

Brennstoffzellen im Kontext ihrer verschiedenen Anwendungen: Stand der Technik und Perspektiven

Dr. Alexander Dyck

12. Niedersächsischen Energietage

am 05.11.2019 in Hannover

DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme

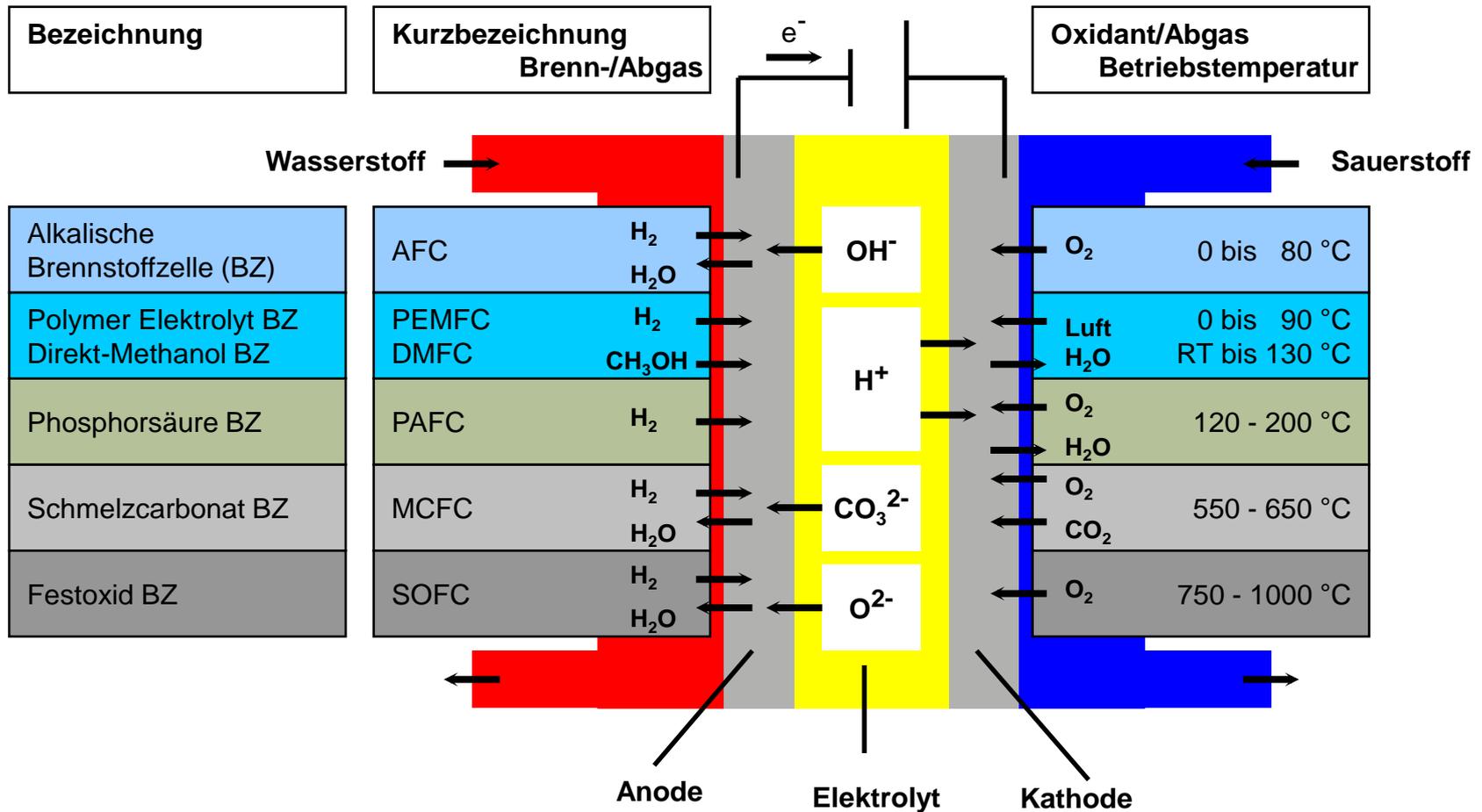


Wissen für Morgen

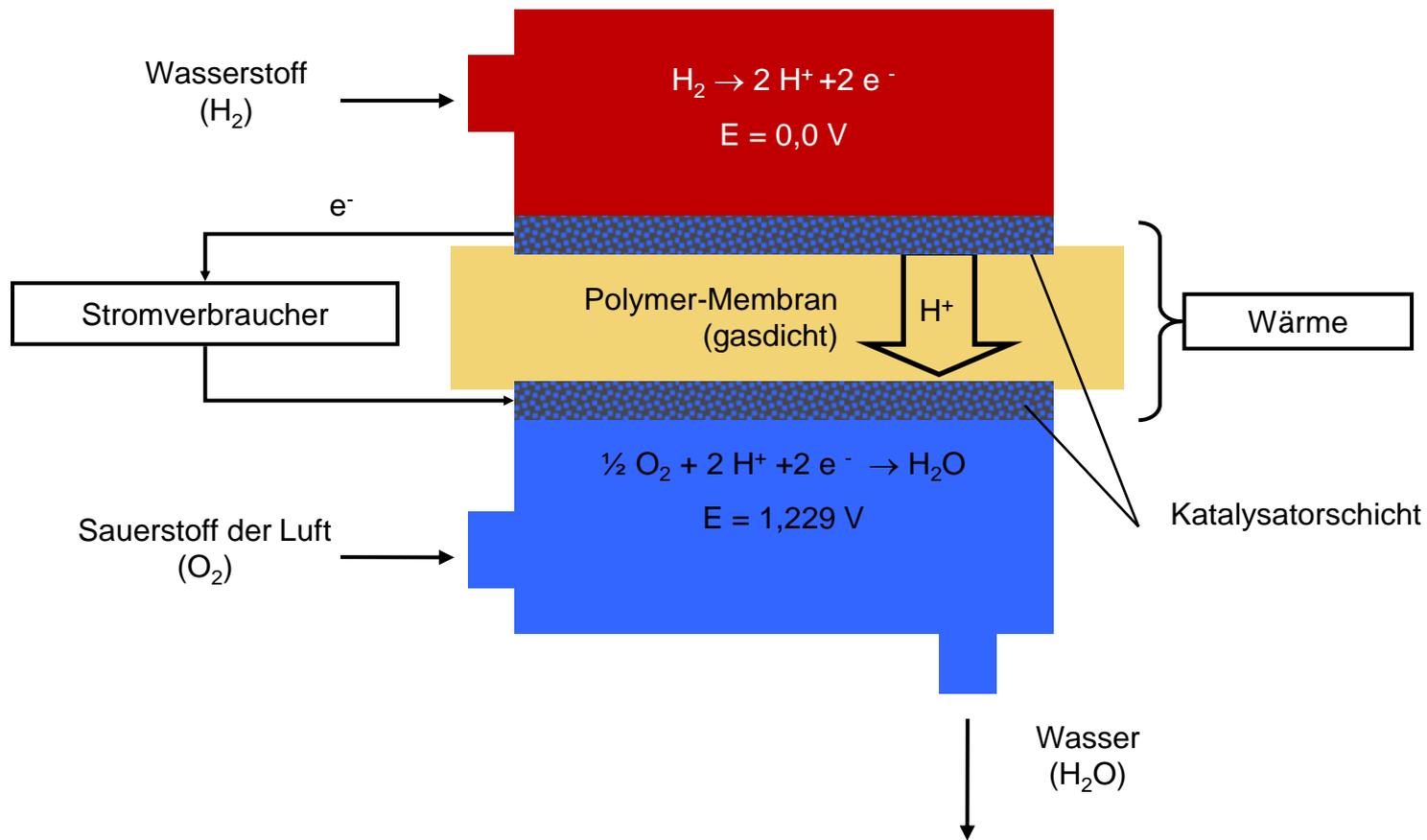




Brennstoffzellen - Überblick

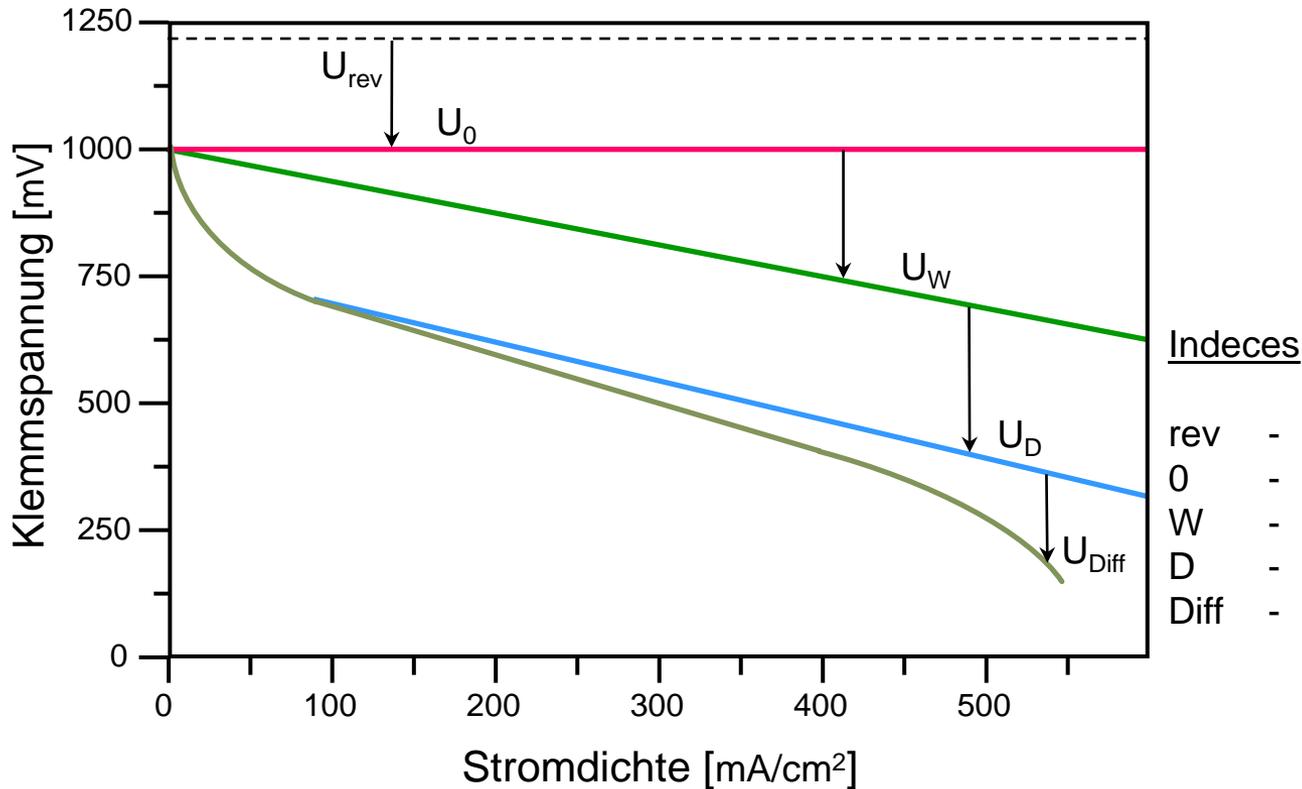


Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle - PEMFC



Stromdichte-Spannungskurve einer Brennstoffzelle

Elektrochemische Ausbildung und Verständnis zusätzlich zum Maschinenbau

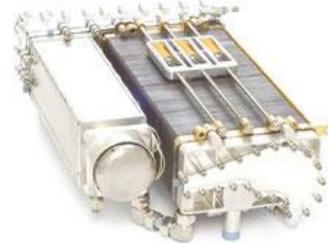
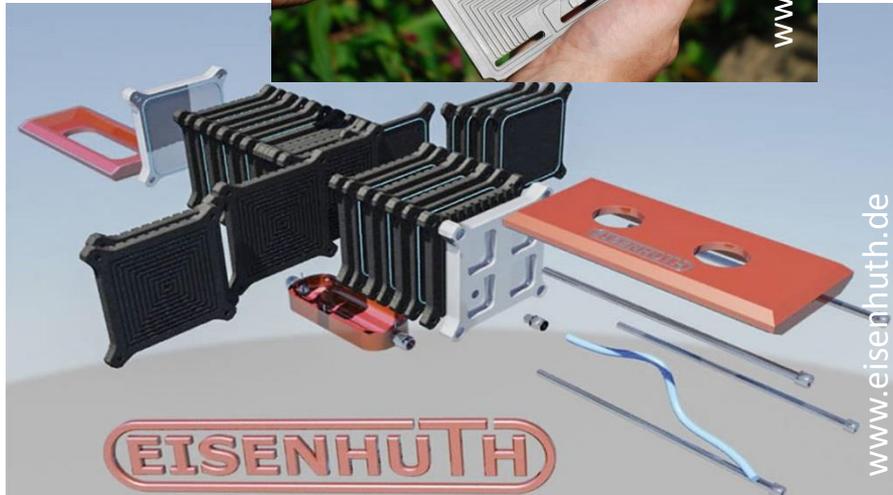


Quelle: Abbildung analog Kordesch

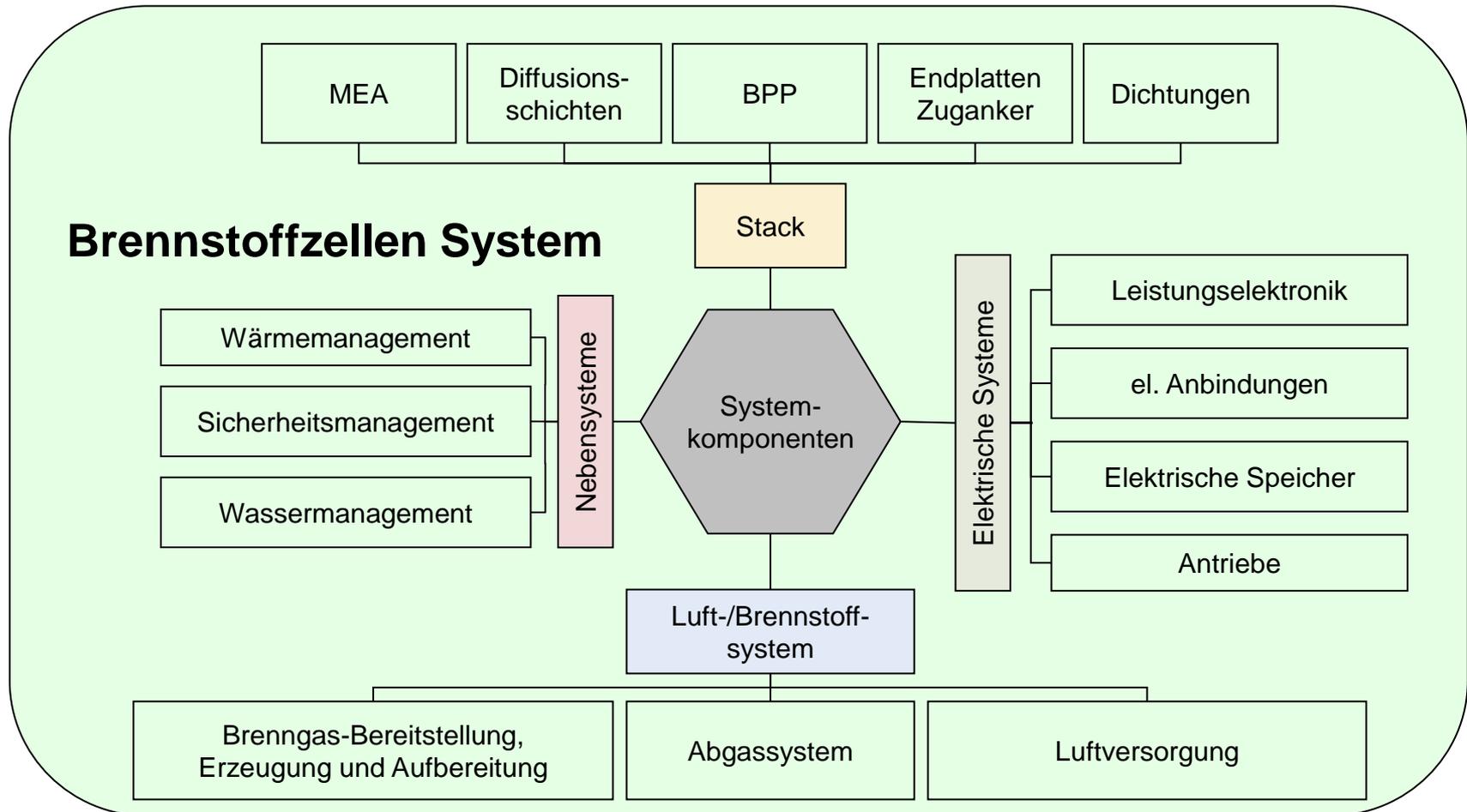


Brennstoffzellen-Komponenten, -Stacks, -Module

- Komponenten und Zellen aus Niedersachsen und Deutschland



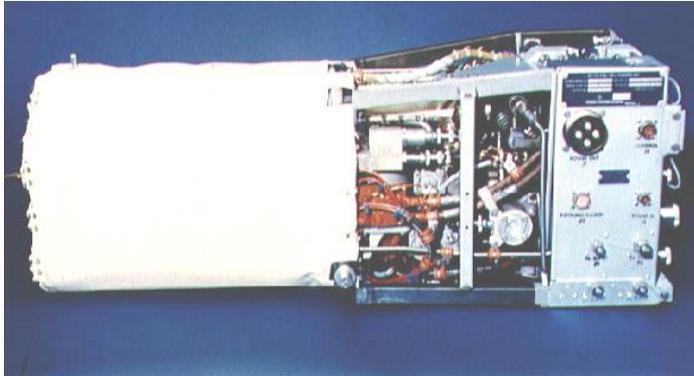
Übersicht Systemkomponenten



Brennstoffzellen für die bemannte Raumfahrt

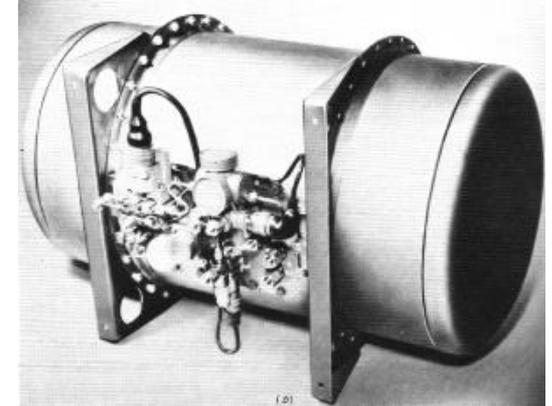
- Geschlossene Wasserkreisläufe
- Lebensdauer der Systeme
- Werkstoffe für urbane Anwendung

AFC 1984: Eine der vier Brennstoffzellen im Orbiter (Space Shuttle)



Bildquelle: NASA, Bildarchiv im Internet; NASA Photo ID: S83-28219

Alkalische Brennstoffzelle (AFC) 1965
2. Bemannte Gemini Mission
1 kW; 32 Zellen; 66 kg;
L = 60 cm; D = 30 cm



Bildquelle: Bochrus, J O'M; Srimisan, S.
Fuel Cells. Their Elechemstry New York
u.a. (Mc Graw-Hill Book) 1969



Urbane Anwendungen für Brennstoffzellen

stationär



Vaillant / Plug Power
Haus-Heizung (2000)

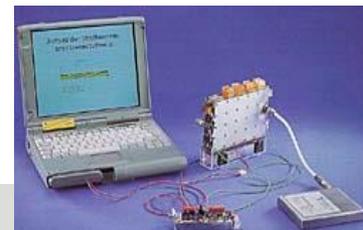
mobil



Daimler AG "F600 Hygenius" (2005)
Auf Basis B-Klasse mit Brennstoffzelle
als Hybridantrieb

Fuel cell / Li-Ion battery hybrid concept: 85 kW_e,
PEMFC: 60 kW_e, E-motor: 350 Nm
400 km, 2.9 liter of gasoline equivalent per 100 km
<http://www.h2mobility.org>

portabel



Kleinspannungsversorgung

- Fraunhofer / Siemens
- LANL / Motorola
- FWB Kunststofftechnik GmbH
- ZSW



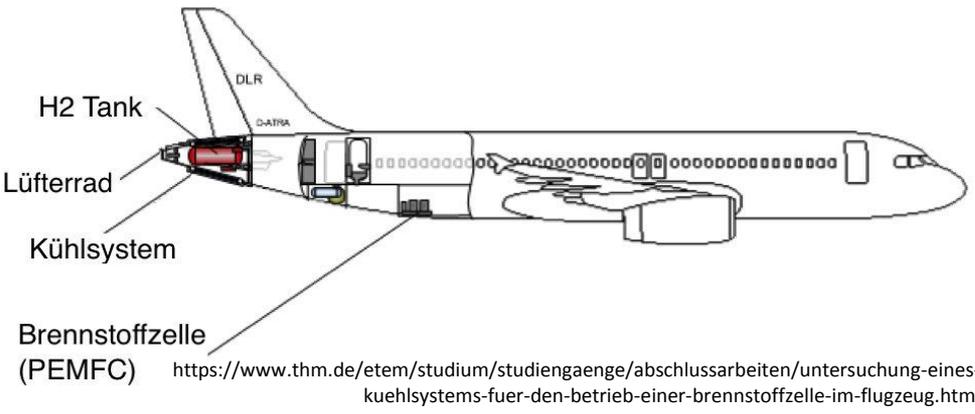
Brennstoffzellen Anwendungen

- Raumfahrt
- Flugzeuge / Drohnen
- Schiffe (U-Boot, ...)
- Portabel (Armee, Bordstromversorgung, Ladegerät)
- Schwerlastverkehr (LKW, Busse, Abfallsammelfahrzeuge, ...)
- Autos (PKW, Lieferwagen, APU, ...)
- Gebäude (stationäre Versorgung mit Strom und Wärme)
- Rückverstromung
(Brandschutz, Höherenttraining, Wärmenutzung)
- ...



<https://www.n2telligence.com/de/produkte/quattrogeneration>

Wasserstoff und Brennstoffzellen in der Luftfahrt



<https://www.thm.de/etem/studium/studiengaenge/abschlussarbeiten/untersuchung-eines-kuehlsystems-fuer-den-betrieb-einer-brennstoffzelle-im-flugzeug.html>



Bodennahe Flugobjekte

- Drohnen und andere UAV
 - Beobachtung und Analyse
 - Lieferung von Waren
 - Militärische Anwendung



<https://www.ballard.com/about-ballard/newsroom/news-releases/2017/06/14/ballard-s-protonex-subsiary-receives-first-order-for-fuel-cell-system-to-power-commercial-uavs>



Flexibility of cylinder mounting
allows for multiple payload positions

<https://www.intelligent-energy.com/our-products/uavs/>



<https://dronelife.com/wp-content/uploads/2017/03/Screen-Shot-2017-03-28-at-7.15.14-AM.png>



Anwendungen in der Schifffahrt

- U-Boot
- Klein-Boote
(Hydra, ZEMship, MS Innogy)
- Segelschiffe (MTU, EO)
- Fähren (DLR)
- Schub-Schiffen (Elektra)
- Kreuzfahrt-Schiffe (Meyer-Werft)
-

U-Boot-Klasse 212 A

<http://www.diebstoffzelle.de/nachrichten/BrennstoffzellenU-BootU33beiHDWgetauft.shtml>



https://www.meyerwerft.de/de/meyerwerft_de/medien/pr esseticker/pressemitteilung_detail_34241.jsp



https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2018/3/20180726_dlr-mit-an-bord-bei-entwicklung-der-weltweit-ersten-hochseefae-higen-wasserstoff-faehre-mit-brennstoffzelle_29145.html



Ferguson Marine Concept Hydrogen Ferry



[https://de.wikipedia.org/wiki/Hydra_\(Boot\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Hydra_(Boot))



Brennstoffzellen-Systeme (Mikro und Portable) als Ladegerät

- Brennstoffzellen-Systeme für mobiles Equipment
- Stromversorgung als DMFC seit 2006
> 50.000 Einheiten
- Methanol als Kraftstoff
- Portable Stromversorgung



www.sfc-defense.com



www.foyo.com



www.foyo.com



www.powertekk.com



www.toshiba.com

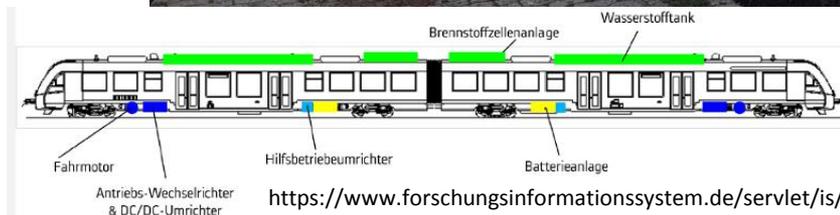


www.horizon.com



Wasserstoffzüge seit 09/2018 in Niedersachsen

- Strecke Cuxhaven – Bremerhaven – Bremervörde – Buxtehude (2 von 14)



<https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/342698/>

ALSTOM



Schwerlastverkehr

- Für Nutzlasttransporte ist ebenfalls eine Dekarbonisierung nötig
 → 80% weniger CO₂ bedeutet, dass europaweit 2050 kein „Diesel“ mehr fährt!
- Systeme in Erprobung – Kostenneutral durch Maut
- Ob Schiff- oder Schwerlastverkehr, die Treibstoffe müssen zugelassen und über eine internationale Infrastruktur verfügen (Standardisierung)



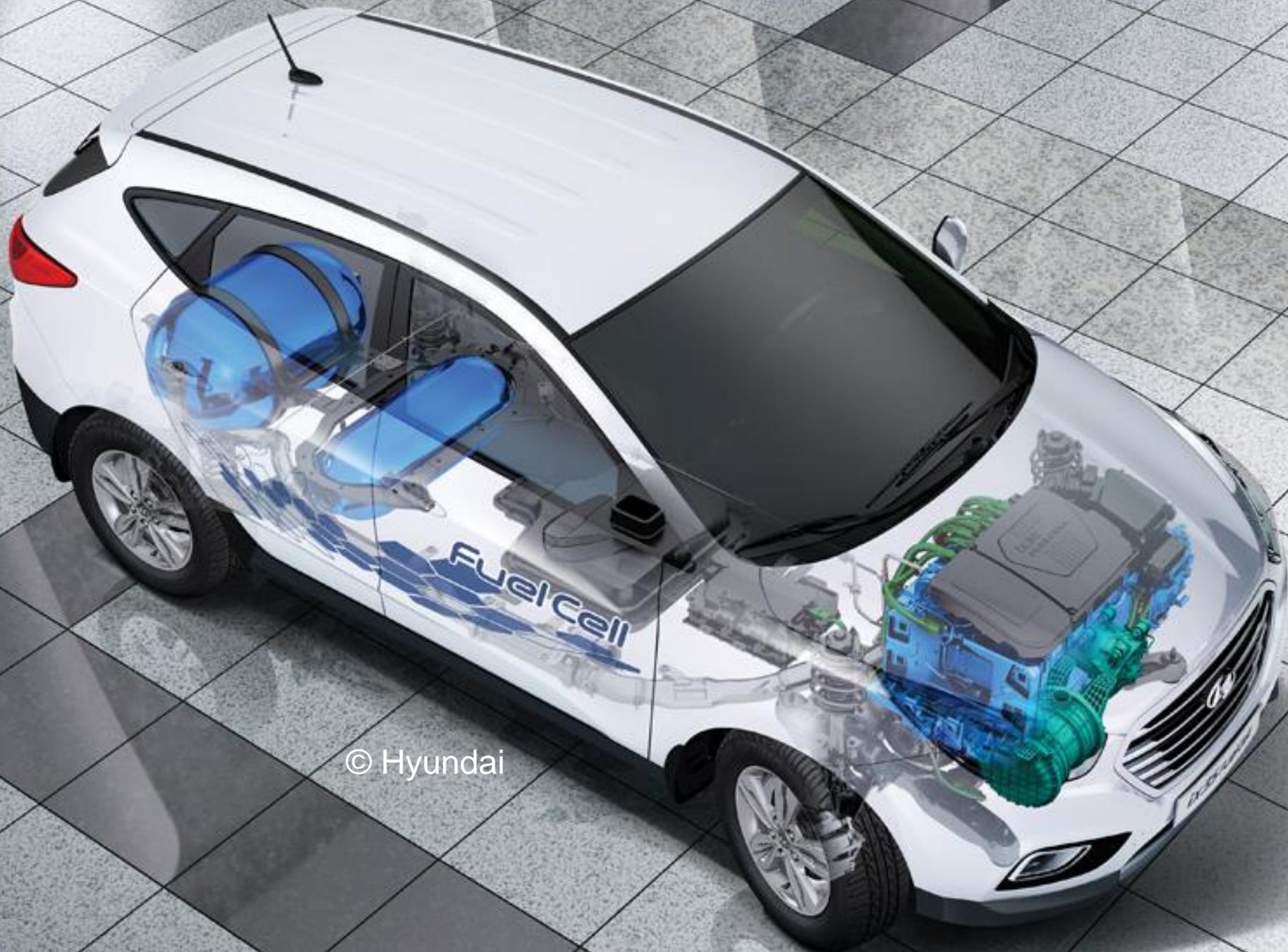
<https://www.electrive.net/2019/09/25/hyundai-nennt-erste-details-zum-h2-lkw-fuer-die-schweiz/>



Brennstoffzellenbusse (Klaus Stolzenburg, PLANET)

- Seit 2001 in der Erprobung durch kontinuierliche EU Demonstrations-Projekte
- Bis 2021 gehen 300 neue Busse in Europa auf Linie (JIVE und JIVE 2)
- 3. Gen. bis zu 400 km Reichweite, Ziel > 90% Verfügbarkeit, Heizung unkritisch
- 5 Europäische Hersteller zeichneten am 20.11.2014 LoU:
EvoBus, MAN, Solaris, Van Hool und APTS/VDL - Lieferung 1.000 Busse bis 2020
- In Asien sind Hersteller und Regionen mit BZ-Bussen aktiv (Japan/China/Korea)





© Hyundai

Elektro-Fahrzeug mit Brennstoffzellen (PKW)

B-Klasse F-CELL von Daimler mit PEM-Brennstoffzelle

- Aktionsradius: ~ 350 km
- Leistung: 100 kW
- Höchstgeschwindigkeit: 170 km/h
- Beschleunigung: (0-100 km/h): 14 s
- Wasserstofftank: 3,3 kg; 700 bar

„Serienstart“ von Brennstoffzellenfahrzeugen von Daimler ab 09/2018 als Voll-Integration gestartet



Hyundai ix35 FCEV mit PEM-Brennstoffzelle

- Aktionsradius: ~ 600 km
- Leistung: 100 kW
- Höchstgeschwindigkeit: 160 km/h

Klein-Serienstart mit 1.000 Stk. seit 04/2013



Warum Brennstoffzellen-Fahrzeuge?

Vorteile

Energie Diversifikation

- Wasserstoff lässt sich durch Nutzung verschiedener Energiequellen herstellen

Null Emissionen

- Null CO₂-Emissionen im Fahrbetrieb

Fahrspaß

- Sanfter und leiser Betrieb
- Sanftes Anfahren und gute Beschleunigung bei niedriger und mittlerer Geschwindigkeit



Fahrleistungen

- Alltagstaugliche Reichweite (über 500 km)
- Tankzeit: 3 Minuten
- Kaltstart bis – 30 °C

Großes Potential zur Notstrom-Versorgung

- 4- bis 5-faches Potential eines batterieelektrischen Fahrzeugs, kann einen durchschnittlichen Haushalt mehr als eine Woche lang mit Strom versorgen.

Quelle: Abb. von und nach Toyota



Tanken kann so einfach sein!

Für Strom

- Vielfalt an Steckern
- Vielfalt an Optionen
(Karten in D)

Für Wasserstoff

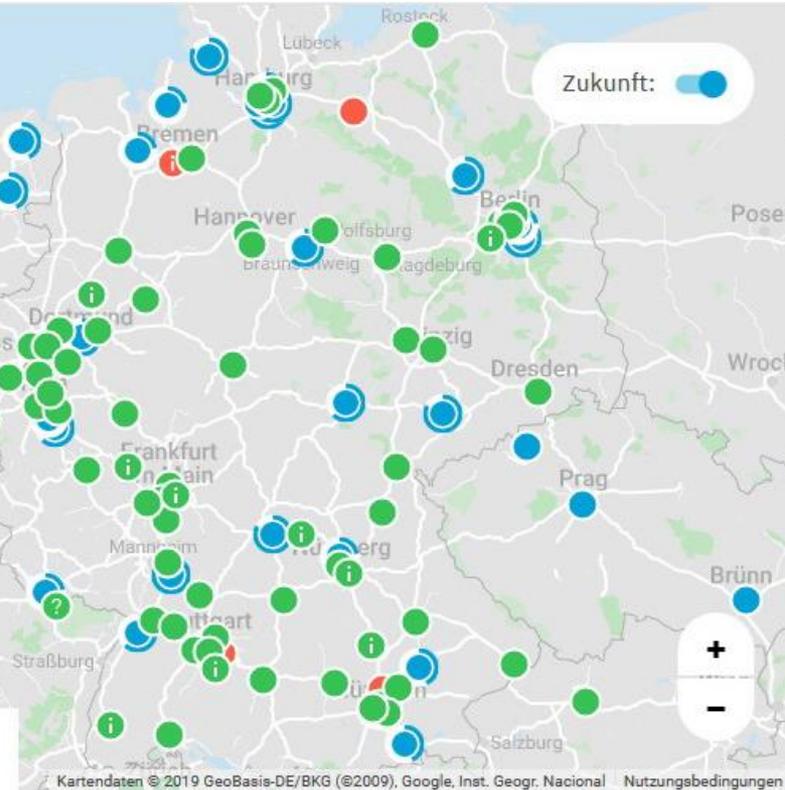
- Eine Kupplung (in der Welt)
- Eine Karte (H2M in D)



Wasserstoff-Tankstellen in Deutschland (für PKW)

- 76 Tankstellen in Deutschland im Betrieb
- 27 in Planung

- Aktueller Status unter:
www.h2-live.de
- Wie viele sind in Niedersachsen?!
- Ist davon eine busfähig?



H2 tanken

Wasserstoffmobilität beginnt jetzt

103 21 In Betrieb 46 In Realisierung



Schulungen für die Feuerwehr

- Sicherheit für Einsatzkräfte beim Umgang mit alternativen Antrieben



Zulassung-Workshops für Normung und Standards

- 8-ter Workshop am 27/28.02.2018 am ZBT in Duisburg mit den Schwerpunkten:
 - Zulassung - Zertifizierung - Normung
 - H2 Verunreinigungen
 - Komponenten-Anforderung -> Qualität
- > 60 zufriedene Teilnehmer
- Einbindung von NOW, Industrie und Forschungsinstitute
- Erfahrungsberichte und Technologienbewertung für den Markthochlauf
- **Folgeveranstaltung**
am 18/19.02.2020
beim DLR in Oldenburg

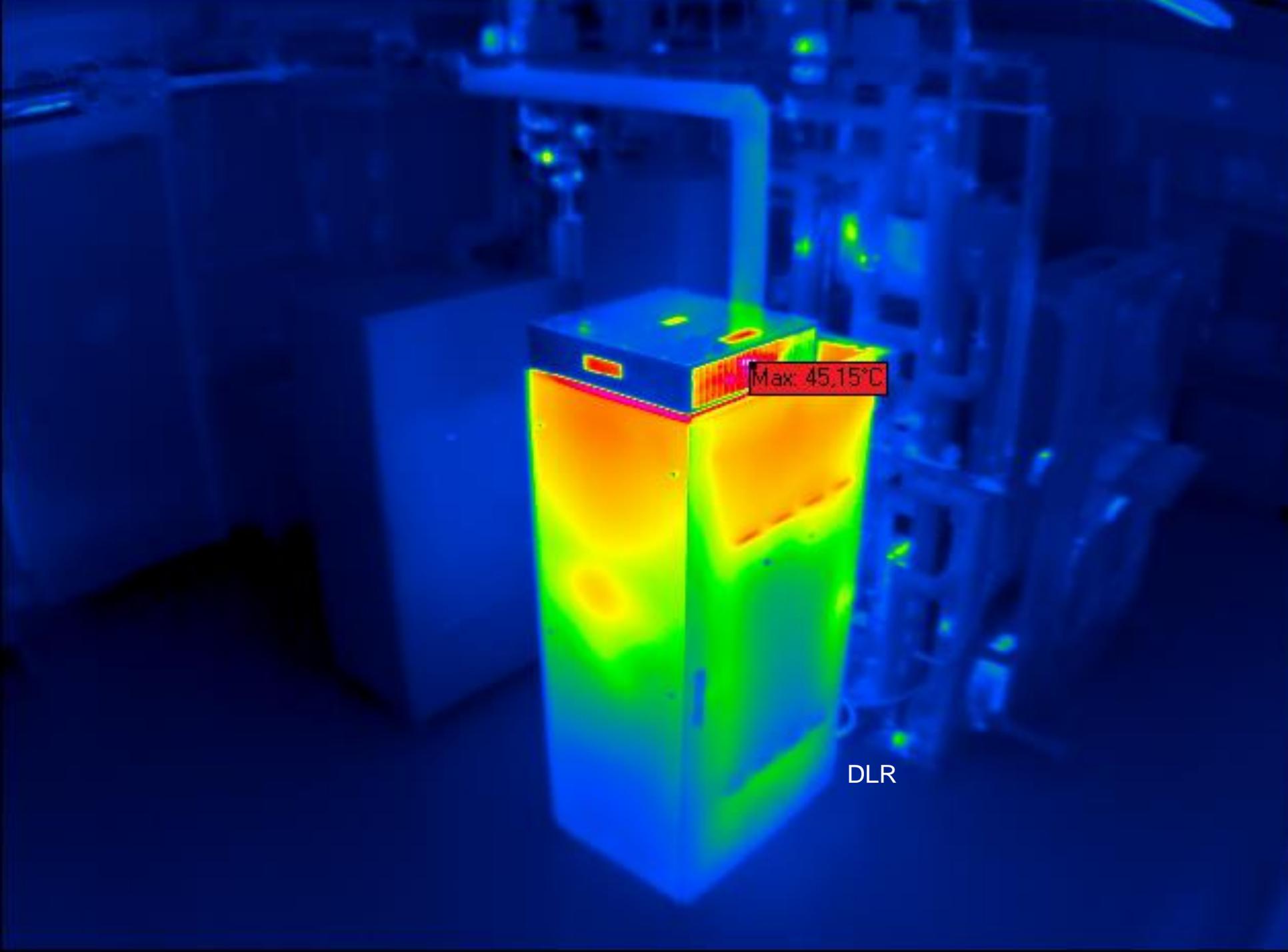


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt
German Aerospace Center
Institute of
Networked Energy Systems



Fraunhofer
ISE





Max: 45,15°C

DLR



Zusammenfassung und Ausblick

- Einsatzfähigkeit von Brennstoffzellen-Systemen seit 50 Jahren bewiesen
- Feldtesterprobung für urbane Anwendungen beendet
- Produkte in der Markteinführung
- Skaleneffekte und Preisreduktion
- Infrastruktur (Versorgung und Wartung)
- Weiterentwicklung der Technologie
- Marktdurchdringung
- Versorgung auf Basis regenerativer Energien (z. B. Wasserstoff)

Brennstoffzellen kommen aus Deutschland oder nach Deutschland



DLR – Wissen für Morgen



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!
Fragen?**

Kontakt:
Dr. Alexander Dyck
0441-99906-310
alexander.dyck@dlr.de

