

# Von der Manufaktur in die Großserie: HyFaB als Unterstützer einer neuen industriellen Wertschöpfungskette

---

Prof. Dr. Markus Hölzle

Vorstandsmitglied ZSW und Leiter des Geschäftsbereich Elektrochemische  
Energietechnologien

BMDV Fachkonferenz Wasserstoff in der Mobilität – Berlin – 19.09.2023



# Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

- Gemeinnützige Stiftung des Landes Baden-Württemberg seit 1988 mit rund 350 Mitarbeitenden
- 50 Mio. Euro Umsatz: 23 Mio. € öffentliche Projekte, 21 Mio. € Industrieaufträge und 6 Mio. € Grundförderung vom Land Baden-Württemberg
- Angewandte Forschung & Entwicklung zu neuen Energietechnologien
- R&D-Standorte in Stuttgart und Ulm



**STUTTGART:**  
Photovoltaik, Energiepolitik und Energieträger, Finanzen, IT, Personal, Recht; Solar-Testfeld in Widderstall & Windtestfeld Stötten (Schwäbische Alb)



**ULM:**  
Elektrochemische Energietechnologien mit Labor für Batterietechnologie (eLaB) & Forschungsfabrik für Wasserstoff und Brennstoffzellen (HyFaB)



WINDENERGIE



PHOTOVOLTAIK



BATTERIEN



WASSERSTOFF



BRENNSTOFFZELLEN



POLITIKBERATUNG

# Das HyFaB Projekt: “Kurz & bündig”

- Unterstützung der Brennstoffzellenindustrie in Deutschland beim **Übergang von der handwerklichen Montage zur Industrialisierung**
- Schwerpunkte: **PEM Brennstoffzellenstacks mitsamt den Komponenten**, Montage, End-of-Line-Prüfung und Inbetriebnahme
- Gemeinsames Projekt des **ZSW, Fraunhofer ISE und des VDMA** mit **finanzieller Unterstützung des WM und UM Baden-Württemberg sowie des BMDV**
- **Einstiegsplattform für Newcomer**, insbesondere für **kleine und mittlere Unternehmen**
- Erstellung und Bewertung von **Qualitätsverfahren**
- Generierung von **Branchenwissen**
- **Aus- und Weiterbildung** von Fachkräften; Information der Öffentlichkeit
- Bereitstellung eines herstellerunabhängigen "**Generischen Stacks**" als einheitliche Hardware für Partner, Mitentwickler ...

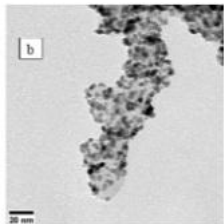
*„Das Rad nicht noch einmal neu erfinden - sondern es zum Rollen bringen“*



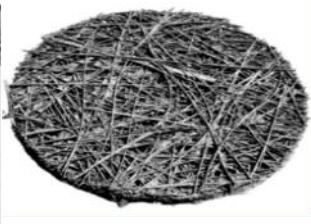
# Im HyFaB-Fokus: PEM Brennstoffzellenstacks

## Komplexes multidimensionales Bauteil auf dem Weg zur Serienfertigung

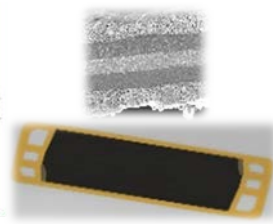
- Katalysatoren, Elektroden, Membran-Elektrodeneinheit (MEA), Gasdiffusionslagen (GDL)
- Simulation & Modellierung (CFD, FEM)
- Design & Prototypenherstellung
- Herstelltechnik
- BZ-Testung
- Medienqualität (Wasserstoff, Luft, Wasser)
- Systemintegration
- Anlagen zur Stack Herstellung



Katalysator



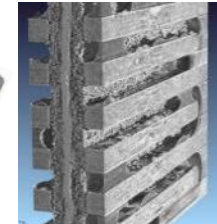
GDL



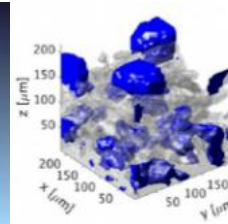
MEA



BPP



Bildgebung



Modellierung



Herstelltechnik



BZ-Test

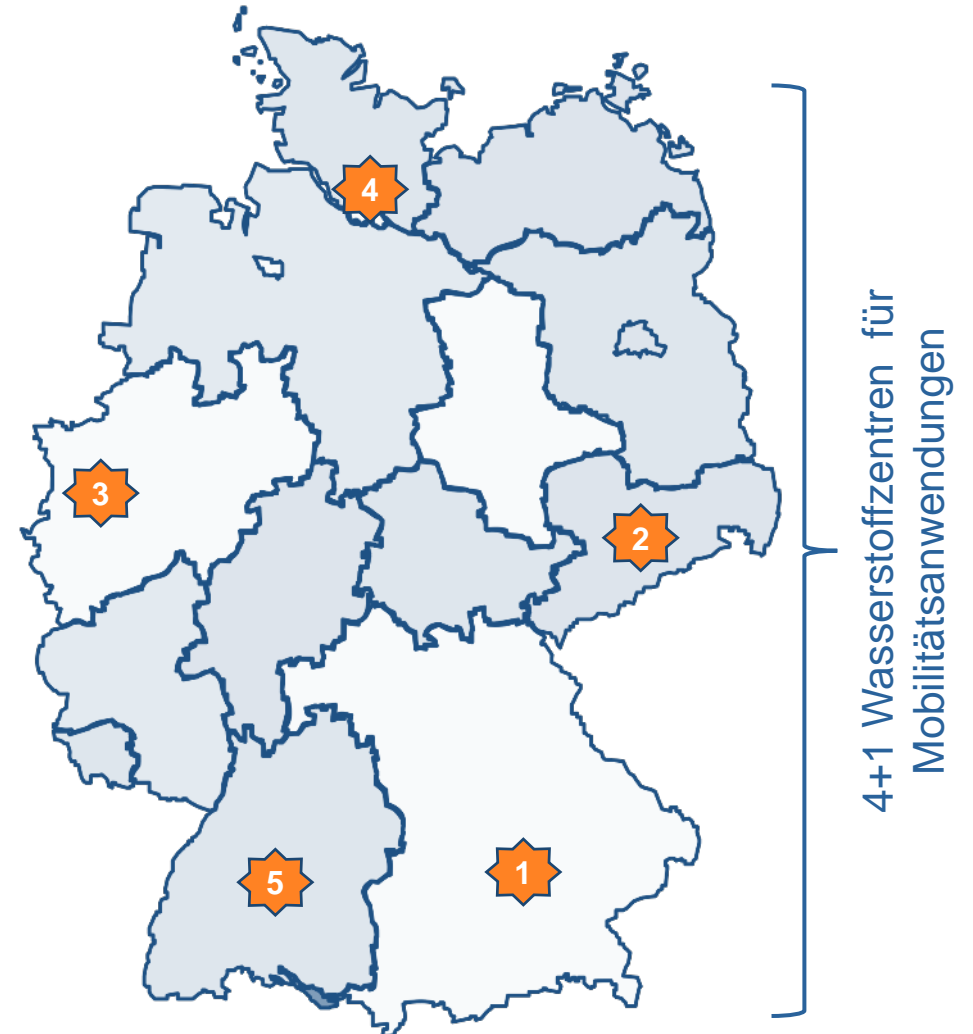


H<sub>2</sub>-Qualitätslabor

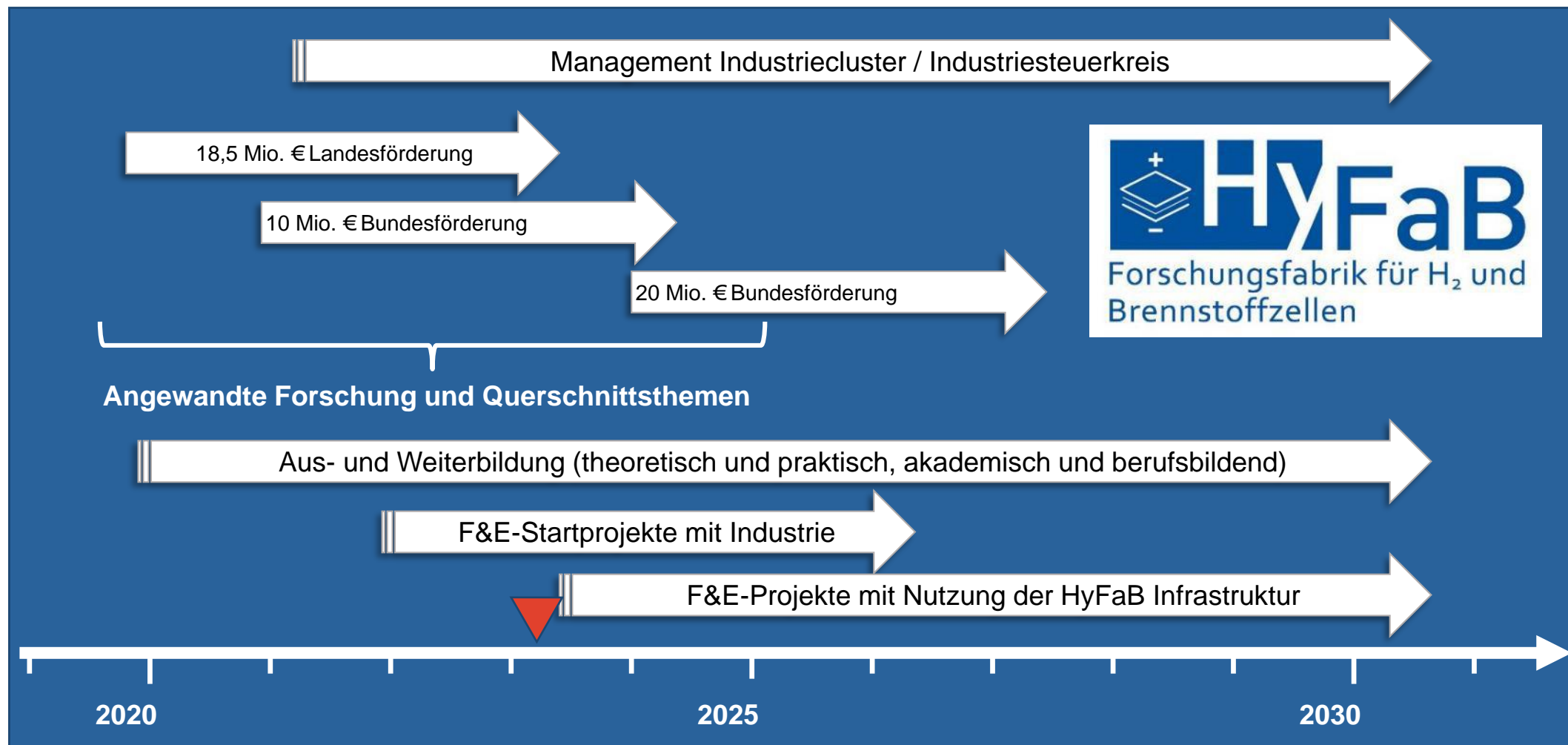
# 4 + 1 Wasserstoff Technologie-und Innovationszentren in Deutschland

1. Wasserstoff Technologie-Anwenderzentrum (WTAZ) in Pfaffenhausen bei Landshut
  - Technologietransfer & angewandte F&E. Fokus Flüssigwasserstoff
  - Förderung 70 + x Millionen Euro
2. Hydrogen and Mobility Innovation Center (HIC) in Chemnitz
  - Brennstoffzellen für Fahrzeuganwendungen
  - Förderung 70 + x Millionen Euro
3. Technologie- und Innovationszentrum Wasserstoff-technologien (TIW) in Duisburg
  - Test/Prüfung von BZ- Antriebssystemen für Straße, Schiene, Wasser- & Flugverkehr, Aus- & Weiterbildung (Startup & KMUs)
  - Förderung 70 + x Millionen Euro
4. Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff (ITZ) Norddeutschland Bremen/Hamburg/Stade
  - Wasserstofftechnologie für Luft- & Schifffahrt
  - Förderung 70 + x Millionen Euro

- 5 HyFaB in Ulm und Freiburg**
- Industrialisierung von Brennstoffzellenstacks und deren Komponenten
  - Förderung **70 + x Millionen Euro**



# Übergeordneter Zeitplan HyFaB

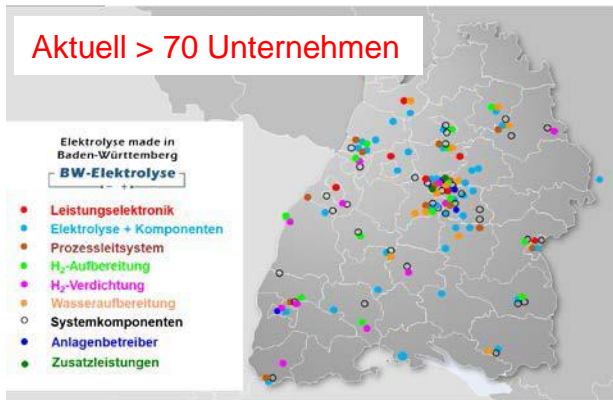


# ZSW-Vorbild für HyFaB: „Elektrolyse Made in Baden-Württemberg“

## Initiierung einer Elektrolyse- & Komponentenfertigung in Baden-Württemberg

### 1. Industriedialog

- Ansprache relevanter Unternehmen
- Technische Qualifizierung
- Aufbau Industriernetzwerk



### 2. Prototyp Elektrolyseur „made in BW“

- Produktnaher Systemdemonstrator
- Industrialisierung Schlüsselkomponenten
- Schaufenster Wertschöpfungspotenziale in BW



### 3. Industrietransfer

- Initiierung von Produktentwicklungen
- Vorbereitung einer Komponenten- und Systemfertigung in Baden-Württemberg

#### Systemtechnik

**ECOCLEAN**  
technology that inspires



#### Leistungs- elektronik

alichin group  
**EMA**  
induction  
technology



#### Elektrolyse- stack



#### Elektrodenbeschichtung

**HELLER**

**SYBANO**  
Sondermaschinenbau





# Systemdemonstrator „Elektrolyseur made in Baden-Württemberg“

Komponentenzulieferer zum Prototypen



**AGFA**  
Membran

**EMIS**  
AUTOMATISIERUNG  
Schaltschrank

**CARU TECH**  
containers  
Container

**EMA**  
alchelin group  
induction technology  
Gleichrichter

**samsor**  
Regelventile

**bürkert**  
FLUID CONTROL SYSTEMS  
Pneumatik

**MC**  
TechGroup  
Gasanalytik

**SYBANO**  
Sondermaschinenbau  
APS Kathoden-Beschichtung

**K.U.K.T.**  
Kautschuk & Kunststoff-Technologie GmbH  
EPDM-Zellrahmen

**VIESEL**  
Apparatebau - Wärmetauschen  
Behälter  
Wärmetauscher

**EDUR**  
Pumpen

**SENSOREN**  
Sensoren

**SIEMENS**  
Software

**Endress+Hauser**  
Sensoren

**FRIGOR TEC**  
Cooling to the point  
Kältegerät

**SKT matzion**  
Stahl- und Kunststoffbau Technik  
- Galvanische Anlagen & Zubehör -  
Auffangwanne

**GEMÜ**  
Prozessventile

**ECOCLEAN**  
CAD, Gestell

**inox**  
piping systems  
Rohrleitungsbau

**Schubert & Salzer**  
Regelventile

**CEM**  
ELP-Fertigung

**LEWA**  
Creating Fluid Solutions  
Pumpen

**Götze Armaturen**  
Sicherheitsventile

**Guggenberger-Aschenauer**  
Anoden-Beschichtung

**MANKENBERG**  
Zyklon-Abscheider

**Swagelok**  
Schneidringverschraubungen



# HyFaB mit Fokus auf Zulieferer

---

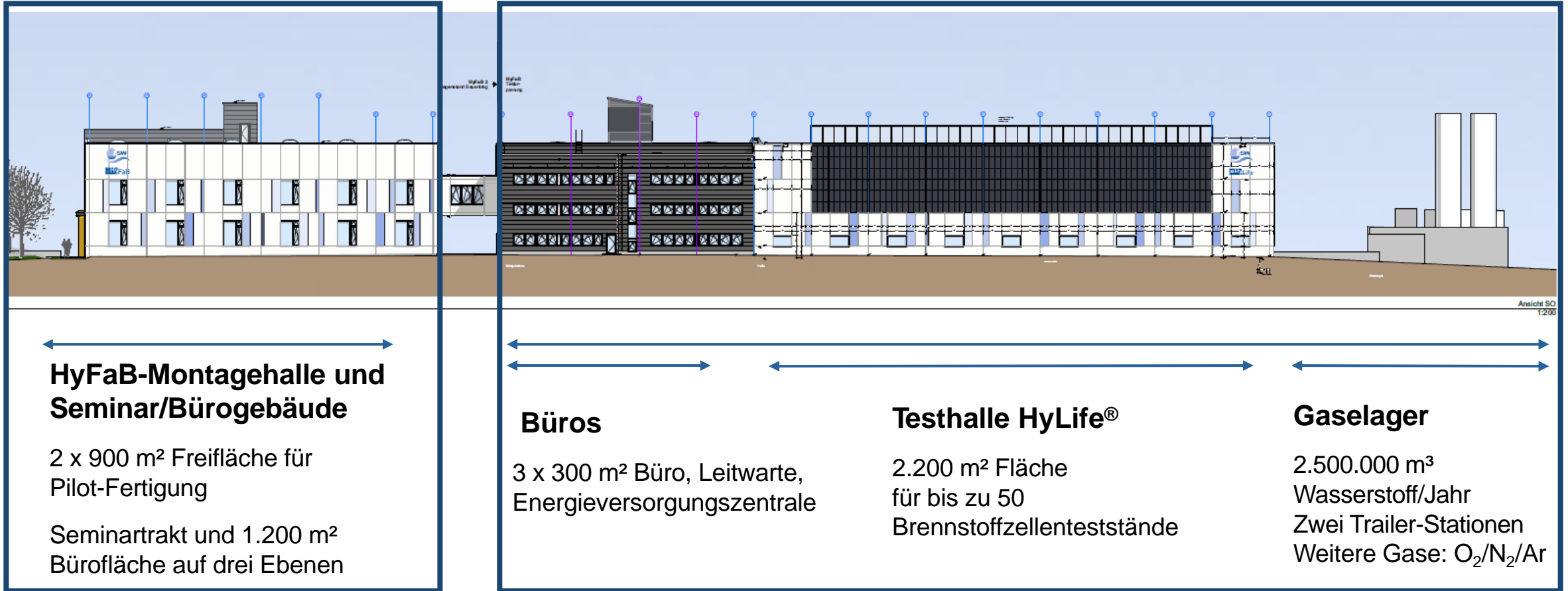
- Brennstoffzellen-Wertschöpfungskette ist im Entstehen
  - „Brennstoffzellen-OEMs“ sind meist große Konzerne mit ausreichend Know-How und Kapital
  - Zulieferer sind hingegen meist deutlich kleiner und finanzschwach – sie limitieren den Markthochlauf
- Die Rolle der Zulieferer ist essentiell für den Erfolg der Brennstoffzelle
  - Kostendegression aller wichtigen Bauteile über den Hochlauf der Stückzahl
  - Innovationsträger für den OEM
  - Für einige Komponenten werden weitere – auch europäische – Zulieferer benötigt
- Zulieferer der Autoindustrie heute müssen an die Brennstoffzelle herangeführt werden
- Zulieferer müssen mit OEMs in Kontakt gebracht werden
- Maschinenbauer benötigen ein Demonstrationsplattform

➔ **HyFaB als Vernetzungs- und Technologieplattform für PEM-Brennstoffzellenstacks**



# BAUPROJEKT AM ZSW

# Neubau des HyFaB-Gebäudekomplex am ZSW – Übersicht



**HyFaB-2: 02/2022 - 06/2023**

**HyFaB: 02/2021 - 06/2022**



# Blick auf HyFaB-1: Brennstoffzellentestzentrum mit Gaselager, Lise-Meitner-Straße 24 in Ulm







HyFaB-1: Blick in das Brennstoffzellentestzentrum, 23.08.2023

# Teststandportfolio Brennstoffzellen-Testfeld HyFaB

Testangebote werden von BZ-Entwicklern intensiv genutzt

4 x 2 kW



6 x 4 kW



10 x 8 kW



1 x 0.1 kW



2 x 1 kW



4 x 20 kW



1 x 60 kW



4 x 160/250 kW



- Plus sieben zusätzliche Teststände “Marke Eigenbau” bzw. von anderen Herstellern
- In Summe 40 Teststände bis Ende 2023



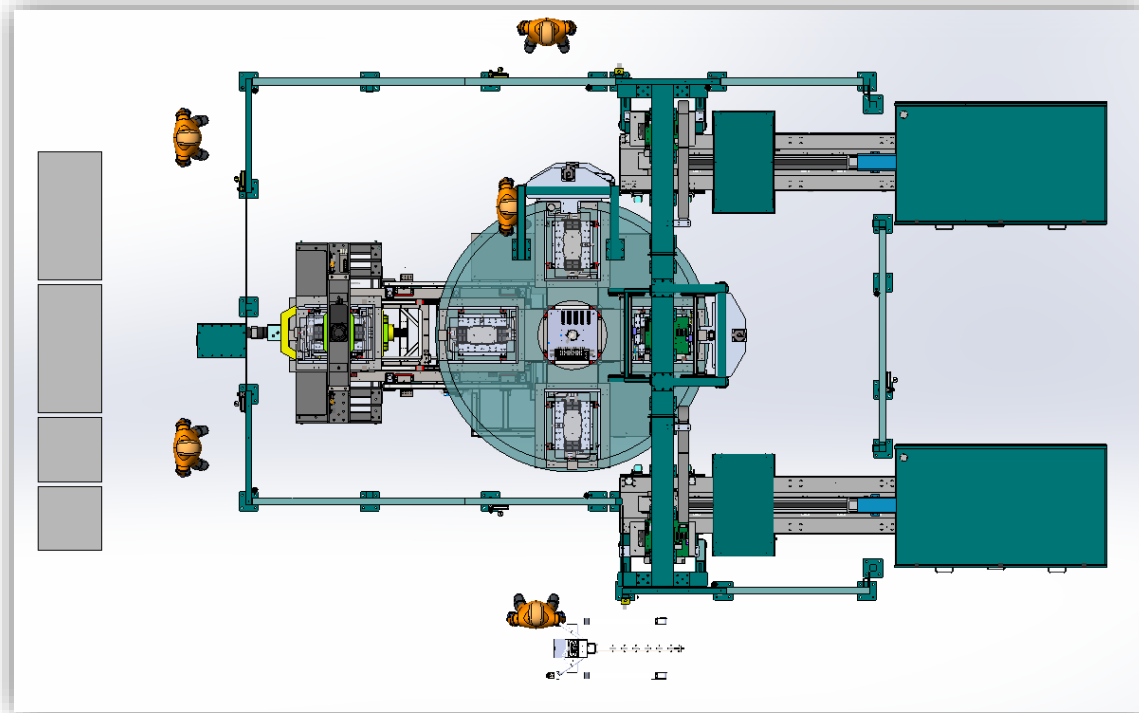




# HyFaB-2: Impressionen 08/2023



# HyFaB-2 Referenzstapelmaschine (ab 11/2023)





# Die Maschinen- und Anlagen für HyFaB sind alle „Made in Germany“

**ASYS  
GROUP**



**jagenberg**  
Group

**LACOM**   
Laminating and Coating Machines

 **Mühlbauer**  
High Tech International

**OPTIMA**

**Printum**  
DIE ROTATIVE LÖSUNG.

 **SAUERESSIG®**

  
**thyssenkrupp**

**Zwick / Roell**

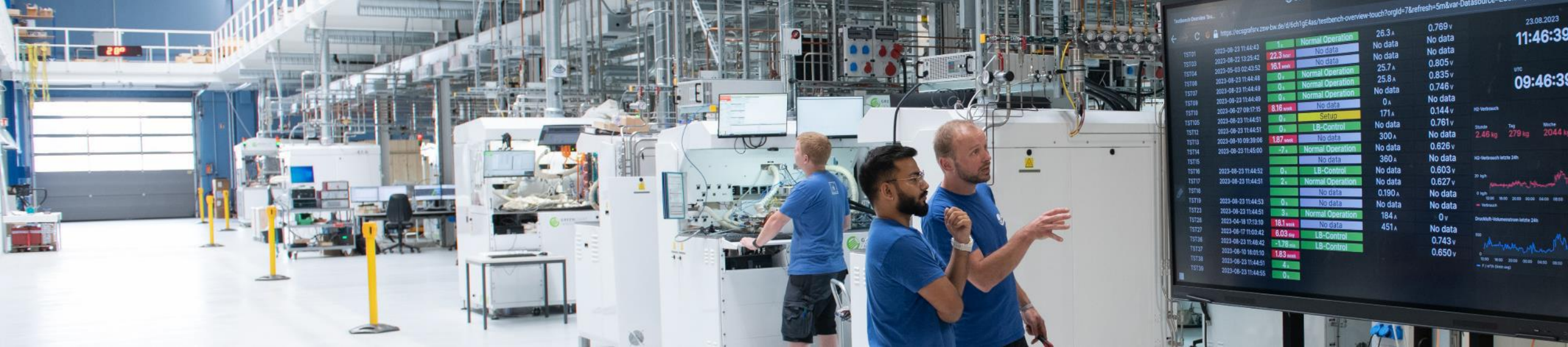
Quelle: Internetseiten der Firmen

# HyFaB-Gebäudekomplex – August 2023



Wasser-  
elektrolyse  
ab 2025














# AKTUELLE HYFAB-PROJEKTE



# HyFaB-Projektliste inklusive Industriepartnern (Stand 09/2023)

- BI-FIT:** Break-In for Fuel Cells Initializing and Testing - Entwicklung von optimierten Einfahrverfahren unter 60 Minuten. Partner:
 
- OREO:** Auswirkungen des Designs von Katalysatorschichten - Bewertung von Komponenten und Materialien einer MEA-Baugruppe. Partner:
 
- R2MEA:** Roll-to-Roll-Prozess vom Katalysatorpulver bis zur MEA-Produktion (Katalysatorpulver, Katalysatorfarbe, Katalysatorschicht, CCM, MEA). Partner: 18 Fraunhofer-Institute, koordiniert vom Fraunhofer ISE. Stack-Montage durch ZSW.
- TiKaBe:** Tintenentwicklung für die Beschichtung von Brennstoffzellenkatalysatoren - Entwicklung spezifischer Katalysatorfarben für verschiedene Beschichtungsverfahren (z. B. Schlitzdüse, Siebdruck, Tintenstrahl). Partner:
 
- Stack Basislinie:** Festlegen einer Leistungsgrundlage, um die Bedingungen für den Betrieb des Stacks zu optimieren. Partner:
 
- Referenzstack (HyFaB):** Untersuchung der Auswirkungen der Präzision beim Zusammenbau von PEM-Stapeln (BPP & MEA) und der Auswirkungen von Partikelkontaminationen. Partner :
 
- MEA – EOL (HyFaB):** Entwicklung und Test eines End-of-Line-Prüfgeräts für 7-lagige MEAs. Partner:
 
- Multi Düse (HyFaB):** Aufbringen von Dichtungen oder Klebstoffen auf BPLs mit mehreren Düsen, Entwicklung von brennstoffzellenkompatiblen Elastomeren, Anwendung eines generischen Stack-Designs auf graphitische Bipolarplatten und Durchführung von Dauertests an graphitischen Plattenstapeln. Partner:
 
- Bal-O-Stack (HyFaB):** Generische Stack-Komponenten (Endplatten, Stack-Kompression und -Gehäuse, Implementierung von Zellspannungsabnehmern und Online-Überwachung von Zellspannung und -impedanz: Partner:
 
- BPP – Kontaktdruck (HyFaB):** Development & testing of coating application technologies for metallic bipolar plates: Partners:
 



Der Generic Stack auf der Hannovermesse Industrie 2023

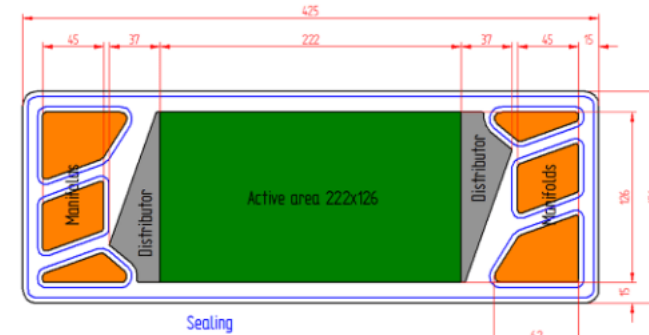
# HYFAB – GENERISCHER STACK

# HyFaB - Generischer Stack

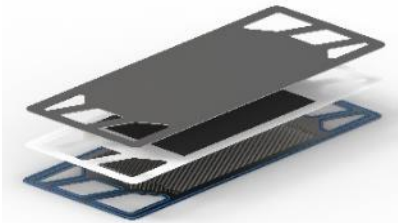
Ein offene und modulare Entwicklungsplattform für PEM-Brennstoffzellenstacks

## Musterteile für die Brennstoffzellenindustrie, die dem neuesten Stand der Technik entsprechen:

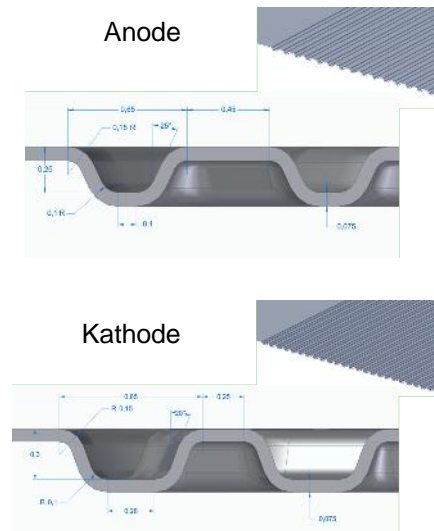
- Vorarbeiten im FVV-Projekt „Generischer Stack“ mit Konsens einer übergeordneten Stack-Spezifikationen im Industriedialog
- Flowfielddauslegung und Strömungssimulationen durchgeführt, die Ergebnisse werden auch für Dritte verfügbar gemacht
- Leistungsdichte wie für Automobilanwendungen bis zu 150 kW
- Nach Patentrecherche frei von Rechten Dritter
- EKPO agiert als Industriepartner für die Serienproduktion von metallischen Bipolarplatten
- Erste Nachfrage nach Musterteilen für F&E-Vorhaben bei Forschungsorganisationen und in der Industrie sind gesichert
- Bipolarplatten in graphitischer Ausführung in Planung



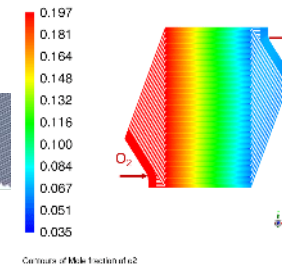
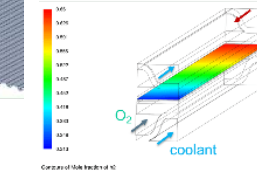
Bipolarplatten-Design



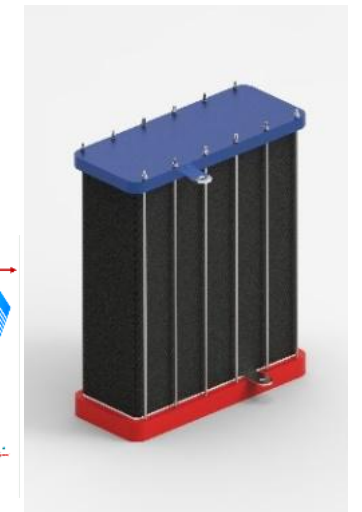
Einzelzelle



Wasserstoffanteil im Kanal



Sauerstoffgehalt an der Aktiv-Seite



300 Zellen Stack (CAD)stack



# Generischer Stack – Premiere auf der Hannovermesse, April 2023

## Motivation:

Die Industrialisierung von Brennstoffzellen-Stacks benötigt eine offen zugängliche Plattform z. B. zur Entwicklung und Erprobung von Montageverfahren

## Ansatz:

ZSW und EKPO Fuel Cell Technologies realisieren eine offene Entwicklungsplattform für F&E-Arbeiten bei Forschungsorganisationen und der Industrie

## Benefit:

Einheitliche Entwicklungsplattform für Universitäten und Forschungsinstitute sowie Musterteile für Interessierte und Neueinsteiger

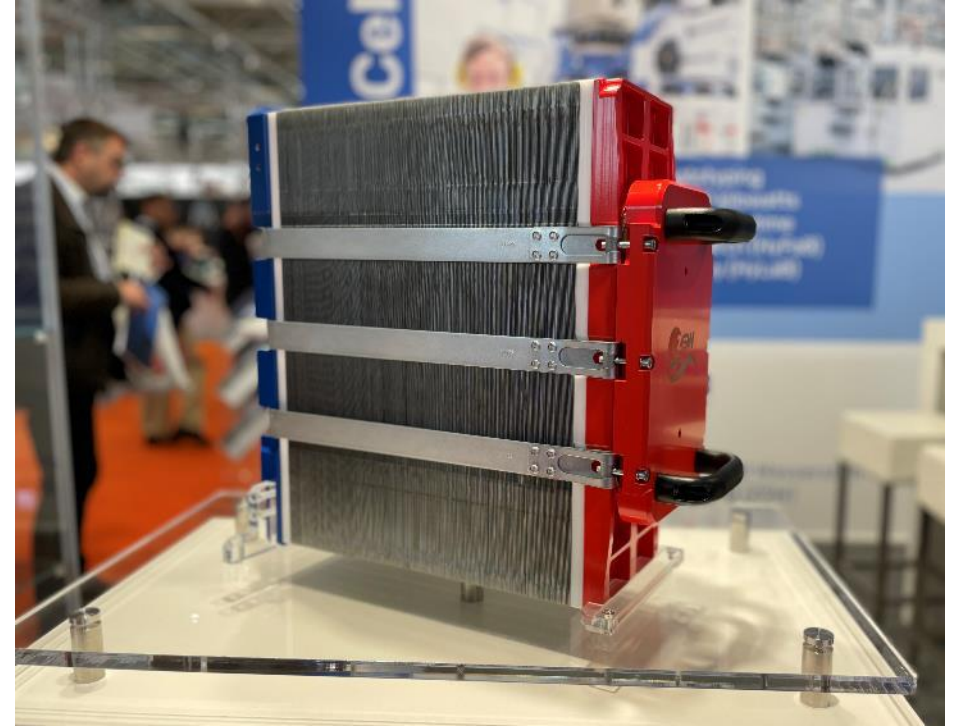
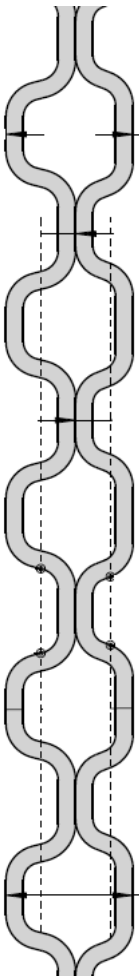
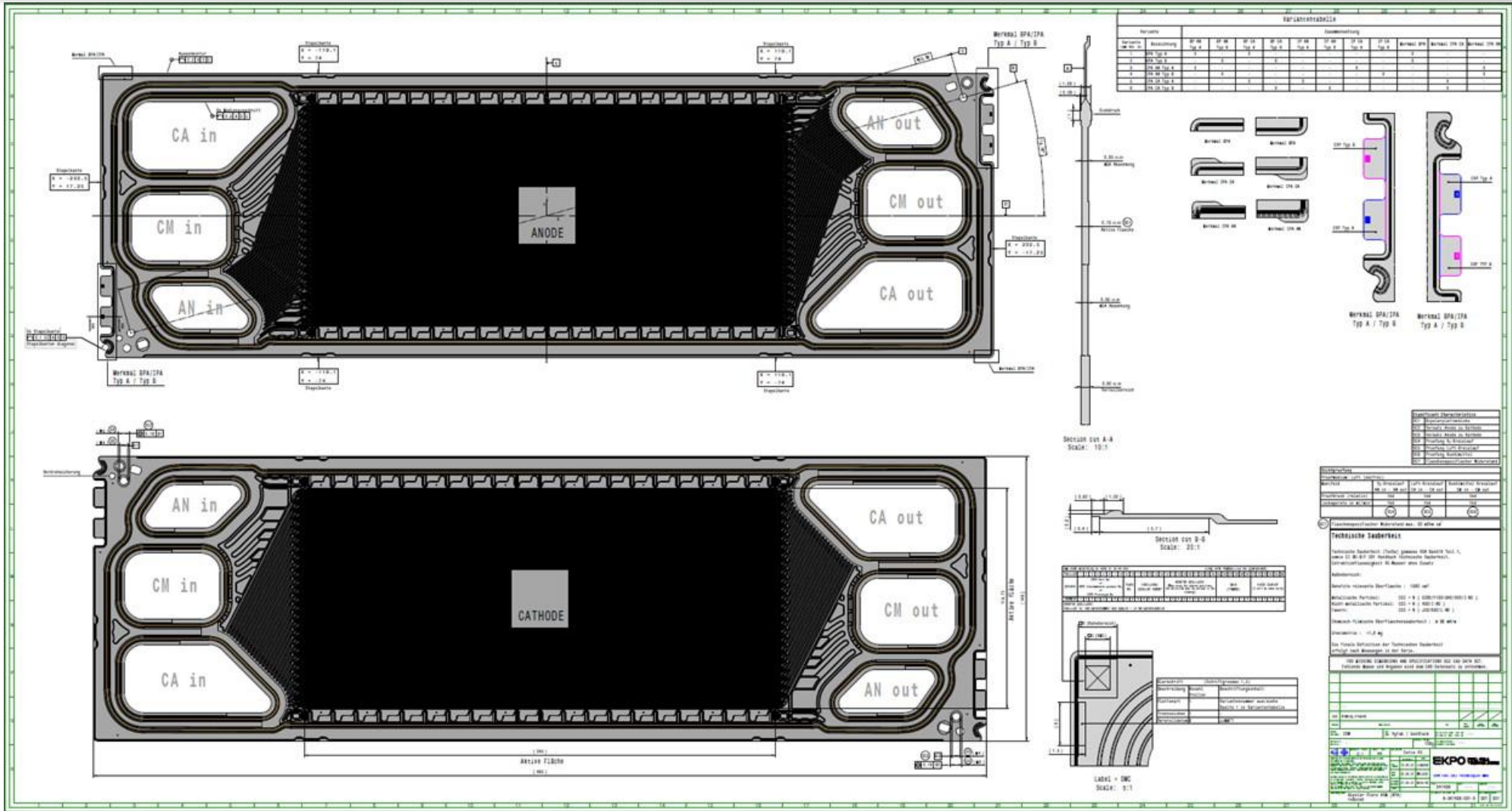


Abb.: Generischer Stack: CAD Rendering von Bipolarplatte (BPP) und Stack

# Generischer Stack – Bipolarplatte (CAD-Zeichnung)





# Generischer Stack – CAD Explosionsansicht

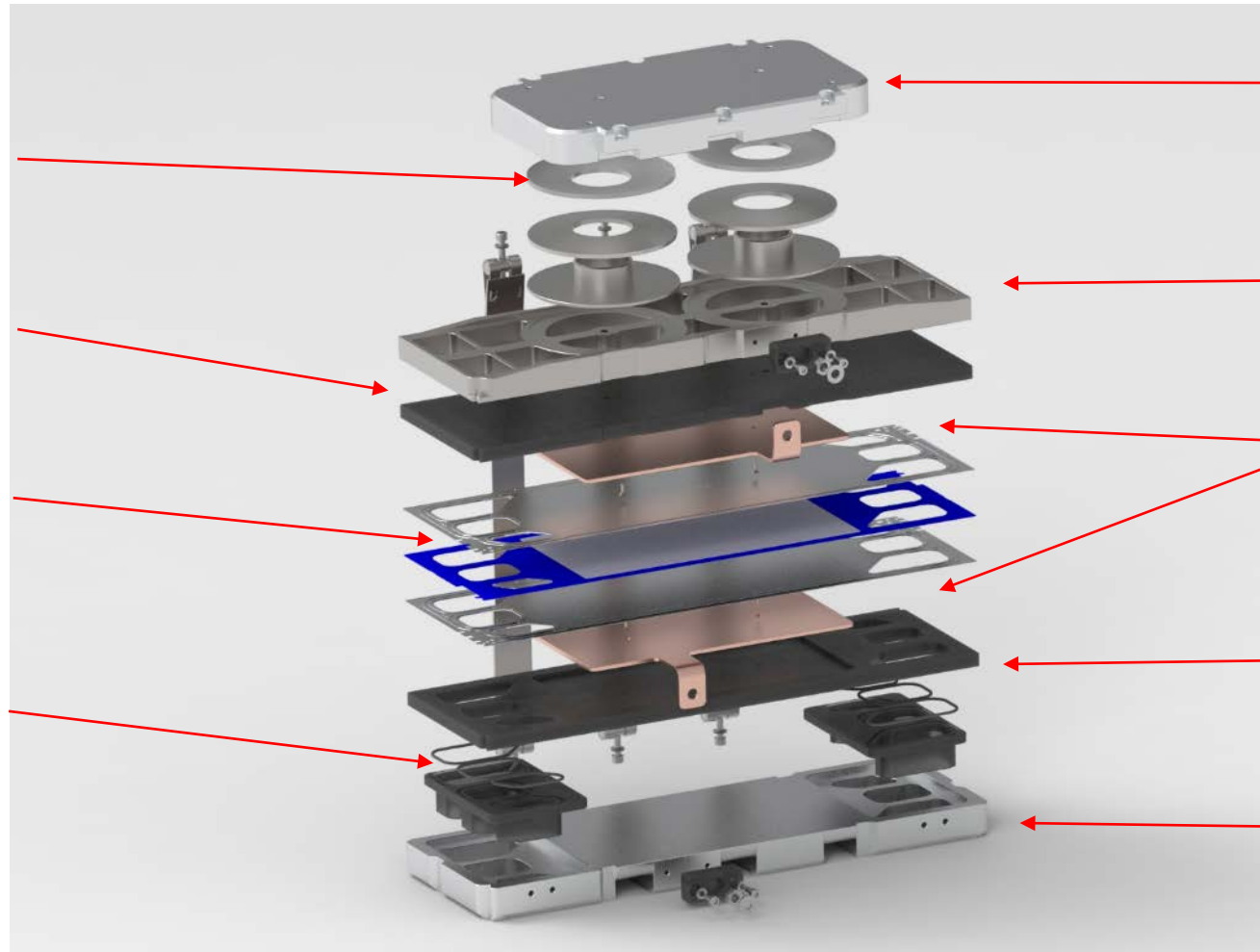
Alle Komponenten des Generischen Stacks können vom ZSW zur Verfügung gestellt werden

Tellerfedern mit  
Führungsdom

Isolationsplatte

Wiederholeinheit  
BPP/ MEA

Inserts



Endplatte  
Kathode

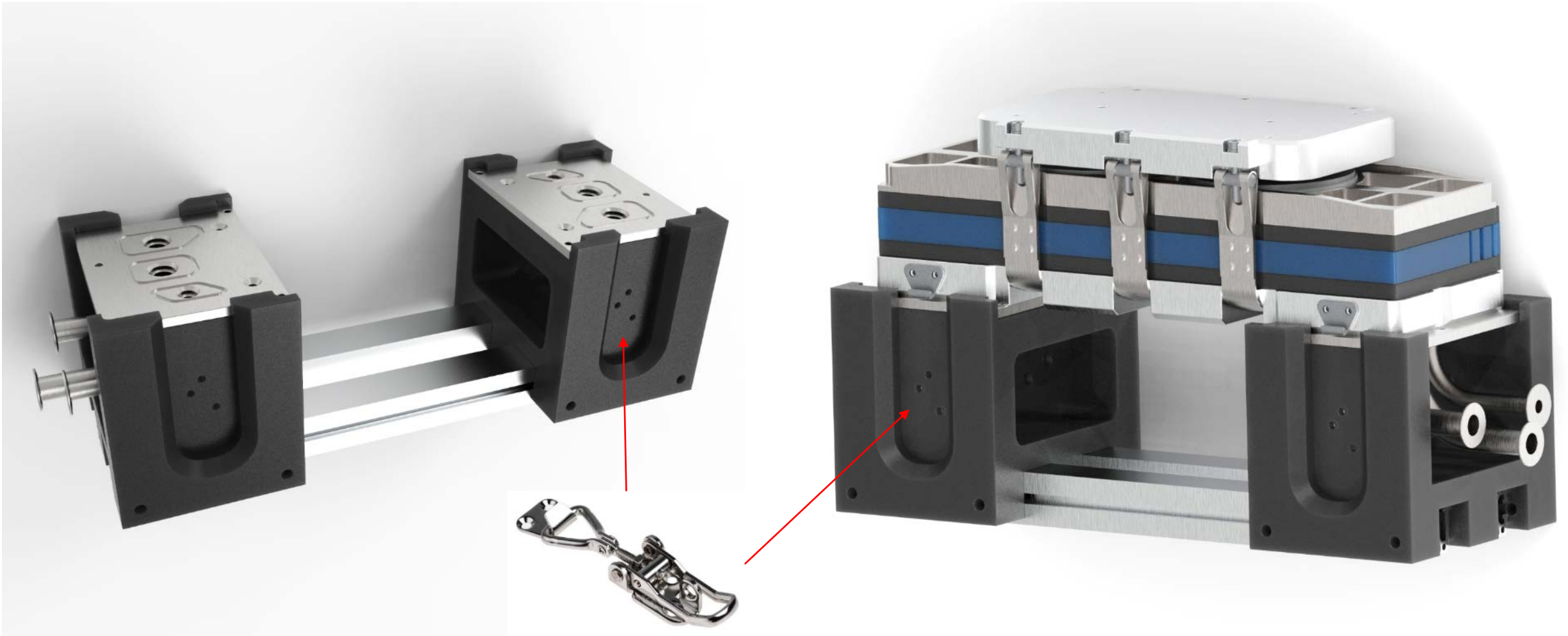
Spann-/Pressplatte

Stromabnehmer

Isolationsplatte

Endplatte Anode

## Beispiel: Halter für Generischen Stack







# ZUSAMMENFASSUNG

# Zusammenfassung

---

- Das HyFaB-Projekt zur Förderung des Markthochlaufs von Brennstoffzellen in Deutschland ist Realität!
- Das HyFaB-Testzentrum am ZSW in Ulm ist in Betrieb und erfreut sich großer Nachfrage
- Erste vom BMDV geförderte Projekte mit Industriebeteiligung wurden am ZSW in Ulm und bei Fraunhofer ISE in Freiburg gestartet.
- Erste Schulungsveranstaltungen und Industrietage wurden durchgeführt.
- Der „Generische Stack“ wurde realisiert und steht als Arbeitsplattform zur Verfügung
- HyFaB-2 (Stack-Assemblierung und Komponenten) wird Anfang 2024 den vollen Betrieb aufnehmen - mit Fokus auf Mittelstand und KMU

---

Fördermittelgeber / Eigenmittel:



Bundesministerium  
für Digitales  
und Verkehr



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT







**Das HyFaB-Team freut sich auf Sie!**



# VIELEN DANK FÜR IHR INTERESSE

Prof. Dr. Markus Hölzle

E-Mail: [markus.hoelzle@zsw-bw.de](mailto:markus.hoelzle@zsw-bw.de)



Stuttgart



Ulm



Ulm eLaB



Ulm HyFaB



Solartestfeld



Windtestfeld