

Forschungsbericht BWPLUS

**Wasserstofftankstelle Ulm -  
Begleitforschung zu Analyse des Betankungsprozesses und  
Wasserstoffqualität**

von

Markus Jenne, Nicole Maier, Vladimir Valter,  
Günther Schlumberger, Alexander Kabza  
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung  
Baden-Württemberg (ZSW), Ulm

Förderkennzeichen: BWH 15001  
Laufzeit: 13.5.2015 - 31.1.2017

Die Arbeiten des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung werden mit  
Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

April 2017

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ausgangssituation, Zielsetzung und Vorgehensweise..</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Ergebnisse / Stand des Vorhabens.....</b>	<b>4</b>
2.1	H <sub>2</sub> -Fuel Station Test Module (H <sub>2</sub> -FSTM).....	4
2.2	Brennstoffzelle als H <sub>2</sub> -Qualitätssensor.....	7
2.3	Analysegeräte zur Messung der Wasserstoffqualität .....	9
2.4	Informationsbereich .....	10
<b>3</b>	<b>Zeitplan / Kurzfassung.....</b>	<b>12</b>
3.1	Zeitplan .....	12
3.2	Kurzzusammenfassung .....	13
3.3	Kurzzusammenfassung in englischer Sprache .....	14
<b>4</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>15</b>
	Anhang 1 Presseecho zur Eröffnung der Ulmer H <sub>2</sub> -Tankstelle .....	15
	Anhang 2 Presseecho zu PI Abnahmegerät und HRS Eröffnung ...	17

## 1 Ausgangssituation, Zielsetzung und Vorgehensweise

Im Rahmen des Projektes „Wasserstofftankstelle Ulm - Begleitforschung zu Analyse des Betankungsprozesses und Wasserstoffqualität“ sollte das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung (ZSW) durch Investition in zukunftsfähige Geräte in die Lage versetzt werden, den Aufbau von Wasserstoffinfrastruktur in Baden-Württemberg und darüber hinaus nachhaltig zu unterstützen.

Wasserstoff ( $H_2$ ) als Energieträger ist regenerativ in großen Mengen wirtschaftlich herstellbar und dient unter anderem als Kraftstoff für Brennstoffzellen-Fahrzeuge. Aufgrund des hohen Energieinhaltes von  $H_2$  und des einfachen Betankungsvorganges (Druckgas) zeichnen sich Brennstoffzellen-Fahrzeuge durch hohe Reichweiten aus. Das Betanken dauert nur wenige Minuten. Mitentscheidend für die Markteinführung von BZ-Fahrzeugen wird der Aufbau eines  $H_2$ -Tankstellen-Netzes. Bis 2018/19 soll die Anzahl an  $H_2$ -Stationen bundesweit auf 100 Zapfsäulen ausgebaut werden. Eine davon war zu Projektbeginn am ZSW in Ulm in Planung.

$H_2$ -Tankstellen („Hydrogen Refuelling Stations“ - HRS) werden vor der Erstinbetriebnahme abgenommen und danach regelmäßig überprüft. Das ZSW sollte mit dem im Rahmen dieses Projektes entwickelten und beschafften Geräts zukünftig die Abnahme der Betankungsqualität nach der weltweit für HRS angewandten Richtlinie SAE J2601 anbieten können. Zusätzlich sollte die betankte  $H_2$ -Menge erfasst und somit ein Beitrag zur Entwicklung einer eichfähigen Mengemessung geleistet sowie die Möglichkeit enthalten sein,  $H_2$ -Proben für die Laboranalyse zu entnehmen.

Wasserstoff kann für Brennstoffzellen schädliche Verunreinigungen in kleinsten Mengen enthalten (z.B. Kohlenmonoxid CO). Zulässige Grenzwerte im Bereich Parts per Million (ppm) oder gar Parts per Billion (ppb) sind in der ISO 14687-2 definiert, können bislang aber noch von keinem unabhängigen Labor in Deutschland nachgewiesen werden. Am ZSW sollte deshalb Messtechnik beschafft werden, mit der ein wichtiger Teil dieser niedrigen Grenzwerte für die Wasserstoffqualität im Anlieferzustand, bei Entnahme und bei Abgabe an den Fahrzeugantrieb nachweisbar ist.

Ein Konzept zur schnellen und einfachen Online-Bewertung der Wasserstoffqualität hinsichtlich Brennstoffzellentauglichkeit sollte überprüft werden. Eine Methode, um schnell und mit vergleichbar niedrigen Kosten festzustellen, ob der an beliebiger Stelle vorhandene Wasserstoff für Brennstoffzellen (BZ) schädliche Konzentrationen der genannten Leitverunreinigungen enthält, ist die Verwendung von Klein-BZ als Sensor. Mittels geeigneter elektrochemischer Diagnostik könnte künftig online ermittelt werden, ob Verunreinigungen vorliegen und sehr wahrscheinlich auch Rückschlüsse auf Art und Quantität der Verunreinigungen getroffen werden. Im Projekt sollte deshalb versucht werden, in einigen Schlüsselexperimenten statistisch sicher die Machbarkeit grundsätzlich nachzuweisen.

Zur Steigerung der Akzeptanz der Wasserstofftechnologie in der öffentlichen Wahrnehmung soll ein Konzept für einen Infobereich erarbeitet und umgesetzt werden. Relevante Fachinformation sollen recherchiert und zusammengefasst werden.

## 2 Ergebnisse / Stand des Vorhabens

### 2.1 H<sub>2</sub>-Fueling Station Test Module (H<sub>2</sub>-FSTM)

Im Arbeitspaket 1 wurde, nach einer intensiven Angebotsphase mit mehreren potentiellen Partnern, mit der Theisen GmbH & Co KG (Ochtrup) als Unterauftragnehmer ein Probenentnahme-Abnahmesystem erarbeitet, geplant, erstellt und in Betrieb genommen. Das so aufgebaute Abnahmesystem wird im Folgenden als H<sub>2</sub>-FSTM (Hydrogen Fueling Station Test Module) oder FSTM bezeichnet.

Kernidee des Vorhabens ist es, mit der mobilen Apparatur zukünftig unter anderem Proben für die Qualitätsüberprüfung verschiedener Wasserstoffquellen zu generieren und Abnahmen von H<sub>2</sub>-Tankstellen nach SAE TIR J2601 (veröffentlicht 2010) und SAE J2601 (veröffentlicht 2014) durchzuführen. Insbesondere die Akzeptanz der Testapparatur durch die Partner der Clean-Energy-Partnership (CEP) ist zu gewährleisten.

Mit einer zugelassenen Überwachungsstelle (ZÜS) und der zuständigen Behörde für die mobile Apparatur wurde ein Konzept für die sichere Aufstellung und Betrieb abgestimmt. Insbesondere wurde zugestimmt, den gewählten, nach ECE79 zugelassenen Hochdrucktanktyp, für das nach Druckgeräterichtlinie zu bauende FSTM zu verwenden. Das H<sub>2</sub>-FSTM wurde von 12/2015 bis 01/2017 der Theisen GmbH, in einen Kfz-Anhänger eingepasst, aufgebaut.

Die sehr lange Bauzeit lag an der Verfügbarkeit der benötigten Kohlefaser-Hochdrucktanks („Typ IV“). Trotz bestehendem Liefervertrag verschob der kanadische Lieferant mehrfach den Lieferzeitpunkt, um dann im August 2016 wegen Problemen bei der Qualität des verwendeten Fasermaterials eine Lieferzeit „in 2017“ anzukündigen. Da die oben erwähnte, mit ZÜS und Behörde abgestimmte, Sicherheitsarchitektur auch das Fabrikat der Tanks mit einschloss, wurde nun eine Revision des Zulassungskonzepts nötig. Der Wechsel auf Typ-IV-Behälter vom sehr kooperativen Hersteller Hexagon Lincoln, mit Ventilbaugruppen der Firma Luxfer, machte letztlich auch einen Wechsel der ZÜS nötig. Das neue Konzept mit nun insgesamt vier Hochdrucktanks bedeutete für die Firma Theisen auch Mehraufwand an Komponenten und eine Neukonstruktion von Verrohrung und Befestigung auf der Waageneinheit. Die letzten Komponenten, die Anfang Januar 2017 gelieferten Ventilbaugruppen, wurden in kürzester Zeit implementiert. Dann wurden ausführliche Betriebstests am nun kompletten FSTM vorgenommen.

Die ZÜS, die die Neukonzeptionierung seit September 2016 begleitet hatte, prüfte im Januar 2017 schließlich die Dokumentation, das Sicherheits- und Funktionskonzept und die Hardware nach den Regeln der BetrSichV erfolgreich ab. Hervorzuheben ist der unermüdliche Einsatz der Theisen GmbH & Co KG, insbesondere Herrn Dipl.-Ing. Tottmann, der alle Hebel in Bewegung setzte und x-fach mit benannten Stellen, Lieferanten und Bundesstellen Lösungsmöglichkeiten suchte und schließlich fand.

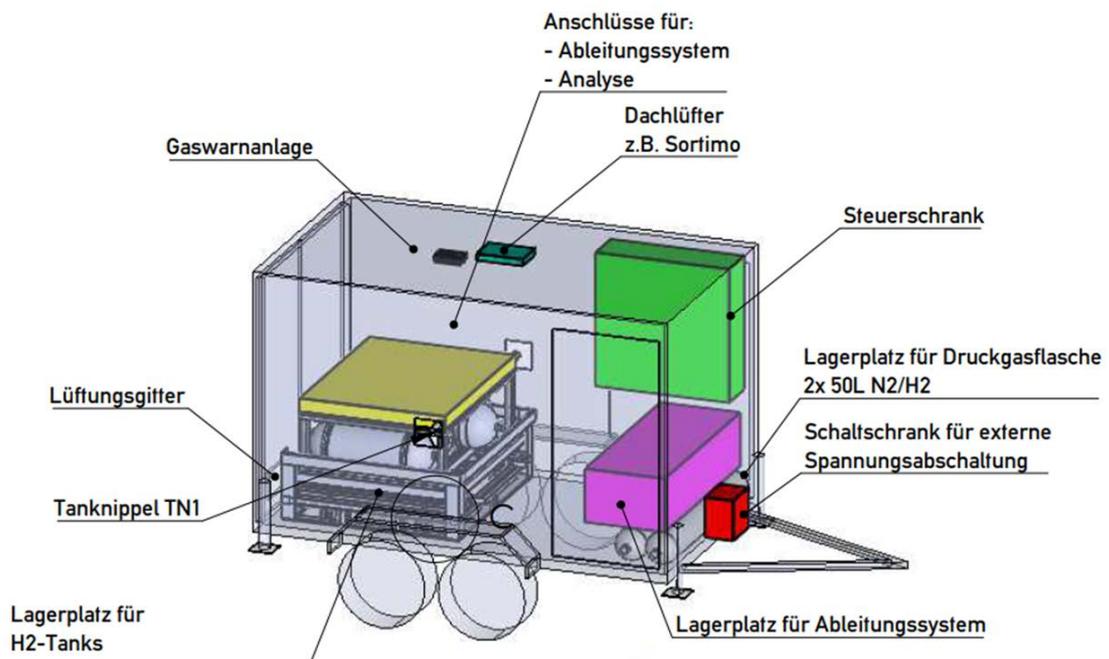


Abbildung 1: 3D-Konzeptansicht des H<sub>2</sub>-Fuel Station Test Module (H<sub>2</sub>-FSTM), hier noch die Version mit 3 Hochdruck-Behältern

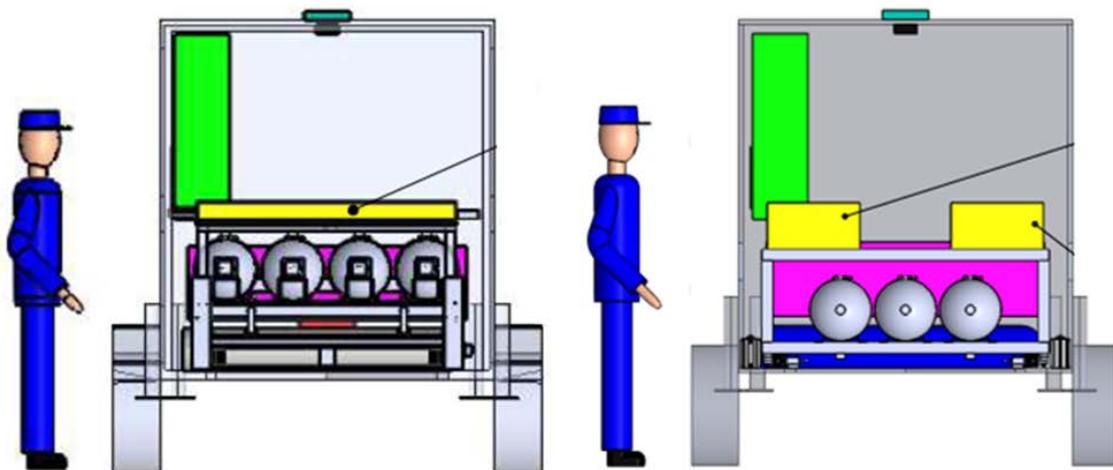


Abbildung 2: Links - neues Konzept mit 4 HD-Behältern, rechts ursprüngliches Konzept



Abbildung 3: Ansicht der fertiggestellten Waagen-Wasserstoff-Tankeinheit



Abbildung 4: Ansicht FSTM mit angeschlossener Ablasskamin für Wiederholmessungen

Die Bedienung der Anlage erfolgt ausschließlich durch unterwiesenes Personal. Mindestens einer der Mitarbeiter verfügt über eine Ausbildung und Beauftragung zur befähigten Person gemäß BetrSichV Anhang 2, Abschnitt 3 und 4. Bei der Aufstellung der Anlage an der H<sub>2</sub>- Tankstelle wird eine Prüfung der Aufstellung durch diese befähigte Person ausgeführt. Am ZSW wurden 2016 mehrtägige Kurse zur Ausbildung gemäß BetrSichV Anhang 2, Abschnitt 3 und 4, durchgeführt und anschließend durch die Geschäftsführung Mitarbeiter zu befähigten Personen für den Betrieb des FSTM bestellt.

### *Beschreibung der Funktionsweise des FSTM:*

Das drucktragende System wird dem eines Brennstoffzellen-Fahrzeugs nachempfunden. Der Betankungsstutzen und die Behälter entsprechen den Systemen, die in handelsüblichen Brennstoffzellen-Fahrzeugen verwendet werden.

Vor jeder Inbetriebnahme wird eine Dichtheitsprüfung durchgeführt. Die Verbindungen sind so ausgeführt, dass sie als dauerhaft technisch dicht anzusehen ist. Zur Überwachung während des Betriebs ist eine Gaswarnanlage vorgesehen. Der Anhänger verfügt über eine natürliche Be- und Entlüftung.

Die Behälter des FSTM werden im Versuchsbetrieb mit gasförmigen Wasserstoff bis zu einem Nenndruck von 700bar (maximal möglicher Fülldruck 875bar, temperaturabhängig) befüllt. Der Befüllungsprozess wird aufgrund verschiedener Betankungsmodi's mehrfach ausgeführt. Dabei werden die Betankungsdrücke, Betankungstemperaturen, Druckanstiegsraten sowie die IR-Kommunikation Tankstelle > < Fahrzeug protokolliert. Die Druckentlastung der Behälter erfolgt druck- und temperaturgesteuert über ein Ableitungssystem. Eine sichere Ableitung aller Austrittsstellen ist sichergestellt.

Für den Transport werden die Behälter bis zu einem zugelassenen Mindestdruck entleert. Rohrleitungen und Armaturen werden mit Stickstoff gespült und verschlossen. Die Neukonzeptionierung der Hardware im September 2016 hat keine Änderungen in der Betriebsweise zur Folge.

## **2.2 Brennstoffzelle als H<sub>2</sub>-Qualitätssensor**

Ziel des Arbeitspakets 2 war der Nachweis, dass durch elektrochemische Analysen geeigneter Brennstoffzellen das Vorhandensein von Schadstoffen im Wasserstoff ermittelt und zukünftig auch quantifiziert werden kann.

Die Detektion von Schadgasen wie zum Beispiel Kohlenmonoxid oder Schwefelverbindungen als Leitverunreinigungen in Wasserstoff in den sehr niedrigen zulässigen Bereichen der ISO 14687-2 (vgl. Tabelle 1) erfordert eine aufwändige Probenentnahme und Analytik. Gegenwärtig können nach Recherche des ZSW in Europa lediglich die Messlabore zweier großer Gaslieferanten die volle Bandbreite der Spurengase nach ISO erfassen, mit hohen damit verbundenen Kosten und hohem Zeitaufwand. Diese Tatsache macht es für weitere Gaslieferanten und die Anwender schwierig, lückenlose Nachweise der Erfüllung der geforderten Grenzwerte zu erhalten.

Eine Methode, um schnell und mit vergleichbar niedrigen Kosten festzustellen, ob der an beliebiger Stelle vorhandene Wasserstoff für Brennstoffzellen (BZ) schädliche Konzentrationen der genannten Leitverunreinigungen enthält, ist die Verwendung von Brennstoffzellen als Sensor. Mittels geeigneter elektrochemischer Diagnostik kann ermittelt werden, ob Verunreinigungen vorliegen und zukünftig auch Rückschlüsse auf Art und Quantität der Verunreinigungen gezogen werden. Dieses Prinzip kann als Onlinemonitor für die kostengünstige Überwachung der Wasserstoffqualität an Tank- und Abfüllstellen Anwendung finden.

Im Rahmen der Projektarbeit wurden elektrochemische Schlüsselversuche durchgeführt, die die Tauglichkeit spezieller Brennstoffzellen als H<sub>2</sub>-Qualitätssensor nachgewiesen haben. Das verwendete Material wurde aus ZSW Vorlaufforschungsmitteln finanziert. Zunächst wurden geeignete, kommerziell erhältliche Brennstoffzellen mit niedriger Katalysatorbeladung evaluiert und getestet. Eine Vorrichtung zur Dosierung kleiner Mengen an Schadstoffen, zunächst für den Hauptschadstoff CO, wurde realisiert. Dann wurden Vorversuche zu Temperaturbereichen und Betriebsbedingungen gefahren. In Abbildung 5 und Abbildung 6 sind schließlich die Ergebnisse der Schlüsselversuche dargestellt. Deutlich zu sehen ist die Temperaturabhängigkeit der Reaktion der Zellspannung auf die Dosierung unterschiedlicher Mengen von Kohlenmonoxid.

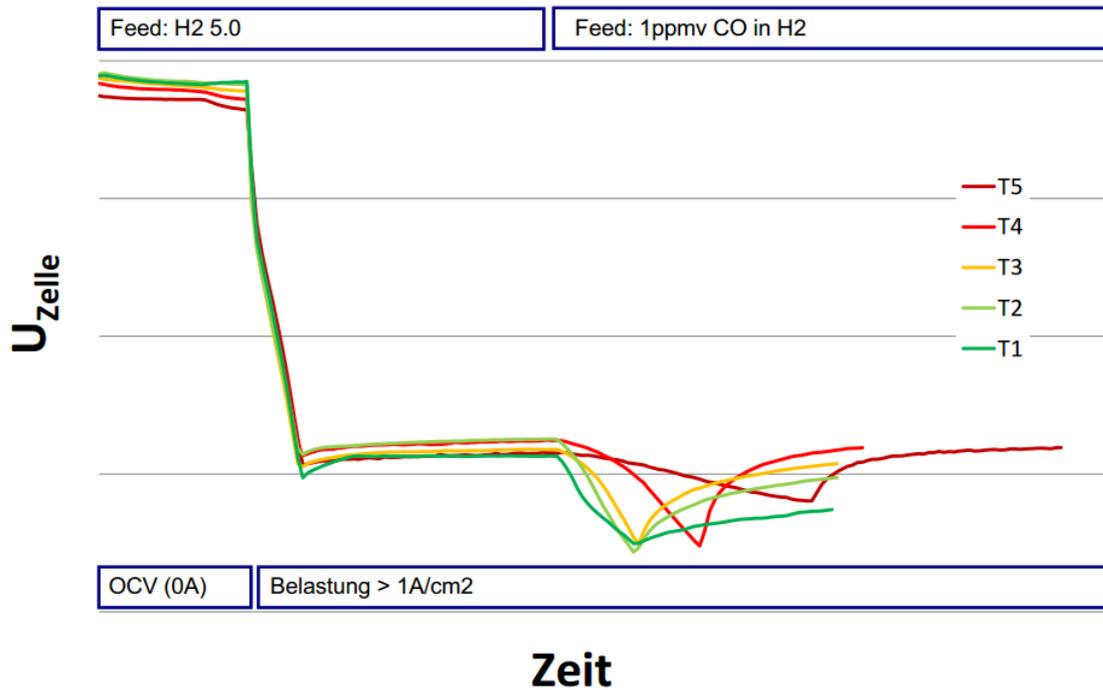


Abbildung 5: Zellspannung bei Aufgabe von 1ppmv CO in H<sub>2</sub> als gezielte Verunreinigung

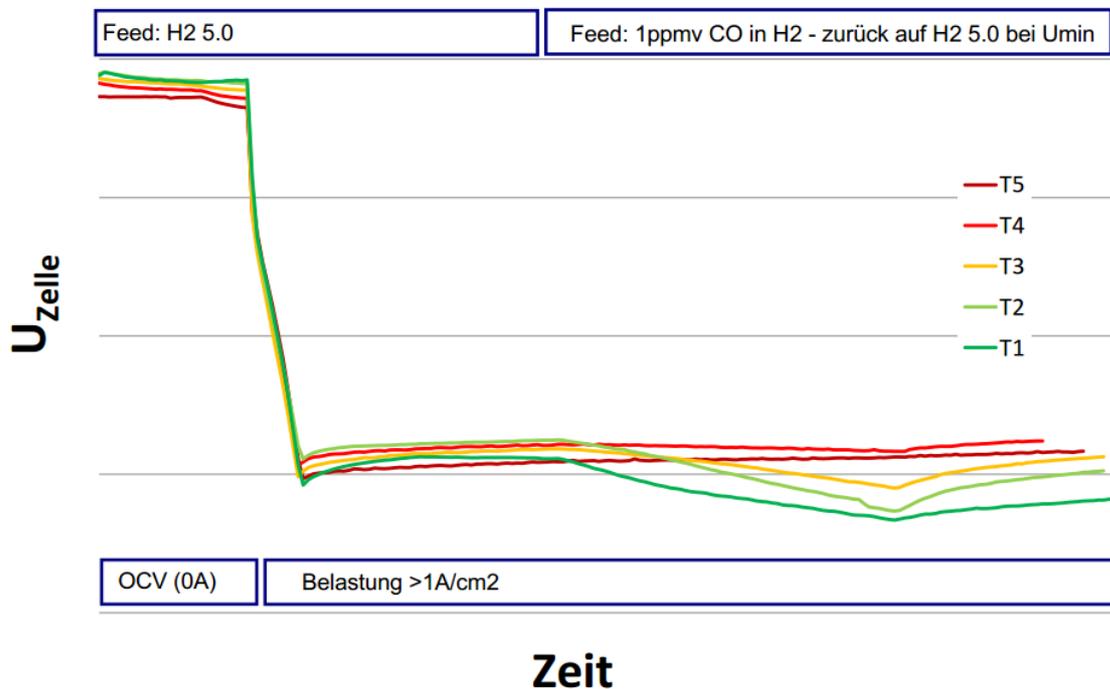


Abbildung 6: Zellspannung bei Aufgabe von 0,1ppmv CO in H<sub>2</sub> als gezielte Verunreinigung

Auf Basis dieser Grundversuche wird in nachfolgenden Tests die Sensitivität auf andere Schadstoffe ermittelt und der Versuch der Quantifizierung durch weitere elektrochemische Methoden unternommen. Die Tauglichkeit sensibler Brennstoffzellen als H<sub>2</sub>-Qualitätssensor wurde nachgewiesen.

## 2.3 Analysegeräte zur Messung der Wasserstoffqualität

Bei Herstellung und Transport von Wasserstoff können Verunreinigungen, wie beispielsweise durch Kohlenmonoxid, auftreten. Diese können die Lebensdauer von Brennstoffzellen beeinträchtigen. Die zulässigen Grenzwerte sind unter anderem in der SAE J2719 / ISO 14687-2 (vgl. Tabelle 1) definiert.

Im Rahmen des Arbeitspakets 3 wurde ein zur Analyse der sehr niedrigen Grenzwerte dieser Bestandteile in Wasserstoff geeigneter Gasanalysator der Firma Perkin Elmer beschafft und in Betrieb genommen. Insbesondere der den GC-Säulen nachgeschaltete, hochsensible DID-Sensor (Funktion über He-Plasma) ermöglicht die Spurenanalyse der wesentlichen Komponenten. Zusätzlich ist die Analyse von H<sub>2</sub>S über den installierten FPD-Sensor (Flammenphotometrisch).

Nicht aus Projektmitteln wurde ein kapazitiver Sensor der Fa. Michell beschafft, der niedrige Wassergehalte bis unter 1ppm<sub>v</sub> (Taupunkt -100°C) ermitteln kann. Für die Messung des geforderten Grenzwertes von Helium (300ppm) wird ein vorhandener Mikro GC eingesetzt, da dieser einen Kanal anstatt mit dem üblichen Trägergas Helium mit Argon betreibt und dadurch die He-Analyse überhaupt möglich ist.

Der Gasanalysator Perkin Elmer Clarus 580 GC ist seit November 2015 im Probe- und seit Juni 2016 im Normalbetrieb. Er kann einen Großteil der obigen Anforderungen an die Wasserstoffqualität detektieren. Die Analyse erfolgt über separate Messläufe für Permanentgase und CO<sub>2</sub>. Der Nachweis von H<sub>2</sub>S erfordert zusätzliche Mess- und Kalibrierläufe. Die bisherigen Erfahrungen mit dem Gerät sind durchweg positiv und lassen den Rückschluss zu, dass die herstellerseitigen Angaben zu den Nachweisgrenzen eingehalten werden. Nicht zu unterschätzen ist der Aufwand und der kompetente Umgang mit hochreinen Betriebsgasen für den GC und der Einsatz von sich verbrauchenden, beheizten Reinigungseinheiten, sogenannten Purifiern, für diese Gase. Notwendige Prüfgase wurden beschafft, deren Gehalte an Spurengas in Wasserstoff die Gaseindustrie an die Grenzen Ihrer Herstelltoleranzen brachten und entsprechend kostenintensiv zu beschaffen waren.

Daneben wurden für die Aufgabenstellung notwendige Gasprobenbehälter und Instrumentierung zur fehlerfreien Probenübergabe an den Analysator beschafft. Es wurden Behälter für die Analyse der sogenannten CEP-Mindestanforderung (H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, He, N<sub>2</sub>, Ar, CO<sub>2</sub>, CO gem. Tabelle 1) aus geeignetem Material (Aluminium-Behälter mit Edelstahl-Flaschenventil) beschafft. Für die künftige Analyse von S-Komponenten wurden eigens speziell beschichtete Behälter, Fittings und Rohrleitungen beschafft, die eine Adsorption dieser Komponenten auf der Materialoberfläche verhindern sollen. Der Bereich der Probenaufgabe auf die Messgeräte wurde ebenfalls mit beschichteten Komponenten ausgeführt.

Eine grundlegende Methodik zur Probenentnahme und Analyse wurde erarbeitet. In folgenden Arbeiten wird diese Methodik weiter verifiziert und verfeinert.

Tabelle 1 stellt die Möglichkeiten der ZSW Gasanalytik den erwähnten Grenzwerten gegenüber (siehe Folgeseite)

Tabelle 1: Anforderungen an die Wasserstoffqualität und Messgrenzen der neuen ZSW Gasanalytik

	Grenzwert ISO 14687-2 + SAE J2719	Neu beschaffte Analytik (vorläufig ermittelte Messgrenzen mit kommerziell erhältlichen Kalibriergasen)
<b>Analyt</b>	in ppm <sub>v</sub>	in ppm <sub>v</sub>
H <sub>2</sub> O	5	1 (bereits existierender kapazitiver Sensor)
Kohlenwasserstoffe	2	keine Σ-Bestimmung, CH <sub>4</sub> 0,2 ppm <sub>v</sub> (GC neu)
O <sub>2</sub>	5	0,1 (GC neu)
He	300	1 (bereits existierender Mikro GC)
N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> +Ar <100	2,5 (GC neu)
Ar	N <sub>2</sub> +Ar <100	0,5 (GC neu)
CO <sub>2</sub>	2	0,9 (GC neu)
CO	0,2	0,2 (GC neu)
Gesamtschwefel	0,004	keine Σ-Bestimmung, H <sub>2</sub> S 0,1 ppm <sub>v</sub> *(GC neu)
Formaldehyd	0,01	n/s
Ameisensäure	0,2	n/s
Ammoniak	0,1	n/s
Gesamt Halogenkomp.	0,05	n/s

\* bisher noch keine Analyse im ppm-Bereich durchgeführt

Mit dem beschafften Equipment und einem von der Fa. Daimler zur Verfügung gestellten Tankstellenadapter („H<sub>2</sub>-Qualitizer“) wurden bereits etliche Tankstellenproben in ganz Deutschland genommen und analysiert. Beispielsweise wurden im Rahmen einer von der Clean Energy Partnership beauftragten Testkampagne von Juli bis September 2016 gemeinsam mit dem ZBT Duisburg deutschlandweit 20 Wasserstoffproben genommen und alle am ZSW analysiert.

## 2.4 Informationsbereich

Im Arbeitspaket 4 wurde ein öffentlichkeitswirksamer Informationsbereich an der im Juli 2016 eröffneten Ulmer Wasserstofftankstelle umgesetzt. Das Konzept wurde von der ZSW Öffentlichkeitsarbeit in Zusammenarbeit mit einer Grafik-Agentur erstellt und die Inhalte mit den beteiligten Partnern Daimler, Linde, Total und der CEP abgestimmt. Es wurde darauf geachtet, die Zusammenhänge der Wasserstoff-Elektromobilität mittels aussagekräftiger Grafiken und wenig Text darzustellen (Abbildung 8). So kann die interessierte Laufkundschaft ebenso wie Publikum bei Führungen oder Weiterbildungsveranstaltungen rasch die Vorteile der neuen Technologie erfassen, ohne mit Fakten erschlagen zu werden.

Im hinteren Bereich der Tankstelle wurde eine von Daimler beauftragte Stele zur Beschreibung der installierten Messanalytik fachlich begleitet und der Standort auf ZSW-Gelände freigegeben. Schulungs- und Fachinformationen wurden von Mitarbeitern des ZSW zusammengestellt.



Abbildung 7: Ulmer Wasserstofftankstelle am ZSW mit Brennstoffzellen-Fahrzeug Daimler FCell



Abbildung 8: Informationsbereich an der Ulmer Wasserstofftankstelle

Zur Steigerung der Akzeptanz in der Bevölkerung wurde seitens ZSW intensive Pressearbeit betrieben. Die, in Zusammenarbeit mit den Partnern Daimler, Linde, Total und CEP am 15. Juli 2016 veröffentlichte Presseinformation erzielte ein großes Medienecho, siehe auch Kapitel 4 (Anhang 1).

<https://www.zsw-bw.de/presse/aktuelles/detailansicht/news/detail/News/wasserstoff-tanken-jetzt-in-ulm-moeglich.html>

Zum Abnahmegerät FSTM aus AP1 wurde, ebenfalls am 15. Juli 2016, eine ZSW Presseinformation „ZSW entwickelt Prüftechnik für Wasserstoff-Tankstellen“ lanciert; Presseecho Kapitel 4 (Anhang 2).

<https://www.zsw-bw.de/presse/aktuelles/detailansicht/news/detail/News/brennstoffzellenautos-zuverlaessig-und-schnell-betanken.html>

Externe Anfragen ans ZSW, teilweise rein informativ, teilweise zu potentiellen Vorstellungen über Entwicklungskooperationen- und Aufträge, stiegen nach den Publikationen spürbar an.

### 3 Zeitplan / Kurzfassung

#### 3.1 Zeitplan

Aufgrund der oben beschriebenen Lieferschwierigkeiten für Komponenten des Abnahmesystems wurde das Projekt in mehreren Stufen bis zum 31. Januar 2017 verlängert. Dadurch wurde ein trotz aller Widrigkeiten erfolgreicher Abschluss des AP1 ermöglicht. Nicht entscheidend war die Eröffnung der Wasserstofftankstelle Ulm im Juli 2016 und die dadurch verzögerte Abarbeitung des AP4.

Im Arbeitspaket 1 wurde die Zulassung, Inbetriebnahme und Übergabe des Hydrogen Fuel Station Test Module (H<sub>2</sub>-FSTM) ans ZSW im Januar 2017 erfolgreich beendet.

Die Arbeitspakete 2 (Schlüsselexperiment für Brennstoffzelle als Sensor), AP3 (Beschaffung und Inbetriebnahme von Analytik und Probenentnahmeequipment) und AP4 (Öffentlichkeitsarbeit) wurden bereits 2016 vollständig abgeschlossen.

	2015			2016				2017
	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Jan
<b>AP1 Probenentnahme-Abnahmesystem [H2-FSTM]</b>								
<b>AP2 Brennstoffzelle als Sensor für H2-Qualität</b>								
<b>AP3 Beschaffung/Inbetriebnahme Gasanalytik</b>								
<b>AP4 Öffentlichkeitsarbeit</b>								

Abbildung 9: finaler Zeitplan des Projektes

## 3.2 Kurzzusammenfassung

Wasserstoff (H<sub>2</sub>) als Energieträger ist regenerativ in großen Mengen wirtschaftlich herstellbar und dient unter anderem als Kraftstoff für Brennstoffzellen-Fahrzeuge. Aufgrund des hohen Energieinhaltes von H<sub>2</sub> und des einfachen Betankungsvorganges (Druckgas) zeichnen sich Brennstoffzellen-Fahrzeuge durch hohe Reichweiten aus. Das Betanken dauert nur wenige Minuten. 2016 waren in Deutschland bereits drei BZ-Fahrzeugtypen erhältlich. Mitentscheidend für die Markteinführung von BZ-Fahrzeugen ist der Aufbau eines H<sub>2</sub>-Tankstellen-Netzes. Bis 2018/19 soll die Anzahl an H<sub>2</sub>-Stationen bundesweit auf 100 Zapfsäulen ausgebaut werden. Eine davon ging im Juli 2016 am ZSW in Ulm in Betrieb.

Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung (ZSW) wurde durch die im Projekt BWH15001 geförderten Investitionen in zukunftsfähige Geräte in die Lage versetzt, den Aufbau von Wasserstoffinfrastruktur in Baden-Württemberg und darüber hinaus nachhaltig zu unterstützen.

Schwerpunkt der Forschung war die Überwachung, Abnahme und Optimierung der Betankungsqualität von H<sub>2</sub>-Tankstellen gemäß SAE J2601 durch ein Abnahmesystem (Fueling Station Test Module - FSTM): H<sub>2</sub>-Tankstellen („Hydrogen Refuelling Stations“ - HRS) werden vor der Erstinbetriebnahme abgenommen und danach regelmäßig überprüft. Das ZSW wird mit dem im Rahmen dieses Projektes entwickelten und beschafften Gerät zukünftig die Abnahme der Betankungsqualität nach der weltweit für HRS angewandten Richtlinie SAE J2601 anbieten. Zusätzlich wird die betankte H<sub>2</sub>-Menge erfasst und somit ein Beitrag zur Entwicklung einer eichfähigen Mengenummessung geleistet. Weiterhin ist die Möglichkeit enthalten, H<sub>2</sub>-Proben für die Laboranalyse zu entnehmen.

Wasserstoff kann für Brennstoffzellen schädliche Verunreinigungen in kleinsten Mengen enthalten (z.B. Kohlenmonoxid CO). Zulässige Grenzwerte im Bereich Parts per Million (ppm) oder gar Parts per Billion (ppb) sind in der ISO 14687-2 definiert, können bislang aber noch von keinem unabhängigen Labor in Deutschland nachgewiesen werden. Am ZSW wurde aufwändige Messtechnik für diese Spurenanalyse beschafft, mit der ein wichtiger Teil dieser niedrigen Grenzwerte für die Wasserstoffqualität im Anlieferzustand, bei Entnahme und bei Abgabe an den Fahrzeugantrieb nachweisbar ist.

Die Überprüfung eines Konzeptes zur schnellen und einfachen Online-Bewertung der Wasserstoffqualität hinsichtlich Brennstoffzellentauglichkeit wurde erfolgreich bearbeitet. Eine auf Schadanteile im Wasserstoff hochsensitive Brennstoffzellen-MEA (Membrane Electrode Assembly) wurde identifiziert. Der Einfluss der Betriebsparameter auf die Sensitivität gegen den Hauptschadstoff CO wurde quantifiziert und ein für den Sensorbetrieb optimaler Bereich definiert.

Zur Steigerung der Akzeptanz der Wasserstofftechnologie in der öffentlichen Wahrnehmung wurde an der im Juli 2016 eröffneten Wasserstofftankstelle ein Infobereich konzeptioniert und umgesetzt.

### 3.3 Kurzzusammenfassung in englischer Sprache

Hydrogen (H<sub>2</sub>) as an energy carrier is economically producible regenerative in large quantities and serves among other things as fuel for fuel cell vehicles. Owing to the high energy content of H<sub>2</sub> and the simple refuelling process (compressed gas), Fuel Cell (FC) vehicles are characterized by high reach. Refuelling takes only a few minutes. In 2016 three BZ vehicle types were already available in Germany. The development of a H<sub>2</sub> filling station network is a key factor in the market introduction of FC vehicles. By 2018/19, the number of H<sub>2</sub> stations across Germany will be expanded to 100 filling stations. One of them went into operation in July 2016 at the ZSW in Ulm.

The Center for Solar Energy and Hydrogen Research (ZSW) was enabled by the investments in future-oriented equipment funded in project BWH15001 to sustainably support the development of hydrogen infrastructure in Baden-Württemberg and beyond. The main focus of the research was the monitoring, acceptance and optimization of the fuelling quality according to SAE J2601 from hydrogen filling stations through a Test-Device named Fueling Station Test Module – FSTM.

Hydrogen Refuelling Stations (HRS) are approved prior to initial commissioning and then regularly checked. With a device developed and procured within the scope of this project, the ZSW will be able to offer the approval of the refuelling quality according to the SAE J2601 directive, which is applied worldwide for HRS. In addition, the quantity of H<sub>2</sub> injected is recorded and thus a contribution to the development of a verifiable quantity measurement can be provided. Furthermore, it is possible to extract H<sub>2</sub> samples for laboratory analysis.

Hydrogen may contain deleterious contaminants for fuel cells in small amounts (e.g., carbon monoxide CO). Permissible limits in the parts per million (ppm) or even parts per billion (ppb) -range are defined in ISO 14687-2. Today there is no independent laboratory in Germany to verify those limits. At the ZSW, sophisticated measuring technology was obtained for this trace analysis, with which an important part of these low limit values for the hydrogen quality can be verified in the delivery state, during removal and delivery to the vehicle drive.

The review of a concept for quick and easy online evaluation of the hydrogen quality with regard to fuel cell compatibility is also project content and has already been successfully processed in the last reporting period. A, for harmful substances in the hydrogen, highly sensitive Fuel Cell – Membrane Electrode Assembly (MEA) was identified. The influence of the operating parameters on the sensitivity to the main pollutant CO was quantified and an optimum range for the sensor operation was defined.

In order to increase the acceptance of hydrogen technology in public perception, an information area was conceptualized and implemented at the hydrogen filling station opened in July 2016.

## 4 Anhang

### Anhang 1 Presseecho zur Eröffnung der Ulmer H<sub>2</sub>-Tankstelle

#### Deutsche Medien

medium	author	title	scope / visits *	country	date
autohaus.de	rp/mid	Zwei neue Wasserstoff-Tankstellen	108.600	DE	28.07.2016
der-medienberater.de	Leonhard Fromm	Wasserstofftankstelle am ZSW in Ulm eröffnet	n/a	DE	21.07.2016
b4baden-wuerttemberg.de	n/a	Wasserstofftankstelle am ZSW eröffnet	29.000	DE	20.07.2016
sprit-plus.de	ms	21. Wasserstofftankstelle eröffnet	n/a	DE	18.07.2016
taxi-heute.de	Dietmar Fund	Daimler, Linde und Total bieten in Ulm Wasserstoff an	3.100	DE	22.07.2016
pt-magazin.de	Leila Haidar	Erste Wasserstoff-Tankstelle in Ulm	n/a	DE	22.07.2016
energiespektrum.de	n/a	Wasserstoff im Tank	n/a	DE	19.07.2016
green-motors.de	n/a	Wasserstoff: Neue H <sub>2</sub> -Tankstelle in Ulm/BW eröffnet	n/a	DE	18.07.2016
newfleet.de	Julia Zielonka	Wasserstoff tanken in Ulm möglich	n/a	DE	18.07.2016
mercedes-benz-passion.de	Michael Jordan	Nun auch in Ulm Wasserstoff tanken	133.400	DE	15.07.2016

## Internationale Medien, Auszug

medium	author	title	scope / visits*	country	date
ngvjournal.com	n/a	Daimler, Linde and Total open new public hydrogen station in Germany	n/a	USA	19.07.2016
petrolplaza.com	Daniel Infante Tuaño	Germany expands hydrogen pump network	17.400	USA	20.07.2016
greencarcongress.com	n/a	Hydrogen refueling station in Ulm opens; 21 HRS now in Germany	155.200	USA	15.07.2016
hibridosyelectricos.com	Alberto Miguel	La red de estaciones de hidrógeno continúa creciendo en Alemania	92.500	ES	23.07.2016
hydrogentoday.info	Laurent Meillaud	Hydrogen network expanding in Germany	n/a	UK	15.07.2016
forecourtrader.co.uk	John Wood	Hydrogen provision growing in Germany	n/a	UK	22.07.2016
automotiveworld.com	n/a	Hydrogen refueling now possible in Ulm	82.600	UK	15.07.2016
erpecnewslive.com	n/a	Hydrogen refueling now possible in Ulm Germany	n/a	UK	18.07.2016
hydrogenfuelnews.com	n/a	Linde and Daimler continue work to expand Germany's hydrogen fuel infrastructure	37.000	USA	20.07.2016

\*reference: scope print: media data, visits online: estimated traffic within the last 30 days (sources: www.iww-online.de; www.trafficestimate.com)

## Anhang 2 Presseecho zu PI Abnahmegerät und HRS Eröffnung

- Auszug -

Automobil Industrie vom 04.08.2016 <b>Prüfgerät für Wasserstoff-Tankstellen</b>	1
Autoflotte Online vom 29.07.2016 <b>Zwei neue Wasserstoff-Tankstellen</b>	2
Mercedes Fans vom 29.07.2016 <b>Alternative Kraftstoffe, Neue Wasserstoff-Tankstelle &amp; Mercedes-Benz GLC als Plug-In-F-Cell</b>	3
tankstellenWelt vom 29.07.2016 <b>Wasserstoff tanken in Ulm</b>	4
springerprofessional.de vom 28.07.2016 <b>Prüftechnik für Wasserstofftankstellen</b>	5
Autohaus online vom 28.07.2016 <b>Zwei neue Wasserstoff-Tankstellen</b>	6
EUWID Neue Energie vom 27.07.2016 <b>ZSW entwickelt Prüftechnik für Wasserstoff-Tankstellen</b>	7
taxi heute online vom 22.07.2016 <b>Daimler, Linde und Total bieten in Ulm Wasserstoff an</b>	8
ee-news vom 22.07.2016 <b>ZSW: Entwickelt Prüftechnik für Wasserstoff-Tankstellen</b>	9
B4Bbaden-wuerttemberg.de vom 20.07.2016 <b>Wasserstofftankstelle am ZSW eröffnet</b>	10
MK Mittwoch, S Süd vom 20.07.2016 <b>Brennstoffzellenautos zuverlässig und schnell betanken</b>	11
Autosieger.de vom 19.07.2016 <b>Daimler, Linde und Total setzen Wasserstoff-Infrastrukturausbau auch in Ulm fort</b>	12
energiespektrum.de vom 19.07.2016 <b>Wasserstoff im Tank</b>	13

Detailauswertung, Beispiele

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)			
 			
<b>Automobil Industrie</b>		<b>Suchbegriff:</b> ZSW - Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg	
04.08.2016	<b>Verbreitete Auflage:</b>	10.458	<b>Anzeigenäquivalenz:</b>
Fachzeitschrift / 10 x jährlich	<b>Reichweite:</b>	58.042	Seite: 15 / Seitenmitte

MA\*\_92285327

**Prüfgerät für Wasserstoff-Tankstellen**

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)			
<b>springerprofessional.de</b>		<b>Suchbegriff:</b> ZSW - Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg	
28.07.2016	<b>Page Impression:</b>	643.179	<b>Anzeigenäquivalenz:</b>
Internet-Publikation / täglich	<b>Reichweite:</b>	7.337	

MA\*\_91866927

**Prüftechnik für Wasserstofftankstellen**

Brennstoffzellen-Fahrzeug tankt an der Wasserstoff-Tankstelle am ZSW in Ulm. ZSW Neue Antriebsstrang-Technologie von BorgWarner bietet zahlreiche Vorteile für Hersteller und Fahrer. Fast so lange wie es Autos gibt, bildet die Verwendung von Differentialgetrieben zur Anpassung der Raddrehzahlen ...

[Zum Internet-Beitrag](#)

