



# Hyundai Fuel Cell Zukunft in Serie

Thilo Klemm

Spezialist LCV & Alternative Antriebe  
Hyundai Motor Deutschland



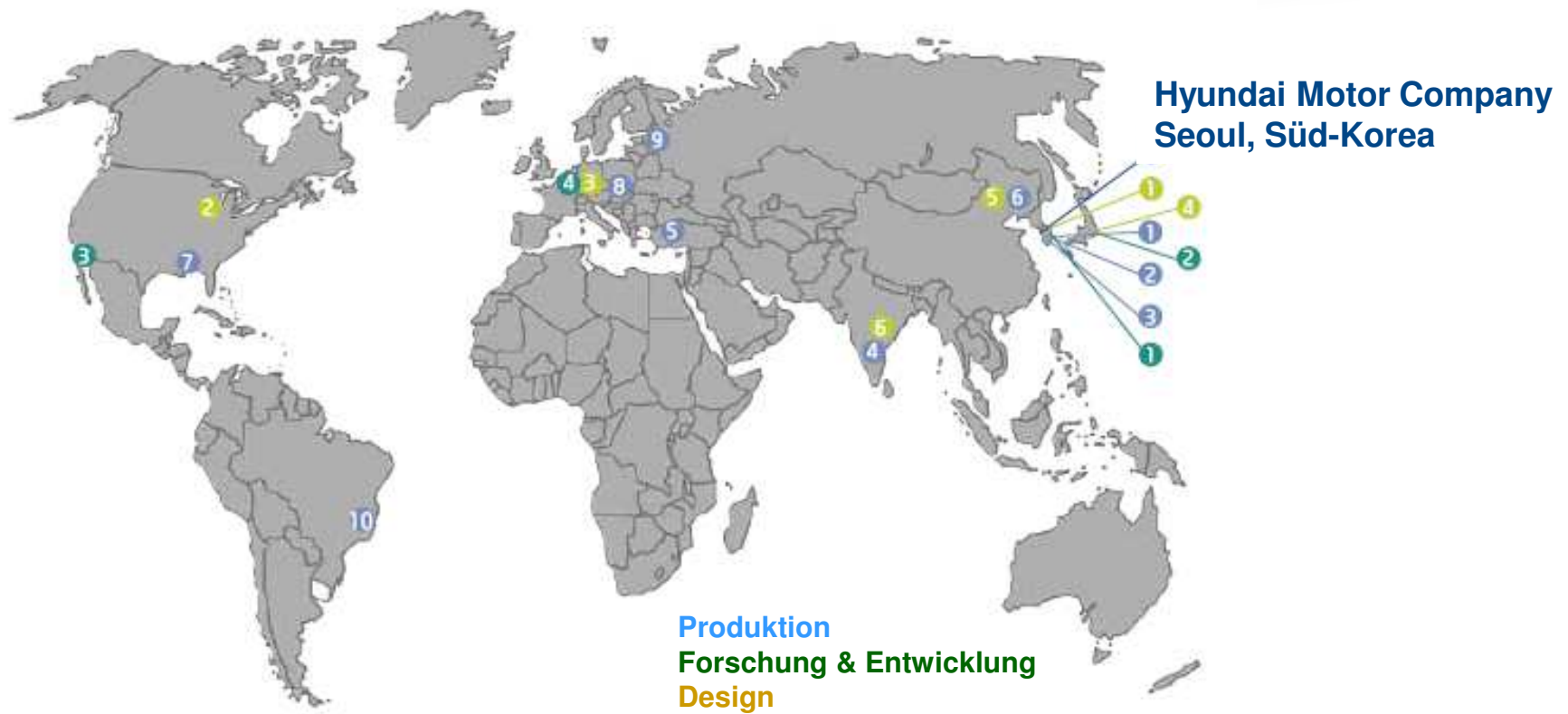
## Themen:

- Hyundai ix35 Fuel Cell – Das erstes Brennstoffzellenelektrofahrzeug in Serie
- Die Technik des ix35 Fuel Cell im Detail
- Wasserstoff – Chancen und Risiken
- Standards für die Sicherheit
- Fragen und Antworten



## Wer ist Hyundai?

8 Millionen verkaufte Fahrzeuge machen Hyundai zu einem der fünf größten Automobilhersteller.



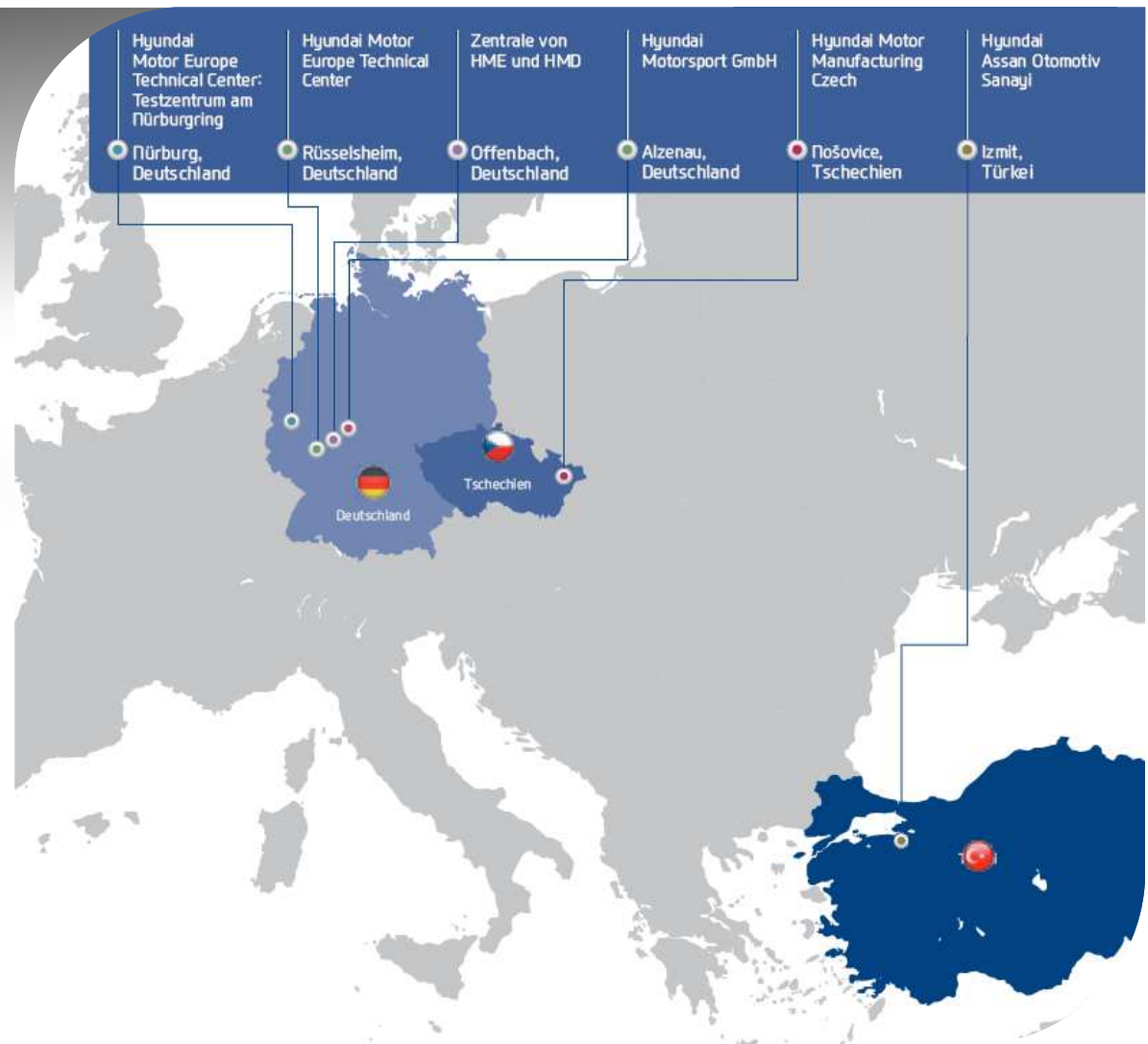
## Wer ist Hyundai?

95% der in Europa verkauften Modelle sind in Deutschland entwickelt.

90% der in Europa verkauften Fahrzeuge sind in Europa Produziert.

Mit rund 1000 Mitarbeitern in Deutschland ist Hyundai der größte Arbeitgeber aller Automobilimporteure.

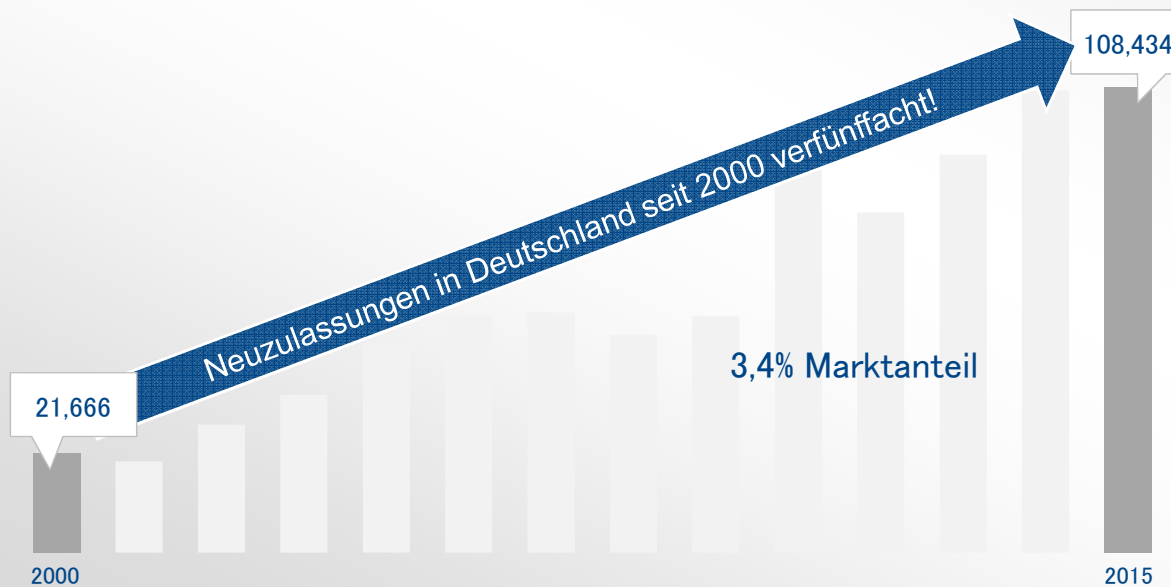
26. Februar 2013 rollte der erste iX35 Fuel Cell vom Band. Juni 2013 begann die Auslieferung nach Europa.



## Wer ist Hyundai?

Hyundai Motor Deutschland GmbH:

- Gründung 1991
- Gesellschafter: 100% Hyundai Motor Company seit 2013
- Ca. 210 Mitarbeiter



Im Jahr 2015 haben wir „große Namen“ hinter uns gelassen:



# Hyundai steht für hohe Produktqualität

**itc**

15facher Testsieger, Gewinner reddot Design Award



In Deutschland entwickelt...  
(Entwicklungs-/Design-Zentrum Rüsselsheim)



...in Europa gebaut!  
(Werk Nošovice, CZ)



# Umfassende Modellpalette



## Umfassende Modellpalette mit Perspektive

Der Hyundai IONIQ ab Oktober  
mit drei Antriebsvarianten

- Hybrid
- Batterieelektrisch
- Plug-in-Hybrid (2017)





New Thinking. New Possibilities.

Unser Anspruch...



...unser „Antrieb“!

## Der Hyundai ix35 FC – Meilensteine

# FuelCell

Start der Entwicklung von  
**Brennstoffzellen-  
Fahrzeugen** bei Hyundai

Gründung des Hyundai  
**Fuel-Cell-Research-Center**  
in Mabuk, Südkorea

Entwicklung  
**eigener Hyundai  
Brennstoffzellen**

Beginn der  
**Serienproduktion** des  
ix35 Fuel Cell

**Santa Fe  
FCEV**



1998

2000

**Tucson FCEV  
(2. Generation)**



2004

2005

2006

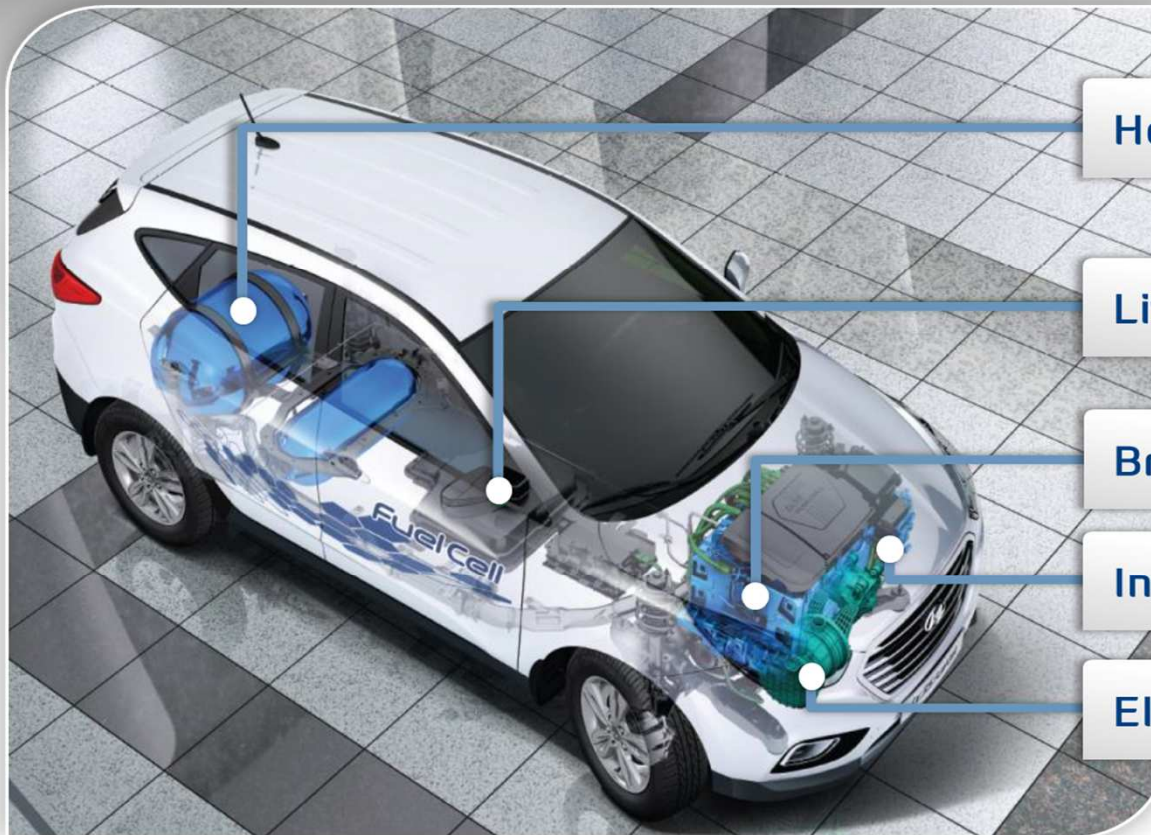
**ix35 Fuel Cell  
(3. Generation)**



2010

2013

## Der Hyundai ix35 FC – Komponenten



Hochdruckwasserstofftanks

Lithium-Ionen-Batterie

Brennstoffzelle

Inverter & Konverter

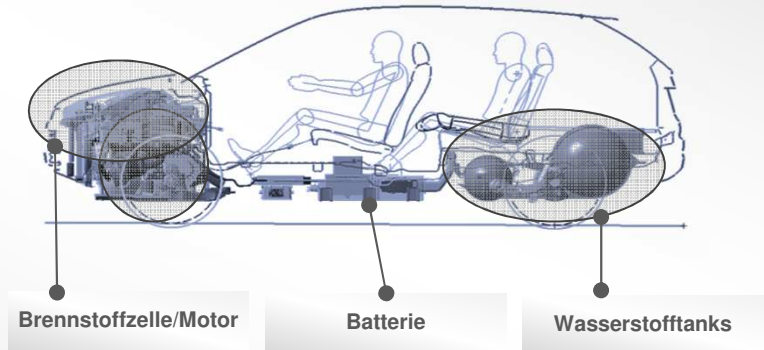
Elektromotor

## Der Hyundai ix35 FC – Praktikabilität

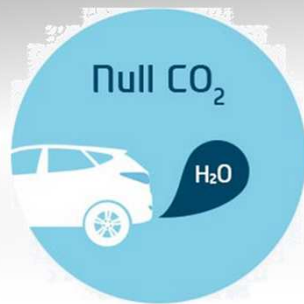


### Keine Kompromisse bei:

- Sicherheit
- Ausstattung
- Raumangebot



## Der Hyundai ix35 FC – Leistungsdaten



160 km/h Höchstgeschwindigkeit



**WELTWEIT ERSTER**

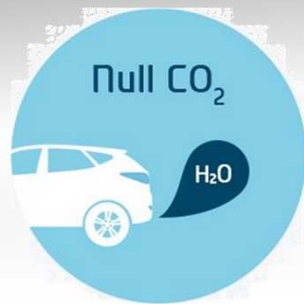


**MEHR REICHWEITE**



**WIRKLICH  
UMWELTFREUNDLICH**

## Der Hyundai ix35 FC – Leistungsdaten



160 km/h Höchstgeschwindigkeit



**WELTWEIT ERSTER**



**MEHR REICHWEITE**



**WIRKLICH  
UMWELTFREUNDLICH**

## Der Hyundai ix35 FC – Sicherheit

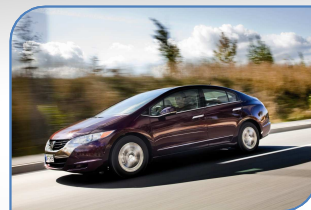
- Wasserstofftanks mit höchster **Widerstandsfähigkeit**
- **Wasserstoffsensoren** zur sofortigen **Entdeckung** möglicher **Lecks**
- **Automatische Abschaltung** der Wasserstoffzufuhr im Fall einer **Kollision**



## Hyundai ix35 FC – Mitbewerber



**Toyota Mirai**  
Erste Limousine in Serie



**Honda FCX  
Clarity**



**Mercedes Benz  
B-Klasse F-Cell**



**VW US Passat**



**Opel HydroGen4**



**Ford Focus**




### **20 Industriepartner:**

Air Liquide, BMW, Bohlen & Doyen, Daimler, EnBW, Ford, GM/Opel, H2 Mobility, Hamburger Hochbahn, Honda, Hyundai, Linde, Shell, Siemens, die Stuttgarter Straßenbahnen SSB, Total, Toyota, OMV, Volkswagen und Westfalen



# Hyundai ix35 FC – Verkaufspreis

 **HYUNDAI** | NEW THINKING.  
NEW POSSIBILITIES.

[KONTAKT](#) [NEWS](#) [MERCHANDISING](#) [NEWSLETTER](#)


[MODELLE](#) [SERVICES](#) [GEWERBEKUNDEN](#) [ÜBER UNS](#) [MyHYUNDAI](#)

## DER HYUNDAI ix35 FUEL CELL<sup>1</sup>




NULL CO<sub>2</sub>-EMMISSION –  
FÜR EINE SAUBERE UMWELT

Ab **65.450** EUR<sup>2</sup>  
Ab 599 EUR<sup>3</sup> finanzieren

Kraftstoffverbrauch in kg H<sub>2</sub>/100 km kombiniert für den Hyundai  
ix35 Fuel Cell: 0,95 kg H<sub>2</sub>  
CO<sub>2</sub>-Emissionen in g/km kombiniert: 0



**ix35 Fuel Cell**

 HÄNDLER  RÜCKRUF-SERVICE  GALERIE

[HIGHLIGHTS](#) [AUßEN](#) [INNEN](#) [TECHNIK](#) [SICHERHEIT](#) [NEWS UND SERVICES](#) [FILME](#) [GARANTIEEN](#) [TECHNISCHE DATEN](#) [KONTAKT](#)

Verbrauchswerte  
ix35 Fuel Cell >

## Hyundai ix35 FC – Verkaufspreis

- 6 Airbags
- ESP, ABS, VSM, TPMS
- 17“ LM-Felgen mit 225/60 R17 Bereifung
- Radio-Navigationssystem
- Rückfahrkamera
- Einparksensoren hinten
- Nebelscheinwerfer
- Elektrisch verstellbare und beheizbare Außenspiegel
- 2-Zonen Klimaautomatik
- Smart Key mit Start Stopp Knopf
- Ledersitze mit Sitzheizung v/h
- Fahrersitz höhenverstellbar
- Lederlenkrad und –schaltknopf
- Höhen- und längsverstellbares Lenkrad
- Lenkradfernbedienung für Radio
- Bluetooth
- USB & AUX Anschluss
- u.v.m.

### Verkaufspreis:

€ 65.450                      inklusive MwSt.

€ 55.000 exklusive MwSt.

### Garantie:

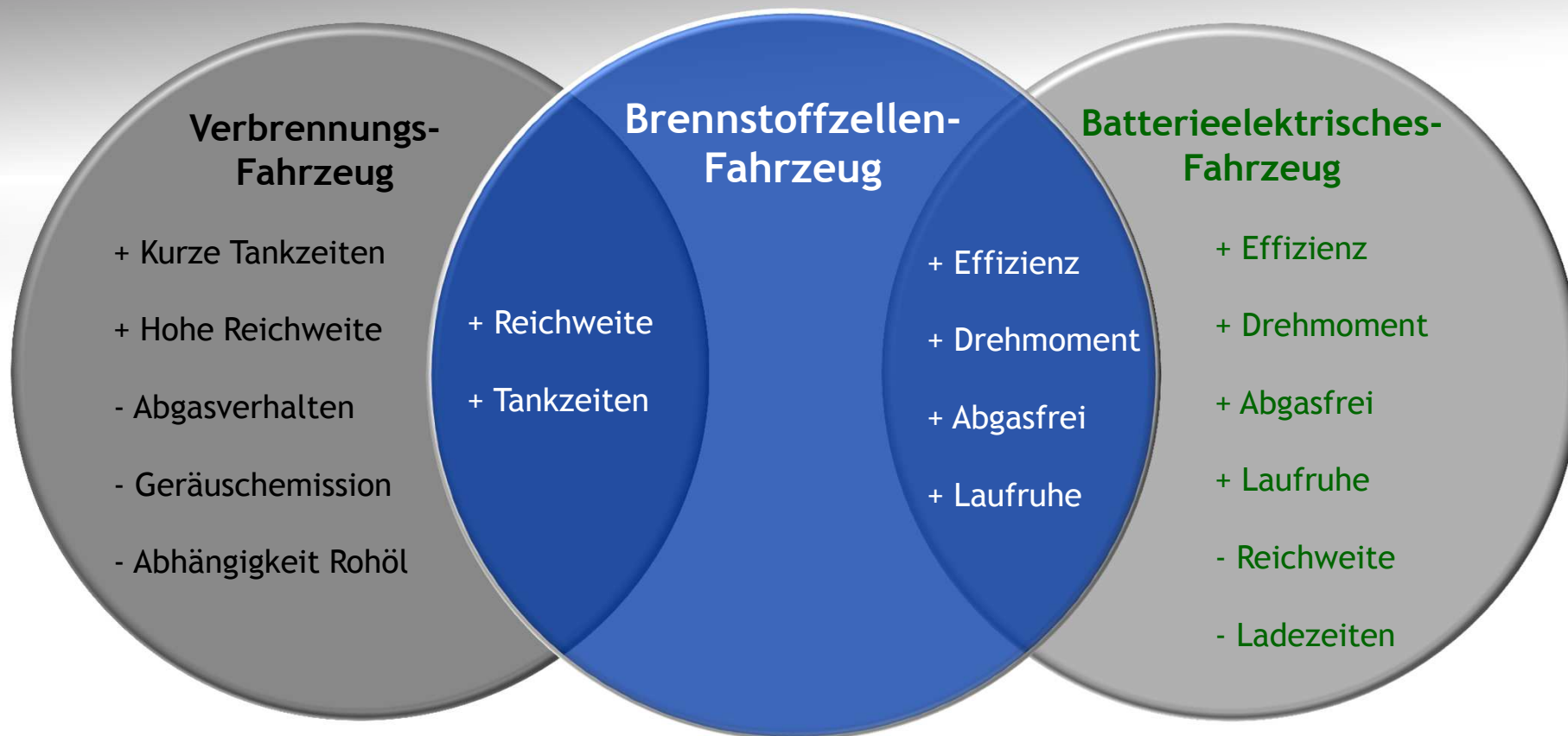
5 Jahre oder 100.000km

# BeeZero – Carsharing von Linde

Seit August 2016 in München



## Hyundai ix35 FC – Warum Wasserstoff



## Wasserstoff – Eigenschaften

Das kleinste und leichteste Element des Universums  
Farblos und geruchlos  
Ungiftig  
Hochentzündlich – geringe Zündenergie

Kann potentiell explosive Mischungen mit Luft bilden

Wasserstoff  
UEG: 4,1%  
OEG: 75%

Erdgas  
UEG: 4,4%  
OEG:  
16,5%



## Wasserstoff – Herstellung

Wasserstoff kommt in chemisch gebundener Form vor

(z. B. Wasser ( $H_2O$ ), verschiedensten Kohlenwasserstoffen Erdöl, Erdgas, Kohle, Biomasse, organischen Verbindungen usw.)

Wird unter Einsatz von Energie freigesetzt - speichert Energie - **ein Energieträger.**

**Erdgasreformierung** - Reformierungsverfahren

**Elektrolyseverfahren** - Regenerativer Wasserstoff aus Elektrolyse

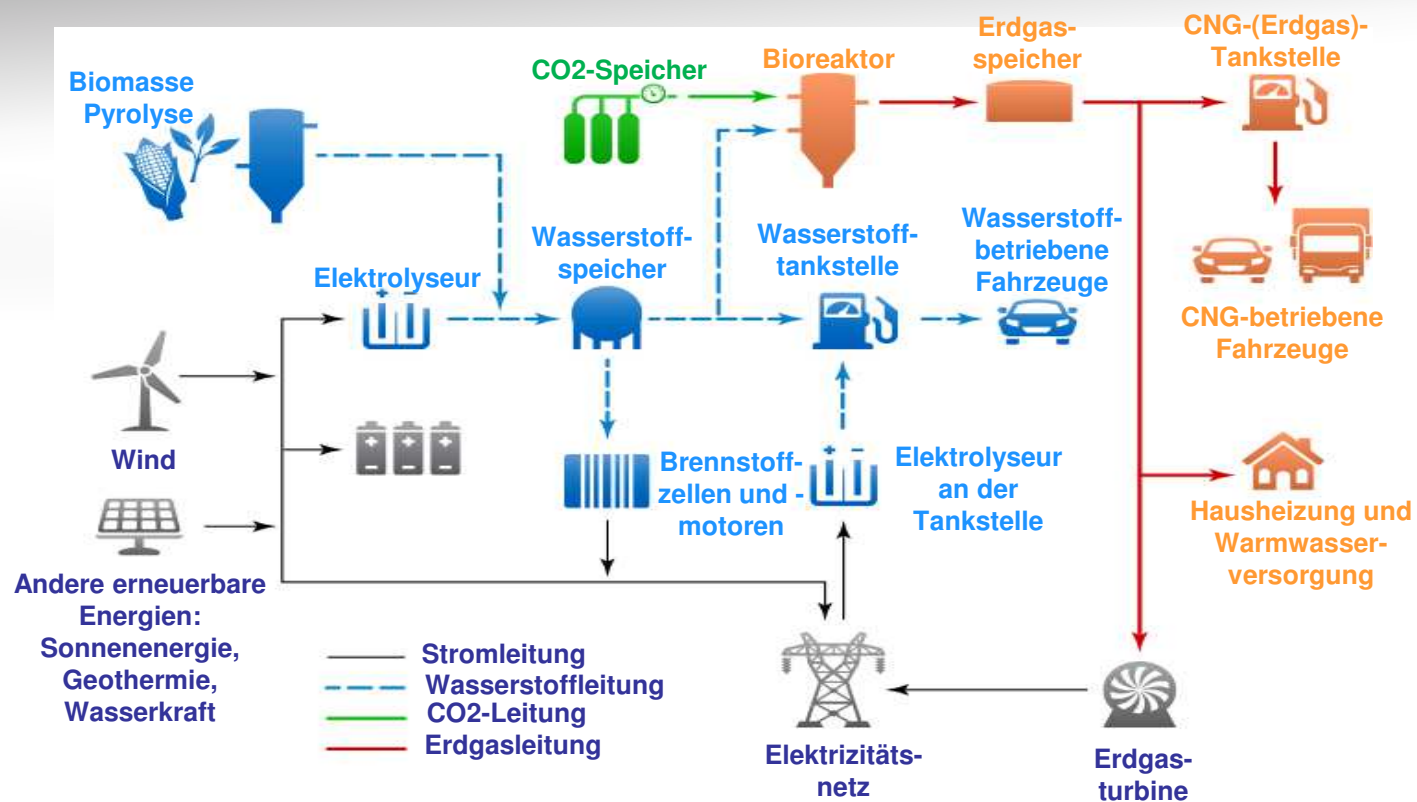
**Wasserstoff aus Biomasse** - Verwandlung von Festbrennstoffen zu Gas (Vergasung)

Alle Verfahren benötigen viel Energie.

Rund 40 % des momentanen Bedarfs könnte mit Wasserstoff gedeckt werden, der in der Industrie als **Nebenprodukt** anfällt.



# Wasserstoff – Herstellung

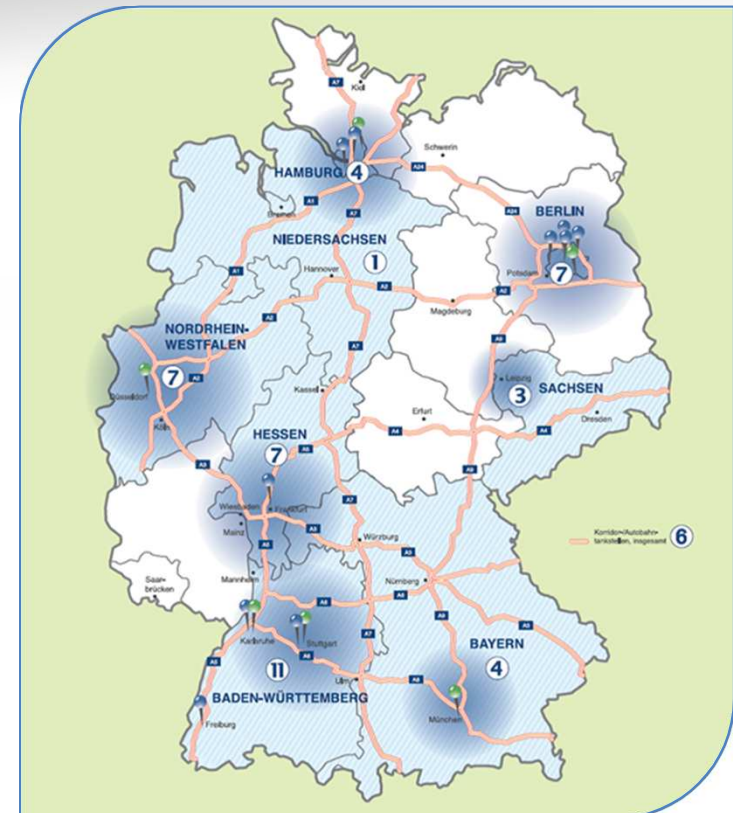


## Wasserstoff – Infrastruktur

Die CEP treibt den Ausbau des Tankstellennetzes in Deutschland voran und legt einheitliche Betankungsstandards fest.

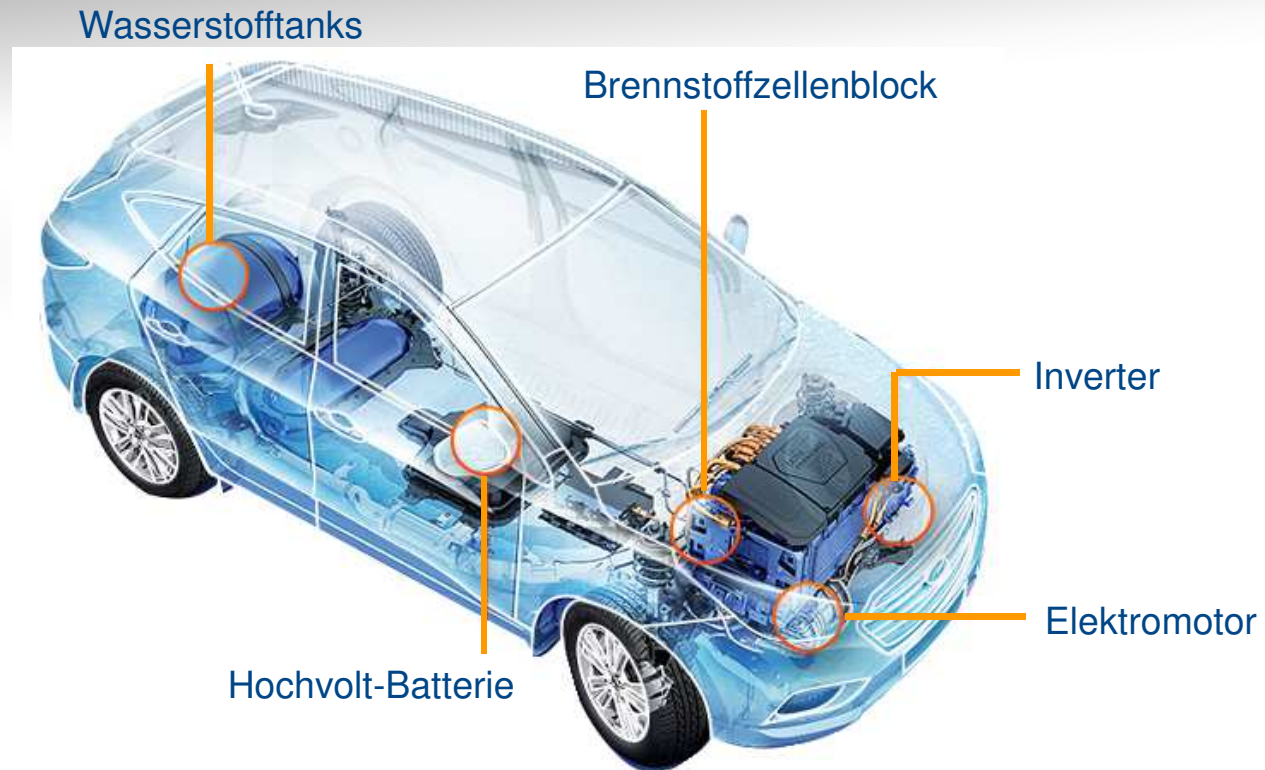
Bundesverkehrsministerium und Industriepartner legen ein Handlungsplan vor:

400 Stationen bis 2023

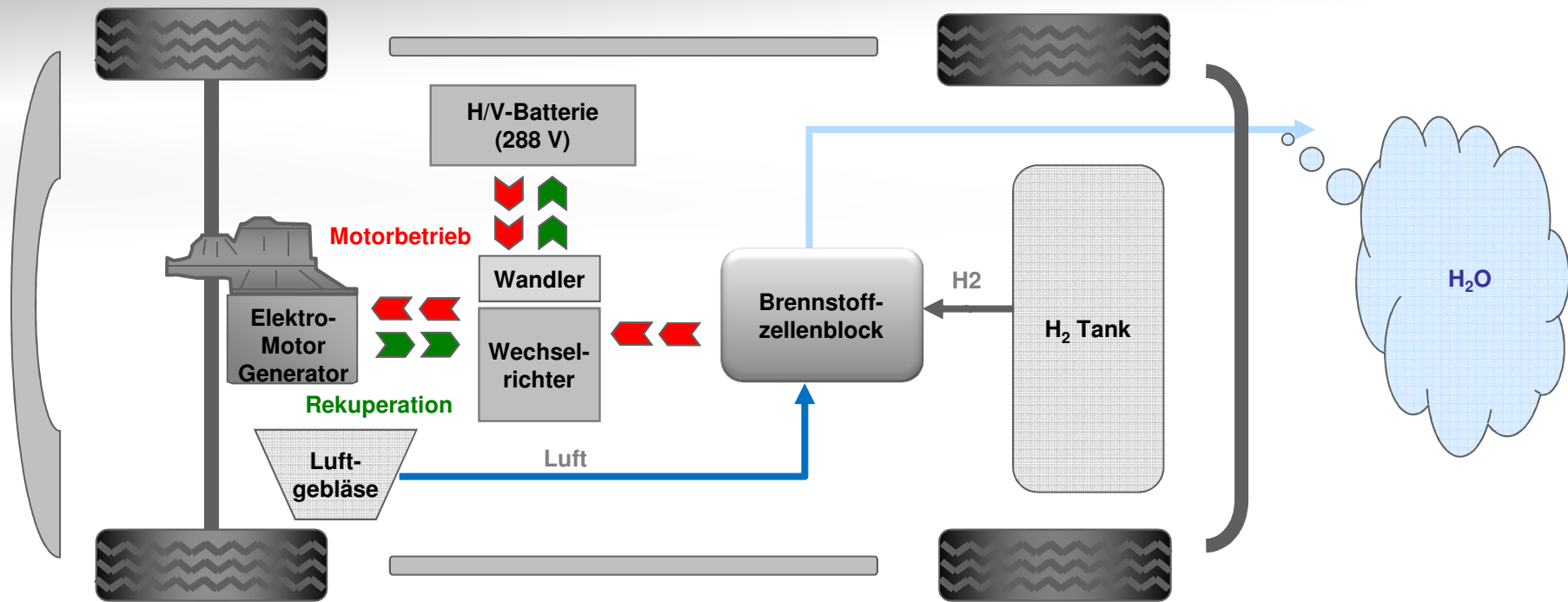




## Aufbau ix35 Fuel Cell



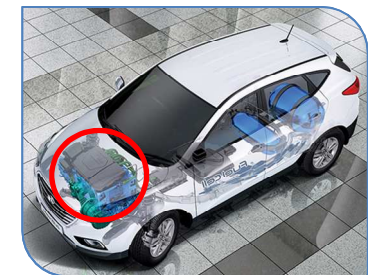
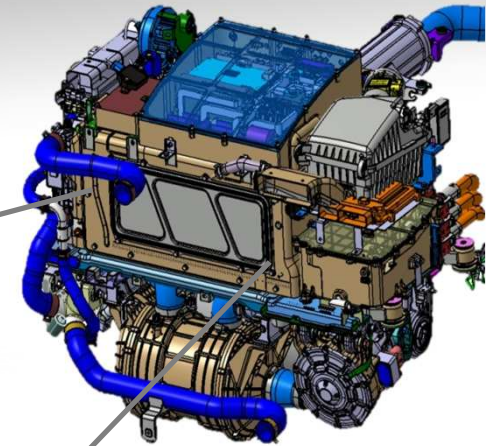
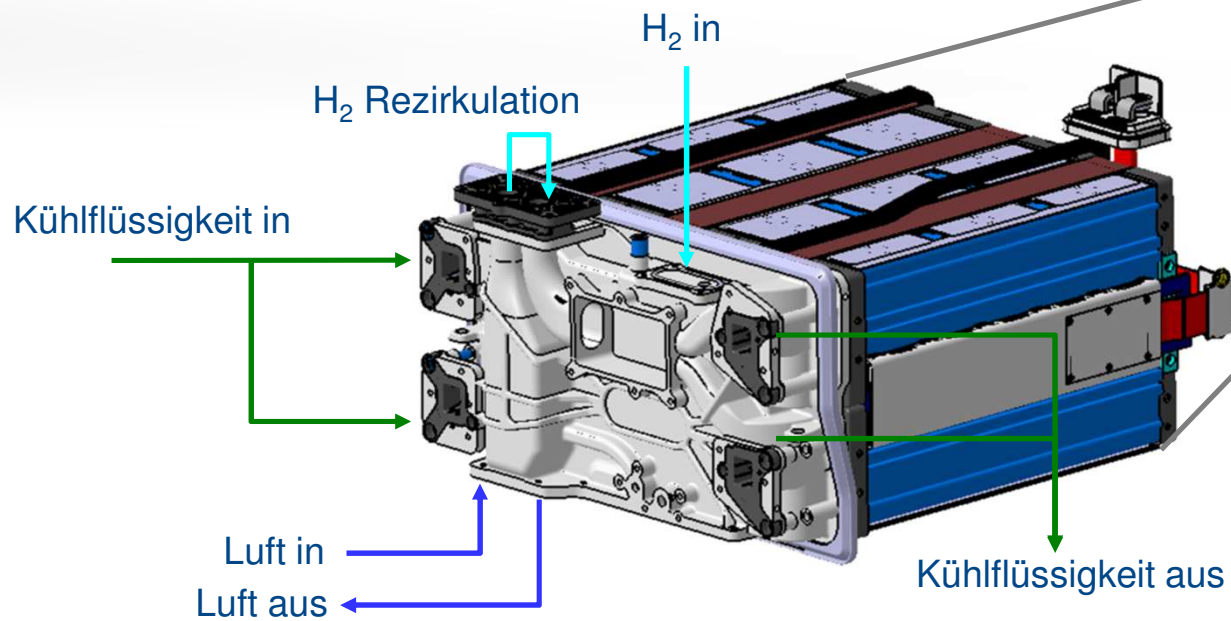
# Funktionsprinzip Brennstoffzellenfahrzeug



## Aufbau Brennstoffzellenblock (Stack)

Ca. 400 Zellen in einem Stack - 0.5-1.0 V/Zelle

Gesamtspannung 240-450 V

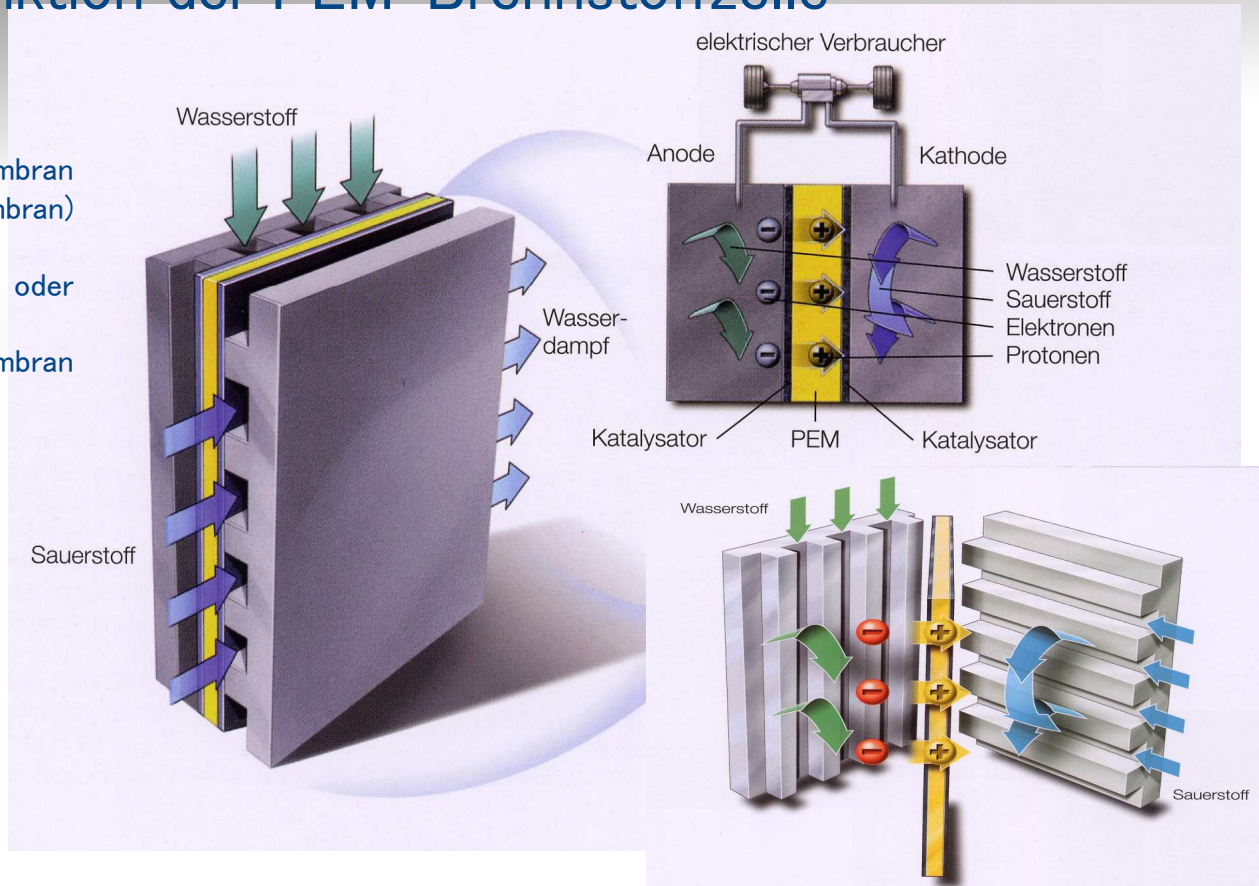


# Aufbau und Funktion der PEM-Brennstoffzelle

PEM = Proton Exchange Membran  
(Protonenaustauschmembran)

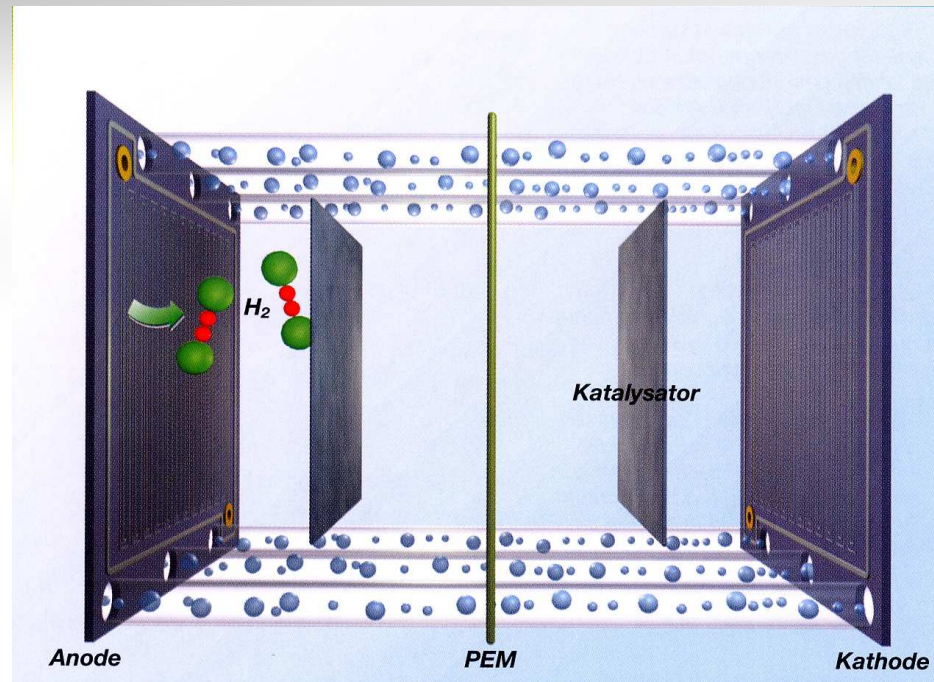
oder

Polymer Elektrolyte Membran



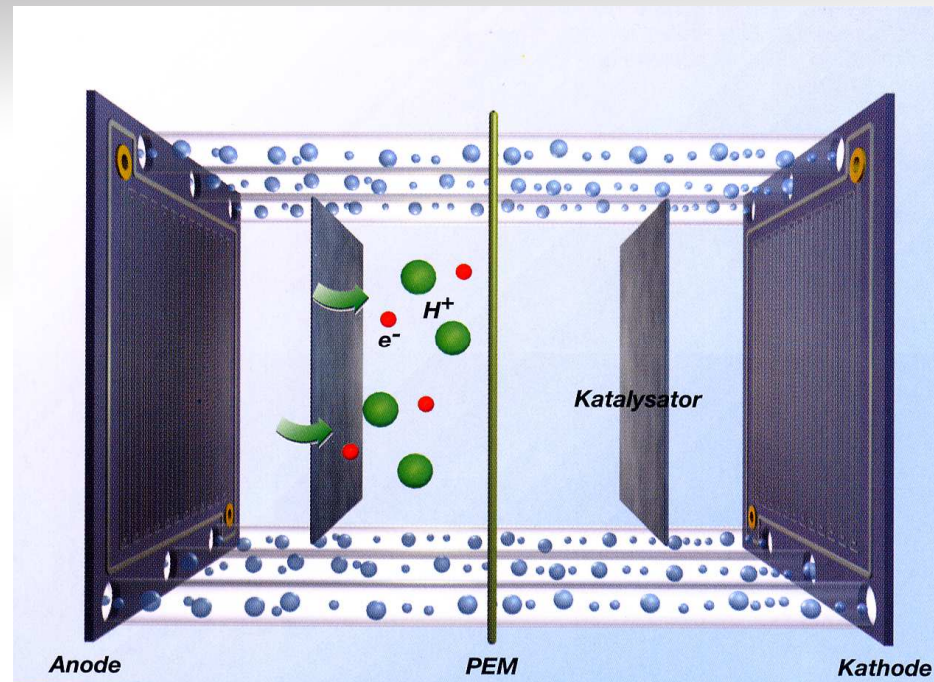
## Aufbau und Funktion der PEM-Brennstoffzelle

Anode = + Elektrode  
Kathode = - Elektrode



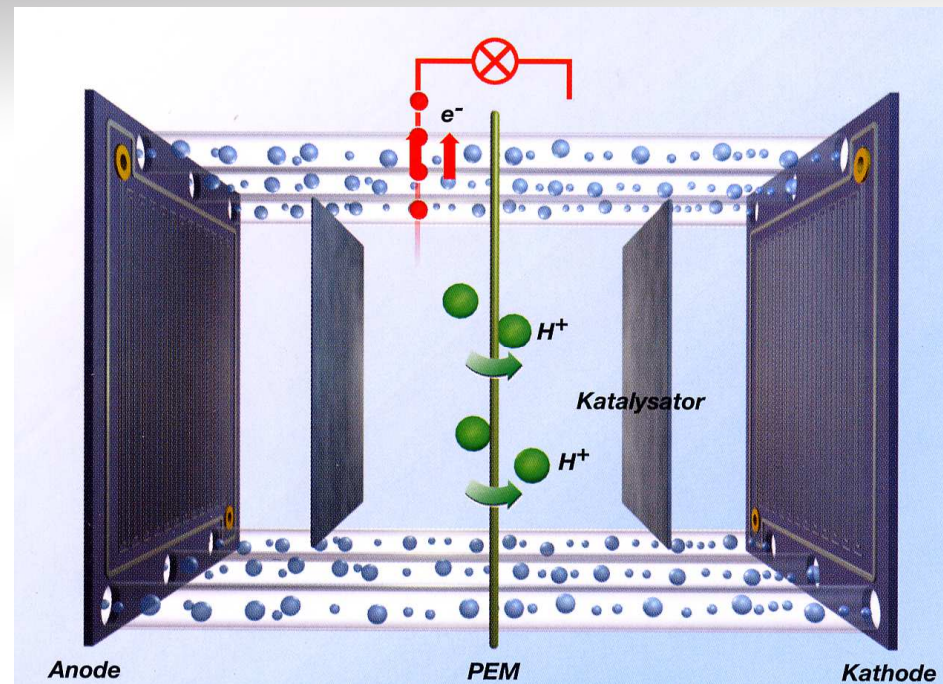
Zwei Wasserstoffmoleküle (H<sub>2</sub>) werden an der Anodenseite...

## Aufbau und Funktion der PEM-Brennstoffzelle



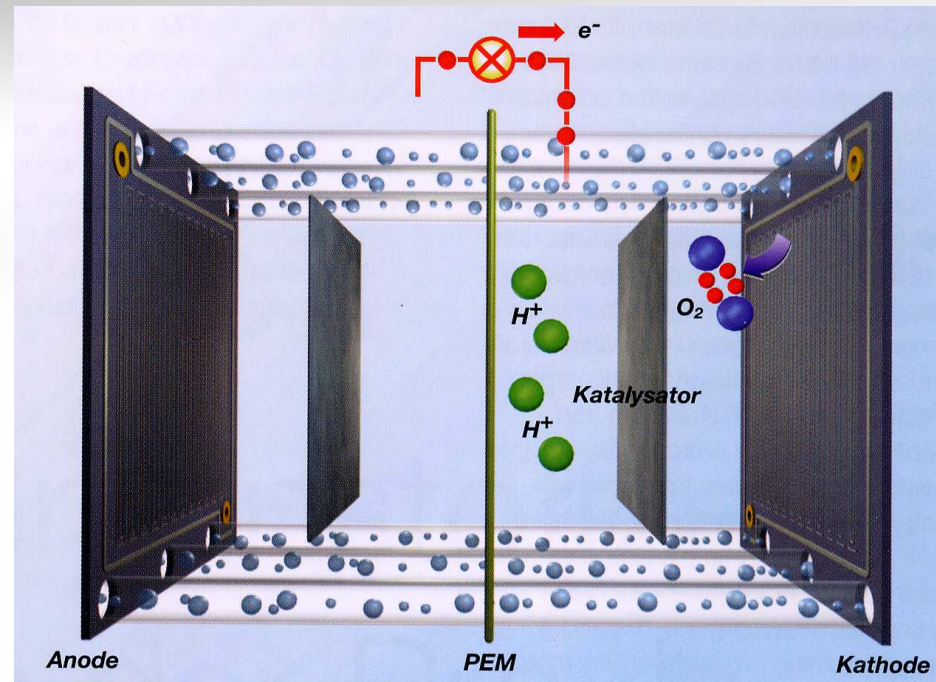
...katalytisch aufgespalten in vier Protonen (Wasserstoffionen)  $H^+$  und vier Elektronen  $e^-$ .

## Aufbau und Funktion der PEM-Brennstoffzelle



Die Protonen passieren die protonenleitende Membran (PEM), die Elektronen fließen als elektrischer Strom durch den Verbraucher.

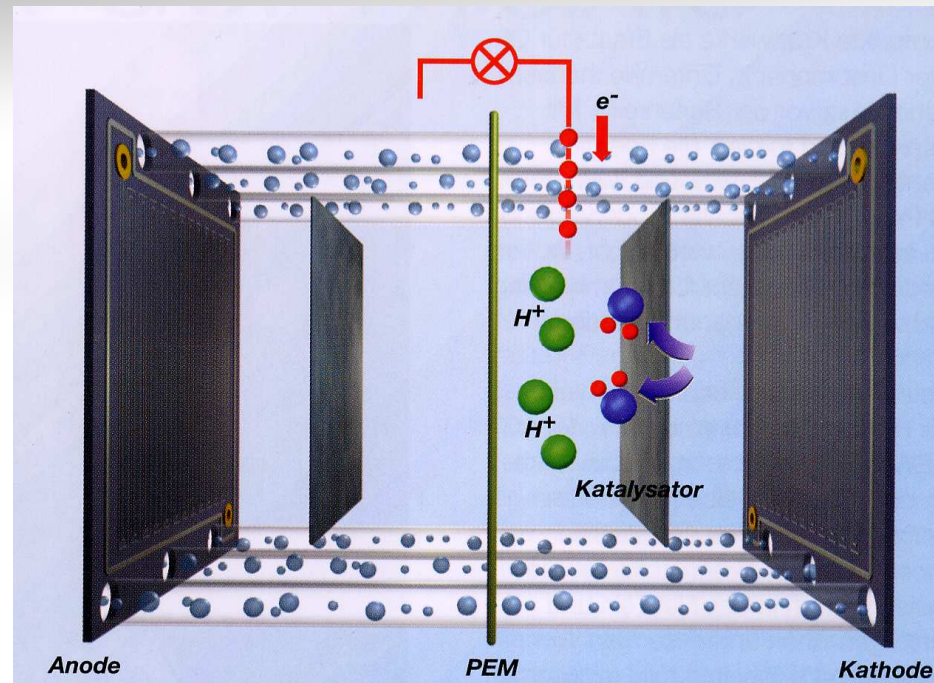
## Aufbau und Funktion der PEM-Brennstoffzelle



Auf der Kathodenseite wird ein Sauerstoffmolekül  $O_2$  ...

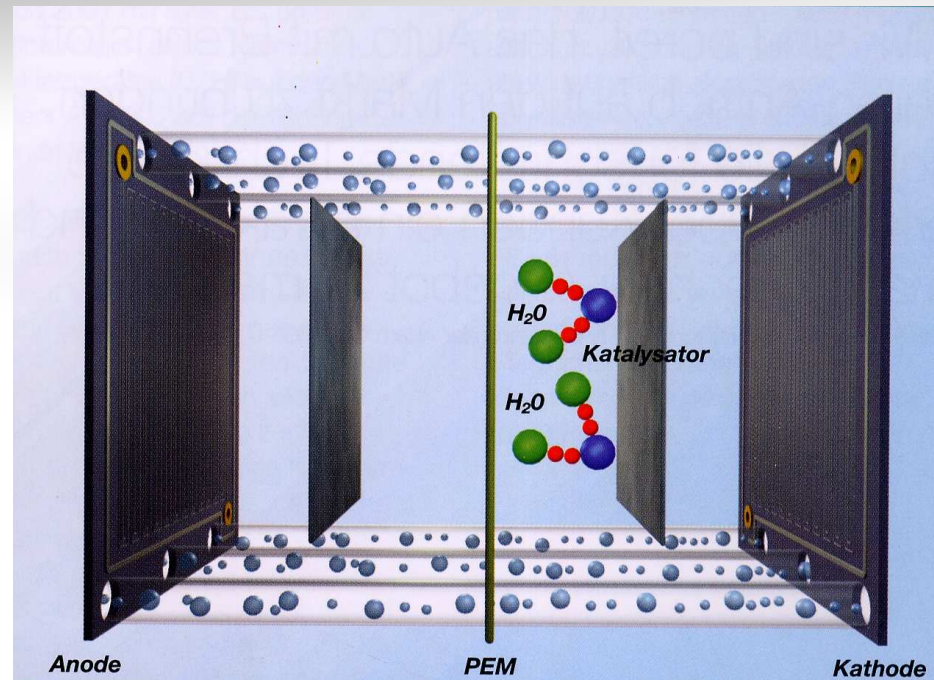


## Aufbau und Funktion der PEM-Brennstoffzelle



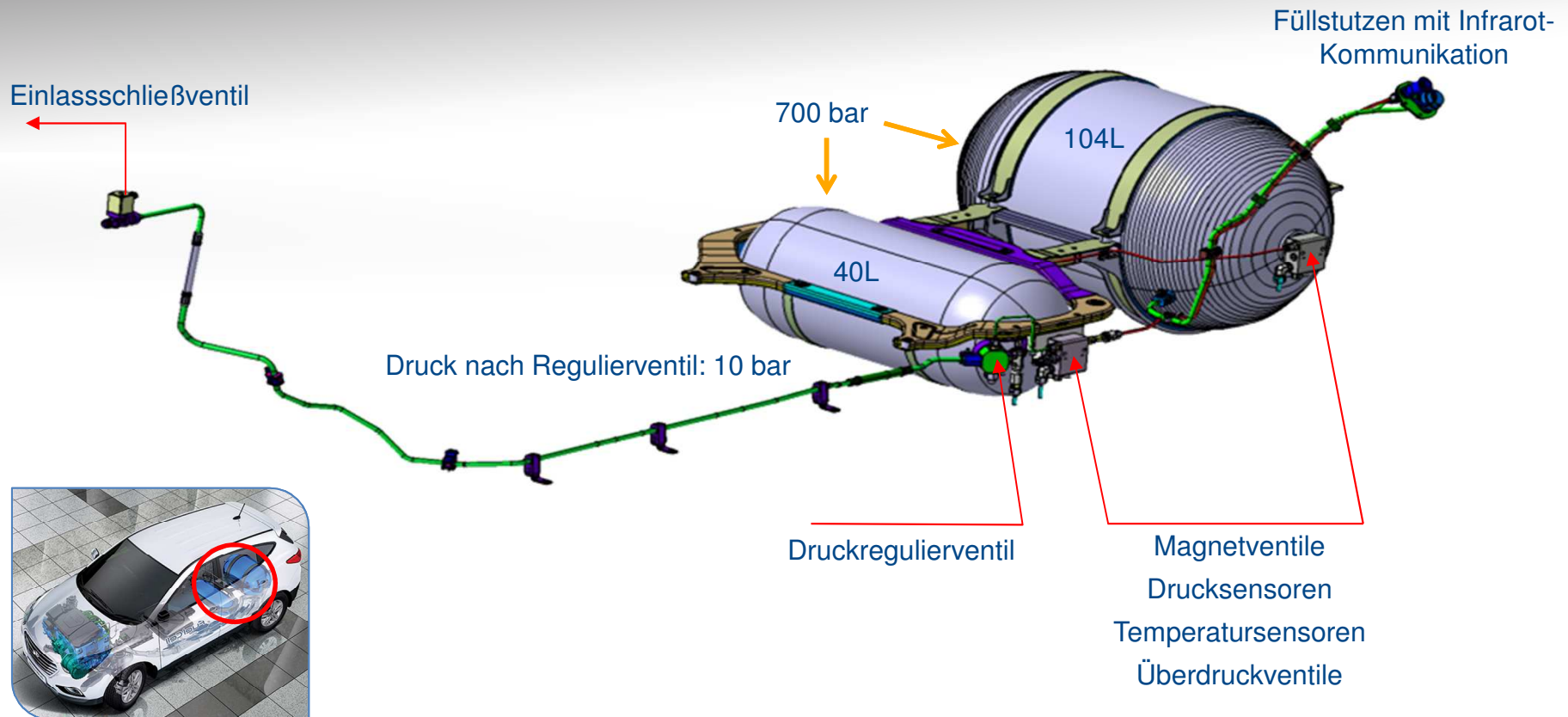
... katalytisch aufgespalten und ...

## Aufbau und Funktion der PEM-Brennstoffzelle

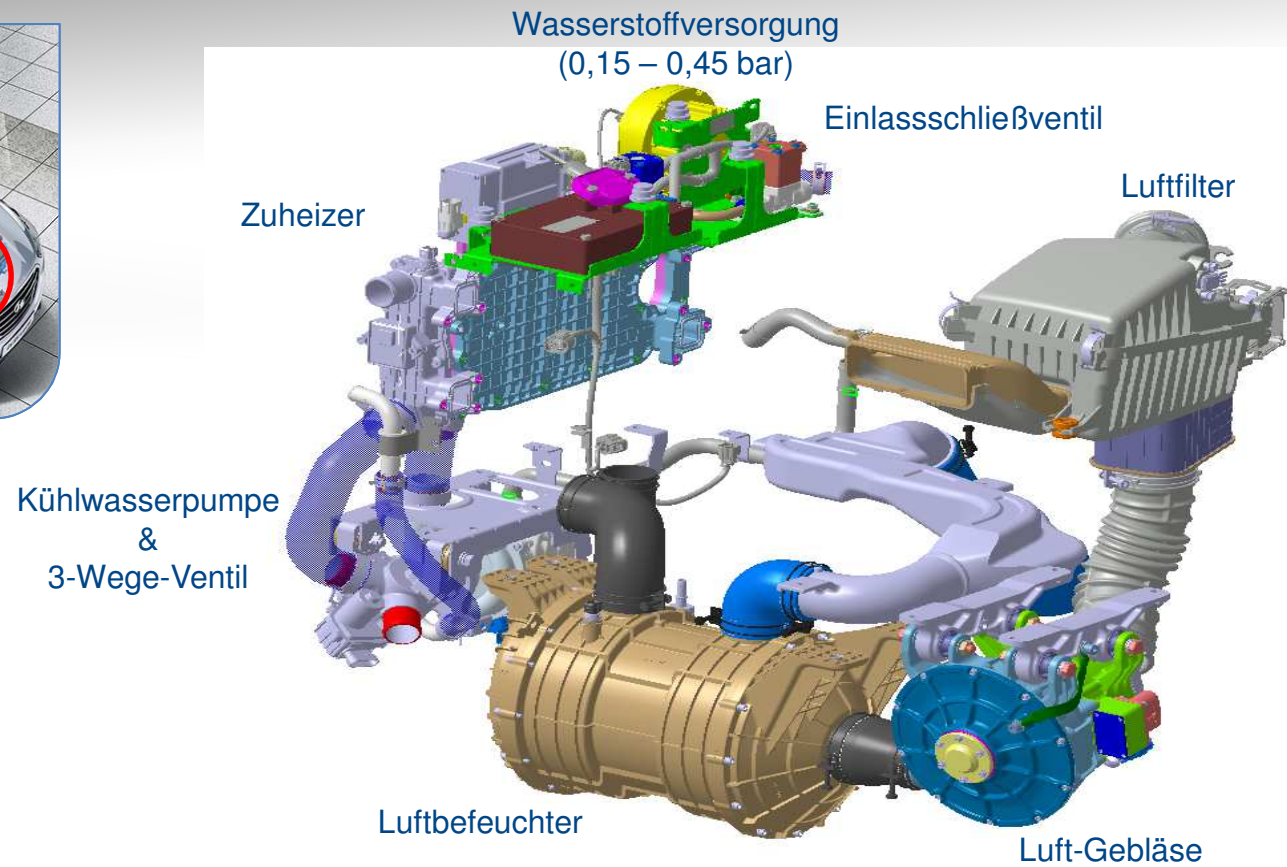
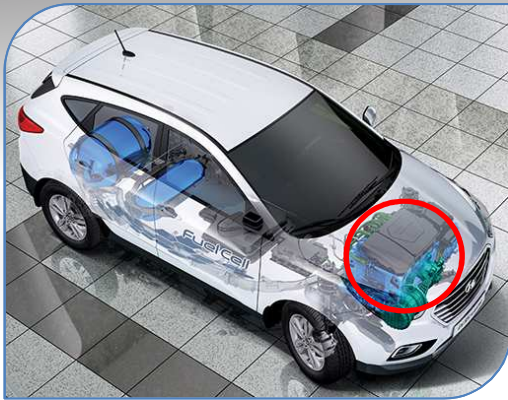


...reagiert zusammen mit den vier Elektronen und den vier Protonen zu Wasser (H<sub>2</sub>O) unter Abgabe von Wärme.

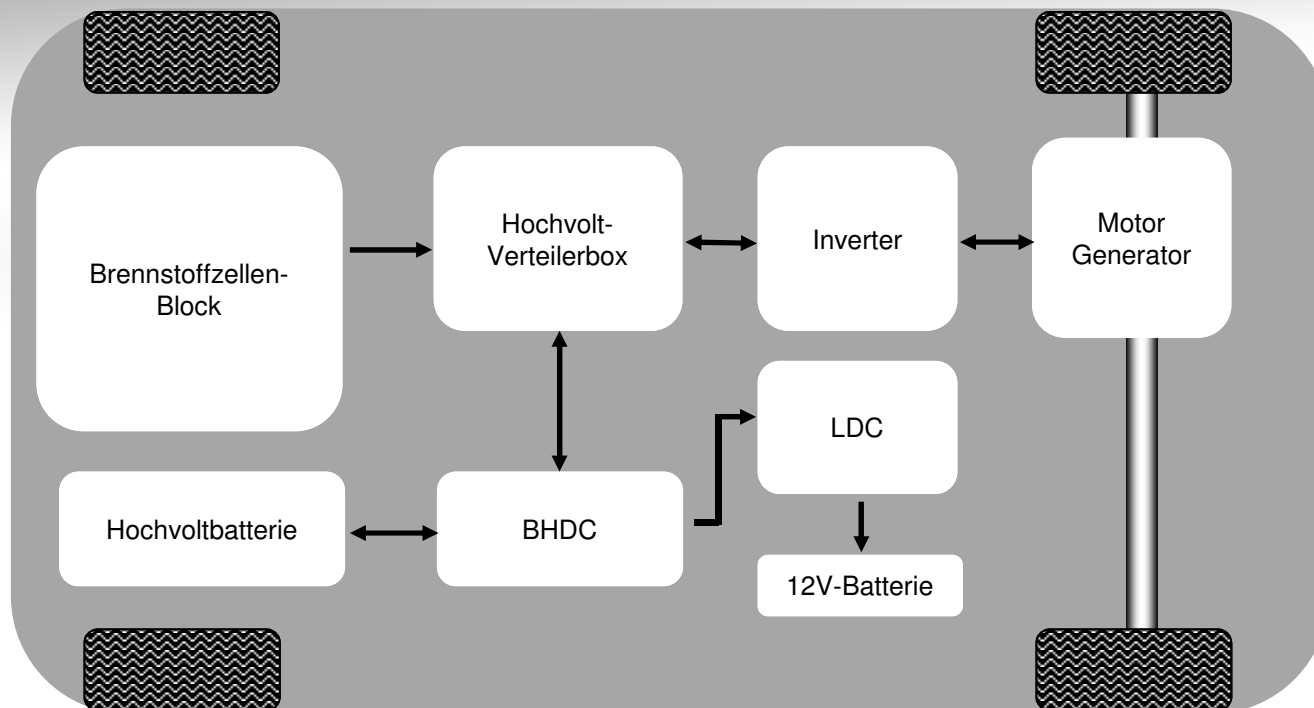
# Wasserstoffspeichersystem



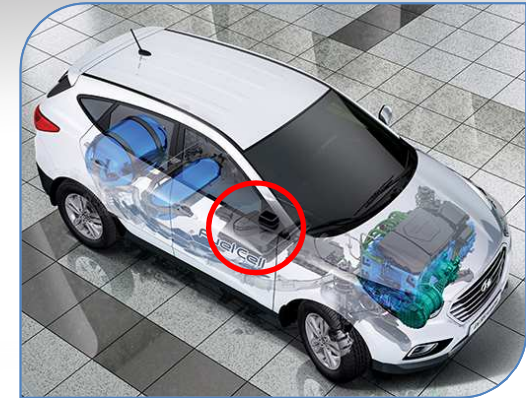
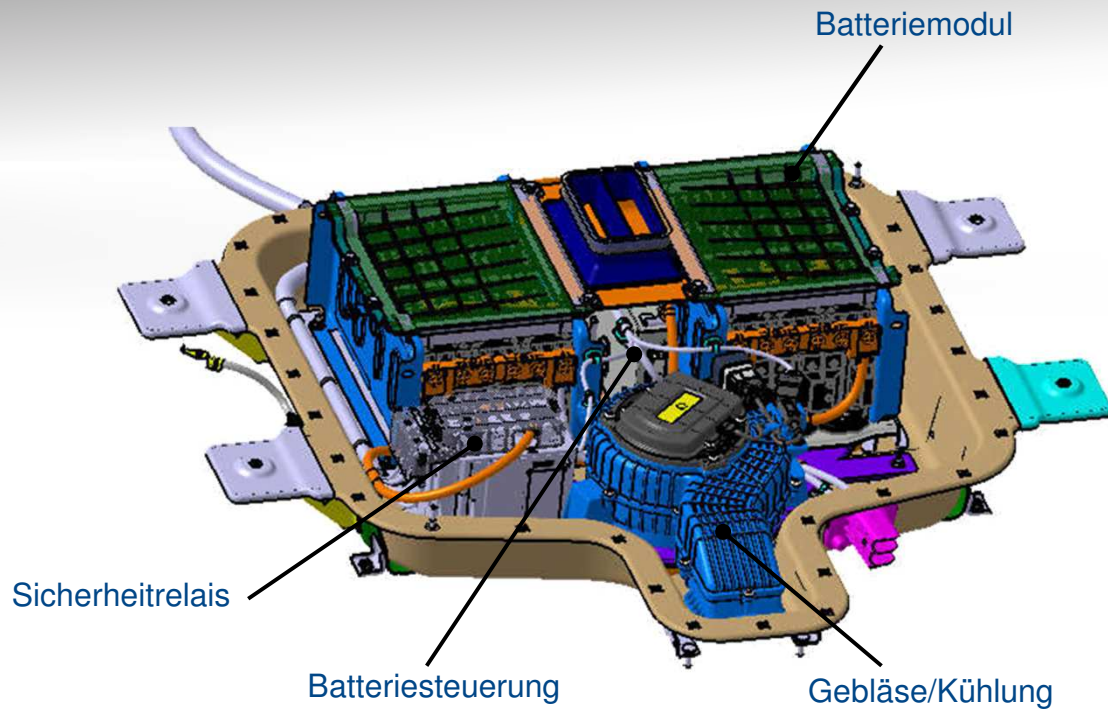
## Zusatzkomponenten



## Hochvolt-Komponenten

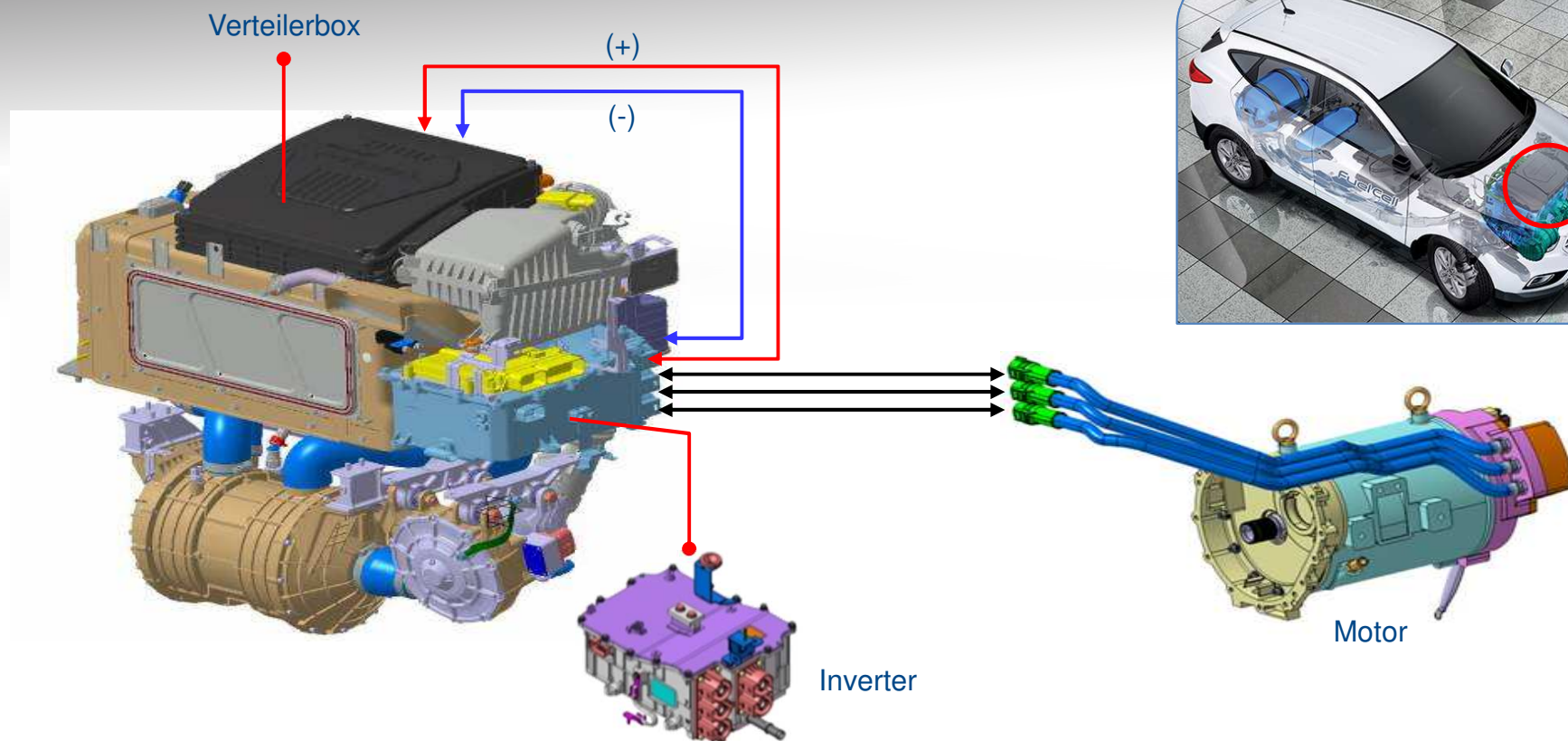


# Hochvolt-Batterie



Service-Stecker im Kofferraum

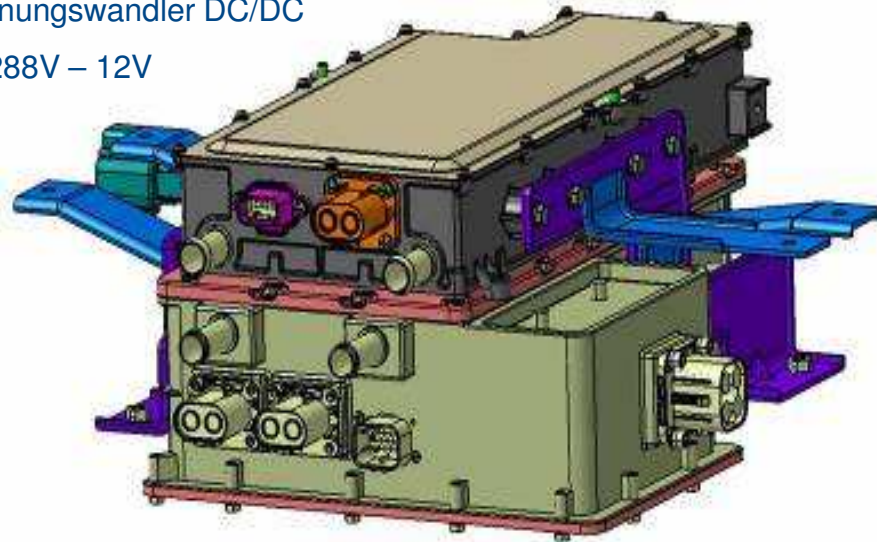
# Hochvolt-Komponenten



# Hochvolt-Komponenten

Niederspannungswandler DC/DC

288V – 12V

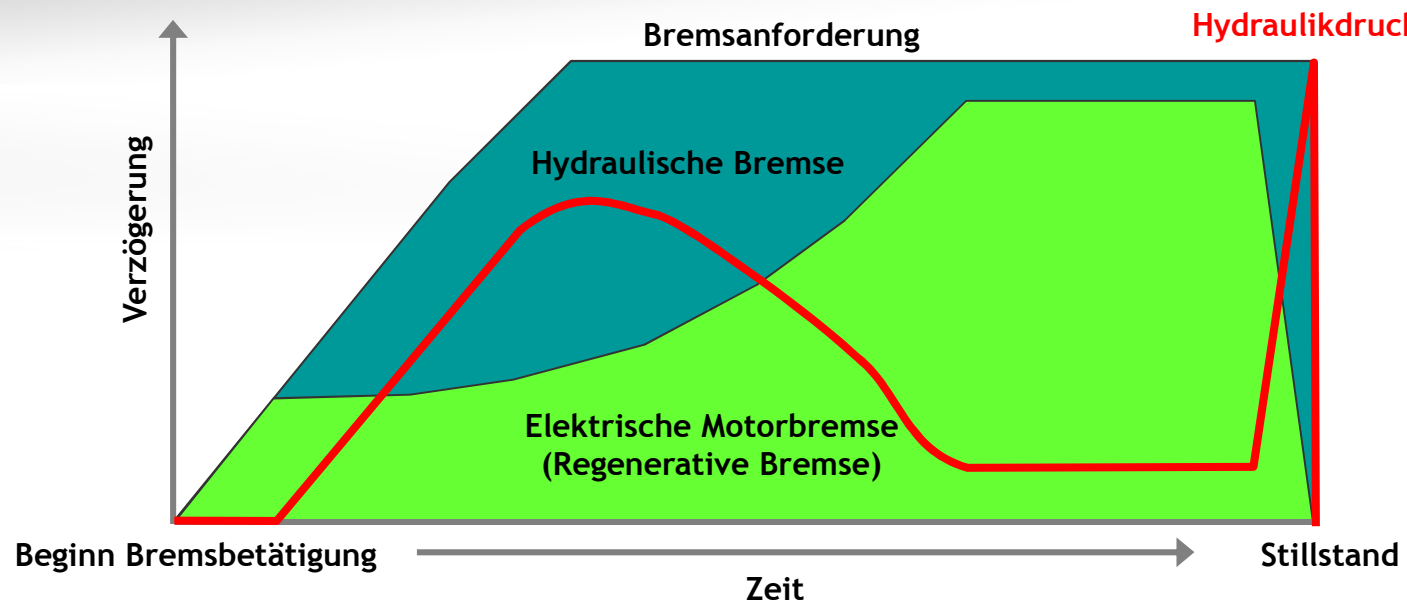


Bidirektionaler Hochspannungswandler DC/DC

288V – 400V

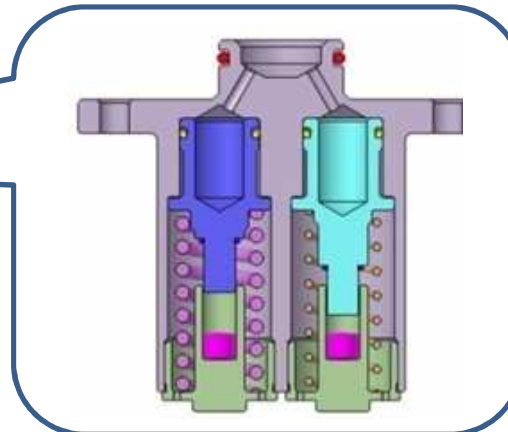
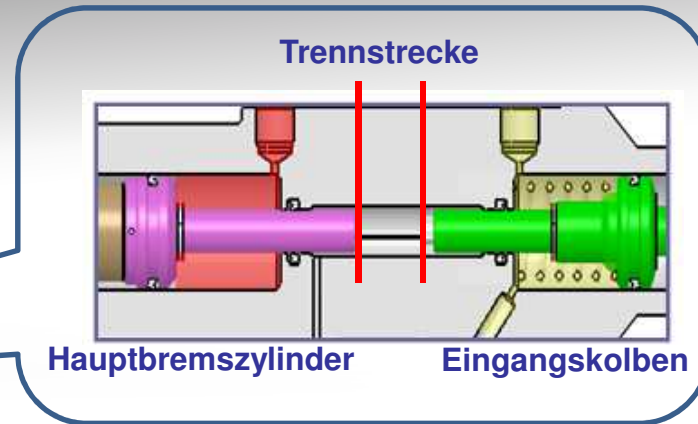
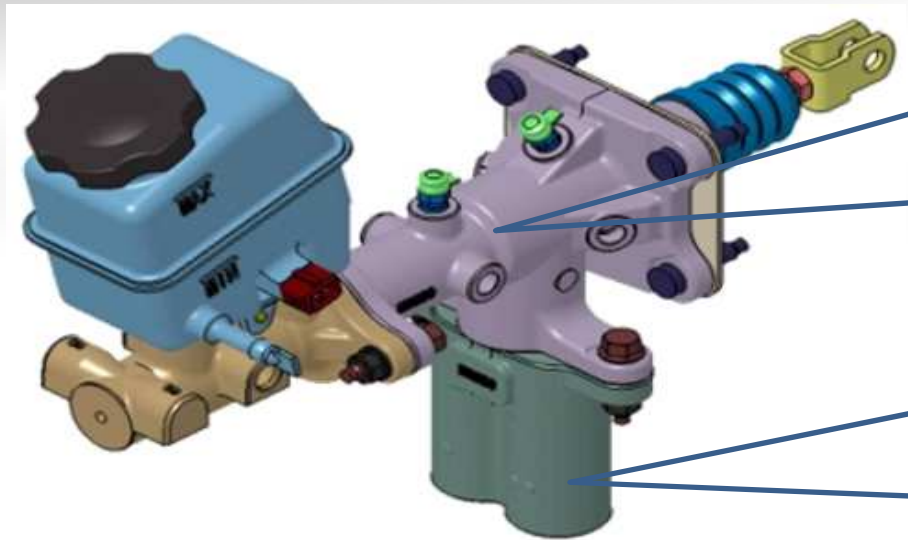


## Aktive hydraulische Bremse

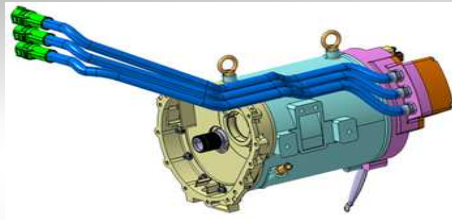


**Bremsanforderung = Reibbremse + Elektrische Motorbremse**

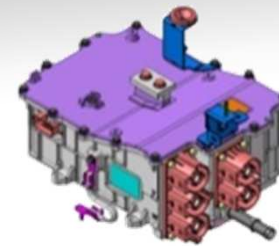
# Aktive hydraulische Bremse



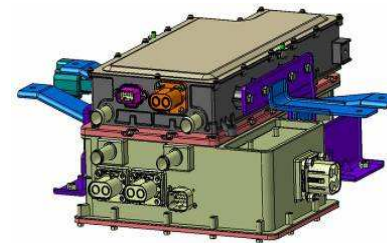
## Aktive hydraulische Bremse – Rekuperation



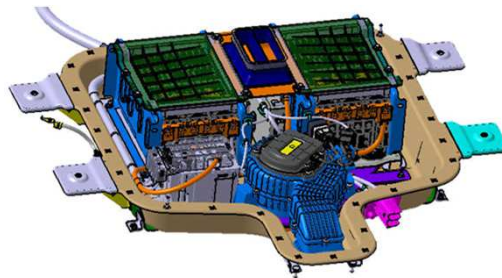
Motor / Generator



Inverter - MCU



Bi-Direktionaler-  
Hochspannungswandler – DC/DC



Hochvolt-Batterie

## Hyundai Standards für die Sicherheit

### Aktive Sicherheit

Zusätzlicher Crash-Sensor im Heckbereich

4 Wasserstoffsensoren überwachen das Fahrzeug (2 Motorraum, 1 Innenraum, 1 Tank)

Ständige Überwachung des Isolationswiderstands



Warnleuchten im Fahrzeug



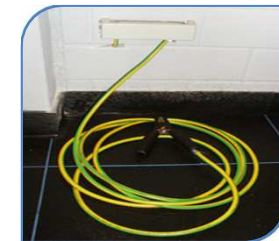
## Hyundai Standards für die Sicherheit

### Qualifikation der Mitarbeiter

GAP/GSP (1 Tag)

Hochvolt-Qualifizierung (2 Tage)

Modellspezifisches Training (1 Tage)

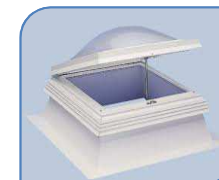


### Werkstatt Sicherheitseinrichtung (BGI 5108 – Wasserstoffsicherheit in Werkstätten)

Potenzialausgleich / Erdungskabel - vorgeschrieben

Wasserstoffsensor mit Alarmsystem - empfohlen

Belüftung / Dachluke - empfohlen



# Hyundai Standards für die Sicherheit

Zusätzliche Sicherheitshinweise für das Autohaus

Vorgeschriebener Sicherheitsbereich

Defibrillator / Ersthelferausbildung

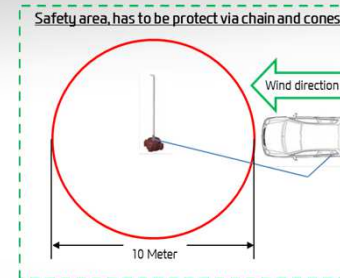
Erlaubte Heizungssysteme

Vorgeschriebene Sicherheitsausrüstung

Persönliche Schutzausrüstung

Sicherheits- und Serviceausrüstung

Allgemeine Sicherheitsausrüstung





New Thinking. New Possibilities.