Fortschritte bei der Wasserstoffverflüssigung von Linde

Die Zukunft kommt

Burkhard Zinzius, Lutz Decker

DKV 2022-Magdeburg, 17. November

Making our world more productive

Agenda

1. Verlagerung des Schwerpunkts
2. Neue Linde Anlagen zur Wasserstoffverflüssigung
3. Verbesserungen in Leuna (DE)
4. Wie weiter?

Verlagerung des Schwerpunkts
UN-Klimakonferenz in Paris 2015

PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11

Übereinkommen von Paris

Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 °C

→ Treibhausgasemissionen (CO_2, CH_4, N_2O, FCKWs) auf Null bis 2050

https://www.cleanpng.com/png-sustainable-development-goals-sustainability-unite-1326412/

Verlagerung des Schwerpunkts
Kraftstoffmarkt 2014

Fokus Verkehr

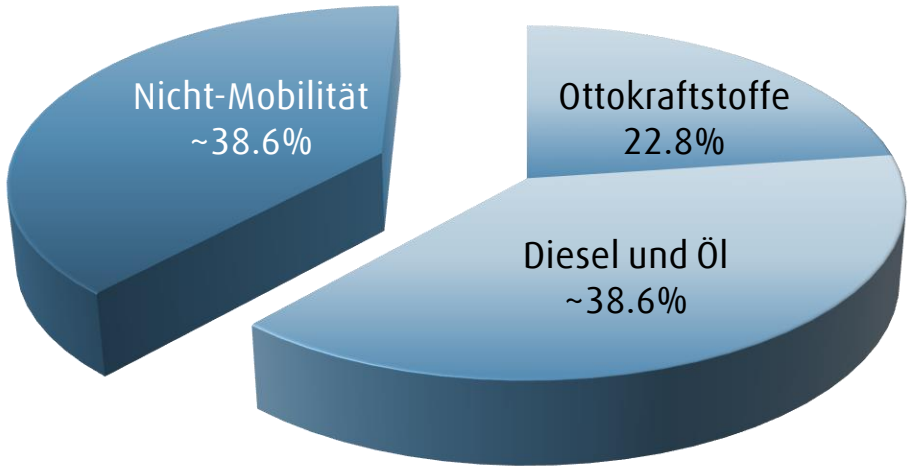
- CO_2-Emittent → muss ersetzt werden
- Markt → muss bedient werden
- Infrastruktur → muss angepasst werden

- Zeitraum: heute bis 2050

Wasserstoff als Energieträger/Kraftstoff!

6,6 Milliarden USD/Tag

Annahme 4 USD/Gallone



Quelle der Daten: The U.S. Energy Information Administration, TheGlobalEconomy.com

Annahme: Diesel und Öl zu 50 % als Treibstoff / 50 % für stationäre Anwendungen

Verlagerung des Schwerpunkts
Flüssigwasserstoff-Markt 1960+

1 Raketen-Treibstoff

Treiber	Energiedichte
Nachfrage	gering
Kapazität	bis 30 tpd*

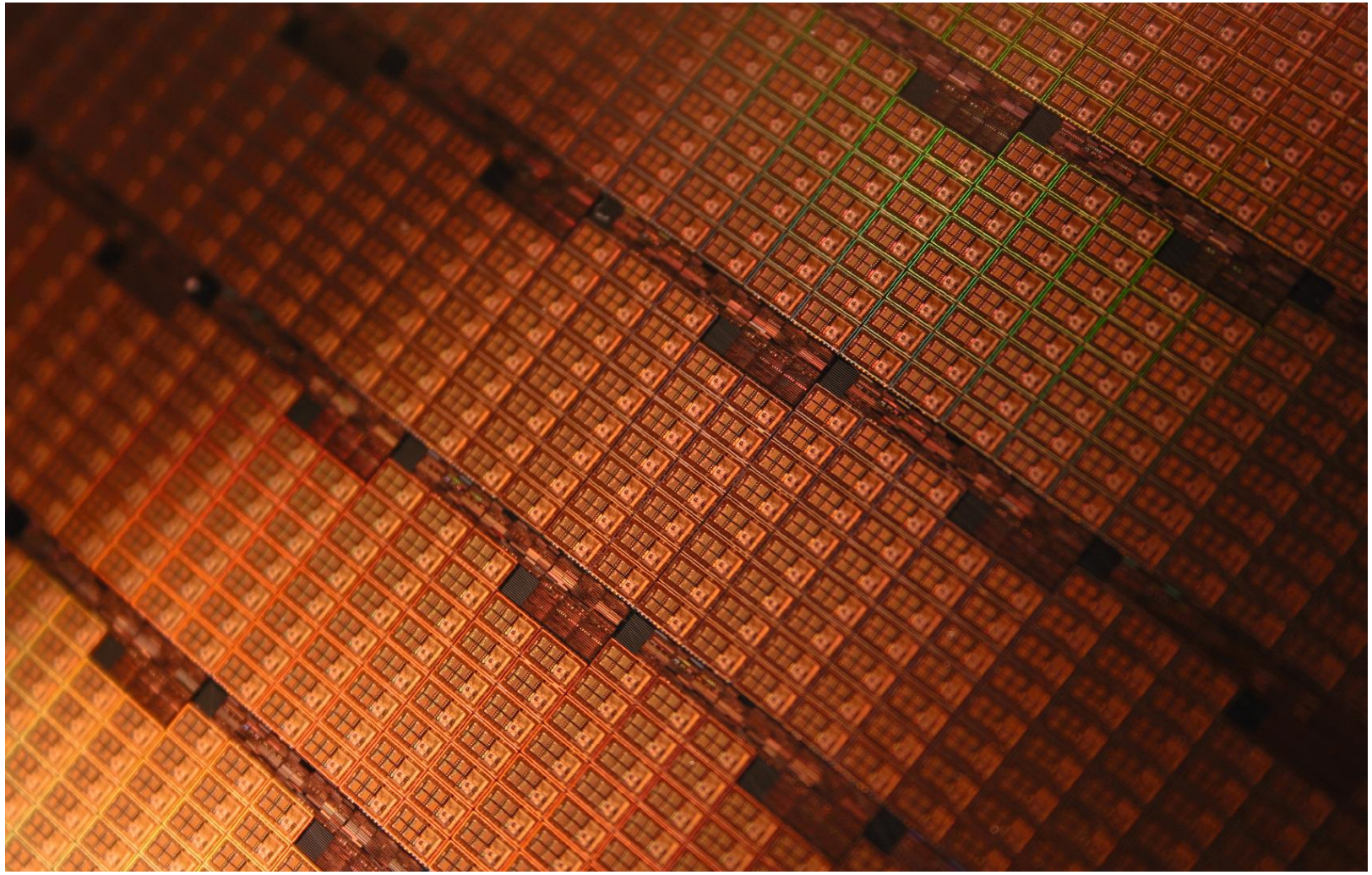
Source: The U.S. Energy Information Administration, TheGlobalEconomy.com

*tpd: tons per day / Tonnen pro Tag

Verlagerung des Schwerpunkts
Flüssigwasserstoff-Markt 1980+

2 Halbleiterindustrie

Treiber	Reinheit, Verteilung
Nachfrage	leichter Anstieg
Kapazität	bis 5 tpd



Verlagerung des Schwerpunkts
Flüssigwasserstoff-Markt 2015+

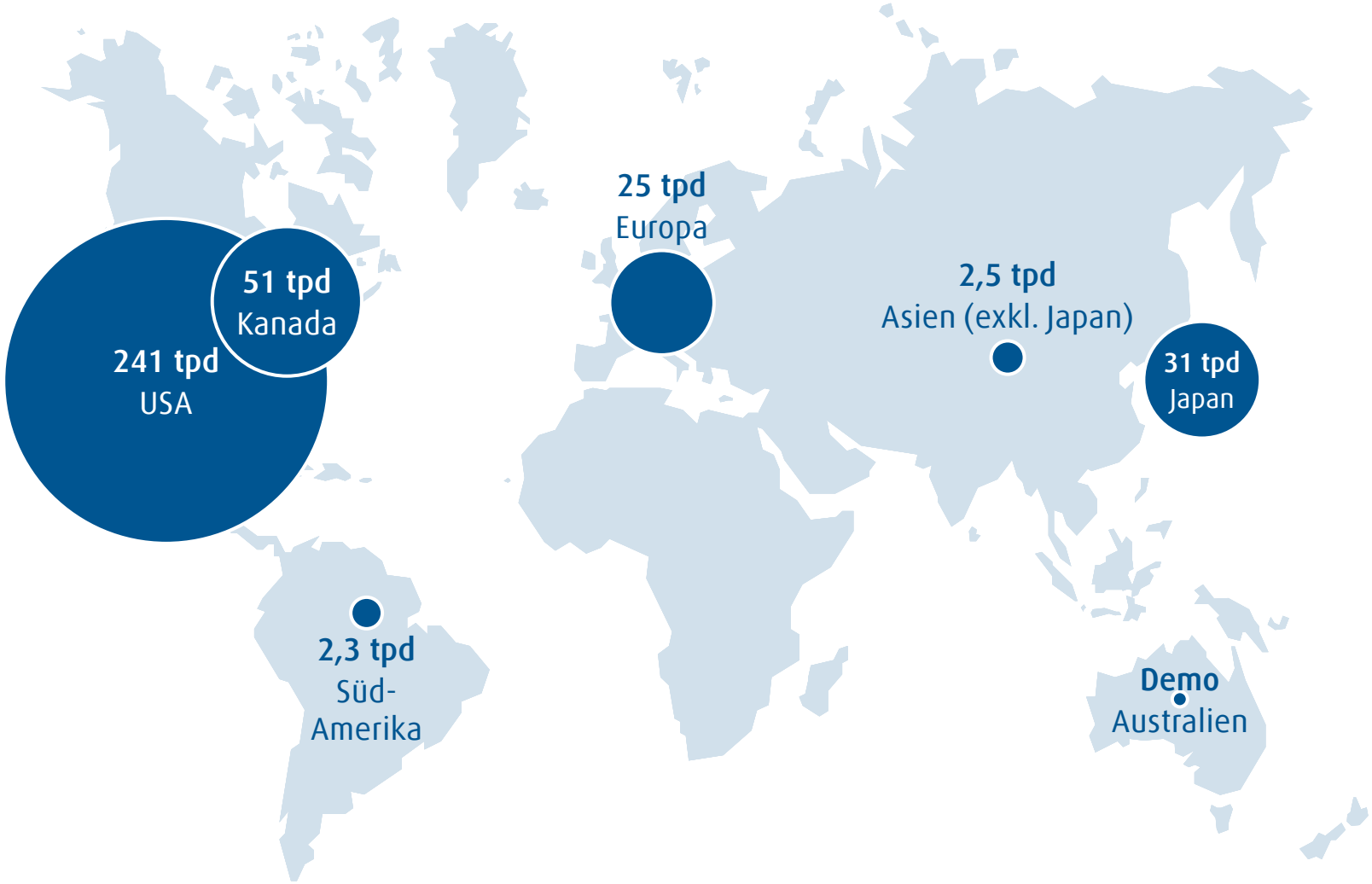
3 H_2-Mobilität

Treiber	Dichte, klimafreundlich
Nachfrage	exponentiell
Kapazität	20 bis 100+ tpd

Verlagerung des Schwerpunkts
Flüssigwasserstoff-Markt 2021

Installierte LH_2 Kapazität 2021:

Weltweit 353 tpd



Verlagerung des Schwerpunkts
Flüssigwasserstoff-Markt 2021

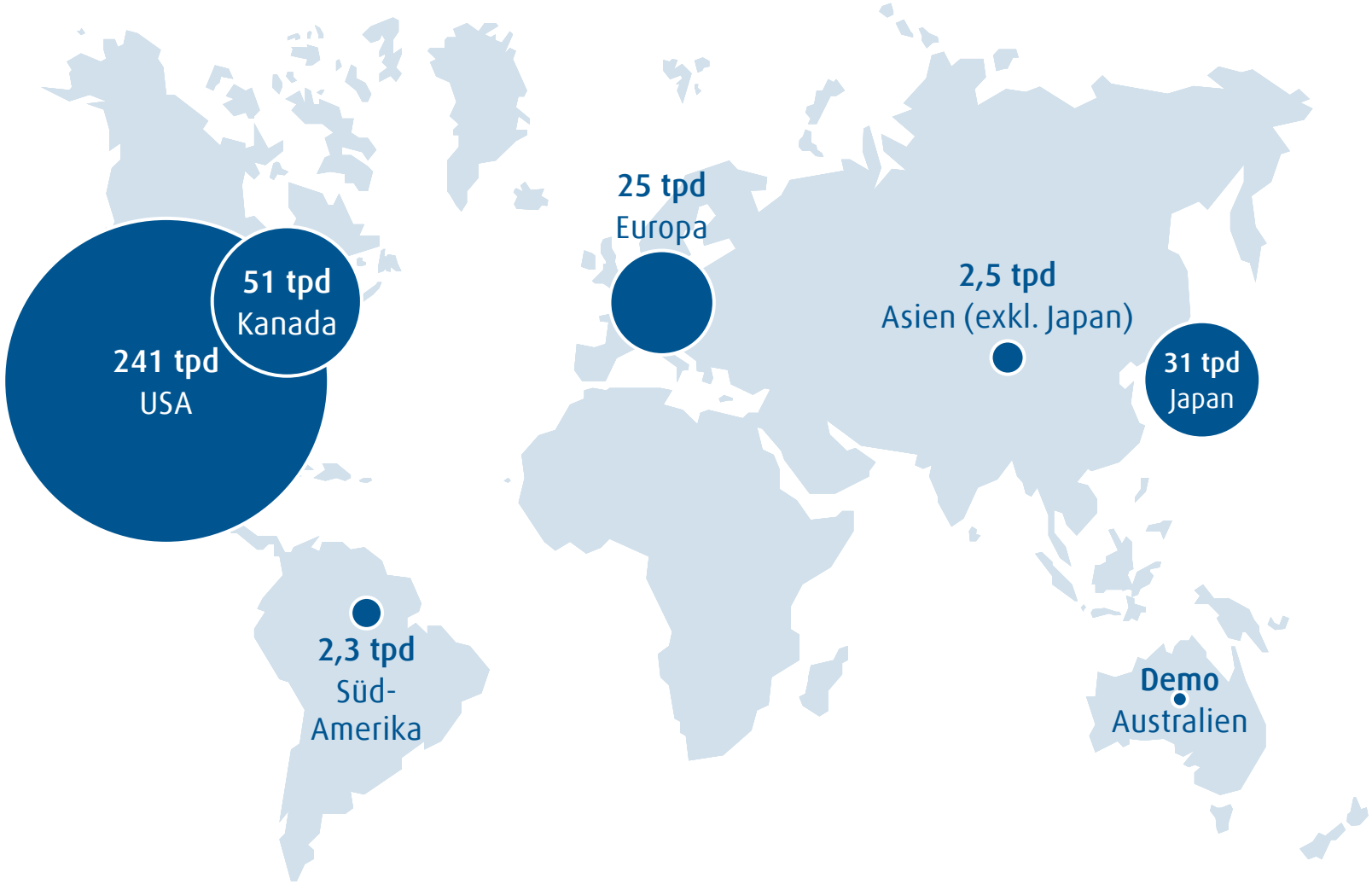
Installierte GH_2 Kapazität:

~2% des Kraftstoffmarkts

Volumetrische Energiedichte GH_2 zu gering für Mobilität

Installierte LH_2 Kapazität:

~1% des installierten GH_2-Marktes



Neue Linde Anlagen zur Wasserstoffverflüssigung
2020/2021

Australien

- Kleine Anlage
- Demonstration der LH_2-Lieferkette

0,25 tpd (He Brayton Kreisprozess)

Neue Linde Anlagen zur Wasserstoffverflüssigung
2020/2021

Leuna (Deutschland)

- mittlere Kapazität
- zweite Anlage am Standort
  - gesteigerter Wirkungsgrad
  - reduzierte Gesamtkosten
  - grüner Wasserstoff

5 tpd (H_2 Claude Kreisprozess)

Neue Linde Anlagen zur Wasserstoffverflüssigung
2020/2021

LaPorte, Texas (USA)

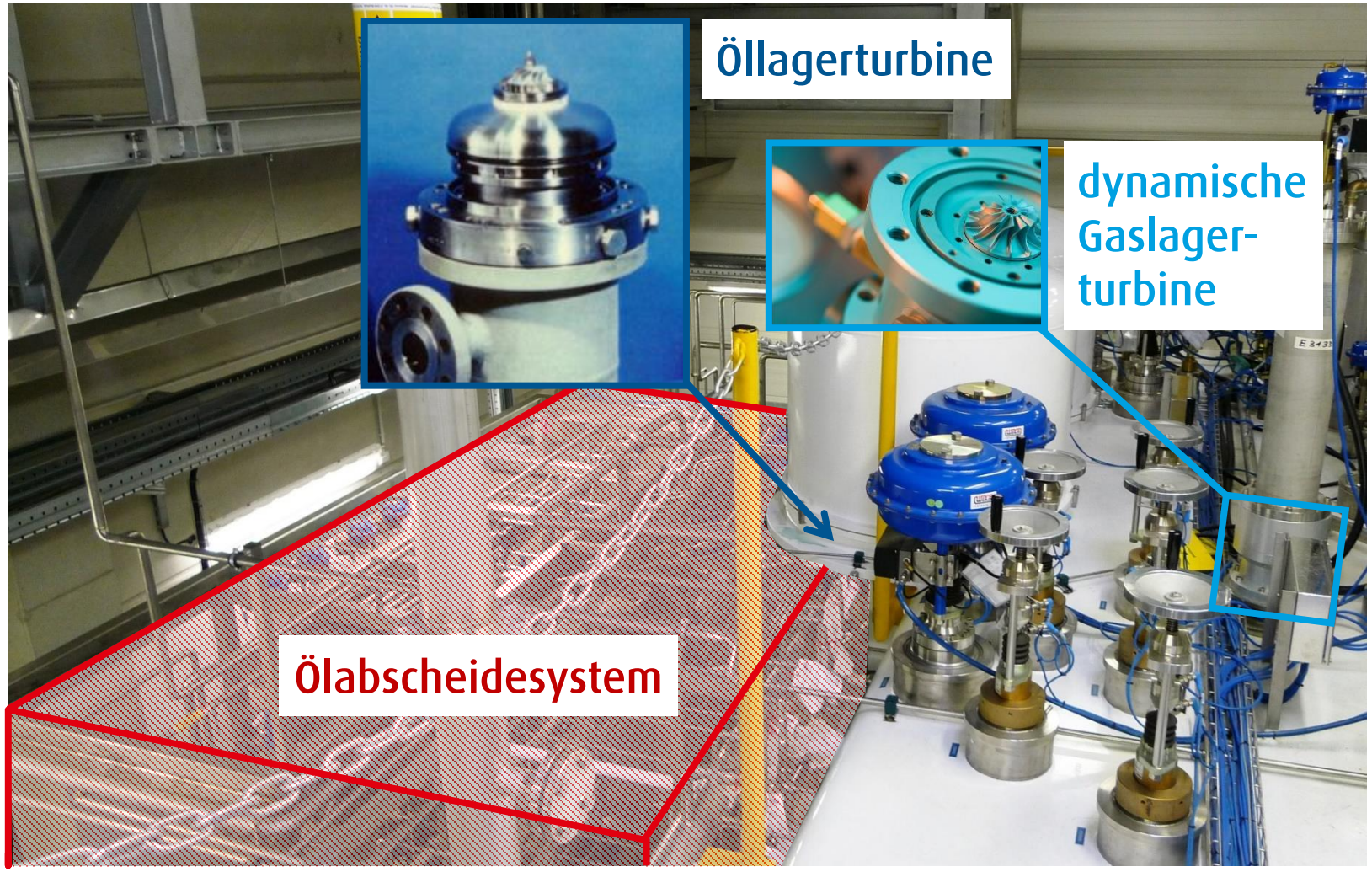
- große Kapazität
- Öllagerturbinen

32 tpd (H_2 Claude Kreisprozess)

Verbesserungen in Leuna (DE)

LEUNA05

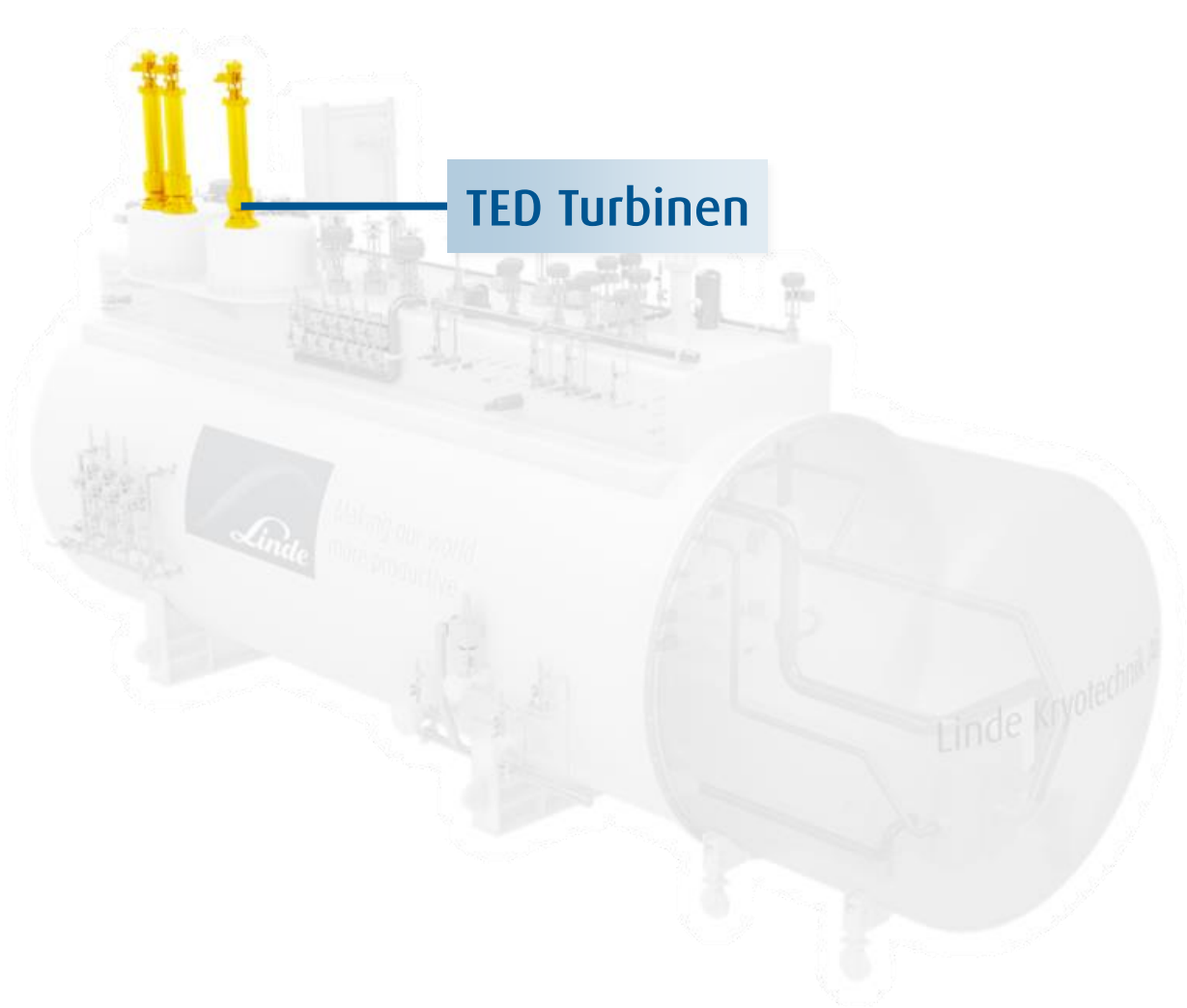
- 3 Öllagerturbinen (OBT)
- Ölabscheidesystem
- 1 dynamische Gaslagerturbine (TED) zur Demonstration
  - erfolgreicher Betrieb mit 1 TED and 2 OBTs
  - erhöhte Verfügbarkeit in 2008



Verbesserungen in Leuna (DE)

LEUNA18

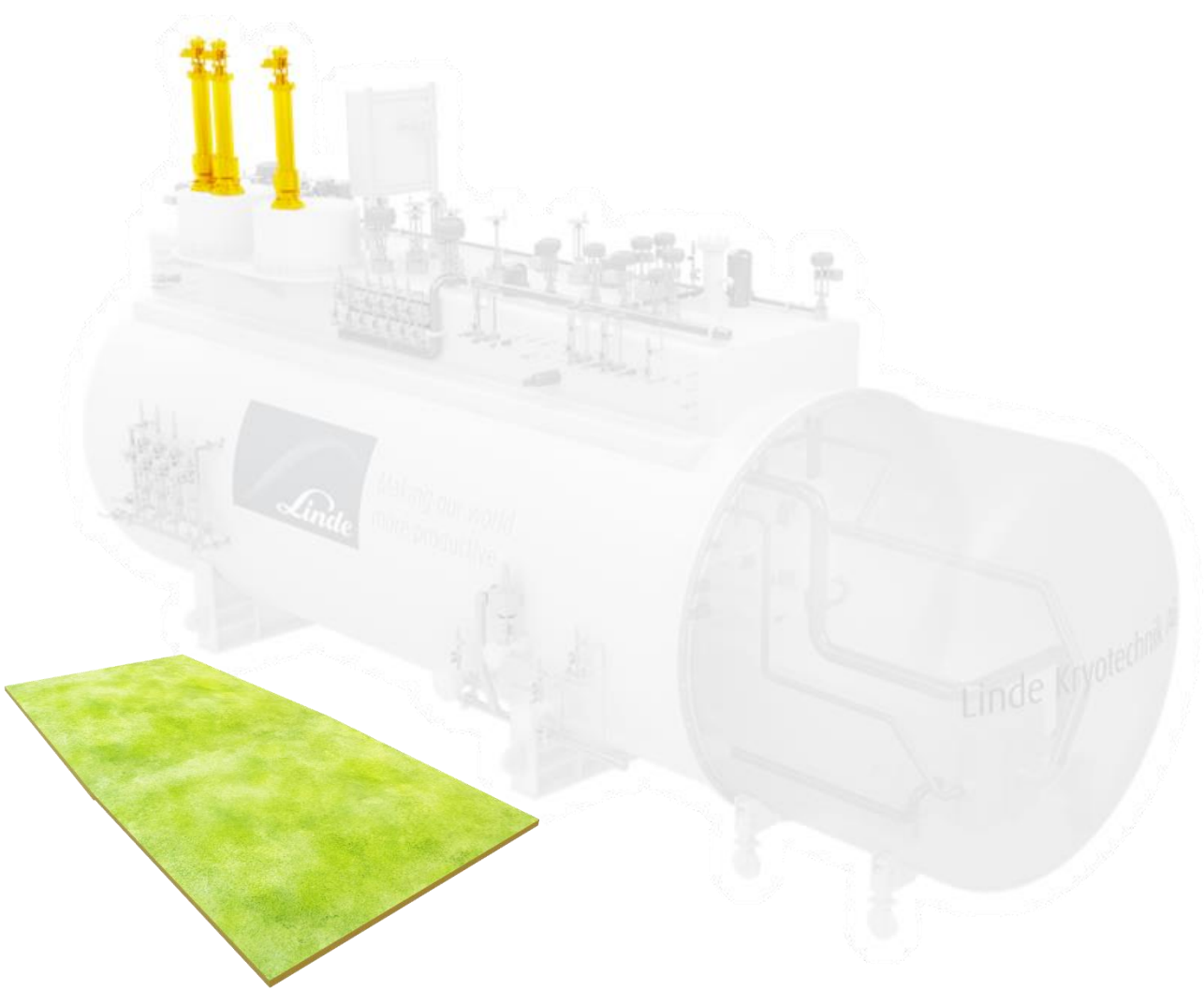
- 3 dynamische Gaslagerturbinen TED45
  - gesteigerte Anlagenkapazität
  - reduzierte Investitionskosten
  - Senkung des spezifischen Energieverbrauchs um 24 % (< 80 K) [16 % (gesamt)]
  - höchster Gesamtwirkungsgrad in 2021
  - höchste Verfügbarkeit in 2021



Verbesserungen in Leuna (DE)

LEUNA18

- Kein Ölabscheidesystem
  - reduzierter Platzbedarf
  - reduzierte Investitionskosten
  - ohne Verschmutzungsrisiko durch Ölunfall (Prozess/Umgebung)



Verbesserungen in Leuna (DE)

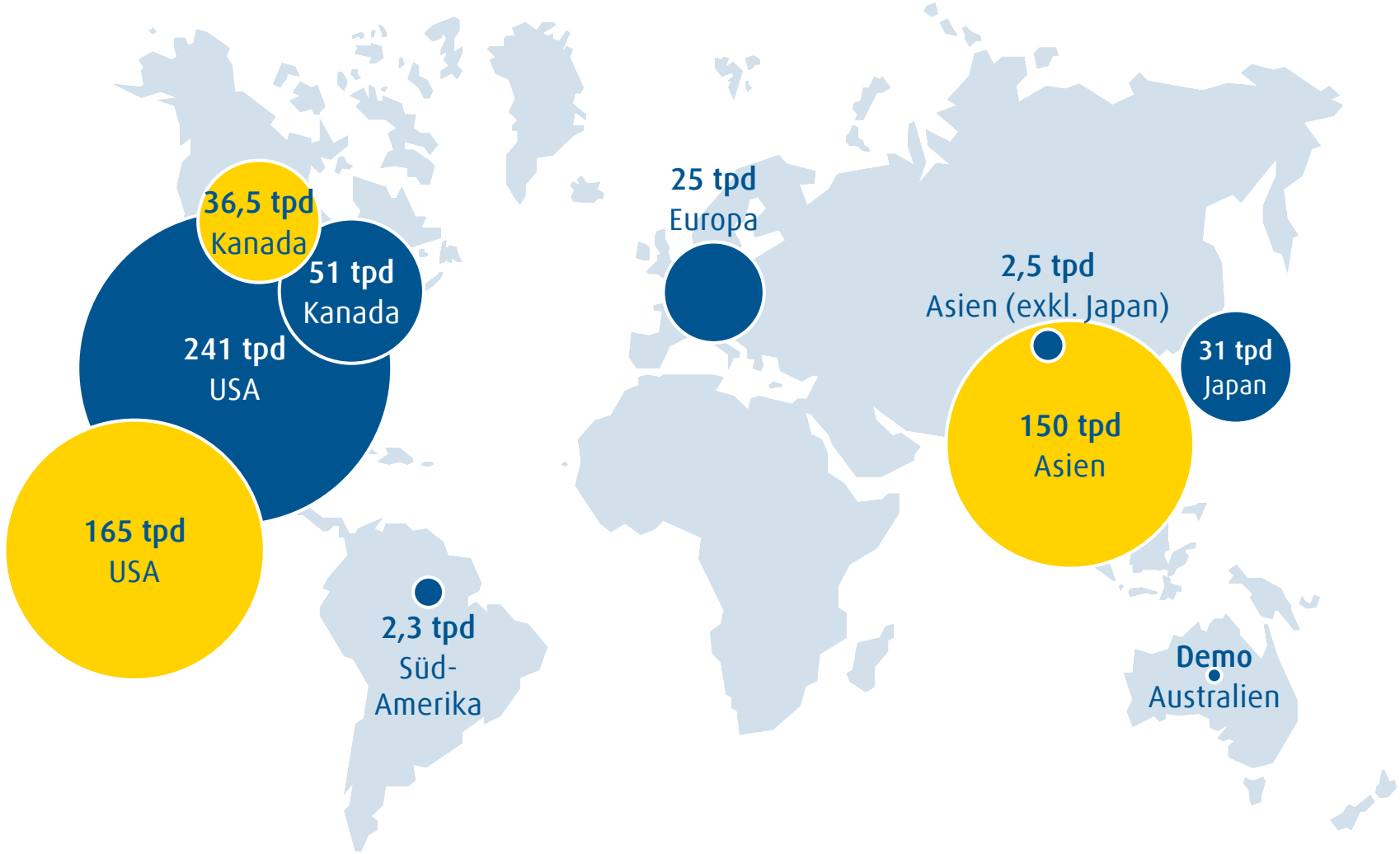
LEUNA18

- H_2 aus neuinstalliertem Elektrolyseur 24 MW
- derzeit weltweit größter PEM-Elektrolyseur im Bau
- Strom aus erneuerbaren Energien
  - weltweit erster grüner Flüssigwasserstoff

Wie weiter?
Ankündigungen für 2022 bis 2025

Amerikas	+	70 %
Asien	+	450 %
Europa	+/−	0 % ...
total	+	**100 %**

Verfügbare LH_2-Kapazität aller Anbieter weltweit



Wie weiter?
Neue Linde Anlagen zur Wasserstoffverflüssigung

Südkorea

- 15 tpd
- basierend auf der LEUNA18-Technologie
- TED45
- standardisierte Anlage
- Inbetriebnahme in **2023**

USA

- 3 x 15 tpd
- standardisierte Anlagen
- Inbetriebnahme in **2023**

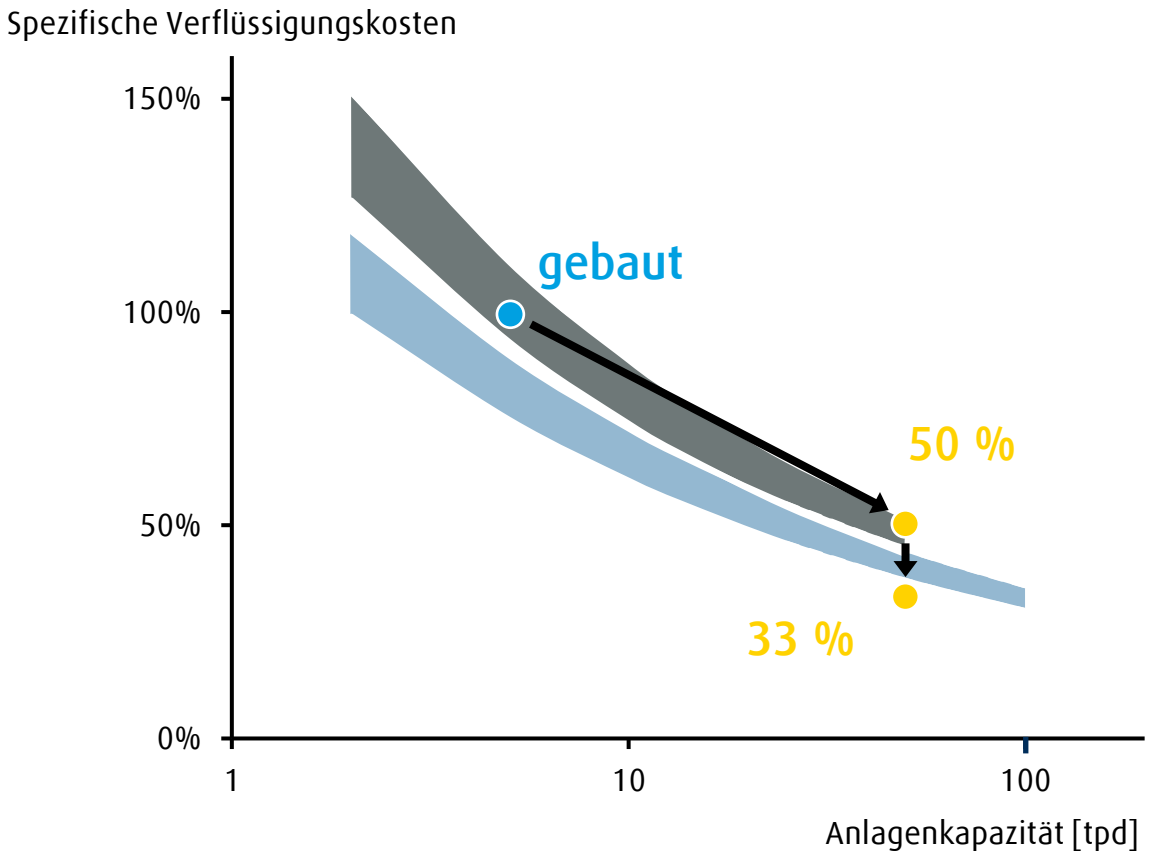
Wie weiter?
Zukünftige Anlagen zur Wasserstoffverflüssigung

Entwicklung vom Nischenmarkt zum „Commodity Market“

- **Vergrösserung der Anlagenkapazität**
  z. B. 5 tpd → 50 tpd

- **Weiterentwicklung felderprobter Technologie**
  11.7 kWh/kg → 8 kWh/kg*

- **Entwicklung von „fehlenden Komponenten“ der Lieferkette**
  - Beladungsinfrastruktur
  - Lager- und Transportkapazitäten



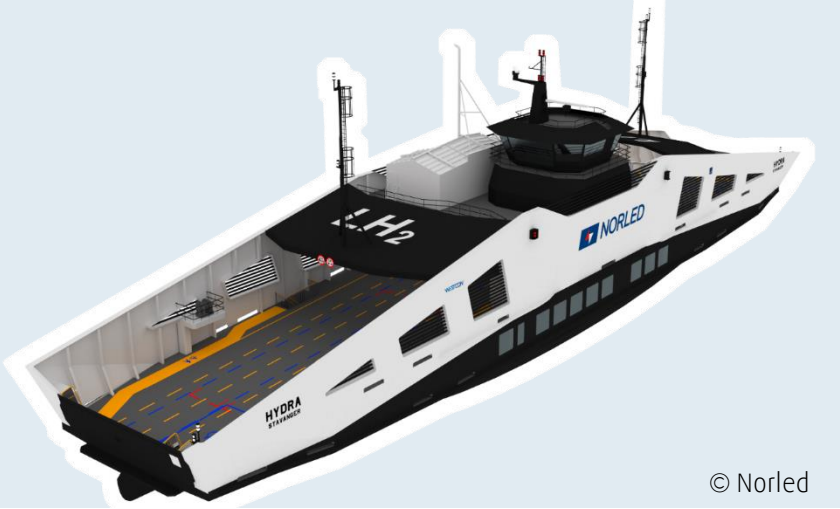
*First generation technology: 15 kWh/kg

0,25 tpd bis 500 tpd

Wie weiter?
Flüssigwasserstoff-Markt 2023+

3	Schwerlast-Mobilität
Treiber	Dichte, klimafreundlich
Nachfrage	exponentiell
Kapazität	20 bis 100+ tpd

© Airbus



© Norled

© Mercedes-Benz

Wie weiter?
Flüssigwasserstoff-Markt 2027+

4 Energieträger

Treiber	Dichte, klimafreundlich
Nachfrage	exponentiell
Kapazität	100+ tpd

- Klimaschutz (Paris Übereinkommen 2015) nicht nur Mobilität, sondern im gesamten Energiemarkt
- Energieimport aus sicheren und stabilen Ländern
- Neue Geschäftsmodelle für Länder mit hohem Potential an Wind-/Sonnenenergie / Wasserkraft

© Kawasaki Heavy Industries, Ltd.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Linde Kryotechnik AG
Dr. Burkhard Zinzius
Tel +41 52 3040515
burkhard.zinzius@linde-kryotechnik.ch
www.linde-kryotechnik.ch

Making our world more productive