



FUTURE OF ENERGY
Innovationen für eine klimaneutrale Zukunft

EnInnov2022

17. Symposium Energieinnovation | 16.02.–18.02.2022

Aktuelle Entwicklungen und Beispiele der Wasserstofftechnologien

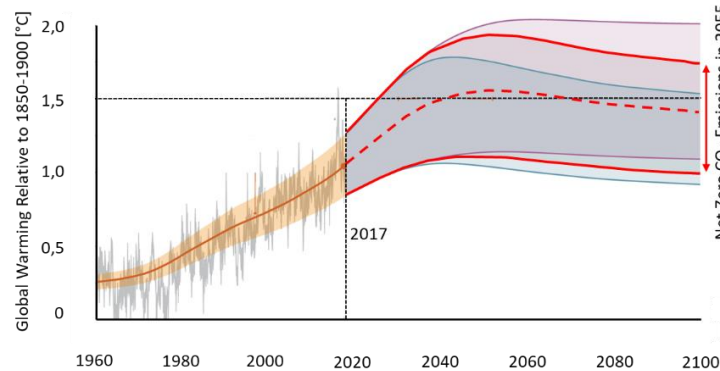
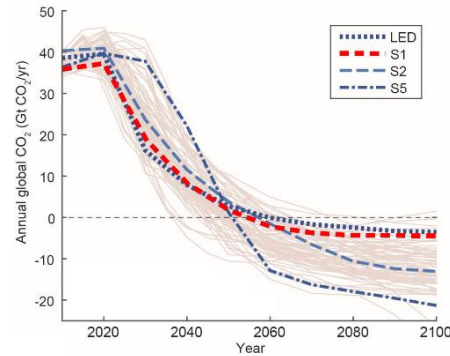
DI Dr. Alexander Trattner

Geschäftsführer und Forschungsleiter

Graz, 17. Februar 2022



Primäre Aufgabe ist die Reduktion von Treibhausgasen!

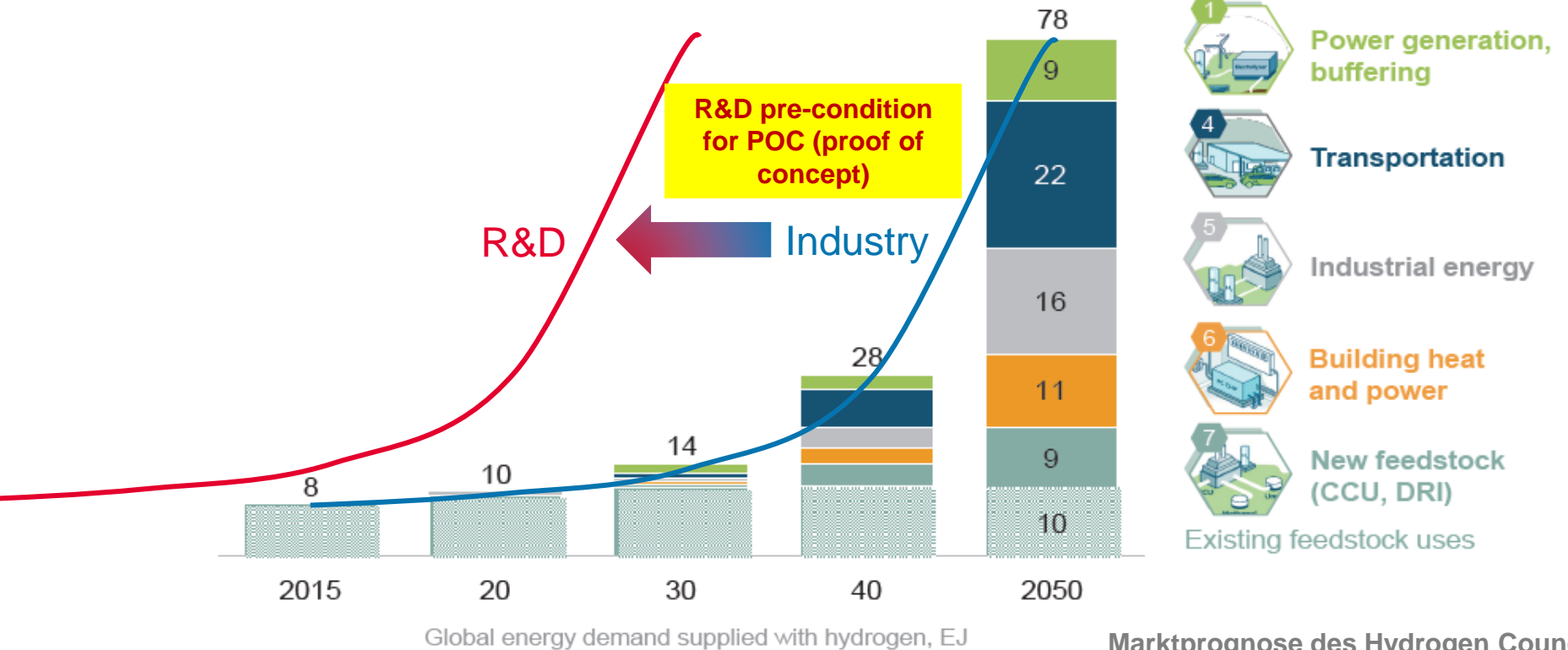


Quelle: IPCC

3 Strategien zur Bewältigung der Energiewende

- **Ausbau erneuerbarer Energien (und Energiespeicher)**
- **Effizientere Energiewandler**
- **Verbrauch verringern - Suffizienz**

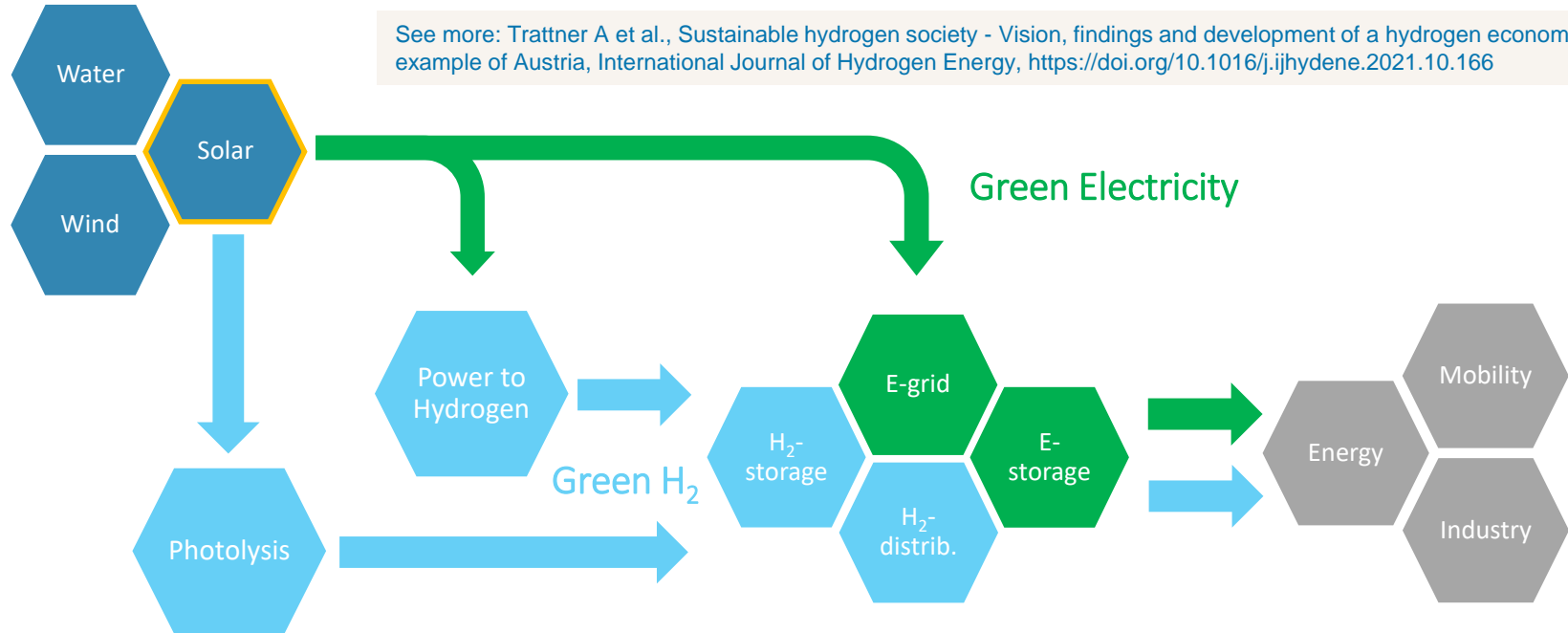
"H₂ weist ein langfristiges Potenzial von 20-30 % aller Energieträger auf"



Marktprognose des Hydrogen Council
<https://hydrogencouncil.com/en/>

Wasserstoff – Schlüssel zur Energiewende

See more: Trattner A et al., Sustainable hydrogen society - Vision, findings and development of a hydrogen economy using the example of Austria, International Journal of Hydrogen Energy, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.166>



Integration of renewables

- Integrate production surpluses
- Direct water splitting

Energy conversion

- Electrolysis - compensate temporal volatility
- H₂ as secondary energy carrier – energy storage

Storage and distribution

- Centralized and decentralized storage
- Long-term storage
- Efficient transport over long distances

Zero Emission Usage

- Energy Services – CHP
- Mobility with Fuel cells
- Industry and high-temperature processes

- **Elektrolyse ist Schlüsseltechnologie**
 - AEL und PEM marktreif
 - AEM birgt Potenzial für Kostenreduktion
 - SOEC birgt Potenzial für höchste Wirkungsgrade
 - EU-Plan: Installation von 6 GW bis 2024
- **Pyrolyse von Biomethan**
- **Vergasung von Biomethan**
- **Alternative Technologien**
 - Photoelektrolyse
 - Direkte Salzwasserelektrolyse



wind2hydrogen

Elektrolyse – Technische Varianten

PEM-EL

Polymer Elektrolyt
Membran Elektrolyse

AEM-EL

Anionentauscher
Membran Elektrolyse

AEL-EL

Alkalische Elektrolyse

HT-EL

Hoch-Temperatur
Elektrolyse

Elektrolyt

sauer

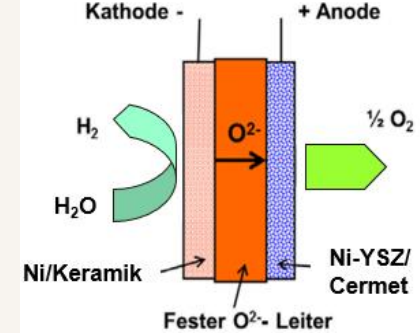
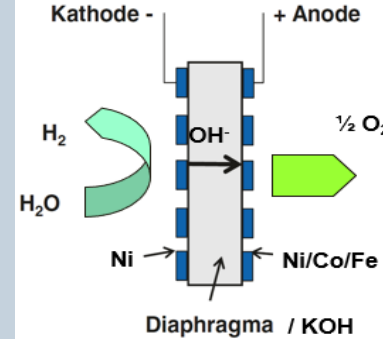
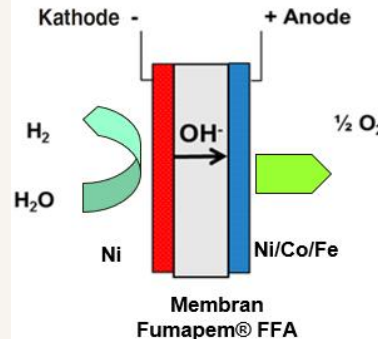
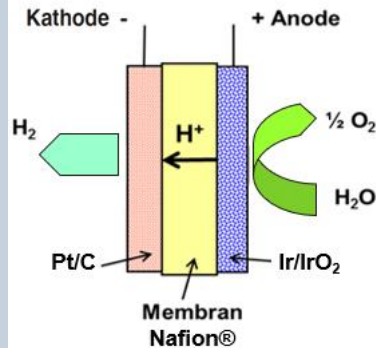
basisch

O^{2-} - leitend

fest (Polymer)

flüssig

fest (Keramik)



Betriebs-
temperatur

50 – 80 °C

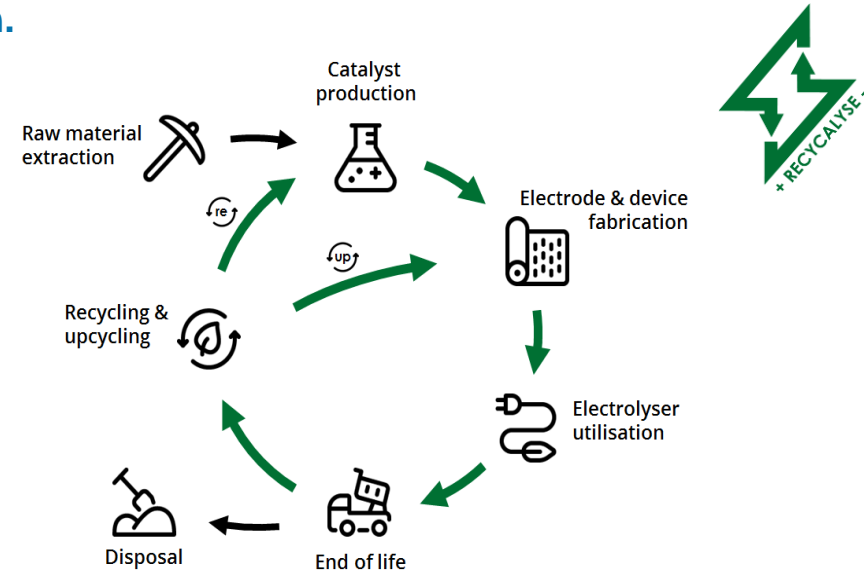
40 – 80 °C

60 – 95 °C

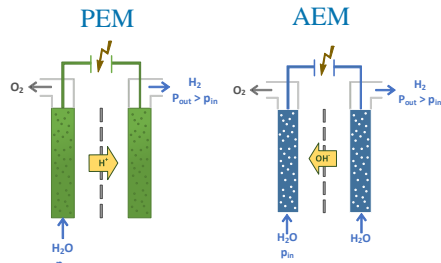
700 – 1000 °C

RECYCALYSE hat zum Ziel, neue **Elektrokatalysatoren** für PEM Elektrolysesysteme mit erhöhter **Performance**, reduziertem Verbrauch an kritischen **Rohstoffen**, reduziertem **ökologischem Fußabdruck** und zu reduzierten **Kosten** zu entwickeln.

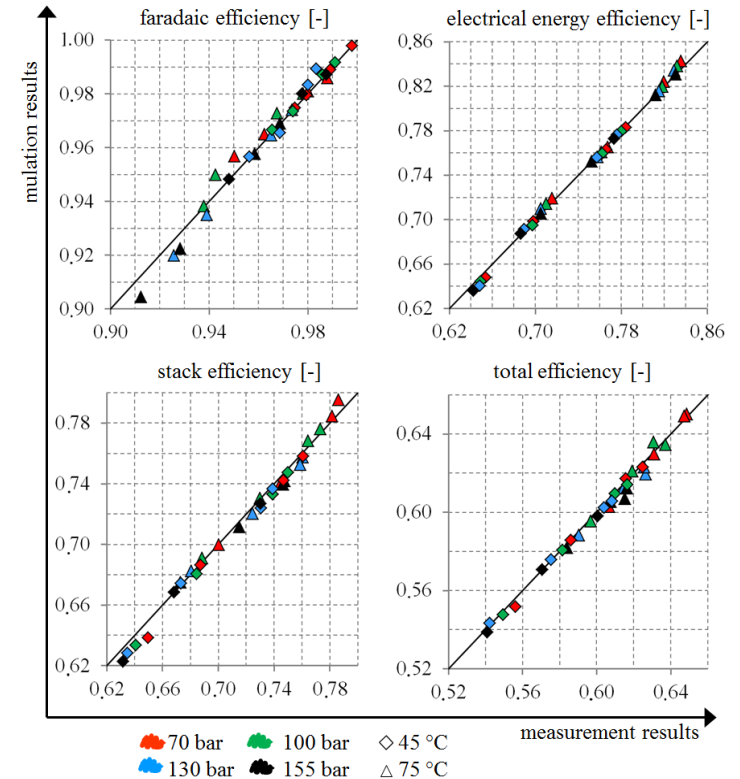
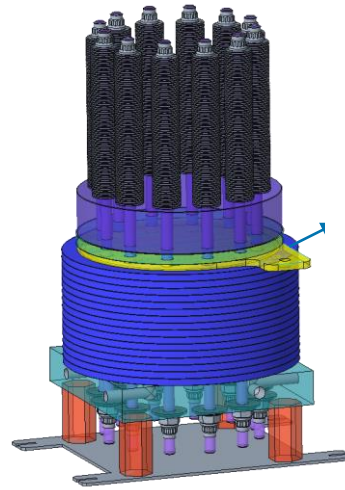
- Hochskalierung des **Recyclingprozesses** für kritische Rohstoffe
- Einsatz von **nachhaltigen Materialien**
- Anwendung einer **Kreislaufwirtschaft**, in der kritische Rohstoffe zurückgewonnen und regeneriert werden
- Betrachtung der **gesamten Wertschöpfungskette** von der Produktion des Katalysators bis hin zur Systemintegration und Demonstration des Systems



High Pressure Electrolysis – HPEL

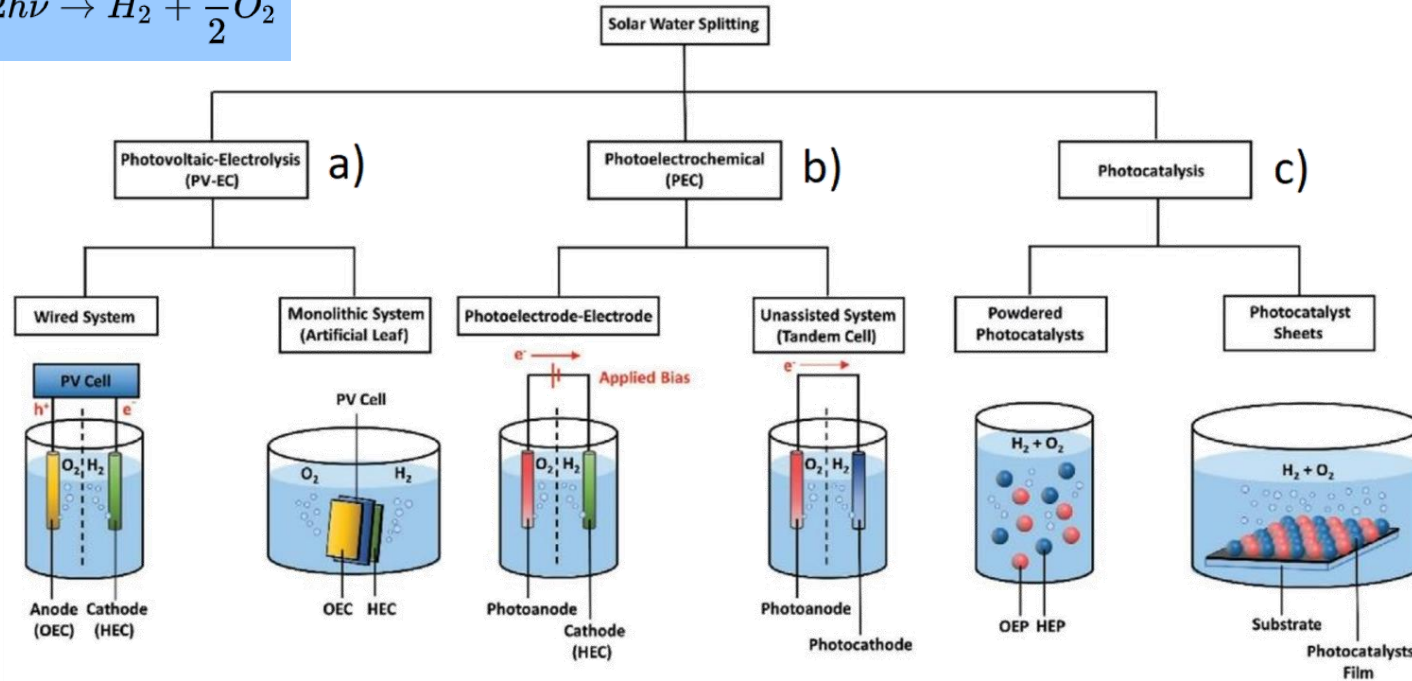
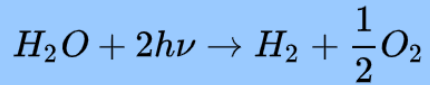


- H₂O-supply with low pressure p_{in}
- $p_{in} > atm \rightarrow \eta \uparrow$
- Δp accross membrane
- H₂-output $p_{out} > p_{in}$
- O₂-input bei p_{in}



See more: Sartory, M., Wallnöfer-Ogris, E., Salman, P., Fellinger, T., Justl, M., Trattner, A., Klell, M.: “Theoretical and Experimental Analysis of an Asymmetric High Pressure PEM Water Electrolyser up to 155 bar”, International Journal of Hydrogen Energy, 2017.

Photonen direkt genutzt werden um Wasser in seine Bestandteile H_2 und O_2 aufzutrennen.

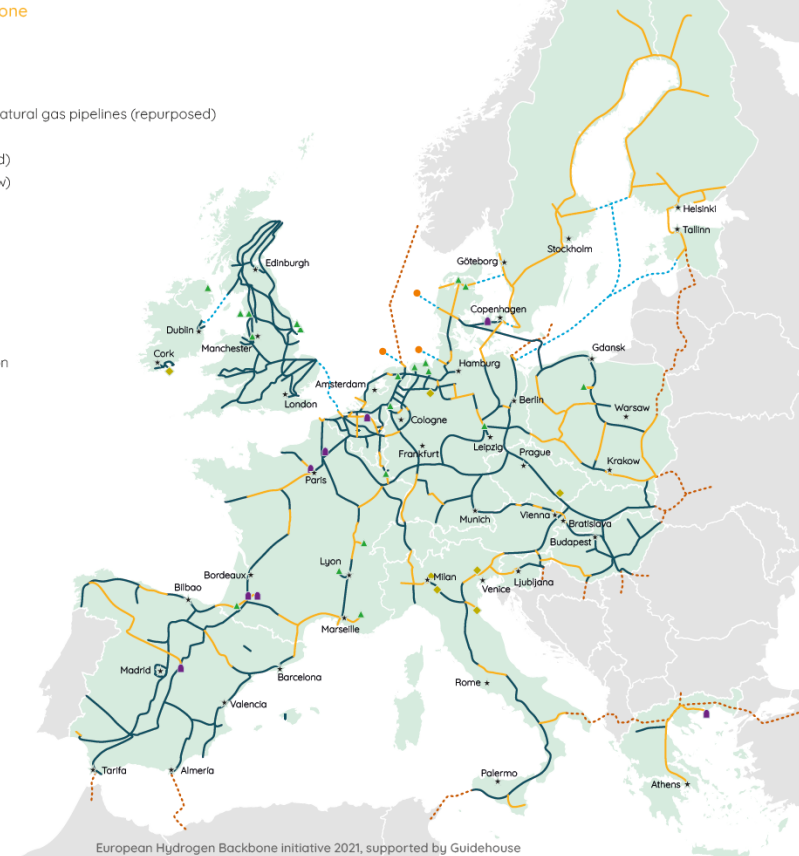


Quelle: Boon-Junn Ng, Lut Kurnianditia Putri, Xin Ying Kong, Yee Wen Teh, Pooria Pasbakhsh, Siang-Piao Chai, "Z-Scheme Photocatalytic Systems for Solar Water Splitting," *Advanced Science*, 2020.

- **Druckgasspeicherung ist Stand der Technik und seit Jahrzehnten eingesetzt**
- **LH₂ (Flüssigwasserstoff ~ -253°C) für Sonderanwendungen**
- **Saisonale großtechnische Speicher wie in Untergrundspeichern**
- **Alternativen wie LOHC und Hydridspeicher nehmen an Bedeutung zu → F&E**
- **Distribution**
 - GH₂ und LH₂ Trailer
 - Pipelines
 - Schiffe

Mature European Hydrogen Backbone can be created by 2040

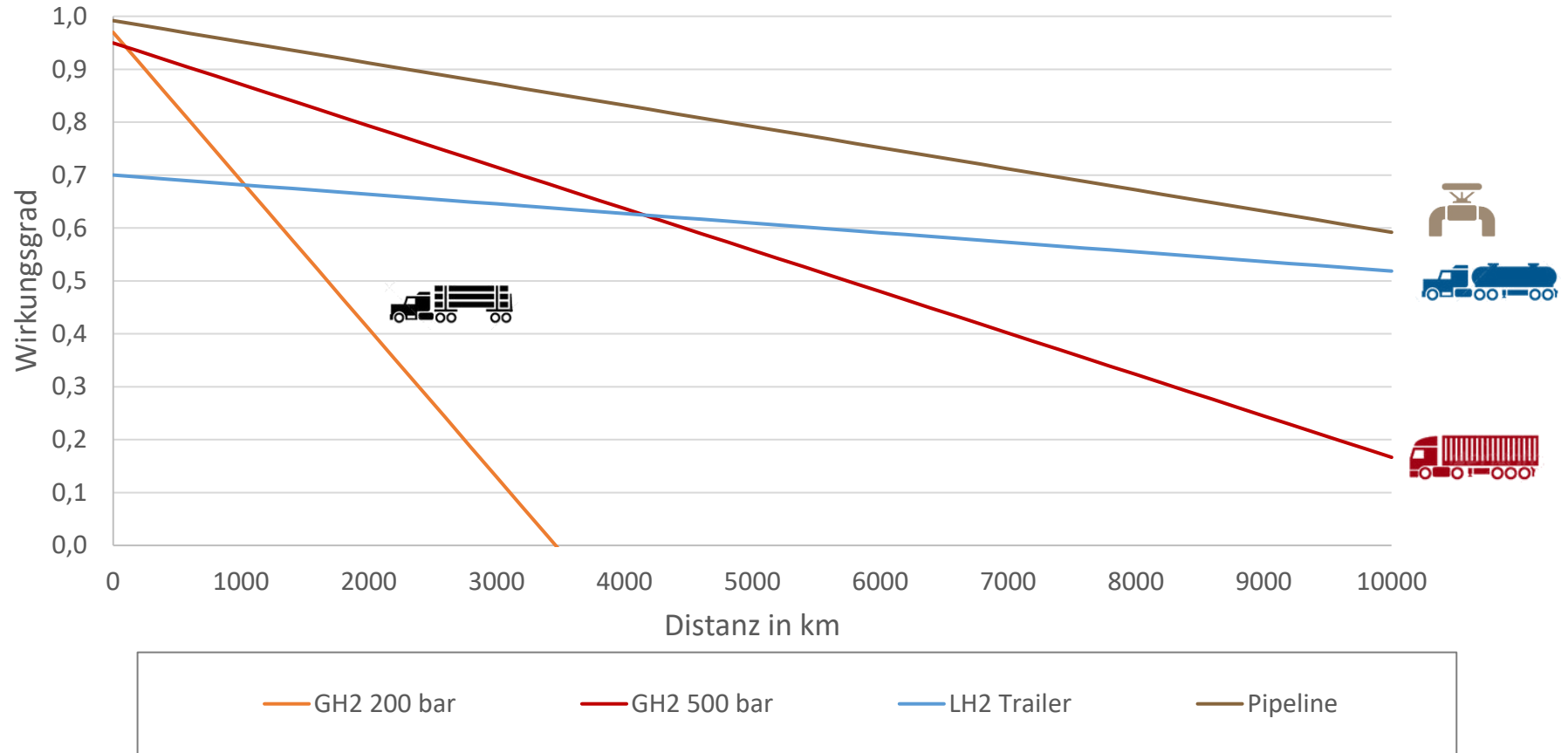
- H₂ pipelines by conversion of existing natural gas pipelines (repurposed)
 - Newly constructed H₂ pipelines
 - Export/Import H₂ pipelines (repurposed)
 - Subsea H₂ pipelines (repurposed or new)
- Countries within scope of study
 - Countries beyond scope of study
- ▲ Potential H₂ storage: Salt cavern
 - Potential H₂ storage: Aquifer
 - ◆ Potential H₂ storage: Depleted field
 - Energy island for offshore H₂ production
 - ★ City, for orientation purposes



European Hydrogen Backbone initiative 2021, supported by Guidehouse

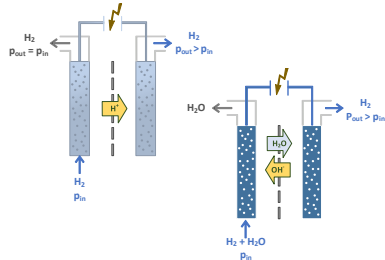
Quelle: https://gasforclimate2050.eu/sdm_downloads/extending-the-european-hydrogen-backbone/

Wasserstoff Distribution



Kompakte, modulare und effiziente Kompression mit hohen Wirkungsgraden und ohne bewegte Bauteile (Geräusch)

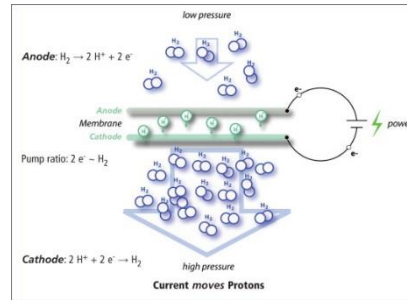
Electrochemical Hydrogen Compression – EHC



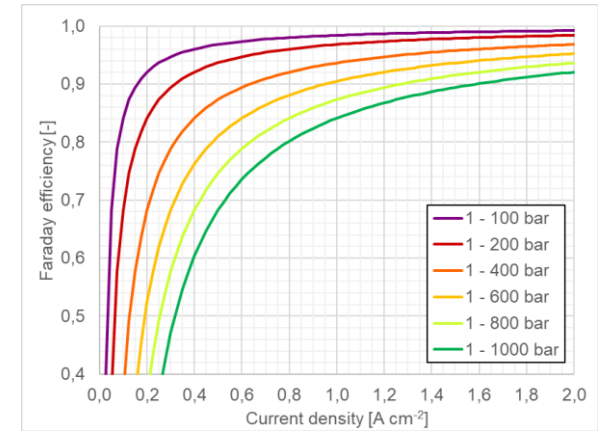
- H₂ supply at atmospheric or low pressure p_{in}
- Δp across membrane
- H₂ at $p_{out} > p_{in}$
- Possible with PEM or AEM

Forschung an:





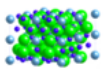
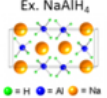

- Befeuchtung
- Optimierten Stapeln
- Dauerhaltbaren Dichtungen
- Integration in H₂-Systeme



Source: HyET



Source: HyCentA, on-going PhD Michael Richter

Type of storage		Vol. energy density pure substance in kWh/l	Vol. energy density system in kWh/l	Grav. energy density pure substance in kWh/kg	Grav. energy density system in kWh/kg	TRL
CGH2 350 bar T. III		0.8	0.5	33.3	1.9	8-9
CGH2 700 bar T. III		1.3	0.7	33.3	1.0	8-9
CGH2 700 bar T. IV		1.3	0.7	33.3	1.6	8-9
LH2		2.2	1.2	33.3	2.0	7-9
cCH2		2.7	1.5	33.3	2.5	6-7
Adsorbed - MOF-5		1.8	0.7	2.7	1.0	2-3
Metal Hyd. MgH ₂		3.7	1.2	2.5	0.7	6-7
Metal Hyd. TiFe		4.1	0.6	0.6	0.3	5-6
Metal Hyd. TiMn ₂		4.0	1.3	0.6	0.4	5-6
Complex hyd. Mg(BH ₄) ₂	Ex. NaAlH ₄ 	4.9		5.0		1-2
Complex hyd. NaAlH ₄		3.1		2.5		1-2
LOHC N-ethyl carbazole		2.2		1.7		6-7
LOHC Dibenzyl toluene		1.9		2.0		7-8
Ionic liquid T-BH ₄		0.4		0.5		1-2
Battery	Reference	0.3	0.3	0.2	0.2	8-9
Diesel	Reference	9.8	8.3	11.5	8.8	9

- Viele alternative und wenig erforschte Speichertechnologien
- Fortschritte beispielhaft bei Hydriden für stationäre Anwendungen



Source: GKN

- H₂-Technologien besonders relevant für Sektorkopplung
- Regelenergiemarkt mit Elektrolyse und Brennstoffzelle (reversibler Betrieb bei HT)
- Kraft-Wärme-Kopplung
- Eigenversorgung zB Häuser
- Notstromversorgung
- Verstromung mit: VKM / Turbine / Brennstoffzelle



Quelle: Verbund, Gaskraftwerk Mellach, HotFlex

Electrolysis (SOEC mode)



Fuel Cell (SOFC mode)



Quelle: Sunfire

- **H₂ seit Jahrzehnten im Einsatz**
- **Umstellung bestehender Prozesse von grauem H₂ auf grünen H₂**
- **Neue Prozesse mit H₂ zur Dekarbonisierung**
- **Stoffliche Verwertung**
- **Hochtemperaturprozesse: Wärmetauscher und Brenner**

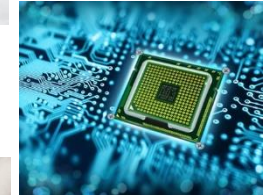
Chemie



Glas



Halbleiter



Raffinerie



Metall

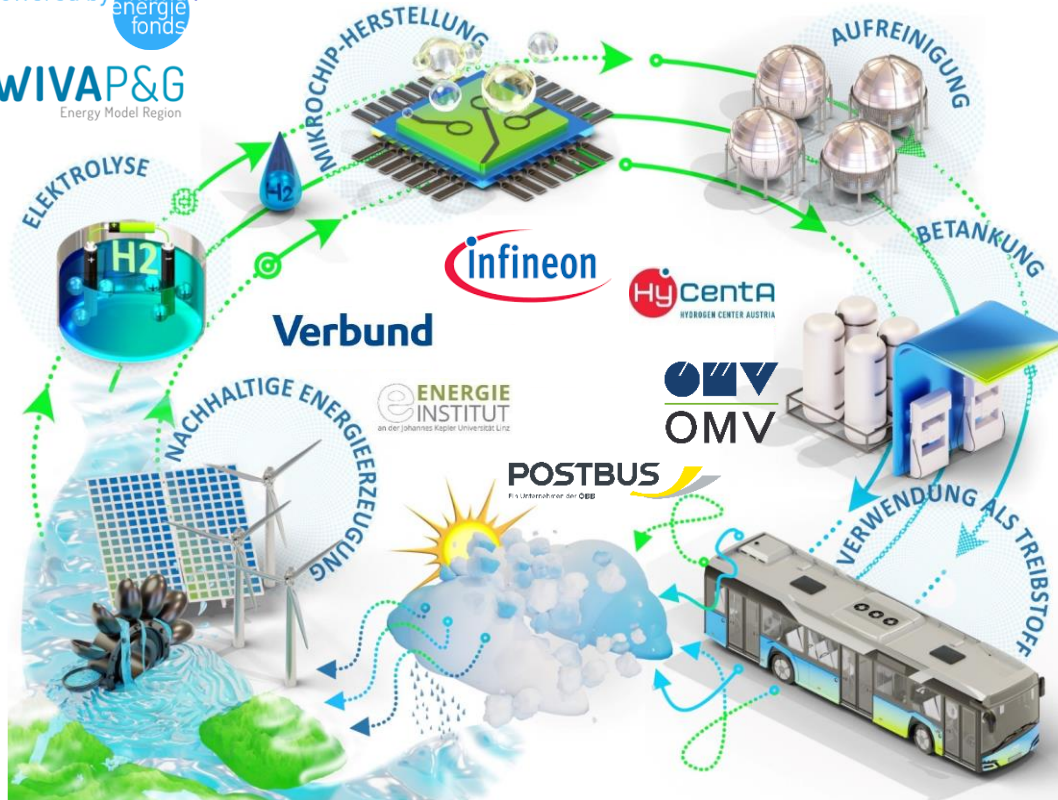


Industrie – Recycling von Wasserstoff

LAND  KÄRNTEN **H2Carinthia = H2Pioneer und ReHyB**

powered by 

WIVAP&G
Energy Model Region



- **Grüner H₂ vor Ort hergestellt, statt grau und angeliefert**
- **Aufreinigung auf 8.0**
- **Nutzung im Industrieprozess (Epitaxie)**
- **Aufreinigung auf 5.0**
- **Nutzung in der Mobilität**
- **Auskopplung und Bustankstelle**

See more: Richter, M., et al.: "Evaluierung von Wiederverwertungsmethoden für Wasserstoff in Halbleiterindustrieprozessen", 16th Symposium Energieinnovation, Graz/Austria, 2020.

- Wasserstoff mit Brennstoffzelle ist Teil der Elektromobilität
- Marktreife & marktnahe Lösungen

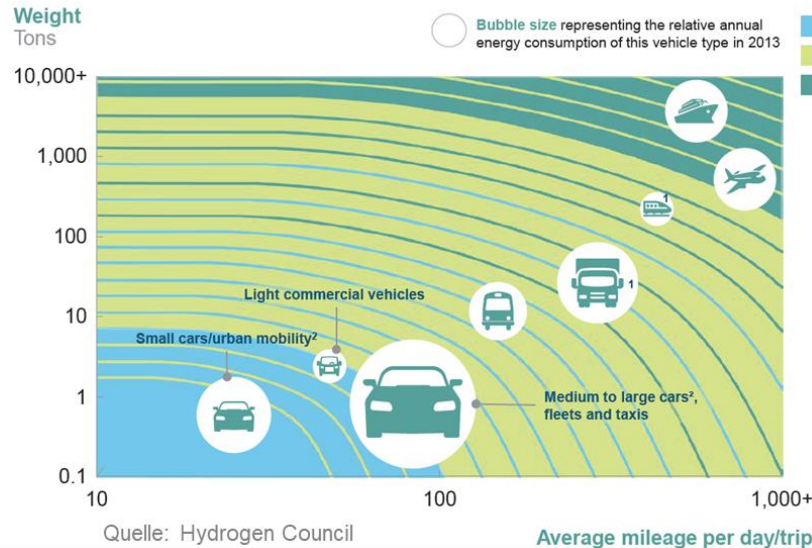
**BEV - Battery Electric Vehicle,
Akkumulator**

**FCEV – Fuel Cell Electric Vehicle,
Wasserstoff - Brennstoffzelle**

Höchster Wirkungs-grad

Geringe Reichweite

Lange Ladezeit



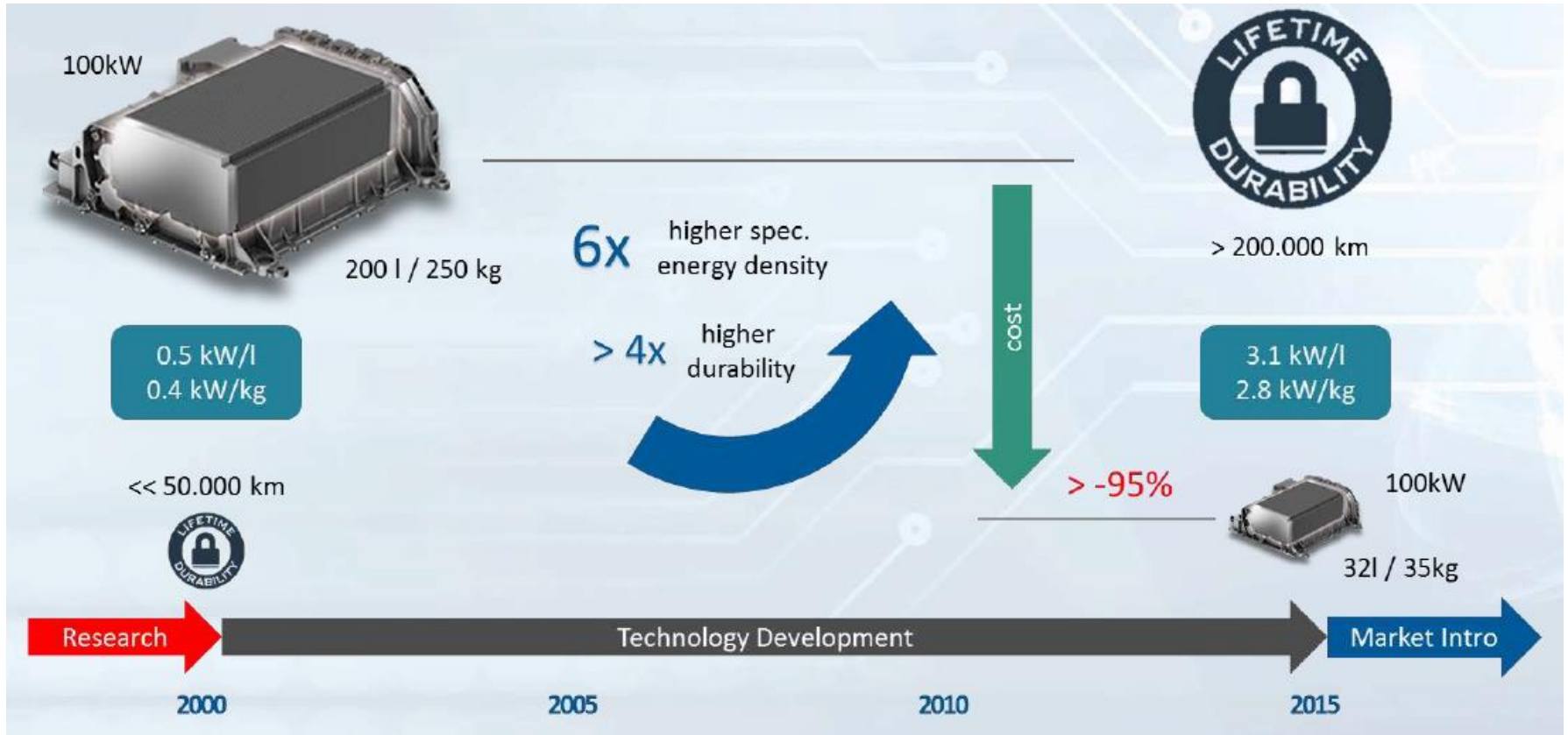
Hoher Wirkungs-grad

Große Reichweite

Kurze Betankungs-zeit



Fortschritte der BZ-Technologie



Quelle: J. Rechberger - AVL, ÖVK Vortrag Graz, 2017

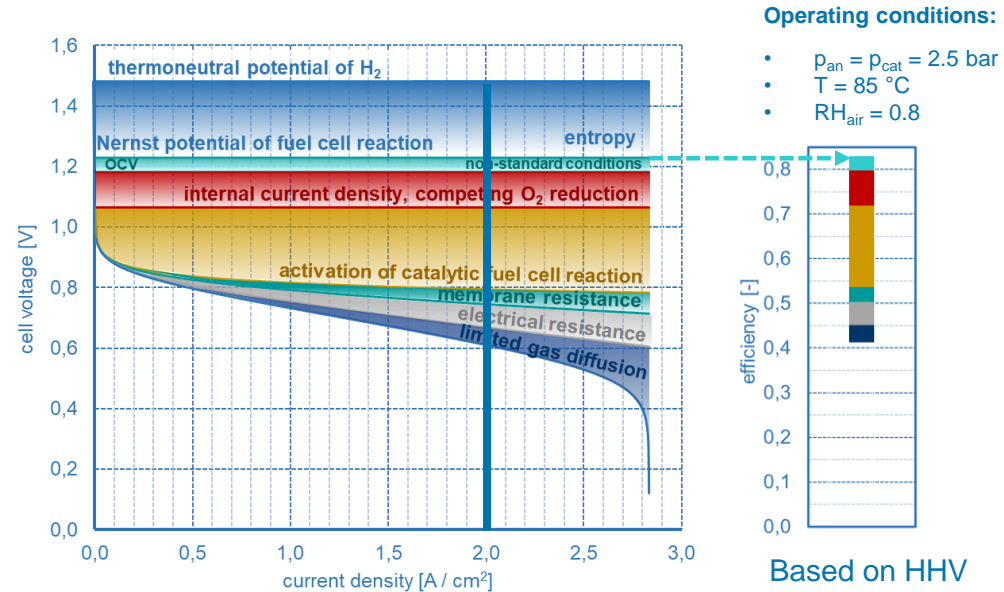
- Beispielhaft birgt Minimierung des Aktivierungsverlustes (Kathode) enormes Potenzial zur Wirkungsgraderhöhung

New Analyses Method (also non-humidified stacks)

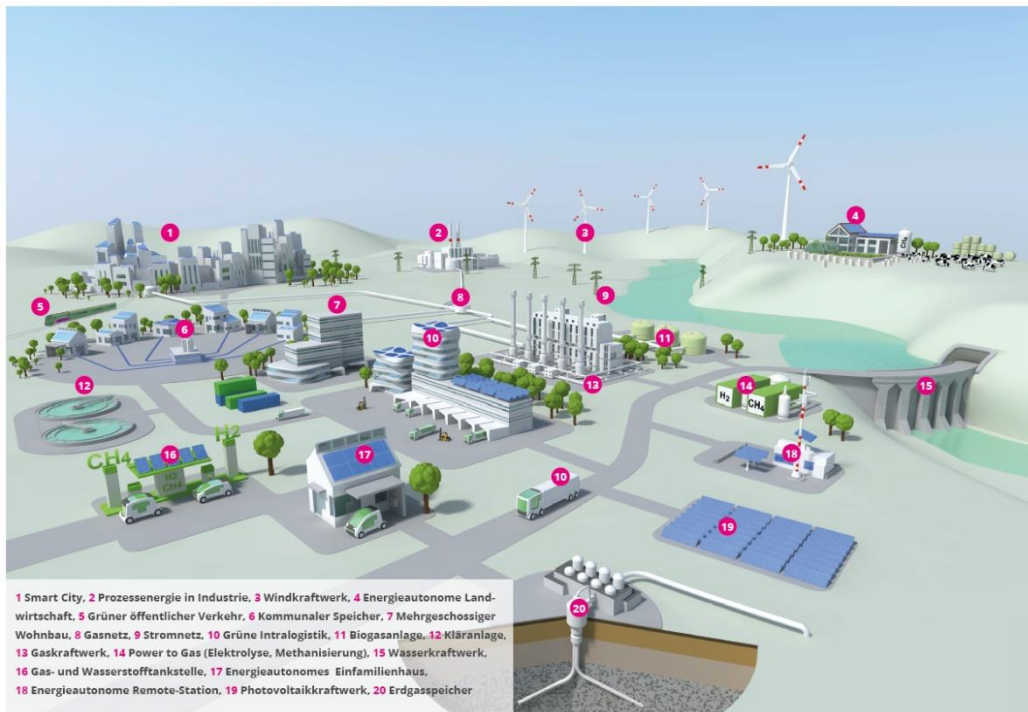
- Identification of losses inside stack
- Determination of purging losses

See more: Wallnöfer-Ogris, E., Pertl, P., Trattner, A.: "Quasi-stationary UI-characteristic model of a PEM fuel cell – Evaluating the option of self-humidifying operation", International Journal of Hydrogen Energy, 2020.

See more: Trattner, A., Brandstätter, S., Pertl, P. et al.: "Advanced Methods of Optimising Fuel Cells on System Testbed", 14th International AVL Symposium on Propulsion Diagnostics, 2020.



Unsere Vision - Ideale Kombination von erneuerbarem Wasserstoff und anderen erneuerbaren Energieträgern für alle Wirtschaftssektoren



<https://www.wiva.at>



Chancen der Wasserstoffwirtschaft

- Treibhausgasreduktion, Luftreinhaltung und Lärmschutz
- Energiewende rasch und effizient umzusetzen
- Nutzung erneuerbarer und eigener Ressourcen
- Außenhandelsbilanz verbessern
- Neue Märkte und Technologieführerschaft
- Hohe Wertschöpfung im Land
- Neue Arbeitsplätze (green jobs)



Contact

HyCentA Research GmbH

Inffeldgasse 15

A-8010 Graz

office@hycenta.at

www.hycenta.at

