



Integrated Hydrogen Infrastructure Design and Optimization

A Case Study at Graz University of Technology Centre Hydrogen Research

[Teresa Jagiello](#), Markus Köberl, Markus Sartory, Helmut Eichelseder, Christoph Hochenauer, Andreas Wimmer, Viktor Hacker, Alexander Trattner

Graz, 16.02.2024



COMET Zentrum für Wasserstofftechnologien

Anwendungsorientierte F&E für Industrie, Energie und Mobilität
Elektrolyse, Speicher, Verteilung und Brennstoffzelle



Institut für Chemische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik
Brennstoffzellen und Wasserstoff
Elektrochemielabor
Industriesystemlösungen



COMET Zentrum für F&E der Bioenergie, der nachhaltigen biobasierenden Ökonomie und der zukunftsfähigen Energiesysteme.

H₂ aus Biomasse und Verwertung zu hochwertigen Produkten für die Industrie



Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme

Nachhaltige Antriebe und Mobilitätslösungen
Emissionen und Immissionen
Thermodynamik und Elektrochemie

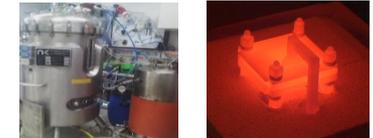


COMET Zentrum für Großmotorenforschung
nachhaltige Energie- und Transportsysteme
Maritime Antriebslösungen

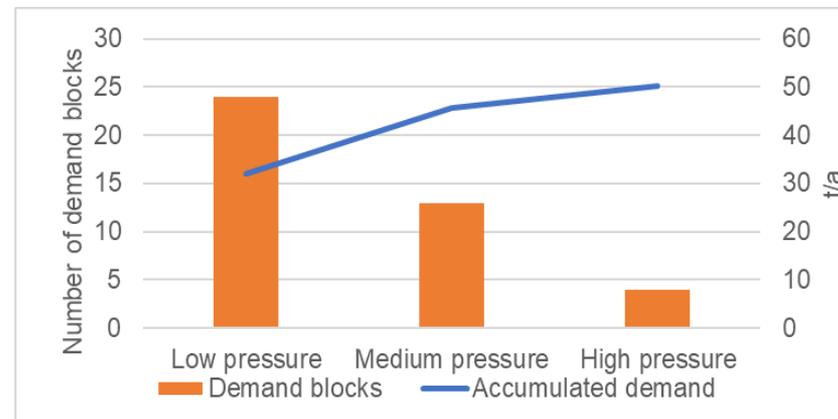


Institut für Wärmetechnik

Forschung an Hochtemperatur-Elektrolyse und Brennstoffzellen, Wasserstoffbrenner für die Industrie, nachhaltige Wärmetechniklösungen



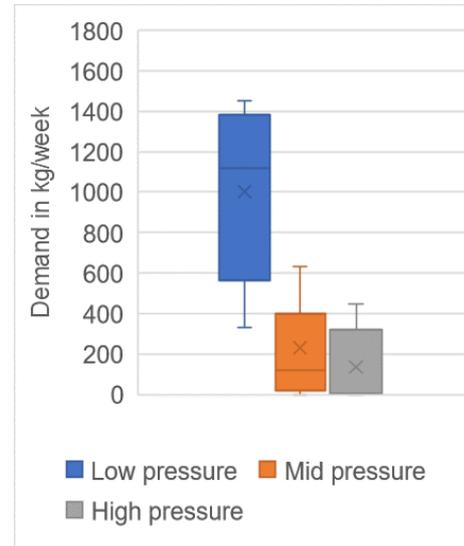
- **Durchführung H₂-Bedarfserhebung aller Institute**
 - Basierend auf: Druck, Durchfluss, Kontinuierlich/diskontinuierlich
 - 42 Bedarfe
 - 1. Bedarfserhebung ergab 108 t/a
- **Einführung weiterer Parameter:**
 - Dauer in h/Tag
 - Durchgehender Dauer in h
 - Tage pro Monat
 - Auslastung
 - Revision der Bedarfserhebung ergab min. 50.3 t/a und max. 70.8 t/a
- **Einführung von Restriktion für die Erstellung von Verbrauchsprofilen**
 - Einteilung in Druckniveaus (Nieder-, Mittel- und Hochdruck)
 - Einteilung in Durchflussraten respektiv für Druckniveaus
 - Betriebszeiten
 - Bedarfe laufen durch (keine Unterbrechungen)



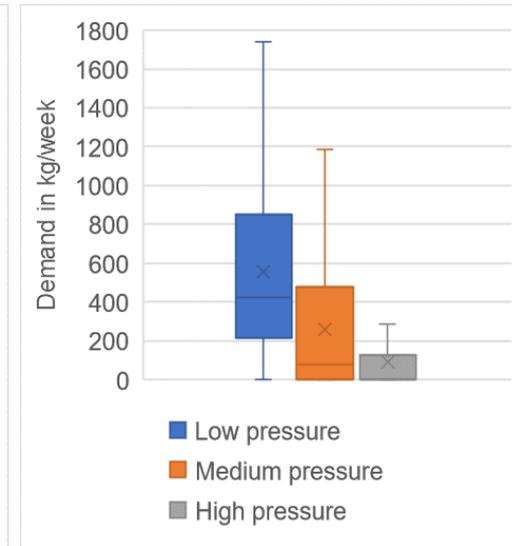
| Defined boundary conditions | Value |
|--------------------------------|-----------|
| Low pressure demand | ≤ 80 bar |
| Medium pressure demand | ≤ 300 bar |
| High pressure demand | > 300 bar |
| Maximum flow rates limited to: | |
| Low pressure flow rate | 150 kg/h |
| Medium pressure flow rate | 100 kg/h |
| High pressure flow rate | 26.7 kg/h |

- **Volatiler H₂-Bedarf schwer vorherzusagen und daher schwer zu planen**
- **Methode zu Erstellung repräsentativer H₂-Verbrauchsprofile mit stark schwankenden Bedarfen**
 - Zufallsverteilte Anordnung der 42-Bedarfe
 - Berücksichtigung der Restriktionen
 - Basis: 50 t_{H₂}/a
- **20 zufallsverteilte Verbrauchsprofile erstellt**

Die erstellten Verbrauchsprofile bilden die Basis für die H₂-Anlagenauslegung unter Berücksichtigung der bereits bestehenden H₂-Infrastruktur



Durchschnittliche Bedarfe pro Woche

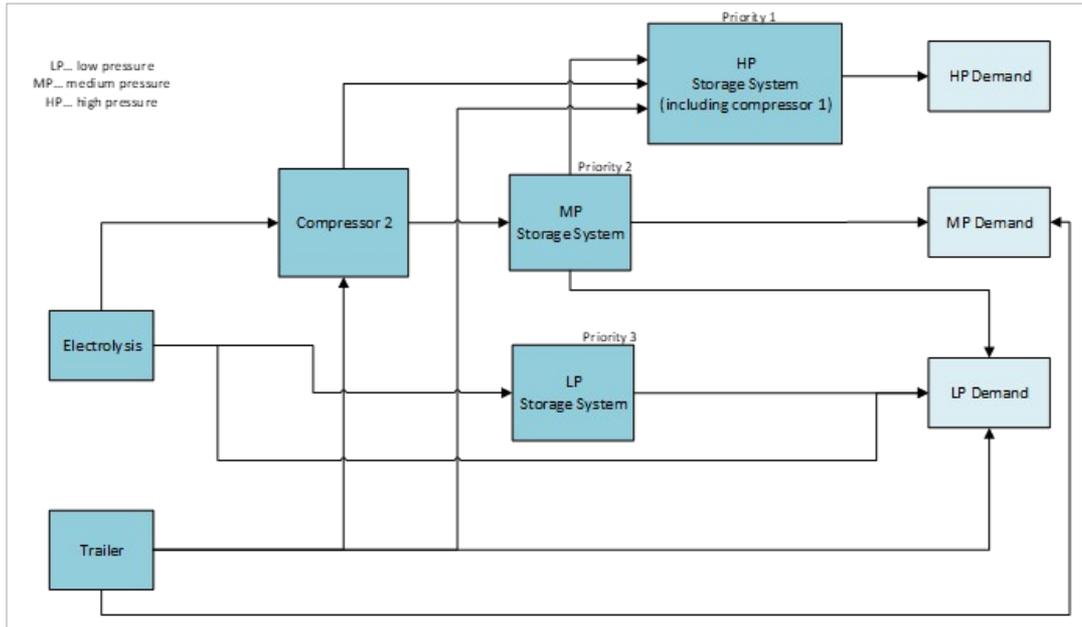


75%-der-Zeit-Bedarfe oder weniger pro Woche

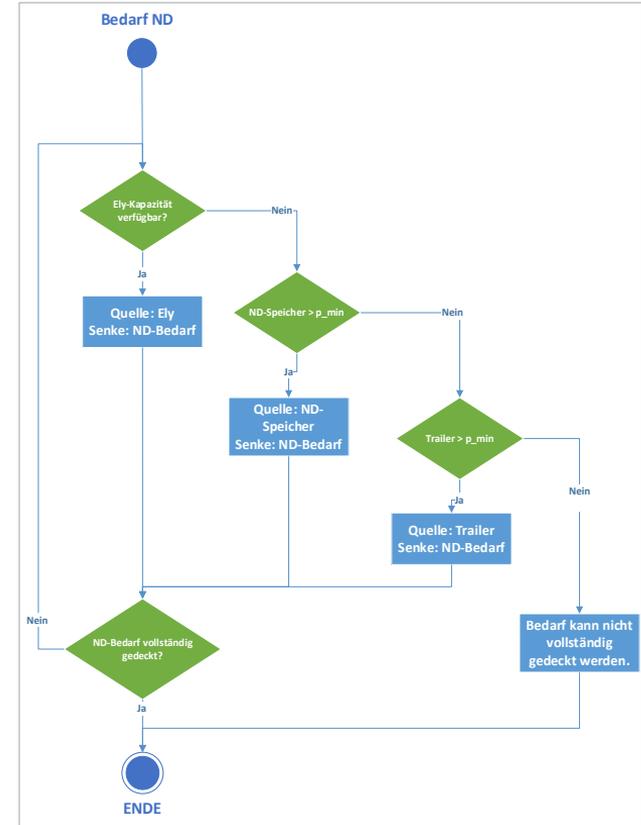
- **6 Betrachtete Szenarien**
 - Variation von Elektrolyseleistung* und Speichergrößen/-drücken
 - **Bestehende Infrastruktur:** Zwei Kompressoren (890bar, 600bar), Hochdruck- und Mitteldruckspeicher (890bar, 300bar), Traileranlieferung (300 bar)

| | | 1 MW Elektrolyse | | | 250 kW Elektrolyse | | |
|----------------------------|----------------------------|------------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|
| | | Szenario 1 | Szenario 2 | Szenario 3 | Szenario 4 | Szenario 5 | Szenario 6 |
| Niederdruckspeicher | Betriebsdruck [bar] | 80 | 30 | 80 | 80 | 80 | 30 |
| | Masse [kg] | 308 | 2,44 | 308 | 308 | 616 | 2.44 |
| Mitteldruckspeicher | Betriebsdruck [bar] | 300 | 500 | 500 | 300 | 300 | 250 |
| | Masse [kg] | 25 | 557 | 557 | 25 | 25 | 557 |

*(1 MW Elektrolyse H₂-Bedarf 108 t/a, 250 kW Elektrolyse H₂-Bedarf 50.3 t/a)

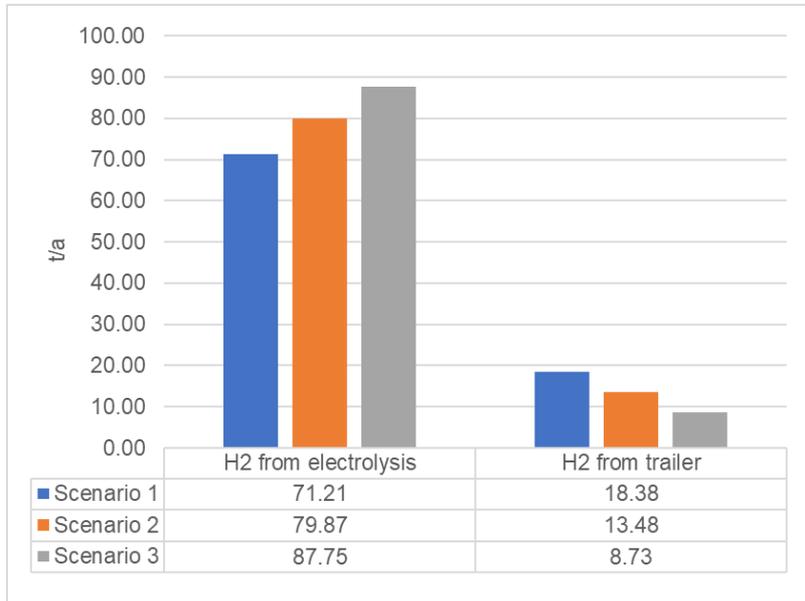


Schematische Darstellung der H₂-Anlage in der Simulation

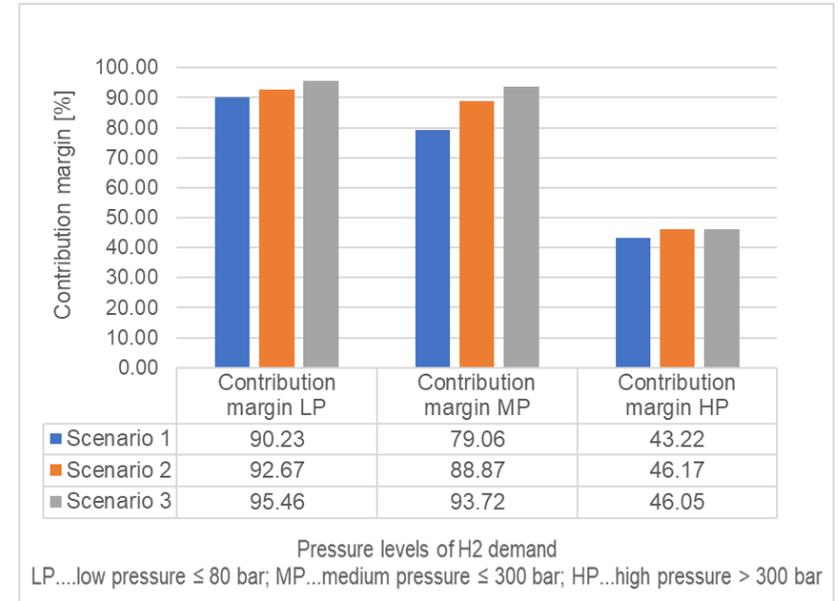


Beispiel Betriebsstrategie für Niederdruck-Pfad

- H₂-Jahresbedarf: 108 t/a
- Szenario 1: Großer ND-Speicher, kleiner MD-Speicher
- Szenario 2: Kleiner ND-Speicher, großer MD-Speicher
- Szenario 3: Großer ND-Speicher, großer MD-Speicher

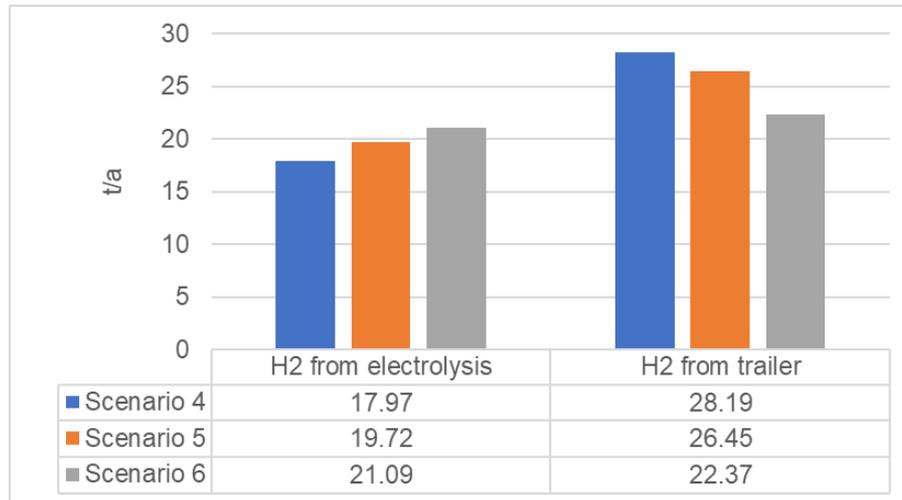


Wasserstoffbezugsquellen für die drei betrachteten Szenarien

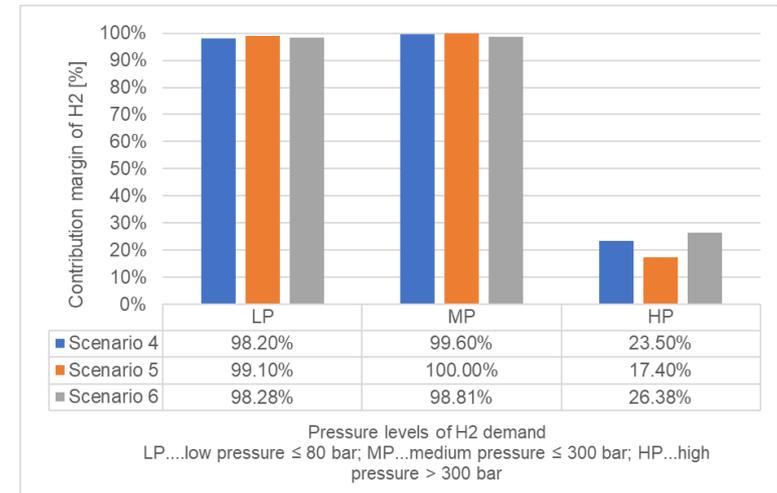


Deckungsbeiträge für die drei betrachteten Szenarien

- H₂-Jahresbedarf: 50.3 t/a
- Szenario 4: Normaler ND-Speicher, normaler MD-Speicher
- Szenario 5: Doppelter ND-Speicher, normaler MD-Speicher
- Szenario 6: Kleiner ND-Speicher, großer MD-Speicher



Wasserstoffbezugsquellen für die drei betrachteten Szenarien



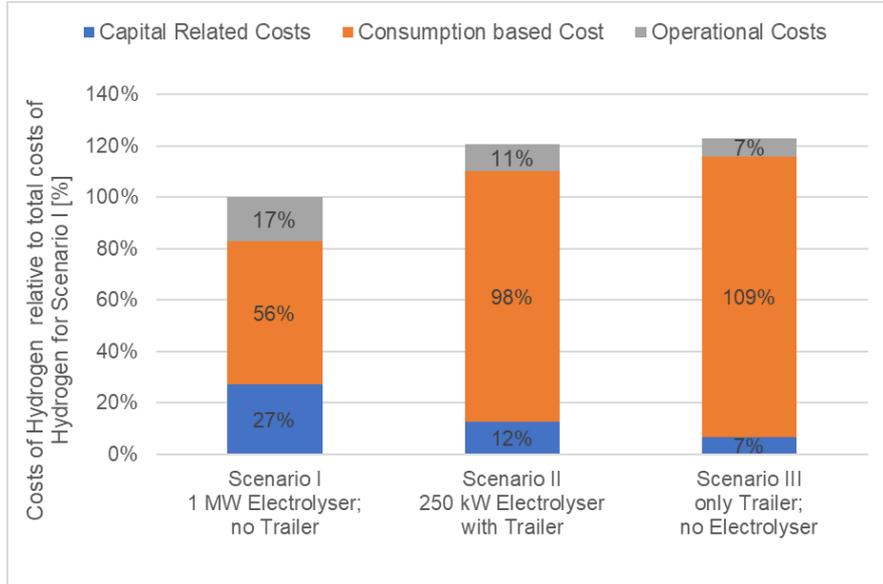
Deckungsbeiträge für die drei betrachteten Szenarien

- Aus Basis der betrachteten Simulationsszenarien wurde eine **Investitionskostenvergleichsrechnung** durchgeführt

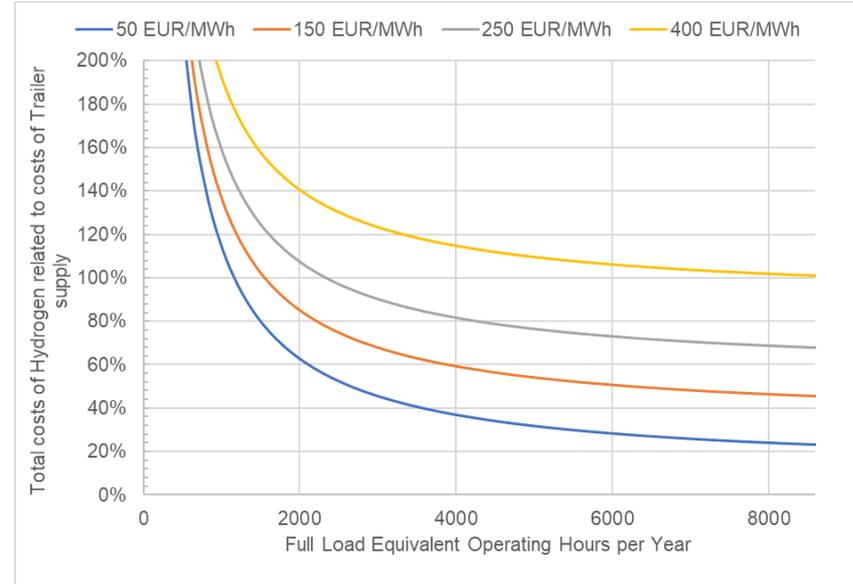
| Economic Scenario | I | II | III |
|--|----------------------------------|--|------------------------------------|
| Short description | 1 MW electrolyser; no Trailer | 250 kW electrolyser and trailer supply | Only trailer; no onsite production |
| Corresponding technical configuration | Scenario 1 | Scenario 4 | n.a. |
| Hydrogen demand [t/a] | 50.3 | | |
| H ₂ Onsite Production [t/a] | 50.3 | 16.6 | 0 |
| H ₂ supplied by Trailer [t/a] | 0 | 33.7 | 50.3 |
| Number of trailer per year | 0 | 60 | 78 |

| | | |
|---|---------|---------|
| Considered period | 20 | a |
| Electricity Costs | 223 | EUR/MWh |
| H ₂ Costs Trailer (energy costs) | 24.5 | EUR/kg |
| Imputed Interest Rate | 2.50 | % |
| Price Increase Rate (system dependent) | 0 - 3.5 | % |

- H₂-Jahresbedarf: 50.3 t/a



Wasserstoffkosten für betrachtete Szenarien



Sensitivität der Gesamtkosten für Wasserstoff gegenüber den Strompreisen und der Auslastung des 1-MW-Elektrolysesystems

- **Repräsentative Darstellung der volatilen H₂-Bedarfe mittels der Methodik von zufallsverteilten Verbrauchsprofilen**
- **Die Simulationsergebnisse liefern gute Basis für die Auslegung der H₂-Infrastrukturерweiterung an der TU Graz**

- **Simulation**

- **Höchste Deckungsbeiträge**

- **1 MW Elektrolyse**

- Szenario 3: Großer ND-Speicher (308 kg, 80 bar) und großer MD-Speicher (557 kg, 500 bar)

- **250 kW Elektrolyse**

- Szenario 5: Doppelter ND-Speicher (616 kg, 80 bar) und normaler MD-Speicher (25 kg, 300 bar)

- **Zusätzlich wirtschaftlich, rechtliche und regulatorische Betrachtung**

- **Szenario 1:** 1 MW Elektrolyse mit normalem ND-Speicher (308 kg, 80 bar) und normalem MD-Speicher (25 kg, 300 bar)

- Einführung eines intelligenten Buchungssystem → Speicherplatz- sowie Kostenreduzierung
 - Reine Traileranlieferung (Szenario III) teurer als Kombination Elektrolyse und Trailer (Szenario I und II)

- **Einführung eines intelligenten H₂-Bedarfsmanagement-Tools für die geplante H₂-Infrastruktur**
 - Eine Funktionalität könnte die Implementierung einer direkten Schnittstelle zu Dispositionssystemen von Trailerlieferanten sein
 - Weitere Entwicklungsmöglichkeiten könnten die Integration von modellprädiktiven Regelungssystemen zur Verbesserung des Speichermanagements umfassen
 - Zusätzliche Ansätze könnten KI-gesteuerte Lernsysteme für eine bessere Vorhersage des Wasserstoffverbraucherverhaltens umfassen
 - Das H₂-Bedarfsmanagement-Tool wäre außerdem geeignet, die Anforderungen im industriellen und kommerziellen Sektor zu erfüllen

Kontakt

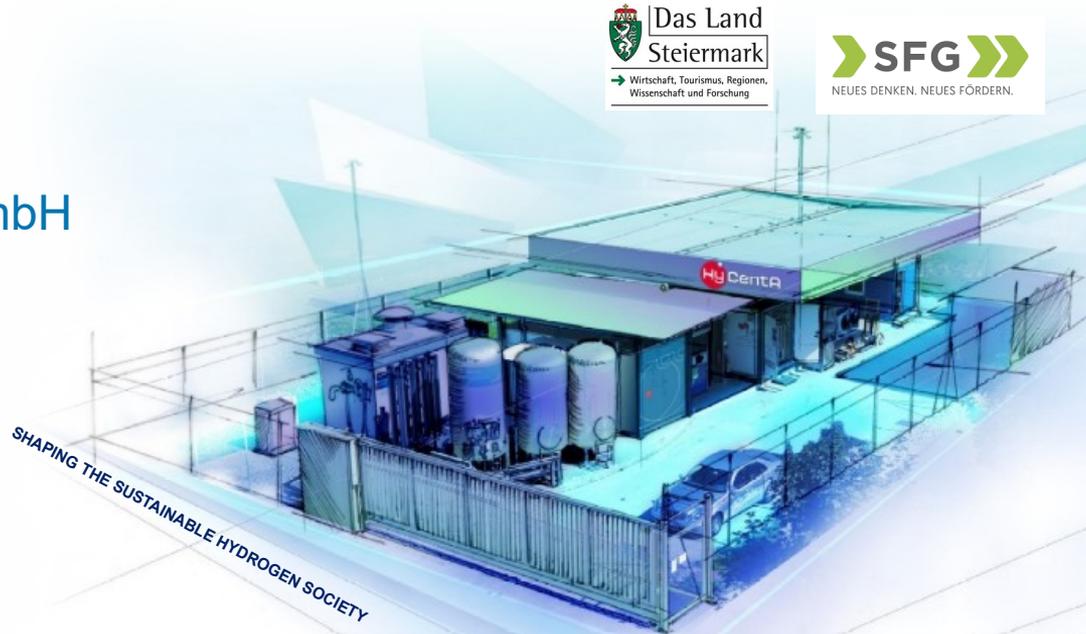
HyCentA Research GmbH

Inffeldgasse 15

A-8010 Graz

jagiello@hycenta.at

www.hycenta.at



The COMET Centre is funded within COMET – Competence Centers for Excellent Technologies – by BMK, BMAW as well as the co-financing federal provinces Styria, Upper Austria, Tyrol and Vienna. The COMET programme is managed by FFG. www.ffg.at/comet