



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Kompetenzzentrum Brennstoffzelle Rheinland-Pfalz

*Brennstoffzellen-Systemtechnik für die
Energiewende*

Gregor Hoogers

g.hoogers@umwelt-campus.de

Kompetenzzentrum



Brennstoffzelle

Umwelt-Campus Birkenfeld





Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Arbeitsgebiete

- Lithiumionen-Batterien (Alterung, Diagnostik, System)
- Membranbrennstoffzellen und -systeme
- Elektrolyseure (Materialforschung, Systemtechnik)
- Redox-Flow-Zellen (Materialforschung, Sensorik)
- Elektronik (DC/DC-Wandler, mobile Datenerfassung)



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Arbeitsgebiete

- Lithiumionen-Batterien (Alterung, Diagnostik, System)
- Membranbrennstoffzellen und -systeme
- Elektrolyseure (Materialforschung, Systemtechnik)
- Redox-Flow-Zellen (Materialforschung, Sensorik)
- Elektronik (DC/DC-Wandler, mobile Datenerfassung)



Lithiumionen-Batterien

- definierte Herstellung von Pouch-Zellen für Untersuchungen an:

LiCoO₂, NMC 622, NMC 811

- Zyklierung, Alterungsuntersuchungen und Modellierung von kommerziellen Fahrzeugbatterien
- automatisierte Demontage von Batteriefahrzeugen und Fahrzeugbatterien

(Prof. Dr.-Ing. Vette-Steinkamp)



Lithiumionen-Batterien

- definierte Herstellung von Pouch-Zellen für Untersuchungen an:

LiCoO₂, NMC 622, NMC 811

- Zyklisierung, Alterungsuntersuchungen und Modellierung von kommerziellen Fahrzeugbatterien
- automatisierte Demontage von Batteriefahrzeugen und Fahrzeugbatterien

(Prof. Dr.-Ing. Vette-Steinkamp)



VEHICLE : Hybridisierung von Lithium-Ionen-Akkus mit Superkondensator: Ein Ansatz für den Betrieb von Reluktanzmotoren in Fahrzeugantrieben
VERBESSERUNG DER ENERGIESPEICHERSYSTEME FÜR ELEKTROFAHRZEUGE

VEHICLE : Source de stockage hybride batterie Li-ion / supercondensateurs avec une machine synchrone à réluctance variable pour les véhicules électriques
PERFECTIONNEMENT DES SYSTÈMES DE STOCKAGE D'ÉNERGIE DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES



Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
STRASBOURG

Trier University
of Applied Sciences

H O C H
S C H U L E
T R I E R



UNIVERSITÉ DE NANTES



Dépasser les frontières :
projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen,
mit jedem Projekt



Fonds européen de développement
régional (FEDER)
Europäischer Fonds für regionale
Entwicklung (EFRE)



Internationales Projekt VEHICLE

Ziele:

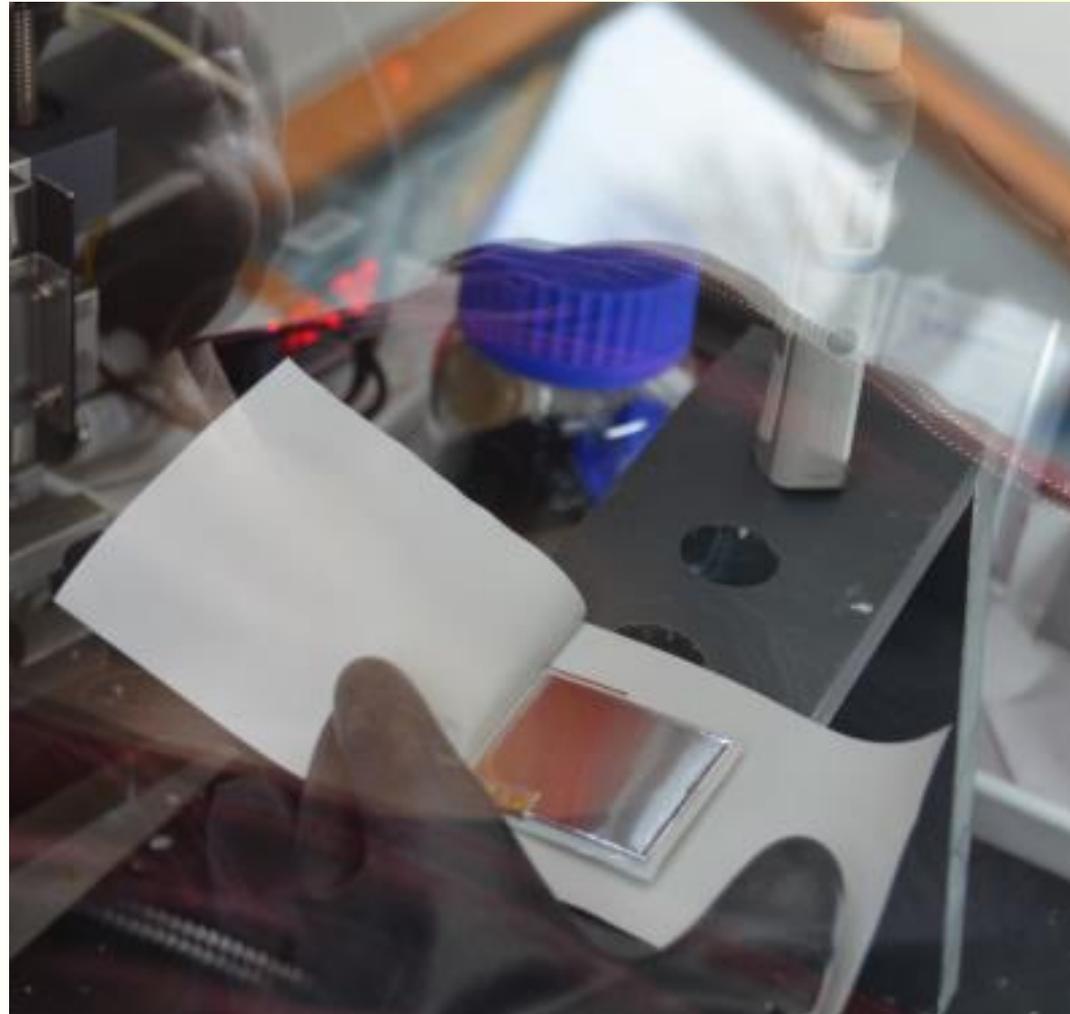
- Verlängerung der Batterielebensdauer durch Hybridisierung mit Superkondensatoren
- Verwendung einer Antriebstechnik ohne Permanentmagnetmotoren (Vermeidung seltener Erden)
- besseres Verständnis der Belastungsfaktoren für die Batteriealterung
- Formulierung eines deterministischen Modells zur weiteren Optimierung des Gesamtsystems



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Lithium-Ion Batteries – Cell Assembly





Automotive Lithium-Ion Batteries

SPECIFICATION

Item	Specs	
Nominal voltage	3.6V	
Nominal capacity	60Ah	
Dimension(mm)	(T) 16.5*(W) 100*(L) 330mm	
Net. weight	820g	
Chargin cut-off voltage	4.2±0.05V	
Discharging cut-off voltage	2.75±0.05V(>0° C), 2.5±0.05V(-20° C-0° C)	
Standard charging current	0.2C	
Standard discharging current	0.2C	
Max. charging current	1C	
Max. continuous discharging current	2C	
Cycle life	1000 times with 80% DOD remained	
Temperature features	charging	0-45℃
	discharging	-10-60℃
	storage(>3 months)	-20-45℃
Transport voltage	3.6±0.05V	





Lithiumionen-Batterien

- definierte Herstellung von Pouch-Zellen für Untersuchungen an:

LiCoO₂, NMC 622, NMC 811

- Zyklierung, Alterungsuntersuchungen und Modellierung von kommerziellen Fahrzeugbatterien
- automatisierte Demontage von Batteriefahrzeugen und Fahrzeugbatterien

(Prof. Dr.-Ing. Vette-Steinkamp)



Demontage von Fahrzeugbatterien

(Prof. Dr. Matthias Vette-Steinkamp)

Probleme aus dem täglichen Leben:

- Wie kann ich die Batterie (90kWh) entladen?
 - Zubereitung von 6.300 Tassen Kaffee
 - Dies entspricht der Verbrennung von etwa 10l Benzin
 - Rückführung der Energie
 - Sollen die Batteriesysteme vor Ort repariert oder vollständig ersetzt werden?
(Listenpreis für Batterie: IPACE 40.000€)
 - Was mache ich danach mit den Batteriezellen? Wer sammelt die Batterien?
- Wir brauchen Logistik-Dienstleister.



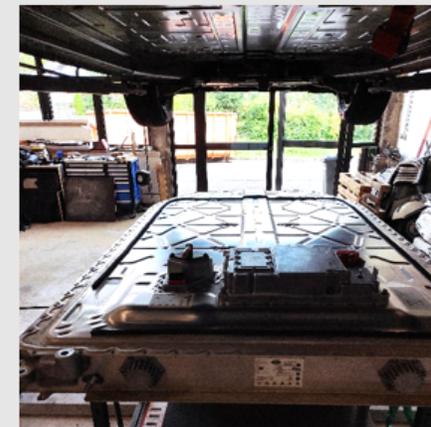
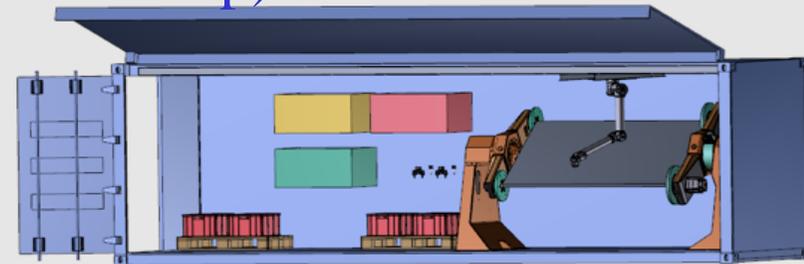
Wie gehen wir mit Fahrzeugen um, die einen Unfall hatten?



Demontage von Fahrzeugbatterien

(Prof. Dr. Matthias Vette-Steinkamp)

- Wir brauchen ein Geschäftsmodell
 - Wer betreibt das Demontagesystem?
 - Wo werden die Systeme aufgebaut?
 - Wie teuer darf die Dienstleistung sein?
- Technische Funktionen
 - Geeignet für verschiedene Produkte, Varianten und Generationen
 - Hohe Zykluszeit (ca. 36 Module à 12 Zellen pro Batterie)
 - Sichere und ergonomisches Design
 - Es muss auch für Werkstätten mit wenig oder keiner Automatisierungserfahrung geeignet sein.



Es gibt bereits erste Ansätze. Allerdings handelt es sich dabei eher um Laborversuche und Experimente und sind nicht für hohe Stückzahlen geeignet.



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Arbeitsgebiete

- Lithiumionen-Batterien (Alterung, Diagnostik, System)
- **Membranbrennstoffzellen und -systeme**
- Elektrolyseure (Materialforschung, Systemtechnik)
- Redox-Flow-Zellen (Materialforschung, Sensorik)
- Elektronik (DC/DC-Wandler, mobile Datenerfassung)



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Membranbrennstoffzellen und Systeme

- Komponentenentwicklung mit Projektpartnern
 - Platten
 - Elektroden
 - MEA
- System-Peripherie
 - Kompressoren
 - Sensoren
 - Leck- und Funktionstestung



Membranbrennstoffzellen und Systeme

- Systementwicklung mit Projektpartnern
 - Systementwurf und Komponentenauswahl
 - Stacktestung
 - Reformertechnik
 - Alkoholische Brennstoffzellen
- Grüne Kraftstoffe
 - elektrochemische Erzeugung von Flüssigkraftstoffen
(aus CO₂ und Wasser!)



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Membrane Electrode Assembly - MEA



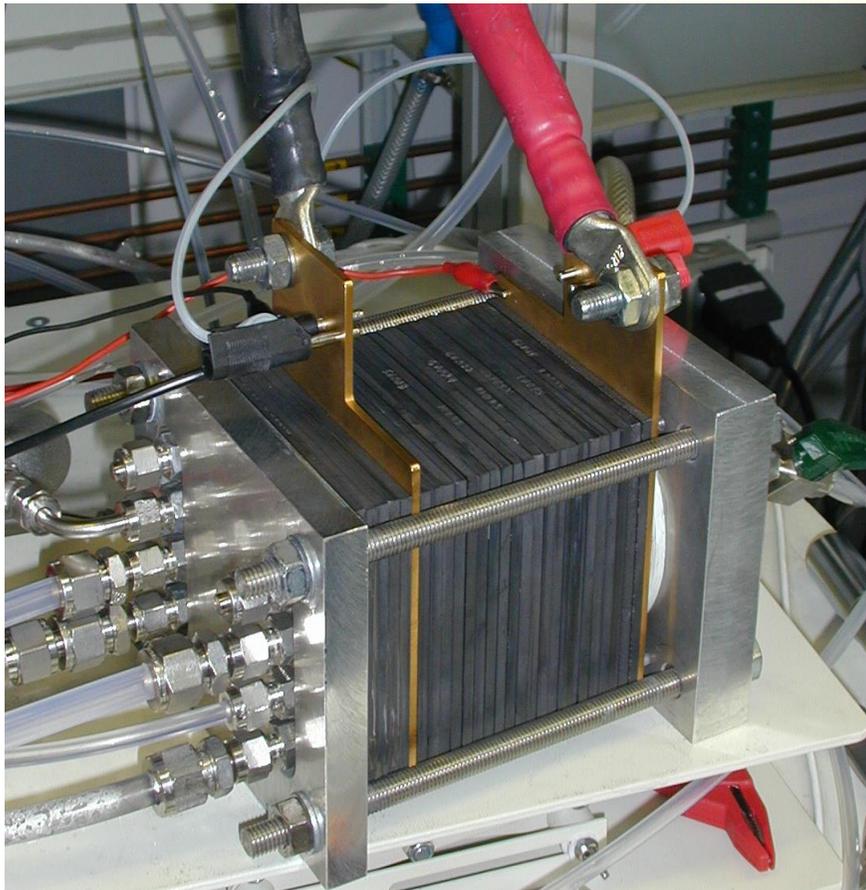
Photograph: V. Loos , UCB Fuel Cell Laboratory



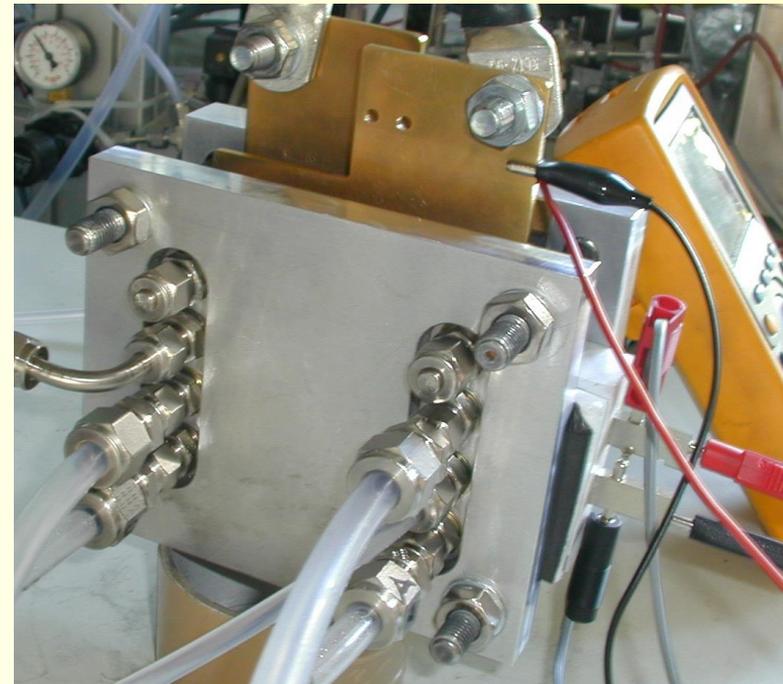
Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Stacks and single cells



- different compression concepts
- internal or external humidification

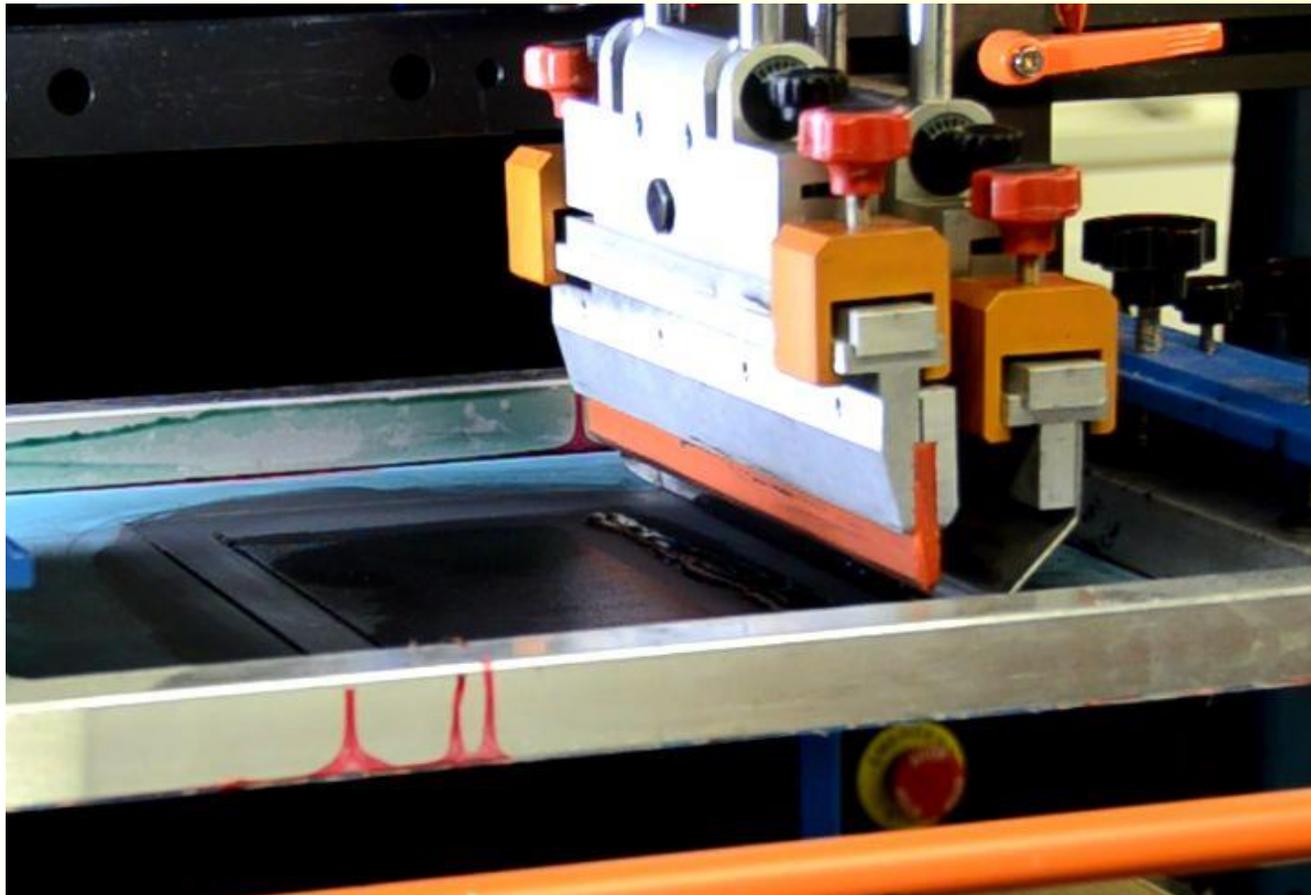




Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Electrode Printing



Photograph: V. Loos , UCB Fuel Cell Laboratory

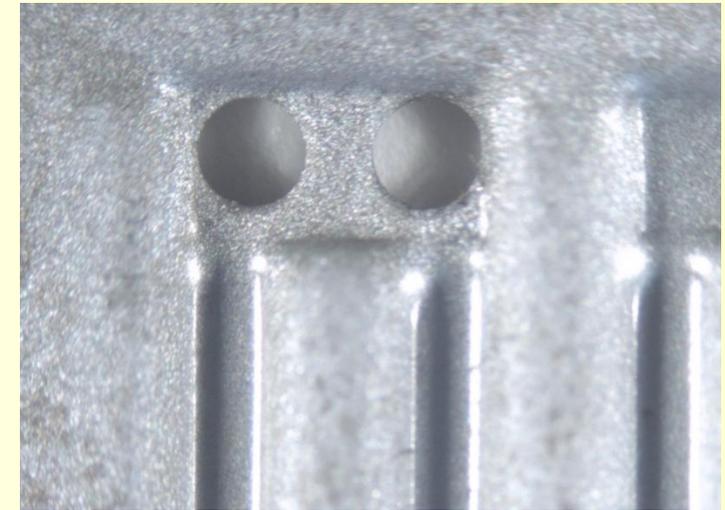


Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Metallic Flow Fields

- Stamping of flow fields into stainless steel foils



- Corrosion resistance demonstrated by 400 h life test in H₂-PEM and DMFC



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Metallic Flow Fields



WELLGO

Spritzguss · Werkzeugbau · Montage



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Semi-automated leak testing





Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Initiative Brennstoffzelle Rheinland-Pfalz

RheinlandPfalz



Ministerium für
Wirtschaft, Verkehr,
Landwirtschaft und Weinbau



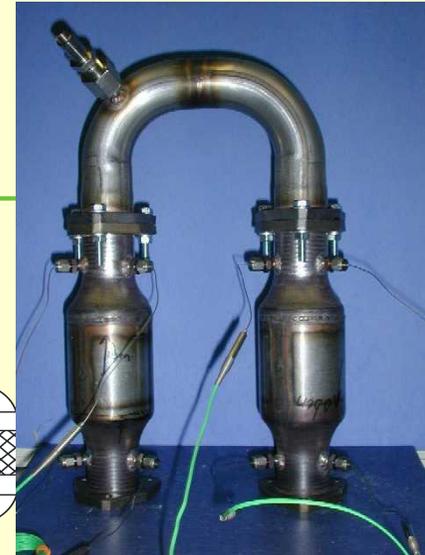
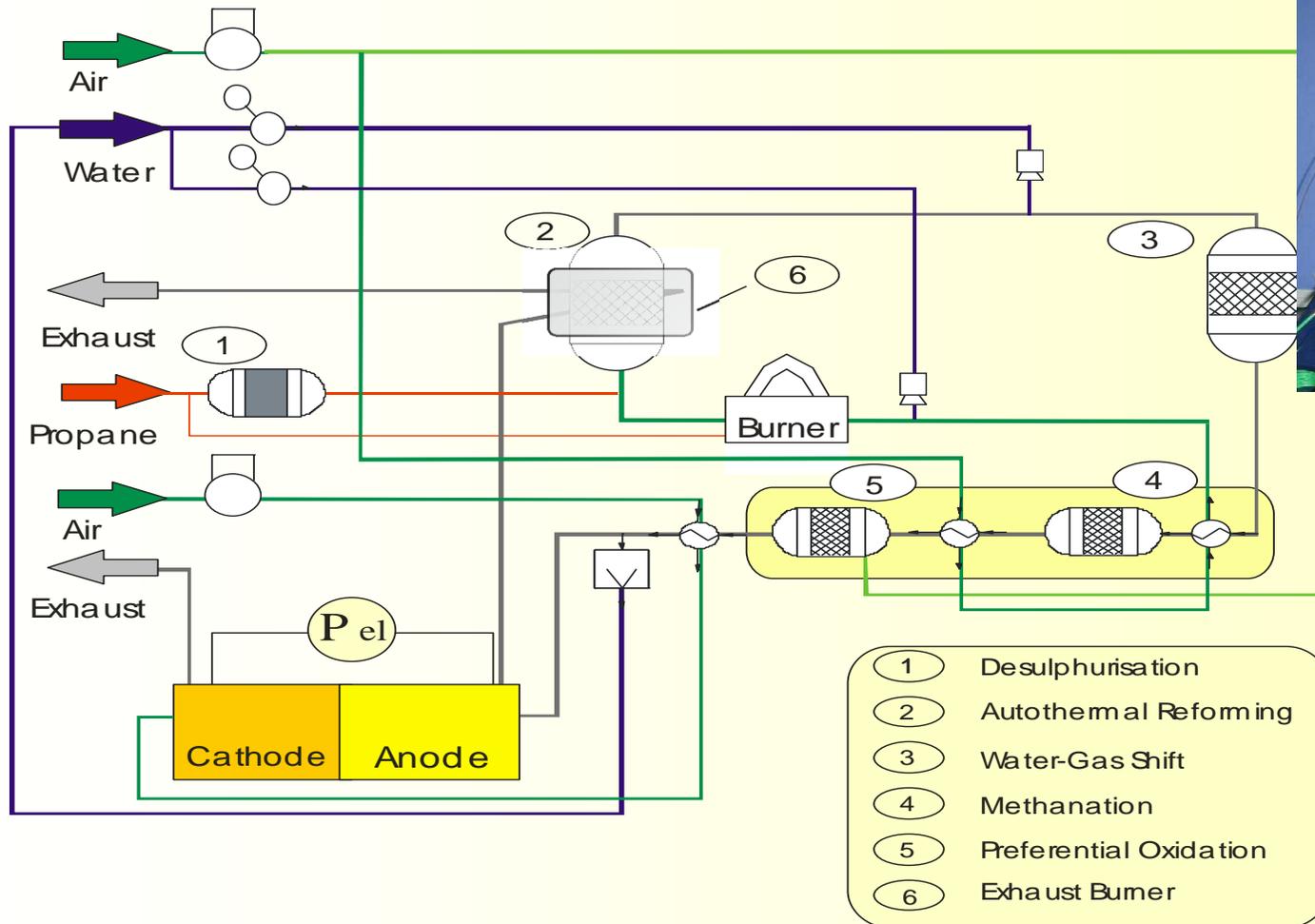
G & M Systemtechnik GmbH

. . .





Propan-Reformersystem (1.5kW_{el})



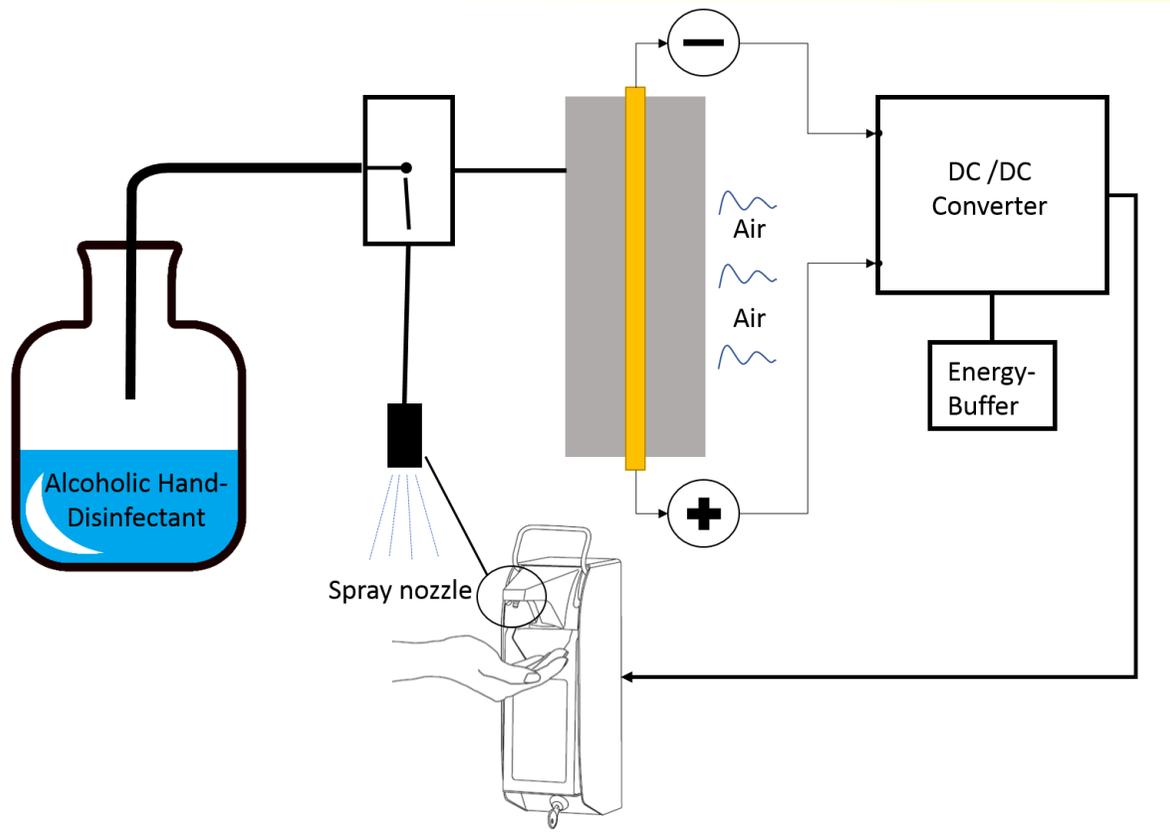


Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Alkoholisches Brennstoffzellensystem

 **OPHARDT**
HYGIENE





Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

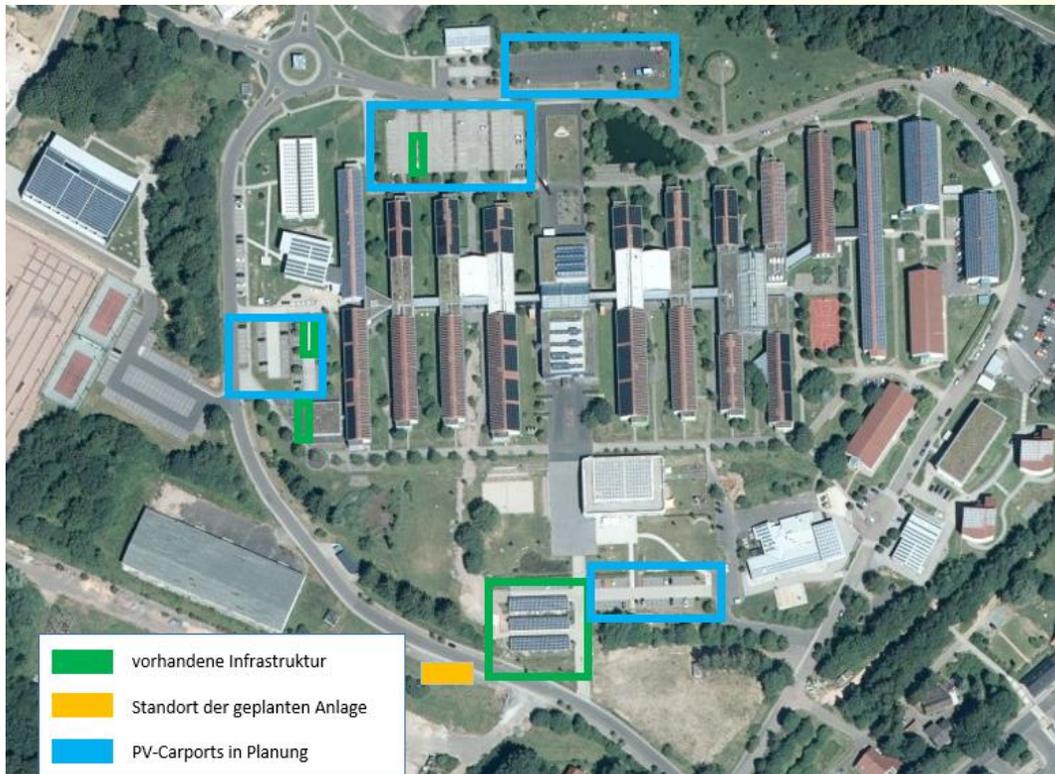
Automotive Proton Exchange Fuel Cells

125kW Fuel cell stack

30-135kW Fuel cell stack



Technische Einbettung



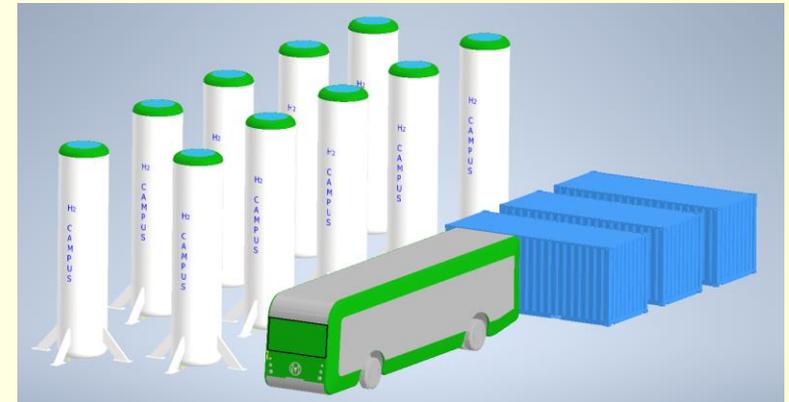
Solarcarport 96 kWp	Batteriespeicher 80kWh
Ladeinfrastruktur (Bestand)	
Erweiterung Solarcarport um ca. 850 kWp durch Landesbetrieb LBB	Batteriespeicher (650 kWh)
Energielehrpfad	Wissenschaftliche Begleitung des Vorhabens, Praxistests, Dokumentation, Dissemination
Monitoring der stofflichen und energetischen Einsparungen in der örtlichen Kläranlage durch den Einsatz von O ₂ erforschen	
Elektrolyseur	Wasserstofftankstelle
Stationäre Brennstoffzelle	Wasserstoffspeicher
Brennstoffzellen-Testzentrum	Positive und negative Regelenergie (PRL, SRL, MRL) über Wasserstoff-Batterie Hybridsystem
Wasserstoffbus	

Bereits am UCB vorhanden
In Planung, Finanzierung über weitere Ressourcen
Inhalte Modellprojekt Klimaschutz



Infrastruktur am Umwelt-Campus

Anlagen	Dimensionierung
Elektrolyseur	24 kg H ₂ /Tag
Brennstoffzelle	2 x 30 kW
H ₂ -Speicher	310 kg
O ₂ -Speicher	250 kg
H ₂ -Tankstelle	350 bar, 30kg/d
Brennstoffzellenbus	ca. 35kg (Tankkapazität, Reichweite > 300 km)





Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Vorhandene elektronische Lasten

6 kW



20W

1 kW



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Ausbau zum Test- und Anwendungszentrum

Wasserstoffversorgung, Kühlung etc. gesichert

Es fehlen nur wenige Komponenten:

- Elektronische Belastungseinheit für 150kW
- gleichzeitig für Batterieentladung verwendbar!



Umwelt-Campus
Birkenfeld

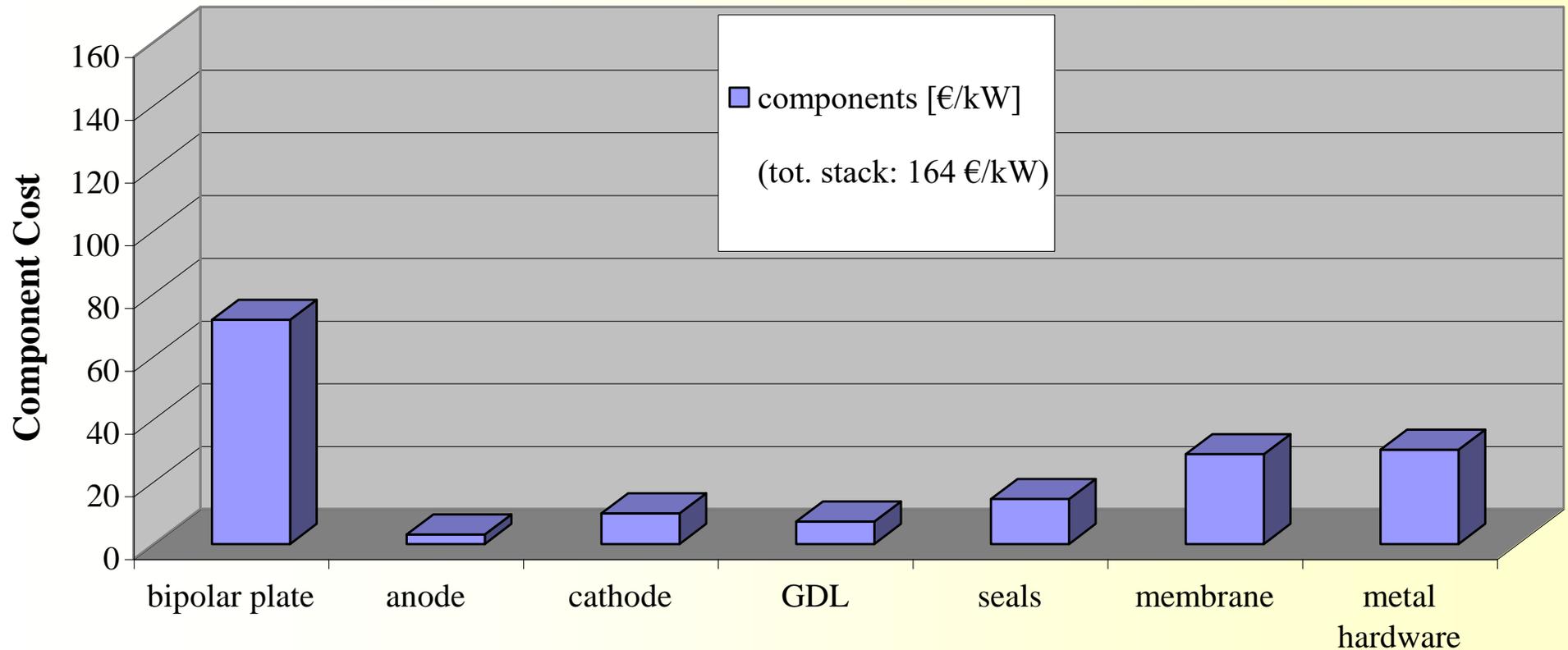
H O C H
S C H U L E
T R I E R

Wohin geht die Entwicklung?



H₂-PEM Stack – Estimated Cost

0.7 V/1Acm⁻² ; C/A: 0.4mgcm⁻²Pt each





Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Mass of Storage System

Chevrolet EV Lithium ion battery
pack 60 kWh –
436kg

Toyota-mirai hydrogen fuel cell
114 kWh -
fuel cell 56kg and tanks 87kg



LKW-Vision - Hyundai

Sie sprechen viel von Haltbarkeit der Komponenten – das ist natürlich die Pflicht. Aber wie sieht es mit den Preisen aus? Normale Menschen können sich ein Wasserstoffauto heute jedenfalls nicht leisten. Der Mirai kostet rund 80.000 Euro und Ihr Nexo soll in Deutschland bei knapp unter 70.000 Euro landen.

Der Preis für Brennstoffzellenautos wird auf den von batterieelektrischen Fahrzeugen fallen, sobald wir weltweit ein Produktionsvolumen von einigen zehntausend erreicht haben. Das streben wir mit der Kooperation gerade an und wird unserer Vorstellung nach in nur wenigen Jahren passieren. Interessant dabei ist: Wenn batterieelektrische Autos 700 Kilometer weit kommen sollen – also dieselbe Reichweite bieten sollen wie Wasserstoffautos heute - kosten sie wegen der hohen Batteriepreise gleich viel. Und

wenn wir nicht von einem Fahrzeug mit rund zwei Tonnen Gewicht sprechen, sondern von Bussen mit eher zwölf Tonnen, dann ist die Brennstoffzelle im Vergleich zur Batterie schon bei einer Reichweite von 100 Kilometern im Preis ebenbürtig. Bei Lkw mit 40 Tonnen liegt die Grenze sogar bei 50 Kilometer. Insbesondere China ist in diesem Bereich sehr aktiv. Dort gibt es bereits rund zehn Firmen, die an Wasserstoff-Lkw und -bussen arbeiten.



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Hyundai Fuel Cell Trucks

<https://www.trtworld.com/life/hyundai-s-hydrogen-powered-trucks-aim-to-conquer-swiss-alps-34198>

- 7 Hochdrucktanks mit 32kg H₂
- Betankungsdauer: acht bis 20 Minuten
- 400km Reichweite



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Wie können wir Ihnen helfen?

- Entwurf des Systemkonzepts (z.B. Sonderfahrzeuge)
- Unterstützung im Hinblick auf Lieferanten
- Testung von Komponenten/Systemen
- Anpassung/(Weiter-)Entwicklung von Komponenten
- Entwurf und Unterstützung bei Logistik der Anwendung
 - Betankung
 - Speicherung
 - Hybridisierung
- Erforschung/Erprobung alternativer Kraftstoffe



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Kontakt:

Hochschule Trier
Umwelt-Campus Birkenfeld
Prof. Dr. Gregor Hoogers
Kompetenzzentrum Brennstoffzelle
Rheinland-Pfalz
Campusallee 9916
55768 Neubrück

Tel. 06782-171250
g.hoogers@umwelt-campus.de