



# ***HERAUSFORDERUNGEN - MOBILITÄT DER ZUKUNFT***

## Referent



**Jörg Merz**

Leiter Projekte & Ausbildung

Auto AG Truck  
Stationsstrasse 88  
CH-6023 Rothenburg  
[www.autoag.ch](http://www.autoag.ch)

[joerg.merz@autoag.ch](mailto:joerg.merz@autoag.ch)

+41 41 289 33 70

+41 79 198 54 68

---

# ***INHALT***

## **Herausforderungen – Mobilität der Zukunft**

- Projekt Hyundai Fuel Cell Truck - Auto AG Truck
- Klimaneutralität - Technologiewandel
- Grundvoraussetzungen für den technologischen Wandel
- Markt Schweiz - BEV - LSVA
- Entscheidungsgrundlagen Technologie
- Wasserstoff - Energieträger
- Hyundai Xcient Fuel Cell Truck
- Brennstoffzelle - Energiewandler
- Status Projekt
- Feedback Fahrer
- Herausforderungen After Sales - Hochvolt - Gas - Ausbildung

## Projekt Hyundai Fuel Cell Truck – Auto AG Truck



\*Pay per use



Test - Testing



### \*Pay per use

- Technologiewechsel ohne Risiko für den Nutzer
- Transparente Kosten für effektiv genutzte Fahrleistung
- Keine Anzahlung, kein Restwertrisiko

[www.hyundai-hm.com](http://www.hyundai-hm.com)

## Klimaneutralität - Technologiewandel

- Klimaziele – notwendige Reduktion Emissionen

*CO<sub>2</sub> Kohlendioxide*

*NO<sub>x</sub> Stickstoffoxide*

*Feinstaubpartikel (Reifenabrieb, Bremsverschleiss)*

*Geräuschemissionen*

- Die ICE Technologie (Verbrennungsmotoren) hat höhere lokale Emissionswerte als elektrische Antriebe. Um die Emissionen zu reduzieren, ist ein Umbau des Energiesystems notwendig – fossile Energieträger müssen weichen. Der Verbrennungsmotor verliert seine Dominanz, wird aber nicht verschwinden
- Mobilität und Energie bedeutet Wohlstand, demographische Entwicklung, Verkehrsüberlastung  
*Der weltweite Fahrzeugbestand wird wachsen, Wohlstandszunahme, China wird zum grössten Absatzmarkt*
- Verkehr vermeiden, Verkehr auf klimafreundliche Verkehrsträger verlagern, Verkehr effizienter machen
- Gesellschaftliche und politische Bewusstseinsänderungen, Fokussierung Umwelt- und Nachhaltigkeitsansprüche, Rohstoffsituation, regenerative Energiequellen

## Klimaneutralität - Technologiewandel

- Trends:

  - Mobilität (neue Konzepte zur Bewegung von Menschen und Gütern)*

  - Autonomes Fahren (Fahrerloses, automatisiertes Fahren L4)*

  - Digitalisierung (Fahrzeug als Teil des Internets, Konnektivität)*

  - Elektrifizierung (Hybrid- oder reine Elektroantriebe mit Batterie und Brennstoffzelle), getrieben durch Regulatorien (Flottenziele)*

- Volantiles Stromangebot durch erneuerbare Energien - Speicherung - Chance Wasserstoff
- Alternative Kraftstoffe zur CO<sub>2</sub>- und Schadstoffreduktion, Blending/Beimischung, Wasserstoff als Grundlage
- Die Herstellung von E-Fahrzeugen ist im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen aufgrund der Produktionsprozesse für die Batterie deutlich energieintensiver. Je nach Energiequelle, Energieeffizienz der Produktion und der Batteriegrösse fallen zwischen 70 und 130 Prozent höhere Treibhausgasemissionen an als bei der Herstellung von Benzin- oder Dieselfahrzeugen. Ihre Nutzung verursacht allerdings in Abhängigkeit des verwendeten Stroms weniger oder keine Treibhausgase

## Die Grundvoraussetzungen für den technologischen Wandel

- Politische Rahmenbedingungen

*zukünftige regulatorische und energiepolitische Entscheidungen werden das zukünftige «Energiesystem» massgeblich beeinflussen*

- Der Umbau hin zur Klimaneutralität braucht Zeit, es ist eine Jahrhundertaufgabe
- Kluge und weitsichtige Technologiepolitik

*Technologieoffenheit, Technologien können koexistieren oder sich ergänzen*

- Der Verkehrssektor ist breit und differenziert zu betrachten (Individualverkehr, Güterverkehr)

Der Einsatz definiert die Technologie

## Die Grundvoraussetzungen für den technologischen Wandel

- Stringente Priorisierung der Elektrifizierung des Antriebstranges
- Kenntnisse der Möglichkeiten
- Grenzen der Antriebssysteme kennen
- Systematisch effizienter Ansatz für Entscheidungen

*Der technische Wirkungsgrad bleibt trivial - wirtschaftliche Betrachtung des Gesamtsystems*

- Schnelle Skalierungsmöglichkeiten
- Von einer realistische Erwartungshaltung ausgehen
- Orientierung an den betrieblichen Anforderungen
- Umfassende Planung

Der Einsatz definiert die Technologie

## Markt Schweiz - Batterieelektrische Fahrzeuge – LSVA Befreiung

Die LSVA ist eine vom Gesamtgewicht (ab GG 3.5 t), der Emissionsstufe sowie den gefahrenen Kilometern in der Schweiz und dem Fürstentum Liechtenstein abhängige Abgabe.

### Berechnungsbeispiel (Tarif ab 01.07.2021)

Massgebendes Gewicht 36 t (Diesel Motorwagen 18 t + Anhänger 18 t)

Tarif nach Emission (Euro 6) 2.28 Rp/tkm

Gefahrene Kilometer 80'000 km (*Jahr*)

**Total** (36 x 2.28 x 80'000 = 6'566'400 Rp) **CHF 65'664** (*Jahr*)

## Ausnahmen

Folgende in- und ausländisch immatrikulierte Fahrzeuge sind von der Abgabe ausgenommen:

- Fahrzeuge, mit denen konzessionierte Personentransporte durchgeführt werden
- Motorwagen mit elektrischem Antrieb

## Entscheidungsgrundlagen Technologie

- Reichweiten zwischen den Nachlade- oder Tankvorgängen

*Spannungsfeld zwischen Ökologie, Ökonomie, die Batterien gehören zu den teuersten Komponenten im E-Fahrzeug*

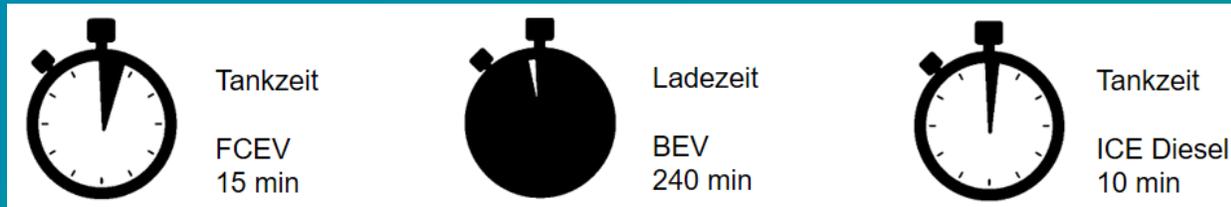
*Akzeptanz der Nutzer aufgrund der Reichweitenangst*

- Topographie, Temperaturen
- Last (Leergewicht, Nutzlast, Gesamtgewicht)
- Nachlade- oder Tankmöglichkeiten (Lade- und Tankinfrastruktur – Depot/Onroad)
- Energieverfügbarkeit (Strom, Wasserstoff, Treibstoff)
- Stabilität der Energieverfügbarkeit
- Zentrale oder dezentrale Struktur (mehrere Standorte, Depots)

Der Einsatz definiert die Technologie

## Entscheidungsgrundlagen Technologie

- Nachlade- oder Tankzeit



- Flexibilität (Verspätungen, Umleitungen, Sonderfahrten)
- Taktzeit
- Verfügbarkeit der Fahrzeuge

Der Einsatz definiert die Technologie

## Wasserstoff - Energieträger

- Im Zusammenhang zur Erreichung der Klimaziele in der Industrie und der Mobilität ist Wasserstoff eine zentrale Technologie zur CO<sub>2</sub>-Reduktion
- Bei der Gewinnung von regenerativ erzeugtem Strom werden Energiespeicher notwendig, damit Produktions- und Bedarfszeiten aufeinander abgestimmt werden können. Erneuerbare Energien werden durch die Umwandlung in Wasserstoff flexibel, speicher- und transportierbar

*Stabilisierung Netz*

*direkte Nutzung*

*Rohstoff gasförmiger oder synthetischer Kraftstoffe*

- Die Batterie wird im Personenwagensegment die dominierende Technologie einnehmen und darf in der Diskussion um Wasserstoff nicht zum Hemmnis der gesamten Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie werden
- Anwendungsbereiche im Schiff-, Flug- und Schwerlastverkehr, der industriellen Fertigung und im Wärmesektor können mit Wasserstoff dekarbonisiert werden, da noch keine realistischen Technologiealternativen zur Verfügung stehen. Das grosse Potenzial liegt vor allem im Güter- und öffentlichen Verkehr, u.a. dort wo die direkte Elektrifizierung schwierig oder gar unmöglich ist

## Wasserstoff - Herkunft

### Grauer Wasserstoff

- Nicht CO<sub>2</sub>-frei
- Hergestellt aus fossilen Brennstoffen, u.a. Dampfreformierung
- CO<sub>2</sub> wird ungenutzt in die Atmosphäre abgegeben

### Blauer Wasserstoff

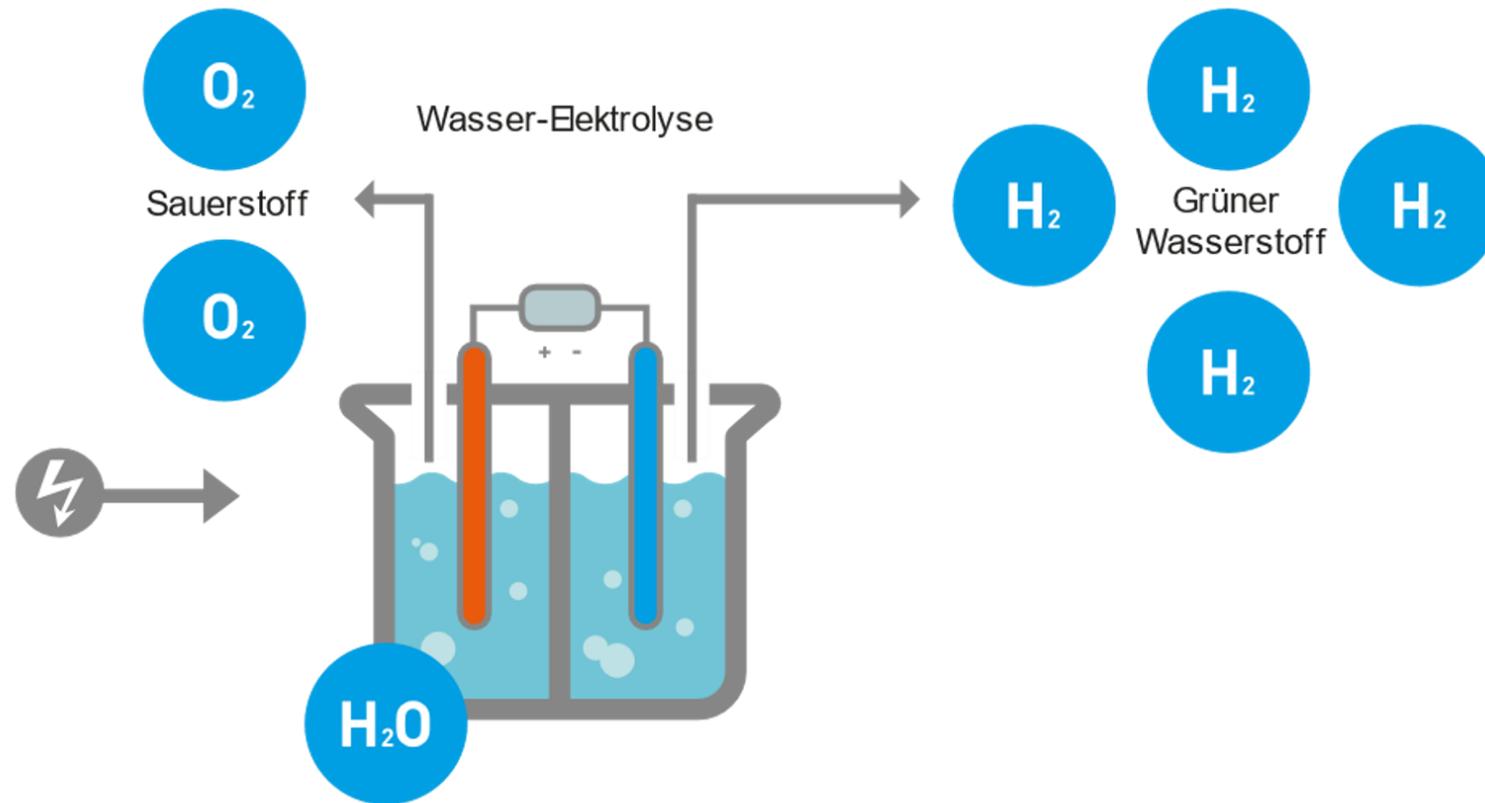
- Kann als CO<sub>2</sub>-neutral betrachtet werden
- Hergestellt aus fossilen Brennstoffen, analog grauer Wasserstoff
- CO<sub>2</sub> wird bei der Entstehung abgeschieden und gespeichert und gelangt so nicht in die Atmosphäre

### Grüner Wasserstoff

- CO<sub>2</sub>-frei
- Hergestellt durch Elektrolyse aus Wasser durch erneuerbaren Energiequellen, u.a. Sonne, Wind, Wasserkraft
- Nicht direkt genutzte Überschussenergie kann so gespeichert, gelagert und transportiert werden
- Steht noch nicht in grossen Mengen zur Verfügung
- Preis ist stark abhängig von Strompreis, Umlagen und Abgaben

## Grüner Wasserstoff - Herstellung

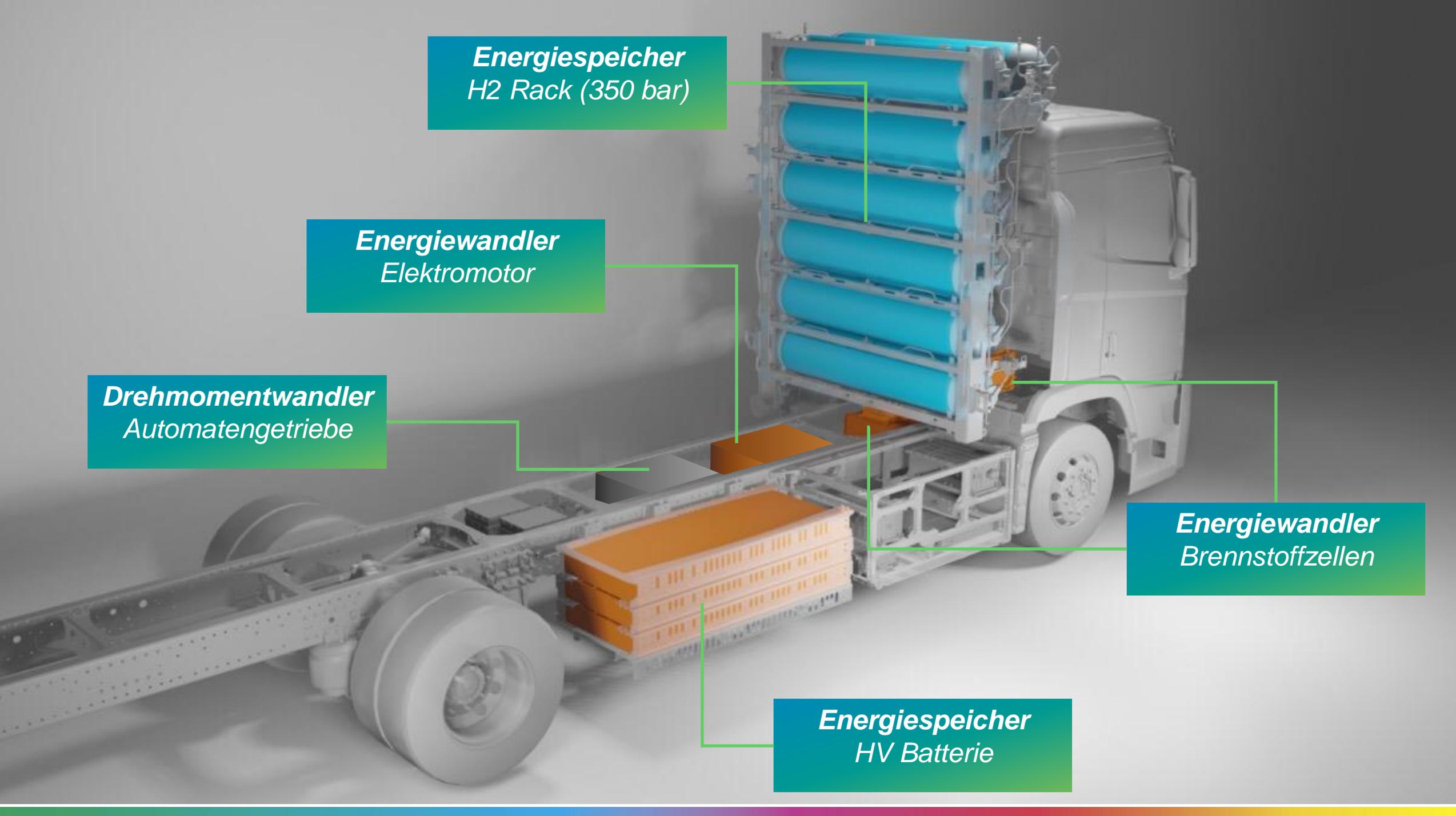
Der Elektrolyseur wandelt den überschüssigen Strom aus erneuerbarer Erzeugung in Wasserstoff (H<sub>2</sub>) um





## Serien Truck No. 1 in Europa - Masse

Marke:	Hyundai
Typ:	Xcient Fuel Cell
Konfiguration:	4 x 2 (Radstand 5130 mm)
Gesamtgewicht:	19'000 kg (18'000 kg + 1'000 kg), VA 7'500 kg, HA 11'500 kg
Gesamtzuggewicht:	36'000 kg
Nutzlast:	5000 - 6000 kg (je nach Aufbau, Aufbaumasse, Anbaugeräten, wie Hebebühne, Kühlgerät u.s.w.)



**Energiespeicher**  
H2 Rack (350 bar)

**Energiewandler**  
Elektromotor

**Drehmomentwandler**  
Automatengetriebe

**Energiewandler**  
Brennstoffzellen

**Energiespeicher**  
HV Batterie

## Brennstoffzelle - Energiewandler

- Aus Wasserstoff und Luftsauerstoff wird in einem chemischen Prozess in den Stacks elektrische Energie erzeugt. Als Emission entsteht bei diesem Prozess Wasser und Wärme
- In Europa sind serienmässig verfügbare Fahrzeuge mit einer PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) ausgerüstet

*Bessere Dynamik (Anspruchverhalten)*

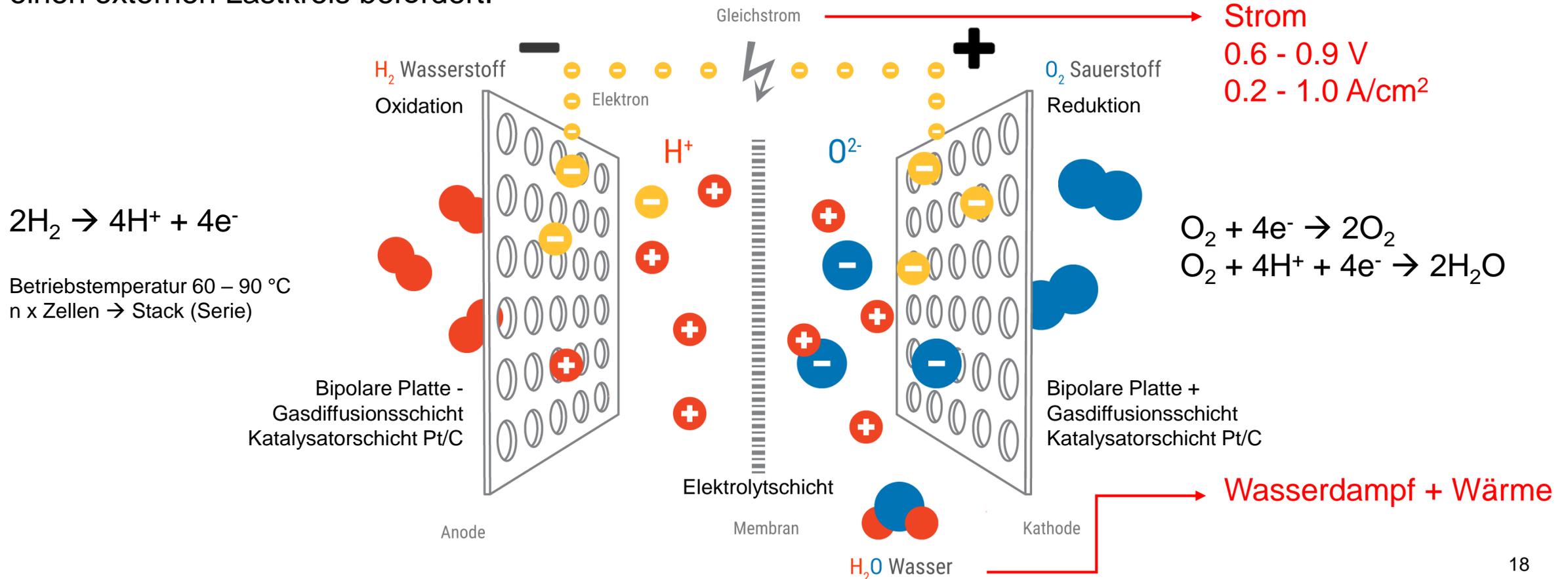
*Niedrigere Emissionen*

*Geringere technologische Komplexität*

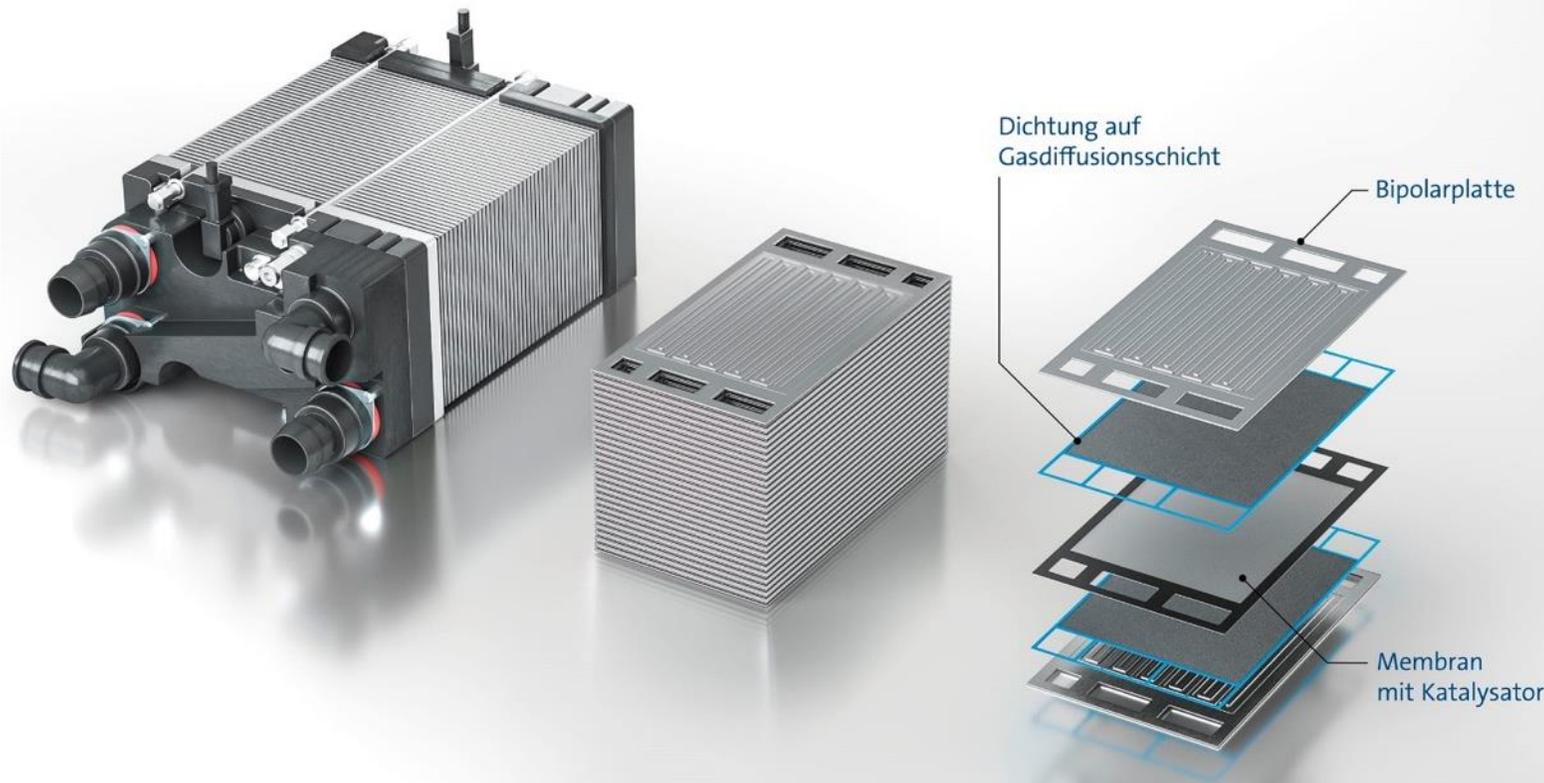
- Die PEM-Brennstoffzellen haben auf der Zellebene einen Wirkungsgrad von rund 60 %. Dieser wird aber durch die peripheren Systeme wie Kühlung weiter beeinflusst. Die Betriebstemperaturen liegen im Bereich von 60 – 90 °C. Diese Abwärme wird für das Heizen von Fahrer- und Fahrgastraum genutzt
- Der Startdruck einer Brennstoffzelle ist massgebend für die Reichweite, d.h. tiefer Startdruck bedeutet eine höhere Reichweite, ein hoher Startdruck eine kürzere Reichweite. Dies gilt auch für die Tankstelleninfrastruktur. Zum Starten des Tankvorgangs ist ein minimaler Gegendruck notwendig. Dieser variiert nach Tankstellenhersteller und Modell.

## PEM Polymer Elektrolyt Membran - Brennstoffzelle

Wasserstoff wird an der Seite der Anode genutzt und Sauerstoff an der Seite der Kathode. Protonen werden von der Anode zu der Kathode durch die Elektrolytmembran transportiert und die Elektronen werden durch einen externen Lastkreis befördert.



## PEM Polymer Elektrolyt Membran - Brennstoffzelle

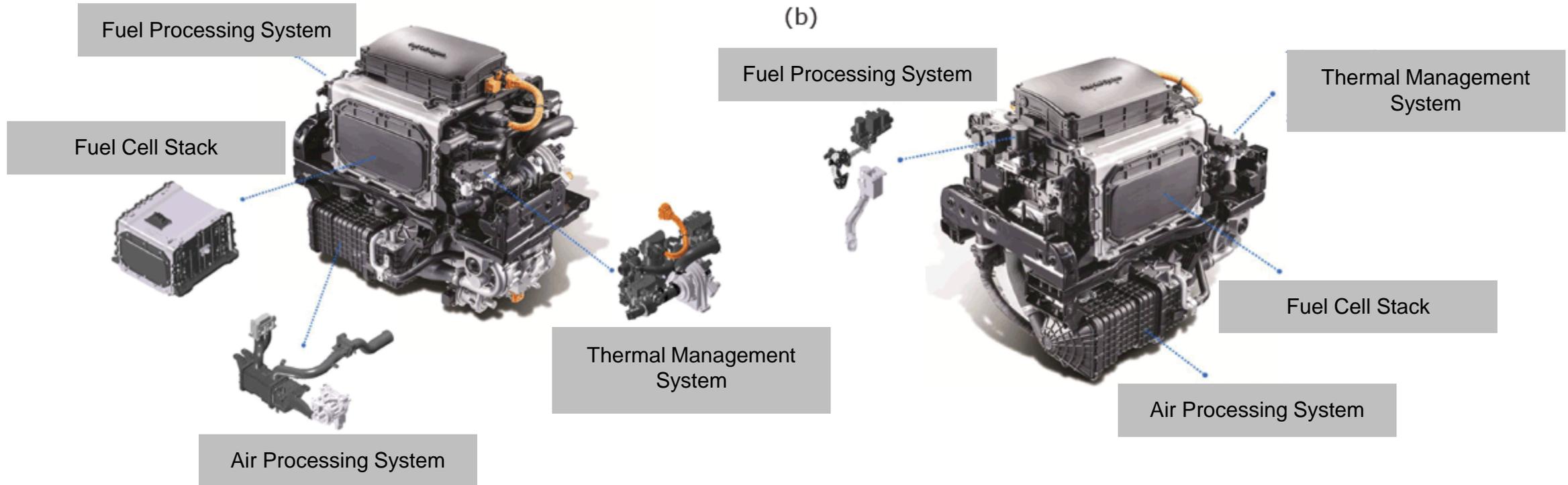


Quelle: [www.freudenberg.com](http://www.freudenberg.com)

### Beispiel von einer Brennstoffzelle zum Stack

- Bipolarplatten aus Metall oder Graphit
- Gasdiffusionsschicht dient als optimaler Verteiler der Gase an die Elektroden, Ableitung der Reaktionswärme und der Elektronen an der Anode
- Polymer-Membran als Elektrolyt, geringfügige Platinbeladung als Katalysator zur Beschleunigung der Reaktion (Zerlegung Wasserstoffatome in Elektronen und Protonen)

## PEM Polymer Elektrolyt Membran - Brennstoffzelle



### Systeme/Leistungselektronik

- Das Zusammenspiel der Systeme ist hochkomplex



## Hyundai Xcient Fuel Cell – Spezifikationen – Batterien/Powertrain

H2 System:	7 Tanks (Total 34.51kg/1435 lt), SOF 32.12 kg, 350 bar
Fuel Cell:	2 Stack à 95 (190) kW, 440 Zellen/Stack
HV Batterie:	3 x 24.5 (73.5) kWh, Lithium-Ionen NMC, Gewicht 3 x 250 kg, min 540 – max 756 V
Motor:	350 kW (476 PS), max 3400 Nm, AC 574 V
Getriebe:	6 Gang-Automatengetriebe



## Status Projekt

Anzahl Fahrzeuge:  
(abgeliefert, kumuliert)

10 per 31.10.2020

18 per 31.12.2020

26 per 31.03.2021 (46 Chassis in der Schweiz)

38 per 30.04.2021, Rest erfolgt im Mai 2021

Laufleistung total:

126'997 km per 31.12.2020

438'077 km per 31.03.2021

500'000 km per 19.04.2021



## Hyundai Xcient Fuel Cell – Erfahrungen Fahrer



Umweltfreundlichkeit, hohes Drehmoment, Laufruhe, Zuverlässigkeit, gewohnte Arbeitsweise, einfache Bedienung, Tankzeit, wertige Verarbeitung, Ausstattung, grosses Interesse des Umfeldes



Reichweite (Erwartungen 500 – 1000 km), Nutzlast, Gewichtsverteilung, Ablagemöglichkeiten/Stauraum in Fahrerhaus, Retarderleistung beim Anhängereinsatz

Tankstellennetz, Tankstellenverfügbarkeit *(nicht im Verantwortungsbereich des Fahrzeugherstellers)*



GLOVIS SUPERIOR  
MAJURO

NO. 3574169

글로벌스 슈퍼리어

X-CELL Fuel Cell



5.15

MAX. AX

DL HGT. 2.8(L) 3.45(M) 5.15(H)





HYUNDAI

Xcient



Neue Gefahren

# Hochvolt



- Hohe elektrische Leistungen – hohe Spannungen und Stromstärken der Energiespeicher
- Gefährdungen durch Stromstöße oder Störlichtbögen
- Sicherheitsregeln, systematische Vorgehensweise
- Unterschiedliche Systeme
- Investitionen in Ausbildung, Infrastruktur und Werkzeug

Neue Gefahren

# Druckgase



- Explosionsschutz, Einsatz brennbarer Gase
- Hohe Drücke der Energiespeicher
- Gefährdungen durch Gasaustritte, Leckagen
- Sicherheitsregeln, systematische Vorgehensweise
- Unterschiedliche Systeme
- Hohe Investitionen in Ausbildung, Infrastruktur und Werkzeug, teure Komponenten

Herausforderung

# Ausbildung

- Neue Technologien, fehlendes Wissen und fehlende Erfahrungen in den Werkstätten
- Ausbildungsangebote für unterschiedliche Kompetenzniveaus im Aufbau
- Entwicklung neuer Prozesse



**AGVS | UPSA**

Auto Gewerbe Verband Schweiz

**Sektion Zentralschweiz**



Together We can!



CONTACT:

JÖRG MERZ, LEITER PROJEKTE & AUSBILDUNG

AUTO AG TRUCK

STATIONSSTRASSE 88 | CH-6023 ROTHENBURG | +41 41 289 33 70 | [JOERG.MERZ@AUTOAG.CH](mailto:JOERG.MERZ@AUTOAG.CH)