

## **Abschlußbericht**

**ZE:** SFC Smart Fuel Cell AG  
Eugen-Sänger-Ring 4  
85649 Brunenthal

**Förderkennzeichen:**

16 SV 3315

**Vorhabenbezeichnung:** Verbundprojekt: Mikrobrennstoffzelle, Entwicklung und Integration von Systemperipherie – 20WDMFC -;  
Teilvorhaben: Wärme- und Wassermanagement, integrierte Medieneinheit, Systemintegration

**Laufzeit des Vorhabens:** 01.10.2006 – 30.09.2008

# **I    Schlussbericht**

## **1    Aufgabenstellung**

Die Kernaufgabe des Projekts bestand in einer deutlichen Weiterentwicklung in Richtung Miniaturisierung, Gewichtsreduktion und Kostenreduktion der Brennstoffzellentechnologie auf DMFC-Basis, um auch anspruchsvolle Zielmärkte – speziell Consumer Electronics-Anwendungen – erschließen zu können.

### **Inhalte des Verbundprojektes**

Mikrobrennstoffzellensysteme können die Energieversorgung für tragbare elektronische Geräte verbessern, bzw. sie ermöglichen zahlreiche Anwendungen überhaupt erst durch die Bereitstellung ausreichender Energie. Daher erfreuen sich Mikrobrennstoffzellen sowohl in Industrie- wie auch in Endverbraucherapplikationen einem stark zunehmenden Interesse. Zur breiten Markteinführung sind jedoch noch Verbesserungen notwendig, hauptsächlich in Bezug auf Größe, Gewicht, Lebensdauer und Kosten.

Zur Kommerzialisierung von Mikrobrennstoffzellen sind erhebliche Miniaturisierungen im Bereich der Systemperipherie erforderlich. Der Schwerpunkt liegt hierbei in der Verbesserung der Peripheriekomponenten eines Brennstoffzellensystems. In diesem Projekt gilt somit der Fokus der Systemperipherie – Pumpen, Medienaufbereitung, Wärme- und Wasserhaushalt.

Diese beinhalten Mikrostrukturierung der Primär- und Sekundärseite des Wärmetauschers zum besseren Wärmeübertrag sowie zum Kondensatablauf und lageunabhängige Phasentrennung und Füllstandsmessung in der Medieneinheit. In den Bereichen der Dosierpumpe und Luftpumpe sind die Aufgaben, neben der Verkleinerung und Gewichtsreduktion, die Integration eines Filters, Entwicklung und Integration von Mikroventilen.

Mit diesen Konzepten können und konnten die Ziele Baugröße, Gewicht sowie die erforderlichen Lebensdauern bei akzeptablen Kosten erreicht werden.

Das hier äußerst erfolgreich durchgeführte Projekt trägt dieser Situation Rechnung und fokussiert sich ausschließlich auf die Systemperipherie. Peripheriekomponenten prägen ganz entscheidend die Produkteigenschaften, die größen-, gewichts- und kostenbestimmend für das Gesamtsystem geworden sind.

## **1.2 Gesamtziel des Verbundprojektes**

Das Verbundprojekt soll signifikant dazu beitragen, dass Mikrobrennstoffzellensysteme Marktreife erlangen. Das Gesamtziel ist die Miniaturisierung der Brennstoffzellensysteme, sowie die Entwicklung und der Einsatz von günstig zu fertigender Technologie in Zusammenarbeit mit Verbundpartnern.

Um dies zu erreichen, wurden folgende Kernaspekte erfolgreich bearbeitet:

- Pumpen in Lineartechnik
- Integration von Funktionen: In die Dosierpumpe beispielsweise werden Filter, Mikroventile und ein Mikrodurchflussmesser integriert, in der Medieneinheit eine große Anzahl von Funktionen zum lageunabhängigen Betrieb
- Wärme- und Wassermanagement: Mikrostrukturierung der Wärmetauscheroberflächen und das Fügeverfahren der sehr dünnen Wärmetauscherbleche
- Serienähnliche, prozeßsichere Fertigung der hochintegrierten und komplexen Mikrostrukturen der Medieneinheit
- Miniaturisierung aller Peripheriekomponenten

## 2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Zu Beginn des Vorhabens bestand bei der SFC Smart Fuel Cell AG (Zuwendungsempfänger, ZE) eine technologische Basis im Stadium eines prinzipiell marktfähigen Konzeptes, das jedoch durch viel zu hohe Materialkosten an einer breiteren Vermarktung gehindert war. Das Technologiekonzept zeigt ebenfalls ein zu großes Volumen und Gewicht, um im Electronic Consumer Bereich Akzeptanz zu finden. Der ZE verfügte ferner über eine hervorragende Ausstattung mit wissenschaftlichen Kenntnissen auf den Schlüsselthemen sowie Laborausstattung. Durch die bereits begonnenen Vermarktungsaktivitäten erfolgte ferner ein ständiger Abgleich der wissenschaftlich-technischen Erkenntnisse mit Anforderungen von Nutzern und Kunden der Technologie. Des Weiteren fehlten Schlüsselkomponenten für die Miniaturisierung in den Bereichen Dosierpumpe und Luftpumpe.

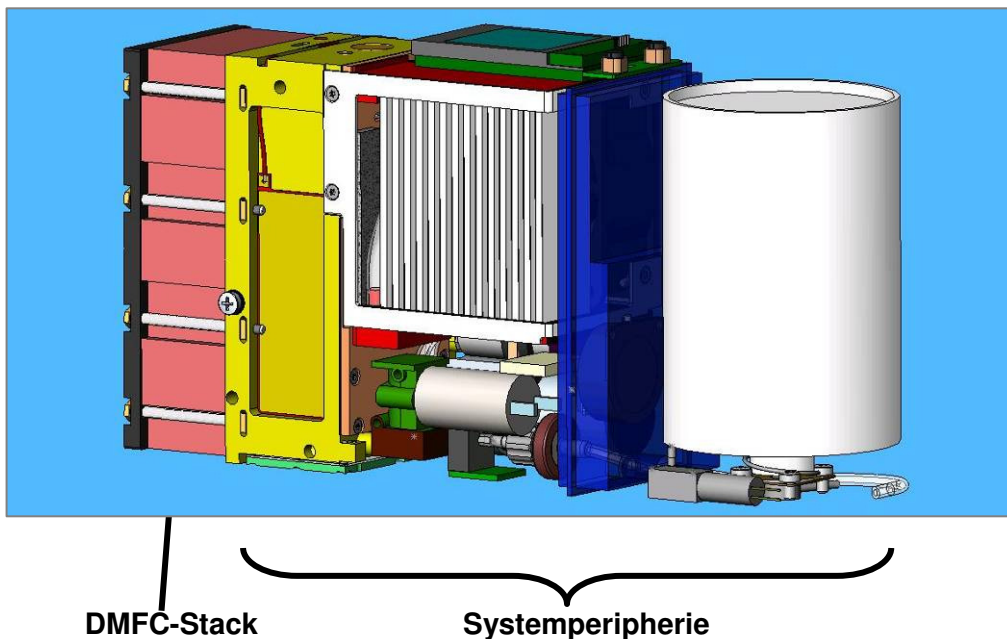


Abbildung 1: SFC C20 System Stand zu Projektbeginn– Größenvergleich Stack mit Systemperipherie.

### **3. Planung und Ablauf des Vorhabens:**

Das Projektmanagement erfolgte gemäß der Zeit- und Meilensteinplanung, die in der Antragphase mit dem Projektträger erörtert wurde. Insbesondere sind hier regelmäßige Projektbesprechungen intern wie auch mit externen Partnern, Kontrolle der Fortschritte durch Meilensteine, Vorab-Festlegung der Erfolgsziele durch schriftliche Spezifikationen und ständiger Realitätsabgleich der Erkenntnisse mit der kommerziellen Wirklichkeit zu nennen.

### **4. Wissenschaftlich-technischer Stand, an dem angeknüpft wurde:**

Die beim ZE selbst erarbeitete technische Basis bildete eine ausgezeichnete Grundlage. Es bestand bereits ein tiefes Verständnis der technischen Fragestellungen, funktionierende Gesamtsysteme als Versuchsträger, etablierte Messtechnik und apparative Ausstattung. Die eingesetzte Brennstoffzellentechnologie basiert auf der DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) und dem umfangreichen Schutzrechtsportfolio des ZE, das aus momentan 31 Patentfamilien besteht, von denen 20 Patente bereits erteilt sind.

Fachliteratur, Informations- und Dokumentationsdienste spielten keine bedeutende Rolle.

### **5. Zusammenarbeit mit anderen Partnern:**

#### **Struktureller Aufbau des Verbundes**

Das Projekt wurde in einem Projektverbund bestehend aus SFC Smart Fuel Cell AG (Systemkompetenz), thinXXS (Mikroflüssigpumpen) und Gardner Denver Thomas (Pumpenhersteller) durchgeführt.

#### **Projektkoordinator**

Zwischen den Parteien ist vereinbart, dass SFC Smart Fuel Cell AG die Rolle des Konsortialführers und Projektkoordinators in diesem Projekt übernimmt.

Dieses Projektkonsortium hat als Alleinstellungsmerkmale u.a.

- Klare Technologieführerschaft in den Bereichen DMFC-Produkte und miniaturisierter Hochleistungspumpen für Flüssigkeiten und Gase;
- Vorliegende Erfahrung in bereits kommerziellen Anwendungen durch existierende Serienprodukte von SFC mit Komponenten der Konsortialpartner;
- Nutzung der bestehenden etablierten Geschäftsbeziehungen von SFC mit nationalen und internationalen Endabnehmern (z.B. Consumer Electronics-Herstellern), so dass für eine zügige Verwertung der Projektergebnisse allerbeste Voraussetzungen gegeben sind.

**SFC Smart Fuel Cell AG** hat als deutsches Unternehmen mit weltweit anerkannter Innovationsstärke und unbestrittener Technologieführerschaft eine Schlüsselrolle und „Türöffnerfunktion“ für den gesamten Brennstoffzellenmarkt. SFC hat als erste Firma weltweit ein tragbares Brennstoffzellensystem zur Marktreife entwickelt. Es wurden bisher etwa 13.000 Einheiten der EFOY Familie produziert und vermarktet. Diese Erfahrung aus dem Verkauf von DMFC-Produkten in „Endkundenhände“ ist weltweit einzigartig hat für das vorgeschlagene Projekt den entscheidenden Vorteil des unübertroffenen Praxisbezugs – bekanntlich sind F&E-Labors und reale Anwendungen zwei grundverschiedene Welten.

Dieses aktuell produzierte System kommt hauptsächlich im Freizeitbereich (Wohnmobil und Segelboot), sowie im Industriebereich (netzferne Messstationen) zum Einsatz. Das Volumen des Geräts von ca. 8 Litern ist für diese Märkte momentan akzeptabel, jedoch ist eine Miniaturisierung für die Zukunft insbesondere zum Erschließen weiterer Märkte zwingend notwendig.

Die Anwendungen der Mikrobrennstoffzellen liegen im Bereich Consumer Electronics, Messgeräte und Laptops. SFC hat für diese Bereiche Prototypen vorgestellt, die 25 W Leistung bei einem Volumen von ca. 1,5 l liefern (Abbildung 4). Für die Zukunft ist eine deutliche Miniaturisierung erforderlich. Auf dem Gebiet der Miniaturisierung des Brennstoffzellenstacks hat SFC zusammen mit seinen Zulieferern beträchtliche Erfolge erzielt. Das System wird bei 25 W Leistung von 1,5 auf 1,0 l verkleinert werden. Weitere Versuchsreihen zur Erhöhung der Leistungsdichte der Stacks laufen.

## Die Projektpartner



**thinXXS** ist Hersteller von Mikromembranpumpen aus Kunststoff und weltweit Technologie- und Marktführer für Mikropumpen zur Förderung von Flüssigkeiten. thinXXS Mikromembranpumpen werden bereits in Brennstoffzellen eingesetzt, obgleich sie nicht in allen Spezifikationen den hohen Anforderungen für den Einsatz in miniaturisierten Brennstoffzellen gerecht werden. In den Bereichen Absperrfunktion, Flusssensor und Partikelfilter sind bereits Vortests durchgeführt worden, um die Machbarkeit besser einschätzen zu können.

Die thinXXS Mikropumpen werden insbesondere in den Bereichen Diagnostik, Analytik, miniaturisierte Brennstoffzellen, Chipkühlung und Haushaltsgeräte eingesetzt.

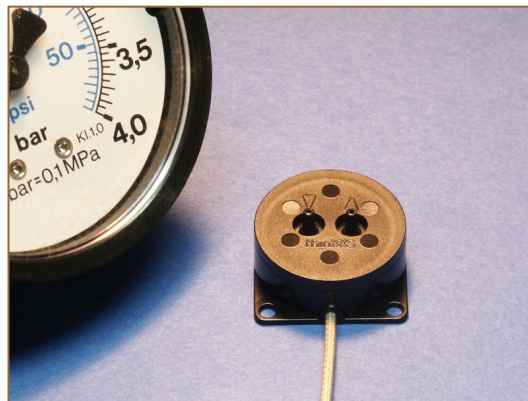


Abbildung 2: thinXXS Mikromembranpumpe MDP2205.

**Gardner Denver Thomas (Rietschle Thomas)** hat im Bezug auf Produkte für Brennstoffzellen bereits einige Entwicklungskompetenz; das erarbeitete Knowhow bildet eine gute Grundvoraussetzung zur Miniaturisierung. Durch die breite Palette an Pumpentechnologien und den engen Kontakt zum Markt konnte sich das Unternehmen im Umfeld der Hersteller von Brennstoffzellen bereits eine Nachfrage im Markt erzeugen.

Auf der Seite der Luftversorgung mittels Drehschieber- und Linearpumpen ist das Unternehmen in der Lage durch die Realisierung unterschiedlichster Baugrößen und ggf. Motorkonfigurationen die Hersteller von Brennstoffzellen bei der Entwicklung Ihrer Produkte durch angepasste Pumpenlösungen zu unterstützen und damit einen Beitrag zur zügigen Serieneinführung von Brennstoffzellenprodukten zu leisten.

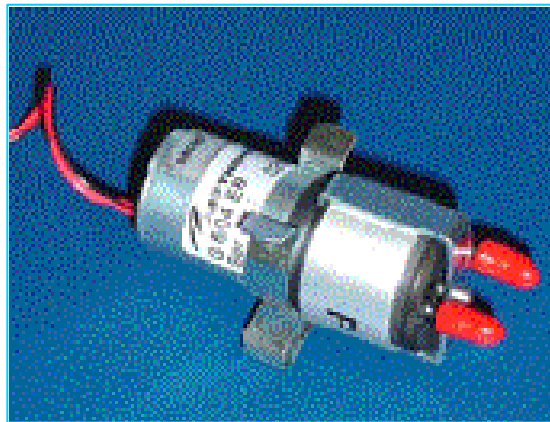


Abbildung 3: Rietschle Thomas Drehschieberpumpe für Luft G06/04

## II. Eingehende Darstellung des erzielten Ergebnisses

### 1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

#### AP1 – Konzeptstudie und Demonstration eines lageunabhängigen DMFC Systems

Wie aus dem vorangegangenen Bericht ersichtlich wurden mehrere Konzepte auf ihre Lageunabhängigkeit untersucht und der vielversprechendste Ansatz realisiert. Das realisierte Konzept baut auf einem flexiblen Zwischentank (Abb. 1.1) in Kombination mit einem Gasabscheider und der bereits bekannten und bewährten kontinuierlichen Methanol-Zudosierung auf. Ein weiterer Schwerpunkt zur Erreichung der Lageunabhängigkeit eines DMFC Systems stellt die Wasserrückgewinnung im Kreislauf dar. Die Rückgewinnung des Produktwassers erfolgt über einen Kondensator. Der Kondensator ist durch die Trennung von Gasphase und Flüssigphase der Schwerkraft mit am stärksten unterworfen. Zur Realisierung der Lageunabhängigkeit wurden verschiedene Kondensatoren evaluiert und zusätzliche Bauteile zur Wasserabscheidung entwickelt, die die gleichen technischen Eigenschaften des bereits erprobten Kondensators haben. In einem ersten Labormuster wurden die zur Realisierung des Konzeptes notwendigen Funktionsbausteine, wie Zwischentank, Gasabscheider, Kondensator fliegend aufgebaut und getestet.

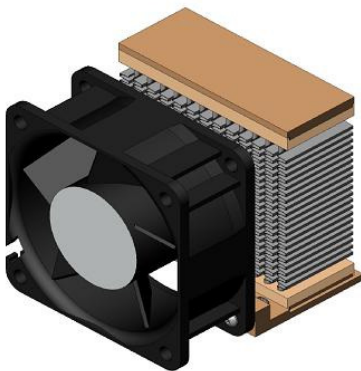


Abb. 1.0 zeigt die Konstruktion eines lageunabhängigen Kondensators mit vorgesetztem Lüfter zur Luftkühlung des Kathodenstroms

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden die einzelnen Systembausteine entwickelt und in ein Gesamtkonzept für das lageunabhängige System geplant und konstruiert. Neben den bereits bekannten Komponenten wie Zwischentank, Gasabscheider und Kondensator wurden für das lageunabhängige Systemkonzept zusätzliche Ventile und Sensoren evaluiert bzw. getestet. Nach Fertigstellung des Designs wurde ein Gesamtsystem konstruiert (Abb. 1.3).



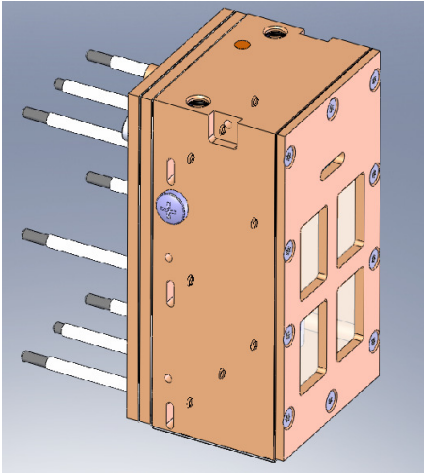


Abb. 1.1: Konstruktion des lageunabhängigen Zwischentanks mit Gasabscheider

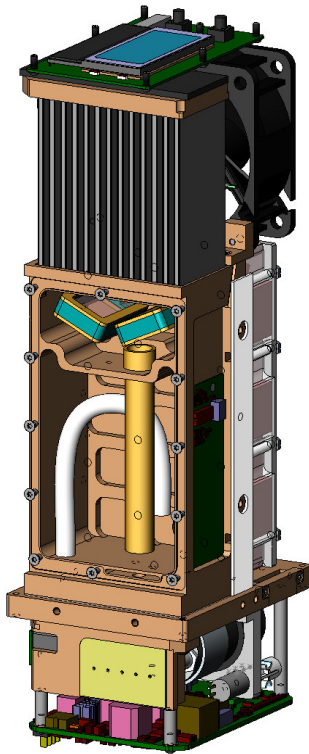


Abb. 1.2: Konstruktion eines nicht lageunabhängigen DMFC Systems

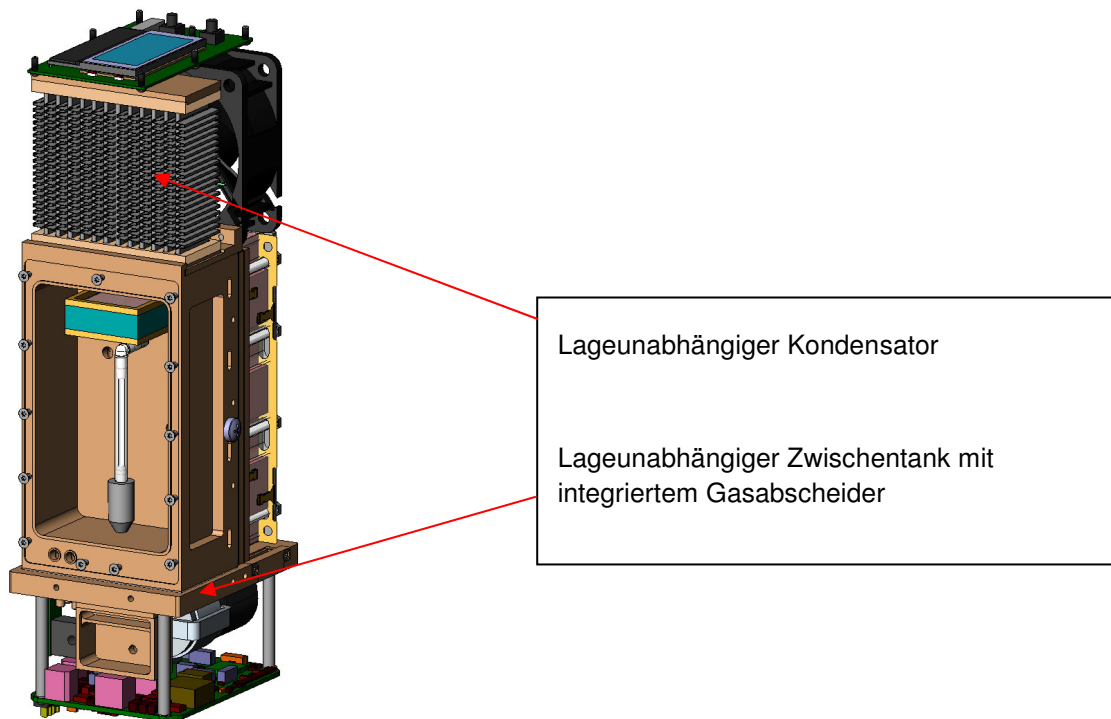


Abb. 1.3: Neukonstruktion des lageunabhängigen Prototypendesign

Die Umsetzung der Konstruktion des lageunabhängigen Zwischentanks (Abb. 1.3) erfolgte basierend auf bereits bekannter Pumpentechnik und Stackdesign. Die Inbetriebnahme des Systems und somit Konzeptnachweis wurde sehr erfolgreich nachgewiesen und konnte die Lageunabhängigkeit in einem 95° Radius um die horizontale und vertikale Achse demonstrieren. Zur Verifikation und Justierung der Parameter wurden mehrere Systeme aufgebaut und verschiedenen Tests unterzogen.

## AP2 – Konzeptstudie der Miniaturisierung



Abb. 2.1: Zwei DMFC Systeme mit 25W konstanter Ausgangsleistung (links: ca. 7 kg vs. rechts: 1.3 kg)

Ein erstes Konzept für die neue miniaturisierte Brennstoffzelle sieht eine Reduzierung des Volumens um ca. 30% bei gleichbleibenden Leistungsdaten des bestehenden Systems vor (siehe Abbildung 2.2).

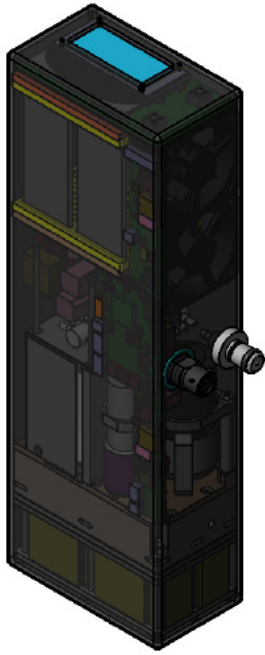


Abb. 2.2: Konzeptstudie zur Miniaturisierung von 30% Volumen und Gewichtsreduktion > 10%

Um diese Ziele zu erreichen, wird an allen Systemkomponenten gearbeitet. Die wesentlichen Einsparpotentiale wurden in der Medieneinheit (v.a. Volumen des Zwischentanks), den Pumpen/Ventilen und dem Stack lokalisiert. Die Entwicklung der Pumpen für dieses kompakte System erfolgte mit den Projektpartnern Thinxx und Gardner Denver Thomas (Memmingen). Der wesentliche Schwerpunkt hinsichtlich der Gewichtsreduktion wurde in den Medienpumpen im System erkannt.

Die Elektronik muss durch neue Komponenten sowie geeignete Leiterplattentechnologie und Verbindungstechnik innerhalb des Systems an die neuen Anforderungen angepasst und weiterentwickelt werden. Das Wärmemanagement ist eine der größten Herausforderungen und Hemmnisse bei der weiteren Miniaturisierung des Gesamtsystems. Das nun erprobte Konzept der Lageunabhängigkeit muss bei gleichbleibenden Eigenschaften um den Faktor 30% reduziert werden.

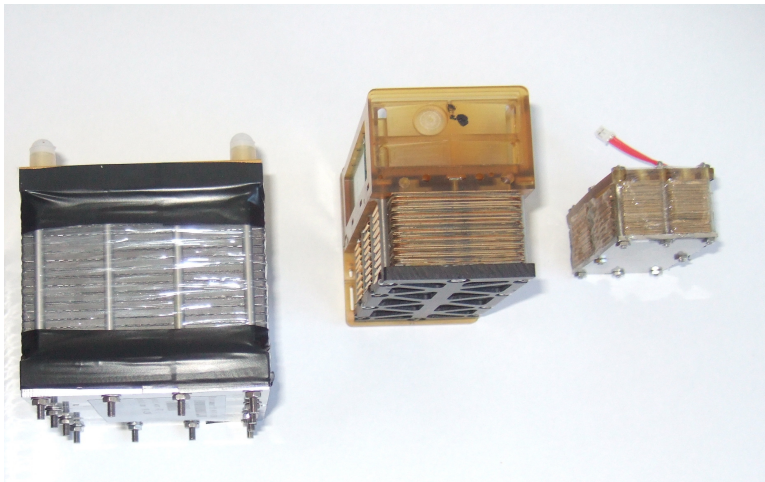


Abb. 2.3: Vergleich von Brennstoffzellenstacks bipolarer und monopolarer Aufbauweise

Die Abbildung 2.3 zeigt jeweils zwei Stacks bipolaren (linke Seite) und monopolaren (rechte Seite) Aufbauprinzips. Grundsätzlich ist bei der monopolaren Aufbauweise ein sehr kleiner kompakter Stack aufbaubar. Deshalb wird diese Art von Stacks in dem zu verkleinernden Systemansatz verwendet.

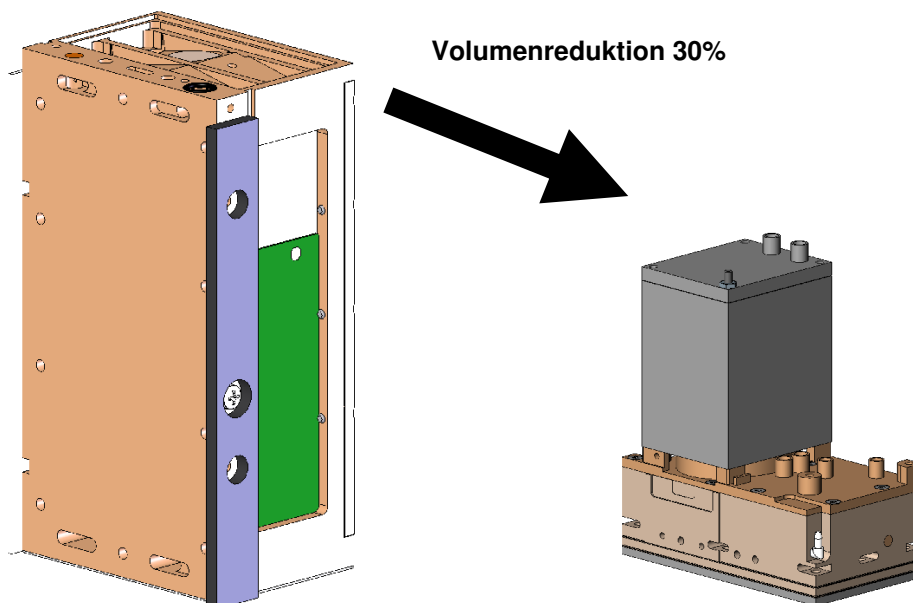


Abb. 2.4: Volumenmodelle von Medieneinheiten zur Miniaturisierung

In der Abbildung 2.4 ist das Ergebnis der Entwicklung der Volumenreduktion der Medieneinheit dargestellt. Die links dargestellte Medieneinheit ist aus einem

Kompaktsystem, welches lageabhängig ist – siehe hierzu auch Abbildung 1.2. Die rechts dargestellte Medieneinheit ist um ca. 30% Volumen reduziert und es wurde eine Lageunabhängigkeit implementiert.

All diese Miniaturisierungsmaßnahmen resultieren in dem in den Abbildungen 2.2 und 2.5 aufgezeigten Systemansatz.



Abb. 2.5: Miniaturisiertes Kompaktsystem im Vergleich zu herkömmlicher Li-Ionen-Batterie (rechts)

Das in Abbildung 2.5 dargestellte Konzeptsystem hat ein Gewicht von 998 g und zeigt eine Gewichtreduktion von > 25% zum Ausgangsgerät in Abbildung 2.1 rechte Abbildungsteil. Die Volumenreduktion beträgt > 30 % zum Ausgangssystem.

### AP3 – Entwicklung / Integration von Medienpumpen für miniaturisierte Systeme

Ein Schwerpunkt des Projekts ist der Ersatz aktuell eingesetzter Pumpen zur Methanol- und Luftversorgung. Mit den Projektpartnern wurden mehrere Projekttreffen abgehalten. In den Treffen wurden die Spezifikationen festgelegt und Lastenhefte bzw. Komponentenspezifikationen erstellt und ausgetauscht. Zur Designstudie wurde eine kompakte Pumpeneinheit konstruiert, die eine Raumoptimierung der Medienpumpen darstellt (siehe Abbildung 3.1).

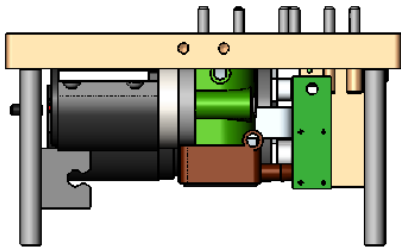


Abb. 3.1: Konzeptstudie zur Miniaturisierung der Pumpeneinheit

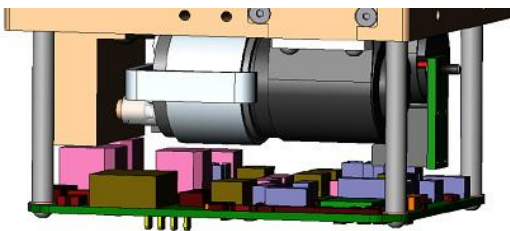


Abb. 3.2 zeigt die Pumpeneinheit mit neu entwickelter Elektronik

Implementierung neuer verbesserter Dosierpumpen:

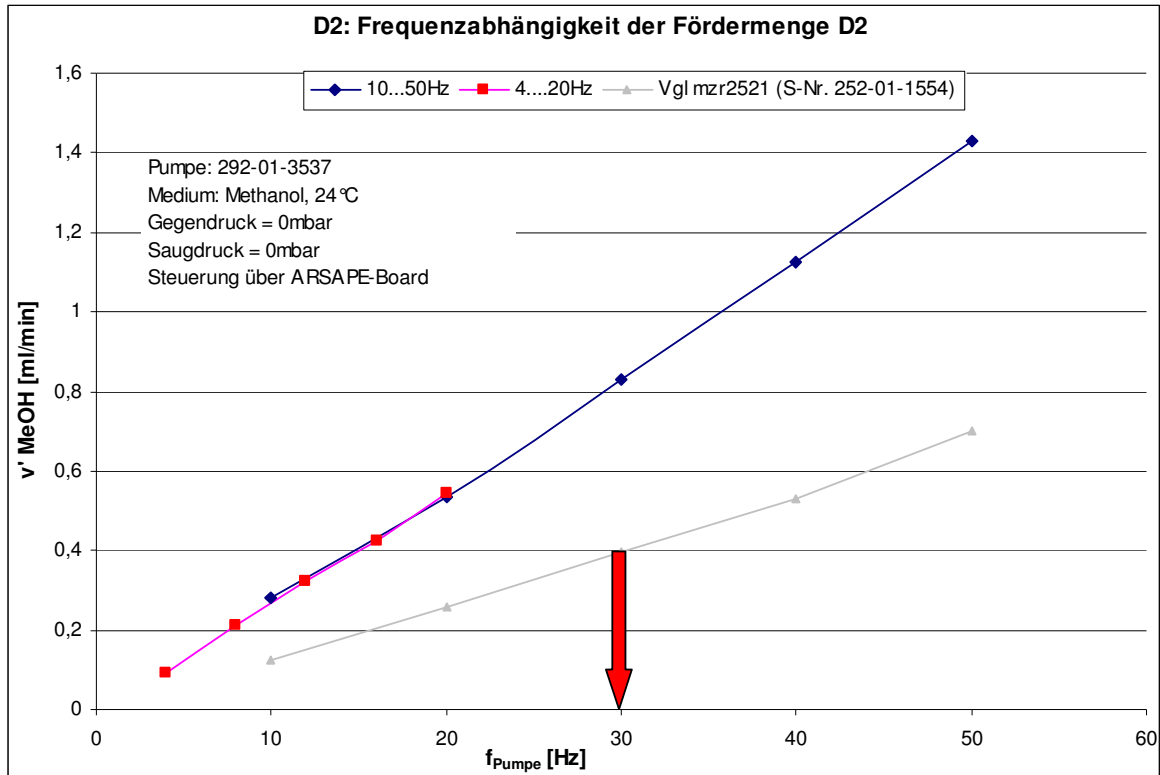


Abb. 3.3: Kennlinie der frequenzabhängigen Fördermenge von Dosierpumpe 2 (D2)

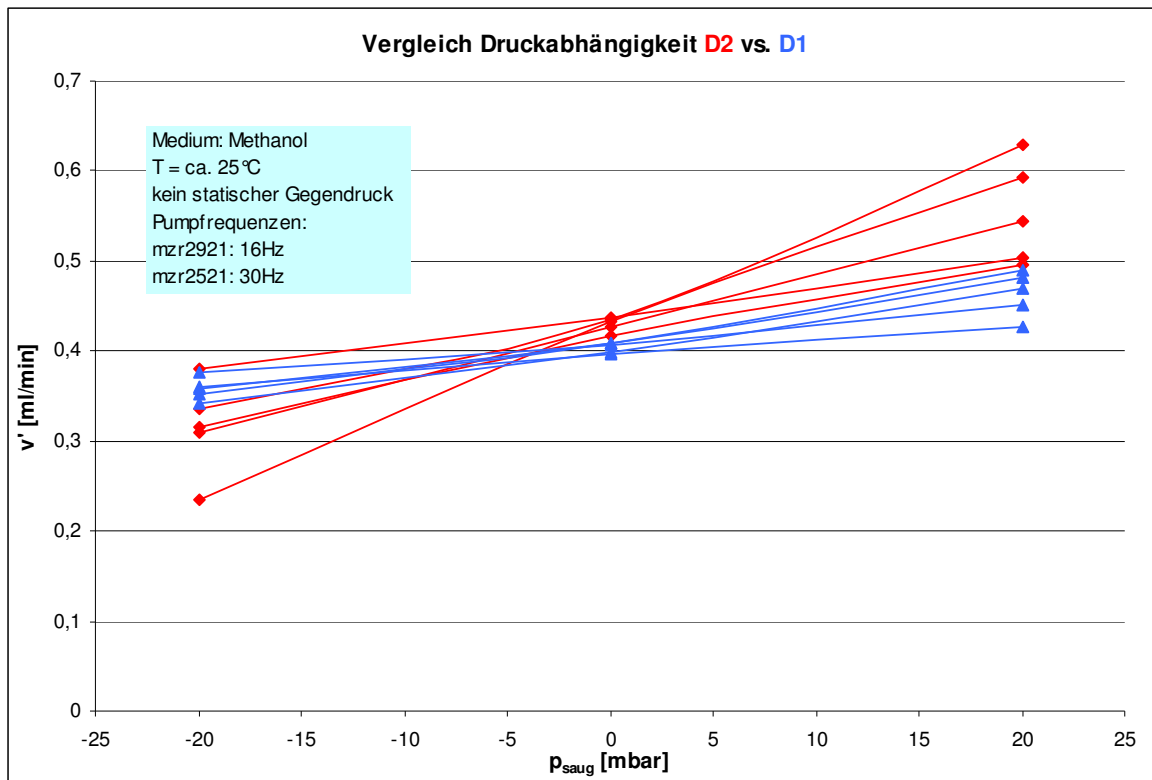


Abb. 3.4: Kennlinie der Druckabhängigkeit der Fördermenge von Dosierpumpe 2 (D2) und 1 (D1)

Zur Evaluierung der Methanoldosierung wurden verschiedene Dosierpumpen vom Projektpartner vermessen. Es wurden frequenzabhängige Kennlinien der Fördermengen aufgenommen und die Eigenschaften bzw. Drucksteifigkeit der Pumpen beim Saug- und Druckverhalten evaluiert. Beide Pumpentypen zeigen ein gutes Dosierverhalten über den gesamten Frequenzbereich. Die Unterschiede in der Förderleistung bzw. der Auslegung der Pumpen sind klar in Abb. 3.3 zu erkennen. Die unterschiedlichen Auswirkungen auf das Saug- und Druckverhalten ist in Abb. 3.4 zu erkennen. D2 zeigt eine deutliche Abhängigkeit bei unterschiedlichen Saugdrücken. Beim Einsatz dieser Pumpe (D2) müsste dieses Verhalten, was sich direkt auf die Fördermenge auswirkt über einen Drucksensor kompensiert werden. Die Integration der D2 ins System in Verbindung mit den entsprechenden Sensortechnik und Elektronik ist als nächster Arbeitsschritt vorgesehen.

Die Vorteile von D2 zeigen sich in Abb. 3.5. Das Ansaugverhalten vor allem nach trockener Lagerung ist deutlich besser als von Dosierpumpe 1 (D1). Die Trockenansaugung ist für die Zuverlässigkeit eines Systems maßgeblich. Wenn die Trockenansaugung nicht gegeben ist, kann der Methanolversorgung nicht gewährleistet werden und somit ist der Betrieb des Systems nicht möglich.

Zur ersten Demonstration der Dosierpumpe im miniaturisierten System wird Dosierpumpe 2 (D2) ausgewählt.



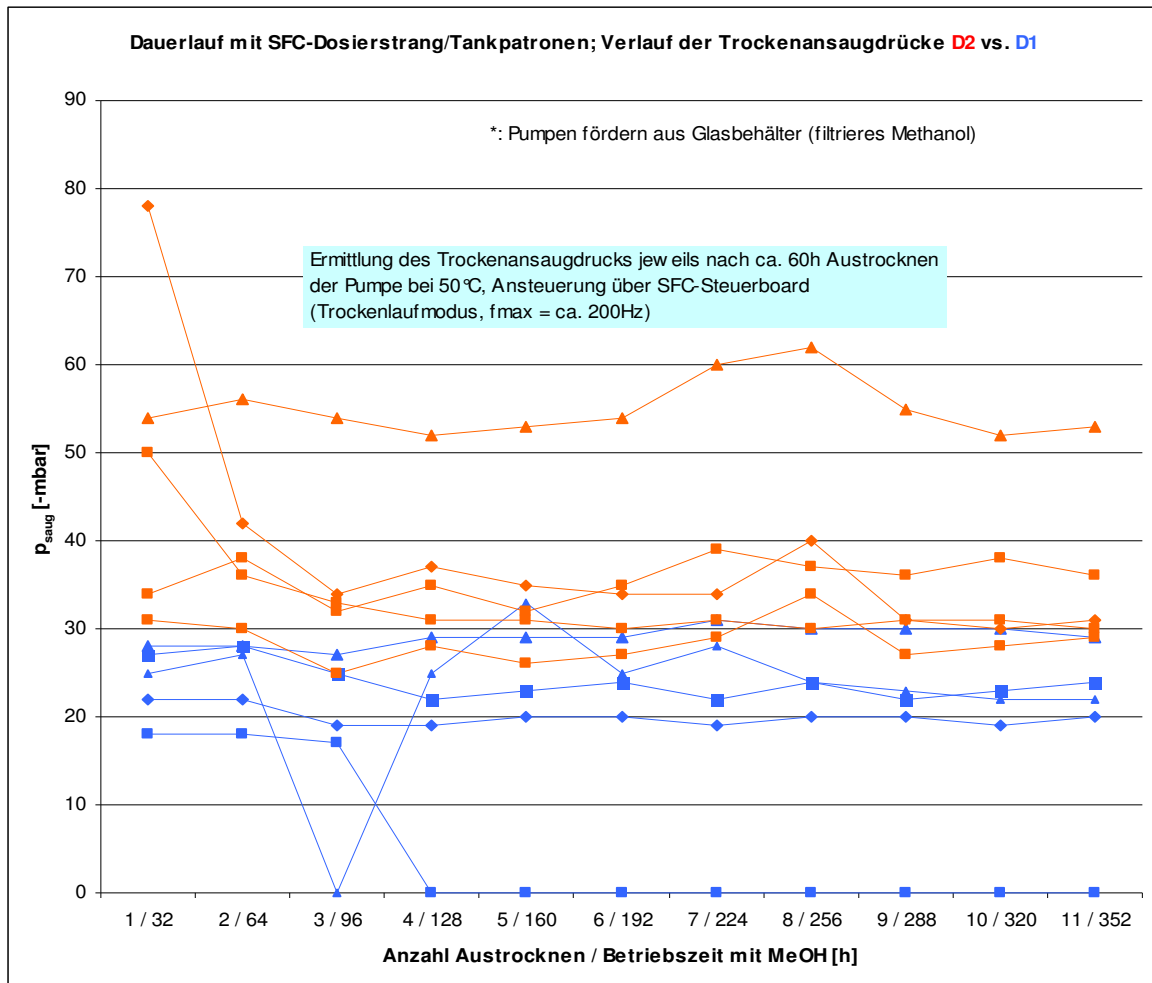


Abb. 3.5: Dauerlauftest von Dosierpumpe 2 (D2) und 1 (D1) - Ansaugung nach Austrocknen

Eine alternative zu Dosierpumpe 2 (D2) stellt Dosierpumpe 3 (D3) in Abb. 3.6 dar. Die Dosierpumpe zeigt die gleichen Eigenschaften wie D2 mit deutlich reduziertem Gewicht. D3 ist um den Faktor 10 leichter als D2. D3 wurde ex-situ evaluiert und eine erweiterbare Konstruktion des Systems zur Implementation erstellt. D3 wird im Gegensatz zu D2 über eine Hochspannungselektronik betrieben, die eine eigene Elektronikentwicklung beinhaltet. Die ersten Tests wurden mit einer Standardelektronik des Herstellers durchgeführt. Ziel sollte es sein, diese Elektronikbausteine auf der Platine zu implementieren.

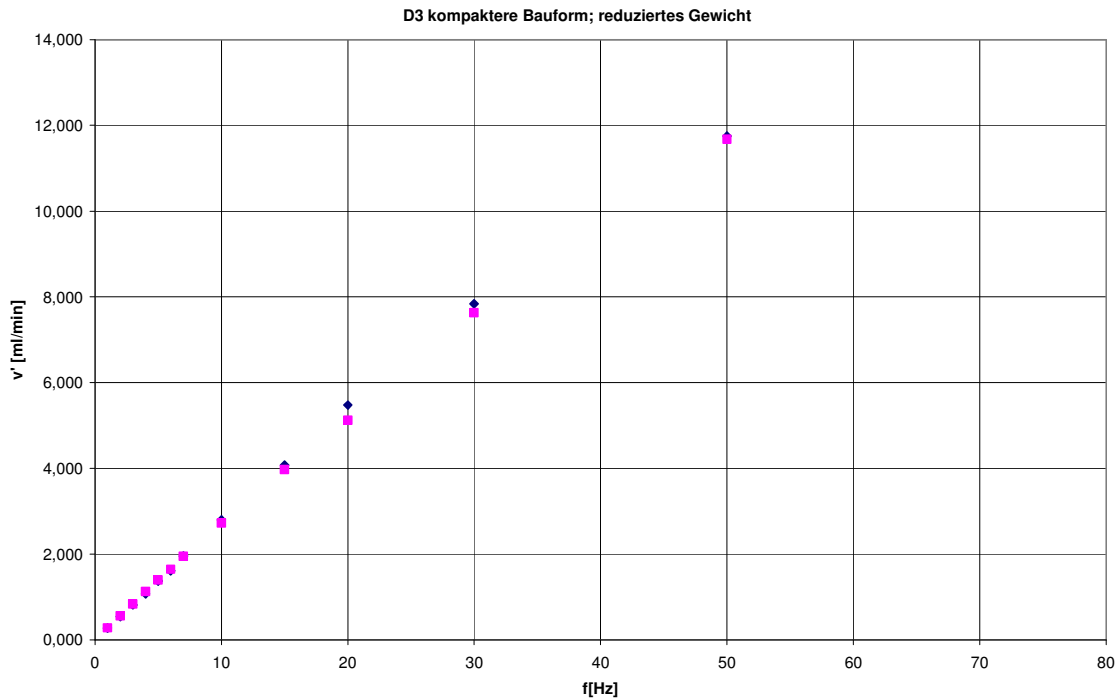


Abb. 3.6: Kennlinie der frequenzabhängigen Fördermenge von Dosierpumpe 3 (D3)

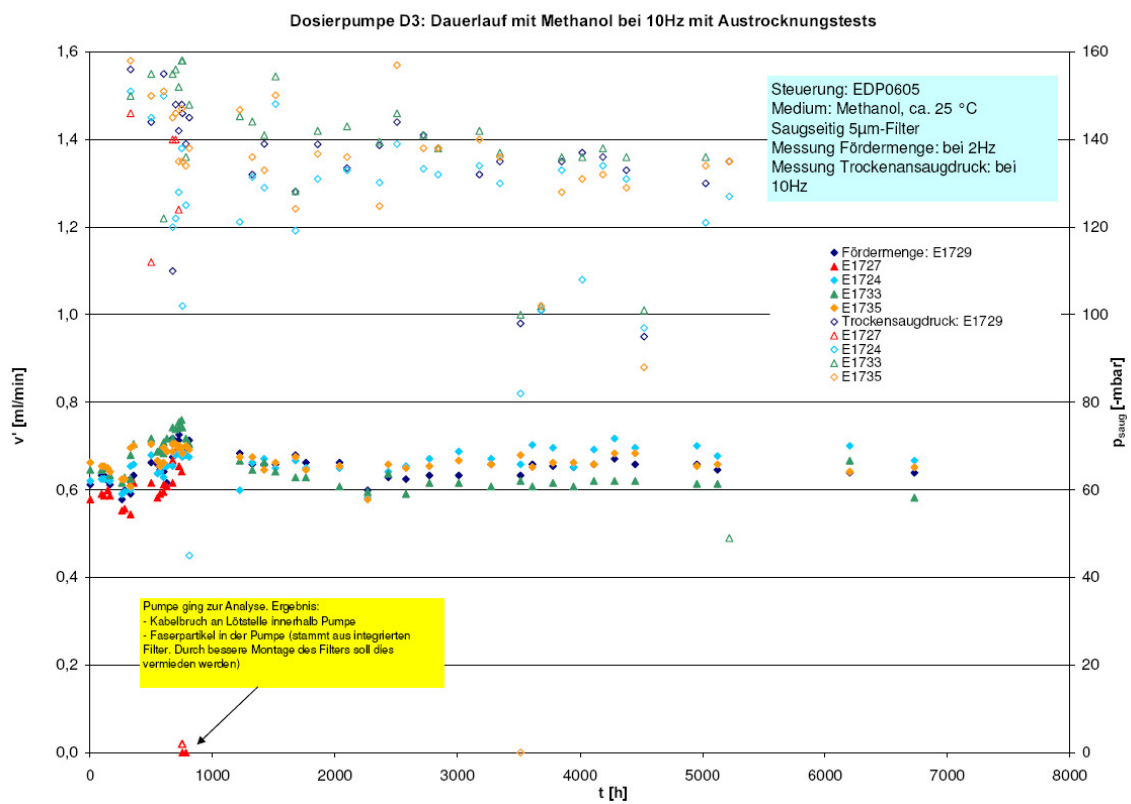


Abb. 3.7: Dauertest von 5 Stück Dosierpumpen D3

Die Abbildung 3.7 zeigt einen Dauertest von 5 Stück Dosierpumpen D3. Von den 5 getesteten Pumpen haben vier Stück mehr als 6700 Stunden Laufzeit nachgewiesen. Ein Exemplar ist nach ca. 780 Betriebsstunden ausgefallen. Eine anschließende Fehleranalyse zeigte, dass im Inneren der Pumpe ein Kabel abgerissen war. Weiterhin wurde eine Faser im Pumpenraum gefunden, die aus dem angeschlossenen Filter stammt. Durch eine verbesserte Montage dieses Filters lässt sich in Zukunft diese Fehlermöglichkeit vermeiden.

Zusammenfassend zeigen die verschiedenen Dosierpumpen D3 eine geringe Serienstreuung. Der Trockenansaugdruck ist im Vergleich zu D1 und D2 weitaus höher. Dadurch kann ein sicheres Starten der Kompaktsysteme nach längerem Stillstand sichergestellt werden.

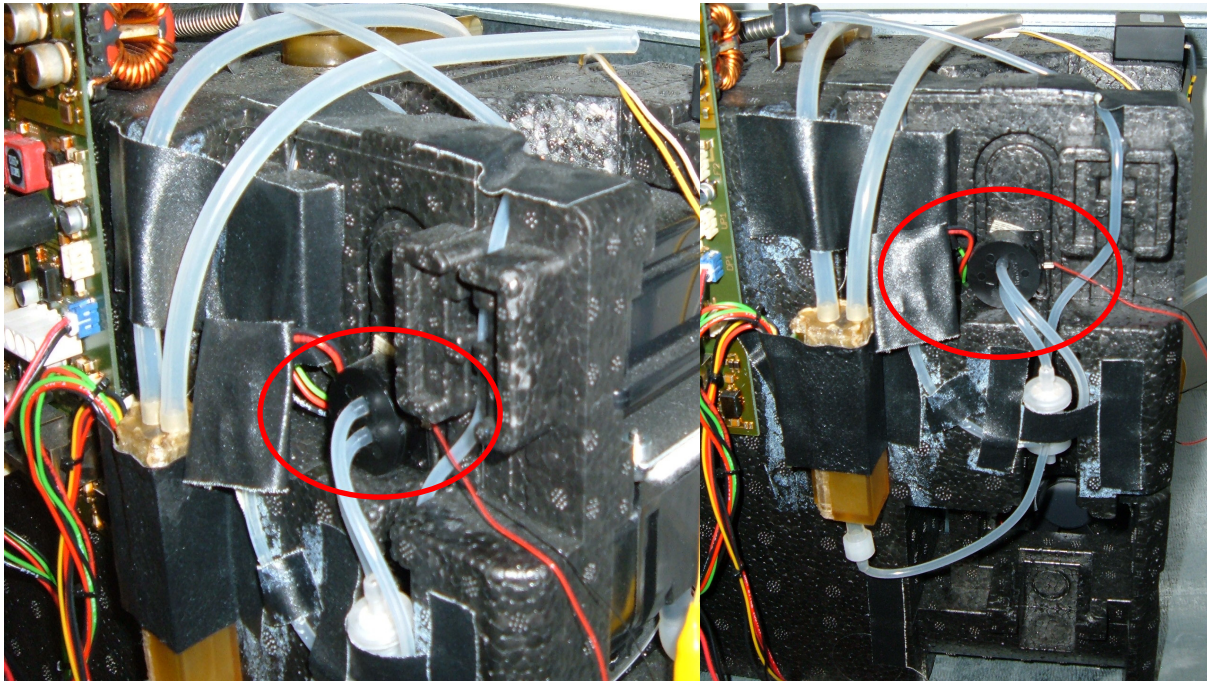


Abb. 3.8 und 3.9: Einbau der Dosierpumpe D3 im EFOY 600 System als Dauerlauftestplattform

Für einen nächsten Qualifizierungstest wurde die Dosierpumpe D3 in einem herkömmlichen EFOY 600 System eingesetzt (siehe Abbildungen 3.8 und 3.9). Nachdem die Dosierpumpe D3 über 1000 Betriebsstunden im EFOY 600 getestet wurde, wurde ein kompaktes System für den Einsatz der D3 vorbereitet.

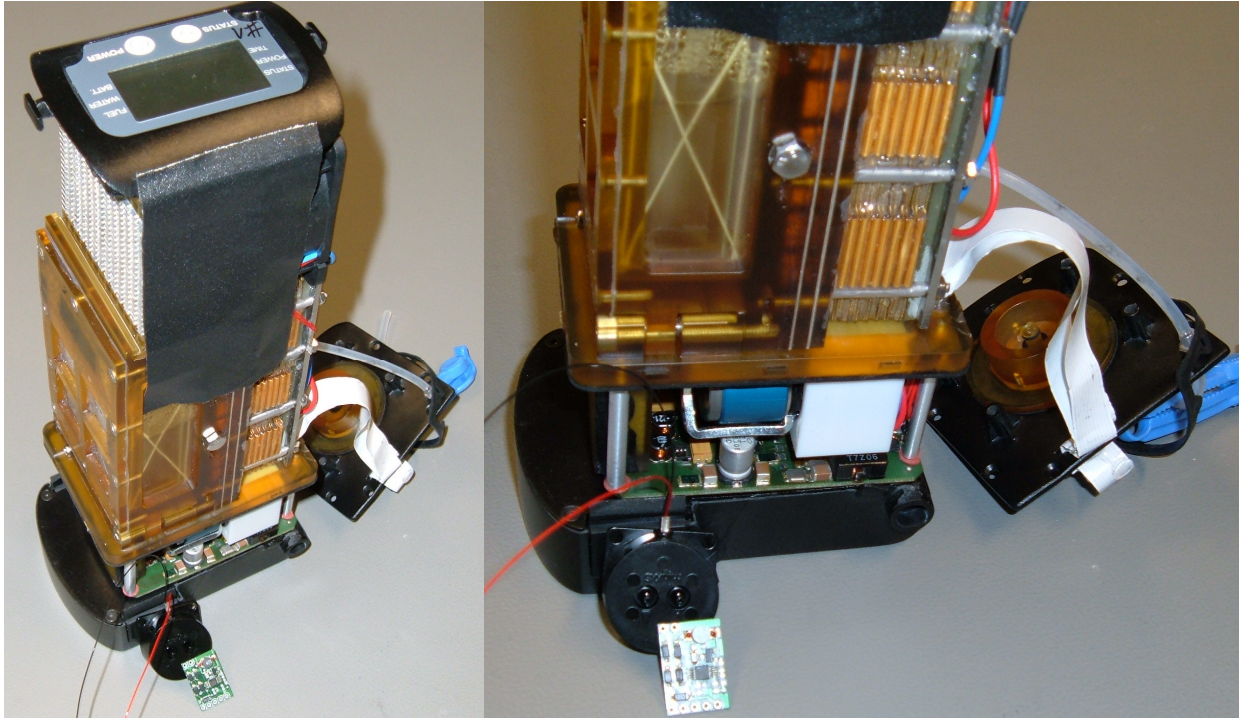


Abb. 3.10 und 3.11: Miniaturisiertes Kompaktsystem

Die Abbildungen 3.10 und 3.11 zeigen ein miniaturisiertes Kompaktsystem (ohne Gehäuse) gemäß der Konzeptstudie aus Abbildung 1.3. Hier wurden alle beschriebenen Teilvorhaben dieses Projektes miteinander vereint. Das System besteht aus einer kleinen lageunabhängigen Medieneinheit. Diese Komponente speichert nicht nur die benötigte Methanol-Wasser-Lösung, sondern besitzt weitere Funktionalitäten, wie z.B. die Phasentrennung von flüssigen und gasförmigen Medien, die Vermischung des Treibstoffes mit Wasser, Filterung der Flüssigkeiten und die Vermeidung von Emissionen mittels Gaswäsche.

Oberhalb der Medieneinheit ist ein kompakter, ebenfalls lageunabhängiger Wärmetauscher verbaut. Die Lageunabhängigkeit wird durch die serielle Verschaltung der Strömungskanäle bewerkstelligt. Für einen verbesserten Wärmeübergang wurden zusätzlich Lamellen auf der Kühlluftseite integriert. Dadurch erhöht sich die Effizienz des Wärmetauschers signifikant.

Anstelle der bisherigen Dosierpumpe D1 wurde im System die Dosierpumpe D3 verbaut und getestet. In Abbildung 3.12 ist beispielhaft ein Systembetrieb über 4 Stunden bei Standardumgebungsbedingungen dargestellt.



### Jenny Systemtest mit Dosierpumpe D3

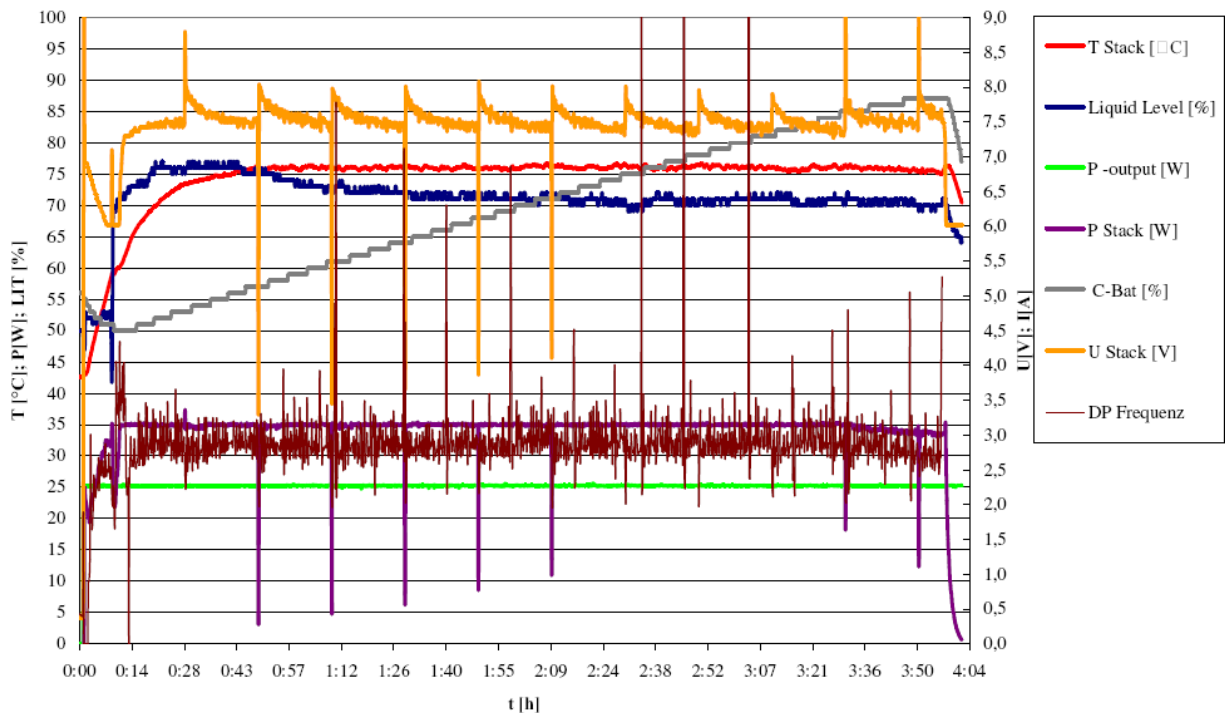


Abb. 3.12: Daten zum Systemtest mit Dosierpumpe D3 im Kompaktsystem Jenny

Das Kompaktsystem liefert am Ausgang konstant 25 Watt (siehe hell grüne Kennlinie) und lädt während der gesamten Betriebsdauer eine angeschlossene Batterie (graue Linie). Die Zudosierung von Treibstoff mit der Dosierpumpe D3 erfolgt über eine Frequenzregelung (siehe braune Kennlinie), die je nach unterschiedlichem Stackstrom nachgeregelt wird. Das Gesamtsystem zeigt einen sehr stabilen Betrieb.

Die Dosierpumpe D3 zeichnet sich im System mit einer sehr kleinen, kompakten Bauweise aus. Während des Betriebes läuft die D3 geräuschlos. Zudem benötigt diese Pumpe sehr wenig Leistung, was sich günstig auf den Eigenverbrauch des Gesamtsystems auswirkt.

Die Einsatzfähigkeit dieser Komponente muss im weiteren Verlauf durch verschiedene mechanische Tests, z.B. Vibrations-, Schock- und Falltests, weiter qualifiziert werden. Nach erfolgreichem Bestehen der Qualifizierungstests kann sie als Alternative im System verbaut werden.

### III. Erfolgskontrollbericht

#### 1. Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen Zielen:

Erklärtes Ziel der Bundesregierung und Förderpolitik ist es, die Entwicklung und Markteinführung innovativer, effizienter, ressourcenschonender Energieerzeugungstechnologien zu unterstützen und zu forcieren. In der DMFC-Technologie liegt ein spürbarer Beitrag hierzu. Die DMFC-Brennstoffzelle zeichnet sich – in ihrem Leistungsbereich - durch hohe Wirkungsgrade, praktisch Emissionsfreiheit und Geräuscharmheit aus und ersetzt in vielen Fällen konventionelle Benzin- oder Dieselgeneratoren. Konkret ermöglicht das erzielte Projektergebnis eine sinnvolle kommerzielle Nutzung, die der ZE auch während des Vorhabens bereits begonnen hat. Diesen weltweit ersten kommerziellen Brennstoffzellen kommt eine besondere Schlüsselrolle als Türöffner auch für spätere Massenmärkte (Pkw-Antrieb, Hausenergieversorgung, KWK) zu. SFC als ZE hat es geschafft, Brennstoffzellen aus dem langjährigen F&E-Stadium zu greifbaren Produkten für jedermann weiterzuentwickeln und alle gewohnten Markteintrittshürden zu überwinden – hier leistet das Projekt einen wichtigen Beitrag über die erzielte Kostenreduktion der Produkte.

Aus beschäftigungspolitischer Sicht ist erwähnenswert, dass der ZE inzwischen rund 100 Mitarbeiter beschäftigt. Incl. der Effekte in dem Lieferantennetzwerk dürften geschätzte 150 Arbeitsplätze entstanden sein, woran der erzielte Projektfortschritt einen enorm wichtigen Beitrag geleistet hat. Der ZE betreibt nach Einschätzung aller Fachleute die weltweit erste Serienproduktion von kommerziellen Brennstoffzellensystemen.

## 2. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse und Erfahrungen:

Die Ergebnisse sind ausführlich in Kapitel II beschrieben.

In der Zusammenfassung

- wurden Spezifikationen und Lastenhefte mit den Projektpartnern definiert und verabschiedet
- konnte die Lageunabhängigkeit eines DMFC von +/- 95 ° im Systemansatz realisiert und erfolgreich getestet werden
- konnte das Volumen um ca. 30 % reduziert werden
- wurde das Gewicht um > 10 % verringert
- konnte eine Betriebslebensdauer über 1000 Vollaststunden demonstriert werden
- konnte der Wasserhaushalt von DMFC-Stacks signifikant vereinfacht werden, so dass die Systemperipherie spürbar leichter, kostengünstiger, effizienter und weniger komplex gestaltet wird.
- konnte mit dem Projektpartner eine Dosierpumpe entwickelt und im Systemansatz getestet werden
- wurden Ventile für einen stabilen Betrieb im Systemeinsatz realisiert

Abschließend ist zu sagen, dass das Projekt sehr erfolgreich im Bereich Miniaturisierung, Technologiesprünge (Lageunabhängigkeit) und Methanolzufuhr durchgeführt werden konnte. Die Zielerreichung der gesteckten Anforderungen aus dem Projektantrag sind weitestgehend realisiert und in einem Systemansatz realisiert.

### 3. Fortschreibung des Verwertungsplans:

***Es soll nochmals betont werden, dass die hier entwickelte Technologie teilweise bereits (wie in Antragsunterlagen angekündigt) parallel schon in den kommerziellen Einsatz überführt wurde. Eine solch rasche wirtschaftliche Verwertung stellt einen beachtlichen Erfolg dar.***

Die SFC Smart Fuel Cell AG als ZE erzielt bereits jetzt Umsätze mit dieser Technologie als unmittelbares Ergebnis des Projekts. Brennstoffzellenprodukte, die Projektergebnisse nutzen, werden in erheblicher Stückzahl sowohl an private Endverbraucher als auch an Industriekunden und OEM`s (Fahrzeughersteller) verkauft und geliefert. Das Unternehmen verfolgt weiterhin das Ziel, den erreichten Technologie- und Vermarktungsvorsprung durch ein Bündel an Massnahmen abzusichern, insbesondere durch

- Patentanmeldungen
- Schutz entwickelten Spezialwissens durch Geheimhaltung
- zügige Besetzung von Märkten und Distributionskanälen.

Existierende Kundengruppen für die Produkte, die Projektergebnisse enthalten, sind:

- a) Freizeitindustrie: Hersteller, Betreiber und Nutzer von Reisemobilen, Segelbooten, Berg- und Ferienhütten.
- b) Netzferne Industriestromversorgung: Umweltsensorik, Pipelineüberwachungen, Sicherheits- und Messtechnik, Verkehrstelematik, Grenzsicherung, Gefahrenwarnung, Videoüberwachung.
- c) Verteidigungsbereich: tragbare, netzunabhängige Stromversorgung.

Bedeutende zukünftige Märkte bestehen in

- d) leichten Elektrofahrzeugen unterhalb der Pkw-Ebene: Rollstühle, Mobilitätshilfen, Golf-Carts, Scooter / Elektro-Roller, Rikschas, Robotik
- e) tragbaren Elektrogeräten wie z.B. Camcorder, Laptop-Computer, Medizintechnik.



Hier wird deutlich, dass der ZE dabei ist, enorme Wachstumsmärkte mittels der Projektergebnisse zu adressieren und bereits erhebliche Umsätze generiert.

#### **Anschlussfähigkeit:**

Das Projekt bietet sich für eine Fortführung an. Die erreichten Ergebnisse sind zwar ein deutlicher Fortschritt, jedoch sollte ideale Volumenreduktion und vor allem Gewichtsreduktion noch weiter vorangetrieben werden. Ein weiteres Defizit ist auf der Seite der Luftversorgung zu verzeichnen.

#### **4. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben:**

Es wurde im Rahmen der Miniaturisierung und Komponentenentwicklung ein Teilprojekt in die Luftversorgungsentwicklung gegeben. Nach überaus vielversprechenden Anfangsergebnissen bei der Lastenhefterstellung und erster Musteransätze im Vorfeld des Projekts mit dem Projektpartner erreichten Folgelieferungen jedoch nicht mehr alle geforderten Leistungsdaten, weshalb dieser Lösungsweg nicht weiter verfolgt wurde. Insgesamt jedoch wurden die ursprünglichen Projektziele durch die dargestellten Lösungen – die vollständig im Rahmen der ursprünglichen Planung liegen – erfüllt und teils deutlich übertroffen. Gerade angesichts der bereits erfolgten Kommerzialisierung kann von einem außergewöhnlichen Erfolg gesprochen werden.

#### **5. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer:**

Nicht geplant *(der ZE ist gerne gesprächsbereit, sofern PTJ hier Anregungen gibt)*

#### **6. Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung:**

Das Projekt wurde im Rahmen des veranschlagten Zeit- und Kostenplans durchgeführt.