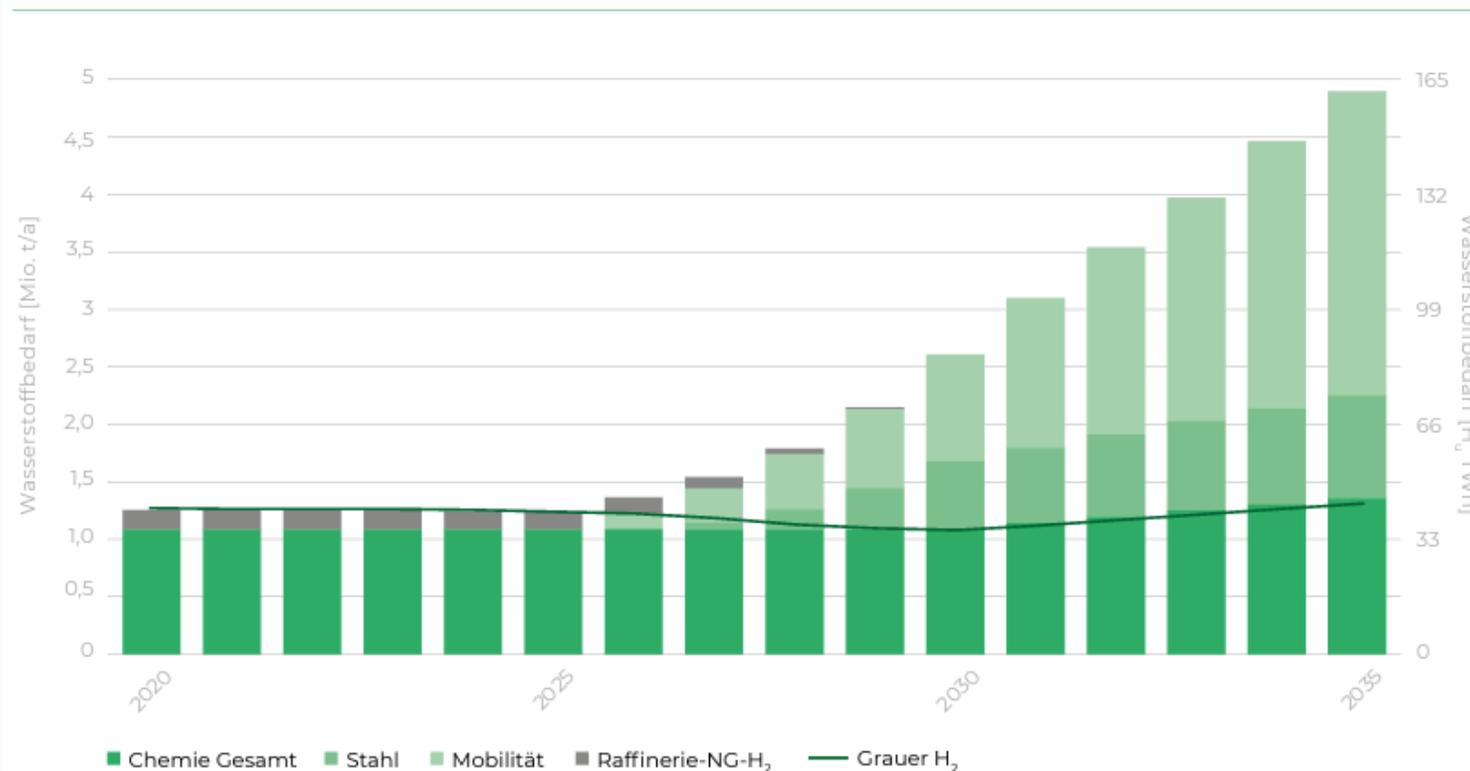
---

[2] Nationaler Wasserstoffrat: Treibhausgaseinsparungen und der damit verbundene Wasserstoffbedarf in Deutschland, 01.02.2023



# Wie viel Wasserstoff brauchen wir?

Abbildung 1: Wasserstoffbedarfe in verschiedenen Sektoren (ohne Wärme) bis 2035<sup>3</sup>



- **Vervierfachung** des Wasserstoffbedarfs in den nächsten 10 Jahren
- Importe werden nötig sein

→ Zwei Kernfragen:

1. Wo ist Wasserstoff wirklich nötig?
2. Wie können Importe realisiert werden?

[Nationaler Wasserstoffrat: Treibhausgaseinsparungen und der damit verbundene Wasserstoffbedarf in Deutschland, 01.02.2023]



# Wo ist Wasserstoff wirklich nötig?

- Nationale Wasserstoffstrategie<sup>1</sup>:

- Bis 2030 werden Wasserstoff und seine Derivate insbesondere bei Anwendungen **in der Industrie, bei schweren Nutzfahrzeugen** sowie zunehmend **im Luft- und Schiffsverkehr** eingesetzt.
- Die **direkte Nutzung von Strom** (z. B. Elektromobilität, Wärmepumpen) ist im Vergleich zur Nutzung von Wasserstoff mit geringeren Umwandlungsverlusten verbunden und **sollte nach Möglichkeit zum Einsatz kommen**.

- Bündnis 90/Die Grünen Europawahlprogramm 2024<sup>3</sup>:

- Produktionskapazitäten müssen erst aufgebaut werden, Wasserstoff wird vorerst **ein sehr knapper Rohstoff** bleiben.
- Wasserstoff wollen wir also priorisiert dort einsetzen, **wo eine Elektrifizierung nicht oder nur sehr schwer möglich** ist.
- Dazu gehören etwa die Produktion von Grundstoffen wie **Stahl- oder Chemierzeugnisse**, der **Schwerlasttransport** sowie der **interkontinentale See- und Luftverkehr**.

Wasserstoff kann fossile Energieträger überall dort ersetzen, **wo Elektrifizierung keine Option** ist.

[1] Die Bundesregierung: Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS 2023), 26.07.2023, [Link](#)

[3] Bündnis 90/Die Grünen: Wahlprogramm für die Europawahl 2024, [Link](#) (abgerufen am 24.10.2023)



# Gliederung

- 1. Einleitung:** Warum hilft Wasserstoff bei der Energiewende?
- 2. Herstellung:** Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?
- 3. Nutzung:** Was machen wir mit dem Wasserstoff?
- 4. Transport:** Wie transportieren wir Wasserstoff?
- 5. Fazit:** Und was hat unser Niederrheinkreis damit zu tun?



# Wie können Importe realisiert werden?

- Aus der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung<sup>1</sup>:
  - Ein Großteil des Bedarfs wird durch **Importe aus anderen EU-Mitgliedstaaten und internationalen Partnerländern** gedeckt.
  - **Pipelinetransporte** ermöglichen dabei den Import von elementarem Wasserstoff, während Schiffsimporte v. a. Wasserstoffderivate betreffen werden.
  - Der Import von Wasserstoff und insbesondere Derivaten ist zumindest **bis 2030 größtenteils schiffsbasiert** geplant, kurzfristig etwa der **Transport von Ammoniak**.

Wasserstoff kann insbesondere **per Pipeline und Schiff** transportiert werden.

→ Was sind „Wasserstoffderivate“? Warum Ammoniak?

[1] Die Bundesregierung: Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS 2023), 26.07.2023, [Link](#)



# Was sind „Wasserstoffderivate“?

- Wasserstoffderivate: an Trägermolekülen gebundener Wasserstoff
- Trägermoleküle können z.B. Stickstoff oder CO<sub>2</sub> sein
  - Mit Stickstoff (N): z.B. **Ammoniak (NH<sub>3</sub>)**       $3 \text{ H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2 \text{ NH}_3$        $\rightarrow 3 \text{ H}_2 + \text{N}_2$
  - Mit CO<sub>2</sub>: z.B. **Methanol (CH<sub>3</sub>OH)**       $3 \text{ H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$        $\rightarrow 3 \text{ H}_2 + \text{CO}_2$
- Vorteil von Wasserstoffderivaten: **höhere Energiedichte und bessere Handhabbarkeit**
  - Gasförmiger **Wasserstoff**: 0,003 kWh / Liter<sup>4</sup>
  - Flüssiger **Wasserstoff** (bei sehr hohem Druck, 700 bar): 1,4 kWh / Liter<sup>4</sup>
  - Flüssiger **Ammoniak** (20 °C, 9 bar): 3,2 kWh / Liter<sup>4</sup>

[4] Campfire: Grüner Ammoniak – Energieträger der Zukunft, [Link](#) (abgerufen am 24.10.2023)



# Gliederung

- 1. Einleitung:** Warum hilft Wasserstoff bei der Energiewende?
- 2. Herstellung:** Wie lassen wir Wasserstoff entstehen?
- 3. Nutzung:** Was machen wir mit dem Wasserstoff?
- 4. Transport:** Wie transportieren wir Wasserstoff?
- 5. Fazit:** Und was hat unser Niederrheinkreis damit zu tun?



# Und was hat unser Niederrheinkreis damit zu tun?

Wasserstoff lässt sich **erneuerbar** und **nachhaltig** herstellen.

Nur **grüner Wasserstoff** ist CO<sub>2</sub>-neutral und nachhaltig!

Die Herstellung von grünem Wasserstoff benötigt **Strom, Wasser, Fläche & Transportinfrastruktur**.

Durch die vorliegende Infrastruktur bieten sich insbesondere **ehemalige Industriestandorte** zur Wasserstoffproduktion an.

Wasserstoff kann fossile Energieträger überall dort ersetzen, **wo Elektrifizierung keine Option** ist.

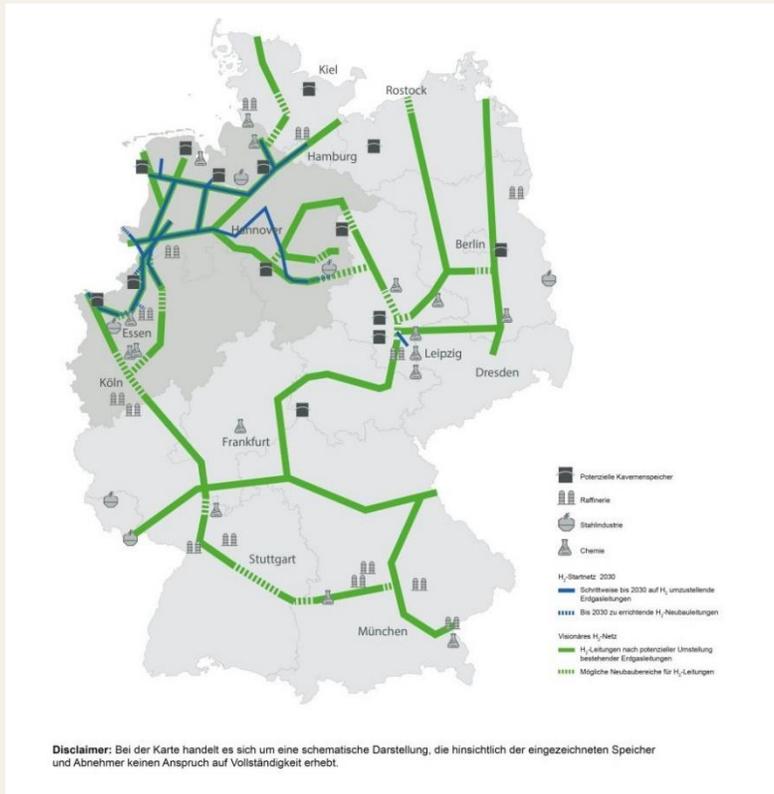
Es wird in bereits in den kommenden 10 Jahren **sehr große Industriebedarfe** an Wasserstoff geben.

Wasserstoff kann insbesondere **per Pipeline und Schiff** transportiert werden.



# Und was hat unser Niederrheinkreis damit zu tun?

## H<sub>2</sub>-Startnetz 2030 & relevante Industriestandorte



## Fläche & Wasserwege



Der Kreis Wesel verfügt über einmalige Voraussetzungen zur **Herstellung und zum Transport von grünem Wasserstoff.**

Zusätzlich entstehen in unmittelbarer Nähe **große industrielle Wasserstoffbedarfe.**



**Tobias Kempken**  
Sachkundiger Bürger  
kempken@gruene-kreis-wesel.de

**BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN**  
**im Kreistag Wesel**  
Reeser Landstraße 31  
46483 Wesel

T +49 281 2072004  
gruene-fraktion@kreis-wesel.de

**Vielen Dank**

**für eure Aufmerksamkeit.**