



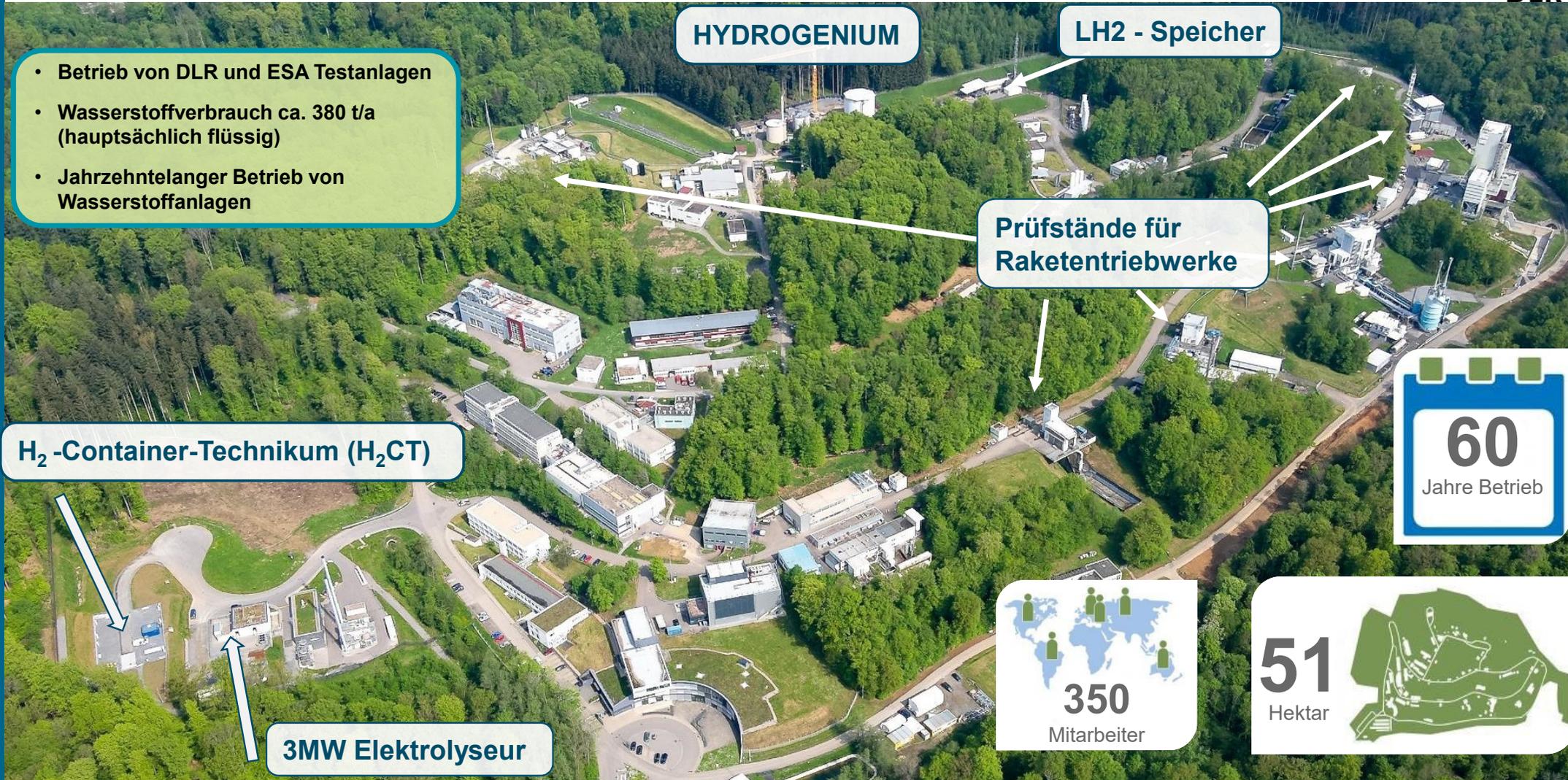
# ZERO EMISSION UPDATE: EINBLICKE IN DIE INBETRIEBNAHME DES H2CT UND ERSTE ERGEBNISSE

Wasserstofftag, Juni 2025

Jan Haemisch, Raumfahrtantriebe, Angewandte Wasserstofftechnologien



# Standortübersicht



# Standortübersicht



1,5km Pipeline  
- 30 bar  
- 300 bar

# Neues Wasserstoff Areal



Elektrolyse  
(Verflüssiger)

H2CT inkl.  
kryo-Erweiterung



# Neues Wasserstoff Areal



Elektrolyse



# Zero Emission – Elektrolyseur



Quelle: Hydrogenics / Accelera by Cummins

## Zubau Elektrolysekapazitäten

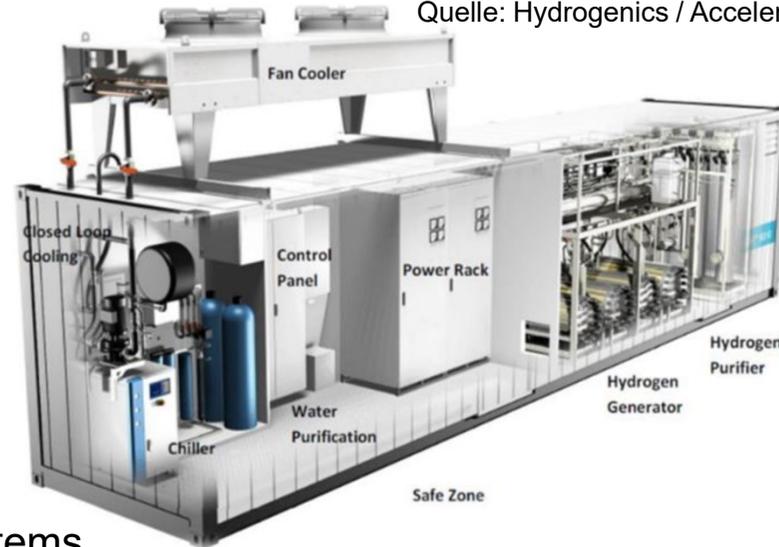
- Beschaffung eines weiteren Elektrolyseurs
- Elektrische Anbindung an den Windpark

## H<sub>2</sub>-Transfer- & Versorgungssystem

- Planung und Bau eines neuen Leitungssystems zum Anschluss der Elektrolyseure and das H<sub>2</sub>-Container-Technikum, die BHKWs sowie die zentrale Standort-Medienversorgung

## Verflüssigung

- Zusätzliche Versorgung der Prüfstände mit circa 140 Tonnen Flüssigwasserstoff pro Jahr



### Elektrolysekapazitäten:

ZEAG Energie AG: 0,9 MW

100 Tonnen H<sub>2</sub> pro Jahr

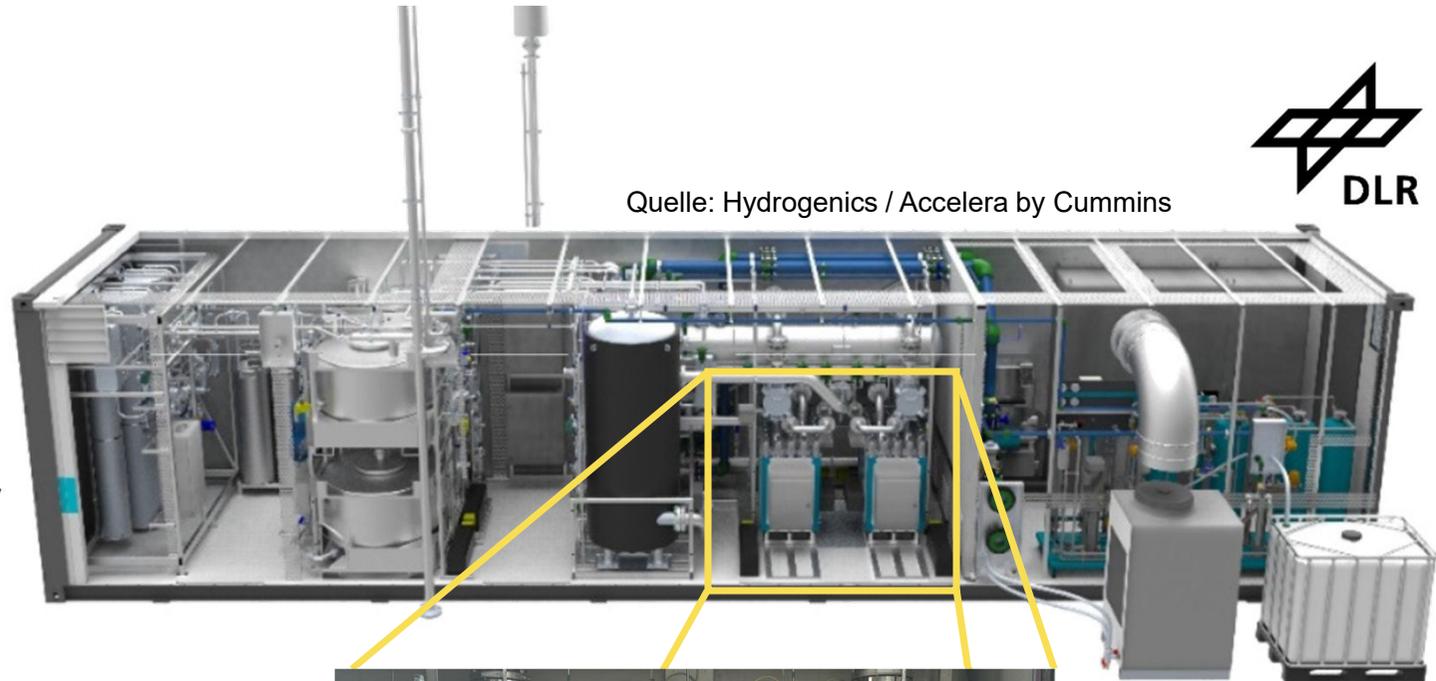
DLR: 2 MW

200 Tonnen H<sub>2</sub> pro Jahr



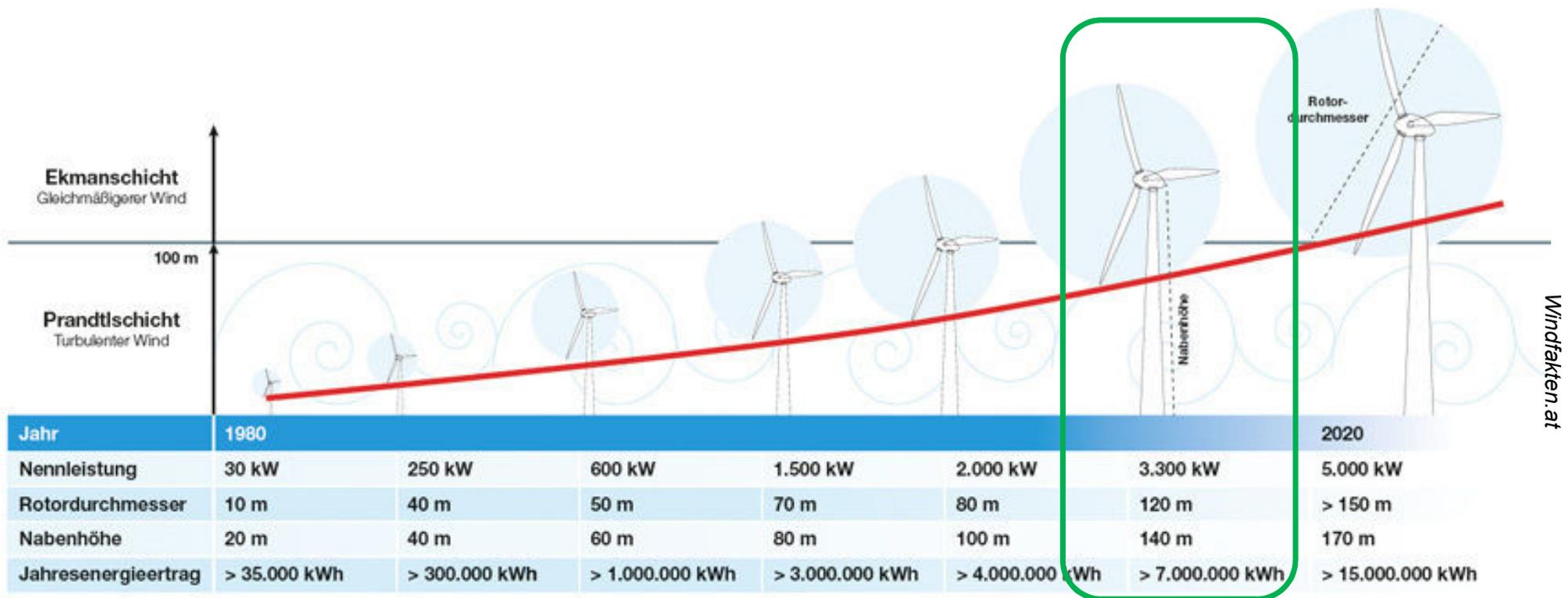
# Elektrolyse

- 2,3MW zusätzliche Elektrolyse-Kapazität
  - Entspricht ca. 200 t  $H_2$ /Jahr
- Produktion bei 30 bar
- Wasserstoffqualität: 5.0
- Elektrische Anbindung an den Windpark



# Exkurs: Wieviel Energie wird im Harthäuser Wald produziert

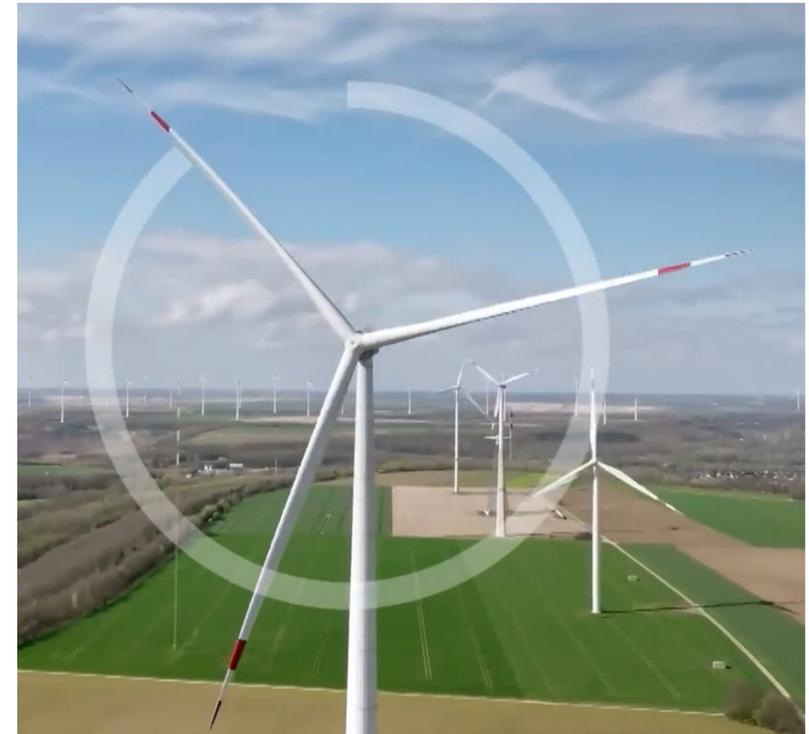
Typische onshore –  
Windenergieanlage ~3MW



- Je nach Standort sind 1.000kWh die Menge, die ein Windrad in einer Stunde produzieren kann

# Was liefert ein Windrad?

- 1 Umdrehung = 8 kWh Strom
  - 50 km mit einem E-Auto fahren
  - 13-mal ein E-Bike aufzuladen
  - 20.000-mal Earbuds aufladen
  - etwa anderthalb Jahre lang sein Handy aufladen
- Wasserstoff: 33kWh/kg
  - Elektrolyse: 67% Wirkungsgrad
  - → ca. 50 kWh/kg
  - → 6,25 Umdrehungen EINES Windrades
    - Im Harthäuser Wald stehen 18 Windräder
  - → Wenn sich **alle Windräder EINMAL drehen**, produzieren wir ca. **3kg Wasserstoff**



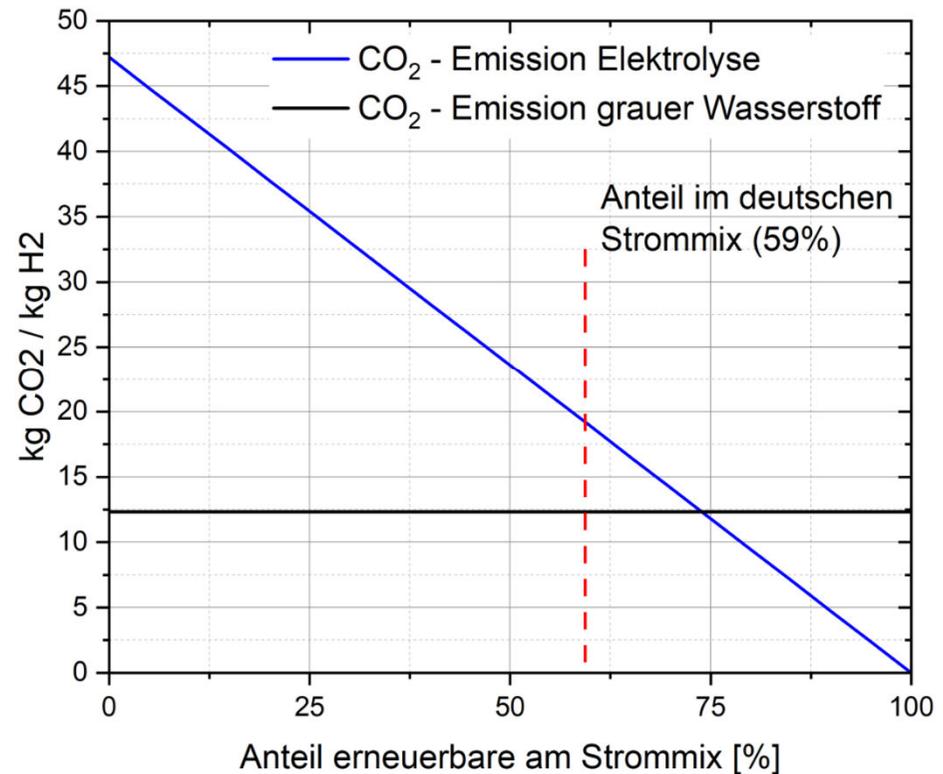
Sendung mit der Maus

<https://youtu.be/SjOMHtewpvc?feature=shared>

# Einfluss Strommix auf CO<sub>2</sub>-Emissionen



- Erneuerbare Energien müssen bei Elektrolyse immer mitgedacht werden
- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen können ansonsten noch höher sein als bei Dampfreformation!



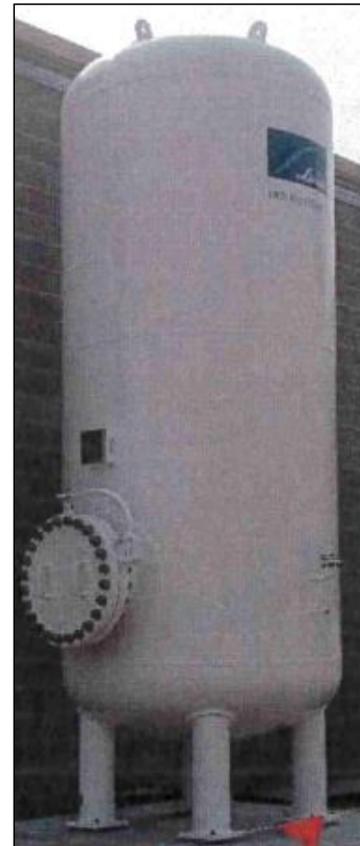
# Wasserstoff-Verflüssiger



Kompressor



He-Gas Management System

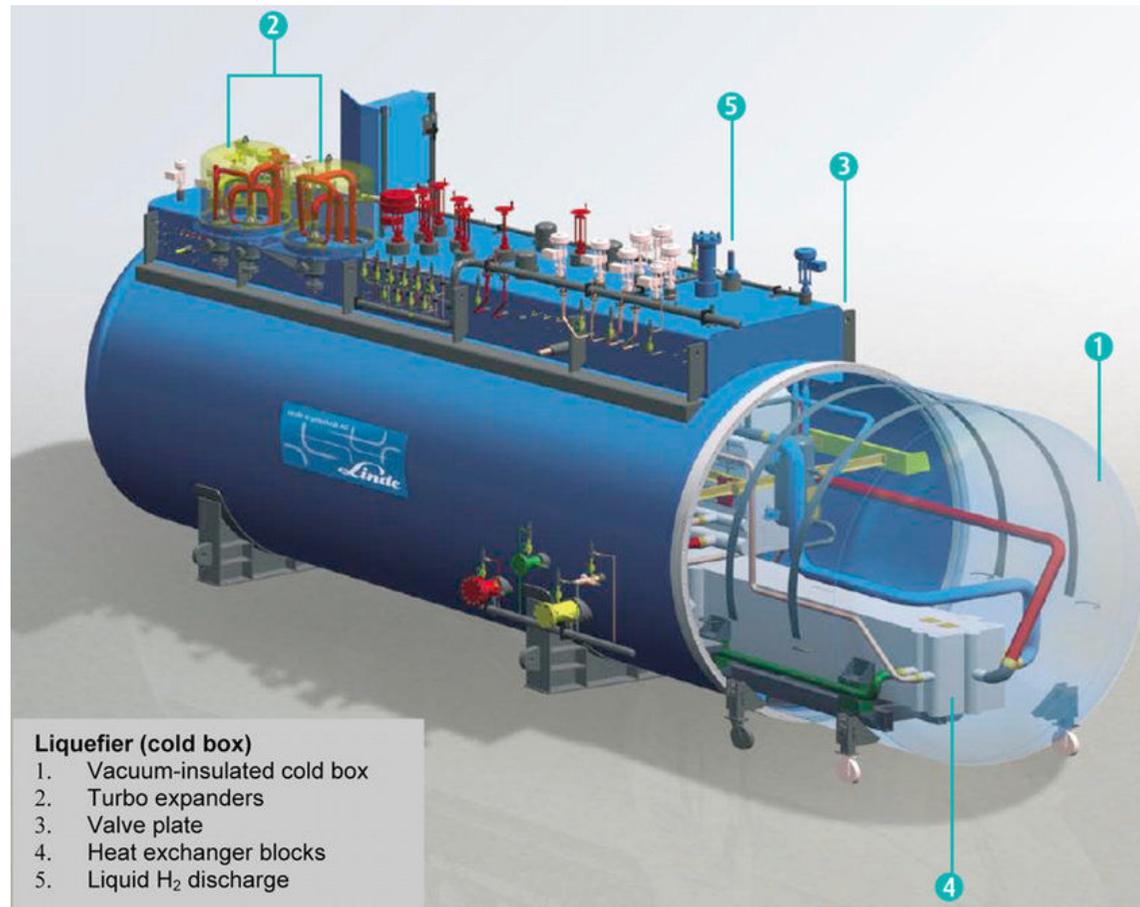


He-Buffer Tank



Cold Box

# Wasserstoff-Verflüssiger



Quelle: Linde GmbH

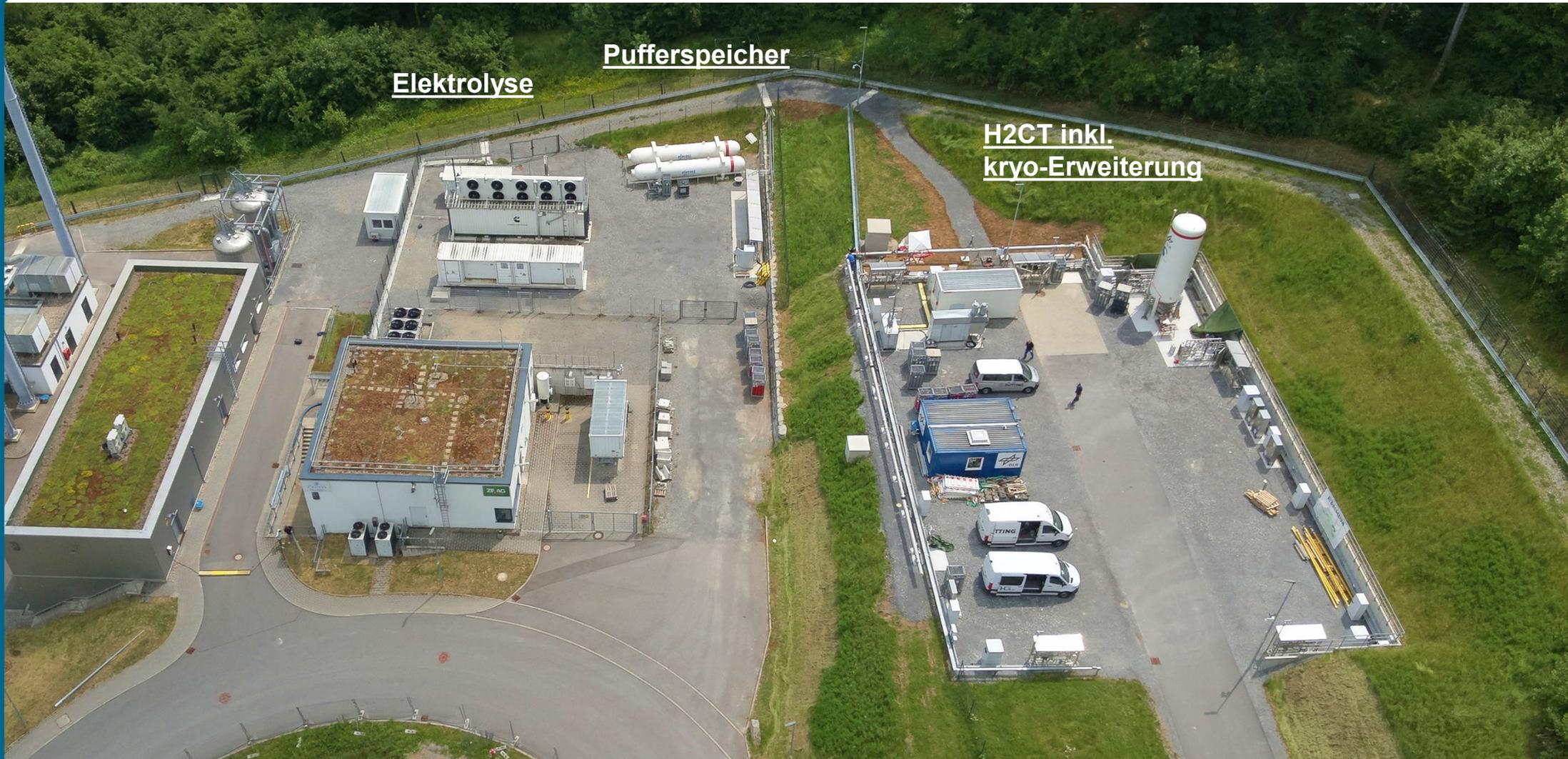
# H2-Verflüssigungsanlagen in Europa



- Kommerzielle Anlagen in Europa:
    - 3 Standorte
    - Kontinuierliche Wasserstoffproduktion
    - Kapazität: ca. 25 t/Tag
  - Keine Anlagen am Markt für:
    - <1 t/Tag
    - Volatile Erzeugung
- Betrieb konnte nicht wirtschaftlich dargestellt werden
- wird in Forschungsprojekten weiterverfolgt



# Neues Wasserstoff Areal



Elektrolyse

Pufferspeicher

H2CT inkl.  
kryo-Erweiterung

# Neues Wasserstoff Areal



H2CT inkl.  
kryo-Erweiterung

# H<sub>2</sub>CT – Wasserstoff-Container-Technikum



Modulare, flexible Testumgebung für Wasserstofftechnologien

- Technologieoffen
- 4 Testpositionen
- Versorgung mit grünem Wasserstoff (GH<sub>2</sub>)
  - 30 bar and 300 bar
  - max. 150 kg/h
- Sekundärmedien
  - GN<sub>2</sub>
  - GHe
  - Reinstwasser
  - Wasser
  - Strom bis 1000kW



Quelle: DLR

# H<sub>2</sub>CT – Wasserstoff-Container-Technikum



## Modulare, flexible Testumgebung für Wasserstofftechnologien

- Technologieoffen
- 4 Testpositionen
- Versorgung mit grünem Wasserstoff (GH<sub>2</sub>)
  - 30 bar and 300 bar
  - max. 150 kg/h
- Sekundärmedien
  - GN<sub>2</sub>
  - GHe
  - Reinstwasser
  - Wasser
  - Strom bis 1000kW



# LH2-Testplatz am H2CT

- Hoher Bedarf insbesondere:
  - Luftfahrt
  - Schifffahrt
  - Transport
  - Schwerlastverkehr
- Massenstrom bis 1000 kg/h
- Druck bis 16 bar
- Exhaust-System inkl. Flare Stack ausgelegt für LH<sub>2</sub>-Tanks bis 2m<sup>3</sup>



Quelle: DLR

# Zero Emission – Forschungstankstelle



- Mobile Forschungstankstelle
- SAEJ2601 konforme Betankung bei 700bar
- Kühlung
- Integration von umfassender Messtechnik

**Konnte leider nicht in Zero Emission umgesetzt werden!**

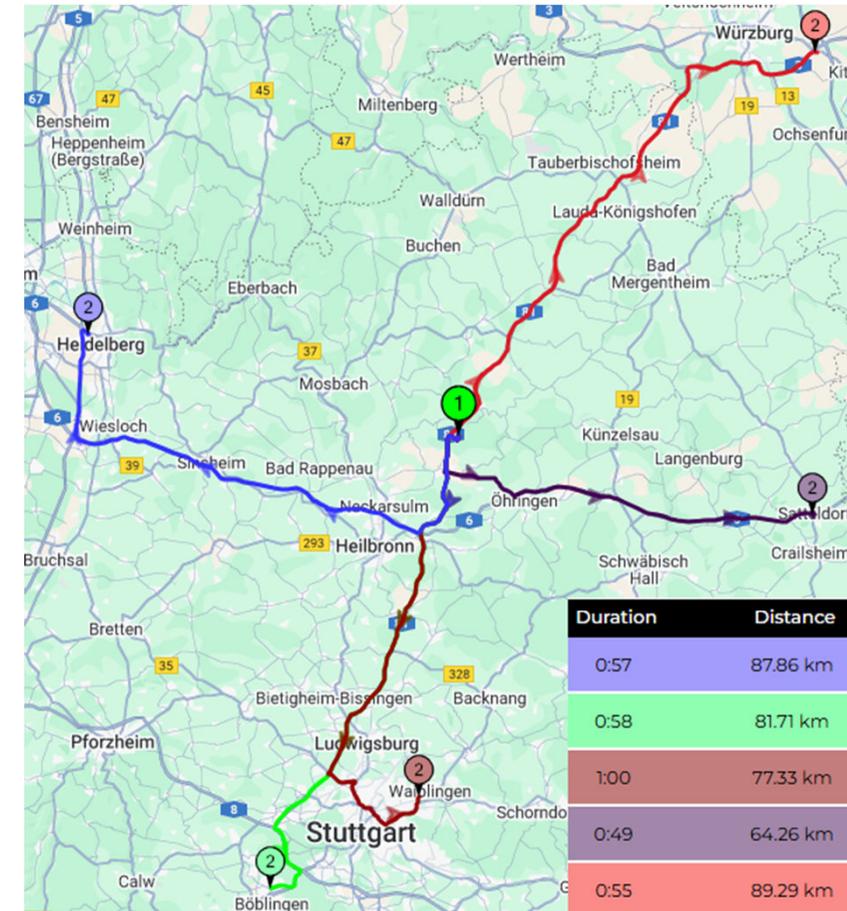


Quelle: Tankstelle Anleg / csi Verwaltungs GmbH

# H2-Tankstellen in der Umgebung



- Bisher: H<sub>2</sub>-Tankstelle in Bad Rappenau (38km)
  - Ist zum 31.03.2025 geschlossen worden
  - Nächstmögliche Tankstelle: 82km
- Betankung vor Ort erforderlich!



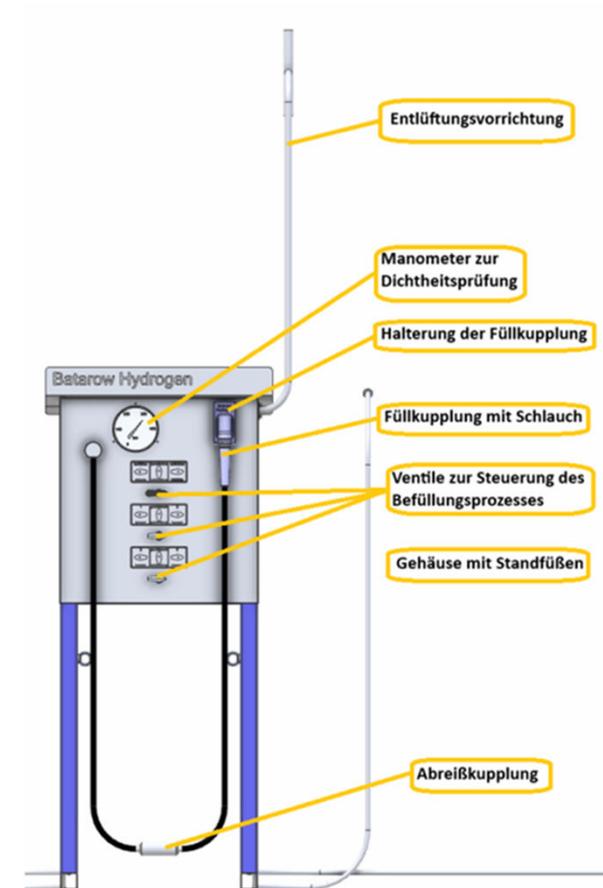
# 300 bar Abtankstelle



- 300 bar Überströmanlage
  - Keine Kompression
  - Keine Kühlung erforderlich
  - Keine Überwachung oder Datenaustausch notwendig
- → einfache und kostengünstige Lösung!



Quelle: DLR



Quelle: Batarow Hydrogen GmbH

# H2CT Inbetriebnahme



## Vorgehen:

- **R0**: Abnahme beim Lieferanten
- **R1**: Inbetriebnahme mit Ersatzmedien (v. a. Stickstoff)
- **R2**: Inbetriebnahme mit Originalmedien (Wasserstoff, LH2, Helium)

## Lessons learned:

- *Vertraue auf nichts, das nicht auch getestet wurde*
  - Vertauschte Ventile bei der Verkabelung
  - Unberechenbare Druckminderer
  - Vergessene Blindscheiben
  - Insekten, die Ventile zusetzen
  - etc.

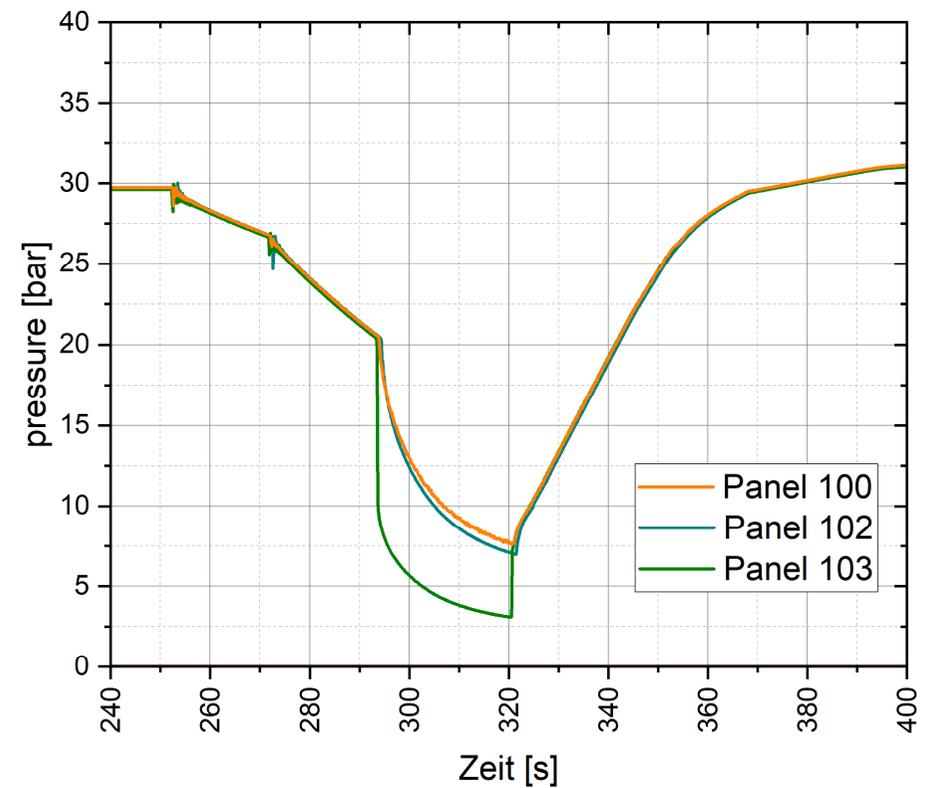
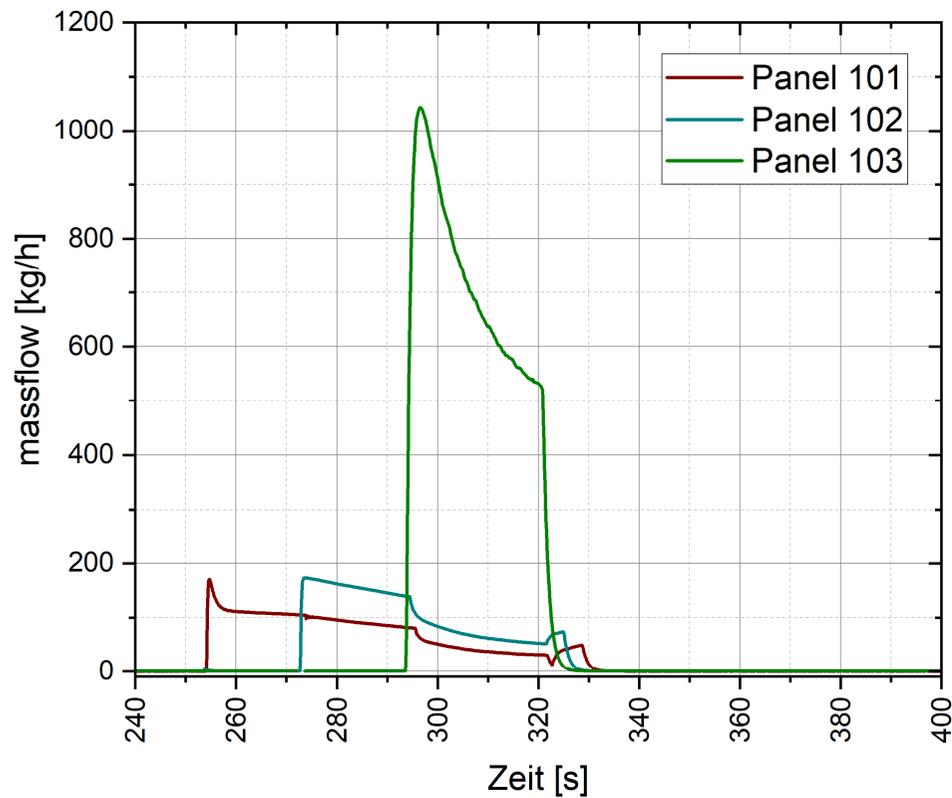
## Status Panels:

- Versorgung
  - Panel001
  - P002
  - P003
  - P004
- H2CT
  - P100
    - P101
    - P102
    - P103
    - P106
  - Kryo-Erweiterung
    - P107
    - P108
    - P102a
    - P102b

# H2CT Inbetriebnahme



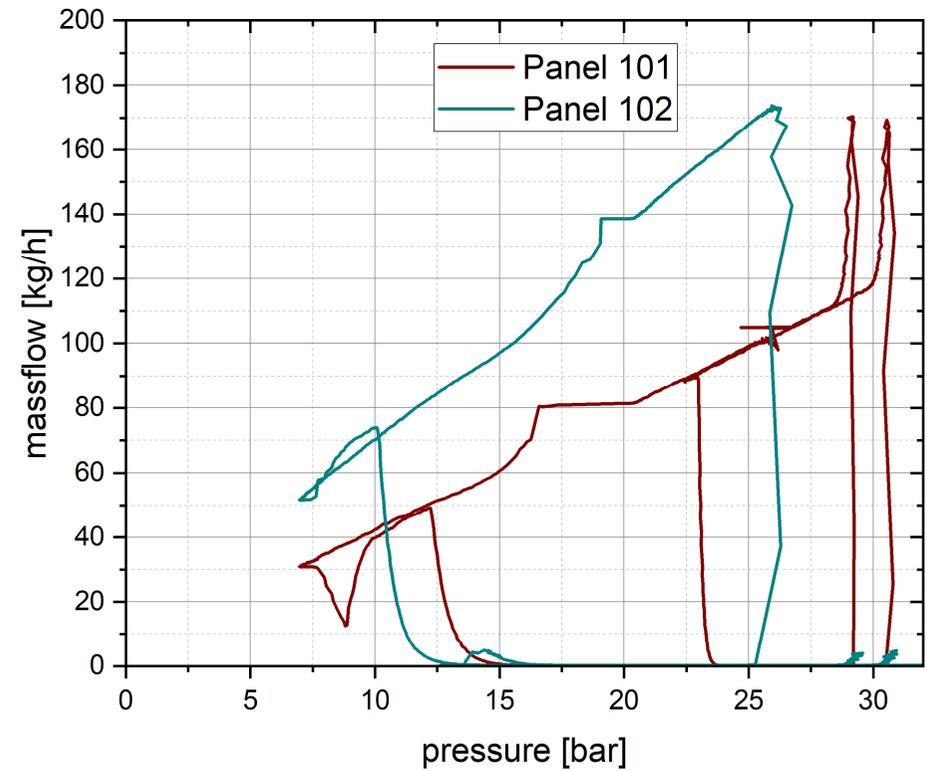
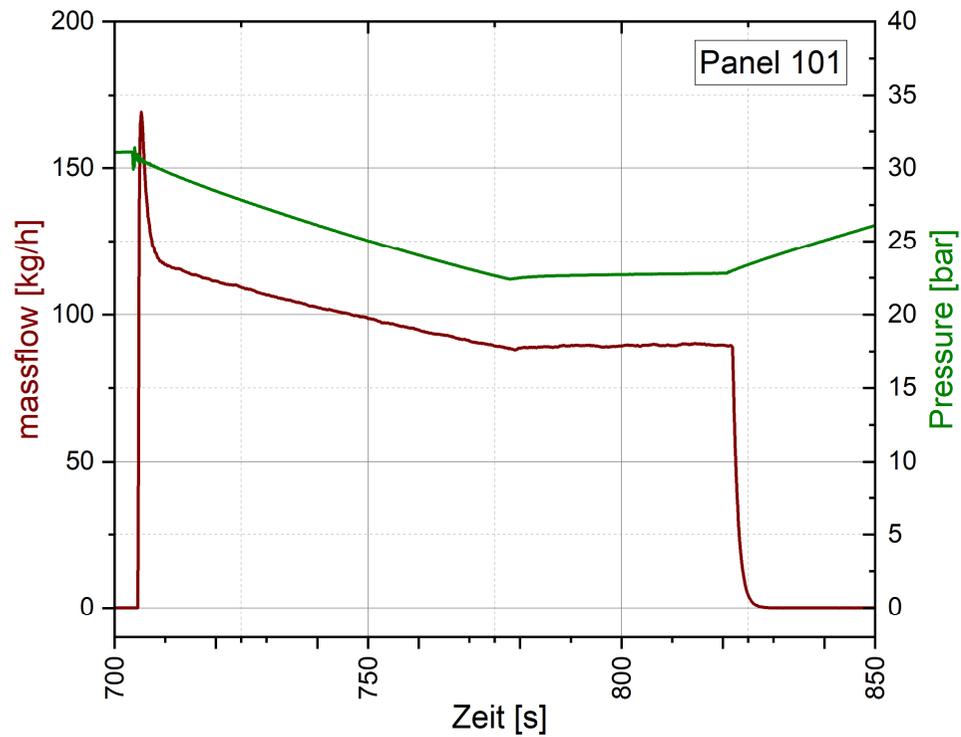
- R1 Abnahmetests mit Stickstoff
- Blenden eingebaut in Panel 101 und 102
  - P101: 2,5 mm
  - P102: 3,2 mm



# H2CT Inbetriebnahme



- R1 Abnahmetests mit Stickstoff
- Blenden eingebaut in Panel 101 und 102
  - P101: 2,5 mm
  - P102: 3,2 mm



# H<sub>2</sub>CT – Wasserstoff-Container-Technikum



Modulare, flexible Testumgebung für Wasserstofftechnologien

- Technologieoffen
- 4 Testpositionen
- Versorgung mit grünem Wasserstoff (GH<sub>2</sub>)
  - 30 bar and 300 bar
  - max. 150 kg/h
- Sekundärmedien
  - GN<sub>2</sub>
  - GHe
  - Reinstwasser
  - Wasser
  - Strom bis 1000kW



# Tests einer Retrofit-Mikrogasturbine

Ein Nachrüstkonzept für bestehende Kraftwerke als Einstieg in die Wasserstoffnutzung - Projekt Retrofit H<sub>2</sub>



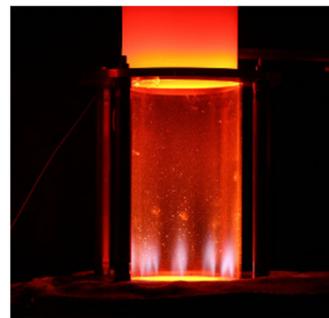
Demonstrationsanlage im H<sub>2</sub>-Technikum  
Quelle: DLR

## Ziel

- Entwicklung eines skalierbaren Nachrüstungskonzepts für bestehende Gasturbinen bis zu 100 MW
- Ermöglichung des brennstoffflexiblen Betriebs mit Erdgas und Wasserstoff
- Demonstration der Umrüstung an einer 100 kW Gasturbinen-BHKW-Anlage mit DLR-Brennkammertechnik



FLOX® Brennersystem DLR-VT  
Quelle : DLR



H<sub>2</sub>-Flamme im atmosphärischen Prüfstand  
Quelle : DLR

- **Partner:** DLR, Power Service Consulting GmbH
- Gefördert durch das Land Baden-Württemberg im Rahmen des Zukunftsprogramms Wasserstoff (ZPH2)



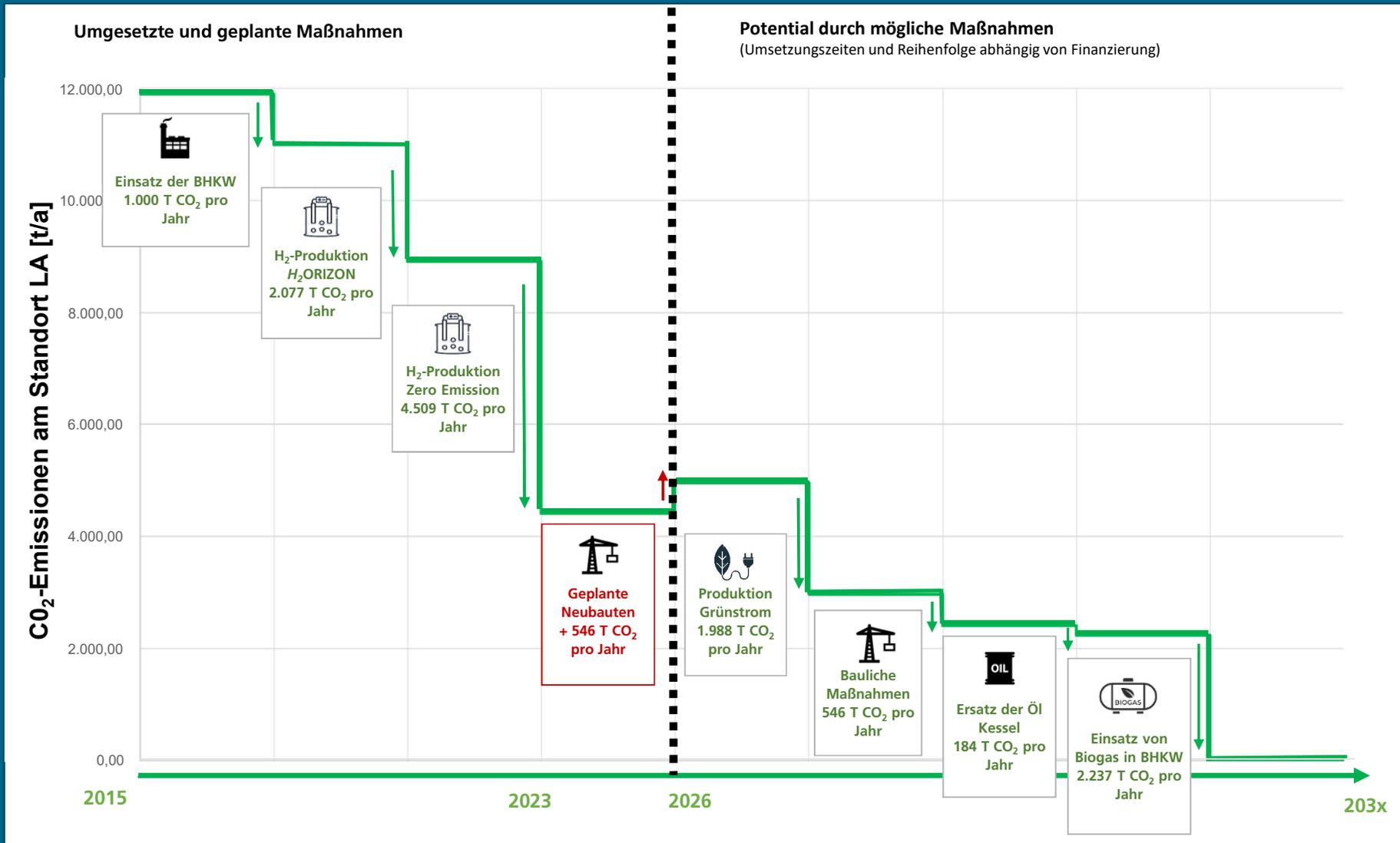
Baden-Württemberg

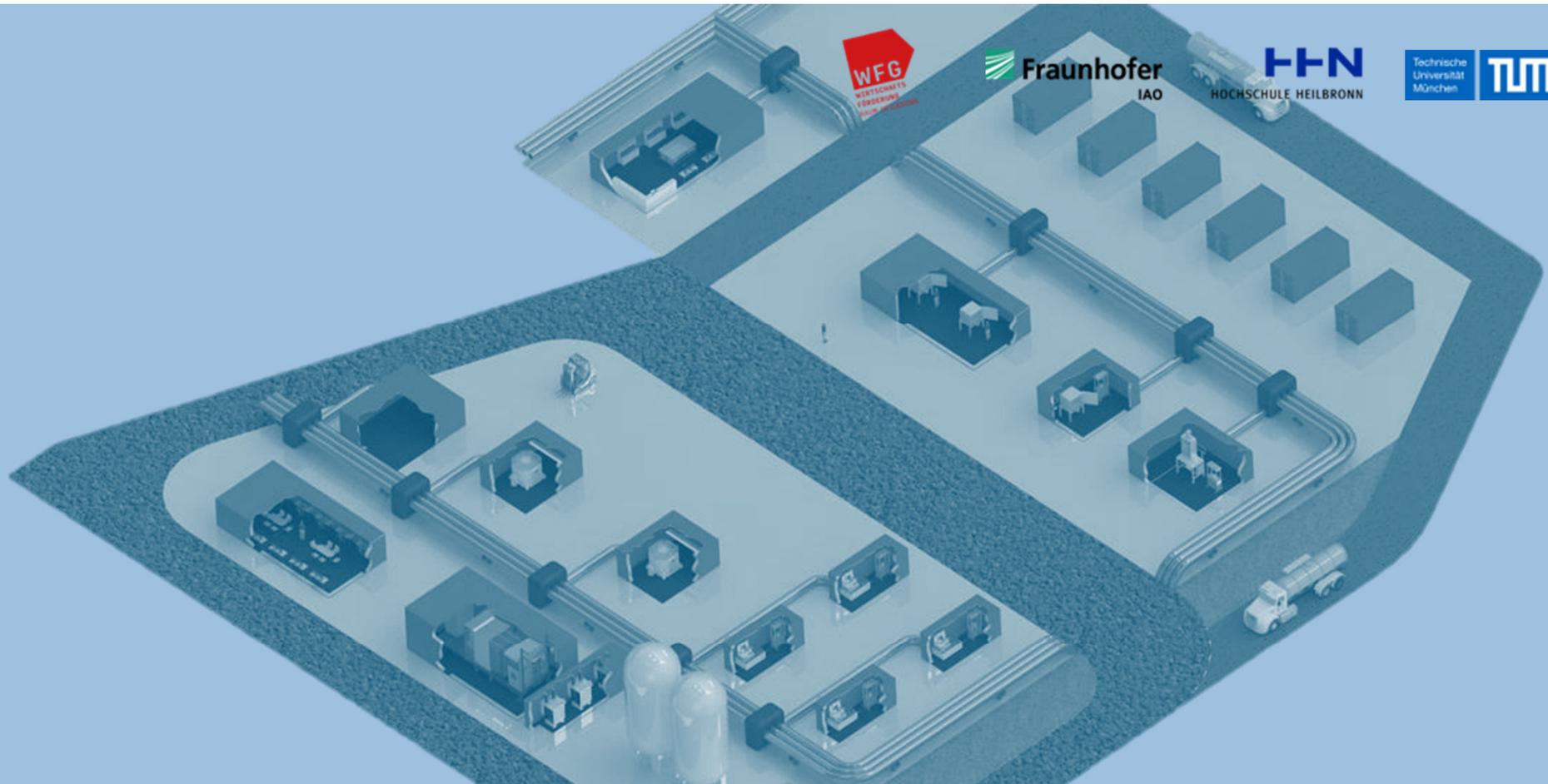
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

BETRIEBSVOM

PTKA  
Projektträger Karlsruhe  
Karlsruher Institut für Technologie

# CO2 Reduzierung am DLR-Standort Lampoldshausen





# LEUCHTTURMPROJEKT HYDROGENIUM





- Aufbau eines Test-, Anwendungs- und Transferzentrums im industriellen Maßstab mit dem Ziel
  - der Entwicklung und Prüfung von Wasserstoffkomponenten und -systemen
  - Innovativer Lösungen von Systemen und Komponenten von der Ideenfindung bis zur Marktreife
- Begleitet von verschiedenen Studien und Tool-Entwicklungen von Partnern, wie z.B. eine Diffusionsstudie in der Region Heilbronn-Franken
- Schwerpunkte der Testinfrastruktur: hohe Massenströme und Flüssigwasserstoff



## Realisierungsrahmen

Projektdauer: 05/2023 bis 12/2026

~12 Million € davon 60% gefördert durch:

EFRE & Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und  
Wohnungsbau

Projektmanagement: Wirtschaftsförderung Heilbronn

# Übersicht des Testfelds

HYDROGENIUM



## Medienversorgung mit flüssigem und gasförmigem (grünem) Wasserstoff:

- Versorgung bis zu 4000 kg/h LH<sub>2</sub> und 150 kg/h GH<sub>2</sub> (jeweils im Peak)
- Maximaldruck von 16 bar bei LH<sub>2</sub> und 300 bar bei GH<sub>2</sub> (160 bar bei 150 kg/h)
- Zusätzliche Versorgung jeder Testposition mit GN<sub>2</sub> and GHe
- Versorgung mit Strom bis zu 400kW nach Bedarf

## Services:

- Support in Projekten
- Support beim Aufbau und Betrieb
- Vorbereitungsfläche

## H<sub>2</sub> Exzellenz Cluster:

- Dauerläuferbetrieb möglich (24/7)
- Flexible Containerstellflächen an Testpositionen bis zu 300 m<sup>2</sup>
- Technologieoffen

