

## Projekt TFE

# Erweiterung des Brennstoffzellentestfeldes für zukünftige Anforderungen

## Schlussbericht

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

<b>BMW Förderkennzeichen:</b>	<b>03ET6042</b>
<b>Bearbeitungszeitraum:</b>	<b>01.08.2014 - 31.12.2016</b>
<b>Berichtsautoren:</b>	<b>Günther Schlumberger</b>
	<b>Christoph Reiter</b>
	<b>Frank Häußler</b>
	<b>Florian Wilhelm</b>
	<b>Heiko Knaupp</b>
	<b>Jan Haußmann</b>
	<b>Markus Jenne</b>
	<b>Vladimir Valter</b>

**Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren**

## Inhalt

Aufgabenstellung / Vorhabensziele .....	4
AP 1: Teststände.....	4
AP 2: Umbau eines vorhandenen Testbunkers für zerstörende Brennstoffzellentests .....	4
AP 3: Umzug und Wartung einer vorhandenen Systemtestplattform .....	4
AP 4: Softwaremodernisierungen im Testfeld .....	4
AP 5: Erweiterung der Teststands- und begleitenden Analytik.....	5
AP 6: Begleitende Erweiterung der Zell- und Stackmontage.....	5
Vorhabensvoraussetzungen .....	5
Vorhabensplanung und -ablauf.....	5
Wissenschaftlich / technischer Stand bei Vorhabensbeginn .....	6
Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	6
AP 1: Teststände .....	7
Teststände 1,3 kW, 2,5 kW und 3 kW.....	7
Einzelzellteststand.....	8
Infrastruktur für die Teststände .....	9
Ergänzungen der Mess- und Regeltechnik und der Teststandshardware.....	11
Erweiterung eines Dispensers.....	11
Digital-Mikroskopsystem für In-Situ- und Post-Mortem-Analysen.....	11
Elektronische Lasten .....	12
Stand bei Projektende .....	12
AP 2: Umbau eines vorhandenen Testbunkers für zerstörende Brennstoffzellentests.....	13
AP 3: Umzug und Wartung einer vorhandenen Systemtestplattform .....	13
Stand bei Projektende .....	13
AP 4: Softwaremodernisierungen im Testfeld .....	14
Stand bei Projektende .....	14
AP 5: Erweiterung der Teststands- und begleitenden Analytik.....	15
Gasanalytik für die Reformierung von Methanol .....	15
Gasanalytik für die Reformierung von Erdgas.....	15
CO <sub>2</sub> / CO-Analytik.....	15
Wasserstoffanalytik .....	16
Aufrüstung des vorhandenen $\mu$ -CT-Gerätes .....	17
Stand bei Projektende .....	18
AP 6: Begleitende Erweiterung der Zell- und Stackmontage.....	19
Klimatisierungsanlage und Ertüchtigung Montageraum .....	19
6-achsiger Montageroboter .....	19
Magazine.....	20
Dispenser .....	20
Lagereinrichtung für Komponenten .....	21
Codiergerät.....	22
Dichtigkeitsprüfanlage .....	22
Reinigungsgerät für Einzelkomponenten.....	23
Presse zur Stackverpressung.....	23

Weißlichtinterferometer für die Qualitätssicherung .....	24
Ofen zur Aushärtung von Dichtungen .....	25
Geräteinbau, gerätezugehörige Infrastruktur, Automatisierung.....	26
Stand bei Projektende .....	27
Fazit.....	28
Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	29
Ergebnisse Dritter .....	29
Veröffentlichungen.....	29
Abbildungsverzeichnis .....	30

## **Aufgabenstellung / Vorhabensziele**

Ziel des Vorhabens war die Erweiterung und Aktualisierung des am ZSW etablierten Testfeldes für PEM-Brennstoffzellenstacks und -komponenten zur Vorbereitung für zukünftige Testanforderungen aus dem Automobil- und KWK-Bereich und aus den speziellen Märkten.

Das Projekt war ursprünglich in 5 Arbeitspakete gegliedert und wurde nach einem Aufstockungsantrag vom 08.01.2015 und dessen Bewilligung am 21.04.2015 um ein Arbeitspaket 6 ergänzt.

### **AP 1: Teststände**

Beschaffung und Installation neuer Teststände mit zugehöriger Infrastruktur, Nebenanlagen und Zubehör.

Zur Deckung des steigenden Test- und Forschungsbedarfs an Brennstoffzellen und Stacks, zur Durchführung von kostengünstigen und zeitsparenden Alterungstests (Stresstests) und für Schadgasuntersuchungen (Stichwort Wasserstoffqualität) wurden zusätzliche Teststände in verschiedenen Leistungsklassen benötigt.

Die für den Betrieb der Teststände nötige Infrastruktur (Gasver- und -entsorgungen mit Gasüberwachung, Absauganlage für die Ableitung der mit brennbaren Gasen versetzten Abluft, Kühlwasser, Gasüberwachung und andere Sicherheitstechnik) wurde installiert und mit der vorhandenen Infrastruktur verbunden.

Zum Betrieb von Brennstoffzellen gehört ein Bestand an Mess-, Regel- und Analysegeräten, (z.B. CV-Messgeräte, Zellspannungserfassungseinheiten, Durchfluss- und Druckregler, Elektronische Lasten) sowie an flexibler Teststandshardware (Rohre, Verschraubungen und Schläuche), um Teststände ohne Wartezeiten an verschiedene Testbedingungen anpassen zu können. Der Bestand wurde aktualisiert und ergänzt.

Für den zeitnahen Aufbau von Testzellen wird u. A. ein Dichtstoff-Dispenser benötigt. Da nicht alle neuen Zellkomponenten mit den etablierten Dichtstoffen gefügt werden können, wurde ein neuer Dispenser beschafft und der vorhandene Dispenser funktionell ergänzt.

Für In-Situ-Untersuchungen an Zellen mit teiltransparenten Bipolar- und Endplatten und für Post-Mortem-Untersuchungen von Zellen wurde ein Digital-Mikroskop- und Kamerasystem beschafft

### **AP 2: Umbau eines vorhandenen Testbunkers für zerstörende Brennstoffzellentests**

Das Arbeitspaket konnte wegen Sicherheitsbedenken nicht realisiert werden, die dafür vorgesehenen Mittel wurden umgewidmet.

### **AP 3: Umzug und Wartung einer vorhandenen Systemtestplattform**

Eine Systemtestplattform dient zur Charakterisierung von Systemkomponenten in einem flexibel aufgebauten System. Die Vorteile gegenüber einem Stack-Teststand liegen in der Dynamik, mit der das System betrieben werden kann, und in der Möglichkeit neben dem Stack weitere Systemkomponenten (Kompressoren, Ventile, Sensoren, Pumpen, etc.) unter realitätsnahen Bedingungen testen zu können.

Die vorhandene Testplattform wurde unter einer neuen Ablufthaube mit passender Sicherheitstechnik installiert.

### **AP 4: Softwaremodernisierungen im Testfeld**

Die meisten Brennstoffzellen-Tests erfordern eine Adaption der Teststandshardware. Da Hardware-Änderungen oft Software-Änderungen nach sich ziehen, die mit der Software kommerzieller Teststände nicht realisierbar sind, hat das ZSW zusammen mit einem lokalen Ingenieurbüro eine eigene Steuerungssoftware für BZ-Teststände und -Systeme entwickelt. Auch um eine einheitliche Bedienoberfläche aller Teststände zu haben (reduziert den Einar-

beitungsaufwand und die Fehleranfälligkeit bei der Bedienung) wurde in diesem AP u. A. ein Teil der älteren Teststände auf die aktuelle Version der Steuerungssoftware umgestellt.

#### **AP 5: Erweiterung der Teststands- und begleitenden Analytik.**

Geräte für die Gasanalytik mussten erneuert, erweitert und neu beschafft werden.

Ein vorhandenes  $\mu$ -CT-Gerät wurde so erweitert, dass im Probenraum des Gerätes Brennstoffzellenzellen betrieben und diese in-situ radiographiert werden können.

#### **AP 6: Begleitende Erweiterung der Zell- und Stackmontage**

Ziel von AP6 war es, die Automatisierung der Komponentenhandhabung bei der Zell- und Stackmontage zu erweitern und zu verbessern, so dass das Brennstoffzellen-Testfeld des ZSW auch zukünftig mit qualitativ hochwertigen Brennstoffzellen und Stacks versorgt werden kann und belastbare Testergebnisse garantiert werden können. Dafür wurde eine Anlage zur weitgehend automatisierten Zell- und Stackmontage geplant und aufgebaut.

### **Vorhabensvoraussetzungen**

Im Jahr 2000 wurde am ZSW ein Brennstoffzellen-Testfeld in Betrieb genommen, um die bestehenden Aktivitäten im Bereich Batterien auf Brennstoffzellen auszuweiten.

2002 bis 2004 und 2009 bis 2011 wurde das Testfeld erweitert, modernisiert und nochmals erweitert, um dem gestiegenen Testbedarf nachkommen zu können, um die Zuverlässigkeit der Teststände weiterhin sicherzustellen und um die Belastbarkeit der Messergebnisse zu gewährleisten.

2014 war ein erneuter Ausbau und eine Aktualisierung des Testfeldes erforderlich, weil der weiter steigende Test- und Forschungsbedarf nicht mehr abgedeckt werden konnte.

Die Erweiterungen sind durch die Nutzung in vielen Förderprojekten ein kosteneffizienter Weg zur Unterstützung der nationalen und europäischen BZ-Forschung.

### **Vorhabensplanung und -ablauf**

Das Projekt war zu Beginn aufgrund der kurzen Projektlaufzeit (Eingang Bewilligungsbescheid am 25.08.2014, ursprüngliches Projektende 28.02.2015, kostenneutrale Verlängerung bis 30.04.2015) eine große zeitliche Herausforderung, u. A. wegen zeitaufwändigen Evaluierungen und Umsetzungen von Sicherheitsvorschriften und wegen mehrmonatigen Lieferzeiten von benötigten Komponenten und Geräten. Durch enge Kooperation mit und teilweise hohem Druck auf die beteiligten Hersteller und Lieferanten konnten die Arbeitspakete 1, 3, 4 und 5 bis zum 30.04.2015 erfolgreich abgeschlossen werden, wobei in AP 5 die Lieferung des Wasserstoff-Analysegeräts aufgrund herstellerseits erforderlicher Nachentwicklungen noch ausstand (s. "Wasserstoffanalytik"). Arbeitspaket 2 konnte wegen Sicherheitsbedenken nicht realisiert werden. Die dafür vorgesehenen Mittel wurden im November 2014 umgewidmet.

Ab dem 01.05.2015 wurde das Arbeitspaket 6 umgesetzt, dessen Laufzeit ursprünglich bis zum 31.12.2015 festgelegt war. Die in AP6 aufgebaute Anlage ist ein nach unserem Wissen europaweit einzigartiges Pilotforschungsprojekt. Von den Erfahrungen während des Aufbaus der Anlage und von den Ergebnissen, die mit der fertigen Anlage erzielt werden, können die deutsche Brennstoffzellenindustrie und deren Zulieferer entscheidend profitieren im Hinblick auf zukünftige Serienfertigungen von Brennstoffzellen. Änderungen während der Planungs- und Aufbauphase einer solchen Pilotanlage sind leider unvermeidbar und waren aufgrund der Neuartigkeit dieses Projekts auch nicht vorhersehbar, weshalb eine kostenneutrale Verlängerung bis zum 31.12.2016 eingereicht und bewilligt wurde.

## **Wissenschaftlich / technischer Stand bei Vorhabensbeginn**

Siehe → Vorhabensvoraussetzungen.

## **Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Keine.

## AP 1: Teststände

### Teststände 1,3 kW, 2,5 kW und 3 kW

Aus den Projektmitteln wurden zwei Teststände für Brennstoffzellenstacks für Leistungen bis 1,3 kW bzw. bis 2,5 kW beschafft und zwei Teststände für Brennstoffzellenstacks für Leistungen bis 3 kW in Eigenarbeit aufgebaut. Für diese Teststände musste eine neue teststandsspezifische Infrastruktur in einem neuen Testraum aufgebaut werden (s.u.). Die Teststände wurden an diese Infrastruktur (Gase, Kühlwasser, Deminwasser, Abluft, Sicherheitseinrichtungen) angeschlossen und in Betrieb genommen.

Die Teststände wurden in die Projektarbeit eingebunden und sind seither fast ununterbrochen im Einsatz.

Abbildung 1 zeigt links und in der Mitte die neu beschafften 1,3 kW und 2,5 kW Teststände im neuen Testraum. Rechts ist ein bereits vorhandener Teststand des gleichen Herstellers zu sehen, der neben die neuen Teststände umgezogen wurde.

Abbildung 2 zeigt die beiden selbstgebauten 3 kW Teststände unter ihrer Abzugshaube im neuen Testraum.



Abbildung 1: Neue 1,3 kW (Links) und 2,5 kW (Mitte) Teststände im neuen Testraum, rechts ein vorhandener 3 kW Teststand des gleichen Herstellers





Abbildung 2: Selbstgebaute 3 kW Teststände unter ihrer Abzugshaube im neuen Testraum

### Einzelzellteststand

Aus den Projektmitteln wurde ein Teststand für Brennstoffzellenstacks von 1 - 3 Zellen und Leistungen bis 350 W beschafft, an die ZSW-Laborinfrastruktur (Gase, Kühlwasser, Deminwasser, Abluft, Sicherheitseinrichtungen) angeschlossen und in Betrieb genommen. Der Teststand wurde in die Projektarbeit eingebunden und ist seither fast ununterbrochen im Einsatz.

Abbildung 3 zeigt den Teststand mit angeschlossener Einzelzelle.

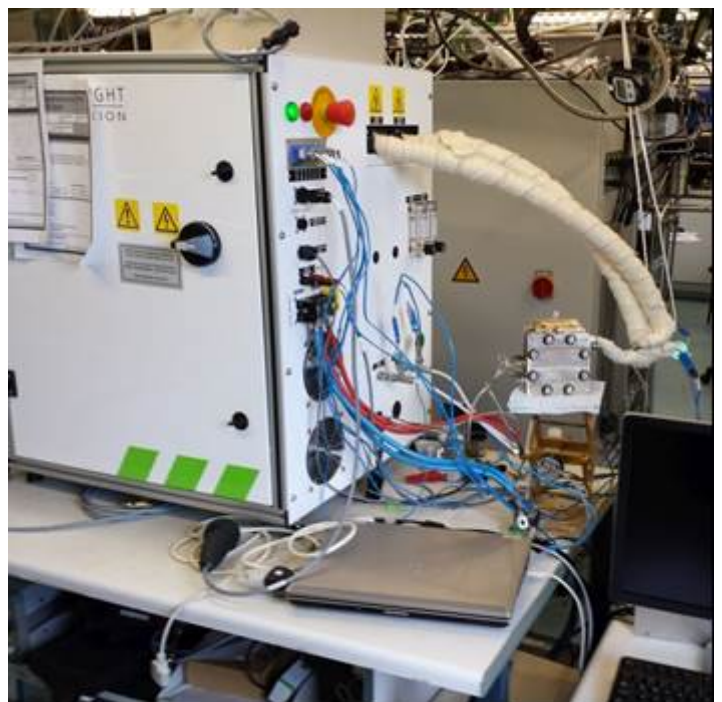


Abbildung 3: neuer Teststand bis 350 W<sub>el</sub>



## Infrastruktur für die Teststände

Neben dem bestehenden Brennstoffzellentestfeld stand ein freier Raum mit einer Grundfläche von rund 40 m<sup>2</sup> zur Verfügung. In diesen Raum wurde die gesamte Infrastruktur eingebaut, die für den Betrieb der neuen Teststände benötigt wird. Zur teststandsspezifischen Infrastruktur gehören die Ver- und Entsorgung von Gasen und Kühlwasser, die Versorgung mit Deminwasser, eine Abluftanlage, die allgemeine Sicherheitstechnik und eine Gaswarnanlage.

Die komplette Infrastruktur wurde installiert, mit der Infrastruktur des vorhandenen Testfeldes verbunden, in Betrieb genommen und getestet. Die Teststände wurden an die Infrastruktur angeschlossen.

Abbildung 4 zeigt den neuen Testraum während und nach dem Einbau der Infrastruktur.

Abbildung 5 zeigt den neuen Testraum mit den neuen Testständen von oben.

Abbildung 6 zeigt Details der Infrastruktur und der Abluftanlage.

Abbildung 7 zeigt die neue Gaswarnanlage während der Verkabelung (links) und nach Fertigstellung (rechts).



Abbildung 4: neuer Testraum ohne (oben) und mit (unten) Teststandsinfrastruktur



Abbildung 5: Neuer Testraum von oben mit den neuen Testständen



Abbildung 6: Ausschnitt Gas-, KW- und Deminwasserversorgung für zwei der neuen Teststände (links); Abluftanlage der neuen Teststände (rechts)





Abbildung 7: Gaswarnanlage für die neuen Teststände

### **Ergänzungen der Mess- und Regeltechnik und der Teststandshardware**

Die Hardware und die Mess- und Regeltechnik von Brennstoffzellentestständen muss regelmäßig an neue und laufende Vorhaben angepasst werden. Damit diese Anpassungen zeitnah möglich sind, gehört zu Brennstoffzellentestständen ein Bestand an den dafür nötigen Komponenten. Aus Projektmitteln wurden hierfür u. A. Einzelzellspannungserfassungseinheiten, Durchflussregler, Durchflussmesser und Druckregler beschafft und vorhandene Geräte (Potentiostaten, CV-Messgeräte, Milliohmometer, Feuchtemessgeräte) repariert, erweitert, neu eingestellt und kalibriert.

### **Erweiterung eines Dispensers**

Zu Testprojekten gehört regelmäßig die Qualifizierung neuer Materialien und Komponenten in zeitnah aufgebauten Einzelzellen. Um zum aktuellen Stand an dafür benötigten Dichtstoffen aufschließen zu können, war geplant den vorhandenen Dichtungsdispenser zu erweitern. Da sich bei Preisrecherchen und in intensiven Gesprächen mit und Besuchen bei Anbietern herausgestellt hat, dass ein neuer Dispenser preislich vergleichbar ist mit der bzw. günstiger ist als die Erweiterung des vorhandenen Dispensers, wurde ein neuer Dispenser gekauft und das vorhandene Gerät nur um eine Vakuumpumpe ergänzt. Mit beiden Dispensern werden seit 2015 routinemäßig Testzellen mit Dichtungen versehen.

### **Digital-Mikroskopsystem für In-Situ- und Post-Mortem-Analysen**

Mitentscheidend für das Verständnis einer Brennstoffzelle ist die genaue Analyse des Wasseraustragungsverhaltens des gewählten Flussfeldes in der Zelle. Solche Untersuchungen können relativ unaufwändig (im Vergleich zu z.B. der Durchstrahlung der Zelle mit Neutronen- oder Synchrotronstrahlung) während einem weitgehend normalen Betrieb der Zelle im Teststand über Zellaufbauten mit transparenten Endplatten und teiltransparenten Flussfeldern mit einem geeigneten Digital-Mikroskopsystem realisiert werden.

Aus Projektmitteln (Umwidmung vom November 2014, siehe → AP 2: Sicherheitstests) wurde ein solches Mikroskopsystem evaluiert und beschafft. Mit dem System wurden seither zahlreiche Untersuchungen in verschiedenen Projekten erfolgreich durchgeführt.

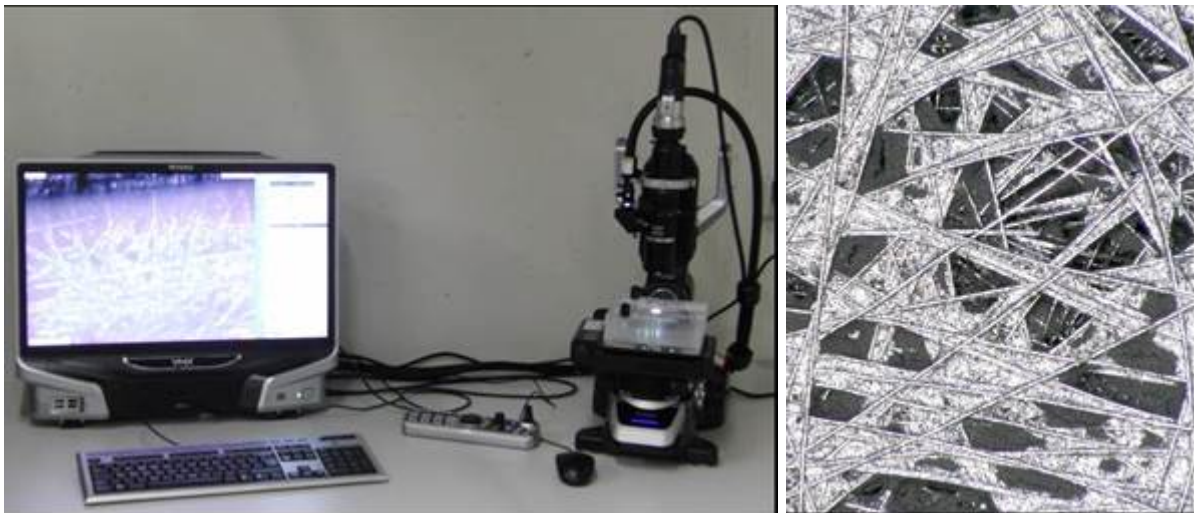


Abbildung 8: Neues Digital-Mikroskop-System mit Brennstoffzelle

### **Elektronische Lasten**

Die maximale Stromdichte der Stacks, die im Brennstoffzellentestfeld geprüft werden, ist in den letzten Jahren stetig gestiegen und an allen Testständen müssen inzwischen deutlich höhere Spitzenlasten abgefangen werden. Insbesondere wenn an mehreren Testständen gleichzeitig hohe elektrische Ströme benötigt werden, haben die vorhandenen Elektronischen Lasten bereits jetzt teilweise nicht mehr ausgereicht, oder die Lasten mussten zeit- und personalaufwändig zwischen den Testständen weitergereicht werden.

Um den aktuellen Testbedarf zuverlässig abdecken zu können und um absehbare Anforderungen auch zukünftig bedienen zu können, wurden deshalb acht zusätzliche Elektronische Lasten beschafft. Die Kapazität und Flexibilität des Testfelds wurde dadurch erweitert und auf kommende Aufgaben vorbereitet.

Die Beschaffung der Elektronischen Lasten wurde durch eine Umwidmung von Mitteln aus AP 5 im Oktober / November 2016 ermöglicht (siehe → Wasserstoffanalytik).

### **Stand bei Projektende**

Die Arbeiten sind abgeschlossen. Alle Anlagen und Geräte sind bereits routinemäßig im Einsatz.

Geplante Ausgaben (ohne Personal)	812.179 €
Tatsächliche Ausgaben (ohne Personal)	840.000 € (ca.)

## AP 2: Umbau eines vorhandenen Testbunkers für zerstörende Brennstoffzellentests

In diesem Arbeitspaket sollte u. A. ein vorhandener Batterietest-Bunker für Tests von Brennstoffzellenstacks ausgerüstet werden.

Nach Sichtung und Auswertung baulicher Dokumente des Bunkers durch ein darauf spezialisiertes Ingenieurbüro und nach mehreren Diskussions- und Informationsrunden mit externen Sicherheitsfachkräften wurde beschlossen, dass auf den Umbau des Bunkers leider verzichtet werden muss, weil die Sicherheit von Personal und Gebäude bei zerstörenden Tests von Brennstoffzellen im Bunker nicht garantiert werden kann.

Die für dieses Arbeitspaket vorgesehenen Mittel wurden im November 2014 umgewidmet.

## AP 3: Umzug und Wartung einer vorhandenen Systemtestplattform

Die am ZSW vorhandene 100 kW Systemtestplattform hatte keine eigene Infrastruktur. Sie sollte ursprünglich in die bei Durchführung von AP2 frei werdende 100 kW Testkabine umgezogen werden.

Da AP2 entfällt (s.o.), wurde neben der 100 kW Testkabine eine Ablufthaube für die Plattform und die Plattform unter dieser Haube installiert. Die Ablufthaube wurde an die Abluftanlage und an die Sicherheitstechnik der neuen Teststände angeschlossen.

Die Gas-, Kühlmittel- und Deminwasserver- und -entsorgungen des Teststandes in der 100 kW Testkabine wurden so erweitert, dass sie jetzt wahlweise an den Teststand oder die Plattform angeschlossen werden können.

Die Verrohrung der Plattform wurde verschlankt und damit die Systemdynamik verbessert. Die Steuerung der Plattform wurde auf die ZSW eigene Steuerungssoftware umgestellt. Es wurde eine eigene PDU (Power Distribution Unit) entwickelt und gebaut, mit der die Komponenten der Plattform wahlweise über den BZ-Stack der Plattform oder über ein externes Netzteil versorgt werden können. Mit dieser PDU wurde die Voraussetzung geschaffen, um die Plattform auch mit anderen BZ-Stacks betreiben zu können.

Die Plattform wird aktuell für Tests eines in einem EU-Projekt entwickelten Verbundstack eingesetzt.

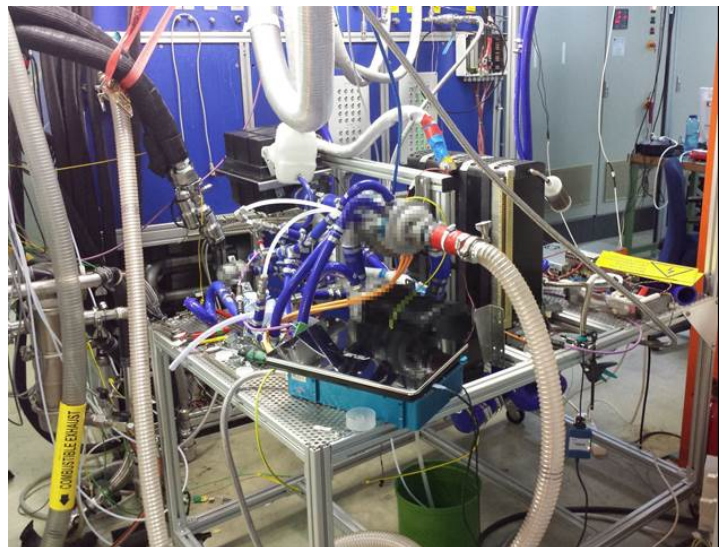


Abbildung 9: Testplattform mit EU-Verbundstack

### Stand bei Projektende

Die Arbeiten sind abgeschlossen. Die Plattform ist bereits routinemäßig im Einsatz.

Geplante Ausgaben (ohne Personal)	2.000 €
Tatsächliche Ausgaben (ohne Personal)	1.500 € (ca.)



## AP 4: Softwaremodernisierungen im Testfeld

Die veralteten, SPS basierten Steuerungen von vorhandenen eigengebauten Testständen und die von den Herstellern implementierten Steuerungen von vorhandenen gekauften Testständen wurden auf die in den letzten Jahren entwickelte ZSW eigene Steuerungssoftware umgestellt.

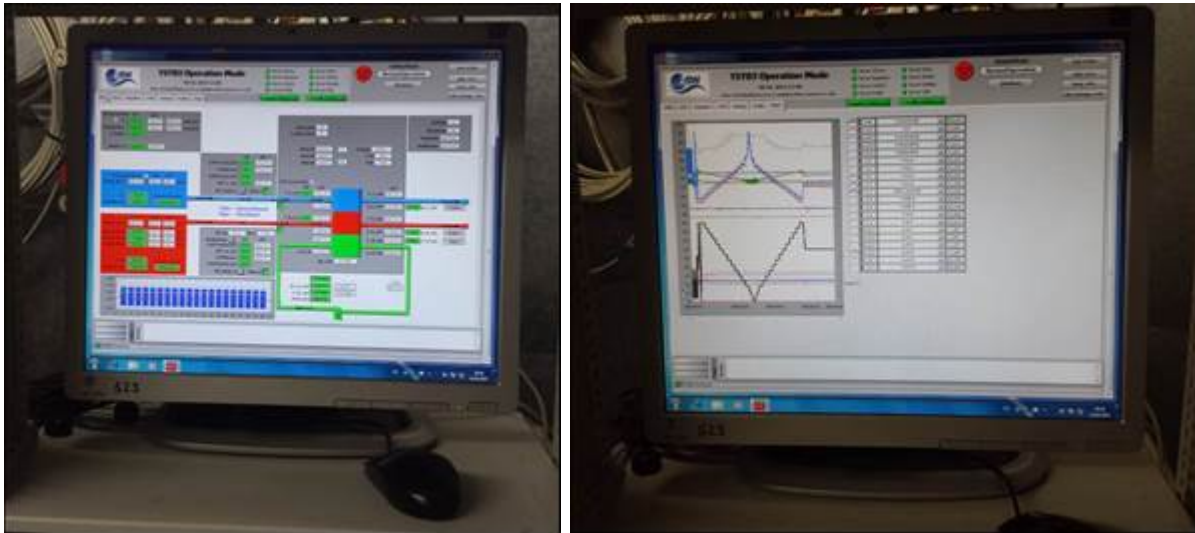


Abbildung 10: ZSW-eigenes Steuerprogramm; Ansicht "P&ID" (links), Ansicht "Charts" (rechts)

Die Steuerung eines vorhandenen Reformer-Teststandes wurde für den Test von gekoppelten Reformer-BZ-Systemen erweitert.

Die Steuerung eines vorhandenen hochdynamischen Teststandes für BZ-Stacks bis 3 Zellen wurde für den parallelen Test von 2 BZ-Stacks (Abbildung 11) erweitert und die Ansteuerung verschiedener Geräte (Power-Potentiostaten, Gasanalysegeräte) so in die Teststandssteuerung integriert, dass vollautomatisierte beschleunigte Alterungstests mit zugehörigen Analyseperioden möglich sind.

Um die Steuerung von Testständen zeitnah an neue und laufende Vorhaben anpassen zu können und um kurzfristig temporäre Testaufbauten zu ermöglichen wurde verschiedene flexibel einsetzbare I/O-Hardware beschafft (CAN-Karten, Analoge und digitale I/O-Module) und auf Funktion getestet.



Abbildung 11: Paralleler Test von 2 Brennstoffzellenstapeln auf einem hochdynamischen Teststand,

### Stand bei Projektende

Die Arbeiten sind abgeschlossen. Die Software und die I/O-Hardware sind bereits routinemäßig im Einsatz.

Geplante Ausgaben (ohne Personal)	75.000 €
Tatsächliche Ausgaben (ohne Personal)	57.000 € (ca.)

## **AP 5: Erweiterung der Teststands- und begleitenden Analytik.**

### **Gasanalytik für die Reformierung von Methanol**

Bei einem vorhandenen Reformerteststand für die Reformierung von Methanol im Bereich 50 - 1500 W elektrischem Leistungsäquivalent musste die fest im Teststand installierte Infrarot-Gasanalytik für Permanentgase aufgrund zunehmender altersbedingter Ausfälle dringend erneuert werden.

Rahmenbedingungen:

- Messung von CO bis 100ppmv und 3 Vol%.
- Messung von CO<sub>2</sub> bis 30 Vol%.
- Messung von H<sub>2</sub> bis 100 Vol%.
- Messung von CH<sub>4</sub> bis 0,4 Vol%.
- Drift <= 1% / Woche vom Messwert.
- Ausgabe der Messwerte als Analogsignal zum Teststand.
- Konfiguration passend zum Teststand.

Eine neue Analytik wurde beschafft, installiert, in Betrieb genommen, Funktionstests unterzogen und an den Teststand angepasst.

### **Gasanalytik für die Reformierung von Erdgas**

Eine vorhandene portable Reformatgas-Analytik für die Messung von Reformat aus Erdgas (Methan) wurde erweitert um

- einen zweiten CO-Messbereich (0 - 1 Vol%) unter Beibehaltung des vorhandenen Messbereichs (0 - 5 Vol%). Durch die Erweiterung ist die parallele Analyse von Reformat und gereinigtem Reformat möglich (Bestimmung der Reformatqualität vor und nach der Gasreinigung).
- ein Gasmodul mit Feuchtefühler, Feuchte- und Druckkompensation und Strömungswächter. Durch die Erweiterung wird die Messqualität wesentlich erhöht.

Die erweiterte Analytik wurde in Betrieb genommen und Funktionstests unterzogen.

### **CO<sub>2</sub>/ CO-Analytik**

Im BZ-Testfeld des ZSW ist ein portables Gasanalysesystem für CO<sub>2</sub>-Messungen mit 3 unabhängigen Gaswegen (für 3 unabhängige, parallele Messungen) vorhanden, das an verschiedenen Testständen zum Einsatz kommt. Ein System reicht aufgrund des steigenden Testbedarfs nicht mehr aus, weshalb ein zweites, ähnliches System beschafft wurde.

Anforderungen an das neue System waren u. A. ein Messbereich von 0 - 200 / 200 - 2000 ppm CO<sub>2</sub> mit automatischer Bereichsumschaltung.

Beim beschafften Gerät ist in einem Gasweg zusätzlich ein CO-Sensor integriert, Messbereich 0 - 10 ppm / 10 – 100 ppm (automatische Bereichsumschaltung). In diesem Gasweg kann wahlweise CO<sub>2</sub> oder CO gemessen werden.

Das beschaffte Geräte hat eine kompakte Bauweise in einem 19“ - Rack, eine hohe Messgenauigkeit und eine geringe Messwertdrift.

Das System wurde erfolgreich in Betrieb genommen und Funktionstests unterzogen. Das Gerät ist seither fast ununterbrochen im Einsatz, z.B. für teststandsbegleitende Messungen während dynamischen Lastwechselprüfungen und während Start-Stop-Prozeduren.





Abbildung 12: Portables CO<sub>2</sub>-Analysesystem an einem Teststand

## Wasserstoffanalytik

Da Verunreinigungen im Wasserstoff messbare Effekte auf die Performance von Brennstoffzellen und damit auf die Belastbarkeit von Messergebnissen haben (vor allem aufgrund von immer geringeren Platinbeladungen der Zellen) sind Angaben zur Wasserstoffreinheit während kritischer Leistungstests erforderlich.

ISO- und SAE-Standards legen sehr stringente Maßstäbe an die Gasreinheit an, z.B. CO-Gehalt < 100 ppb und Schwefelgehalt < 4 ppb. Solche geringen Konzentrationen können mit klassischen analytischen Methoden nur sehr aufwändig bis gar nicht nachgewiesen werden.

Es wurden deshalb neuartige Messverfahren zur Bestimmung der Wasserstoffreinheit evaluiert und nach Diskussionen und Preisverhandlungen mit den Herstellern darauf basierender Messgeräte ein passendes Analysegerät bestellt, das über eine eingebaute Möglichkeit zur Konzentration der Fremdgase durch Abtrennung von Wasserstoff über eine Diffusionsmembran verfügen sollte, über die die Empfindlichkeit der Analysenmethode im Vergleich zu Geräten anderer Hersteller um mehrere Größenordnungen gesteigert werden kann.

Durch die Dauer der Evaluation, der Diskussionen mit den Herstellern und der begleitenden Preisverhandlungen konnte das Gerät erst in KW48/2014 bestellt werden. Das bestellte Gerät sollte im Februar 2015 geliefert werden und alle in den Normen SAE J2719 und ISO 14687-2 definierten Grenzwerte nachweisen können (in den beiden Normen wird die Wasserstoffqualität für Brennstoffzellenfahrzeuge definiert). Der Nachweis aller dieser Grenzwerte in einem Gerät wäre ein absolutes Novum, denn es gibt bisher kein Gerät, das das kann. Es gibt in Deutschland bisher noch nicht einmal ein unabhängiges Labor, das einen Gerätepark hat, mit dem alle Grenzwerte nachgewiesen werden können

Im Februar 2015 wurde eine Vorversion des Geräts mit beschränktem Funktionsumfang geliefert. Die Lieferung der Endversion wurde für April 2015 zugesagt, doch der Termin wurde danach mehrmals verschoben. Da bis Oktober 2016 immer noch kein glaubhafter Liefertermin feststand wurde die Bestellung rückgängig gemacht und der dafür vorgesehene Betrag umgewidmet für den Kauf von dringend benötigten Elektronischen Lasten. Die Umwidmung wurde am 24.11.2016 bewilligt.

## Aufrüstung des vorhandenen $\mu$ -CT-Gerätes

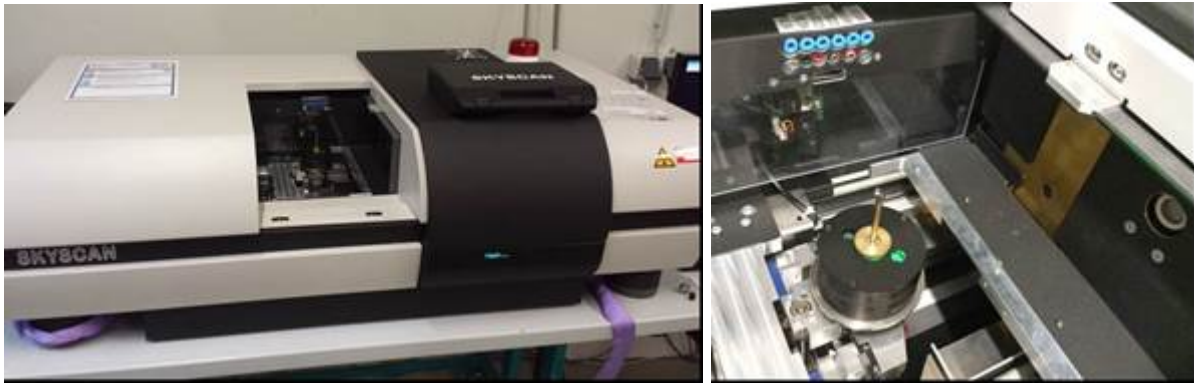


Abbildung 13:  $\mu$ -CT mit geöffneter Probenkammer (links); Probenkammer (rechts) - neu installiert wurden  $H_2$ , Luft und Kühlmittelanschlüsse (hinten) und ein  $H_2$ -Sensor (rechts)

Das vorhandene  $\mu$ -CT-Gerät wurde so umgebaut, dass im Probenraum des Gerätes jetzt Zellen betrieben und in-situ radiographiert werden können (Abbildung 13). Um die Anforderungen an die Betriebssicherheit zu erfüllen (z.B. die entsprechenden Grenzwerte zum Strahlenschutz einzuhalten und Sicherheitseinrichtungen für den Betrieb mit Wasserstoff zu installieren) wurde zu den Umbauten der TÜV-SÜD hinzugezogen und mit der Abnahme des umgebauten Gerätes beauftragt. Nach der Abnahme wurde das Gerät wieder in Betrieb genommen.

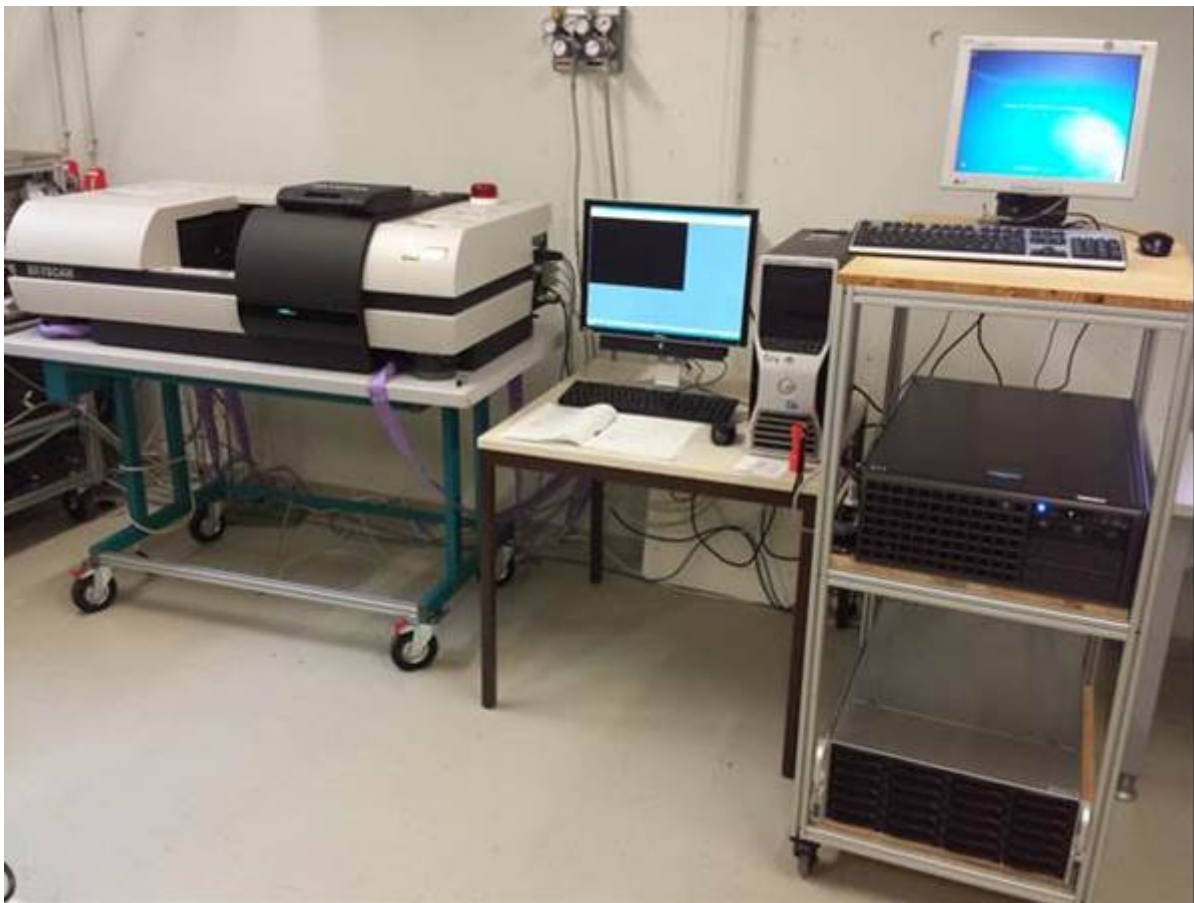


Abbildung 14:  $\mu$ -CT mit Analyserechner (Rack rechts, Mitte) und Speicherplatz-erweiterung (Rack rechts, Unten)

Da die zur Analyse der  $\mu$ -CT-Daten bereitstehende Rechner-Leistung an ihre Grenzen stößt, wurde ein neuer Rechner mit passender Speicherplatz-erweiterung und der benötigten Lizenz beschafft und installiert (Abbildung 14).

### **Stand bei Projektende**

Die Arbeiten sind abgeschlossen. Alle Geräte sind bereits routinemäßig im Einsatz.

Geplante Ausgaben (ohne Personal) 110.610 €

Tatsächliche Ausgaben (ohne Personal) 108.000 € (ca.)



## AP 6: Begleitende Erweiterung der Zell- und Stackmontage

### Klimatisierungsanlage und Ertüchtigung Montage Raum



Abbildung 15: Klimagerät vor dem Montage Raum (links), Montage Raum ohne Geräte (rechts)

Voraussetzung für die weitgehend automatisierte Herstellung qualitativ hochwertiger Brennstoffzellen und Stacks für das Testfeld sind konstante klimatische Bedingungen während der Fertigung. Die dafür nötige Klimatisierungsanlage konnte nach Vorversuchen in der Größe reduziert und die Kosten dadurch gesenkt werden. Der Fertigungsraum wurde für die Anlageninstallation vorbereitet (Zuluftfilter, Bodenstabilisierung). Die Klimatisierungsanlage wurde beschafft, installiert und in Betrieb genommen.

### 6-achsiger Montageroboter

Die Aufgaben des Montageroboters sind das Entnehmen und Ablegen von Bipolarplatten, EME-GDL Einheiten und Einzelzelleinheiten aus den / in die Magazine, aus der / in die Dichtigkeitsprüfanlage und aus dem / in den Dispenser. Auch das Aufstapeln der Einzelzelleinheiten zu einem Brennstoffzellenstack wird vom Roboter übernommen.

Nach ausführlichen Recherchen, Messe- und Firmenbesuchen und Gesprächen und Angebotsverhandlungen mit Anbietern wurde ein geeigneter Roboter evaluiert.

Der Roboter wurde beschafft, installiert und in Betrieb genommen.

Abbildung 16 zeigt den beschafften Roboter im Montage Raum.



Abbildung 16: KUKA Roboter KR-30-3

## Magazine

Mit den Magazine werden dem Roboter die Einzelkomponenten der Brennstoffzellen (Bipolarplatten, EME-GDL Einheiten, Einzelzelleinheiten) an einer definierten Position und Lage zur Verfügung gestellt. Dazu werden die Einzelkomponenten auf sogenannte Paletten aufgestapelt und in die Magazine gestellt. Je nach Fertigungsschritt übernimmt der Roboter von dort die passenden Bauteile um sie weiterzuverarbeiten.

Trotz intensiver Recherche und Suche konnten keine für unser Vorhaben passenden Standardmagazine auf dem Markt gefunden werden, weshalb die Magazine speziell für uns entwickelt, konstruiert und hergestellt werden mussten.

Dazu wurden mit mehreren geeigneten Anbietern wurden in mehrmaligen Treffen am ZSW oder an den Firmenstandorten detaillierte und langwierige Besprechung geführt über die Anforderungen an die Magazine. Da die Anbieter unterschiedliche Konzepte für die Gesamtanlage vorgeschlagen haben, wurden parallel zu den Gesprächen teilweise recht aufwändige Vorversuche und Testläufe durchgeführt um die Vor- und Nachteile dieser Konzepte herauszufinden. Z.B. wurde getestet, wie Bipolarplatten und MEA in den Magazine ausgerichtet werden können, damit eine lagerichtige und positionsgenaue Entnahme durch den Roboter möglich ist.

Geeignete Magazine wurden evaluiert, geplant, gebaut und installiert.

Abbildung 17 zeigt die beschafften Magazine.



Abbildung 17: Magazin bei Anlieferung (links), Magazine im Montageraum (rechts)

## Dispenser

Am Markt angebotene Dispenser weisen deutliche Unterschiede auf in

- der Art des Dispenskopfes
- der Reproduzierbarkeit des Materialauftrags
- der Qualität der Raupengeometrie
- der Größe des Arbeitsbereiches
- der Qualität der Maschinenausführung
- der Qualität der Steuersoftware (Bedienkomfort, Wartung)
- Ausstattung und Sicherheitsstufe
- dem Umfang des Zubehörs (z.B. Absauganlage, Vakuumentisch).

Aufgrund dieser Unterschiede ist ein einfaches Vergleichen von Dispensern verschiedener Hersteller oder verschiedener Typen eines Herstellers nicht ohne weiteres möglich, weshalb ausführliche Recherchen auf Messen und im Internet durchgeführt wurden. Mit verschiedenen Firmen wurden Gespräche und Verhandlungen geführt und die Firmen wurden aufgefordert Testdispensversuche mit unserem Dichtungsmaterial durchzuführen.

Für den Fertigungsprozess spielt die Qualität der aufgetragenen Dichtungsraupe auf die Bipolarplatten eine entscheidende Rolle. Nur wenn die Dichtungsgeometrien reproduzierbar und in guter Qualität aufgebracht werden können, erhält man am Ende funktionsfähige Brennstoffzellen. Bei den durchgeführten Testdispensversuchen zeigten sich hier große Unterschiede und nicht alle Firmen konnten die Qualitätsanforderungen erfüllen. Die besten Ergebnisse bei einem akzeptablen Preis hatte ein Dispenssystem der Firma Nordson Deutschland GmbH, weshalb dieses System beschafft und zunächst separat installiert wurde, um den Dispensvorgang zu optimieren. Dazu wurde der Auftrag des Dichtungsmaterials kontinuierlich erprobt und verbessert. Nach der Optimierung wurde das System in den Fertigungsraum integriert.



Abbildung 18: Dispenssystem im Einzeltest (links) und im Montageraum mit Übergabestation (rechts)

### Lagereinrichtung für Komponenten

Um eine reibungslose Fertigung zu gewährleisten müssen Brennstoffzellen und BZ-Komponenten (Roh- und Fertigteile) vor, während und nach der Montage und der Qualitätskontrolle sauber und sicher gelagert werden, um sie vor Verschmutzung und Beschädigung zu schützen. Zusätzlich müssen für manuelle Arbeiten und Untersuchungen passende Arbeits- und Lagerflächen vorhanden sein.

Die dafür nötigen Einrichtungen wurden evaluiert, gekauft und installiert:

- Schubladenschränke
- Arbeits- und Lagertische
- Hauben Cases
- Auszugswagen für die Aufnahme der Hauben Cases
- Lagerkartonagen / Stanzkartone für die Lagerung fertiger Brennstoffzellen

Abbildung 19 und Abbildung 20 zeigen die beschafften Lagereinrichtungen.





Abbildung 19: Schubladschränke (links); Auszugswagen und Hauben Cases (rechts)



Abbildung 20: Lagerkartonagen für fertige Zellen (links); Arbeits- und Lagertisch (rechts)

### **Codiergerät**

Um höhere Kosten bei den Magazinen, der Dichtigkeitsprüfanlage, dem Interferometer und dem Ofen ausgleichen zu können, musste auf das Codiergerät leider verzichtet werden (Umwidmungsantrag vom 04.02.2016, Änderungsbescheid vom 23.02.2016).

Das Codiergerät ist für eine automatisierte Qualitätssicherung unabdingbar, nicht aber für den Betrieb der Anlage selbst. Ohne ein Codiergerät muss die Qualitätssicherung in zukünftigen Forschungsprojekten manuell durchgeführt werden, mit entsprechend erhöhtem Aufwand.

### **Dichtigkeitsprüfanlage**

Erste Vorversuche im Rahmen des Vorhabens haben gezeigt, dass die Dichtigkeitsprüfung von 100% der gefertigten Teile vollständig in den automatisierten Montageprozess integriert werden muss. Eine Stichprobenprüfung genügt nachweislich nicht.



Der ursprünglich geplante Eigenbau eines autarken Geräts für die Dichtigkeitsprüfung von Einzelzellen und Stacks hätte diese neuen Anforderungen nicht erfüllen können.

Bei weiteren Vorversuchen und Montageversuchen zur endgültigen Definition der Dichtigkeitsprüfanlage im eigenen Labor und bei Anlagenherstellern stellte sich heraus, dass eine engmaschige Qualitätskontrolle nicht nur nach den Verarbeitungsschritten der EME und der Bipolarplattenhalbschalen zu Vollzellen erforderlich ist, sondern dass der Fertigungsprozess zur Steigerung der Stackmontageausbeute durch eine vollständige Eingangskontrolle der Graphithalbschalen ergänzt werden muss. Hierbei wird in einer der ursprünglich konzipierten Dichtigkeitsprüfanlage sehr ähnlichen Anordnung die Homogenität des Gasverteilerfeldes durch Druckabfallmessungen geprüft. Ergänzende Versuche ergaben, dass die Durchführung dieser Prüfung durch eine Modifikation der Dichtigkeitsprüfanlage erfolgen kann. Eine solche erweiterte Anlage ist universeller einsetzbar und verursacht geringere Investitionskosten als der Aufbau zweier separater Anlagen.

Eine geeignete Anlage wurde evaluiert, für unsere zusätzlichen Anforderungen erweitert, installiert und in den gesamten Fertigungsprozess eingebunden.

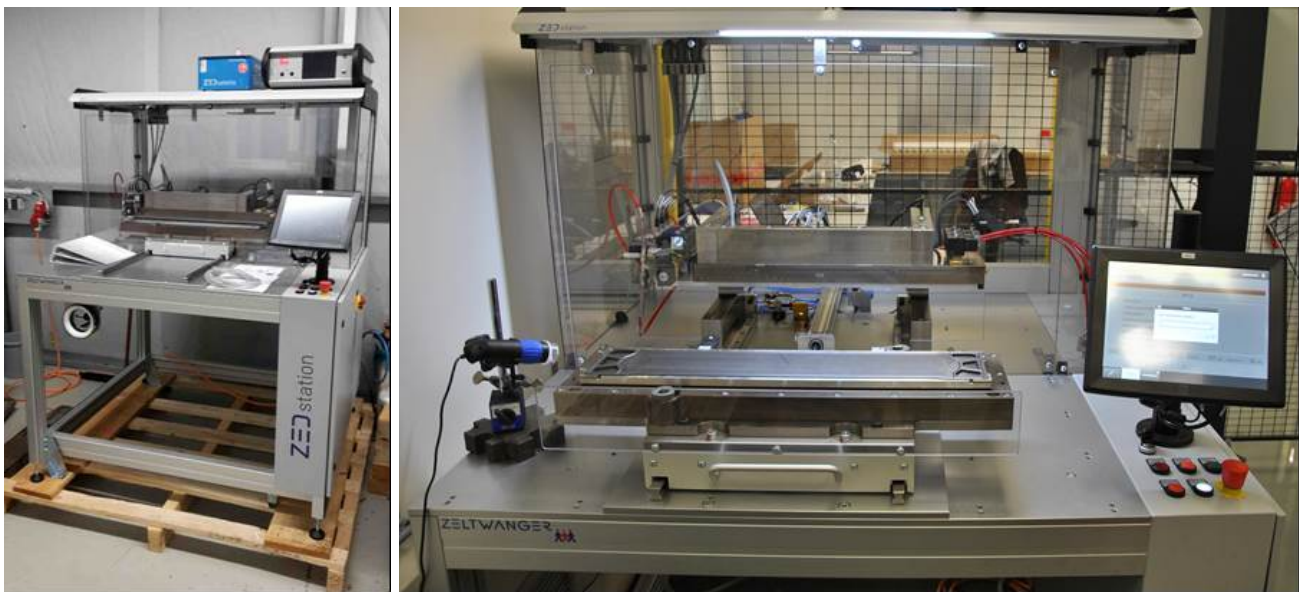


Abbildung 21: Dichtigkeitsprüfanlage bei Anlieferung (links) und im Montageaum (rechts)

### **Reinigungsgerät für Einzelkomponenten**

Um höhere Kosten bei den Magazinen, der Dichtigkeitsprüfanlage, dem Interferometer und dem Ofen ausgleichen zu können, muss auf das Reinigungsgerät leider verzichtet werden (Umwidmungsantrag vom 04.02.2016, Änderungsbescheid vom 23.02.2016).

Ein automatisierbares Reinigungsgerät für die Bipolarplatten würde zu deutlich geringerem Personalaufwand in zukünftigen Forschungsprojekten führen, ist aber für den im Vorhaben geplanten Aufbau und Probebetrieb der Anlage selbst nicht zwingend nötig. Die Platten können mit entsprechend großem Personaleinsatz auch manuell gereinigt werden.

### **Presse zur Stackverpressung**

Pressen unterscheiden sich teilweise sehr stark in Hinblick auf Nennkraft, Arbeitsraum, Platzbedarf, Arbeitsweise (hydraulisch, elektrisch), Regelung (Kraft- und/oder Wegregelung) und Säulenführung. Große Unterschiede finden sich auch in der zum Gerät gehörenden Software. Damit mit der Presse unterschiedliche Stackkonzepte bearbeitet werden können, muss außerdem gewährleistet sein, dass ausreichend Arbeitsraum zur Verfügung steht.

Unsere Anforderungen und deren Umsetzung und die Unterschiede zwischen verschiedenen Pressen wurden mit mehreren in Frage kommenden Herstellern diskutiert. Lange offen war beispielsweise die Frage, ob es besser ist die Einzelzellen in der Presse zu stapeln, oder ob die Einzelzellen außerhalb der Presse vom Roboter in eine Vorrichtung gestapelt werden, die dann komplett in die Presse geschoben wird.

Nach Vorversuchen zu verschiedenen Konzepten wurde eine geeignete Presse evaluiert und mit dem Hersteller eine Lösung erarbeitet, wie die Einzelzellen außerhalb der Presse in eine Stapelvorrichtung gestapelt werden können und diese Vorrichtung dann in die Presse geschoben werden kann (s. Abbildung 22 rechts). Die Presse wurde entsprechend erweitert und installiert. ZSW-Mitarbeiter wurden an der Presse geschult.



Abbildung 22: Presse (links), Stapelvorrichtung (Mitte), Presse mit ausgeschobener Vorrichtung (rechts)

### **Weißlichtinterferometer für die Qualitätssicherung**

Vorversuche im Rahmen des Vorhabens haben gezeigt, dass Ausfälle von einzelnen Zellen im Betrieb eines Stacks auf Abweichungen in den Kanal- und Steggeometrien von den Sollwerten zurückgeführt werden können. Diese Ergebnisse machen eine 100% Kontrolle sämtlicher Platten vor der Weiterverarbeitung zwingend erforderlich, da der Einbau selbst einzelner "Sub-Standard-Platten" den Montageerfolg des gesamten Stacks gefährdet.

Die Einhaltung der Geometriespezifikationen kann durch Vermessungen mit dem Weißlichtinterferometer sicher überprüft werden. Aufgrund der Vielzahl der im Stack zu verbauenden Teile ist eine Automatisierung der 100% Vermessung von Bipolarplatten und deren Dokumentation zwingend erforderlich. Für die Automatisierung sind u. A. eine motorisch ansteuerbare z-Achse und ein erweitertes Softwarepaket mit entsprechend höheren Kosten nötig.

Dass dieser Prozessschritt zusätzlich erforderlich ist, hat sich erst in den Vorversuchen herausgestellt. Er war deshalb in der ursprünglichen Planung nicht enthalten.

Ein passendes Gerät wurde evaluiert, bestellt, im November 2015 geliefert und in Betrieb genommen. ZSW-Mitarbeiter wurden noch in 2015 an dem Gerät geschult, seither befindet es sich im routinemäßigen Einsatz um die Kanal- und Steggeometrien von Bipolarplatten zu überprüfen. Zusätzlich werden damit Dichtungsraupenhöhen vermessen und das Schrumpfverhalten von Bipolarplatten nach Ofengängen untersucht.



Abbildung 23: Beschafftes Weißlichtinterferometer

### **Ofen zur Aushärtung von Dichtungen**

Ursprünglich war geplant, den Ofen nur zum Aushärten des auf die Bipolarplatten aufgebrauchten Dichtungsmaterials zu verwenden. Bei Vorversuchen zeigte sich aber, dass Rohbipolarplatten der benötigten Größe bei der Bearbeitung Schrumpfungseffekte zeigen und deshalb vor der Weiterbearbeitung getempert werden müssen, weshalb die Anforderungen an den Ofen deutlich gestiegen sind:

- Der Ofen musste größer ausgelegt werden, weil die Rohplatten größer sind als die fertig gefrästen Platten und weil die Platten in eine Zone konstanter Temperatur im Ofenraum eingebracht werden müssen. Diese Zone ist deutlich kleiner als der Ofenraum selbst.
- Der Automatisierungsgrad des Ofens musste erhöht werden, damit für das Aushärten und Tempern verschiedener Plattengrößen und Materialien mehrere Aufheiz- und Abkühlrampen programmiert und gespeichert werden können.

Nach umfangreichen Recherchen und Gesprächen mit Herstellerfirmen wurde ein passender Ofen evaluiert, bestellt und geliefert. Der Ofen wurde im Dezember 2015 geliefert und in Betrieb genommen und befindet sich seither im routinemäßigen Einsatz.





Abbildung 24: Beschaffter Ofen

### **Geräteinbau, gerätezugehörige Infrastruktur, Automatisierung**

Mit verschiedenen Anbietern für Automatisierungstechnik haben wir intensiv über die Verschaltung und Automatisierung der Gesamtanlage diskutiert und ein Konzept für die Anlagenautomatisierung entwickelt. Der für uns am besten geeignete Automatisierer wurde evaluiert, die für die Automatisierung der Einzelgeräte zu einer Gesamtanlage zusätzlich benötigten Teile (Steuerungs- und Sicherheitstechnik, Schaltschränke, Übergabestationen und Robotergriffe) wurden geliefert. Der gesamte Fertigungsprozess wurde automatisiert, alle Geräte wurden integriert. Die Anlage wurde in Betrieb genommen, erste Zellen und Stacks wurden hergestellt. Seit Projektende werden Tests mit dem Ziel Ergebnisoptimierung durchgeführt.

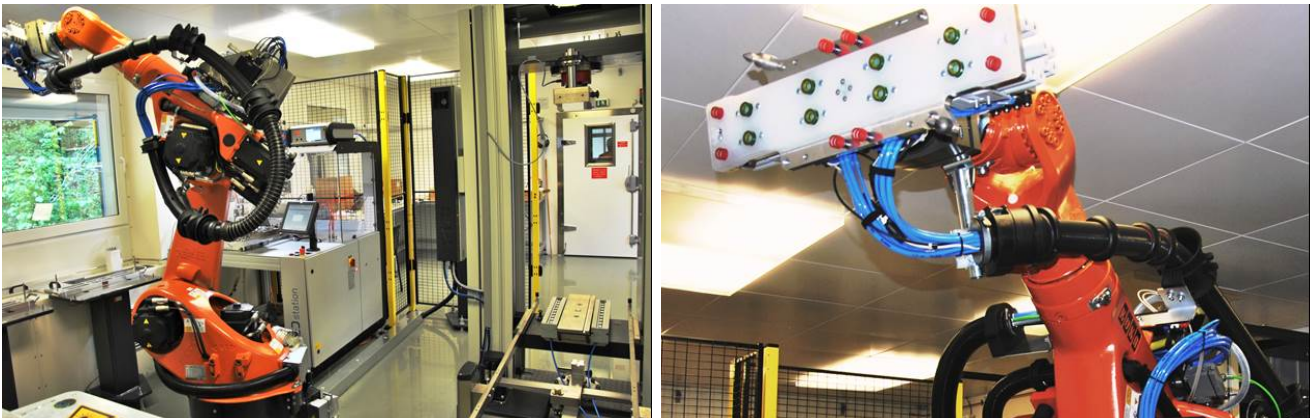


Abbildung 25: Roboter im Montageaum (links), Robotergreifer (rechts)



Abbildung 26: Sicherheitszaun mit Steuerungstechnik (links); Schaltschrank (rechts)

### Stand bei Projektende

Die Anlage ist in Betrieb. Erste Zellen und Stacks wurden hergestellt

Geplante Ausgaben (ohne Personal) 607.869 €

Tatsächliche Ausgaben (ohne Personal) 603.000 € (ca.)

## Fazit

Die Arbeitspakete 1, 3, 4 und 5 wurden unter hohem Zeitdruck bis zum 30.04.2015 zügig und erfolgreich umgesetzt, auch dank schneller Reaktionen des Projektträgers auf Änderungen im Vorhaben. Alle beschafften und gebauten Anlagen und Geräte werden seit 2015 im Regelbetrieb eingesetzt.

Das Arbeitspaket 2 konnte wegen Sicherheitsbedenken nicht realisiert werden. Die dafür vorgesehenen Mittel wurden umgewidmet.

Die Entwicklung der über eine Aufstockung hinzugekommenen neuartigen Pilotforschungsanlage (Arbeitspaket 6) musste wegen unvorhersehbaren Änderungen während der Planungs- und Aufbauphase kostenneutral verlängert werden. Planung, Aufbau und Inbetriebnahme der Anlage wurden bis zum verlängerten Projektende am 31.12.2016 abgeschlossen, erste Zellen wurden hergestellt und Tests zur Optimierung der Anlagenkonfiguration und der Zellherstellung wurden durchgeführt. Seit April 2017 läuft die Anlage im Regelbetrieb und erste routinemäßig im Testfeld einsetzbare Zellen wurden hergestellt.

<b>Ausgaben</b>	<b>Geplant</b>	<b>Tatsächlich (ca.)</b>
Material	1.607.658 €	1.609.500 €
Personal	223.190 €	241.500 €
<b>Gesamt</b>	<b>1.830.848 €</b>	<b>1.851.000 €</b>

Die Mehrausgaben werden vom ZSW getragen.

## **Verwertbarkeit der Ergebnisse**

Die im Rahmen des Projektes modernisierten und neu aufgebauten Testplätze und Geräte erweitern die am ZSW vorhandene Infrastruktur zum Test von PEM-Brennstoffzellenstacks und Stackkomponenten und von Brennstoffzellensystemen und Systemkomponenten.

Die Testplätze und Geräte werden in laufenden und zukünftigen F&E Projekten eingesetzt.

Aktuell sind das u. A. folgende Vorhaben:

MATISSE; gefördert durch die EU (FCH-JU), Grant Agreement Number 621195, Partner sind CEA, AREVA, Netstack und Inhouse, Thema ist die Herstellung verbesserter Stacks mit textilen Elektroden.

COALA; gefördert durch das BMBF, Förderkennzeichen 01LX1601B, Partner sind DLR, Power Cell Deutschland, Gdansk University of Technology (GUT, Polen) und Impact Clean Power Technology (ICPT, Polen), Thema ist die Entwicklung von Control Algorithmen und Controllern für die Wirkungsgrad- und Lebensdaueroptimierung hybridisierter PEMFC Systeme.

IFP-System; gefördert durch das BMWi, Förderkennzeichen 03ET6041A, Partner sind SFC Energy, Wieland und IFAM, Thema ist die Optimierung eines Methanol-Kompaktreformers und die Integration zu einem Reformers-Brennstoffzellen-System mit 1,5 kW elektrischer Leistung.

Auto-Stack CORE; gefördert durch die EU (FCH-JU), Grant Agreement Number: 325335, mit 14 Partnern aus Industrie und Wissenschaft (aus Deutschland BMW, VW, DANA, Freudenberg und Fraunhofer ISE), Thema ist die Entwicklung eines europäischen Brennstoffzellenstack für automobiler Anwendungen.

Der Einsatz im Rahmen weiterer F&E-Projekte in Kooperation mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft ist vorgesehen.

## **Notwendigkeit der Arbeit**

Die im Rahmen des Projektes modernisierten und neu aufgebauten Testplätze werden bereits mit hoher Auslastung in Forschungsprojekten eingesetzt. Ohne diese Teststände und Geräte könnte der aktuelle Test- und Forschungsbedarf nicht mehr abgedeckt werden.

## **Ergebnisse Dritter**

Fortschritte bei anderen Stellen sind uns während der Projektlaufzeit keine bekannt geworden.

## **Veröffentlichungen**

Der Abschlussbericht wird an die TIB Hannover übermittelt. Weitere Veröffentlichungen im wissenschaftlich-technischen Umfeld sind nicht geplant.



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Neue 1,3 kW (Links) und 2,5 kW (Mitte) Teststände im neuen Testraum, rechts ein vorhandener 3 kW Teststand des gleichen Herstellers .....	7
Abbildung 2: Selbstgebaute 3 kW Teststände unter ihrer Abzugshaube im neuen Testraum	8
Abbildung 3: neuer Teststand bis 350 W <sub>el</sub> .....	8
Abbildung 4: neuer Testraum ohne (oben) und mit (unten) Teststandsinfrastruktur .....	9
Abbildung 5: Neuer Testraum von oben mit den neuen Testständen .....	10
Abbildung 6: Ausschnitt Gas-, KW- und Deminwasserversorgung für zwei der neuen Teststände (links); Abluftanlage der neuen Teststände (rechts).....	10
Abbildung 7: Gaswarnanlage für die neuen Teststände .....	11
Abbildung 8: Neues Digital-Mikroskop-System mit Brennstoffzelle .....	12
Abbildung 9: Testplattform mit EU-Verbundstack.....	13
Abbildung 10: ZSW-eigenes Steuerprogramm; Ansicht "P&ID" (links), Ansicht "Charts" (rechts) .....	14
Abbildung 11: Paralleler Test von 2 Brennstoffzellenstapeln auf einem hochdynamischen Teststand <sub>l</sub> .....	14
Abbildung 12: Portables CO <sub>2</sub> -Analysesystem an einem Teststand .....	16
Abbildung 13: $\mu$ -CT mit geöffneter Probenkammer (links); Probenkammer (rechts) - neu installiert wurden H <sub>2</sub> , Luft und Kühlmittelanschlüsse (hinten) und ein H <sub>2</sub> -Sensor (rechts) .....	17
Abbildung 14: $\mu$ -CT mit Analyserechner (Rack rechts, Mitte) und Speicherplatzerweiterung (Rack rechts, Unten) .....	17
Abbildung 15: Klimagerät vor dem Montagerraum (links), Montagerraum ohne Geräte (rechts) .....	19
Abbildung 16: KUKA Roboter KR-30-3.....	19
Abbildung 17: Magazin bei Anlieferung (links), Magazine im Montagerraum (rechts) .....	20
Abbildung 18: Dispenssystem im Einzeltest (links) und im Montagerraum mit Übergabestation (rechts).....	21
Abbildung 19: Schubladenschränke (links); Auszugswagen und Hauben Cases (rechts).....	22
Abbildung 20: Lagerkartonagen für fertige Zellen (links); Arbeits- und Lagertisch (rechts) ...	22
Abbildung 21: Dichtigkeitsprüfanlage bei Anlieferung (links) und im Montagerraum (rechts) ...	23
Abbildung 22: Presse (links), Stapelvorrichtung (Mitte), Presse mit ausgeschobener Vorrichtung (rechts).....	24
Abbildung 23: Beschafftes Weißlichtinterferometer.....	25
Abbildung 24: Beschaffter Ofen.....	26
Abbildung 25: Roboter im Montagerraum (links), Robotergreifer (rechts).....	26
Abbildung 26: Sicherheitszaun mit Steuerungstechnik (links); Schaltschrank (rechts).....	27