H_2 als Schlüsseltechnologie der Energiewende -

Innovationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette

Ist H_2 der neue „Treibstoff“ für Innovation? · OMV Raffinerie Schwechat, 21. Oktober 2026

Ass.Prof. DI Dr.techn. Alexander Trattner, HyCentA Research GmbH, TU Graz

HyCentA at a glance – COMET CENTER


Video: HyCentA; mit KI bearbeitet (Animationen ergänzt)

LEGAL ENTITY	HyCentA Research GmbH
HEADS	120
LOCATION	Inffeldgasse 15, TU Graz campus
FOUNDED	2005
COMET STATUS	K1 centre since 2023
QUALITY	ISO 9001 certified

SHAREHOLDERS



TU Graz	50 %
FVT	24 %
OMV Downstream	13 %
Magna Steyr	13 %

OUR VISION

Shaping the Sustainable Hydrogen Society through Research

A neutral, pre-competitive platform linking science, industry and infrastructure – from materials to megawatt systems.

This presentation contains confidential information and is intended solely for the use of the intended recipient(s).
Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Ambition vs. Realität

Der Hochlauf läuft – aber weit hinter den Zielen: Die Technik muss kostengünstiger und zuverlässiger werden.

Welt	Europa	Österreich
> 4 GW	**0,57 GW**	**28 MW**
installiert Ende 2025 (Verdopplung 2025)	in Betrieb, 3,3 GW im Bau (Ende 2025)	in Betrieb, ~275 MW geplant/im Bau – u. a. OMV 140 MW
Ziel: **~190 GW**	Ziel: **40 GW**	Ziel: **1 GW**
Σ Regierungsziele 2030 (Stand 2022)	EU-Ziel 2030 – Prognose nur ~20 GW (1,7 Mt H_2 pro Jahr)	Ziel 2030 (H_2-Strategie AUT)

Was die Elektrolyse heute bremst – und wo F&E ansetzt

Zuverlässigkeit	Lebensdauer	Kosten	Materialien	Testing
Frühausfälle in ersten Großanlagen	Feldalterung neuer MEAs unbekannt	1.700–2.200 €/kW installiert (China 450–1.000)	Iridium knapp, PFAS-Beschränkung droht	kaum unabhängige MW-Stack-Tests in Europa

Quellen: IEA GHR 2026; European Hydrogen Observatory 12/2025; Hydrogen Europe 09/2025; EU H_2-Strategie 2020; Grünes Gas Austria 04/2025; IEA GHR 2026 (CAPEX 2025); Österreich Stand 04/2025

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Zwei Hebel für den Erfolg

Erfolg braucht beides: bewährte Routen verbessern – und neue Ansätze in die Anwendung bringen.

	Erzeugung	Speichern, Transport	Nutzung
Bestehende Routen verbessern	• PEMWE: weniger Iridium • Stack-Tests bis MW • Diagnostik, Lebensdauer	• Erdgasleitungen umwidmen • Werkstoffe und Sicherheit nachweisen • Gasqualität überwachen	• PEM-Brennstoffzelle: Lebensdauer • Serienfertigung • robuste Mobilitäts-Systeme • Sichere Industrieanlagen
Neue Ansätze aus der Forschung	• Zink-Zwischenschritt-Elektrolyse • AEM ohne Edelmetall und potenziell ohne PFAS • H_2O_2 und weitere Chemikalien elektrochemisch vor Ort	• Elektrochemische Kompression • Metallhydride und Sorption	• PFAS-freie AEM-Brennstoffzelle • Flüssigwasserstoff (LH_2) • Ammoniak direkt verstromen

Auswahl · Projekte des HyCentA COMET-Zentrums und Partner

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Wissenschaftliche Fortschritte Elektrolyse

International

PEM

−80 % Iridium

Ru_6IrO_x-Anode, 2 A/cm², > 1.500 h stabil

SOEC

36,7 kWh/kg H_2

100 kW, > 7.100 h, < 0,2 %/1.000 h Degradation

AEM

0 g PGM

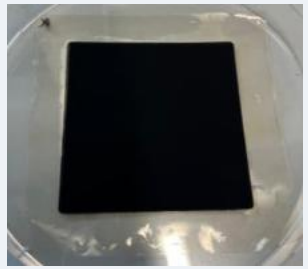
Ni/Fe statt Edelmetall – Membranstabilität offen

HyCentA

PEM · ProGen

−70 % Iridium

an der Anode, ohne Leistungsverlust



PEM-Stacks

10 Prüfmethoden

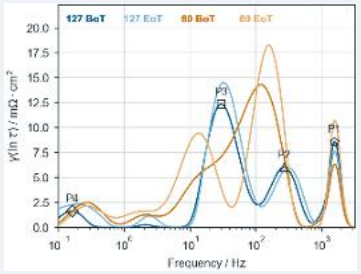
Stack ≠ Einzelzelle: eigene Protokolle



AEM-Verluste

5 Mechanismen

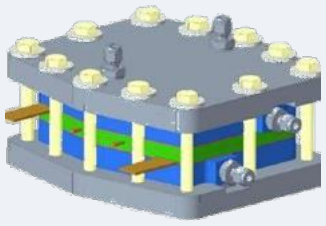
per EIS & DRT getrennt



AEM unter Druck

1–2 A/cm²

Mindeststromdichte gegen H_2-Crossover



Quellen: Nature Nanotechnology 2025; Casteel et al., IJHE 2025; Macherhammer et al., e&i 2026

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Elektrolyse: Zelle bis MW

Vom Labor zur Industrie: dieselben Diagnosemethoden auf jeder Skala.

ROUTE VERBESSERN · Erzeugung



Einzelzelle

- AEL · AEM · PEM
- ≤ 100 cm², ≤ 450 A
- bis 120 bar Kathode
- 4 Zellen parallel



Small Short Stack

- PEM · SOEC
- bis 20 kW, bis 2.000 A
- 1.000+ cm², ≤ 40 Zellen
- 24/7 automatisiert



Full-size Short Stack

- PEM · AEM-ready
- 160 kW, 6.000 A
- 2.500+ cm², ≤ 40 Zellen
- EIS an jeder Zelle
- 24/7 automatisiert



Full Stack

- PEM Full Stack
- 1,25 MW, 6.000 A, 600 V
- 2.000+ cm², 200+ Zellen
- 10–36 bar Kathode



Full System

- Containersysteme
- 3 MW Netzanschluss
- 80-bar-H_2-Speicher
- H_2-Leitung, Verdichter

steigende Fläche · Zellzahl · Leistung → industrielle Relevanz

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

OASES: 1,25 MW aus Österreich

Industrie + Forschung: MW-PEM-System in rund 1,5 Jahren.

ROUTE VERBESSERN · Erzeugung



„Megatron“ am HyCentA

HAINZL

Systemdesign, Automatisierung, Montage – Linz

Bosch

1,25-MW-Hybrion-PEM-Stack – Engineering Center Linz

HyCentA · ITnA TU Graz

Systemtechnik, Prüfprotokolle, Diagnostik, Projektleitung, Alterung

Vorgeschichte

160-kW-Prüfstand: 20 Stacks von 3 Herstellern getestet – Design und Methodik an HAINZL lizenziert (COMET Success Story 2025)



Bosch Hybrion
PEM-Stack V2.0

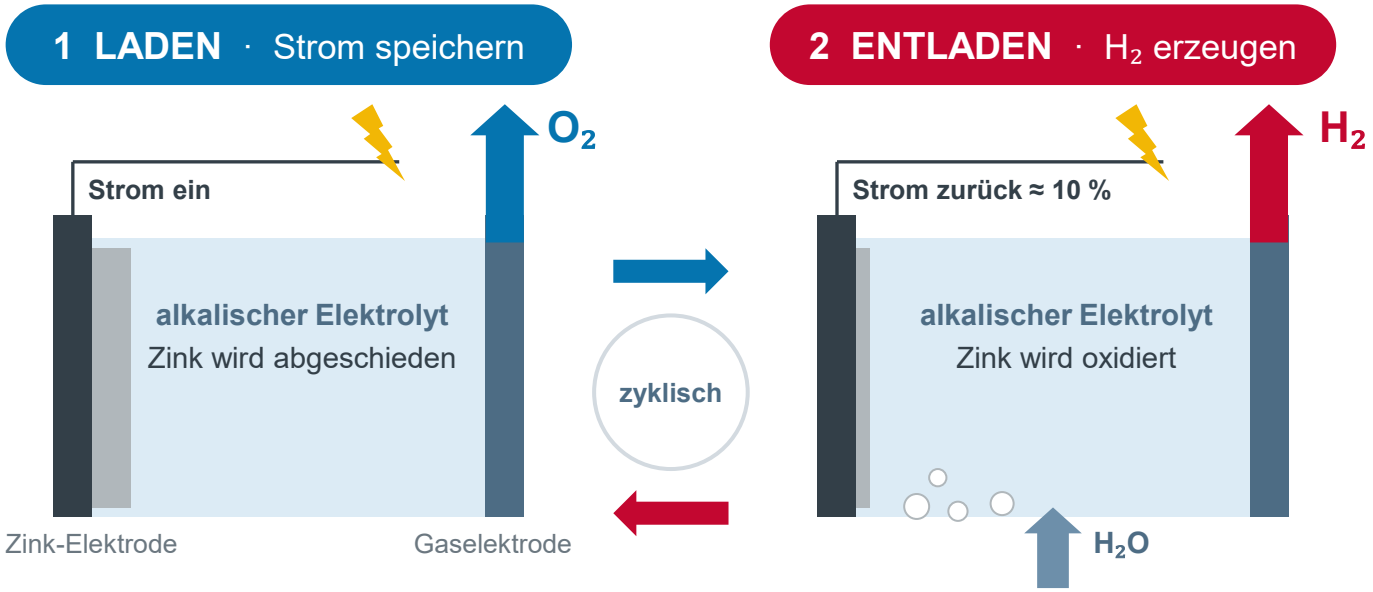
22,9 kg/h	H_2 bei Nennstrom
≤ 34 bar(g)	H_2-Ausgangsdruck
4,7 kWh/Nm³	Effizienz (BoL)
≥ 1.000 h	Testprogramm bis Ende 2026

Quellen: HyCentA; Bosch Hybrion PEM Electrolysis Stack V2.0 Specification Sheet; meinbezirk.at, 06.05.2026 · Fotos: HyCentA, Bosch

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Zink-Zwischenschritt-Elektrolyse

ZZE – Batterie und Elektrolyseur in einem: die Wasserspaltung wird zeitlich entkoppelt – Sauerstoff beim Laden, Wasserstoff beim Entladen.



$ZnO \rightarrow Zn + \frac{1}{2} O_2$

$Zn + H_2O \rightarrow ZnO + H_2$

✓ membranfrei · ✓ PFAS-frei · ✓ PGM-frei · ✓ hoher H_2-Druck · ✓ netzdienlich

Neue Ansätze aus der Forschung



> 70 %
Wirkungsgrad (HHV)
74,7 % im 1-MW-Modell

≈ 2 €/kg
H_2 aus CAPEX + OPEX
ohne Stromkosten

2.000 Ah
Prototyp mit 1 m²
aktiver Fläche (Ziel)

200 mAh/cm²
Kapazität
Nachgewiesen im HyCentA Prototypen

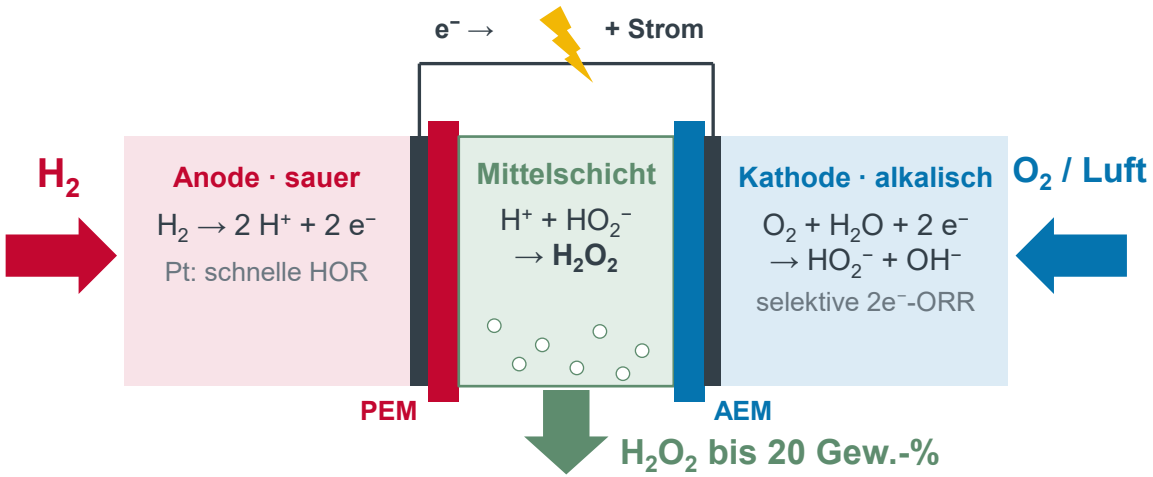
Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Elektrochemische Synthese vor Ort

Neue Ansätze aus der Forschung

Elektrochemie kann mehr als Wasserstoff: Grundchemikalien effizient und direkt dort erzeugen, wo sie gebraucht werden.

HyPerFlow · H_2O_2-Flowcell mit sauer/alkalischer Hybridarchitektur



HEUTE · Anthrachinon-Verfahren, zentral

~5,5 Mt/a
H_2O_2 weltweit, meist AO-Verfahren

17,6 kWh/kg
Energiebedarf AO-Verfahren

KÜNFTIG · elektrochemisch vor Ort

20 Gew.-%
H_2O_2-Konzentration

≥ 400
mA/cm² Stromdichte

≥ 250 h
Betriebsdauer

aus H_2, Luft und Wasser · kein Transport · PGM- & PFAS-reduziert

Potenzial: weitere elektrochemische Verfahren für Chemikalien am Ort des Bedarfs

STAND DER TECHNIK
$NaOCl$ / Cl_2
Chlor-Alkali, Hypochlorit vor Ort

HYPERFLOW · 2027–2029
H_2O_2
Bleiche, Desinfektion, Abwasser, Synthese

FORSCHUNG
NH_3
aus Nitrat oder N_2 – dezentraler Dünger

FORSCHUNG / DEMO
CO / HCOOH / C_2H_4
CO_2-Elektrolyse, SOEC-Co-Elektrolyse

Perry et al., Univ. Southampton

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

SouthH$_2$ Corridor: Import über Österreich

Rund 3.300 km von Nordafrika nach Bayern – zu über 65 % aus umgewidmeten Leitungen.



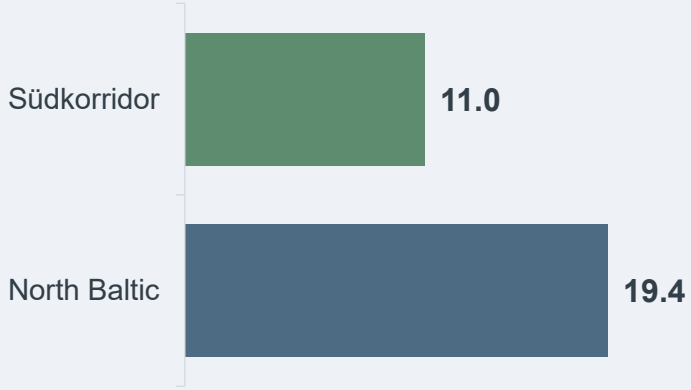
3.300 km
Nordafrika – Bayern

> 65 %
umgewidmet

> 4 Mt/a
Importkapazität

~720 km
in Österreich
TAG + GCA

HyCentA-Studie: Tarif im 1. Betriebsjahr
Import nach Österreich, Tarifindikator in €/MWh



– 43 %
Südkorridor gegenüber North Baltic

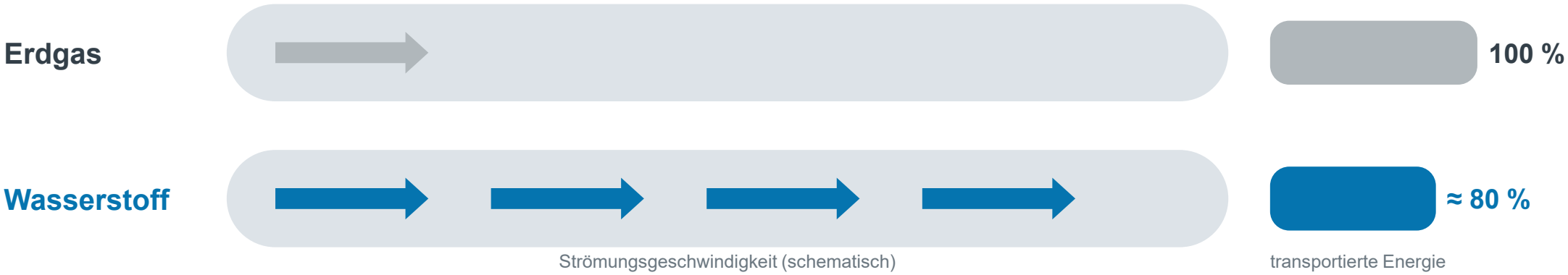
- Umwidmung senkt Kostenbasis und Auslastungsrisiko
- Nordroute: mehr Neubau, längere Strecken
- Hochlauf: geringe Auslastung treibt Anfangstarife – zeitliche Kostenverteilung glättet

Quellen: south2corridor.net; WKO/ÖGEW; Schmidt, Radner, Weber, Winkler, Klopčič, Trattner – Intertemporal Cost Allocation in H_2 Pipeline Infrastructure (IJHE, in Review)

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Was sich in der Leitung ändert

Gleiche Leitung, anderes Gas: Wasserstoff strömt schneller und braucht mehr Verdichtung.



≈ 80 %
Energietransport
bei gleichem Druckverlust

3–4 ×
Strömungsgeschwindigkeit
unkritisch für Erosion und Partikel

≈ 3 ×
Verdichtungsaufwand
mehr Leistung in den Stationen

Linepack
weniger Netzpuffer
dezentrale Speicher werden wichtiger

Bei 20–30 % H_2-Anteil sind die Betriebsparameter noch mit reinem Erdgas vergleichbar.

Quelle: Klopčič, Stöhr, Grimmer, Sartory, Trattner – Refurbishment of Natural Gas Pipelines towards 100 % Hydrogen, Energies 15 (2022) 9370

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Integrität: Werkstoffe unter Wasserstoff

Neue Ansätze aus der Forschung

Bevor Wasserstoff fließt: Altbestand, Schweißnähte und Komponenten müssen qualifiziert werden.



Rohrprobe aus der umgewidmeten Leitung



Autoklav bis 1.100 bar

ASME B31.12

Integritätsprüfung

HyGrid²: Altbestand und Schweißnähte nach ASME B31.12 / HE210

1.100 bar

Autoklav, –40 bis +200 °C

Basis für Prüfungen nach ISO 11114-4

4

neue Prüfmethoden

für Hochdruckstähle unter Wasserstoff

15 → 12,9 %

Bruchdehnung in H_2

34CrMo4-Hohlprobe; FEM-Modell liegt konservativ darunter

Ausblick HyGaP 2027–2030: Permeation in Stählen und Beschichtungen

Quellen: HyGrid² (Energienetze Steiermark, HyCentA u. a.); HyCentA COMET-Projekte ReMET (Area 4) und HyDestiny (Area 2)

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

HyGrid² und Ausblick

Österreich hat die Umwidmung bereits erprobt – jetzt geht es um nachverfolgbare Qualität bis in den Speicher.







- ✓ Erste Umwidmung einer Erdgasleitung in Österreich – Demoanlage für reinen H_2
- ✓ Handbuch für den Umwidmungsprozess
- ✓ Erstmals H_2-Qualität in umgewidmeter Leitung im Realbetrieb untersucht
- ✓ Werkstoffintegrität nach ASME B31.12 geprüft

AUSBLICK COMET 2027–2030

TRUST · H_2-Qualität, die man nachverfolgen kann

- Qualitätsmanagement an den Schnittstellen der Kette
- Online-Toolbox für Monitoring vor Ort
- Isotopenanalytik und Mikrobiologie für Untergrundspeicher

SHIELD · Sicherheit, ausgelegt statt übernommen

- Freilandversuche zur Validierung der Ausbreitungsmodelle
- Optische und akustische Leckerkennung

Quellen: HyGrid² – Energienetze Steiermark, ÖVGW, Bilfinger, WIVA P&G, HyCentA, DBI, Montanuniversität Leoben, MCL; HyCentA COMET-Programm 2027–2030

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Gasqualität entlang der Kette

Reinheit entscheidet über die Nutzung – und sie kann sich auf jedem Abschnitt ändern.

Einspeisung Elektrolyse	**Leitung** umgewidmet	**Untergrundspeicher** Poren- / Kavernenspeicher	**Ausspeisung** Nutzung
Feuchte und Sauerstoff aus der Elektrolyse	Odoriermittel, Kohlenwasserstoffe, Partikel und Sedimente aus der Rohrwand	Mikroben bilden CH_4 und H_2S; Rest-Erdgas im Kissengas; Feuchte	Brennstoffzelle braucht 99,97 % – Industrie und Verbrennung ≥ 98 % Einige Industrieprozesse mit hoher Reinheitsanforderung

QUALITÄTSLÜCKE · erlaubte Verunreinigungen

Netz ≥ 98 %
z. B. DVGW G 260, CEN/TS 17977

20.000 ppm

Brennstoffzelle ≥ 99,97 %
ISO 14687 Grade D

300 ppm

Faktor ~70 → Monitoring an den Schnittstellen und Aufreinigung an der Ausspeisung



HyCentA-Analytik

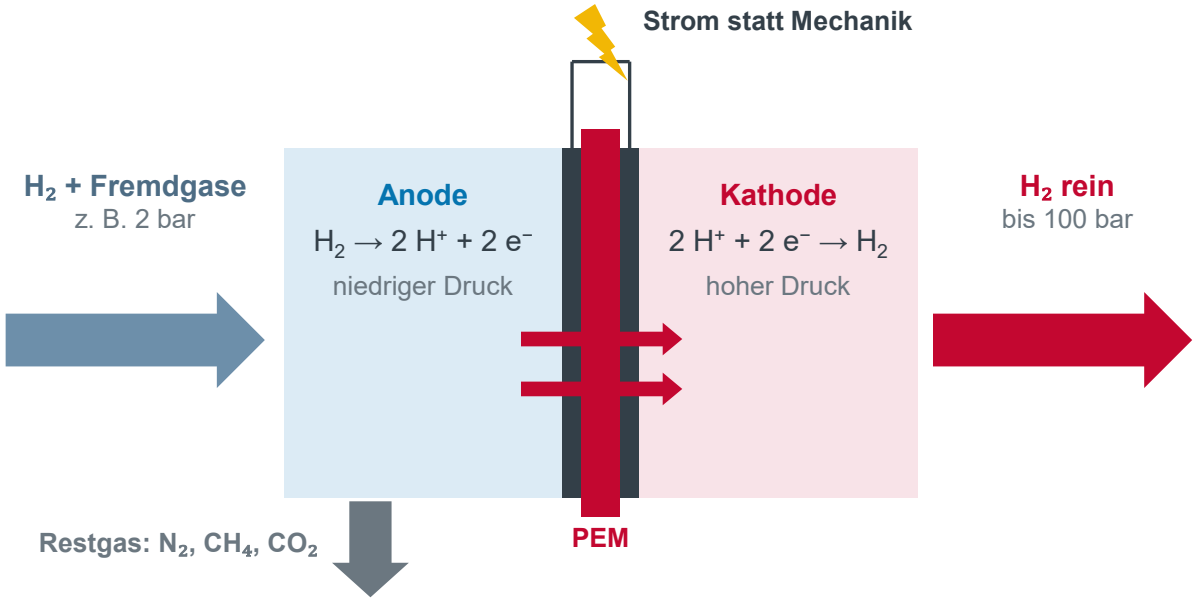
Gasanalyse nach ISO 14687: FTIR, MS (V&F), GC (Shimadzu Nexis), Micro-GC, Inline-Sensor für 5.0-Qualität

Quellen: EHB Implementation Roadmap 2024; EU-Studie doi:10.2833/8623209; ISO 14687:2019; HyCentA COMET-Projekt ReMET

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Elektrochemische Kompression und Reinigung

Verdichten und reinigen in einem Schritt: Nur Protonen passieren die Membran – Fremdgase bleiben zurück.



Neue Ansätze aus der Forschung



VORTEILE

- ✓ keine bewegten Teile, leise
- ✓ Verdichtung + Reinigung in einem Schritt
- ✓ modular skalierbar
- ✓ direkt an Elektrolyse koppelbar

100 bar
Stack-Design
segmentierte Strom- & T-Messung

28–180 µm
Membranen (MEAs)
am Prüfstand charakterisiert

2
Patente HyCentA
Befeuchtungskonzepte für EHC

Quelle: HyCentA COMET-Projekt HyEmpire (2023–2026) mit AIT, TU Graz, PoliMi, Heraeus, Ionomr, OMV u. a.

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Neue Speicherkonzepte

Kompakt, sicher, nachhaltig: vier Ansätze vom Material bis zur Anlage.

NEUER ANSATZ · Speicherung



Metallhydride

H_2 im Metallgitter gebunden – Beladen bei 9–35 bar, Entladen bei ~1 bar und 90 °C

2,2-kg-Tank getestet



Sorptionsspeicher

poröse Materialien lagern H_2 an der Oberfläche an

Ziel > 4 Gew.-% · 40 g/L



Grüne Drucktanks

Carbonfasern aus Viskose statt PAN, recycelbares Vitrimer-Harz

−67 % CO_2 bei der Faser



Flüssige Träger

Ammoniak und Methanol – NH_3 direkt verstromt, ohne Cracker

NH_3-Brennstoffzelle läuft

Metallhydride industrienah erprobt: Simulation trifft die gespeicherte Masse auf ±5 %; Hochentropie-Legierung > 2 Gew.-% bei Raumtemperatur; Speicher nur ~2 % der e-Methanol-Kosten – ideal mit Abwärme, für Tage bis Wochen.

HyCentA COMET-Projekte HyDrides (Miba, OMV, AIT, TU Graz, IRH Québec), HyDsorb, HyDestiny (Fraunhofer IAP, PCCL, MUL), HyLiquids · e-Methanol-Fallstudie: AIT

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Brennstoffzelle: F&E

Lkw brauchen 25.000–30.000 h statt 8.000 h: länger und günstiger.

Route verbessern

GENIE · GERAS

PEM · COMET



8–10 kh

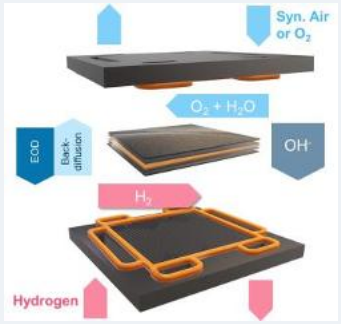
Lebensdauerziel GERAS2 (< 10 % Verlust)

- Membranalterung über Fluorid-Freisetzung
- Lebensdauermodell für Steuergerät und HiL
- Bipolarplatten: Korrosion, Beschichtung

Neuer Ansatz

GAMBIT → GRAIL

AEM · COMET 2024–2029



> 0,75 A/cm²

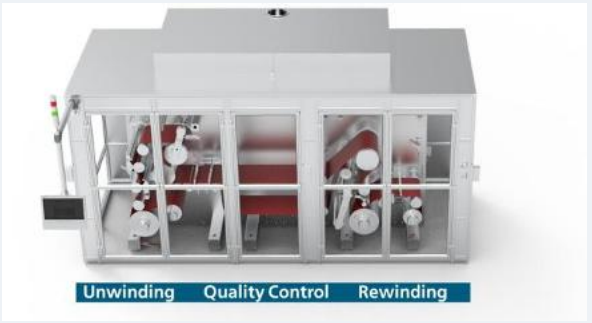
Ziel: PFAS- und PGM-freie Zelle

- fluorfreie, verstärkte Membran
- verbesserte Katalysatoren statt Platin
- direkte Membranabscheidung

Route verbessern

CENTREPIECE

PEM · EU 2026–2029



MEA

vom Labor in die Serie

- skalierbare Fertigung von Rolle zu Rolle
- Inline-Qualitätskontrolle
- Recycling und EU-Lieferkette

Clean Hydrogen Partnership

Co-funded by the European Union

US DOE Program Record 19006 · Partner u. a.: BMW, TU Graz · AVL, Ionomr, Heraeus, SFU, Chalmers · Johnson Matthey, Fraunhofer, TU Chemnitz, Uni Freiburg

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

BZ in Off-Road-Maschinen

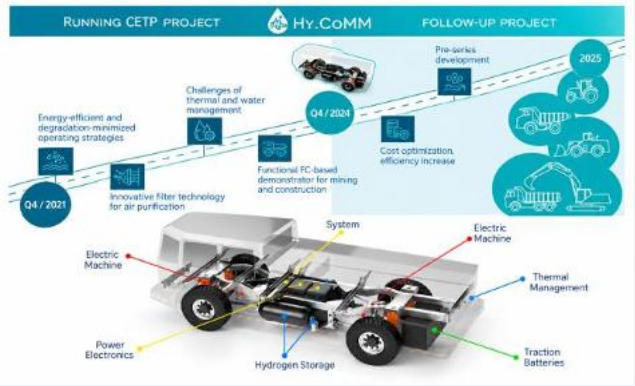
ROUTE VERBESSERN · Nutzung

„Zu teuer, zu empfindlich“ – Realbetrieb und Baukasten als Antwort.



HyFleet
2021–2026 · Spezialfahrzeugflotten

- BZ-Geländefahrzeug auf Rotax-Basis
- vereinfachtes BZ-System
- modulare H_2-Infrastruktur
- Tourismus, Forst, Landwirtschaft



Hy.CoMM
bis 2027 · Bergbau & Bau · CETP

- BZ-Personentransporter für den Tagebau
- 6 t, 6,5 kg H_2, > 100 km
- ~180 kW gesamt, ~60 kW BZ
- Demonstrator Q4/2026



H2ROAM
2026–2029 · EU

- BZ-Baukasten für 5 Plattformen
- Bau-, Land- und Arbeitsmaschinen
- Haltbarkeit unter rauen Bedingungen
- State-of-Health-Monitoring

Partner u. a.: Rotax/BRP, EKPO, Fronius, AIT, TU Graz (HyFleet) · Fraunhofer IVI, ICM, Virtual Vehicle (Hy.CoMM) · Nuvera, Hyster-Yale, SDF, Storti, Donaldson (H2ROAM)

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Flüssigwasserstoff (LH_2)

Vorteil im Großen – die Lücke liegt in der Infrastruktur.

NEUER ANSATZ · Nutzung

Schwerlast-Lkw: LH_2-System vs. 700 bar

+60 bis 70 %	gravimetrische Speicherdichte (System)
+25 bis 50 %	volumetrisch – rund 41 g H_2 je Liter
−35 bis 40 %	Speicherkosten je kg H_2

Verluste entlang der Kette

20–30 %
des Heizwerts für die Verflüssigung

0,3–3 %
Boil-off pro Tag

20–100 %
Rückgasverluste beim Tanken



Video: HyCentA; mit KI bearbeitet (Umgebung ergänzt)

Liquid Hydrogen Lab, Ennshafen · ab Q1/2027
4.400 kg LH_2 · bis 5.600 kg/h · Tanks, Transfer, Kryopumpen, Boil-off und Sicherheit im realen Maßstab







Quellen: Argonne National Laboratory; Eichlseder, Klell, Trattner (Springer 2023); IDEALHY; Air Liquide; Daimler Truck; Airbus · H_u = 33,3 kWh/kg

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

Fazit

Bestehende Routen verbessern

- PEMWE: Iridium senken, Kosten auf 400–600 €/kW
- MW-Tests (OASES) machen Stacks bankfähig
- Leitungen umwidmen – Sicherheit ist berechenbar
- Brennstoffzelle: Lebensdauer und Serienfertigung

Neue Ansätze in die Anwendung bringen

- Zink-Zwischenschritt: Speicher und Elektrolyse in einem
- EHC: verdichten und reinigen in einem Schritt
- Hydride, Sorption, LH_2: neue Speicherwege
- PFAS-freie AEM, H_2O_2 und Chemikalien vor Ort: neue Geschäftsmodelle

„Grüner Wasserstoff ist technisch bereit – die Herausforderung ist das Tempo der Umsetzung."

Neben den technologischen Fortschritten und Kostensenkungen ist eine Anpassung der Marktrandbedingungen erforderlich.

Unauthorized distribution or disclosure of the content is prohibited.

HyCentA
HYDROGEN CENTER AUSTRIA

Gemeinsam die Wasserstoff-Zukunft gestalten!

HyCentA Research GmbH

Inffeldgasse 15
A-8010 Graz

Tel.: +43 316 873 9500
office@hycenta.at
www.hycenta.at

Bundesministerium Innovation, Mobilität und Infrastruktur

Bundesministerium Wirtschaft, Energie und Tourismus

FFG Forschung wirkt.

Das Land Steiermark
Wirtschaft, Arbeit, Finanzen, Wissenschaft und Forschung

Partner of UAR INNOVATION NETWORK

wirtschaftsagentur wien

Tirol

oberösterreich

SFG
NEUES DENKEN. NEUES FÖRDERN.

Das HyCentA COMET-Zentrum wird im Rahmen von COMET – Competence Centers for Excellent Technologies – durch BMIMI, BMWET, sowie den mitfinanzierenden Ländern Steiermark, Oberösterreich, Tirol und Wien gefördert. COMET wird durch die FFG abgewickelt. www.ffg.at/comet