

Wie kommt der Wasserstoff ins Land?

Vergleich der Transportoptionen für den Import

Christiane Staudt

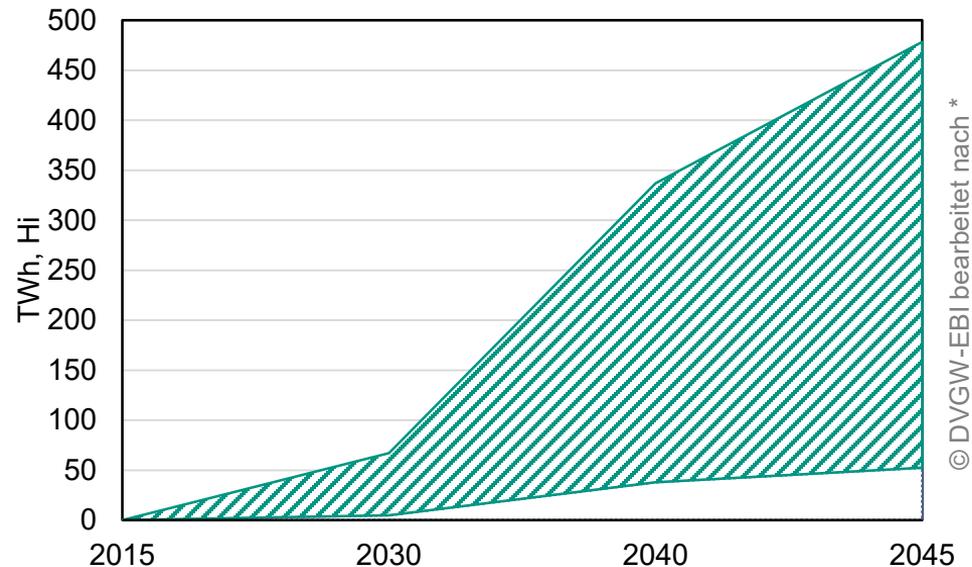
31. Mai 2023

Zukünftiger Wasserstoffbedarf Deutschland

Prognostizierte H₂-Bedarf in Deutschland kann nicht mit lokaler Herstellung gedeckt werden

- **Importe** notwendig
- Neben Pipeline auch **interkontinentaler** Import notwendig

Endenergieverbrauch-H₂ für
Industrie, Gebäude und Mobilität



© DVGW-EBI bearbeitet nach *

Was wurde untersucht?

- Technische Bewertung zu verschiedenen H₂ - Importmöglichkeiten anhand des energetischen Ausnutzungsgrades



Schiffsbasierter Transport, um interkontinentale Gebiete mit hohem EE-Potential zu erschließen

Betrachtete Transportoptionen:



- LH₂



- Green LNG

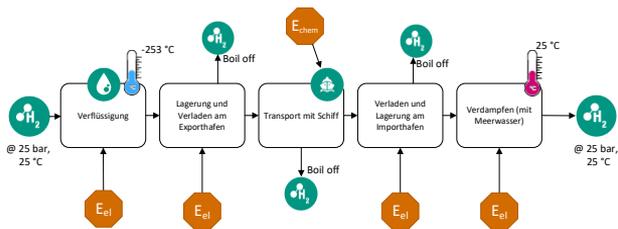


- Ammoniak

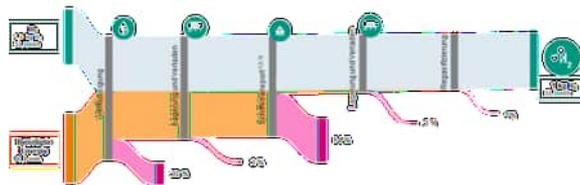
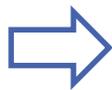


- LOHC

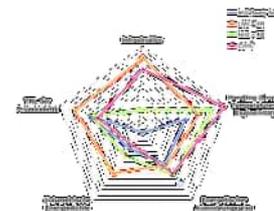
Wie wurde dabei vorgegangen?



1. „Wie kommt der Wasserstoff nach Deutschland?“



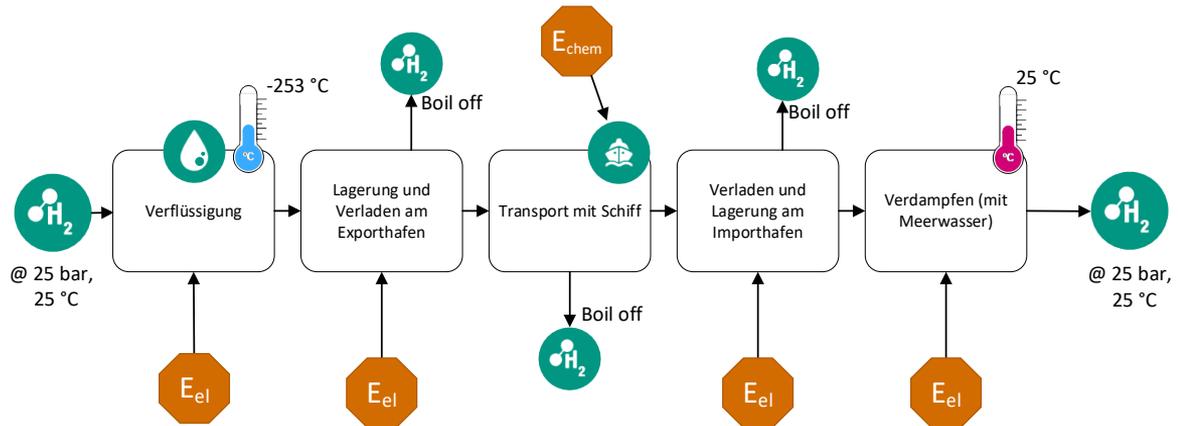
2. „Welche Energie benötigt der Transport?“



3. „Betrachten des Ausnutzungsgrades – reicht das?“

Definition des Ausnutzungsgrades

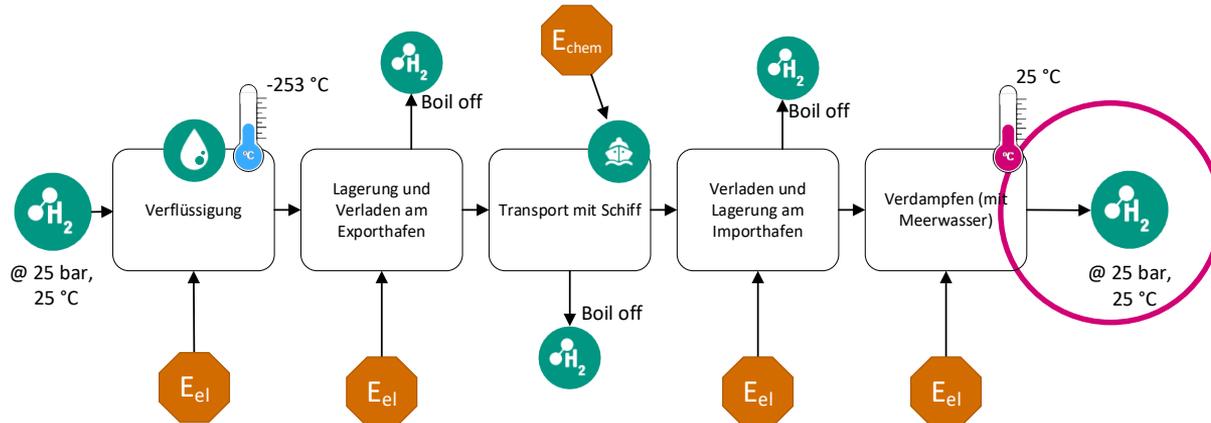
$$\eta_{H_2, LHV} = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$



Definition des Ausnutzungsgrades

$$\eta_{H_2, LHV} = \frac{m_{H_2, aus} \cdot LHV_{H_2}}{\dots}$$

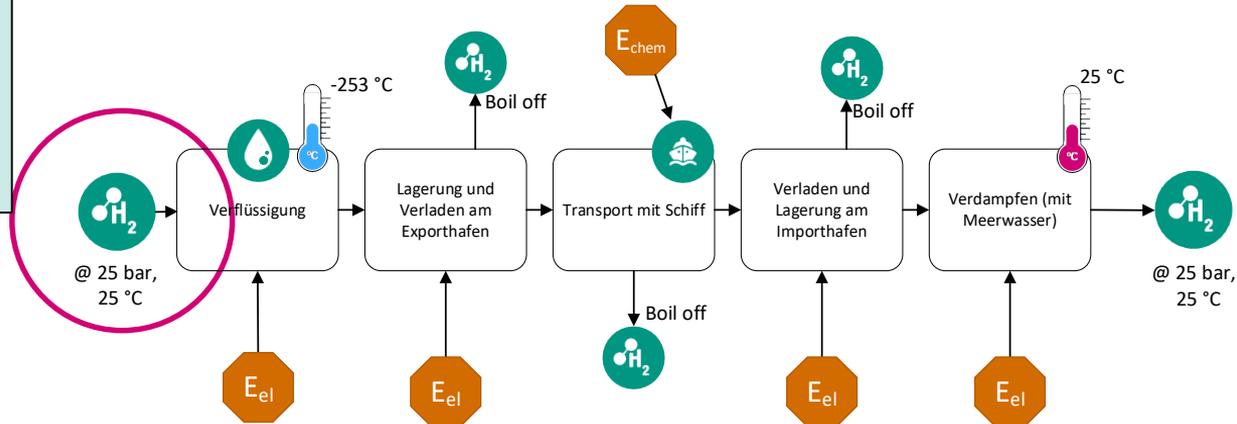
Wie viel H₂ kann im Importland verwendet werden?



Definition des Ausnutzungsgrades

$$\eta_{H_2, LHV} = \frac{\dot{m}_{H_2, aus} \cdot LHV_{H_2}}{\dot{m}_{H_2, ein} \cdot LHV_{H_2}}$$

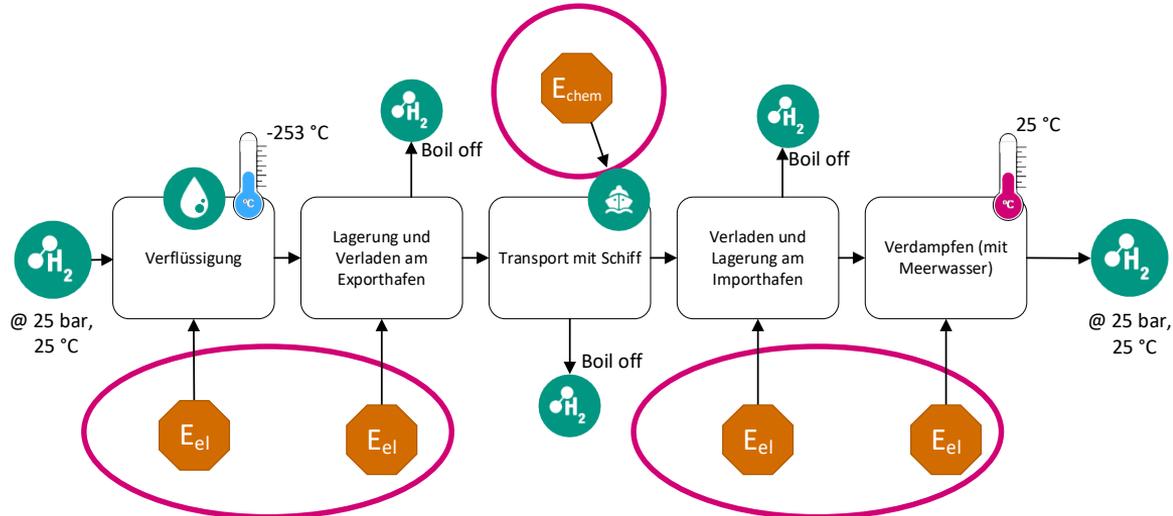
Wie viel H₂ wird im Exportland produziert?



Definition des Ausnutzungsgrades

$$\eta_{H_2,LHV} = \frac{m_{H_2,aus} \cdot LHV_{H_2}}{m_{H_2,ein} \cdot LHV_{H_2} + \sum E_{el,ein} + \sum E_{chem,ein}}$$

Was wird an chemischer oder elektrischer Energie zugeführt?



Betrachtung: Von H_2 zu H_2

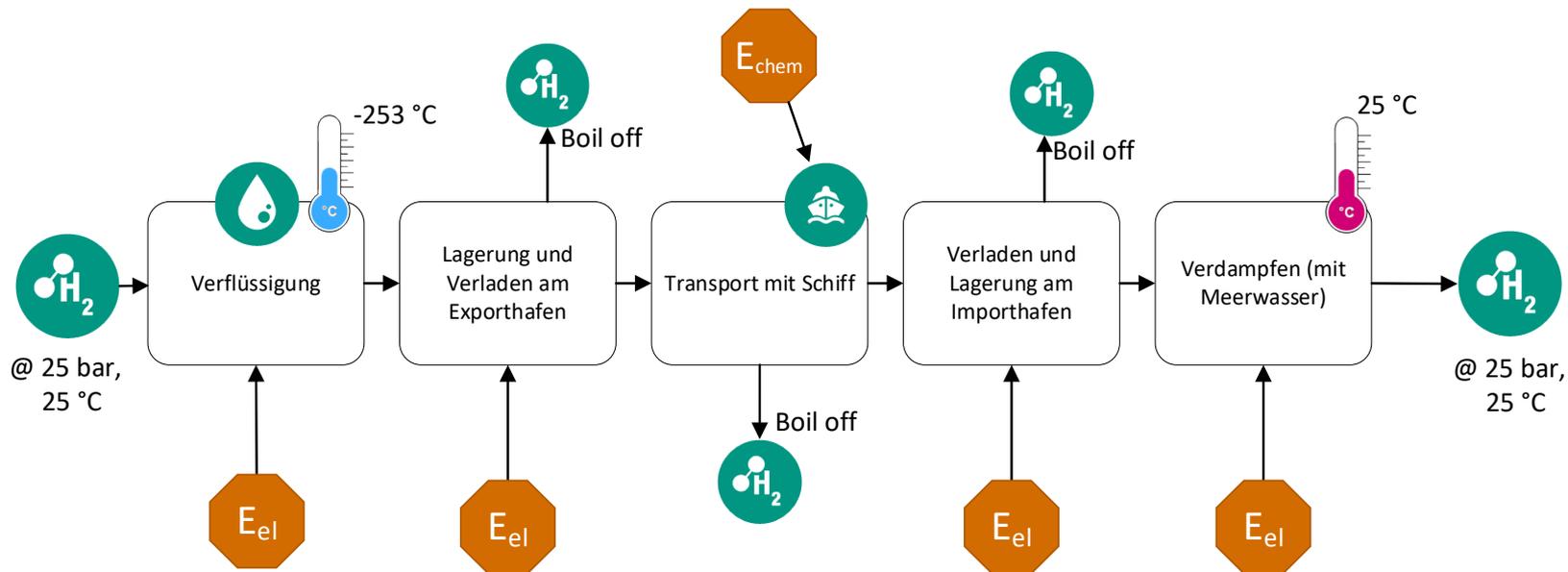


→ Wasserstoffproduktion ist nicht Gegenstand der Studie

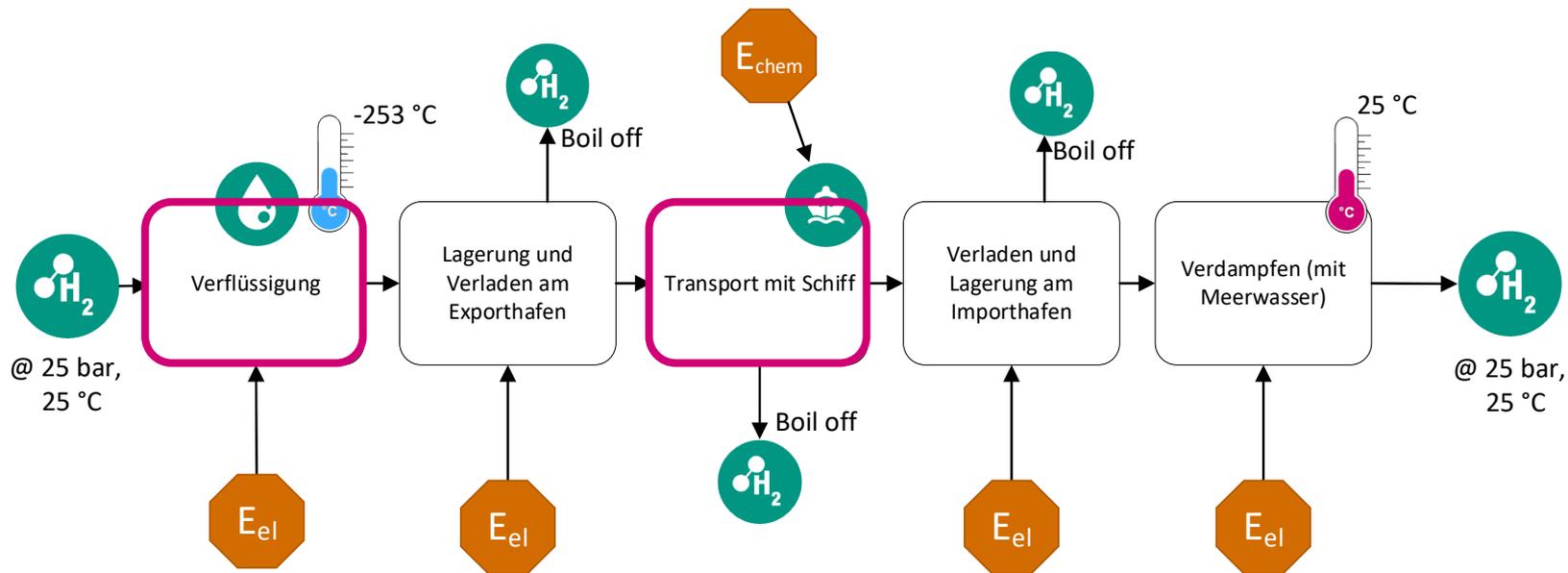
→ Für Methan und Ammoniak zusätzlich Direktnutzung betrachtet

→ Boil-off wird i.d.R rückverflüssigt

Flüssiger Wasserstoff (LH₂)

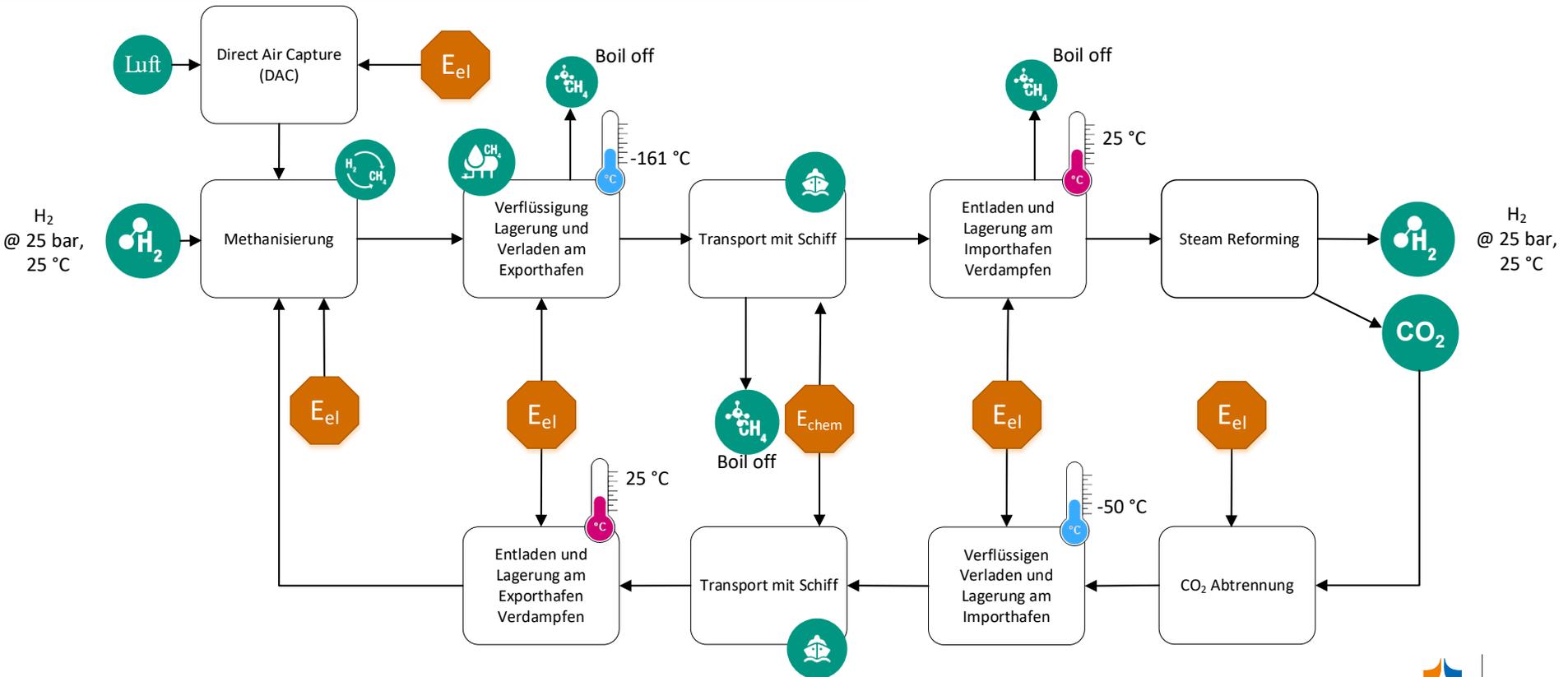


Flüssiger Wasserstoff (LH₂)

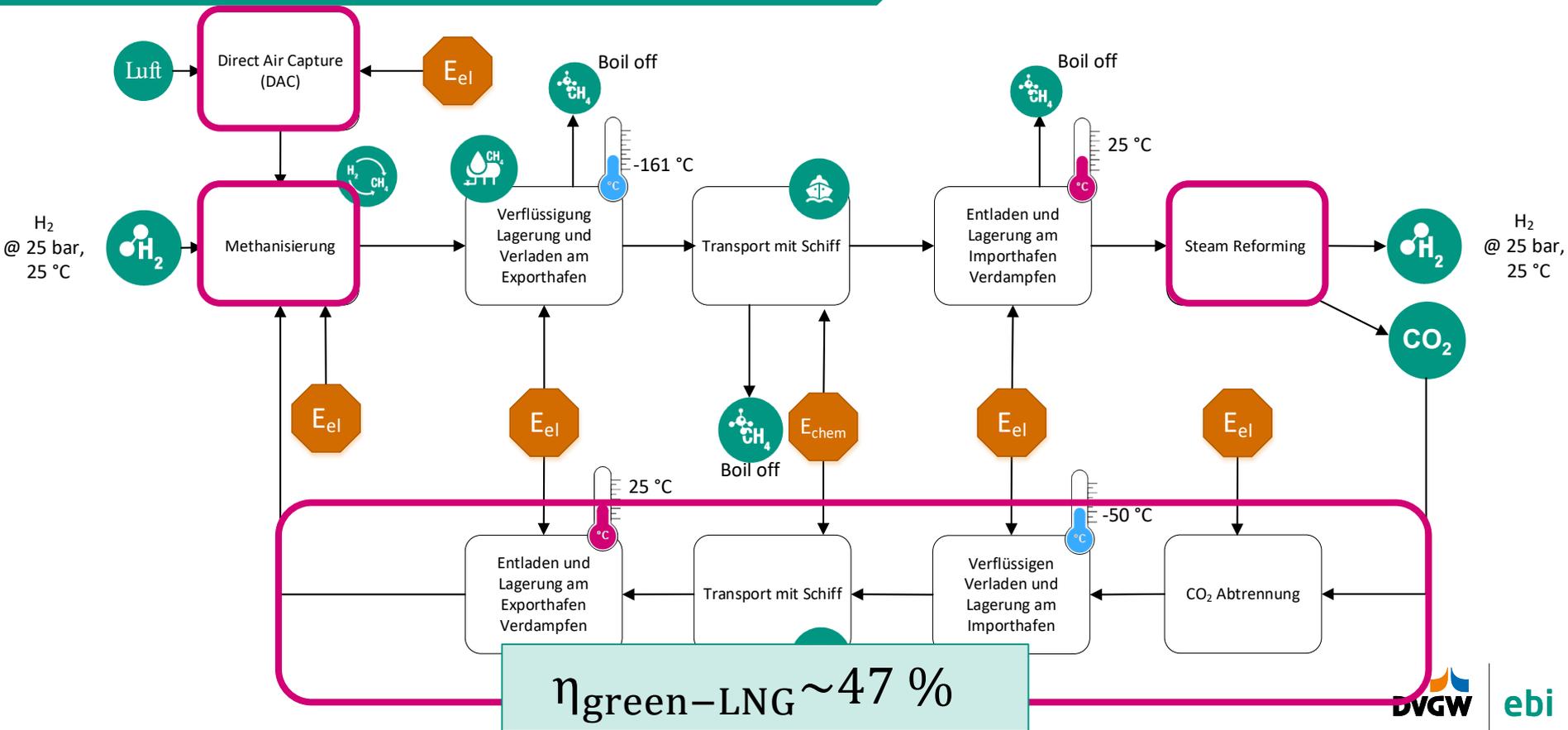


$$\eta_{\text{LH}_2, \text{Future}} \sim 74 \%$$

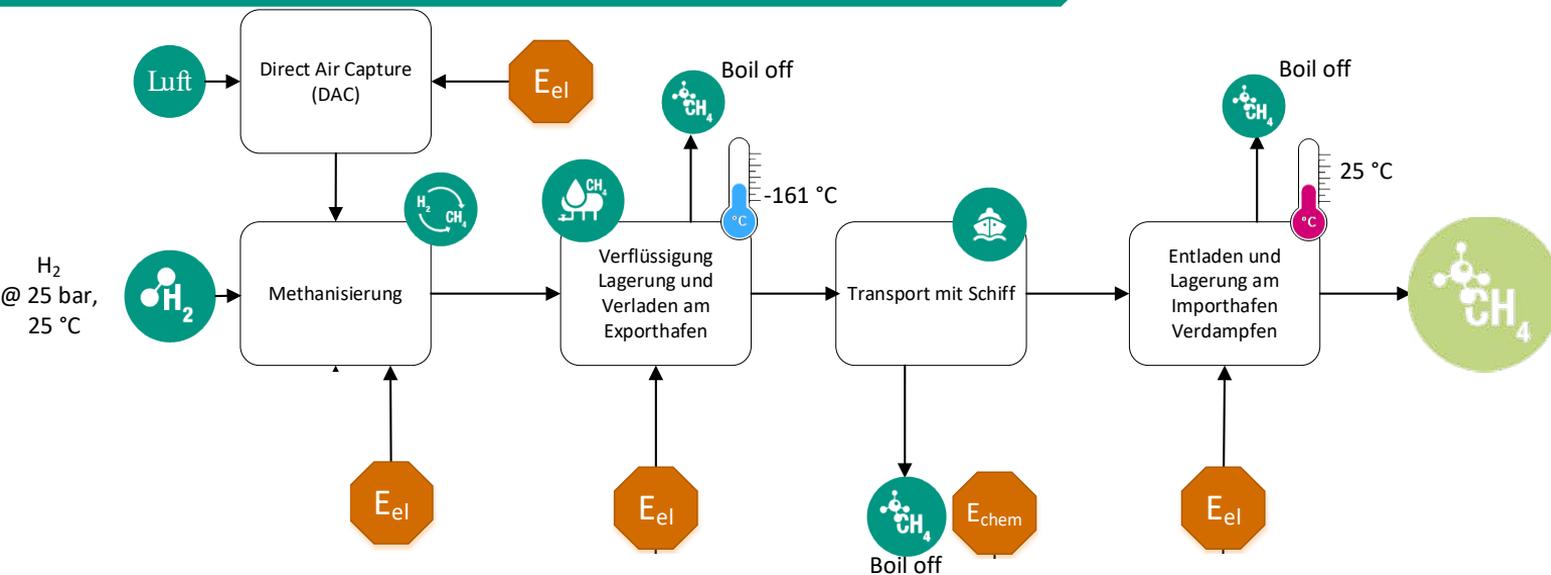
Flüssiges Methan (green LNG)



Flüssiges Methan (green LNG)

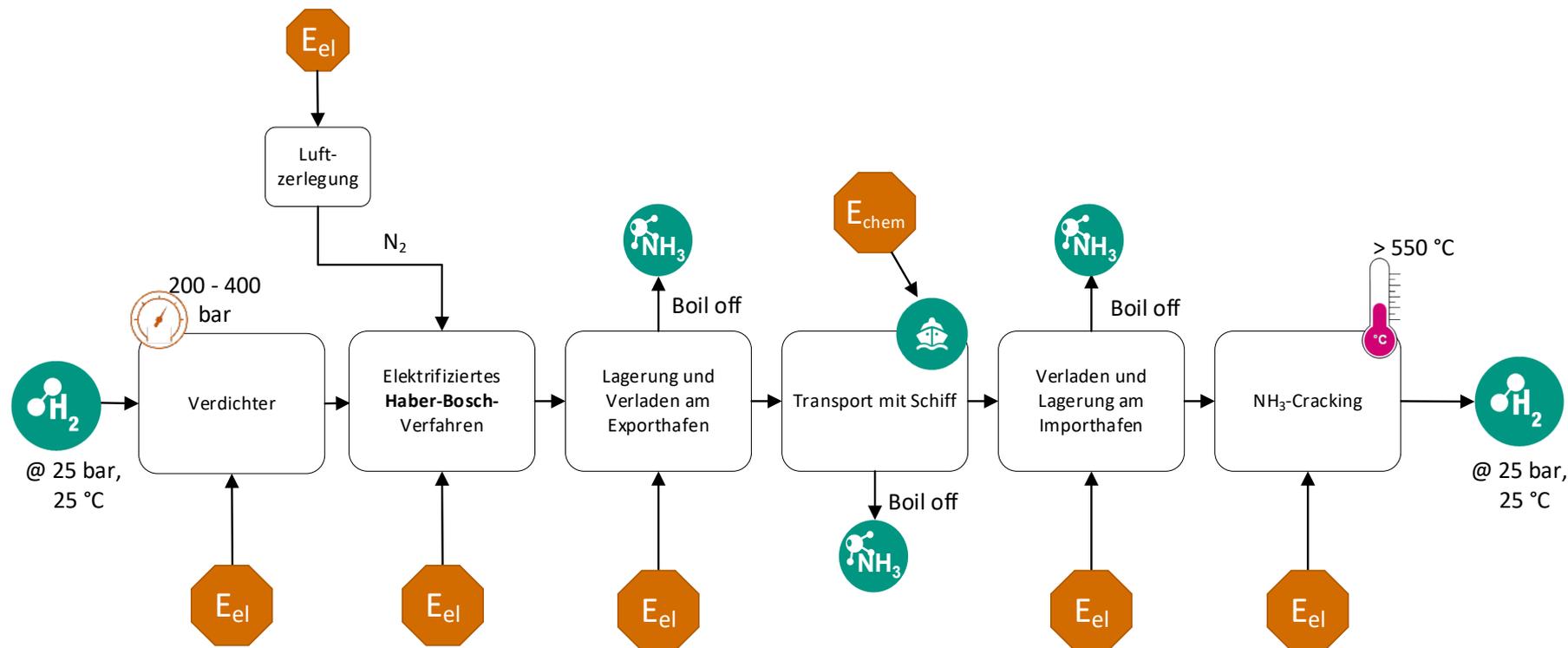


Flüssiges Methan (green LNG) - Direktnutzung

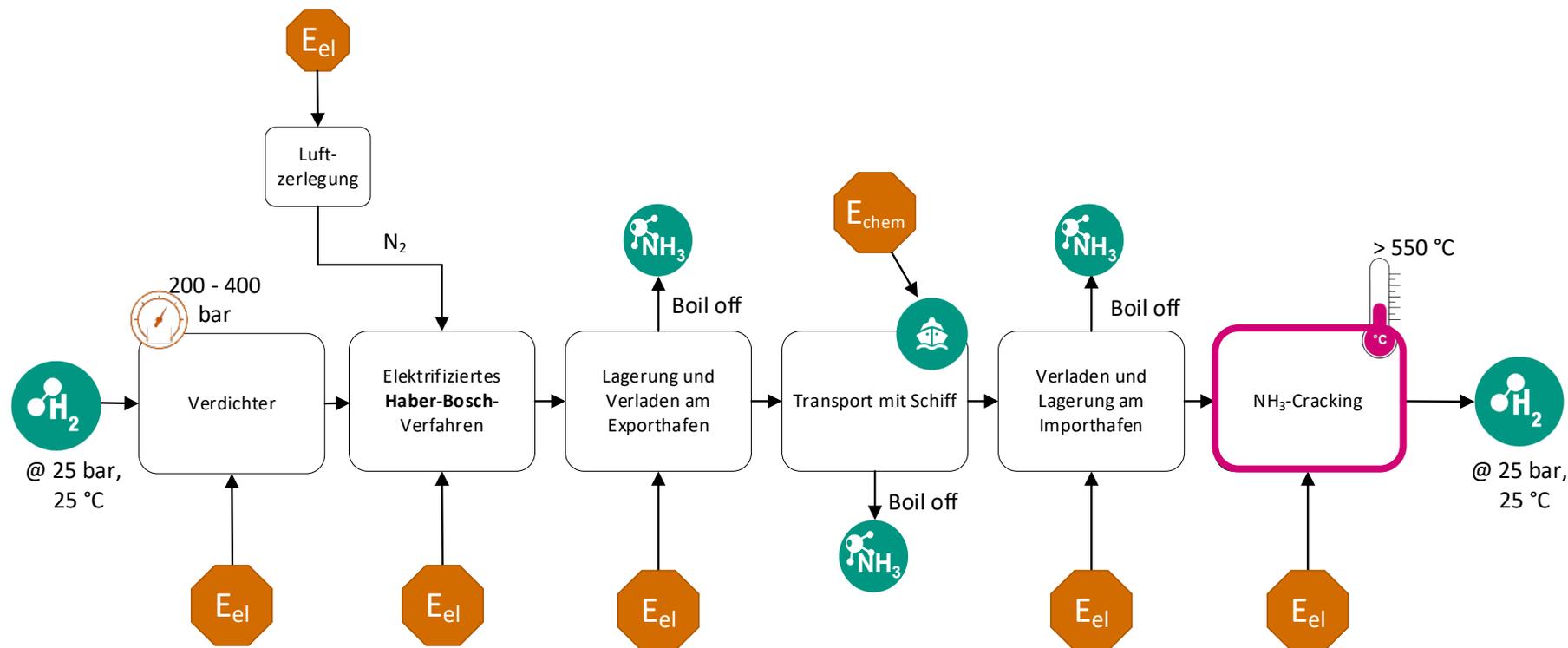


$$\eta_{\text{green-LNG}} \sim 56\%$$

Ammoniak (NH₃)

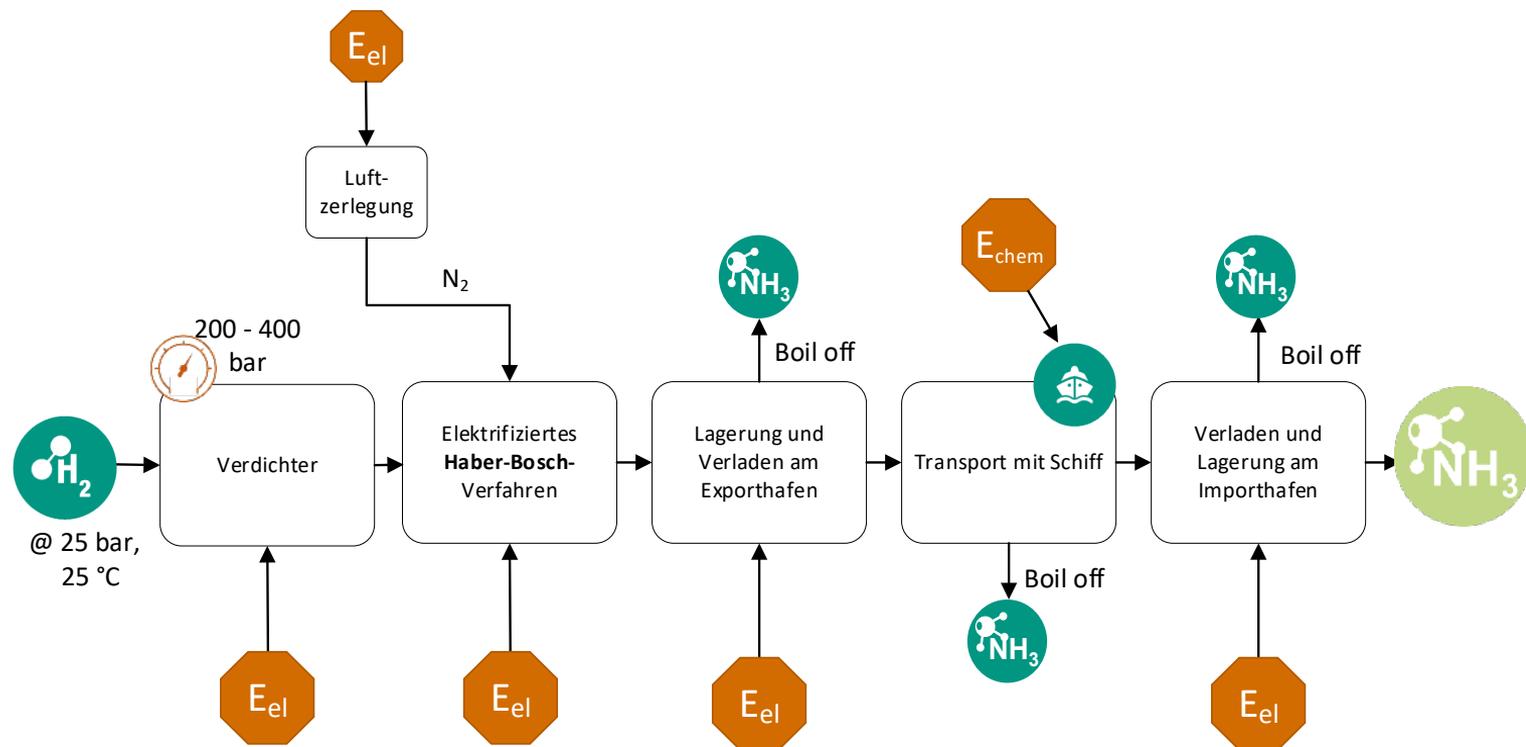


Ammoniak (NH₃)



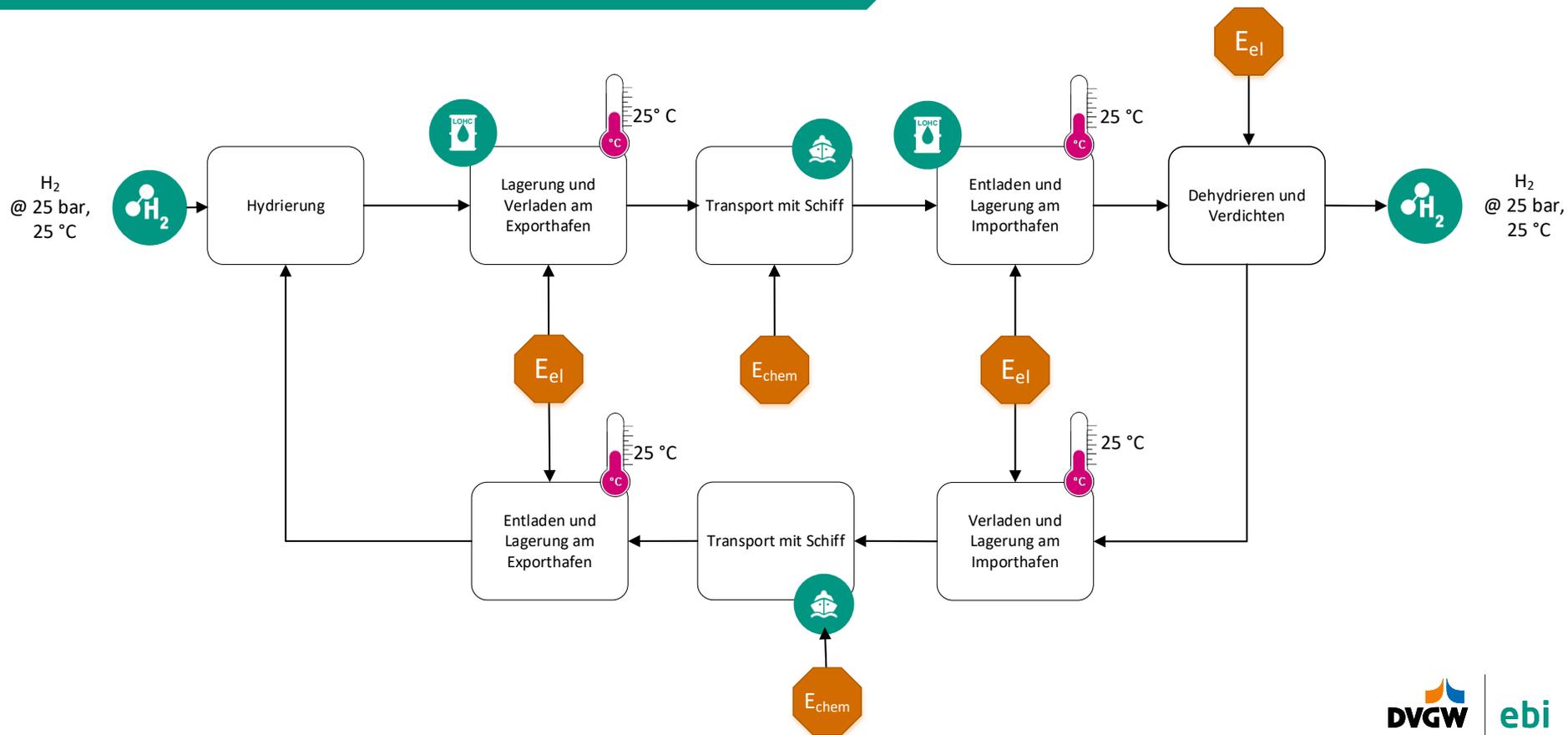
$$\eta_{\text{NH}_3} \sim 60 \%$$

Ammoniak (NH₃)

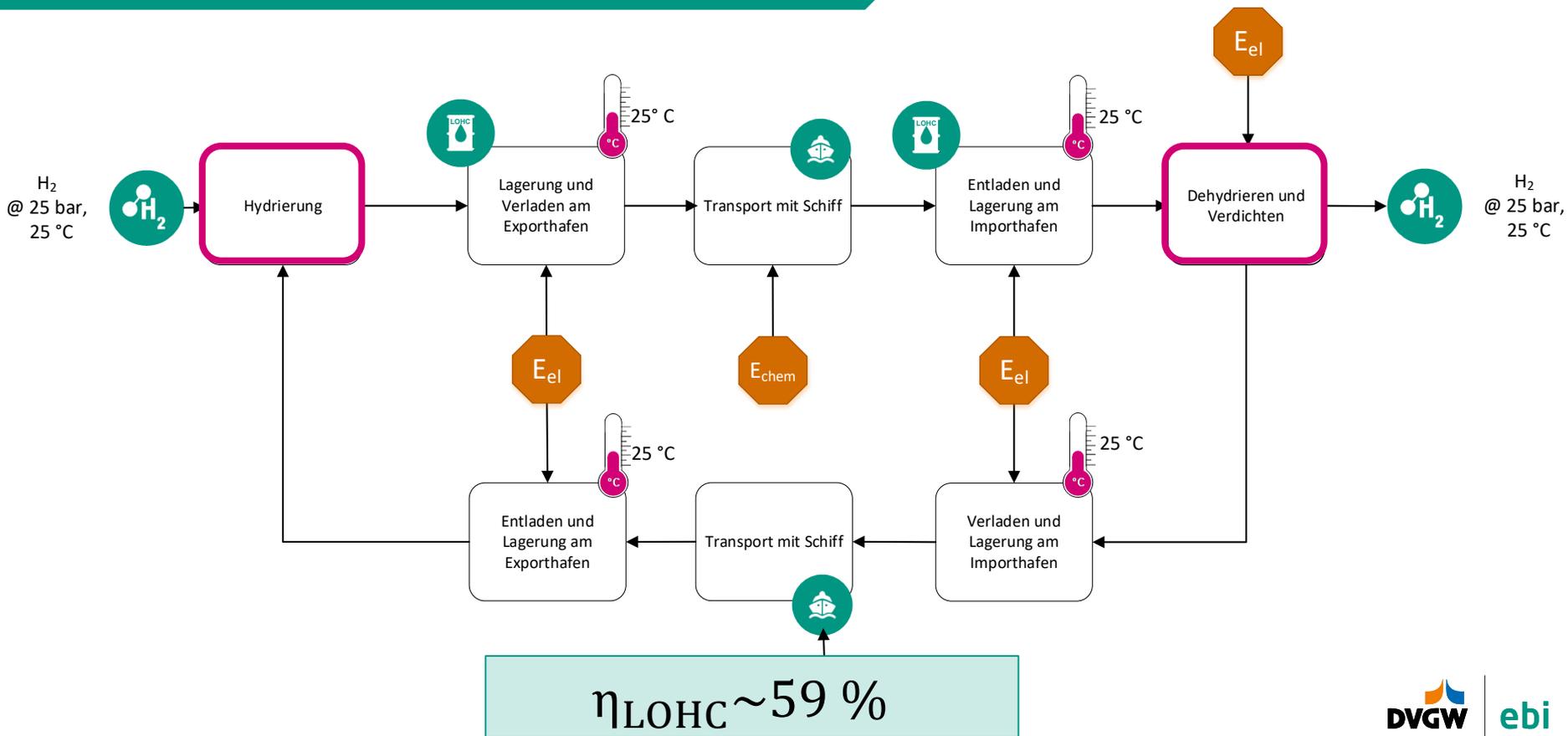


$$\eta_{\text{NH}_3} \sim 72 \%$$

Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)

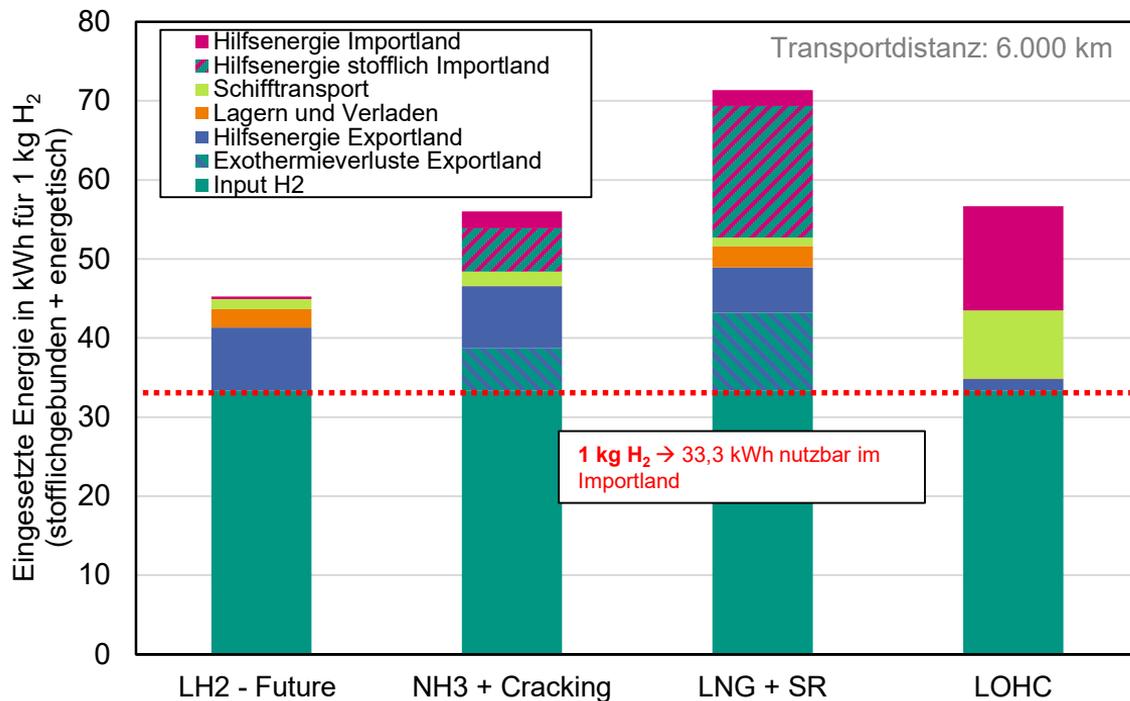


Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)



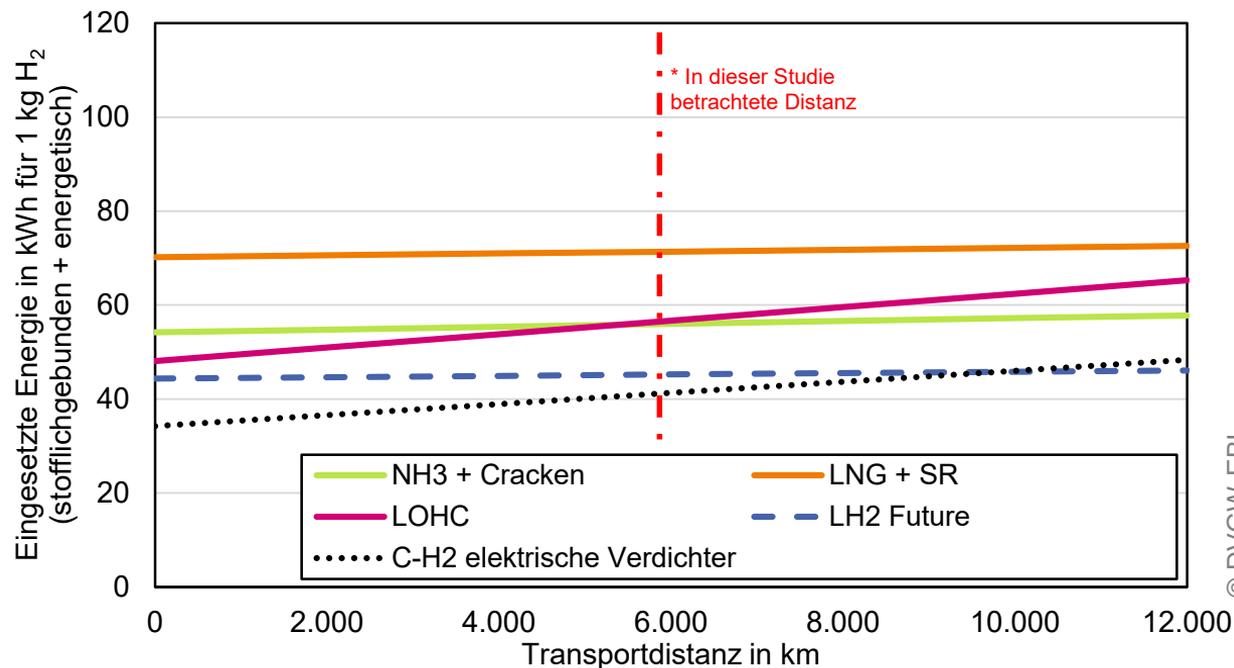
Zusammenfassung und Vergleich der Importoptionen

Benötigte Gesamtenergie um 1 kg H₂ zu importieren



© DVGW-EBI

Vergleich mit Pipelinetransport

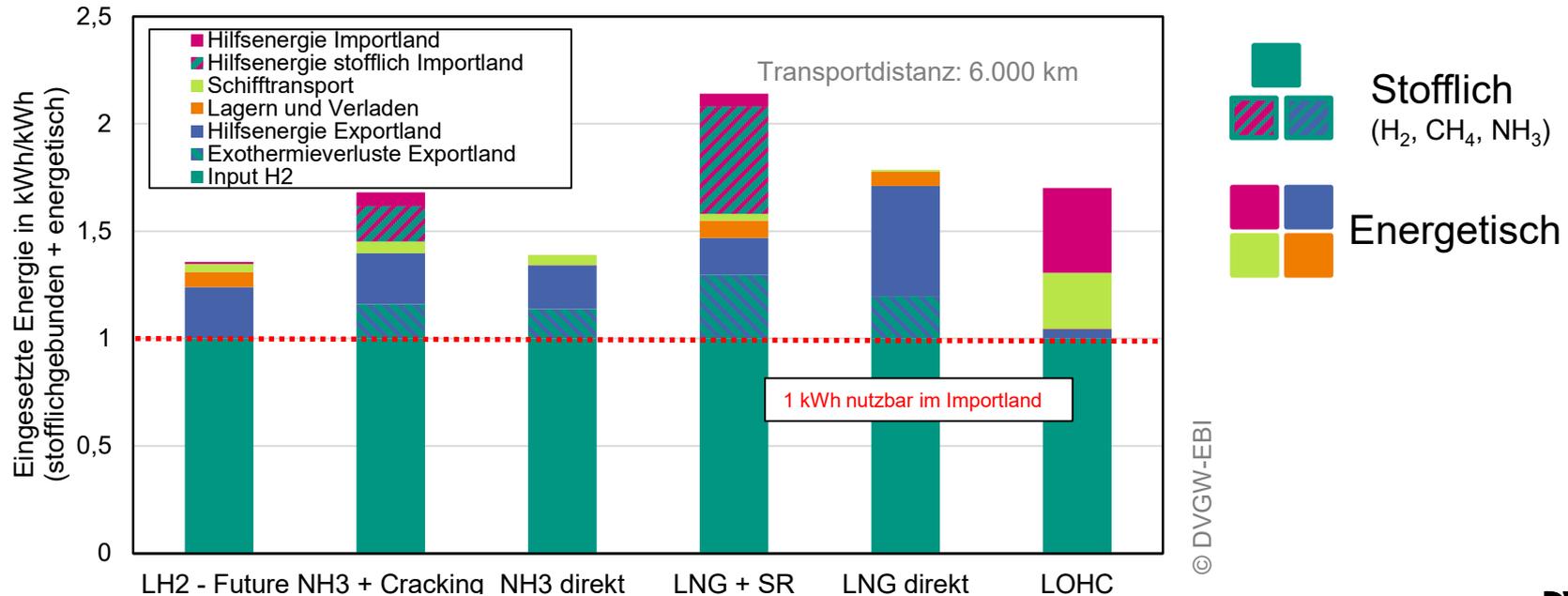


Pipelinetransport, wenn möglich, energetisch günstigere Option!

© DVGW-EBI

Zusammenfassung und Vergleich der Importoptionen

Eingesetzte Energie um 1 kWh eines Energieträgers zu importieren



Betrachten des Ausnutzungsgrades – reicht das?

Neben des Ausnutzungsgrad gibt es weitere Faktoren zur Bewertung der Importoptionen



TRL der Prozesskette



Infrastruktur

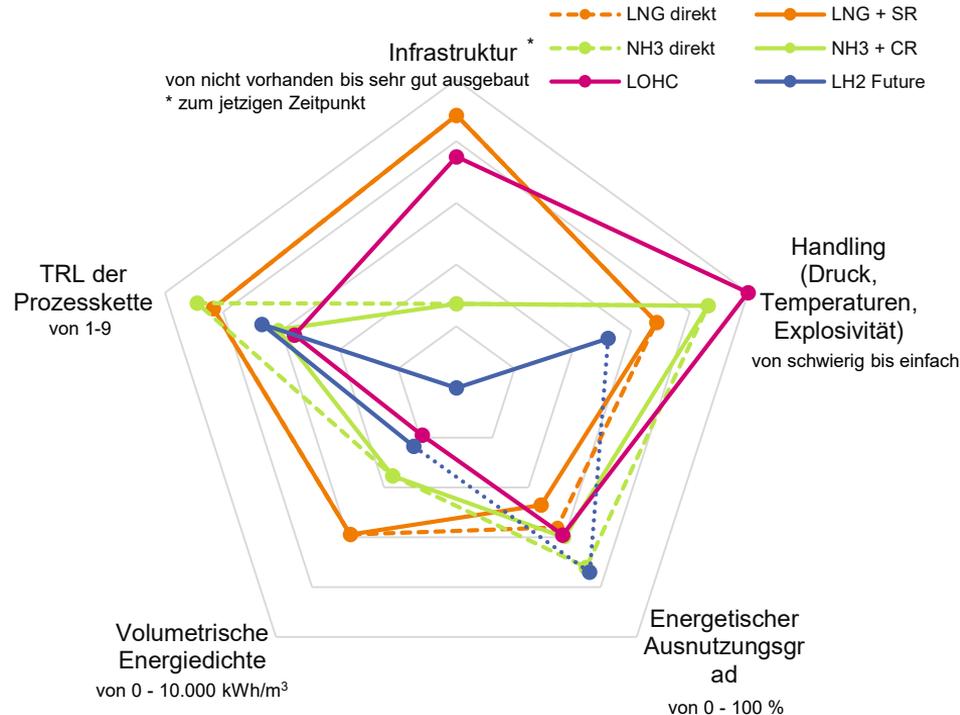


Handling der Energieträger



Volumetrische Energiedichte

Netzdiagramm der Importoptionen



© DVGW-EBI

Studie um weitere Energieträger erweitern:

 Methanol

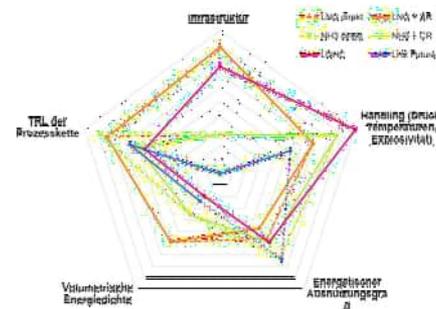
 Dimethylether

Projekte:

- TransHyDE – LNG-Terminals: zukunftsfähige und langfristige Nutzung, Umstellung auf H₂ und dessen Derivate

- ➔ Alle Transportoptionen enthalten Prozessschritte, die momentan **nicht kommerziell verfügbar** sind
 - LH2: Schifftransport, Verflüssigung
 - Green-LNG: CO₂-Transport/-Quellen
 - NH₃: NH₃-Cracking
 - LOHC: Hydrierung und Dehydrierung
- ➔ **Heute** am fortgeschrittensten: green-LNG
- ➔ Prozesskette mit **zukünftig** höchstem Ausnutzungsgrad: LH2

- ➔ Aussage über zukünftige Entwicklung (Markthochlauf etc.) nicht über technische Bewertung möglich



Fragen?

Christiane Staudt
0721 608-41282
staudt@dvgw-ebi.de
www.dvgw-ebi.de