



AUSBAU TESTSTAND FÜR WASSERSTOFF- BETRIEBENE BRENNSTOFFZELLEN

EINZELZELLEN UND KLEINE LEISTUNGEN

Schlussbericht 2010

Autor und Koautoren	Michael Höckel, Thomas Häni
beauftragte Institution	Berner Fachhochschule
Adresse	Quellgasse 21
Telefon, E-mail, Internetadresse	0323216416
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	103375 / 154454
BFE-Projektleiter	Stefan Oberholzer
Dauer des Projekts (von – bis)	1.Nov.2009 – 31.Dez.2010
Datum	2.12.2010

ZUSAMMENFASSUNG

Die Brennstoffzellengruppe der BFH-TI hat in Jahr 2008 einen Teststand für PEM-Brennstoffzellen im Leistungsbereich zwischen $100W_e$ und $1kW_e$ entwickelt, welcher modulartig aufgebaut ist und flexibel über LabView programmiert werden kann. Im Folgeprojekt wird dieser Teststand um einen weiteren Tisch auf den Leistungsbereich $10W_e$ und $100W_e$ erweitert.

Es wurde ein Anlagenkonzept erarbeitet und umgesetzt in welcher die vorhandene Infrastruktur optimal genutzt wird und die Funktionalität des bestehenden Teststandes vollumfänglich gewährt bleibt. Alle Elemente des Gassystems wurden derart aufeinander abgestimmt, dass der Teststand nun parallel über eine volle Dekade tiefer genutzt werden.

Die Inbetriebnahme erfolgte im November und die BFH hat nun einen Teststand für PEM-Brennstoffzellen im Leistungsbereich von 10 W bis 1 KW zur Verfügung, wobei zwei unterschiedliche Stacks parallel und unabhängig voneinander im unbemannten Dauertest betrieben werden können.

Projektziele

Das Ziel des Projektes ist die Erweiterung des BFH-TI Teststandes um Funktionalitäten, welche in Zusammenhang mit der Vermarktung des IHPOS – Systems gefordert werden.

Im den Jahren 2007 und 2008 wurde das Testlabor, welches bislang auf den Test von PEM-Brennstoffzellenstacks im kW-Bereich für den Einsatz von reinem Wasserstoff als Anodengas ausgelegt war, um einen Teststand erweitert (BFE Projekt-/Vertrag-Nummer 101934 / 152387). Neuere Entwicklungen in der Reformattechnik zeigen, dass zunehmend mit dem Einsatz von reformierten und damit unreinen Gases auch in PEM-Brennstoffzellensystemem mit kleinerer Leistung gerechnet werden muss. Da die Zusammensetzung des Anodengases recht unterschiedlich sein kann, müssen PEM-Stacks insbesondere der IHPOS-Stack mit Gasgemischen getestet und gegebenenfalls darauf optimiert werden können, wobei ein Höchstmass an Flexibilität bei der Gemischzusammensetzung erreicht werden muss. Aus diesem Grund wurde 2007 und 2008 an der BFH ein neuer Teststand mit einer Gasmischanlage für einen Leistungsbereich von 100 W bis 1 kW aufgebaut.

Da die Eignung der Stackkonzepte diverse Gaszusammensetzungen bereits in einer frühen Entwicklungsphase berücksichtigt werden muss, ist der Teststand der BFH-TI für Stackleistungen von 100 We bis 1 kWe im unteren Kleinleistungsbereich zu erweitern. Der Teststand wird nun dahingehend ausgebaut, dass bereits kleine Teststapel bzw. einzelne Zellen mit einer elektrischen Leistung von 10We bei einer ausreichenden Genauigkeit der Gasflüsse (< 1%) und bei variabler Gasbefeuchtung und Gaszusammensetzung getestet werden können.

Der Umbau wird derart ausgeführt, dass ein Betrieb der Anlage ohne grössere Unterbrüche möglich ist, sodass die bestehende Testinfrastruktur uneingeschränkt nutzbar bleibt.

Der bestehende Teststand wird um ein auf geringere Durchflüsse und Leistungen ausgelegtes Gassystem erweitert. Dieses wird auf einem weiteren Tisch auf der anderen Seite des Steuerracks positioniert. Es werden Komponenten derjenigen Hersteller verwendet, welche sich bereits bei der Evaluation für den ersten Teststand als optimal erwiesen haben. Damit kann der Planungs- und Programmieraufwand möglichst gering gehalten werden.

Dabei ist es möglich wichtige bereits vorhandene Komponenten doppelt zu nutzen, wodurch Ressourcen eingespart werden können. Die mögliche Erweiterung wurde bereits beim Aufbau des Steuerracks berücksichtigt.

Beide Gassysteme sind allerdings unabhängig voneinander betreibbar, sodass die Erweiterung aus Sicht der Nutzung als zweiter Teststand für kleinere Leistungen angesehen werden kann.



Figur 1: Teststand für 10W_e – 1 kW_e mit Gassystem (l 100W-1kW; r 10W-100W), Elektrickrack (m)

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Der in einem früheren Projekt entwickelte 0.1-1kW_e Teststand wurde so aufgebaut, dass Erweiterungen ohne grössere Umbauarbeiten möglich sind. Aus diesem Grund konnte der 10-100W_e Brennstoffzellenteststand einfach eingebunden werden. Verdrahtung, Aufbau sowie Schnittstellen waren derart konzipiert, dass der zweite Teststand an die Steuerung angeschlossen und nach Softwareanpassungen in Betrieb genommen werden konnte.

Der neue 10-100W_e Teststand ist im Grunde genommen gleich aufgebaut wie der 0.1-1kW_e Teststand. Es ist möglich das Kurzzeitverhalten in verschiedenen Betriebszuständen und unter verschiedenen Betriebsbedingungen sowie sein Langzeitverhalten bei unterschiedlichen Betriebsstrategien mit dynamischen Belastungen darzustellen. Dabei werden alle wesentlichen Betriebsparameter aufgenommen, in geeigneter Form dargestellt und für eine spätere Analyse archiviert. Um eine Beschädigung der Testobjekte zu verhindern und den sicheren Betrieb der Testumgebung zu gewährleisten, sind geeignete Abschaltbedingungen implementiert worden. Ein unbemannter Dauerbetrieb der Anlage ist somit möglich.

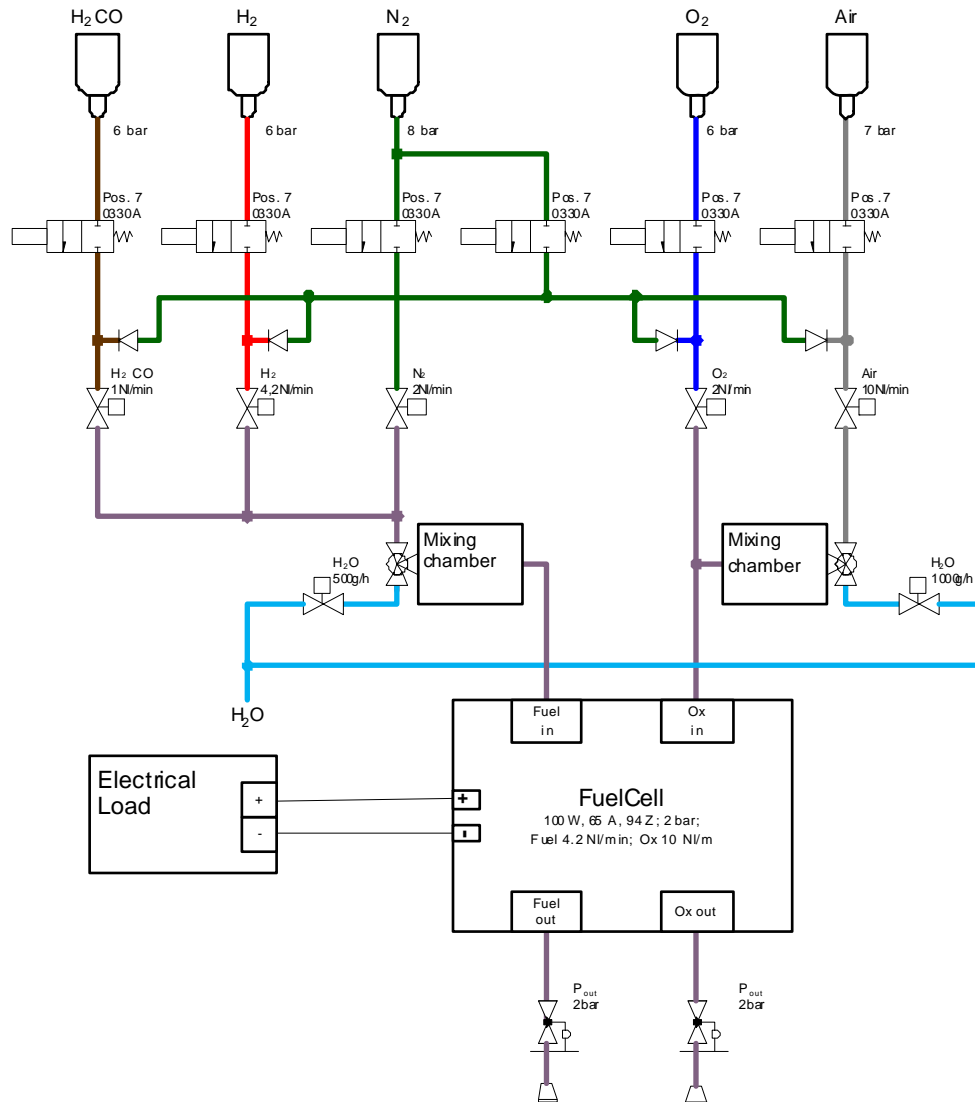
Die Steuerung des Teststandes wurde mit dem Softwaretool LabView programmiert. Die Signalübertragung erfolgt über ein PXI-System der Firma National Instruments.

Der Teststand ist modular aufgebaut und besteht aus zwei Messtisch und einem Steuerungsrack. Alle Elemente sind über trennbare Anschlussblöcke verbunden und können unabhängig voneinander verschoben werden.

Die Inbetriebnahme und Überprüfung des Teststandes erfolgte mit einem luftgekühlten Brennstoffzell mit 20 Einzelzellen sowie einem wassergekühlten 4-Zellenstack.

Das Gassystem

Dem Teststand werden wahlweise als Anodengas reiner Wasserstoff oder ein wasserstoffhaltiges Gasgemisch, als Kathodengas Luft oder Sauerstoff und als inertes Gas Stickstoff zugeführt. Die Luft wird trocken aus der hauseigenen Kompressoranlage mittels Gasreinigungs- und Gastrocknungsanlage in einem Speicherbehälter bereitgestellt während alle anderen Gase in Standarddruckflaschen vorgehalten werden. Die Abgase werden über eine Entwässerungseinrichtung ausserhalb des Labors an die Umgebung abgegeben. Eingangsseitige Schaltventile sorgen für eine sichere Abschaltung der Prozessgase mit einer anschliessenden Flutung der Anlage mit Stickstoff.



Figur 2: Gasschema 100W Teststand

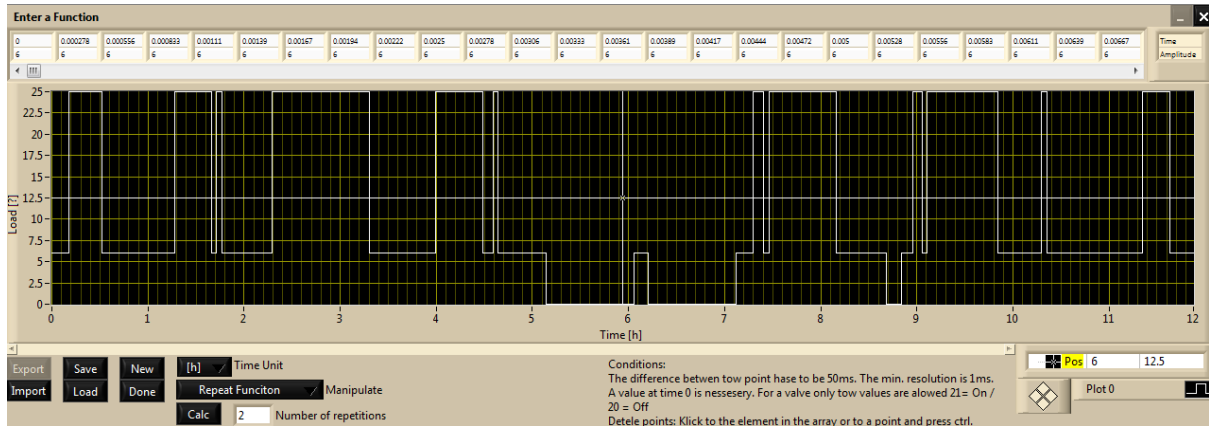
In der Standardkonfiguration lässt sich der Gasfluss auf das Testobjekt mittels eingangsseitigen Durchflussreglern einstellen, während der Betriebsdruck über die ausgangsseitigen Druckregler unabhängig vom Durchfluss auf dem gewünschten Sollwert gehalten wird. Allerdings können auch weitere vordefinierte Betriebsarten wie beispielsweise Dead-End Betrieb simuliert werden.

Die Anodengase können mittels der eingangsseitigen Durchflussreglern in weiten Grenzen miteinander vermischt werden. Zudem lässt sich Stickstoff beimischen, wodurch ein Betrieb mit Reformatgas unterschiedlicher Reststoffkonzentration eingestellt werden kann.

Den Betriebsgasen können mittels CEM-Befeuchter genau dosierbare Wassermengen zugeführt werden. Die Befeuchter sind derart ausgelegt, sodass auch bei maximalem Gasdurchfluss und der typischen Betriebstemperatur von PEM-Brennstoffzellen diese mit gesättigtes Reaktionsgases betrieben werden können.

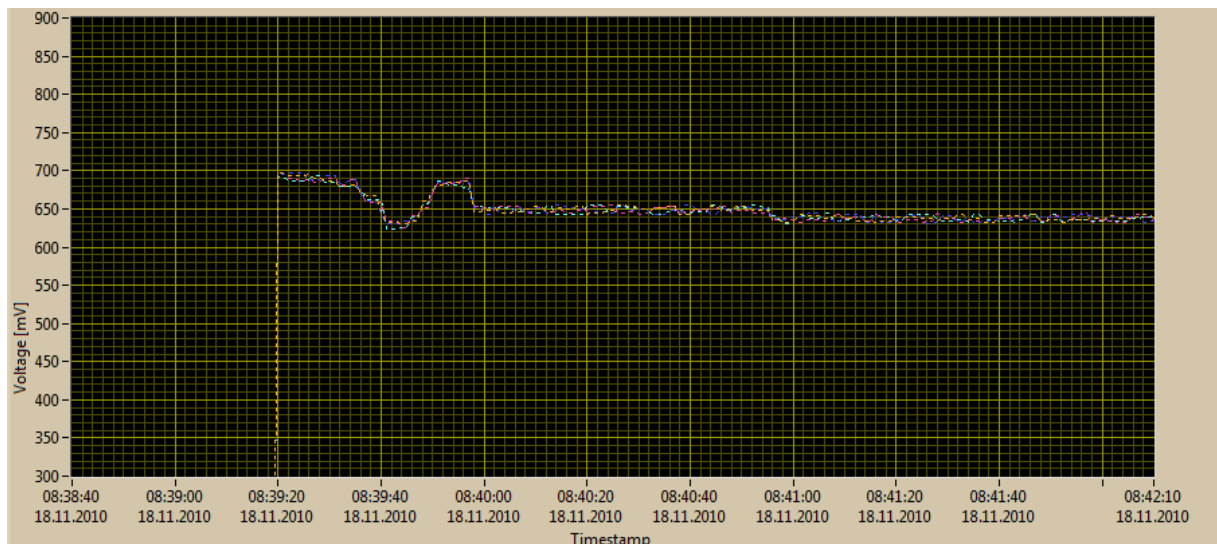
Peripheriekomponenten

Der 100W_e Teststand ist mit einer 400W Last ausgerüstet, welche in das Steuerungsprogramm eingebunden ist. Es können unterschiedliche Belastungsarten simuliert werden wobei die Laständerungen kontinuierlich erfolgen können. Die Belastung lässt sich während der Testphase im Leistungsbereich von 0 – 150W bei einer maximalen Stromabgabe von 65 A manuell ändern. Allerdings ist es auch möglich vordefinierte Lastgänge abzufahren welche beliebig eingegeben werden können. So lässt sich beispielsweise auch die Stromaufnahme einer Tagestour einer Railbar simulieren.



Figur 3: Lastkurve Editor

Die Testobjekte können wahlweise mit Wasser oder Luft gekühlt werden. Die Temperatur des Stapels wird bei beiden Betriebsmodi über den Teststand überwacht und geregelt. Es sind 8 Steckplätze für den Anschluss von Temperatursensoren vorhanden. Wassergekühlte Stacks werden direkt mit dem Kryostat des Teststandes verbunden und sind sowohl kühlbar als auch beheizbar. Bei luftgekühlten Stacks können die Ventilatoren an die geregelte Speisungen angeschlossen werden. Diese können alternativ auch für die Ansteuerung einer Pumpe für die Prozessluft verwendet werden, falls Tests mit dem gesamten oder mit Teilen des Brennstoffzellensystems durchgeführt werden müssen.



Figur 4: Zellspannungsüberwachung

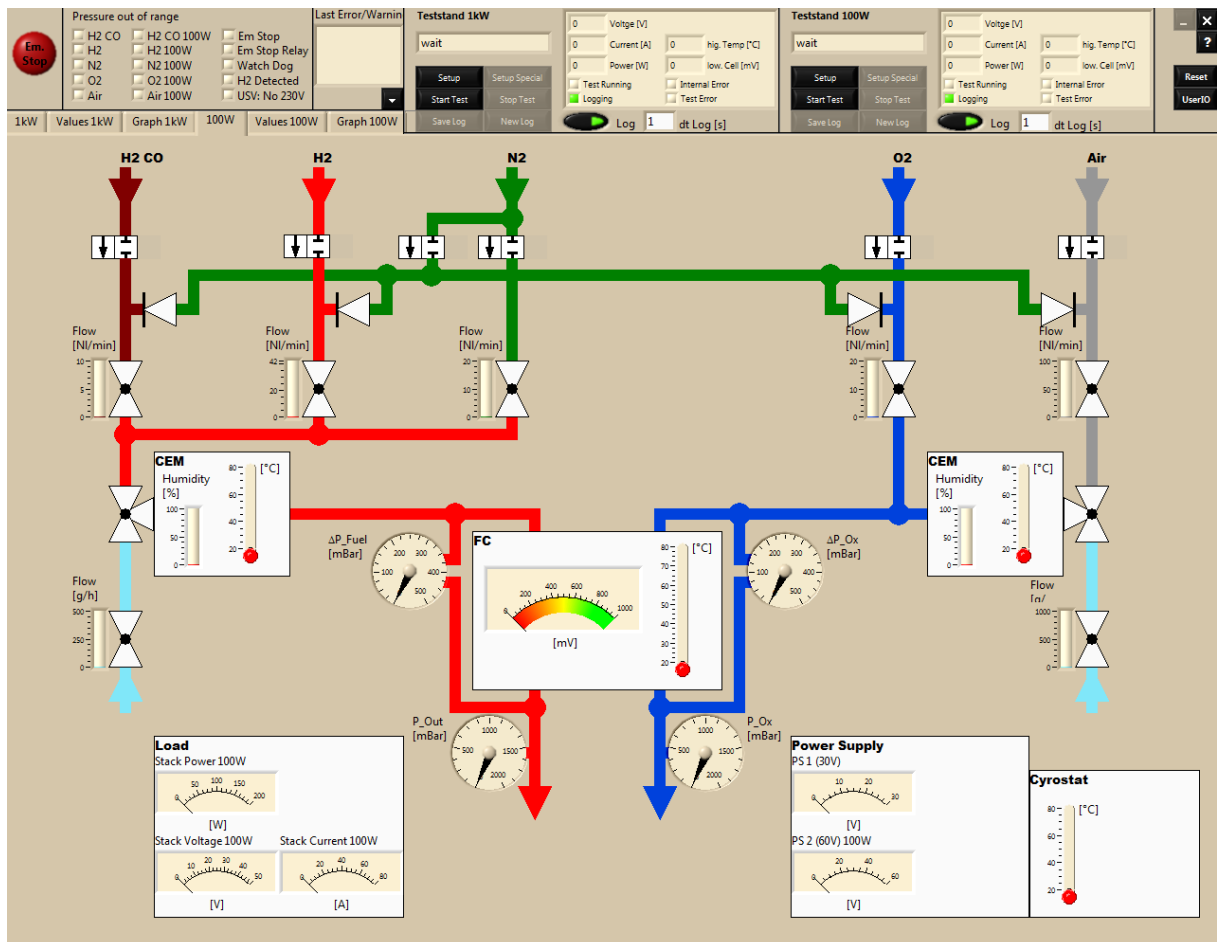
Der Teststand verfügt über weitere geschaltete Ausgänge, welche feste Spannungen 24V = und 230V/50Hz oder auch variable Spannungen, deren Höhe über eine externe Speisung vorgegeben werden kann. Somit lassen sich beispielsweise auch Purge-Ventile ansteuern.

Alle systemrelevanten Messwerte werden während der Testdauer zyklisch überwacht. So können zum Beispiel bis zu 95 Zellspannungen und Zellimpedanzen aufgezeichnet werden.

Eine Sicherheitskette, welche über eine Relaischaltung realisiert wurde, gewährleistet eine zuverlässige Abschaltung bei einem Fehlverhalten. So wird die Brennstoffzelle von der Last getrennt und reaktiven Gase ausgeschaltet sowie eine Stickstoffspülung aktiviert, wenn sicherheitsrelevante Meldungen anstehen.

Die Steuerungssoftware

Der Teststand wird von einem NI Industrie-PC gesteuert und jede Systemkomponente ist mit dem PC verbunden. Mit einem LabView-Programm ist es möglich den 100W_e wie aber auch den 1kW_e Teststand zu steuern, zu regeln und die gemachten Test aufzuzeichnen. Alle Messwerte können somit über den Computer ausgelesen und bei Bedarf gesichert werden.



Figur 5: Hauptbildschirm des Steuerprogramms

Die Steuerungssoftware des alten 1kW_e Teststandes wurde so angepasst, dass nun beide Teststände parallel betrieben werden können. Beim Aufbau des Programms wurde darauf geachtet, dass ein modularer Aufbau gewährleistet ist. So gibt es zum Beispiel Unterprogramme für die Ansteuerung der Hardwarekomponenten, für das Setup der Messungen, für den Betrieb der beiden Teststände wie auch für das Error-Handling.

Im ersten Projektabschnitt wurde das Anlagenkonzept erarbeitet und alle wesentlichen Komponenten spezifiziert. Hierbei stand im Vordergrund, dass die im Teststand vorhandene Infrastruktur optimal genutzt wird und die Funktionalität des bestehenden Teststandes vollumfänglich gewahrt bleibt.

Alle Elemente des Gassystems wurden derart aufeinander abgestimmt, dass alle wesentlichen Parameter über eine volle Dekade variiert werden können. Gemäss der Lieferantenevaluation im Rahmen des vorhandene Teststandes wurden Druckregler, Durchflussregler sowie das Befeuchtungssystem der Firma Bronkhorst, sowie die Drucksensoren wurden bei der Firma Keller bestellt. Der Platz wird auf einem Tischsystem der Firma Furex montiert.

Nationale Zusammenarbeit

Durch die Einbindung des Herstellers des IHPoS-Stacks (CEKA AG) ist sichergestellt, dass der Teststand nach dem Ausbau den aktuellen und längerfristigen Anforderungen des Marktes für PEM-Brennstoffzellen so weit wie möglich entspricht. Zudem untersucht die BFH derzeit gemeinsam mit dem PSI im Projekt go-PEFC die Einflüsse auf Lebensdauer von IHPoS-Stacks. Die Erweiterung wird bei den anstehenden für die Zyklentests eingesetzt.

Bewertung 2010

Die für das Projekt gesetzten Ziele wurden vollumfänglich erfüllt. Somit konnte das Projekt im vorgesehenen Rahmen abgeschlossen werden..

Das Projektteam ist davon überzeugt, dass der erweiterte Teststand in Zukunft wertvolle Dienste leisten wird.

Referenzen

- [1] M. Höckel: *Erweiterung des BFH-Testlabors für PEM-Brennstoffzellen*, Schlussbericht 2008, BFE-Projektnummer 101934.

Anhang

kein Anhang