

Maritimer Import Grüner Moleküle – Versorgungssicherheit für Deutschland

Parlamentarischer Abend | 07. November 2024

Agenda

- ❖ Begrüßung
- ❖ Keynote des Innovationsbeauftragten „Grüner Wasserstoff“ des BMBF, Till Mansmann
- ❖ Vorträge
 - ✓ WARUM? WOHER? Prof. Dr. Martin Wietschel
 - ✓ WELCHE? WANN? WIE? Kai Ruske, Dr. Frank Graf, Christiane Staudt
 - ✓ RECHTLICH AUF KURS? Leandra Schulz
- ❖ UND JETZT – LEINEN LOS: Podiumsdiskussion
- ❖ Abschluss und Ausklang

Keynote - Herr Till Mansmann

Innovationsbeauftragter „Grüner Wasserstoff“ des BMBFs



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Maritimer Import Grüner Moleküle

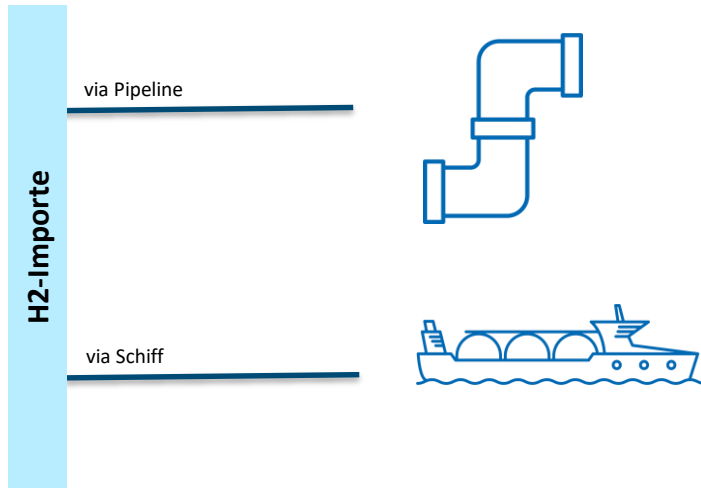
Berlin, den 7. November 2024

bmbf.de





Wasserstoff-Import nach Deutschland



Technologische Voraussetzungen

Energiepartnerschaften

Weiternutzung von Infrastruktur



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Vielen Dank!

[bmbf.de](https://www.bmbf.de)

Maritimer Import Grüner Moleküle – Versorgungssicherheit für Deutschland



Fraunhofer-Institut für System- und
Innovationsforschung ISI

Warum? Woher?

Martin Wietschel

Parlamentarischer Abend
07. November 2024, Berlin

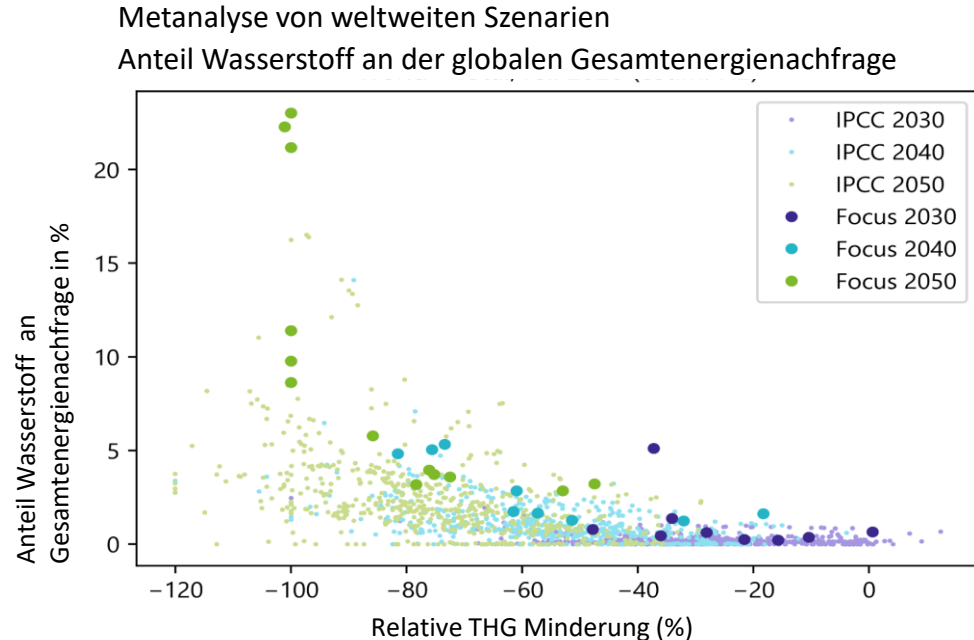
Ergebnisse aus dem Projekt HyPat - Globaler
H₂-Potenziatlas

Projekt aus der BMBF Wasserstoff-
Grundlagenforschung



Wasserstoff und Syntheseprodukte werden aus wirtschaftlichen Gründen erst bei ambitionierten Klimazielen benötigt – dann aber in großen Mengen

- Steigender Wasserstoffanteil mit ambitionierterer THG-Emissionsreduktion
- 50% der Studien gehen von einem Wasserstoffanteil an der Gesamtenergienachfrage von 4 - 11% im Jahr 2050 aus. Ausreißerwerte projizieren Anteile von bis zu 23%

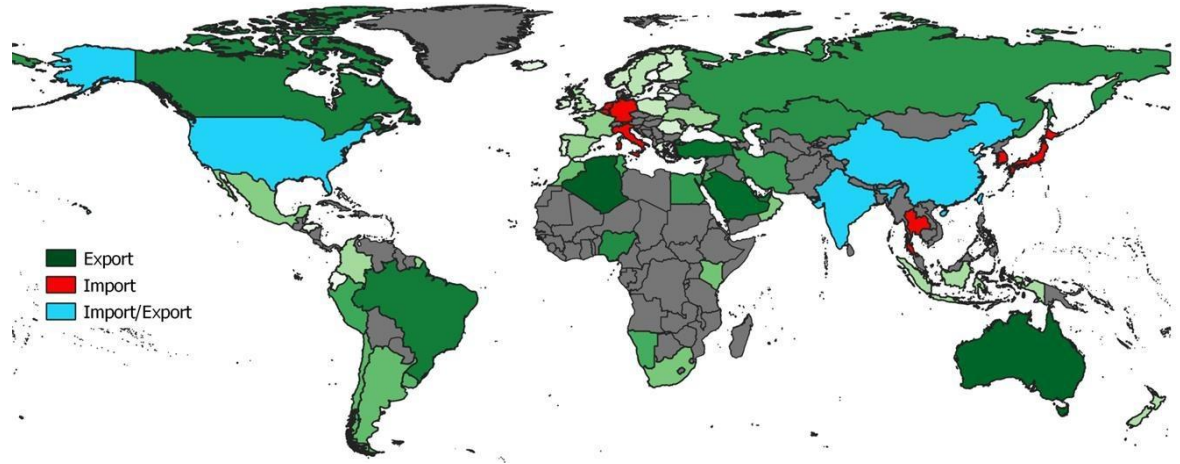


Quelle Fraunhofer ISI, Riemer et. al. (2022): Metanalyse Wasserstoffnachfrage

Aber nur wenige Länder haben einen höheren Importbedarf

- In treibhausgasneutralen Szenarien für Deutschland: Hohe Nachfrage nach Wasserstoff und Derivaten trifft auf vergleichsweise geringes Erzeugungspotenzial
- Nur etwa 30 % des Wasserstoffs- und der Derivatebedarfs werden international gehandelt
- Der Wasserstoffmarkt wird sich stärker an den heutigen Gasmärkten und weniger an den Ölmärkten orientieren

Importbedarf oder Exportpotenzial (Export (grün), Import (rot) und Import-/Exportländer unsicher (blau))

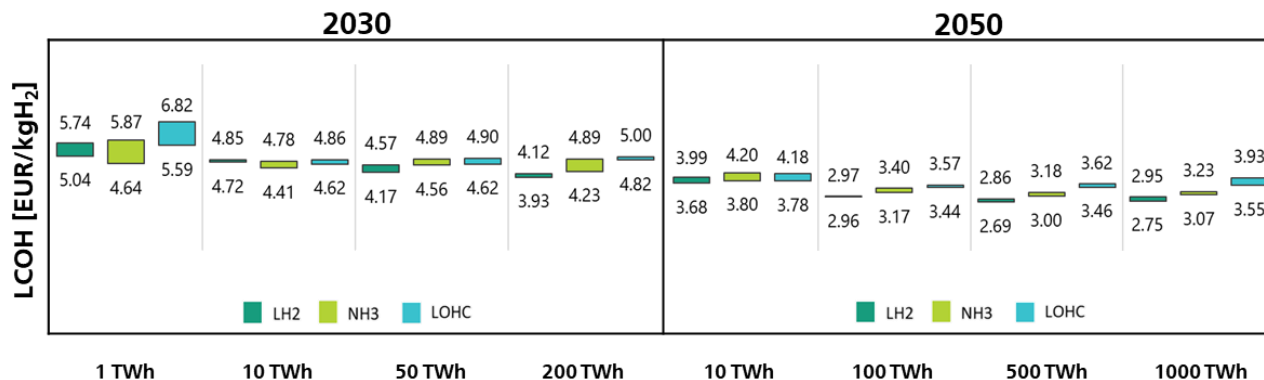


Quelle Wietschel (2024): HYPAT Abschlussbericht. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Hrsg.)

Flüssigwasserstoff ist bei größeren Transportmengen eine wirtschaftlich attraktive Importoption für Deutschland

- Durch Skaleneffekte sind größere Exportmengen wirtschaftlicher
- Allerdings besteht ein Spannungsfeld zur Diversifizierung von Lieferländern
- LH2 ist wirtschaftlich eine attraktive Option, sie wird in nennenswerten Umfang aber erst nach 2030 zur Verfügung stehen

Importkosten für gasförmigen Wasserstoff (LCOH) im Falle eines Schiffimportes von LH2, NH3 und LOHC aus Brasilien und einer Rückumwandlung zu molekularem Wasserstoff am Zielort Deutschland für die Jahre 2030 und 2050 und unter Berücksichtigung unterschiedlich großer Exportmengen (Moderates Szenario mit länderspezifischem WACC)

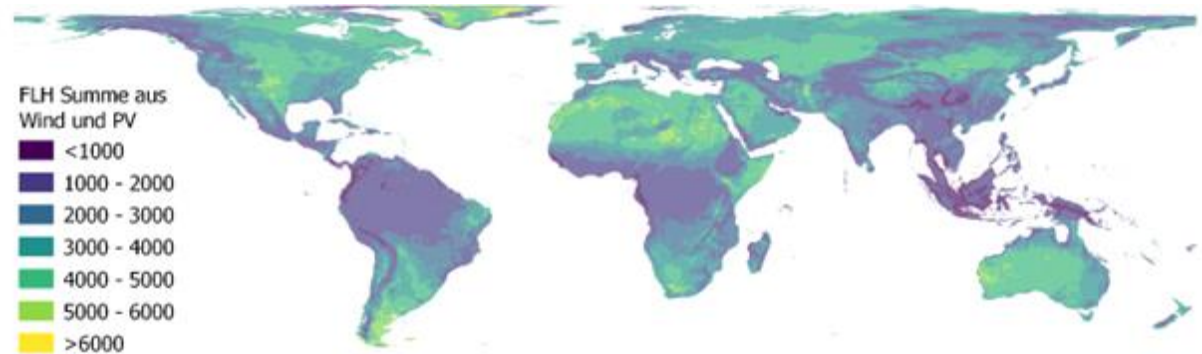


Quelle Wietschel (2024): HYPAT Abschlussbericht. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Hrsg.)

Eine Reihe an Regionen bietet gute techno-ökonomische Potenziale zur Erzeugung

- Regionen mit höheren Volllaststunden (FLH) bieten hinsichtlich der Erzeugungskosten einen erheblichen Vorteil (hohe Auslastung der Elektrolyseure und Syntheseanlagen).
- Attraktive Regionen: Süden Chiles, MENA-Region, der Mittlere Westen der USA und Australien.

Summe der Volllaststunden von Wind und PV. Quelle: Kleinschmitt et al. (2021)



Quelle Wietschel (2024): HYPAT Abschlussbericht. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Hrsg.)

Weil viele Länder günstige Erneuerbare Potenzial haben rücken andere Aspekte in den Mittelpunkt

Techno-ökonomische Kriterien

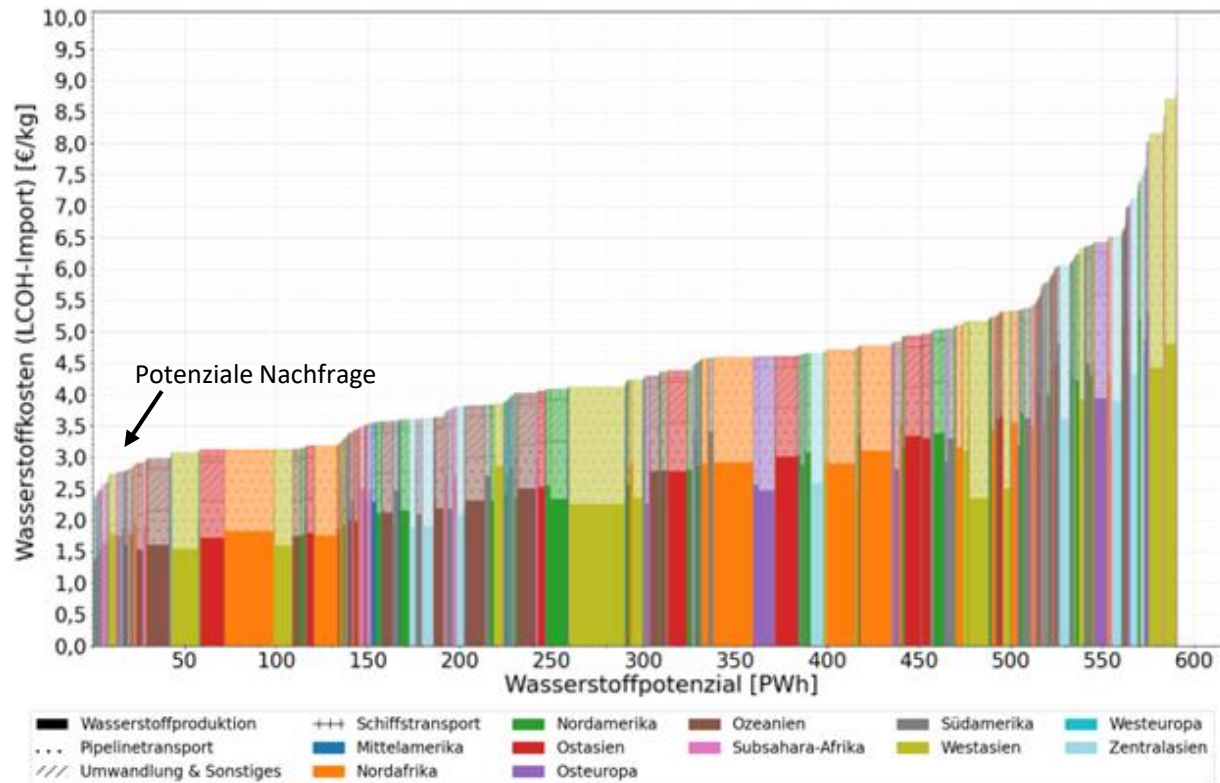
- Kapitalkosten haben einen hohen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit, denn der Aufbau einer Export- und Transportinfrastruktur von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten ist kapitalintensiv.
- Insbesondere viele Entwicklungs- und Schwellenländer haben Schwierigkeiten an günstiges Kapital zu kommen.
- Öl- und Gasländer haben bezüglich des verfügbaren günstigen Kapitals teilweise einen Wettbewerbsvorteil.
- Wegen Saisonalitäten ist die Möglichkeit, Wasserstoff unterirdisch zu speichern, um eine möglichst hohe Anlagenauslastung zu erreichen, von hoher Relevanz.
- Die Existenz von Exporthäfen und ob diese sich in der Nähe der Wasserstoffproduktion und -speicherung befinden.

Ein großes Potenzial zu vergleichsweise niedrigen Kosten ist auch bei Einbezug der techno-ökonomischen Kriterien vorhanden

Lokale Potenzialkurve

Wasserstoffangebots für 48 ausgewählte Staaten der Erde für das Jahr 2050 (H2 Pipelinetransport oder Schiffstransport mit NH₃-Route inkl. Rückumwandlung in molekularen Wasserstoff am Import Hub in Deutschland)

Moderates Szenario mit länderspezifischem WACC und Berücksichtigung aller EE-Potenziale bis 100 Euro/MWh



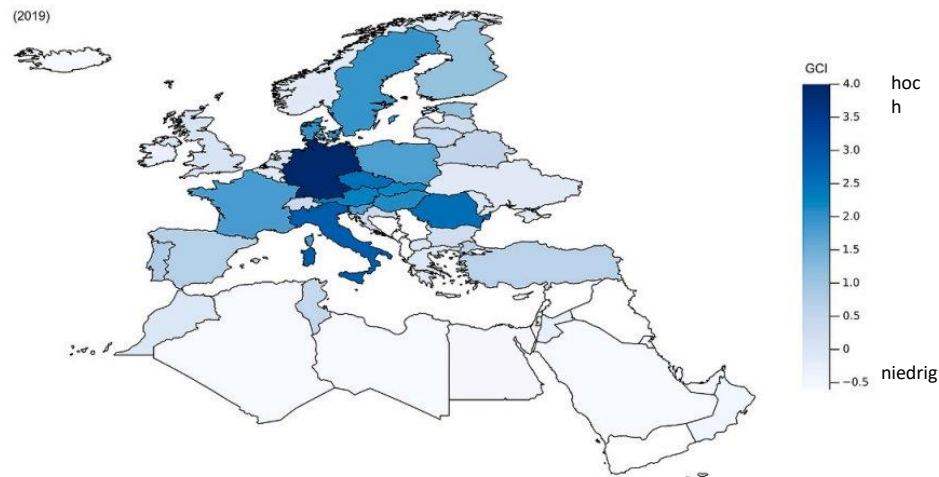
Quelle Wietschel (2024): HYPAT Abschlussbericht. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Hrsg.)

Weil viele Länder günstige Erneuerbare Potenziale haben rücken andere Aspekte in den Mittelpunkt

Weitere Kriterien

- Geopolitische Interessen
- Bewertung von Menschenrechten und demokratischen Aspekten
- Wasserverfügbarkeit
- Nationale Politikprioritäten und der nationale regulatorische Rahmen
- Industriellen Voraussetzungen zur Herstellung von Komponenten der Wasserstoffwertschöpfungskette
- Technologieverfügbarkeit und -zugang

Fähigkeit von Ländern zur Herstellung von Wasserstoff und Derivaten

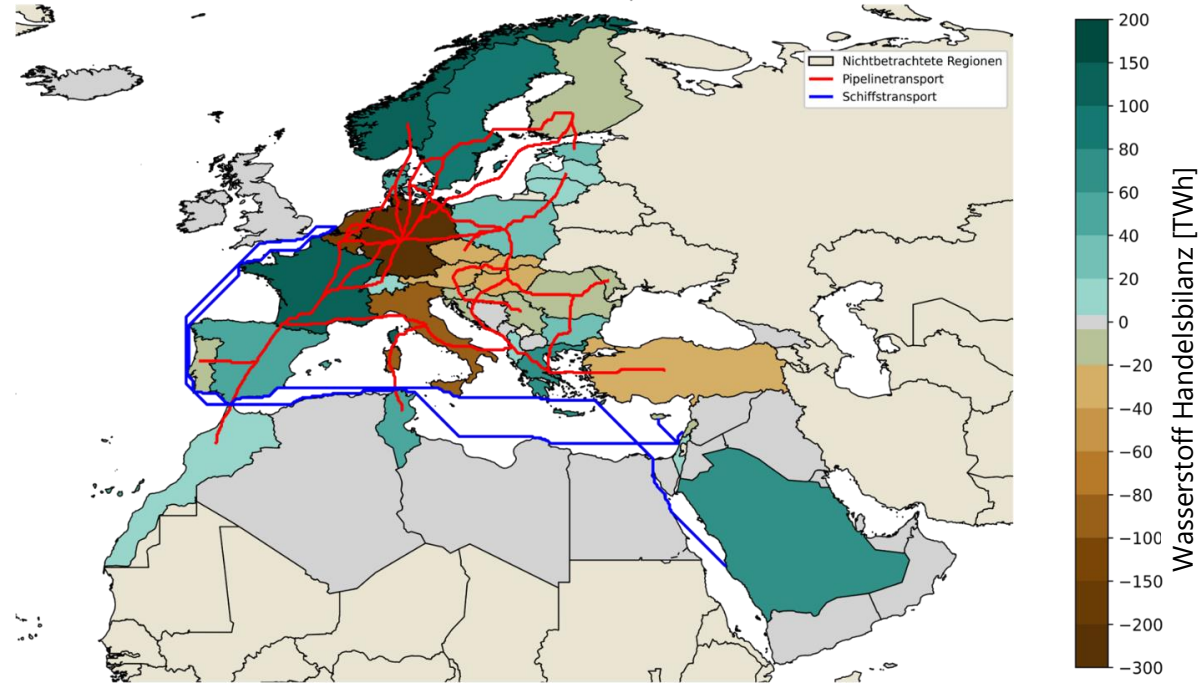


Quelle Wietschel (2024): HYPAT Abschlussbericht. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Hrsg.)

Bei Wasserstoff werden die Länder Mitten in der EU von den umliegenden Ländern versorgt

- Bei Wasserstoff:
 - Pipelinetransporte überwiegen
 - Schiffstransporte ergänzen und tragen zur Diversifikation bei
- Große Mengen an Wasserstoff-Derivaten müssen allerdings von außerhalb der EU importiert werden

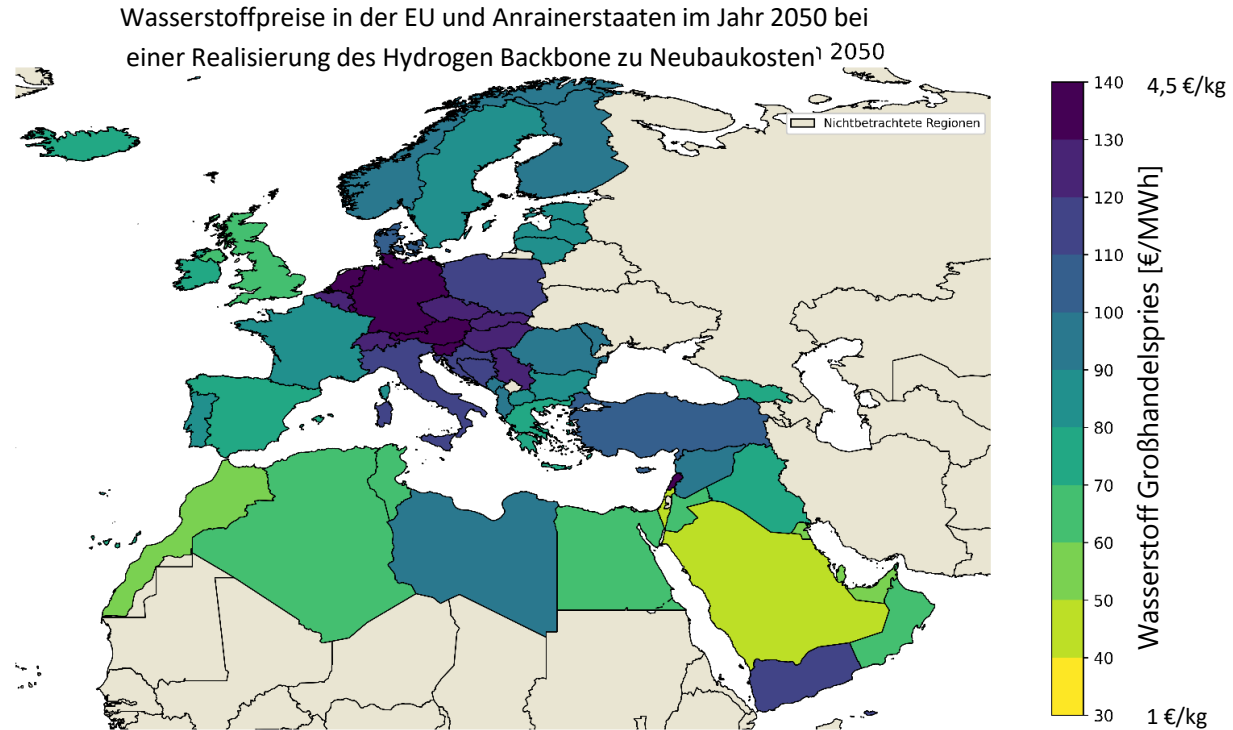
Wasserstoffhandelsströme in der EU und Anrainerstaaten im Jahr 2050 bei einer Realisierung des Hydrogen Backbone zu Neubaukosten_n in 2050



Quelle Wietschel (2024): HYPAT Abschlussbericht. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Hrsg.)

Deutschland wird mit die höchsten Wasserstoffpreise haben

- In Deutschland werden die Wasserstoffpreise im Großhandel bei ca. 4 bis 4,5 €/kg liegen
- Wettbewerbsvorteile bei Ländern, wie die Vereinigten Staaten oder Kanada, die über große und günstige Ressourcen zur Herstellung von grünem Wasserstoff und beträchtliche Marktanteile bei den relevanten Anwendungen besitzen
- Gefahr der Standortverlagerung bzw. einer internationalen Neuordnung von Wertschöpfungsketten



Quelle Wietschel (2024): HYPAT Abschlussbericht. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Hrsg.)

Mehr Information auf der HyPat-Webseite



Danke für ihre Aufmerksamkeit!

Prof. Dr. Martin Wietschel
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Telefon +49 721 6809-254
martin.wietschel@isi.fraunhofer.de



WELCHE? WANN? WIE?

LNG2Hydrogen – Die zukunftsfähige Nutzung von LNG-Terminal-Standorten
als logistische Knotenpunkte für Wasserstoff und dessen Derivate

Christiane Staudt, Dr. Frank Graf & Kai Ruske | Parlamentarischer Abend | 07. November 2024

Wer sind wir?



Kai Ruske
Verbundkoordinator -
LNG2Hydrogen



Dr. Frank Graf
Verbundkoordinator -
LNG2Hydrogen



Christiane Staudt
Leiterin Arbeitspaket 3 –
LNG2Hydrogen

Das Projekt **LNG2Hydrogen**



Projektlaufzeit
06/2023 – 11/2024

Wasserstoff
Leitprojekte
Grün. Groß. Global.

Projektvolumen:
ca. **4,75 Mio. €** bei ca.
81% Förderquote

- Teilprojekt des Wasserstoff Leitprojektes **TransHyDE**
- Betrachtet die **Vektoren** SNG, LH₂ (Flüßigwasserstoff), Methanol, Ammoniak, LOHC, DME (Dimethylether)

Ziel des Projektes

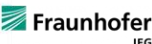
Erarbeitung einer wissenschaftlich fundierten, nachhaltigen Datenbasis und Empfehlung als **Entscheidungsbasis für die zukunftsfähige und langfristige Nutzung von LNG-Terminal-Standorten** als logistische Knotenpunkte **für Wasserstoff und dessen Derivate.**



Gas- und Wasser-
institut Essen e.V.



Leibniz-Institut
für Festkörper- und
Werkstoffforschung
Dresden



Das Projekt LNG2Hydrogen im Überblick

AP 1

Koordination und
Projektmanagement

AP 5

Normung

AP 6

Rechtliche und
regulatorische Aspekte

AP 8

Techno-ökonomische
Betrachtung und
Weiternutzungsszenarien

AP 2

Technologische
Bestandsaufnahme

AP 3

Konzept eines
Import-Terminals

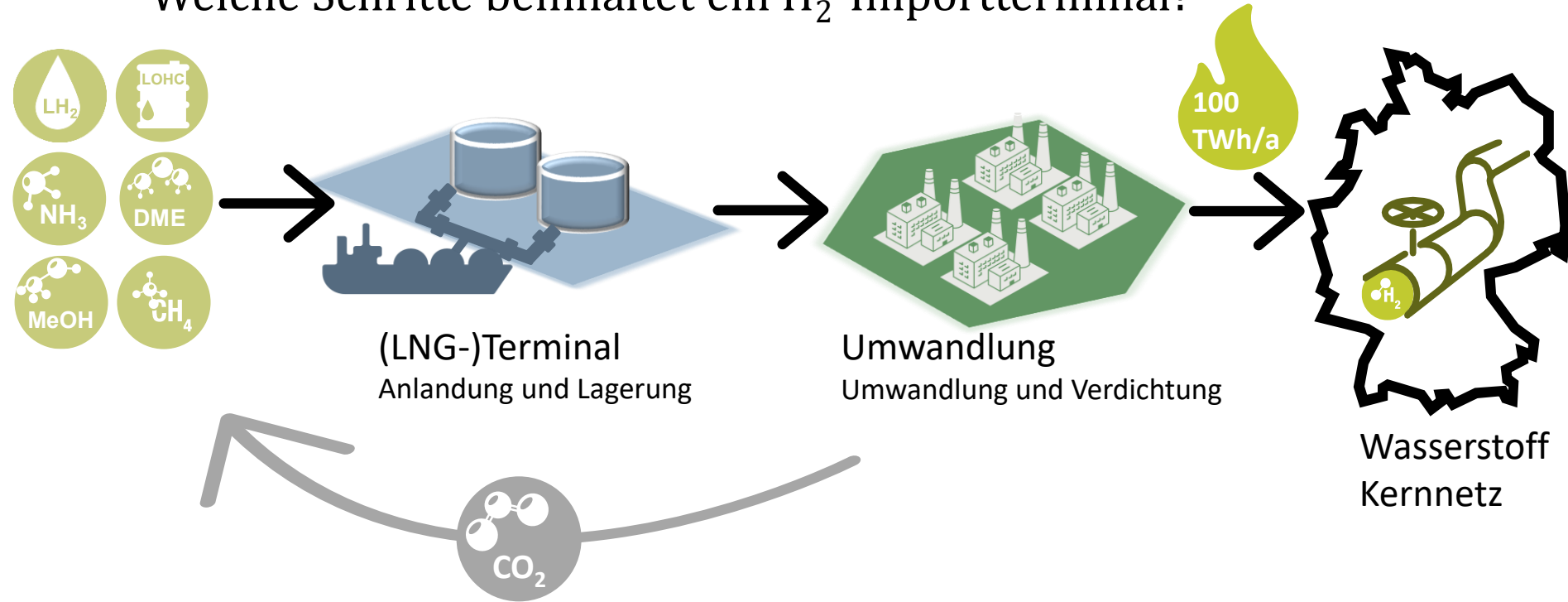
AP 4

Bauteilbewertung

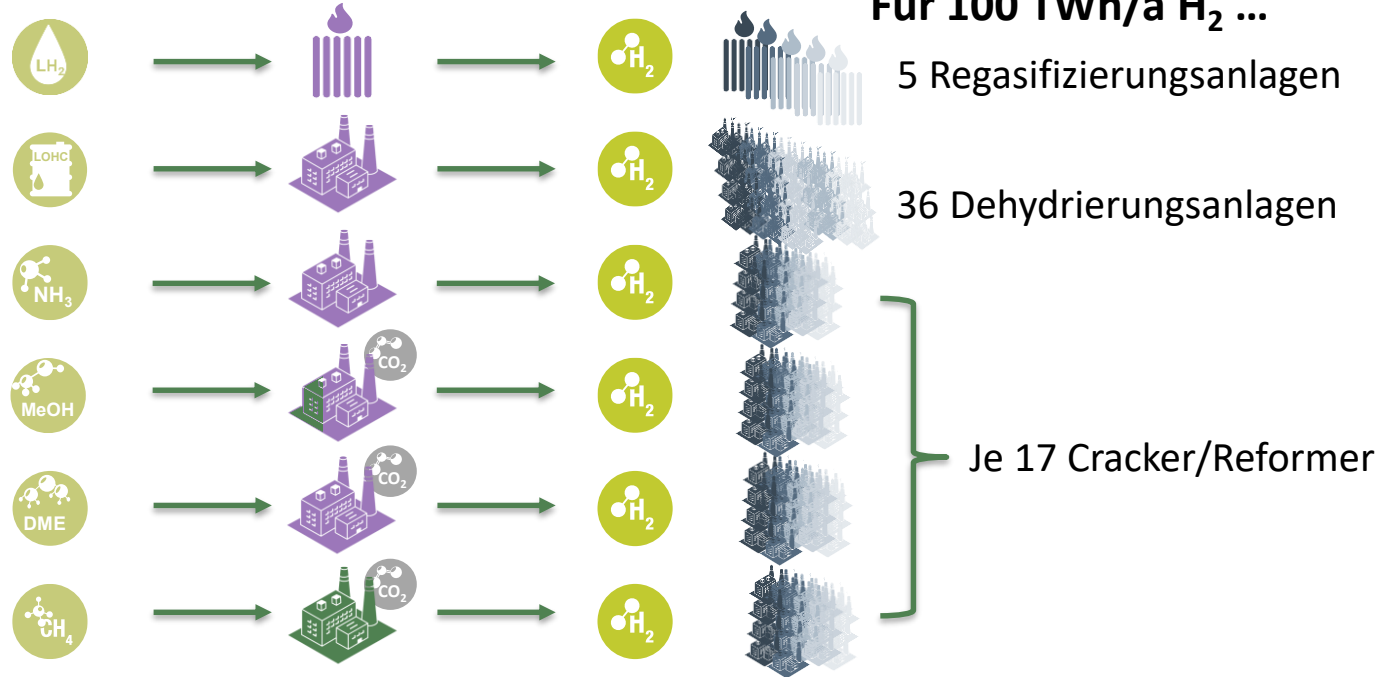
AP 7

Schnittstelle zu
Transport

Welche Schritte beinhaltet ein H₂-Importterminal?



Wie funktioniert die Umwandlung zu H_2 am Importterminal?



Anlage Stand heute im Einsatz...

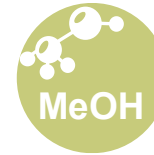


... im kleinen Maßstab, im
großen Maßstab in
Entwicklung und Umsetzung

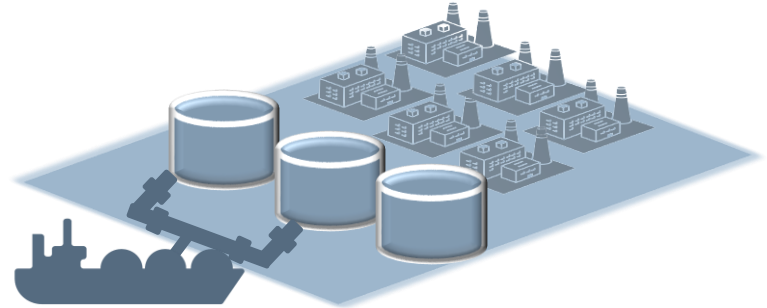
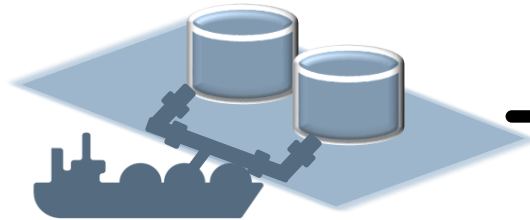


... im großen Maßstab

Wie viel Fläche benötigt ein H₂-Importterminal?



Fläche
5-15 ha



(LNG-)Terminal
Anlandung und Lagerung

Wie viel Fläche benötigt ein H₂-Importterminal?



Fläche
5-15 ha



Fläche
15 ha



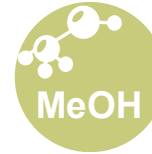
Fläche
90 ha



Fläche
75 ha



Fläche
100 ha



Fläche
90 ha



Fläche
100 ha

Wie viele Schiffe müssen pro Woche am Terminal anlegen?



2

Anzahl der
Schiffe pro
Woche



6

(à 160.000 m³)



8

(à 185.000 m³)



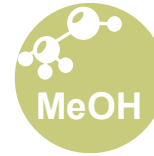
8

(à 85.000 m³)



6

(à 85.000 m³)



3

(à 185.000 m³)



3

(à 174.000 m³)

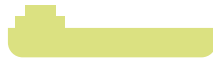


8

(à 84.000 m³)



Schiff in sehr kleinem Maßstab
verfügbar, größere Schiffe geplant



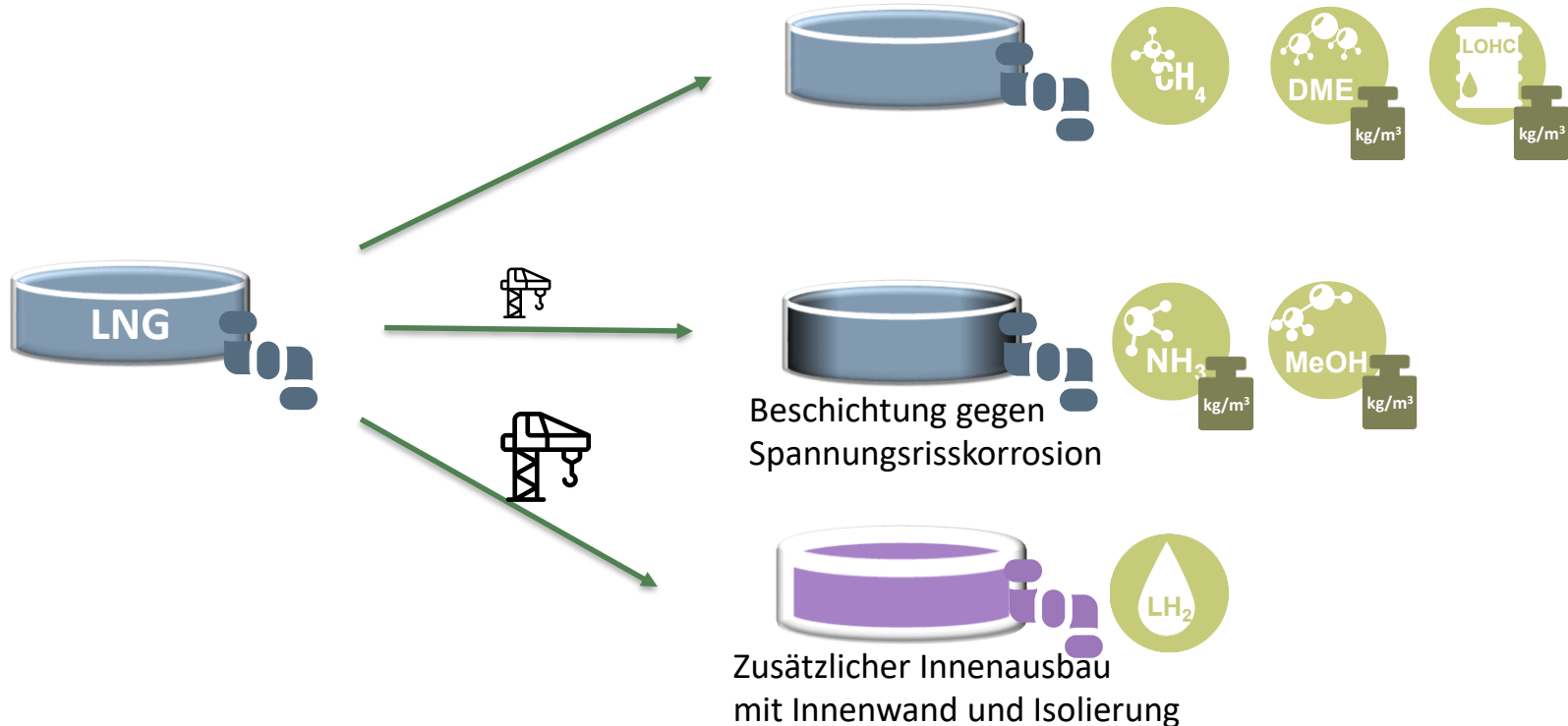
Schiff in mittelgroßem Maßstab
verfügbar und etabliert, größere
Schiffe geplant



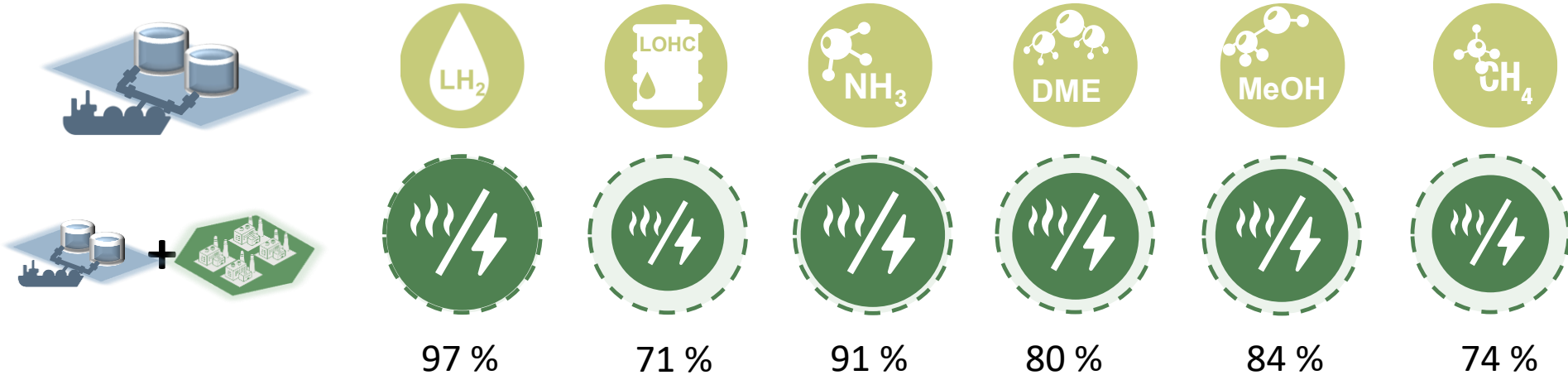
Schiff in großem Maßstab
verfügbar und etabliert

* Anzahl der CO₂ Schiffe

Wie ist eine Weiternutzung des LNG Terminals möglich?



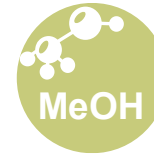
Wie ist die Energie-Effizienz der H₂-Terminals?



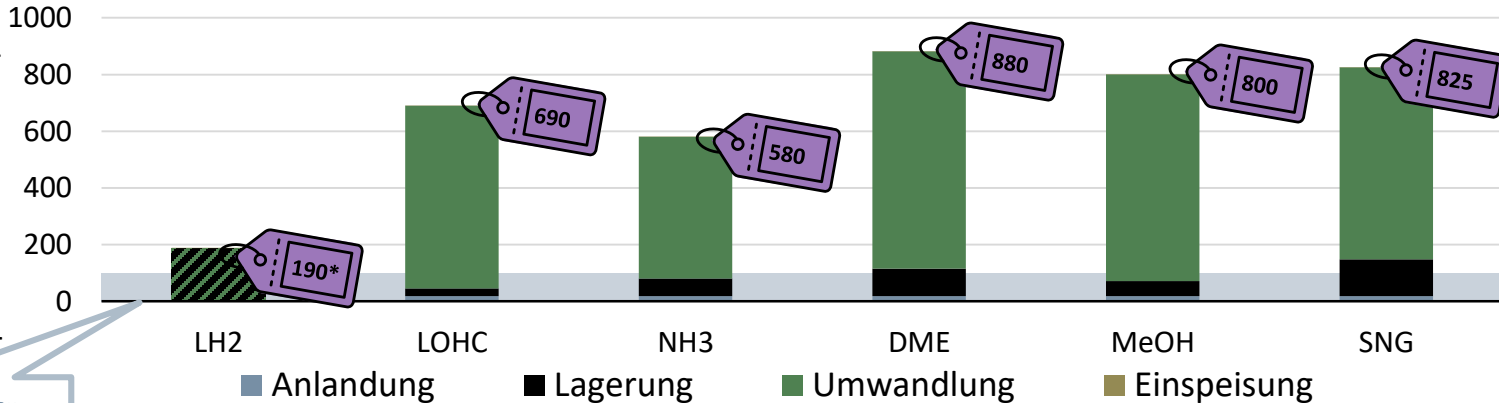
$$\eta_{\text{Terminal}} = \frac{\dot{m}_{H_2} \cdot H_{LHV,H_2}}{\dot{m}_{\text{Vektor}} \cdot H_{LHV,\text{Vektor}} + \sum \dot{E}_{\text{El}}}$$



Welche Investitionen sind für ein 100 TWh/a H₂-Terminal notwendig?



Spez. Investitionen in €/kW H₂



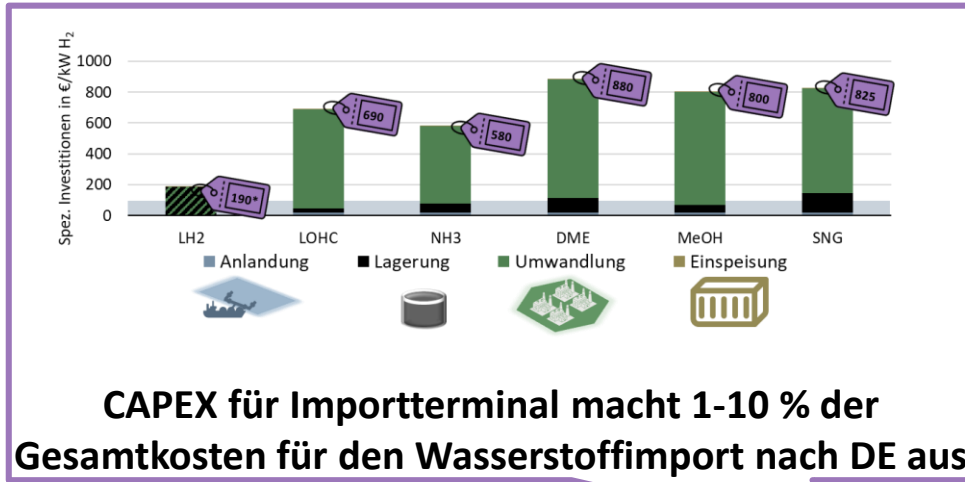
83 – 95% der
Investitionen für
Umwandlung zu
H₂ notwendig

~ 100 €/kW LNG für
konventionelles LNG
Terminal

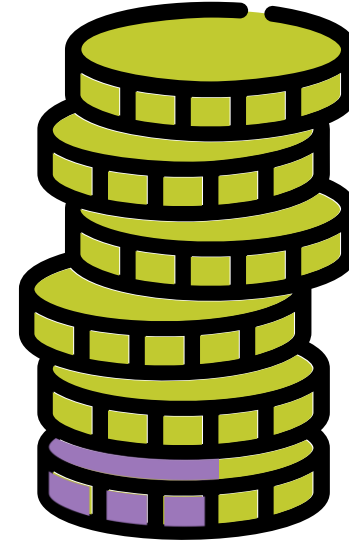


* LH₂: Anlandung, Lagerung und Umwandlung zusammengefasst

Welche Investitionen sind für ein 100 TWh/a H₂-Terminal notwendig?



0,1 - 0,5 €/kg H₂ *



5 - 8 €/kg H₂ *

* Kosten für 2040

Zusammenfassung



Weiternutzung von LNG-Terminals & -Tanks

- ▮ SNG ohne Umrüstung der Komponenten möglich
- ▮ LOHC und DME lediglich Anpassung der Pumpanlagen notwendig
- ▮ MeOH und NH_3 zusätzliche Innenbeschichtungen notwendig
- ▮ LH_2 zusätzliche Tankinnenverkleidung (Isolierung & Innenwand) notwendig

Umwandlung am Terminal

- ▮ Umwandlungsanlagen für LH_2 , LOHC, DME, MeOH, und NH_3 bisher noch nicht im relevanten Maßstab betrieben, aber z.B. für LH_2 , NH_3 und LOHC in Planung
- ▮ SNG-Reformer Stand der Technik



Flächenbedarf

- ▮ Zusätzliche Umwandlungsanlagen sowie Tanks notwendig
→ Flächenbedarf kann um das 10-Fache steigen
- ▮ LH_2 aufgrund nicht erforderlicher chemischer Umwandlung platzsparend

Zusammenfassung



Schiffe

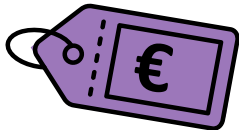
- ▮ Nicht für alle Vektoren und CO₂ Schiffe im notwendigen Maßstab verfügbar, größere Schiffe in Planung
- ▮ Für SNG und LOHC Schiffe im großen Maßstab verfügbar

Effizienz

- ▮ LH₂ und NH₃ effizienteste Bereitstellung zu H₂
- ▮ Durch Umwandlung 10 - 30 % Reduktion der Effizienz



Kosten



- ▮ Investitionskosten entfallen zu 80 % auf Umwandlungsanlage
→ LH₂ geringe Investitionen, da nur Regasifizierung notwendig
- ▮ CAPEX für H₂-Terminal nur ein kleiner Teil (1-10 %) der Gesamtkosten von H₂

Vielen Dank!

Christiane Staudt

staudt@dvgw-ebi.de

Kai Ruske

ruske@cruh21.com

Dr. Frank Graf

graf@dvgw-ebi.de

 **Wasserstoff**
Leitprojekte
Grün. Groß. Global.

 **Leitprojekt**
H₂Giga

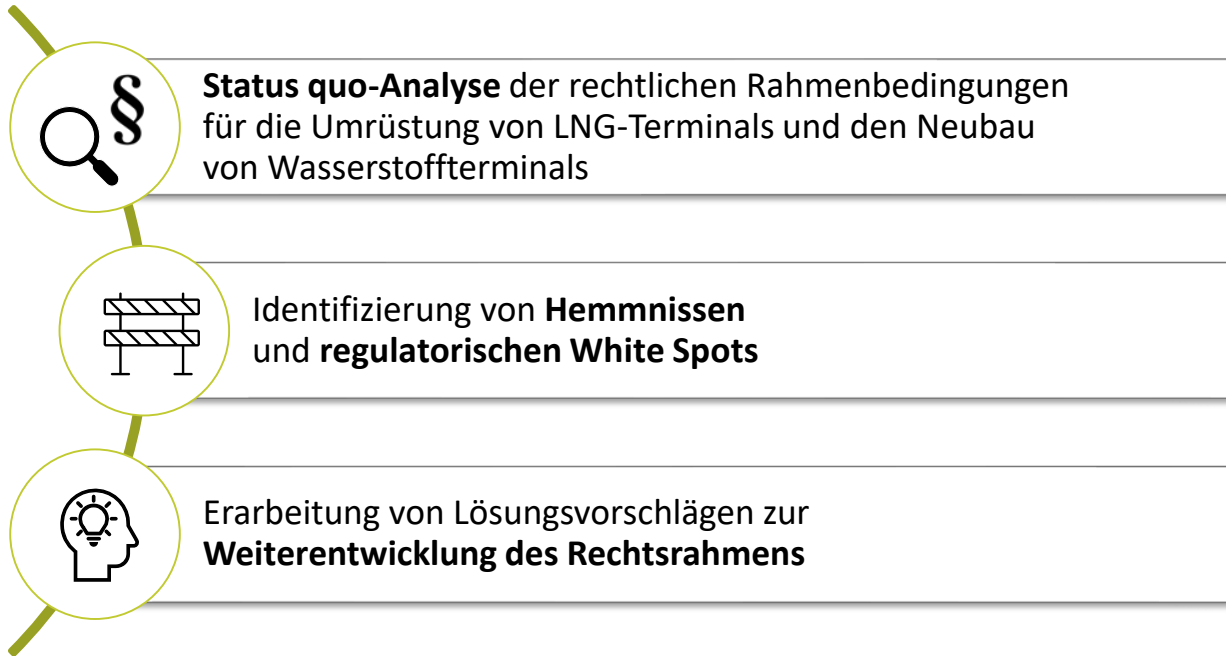
 **Leitprojekt**
H₂Mare

 **Leitprojekt**
TransHyDE

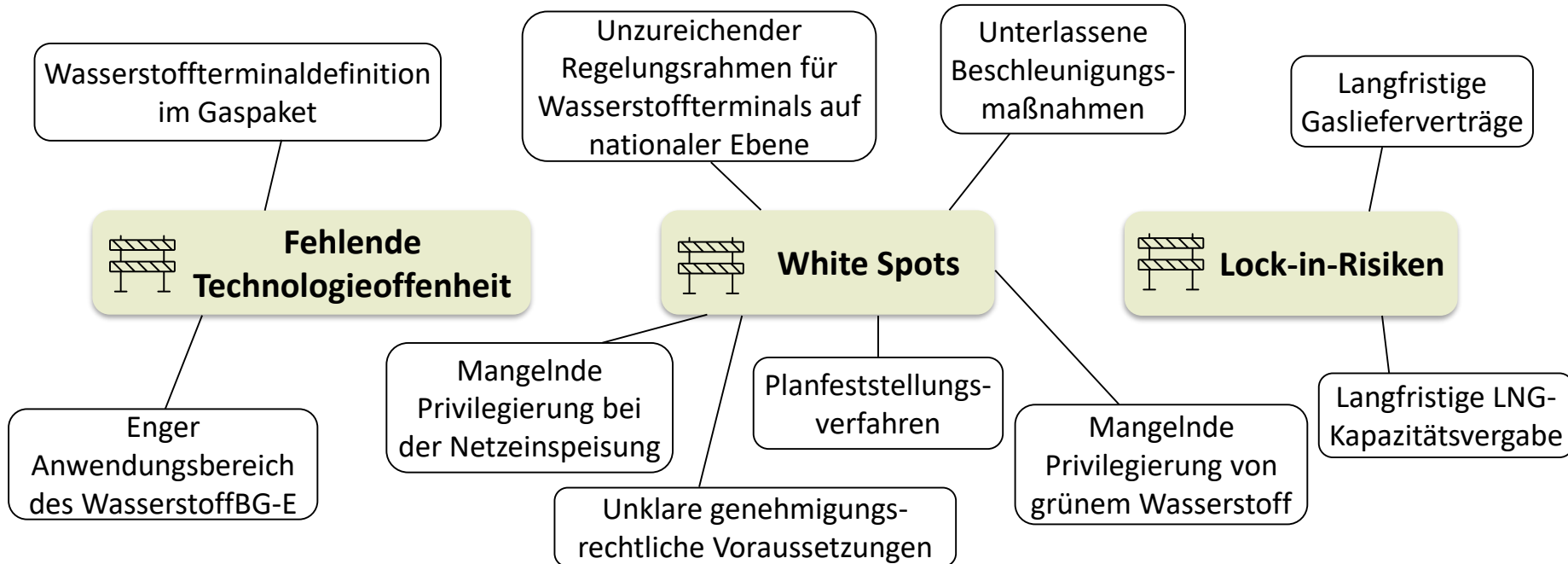
RECHTLICH AUF KURS?

Leandra Schulz | Parlamentarischer Abend | 7. November 2024

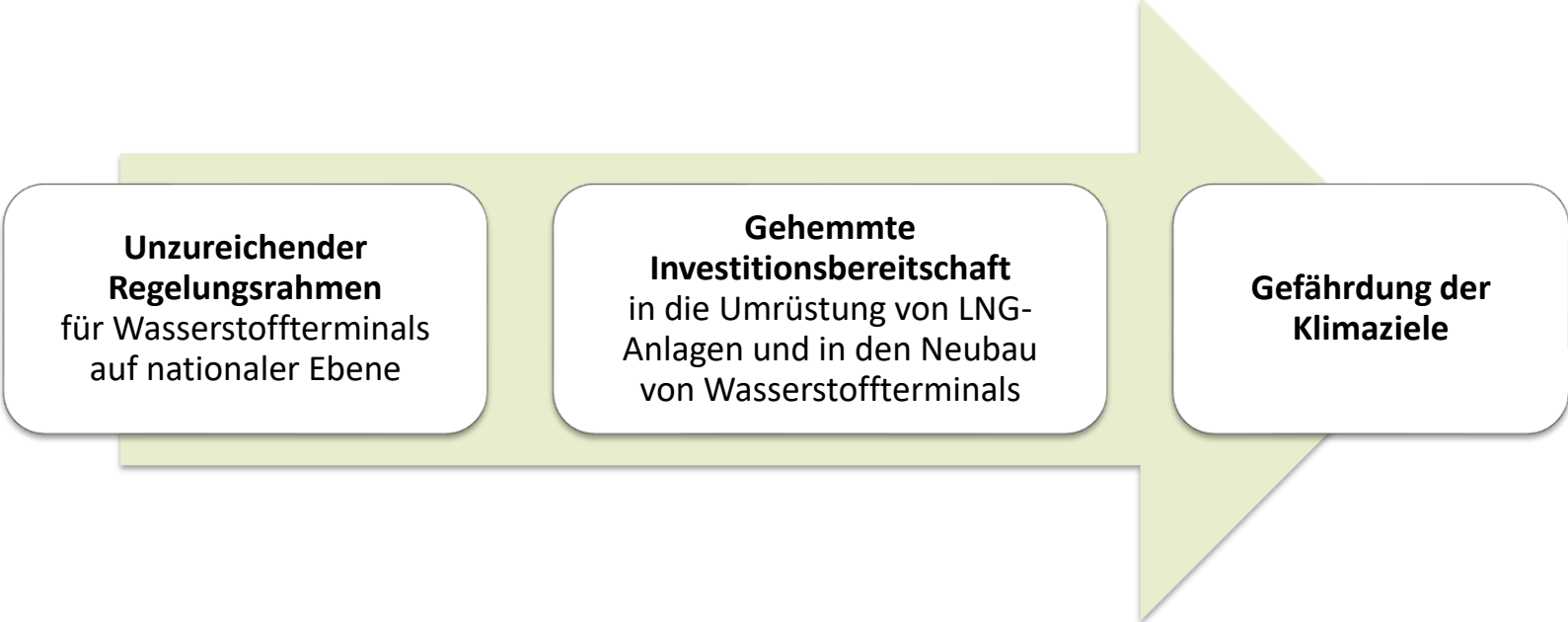
Wie sind wir vorgegangen?



Was hemmt die Umrüstung der LNG-Terminals aus rechtlicher Sicht?



Wie sieht der Status quo aus und welche Risiken bestehen?

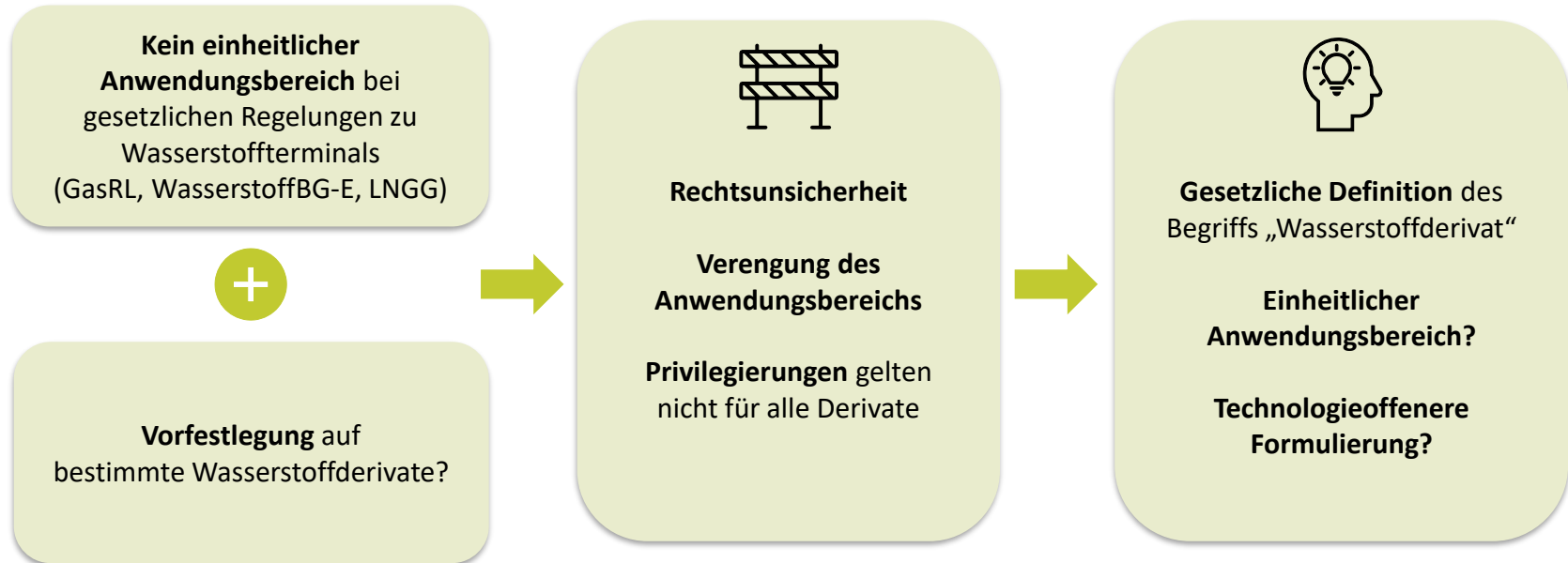


**Unzureichender
Regelungsrahmen**
für Wasserstoffterminals
auf nationaler Ebene

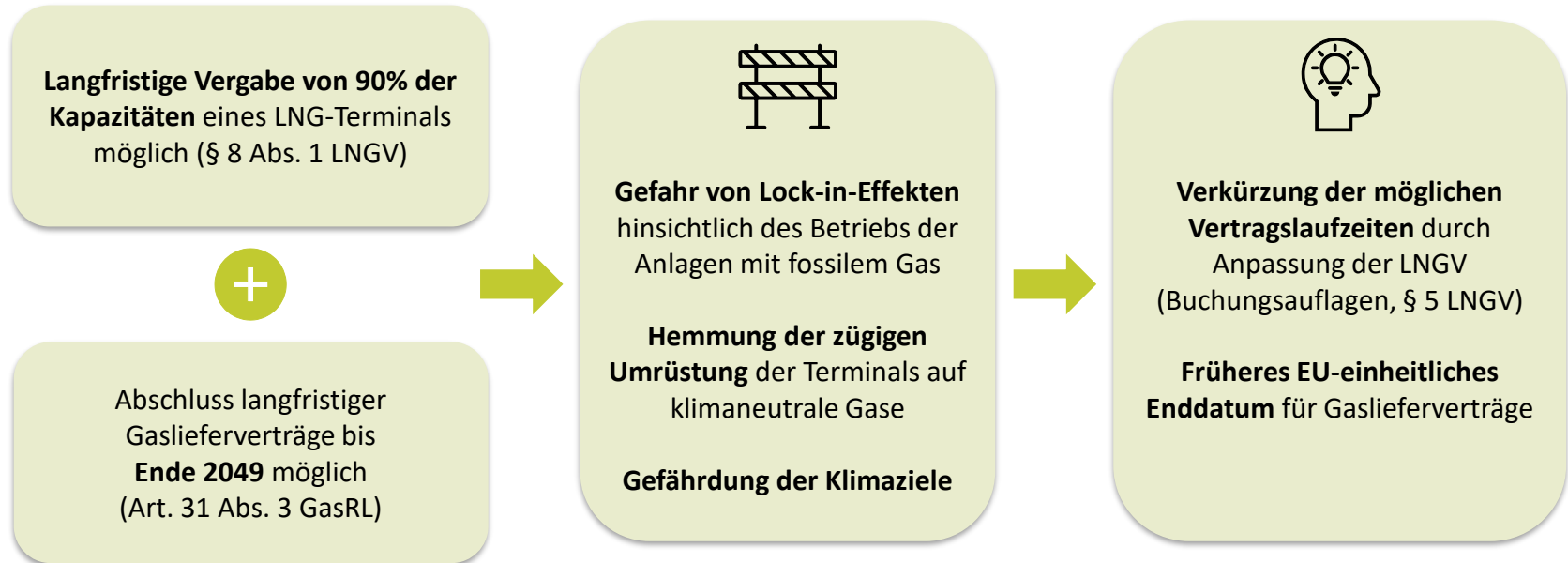
**Gehemmte
Investitionsbereitschaft**
in die Umrüstung von LNG-
Anlagen und in den Neubau
von Wasserstoffterminals

**Gefährdung der
Klimaziele**

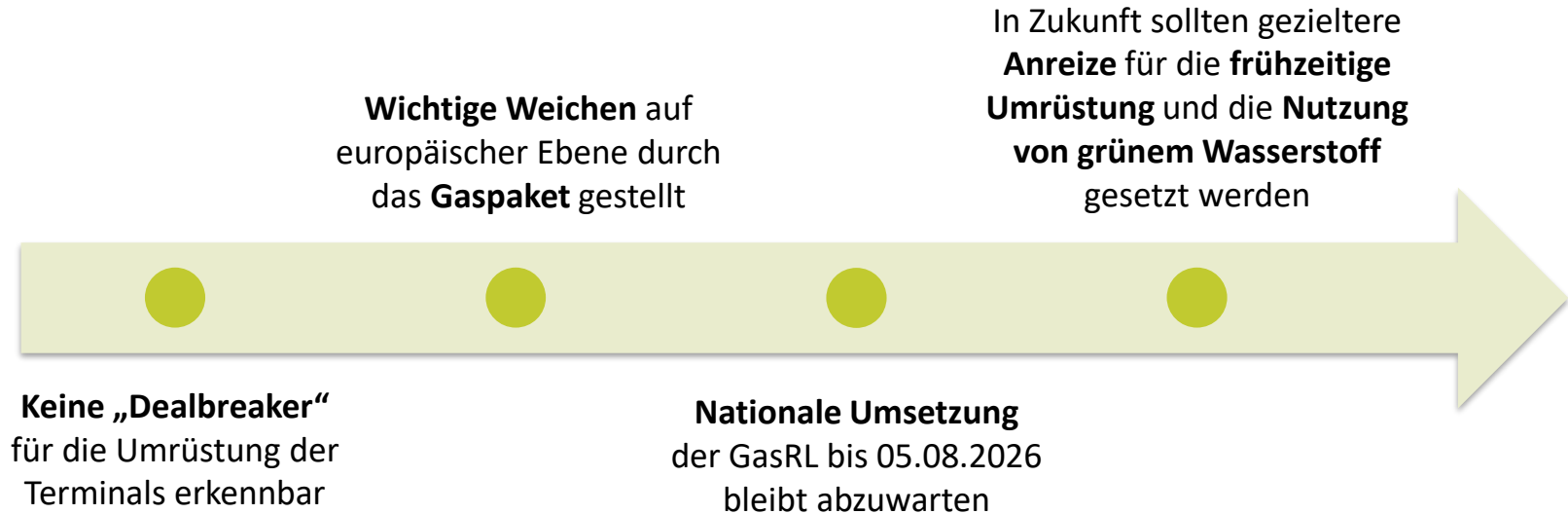
Fehlende Technologieoffenheit?



Lock-in-Risiko



Fazit: Rechtlich auf Kurs?



Vielen Dank!

Leandra Schulz

Tel.: +49 30 408 1870-50 • E-Mail: leandra.schulz@ikem.de

 **Wasserstoff**
Leitprojekte
Grün. Groß. Global.

 Leitprojekt
H₂Giga

 Leitprojekt
H₂Mare

 Leitprojekt
TransHyDE

Paneldiskussion „UND JETZT - LEINEN LOS“

Till Mansmann - Mitglied des Deutschen Bundestages, Innovationsbeauftragter
„Grüner Wasserstoff“ des BMBF

Christian Maaß, Abteilungsleiter II Wärme, Wasserstoff und Effizienz im BMWK

Dr. Peter Röttgen - Geschäftsführer Deutsche Energy Terminal GmbH

Oliver Grundmann - Mitglied des Deutschen Bundestages

Dr. Frank Graf - Bereichsleiter Gastechnologie und Innere Dienste am DVGW-EBI

Vielen Dank!

TransHyDE Geschäftsstelle | Kommunikation und Koordination

E-Mail: koordination@transhyde.de

 **Wasserstoff
Leitprojekte**
Grün. Groß. Global.

 **Leitprojekt
H₂Giga**

 **Leitprojekt
H₂Mare**

 **Leitprojekt
TransHyDE**