

Der 18,48 m lange Phileas, hier vor dem Rhein, Groß St. Martin und dem Kölner Dom, ist der einzige Gelenkbus mit Brennstoffzellenantrieb weltweit



Antriebstechnik

Brennstoffzellenbusse im harten Linieneinsatz

Die Regionalverkehr Köln GmbH (RVK) setzt seit September 2011 mit zwei Einheiten des APTS Phileas den einzigen derzeit verfügbaren Gelenkbus mit Brennstoffzellenhybridantrieb ein. **BUSMAGAZIN** hat das Kommunalunternehmen besucht und durfte mitfahren.

Nachdem sich die erste Begeisterung über Dieselhybridbusse angesichts des hinter den Erwartungen zurückgebliebenen Kraftstoffsparpotenzials von meist deutlich unter 20 % in der Praxis gelegt hat, richtet sich das Interesse wieder verstärkt anderen alternativen Antriebsformen zu. Soll gänzlich auf fossile Energieträger verzichtet werden, kommen momentan lediglich Elektroantriebe mit Brennstoffzellen (BZ) und Batterien in Frage.

Ein deutsches „Leuchtturmprojekt“ ist der Einsatz der zwei 18,48 m langen, wasserstoffbetriebenen APTS Phileas bei der RVK. Mehr noch: 2013

sollen die futuristisch anmutenden Fahrzeuge im Straßenbahnlook in den regulären Linienbetrieb übergehen. Zwei weitere Einheiten sind beim Amsterdamer Verkehrsbetrieb GVB im Einsatz. Gefördert wurde die Fahrzeugbeschaffung über den Europäischen Fond für regionale Entwicklung und das NRW Hydrogen HyWay-Programm mit einem Budget von 12 Mio. €. Angesichts von nur vier BZ-Fahrzeugen mutet dieser Förderaufwand auf den ersten Blick recht üppig an. Doch relativiert sich dieser Eindruck bei Stückkosten von 1,86 Mio. € und deutlich höheren Betriebsausgaben. Um diese

stemmen zu können, wird die RVK zusätzlich von den Stadtwerken Hürth und Brühl sowie dem Rhein-Erft-Kreis finanziell unterstützt. Die RVK scheint geradezu prädestiniert zu sein für ein solch ambitioniertes BZ-Projekt. Denn zum einen machen Antriebsformen wie Dieselhybrid oder reinrassiger Elektroantrieb im hügeligen Terrain rund um Köln mit vorwiegend SORT3- und Überlandverkehren kaum Sinn. Zum anderen legt das nach DIN EN ISO 9001 und 14 001 (seit 2011) zertifizierte kommunale Verkehrsunternehmen hohen Wert auf einen umweltfreundlichen Fuhrpark, betreibt bereits

viele Fahrzeuge mit Euro-5- oder EEV-Abgasnorm – durchweg von MAN und Mercedes-Benz – und möchte spätestens bis 2030 nur noch weitgehend emissionsfreie Busse einsetzen. Und noch einen Trumpf besitzt die RVK: Durch die Vorarbeiten des Vereins „HyCologne – Wasserstoff Region Rheinland“ besteht Zugriff auf die Produkte der starken Chemieindustrie im Kölner Raum. So kann das Verkehrsunternehmen kostengünstig Wasserstoff beziehen, der dort in einer Größenordnung von 50 t pro Tag als Nebenprodukt der Chlorchemie anfällt. Nur 15 % dieser Menge würde ausreichen, 56 000 Pkw oder 1 000 Busse zu versorgen. Logisch erscheint daher auch die Entscheidung der Stadtwerke Hürth, beim Chemiepark Knapsack im Rahmen des Projekts „Chemergy“ eine Wasserstofftankstelle zu errichten. Gefördert wurde die rund 1 Mio. € teure, im Mai 2010 eröffnete Anlage durch Mittel aus dem „Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ (NIP) des Bundes – inklusive einer ca.

20 cm starken Explosionswand aus Stahlbeton, die als gesetzliche Auflage die benachbarte Bebauung im allerdings unwahrscheinlichen Fall eines Unglücks schützt.

Neben den Zapfsäulen, an denen zwei, theoretisch auch sechs Busse hintereinander betankt werden können,

besitzt die Tankstelle Niederdruckbündel (maximal

200 bar), die durch Trailer von der nur 450 m entfernten Abfüllstation der Gasaufbereitungsfirma Praxair versorgt werden, sowie einen Kompressor, der den Wasserstoff auf maximal 450 bar verdichtet, der anschließend in Hochdruckbündeln lagert. Von hier strömt der gasförmige Wasserstoff über spezielle Zapfpistolen in die 350-bar-Bustanks, von denen der Phileas im Heckbereich acht Stück mit einem Aufnahmevermögen von 36,4 kg und einem Füllvolumen von 1640 l

besitzt. Bei niedrigen Füllständen sendet die Tankanlage automatisch per Transmittersignal einen Bestellvorgang an Praxair aus. Die Lieferung erfolgt dann sehr zuverlässig innerhalb von zwei bis vier Stunden. Während das Tanken also rundum problemlos vonstatten geht, gibt es in anderen

Projektbereichen noch Optimierungspotenzial. So

begleiten z. B. die RWTH Aachen und die Fachhochschule Köln, die gemeinsam für die Entwicklung des Fahrzeugenergiemanagementsystems zuständig gewesen sind, die Fahrzeuge während ihres Linieneinsatzes mithilfe von Datenloggern, um eine Evaluierung und Optimierung des hybriden Traktionssystems durchführen zu können. Hierdurch wird das Zusammenspiel des Hybridsystems bestehend aus Brennstoffzelle, Batterien und elektrochemischen

Die Heizleistung der Brennstoffzelle reicht nicht aus

Drei Fragen an Andreas Tissen

Trainer für Aus- und Weiterbildung bei der RVK

Herr Tissen, was ist für einen Fahrer anders im Brennstoffzellenbus gegenüber einem konventionellen Dieselfahrzeug?



Hier ist vor allem der Startvorgang zu nennen. Da das Fahrzeug zwei Stromkreise besitzt, müssen diese zunächst aktiviert werden. Mit Schalter 1 starten wir das aus herkömmlichen Bussen bekannte 24-V-Bordnetz. Schalter 2 setzt den 750-V-Hochvoltkreis in Betrieb. Mit Schalter 3, dem Start-Stopp-Knopf, wird die Brennstoffzelle aktiviert. Zunächst blinkt er und muss einige Sekunden gedrückt werden, bis er dauerhaft leuchtet. Zunächst gewöhnungsbedürftig ist, dass kein Motorgeräusch im Cockpit zu hören ist. Zudem gibt es keine Schaltungen. Überhaupt ist das Fahrgefühl im Phileas ganz anders als in konventionellen Gelenkbussen: Alle drei Achsen sind lenkbar, so dass das Fahrzeug einen Wendekreis von lediglich 12 m besitzt; außerdem sitzt der Fahrer nicht vor, sondern über der Vorderachse.

Wie schult die RVK ihre Fahrer auf die Brennstoffzellenbusse?

Die Schulungen werden durch interne Trainer durchgeführt und nehmen nur zwei Tage pro Fahrer in Anspruch. Im regulären Linienbetrieb kommen dann noch einmal ein bis zwei Tage hinzu, an denen ein Trainer den Fahrer begleitet. Ein Schwerpunkt der Schulung betrifft wasserstoffsparendes Fahren, etwa um das möglichst optimale Ausnutzen der Rekuperation zu erzielen.

Wie geht das Nachtanken mit Wasserstoff vonstatten?

Das in der Regel abendliche Nachtanken erledigen nicht die Fahrer, sondern gesondert geschultes Werkstattpersonal. Die Aktivierung am Tankterminal erfolgt durch einen Chip. Bei einer fehlerhaften Bedienung erfolgt der sofortige Abbruch des Vorgangs. Über eine Hotline lässt sich direkt an der Zapfsäule eine Hotline zum Betreiber Airproducts schalten.

Doppelschichtkondensatoren, auch unter den Markennamen Super- und Ultracaps bekannt, kontinuierlich verbessert, um ein Optimum an Effizienz und Fahrleistung zu erreichen.

Die Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle (PEMFC) stammt vom kanadischen Hersteller Ballard Power Systems und besitzt eine elektrische Nennleistung von 150 kW und eine Nutzleistung von 130 kW bei einer Spannung von 550 bis 720 V. Ballard garantiert bislang eine Betriebsdauer von 10 000 bis 15 000 Vollstunden bzw. eine Laufzeit von

mindestens fünf Jahren. Künftig soll die Garantie auf 20 000 Vollstunden ausgedehnt werden, berichtet Dipl.-Geograf Jens Conrad, der bei der RVK das Projektmanagement alternative Antriebstechniken betreut. Ob damit die übliche Einsatzzeit von Gelenkbussen im RVK-Fuhrpark von zwölf Jahren abgedeckt werden kann, ist aber noch fraglich. Dass die beiden Phileas in den neun Monaten seit Einsatzstart am 8. September 2011 erst 10 000 bzw. 15 000 km gelaufen sind – im Schnitt kommen die RVK-Einheiten auf Jahresleistungen von



▲ Im schwarzen Koffer oben im Heck befindet sich die Brennstoffzelle, darunter sind die Supercaps von Maxwell zu erkennen

53 200 km –, liegt auch am Nachrüstungsbedarf mit zwangsweisen Stillstandzeiten. Denn trotz des milden Winters erwies sich die Abwärme der zentral im oberen Heckbereich montierten Brennstoffzelle von 68°C als nicht ausreichend, um damit den kompletten Bus zu heizen. Vor allem die Fahrer mussten teilweise gehörig frieren. Für Abhilfe sorgt seitdem ein 9,8 kW leistendes elektrisches Zusatzheizgerät des schwedischen Spezialisten Eldi Products AB mit einer Spannung von 400 V und einem Gewicht von 12,5 kg. Die Brennstoffzelle versorgt die Nickel-Metallhydrid-Batterie (NiMH-Batterie) der Firma Hoppecke Batterien GmbH sowie die Supercaps vom kalifornischen Spezialisten Maxwell Technologies mit Energie; zudem wird

Rekuperation (Bremsenergie-rückgewinnung) genutzt. Die Energiebereitstellung für die 240 kW starke Drehstrom-asynchronmaschine von Skoda macht nach Aussage von Conrad bislang wenig Probleme. Zuverlässig stellt das System über die leistungselektronischen Komponenten von Vossloh Kiepe – DC/DC-Wandler, Traktionsumrichter und der Gleichspannungszwischenkreis – die benötigte Leistung bereit. Es ist in einigen Bereichen sogar gedrosselt, um möglichst effizient zu arbeiten. Dabei sorgt die Brennstoffzelle mit einer Dauerabgabeleistung von 80 kW für die Grundlast. Zur Abdeckung von Spitzenlasten wie Anfahren und Überholen wird die Energie aus den Supercaps

genutzt, die mit ca. 200 kW eine doppelt so hohe Maximalleistung im Vergleich zur NiMH-Batterie (110 kW) zur Verfügung stellen können – allerdings nur für kurze Zeit. Denn insgesamt gesehen übersteigt der Energieinhalt der Batterie die Supercaps um mindestens den Faktor 10.

Eine Alternative zur NiMH-Batterie würde sicherlich eine Lithium-Ionen-Batterie (Li-Ion-Batterie) mit ihrer allgemein höheren Energiedichte darstellen. Doch ein ausgereiftes Modell für die hohen Anforderungen im ÖPNV stand zum Projektstart noch nicht zur Verfügung, wie Dr. Gunter Schädlich von Hoppecke berichtet. Im Bereich F&E des Batteriespezialisten

arbeitet man allerdings intensiv daran, Vorteile der Li-Technologie auch bei Batteriesystemen für ÖPNV-Fahrzeuge zu nutzen. Die Herausforderungen liegen dabei in der sicheren, serientauglichen Beherrschung dieser leistungsstarken und „noch“ kostspieligen Technologie unter den im ÖPNV vorherrschenden Anforderungen und Bedingungen. Die bewährte NiMH-Batterie benötigt dagegen einen geringeren Steuerungsaufwand als eine Li-Ion-Batterie und besitzt eine hohe Leistungsfähigkeit und thermische Stabilität. Allerdings ist sie mit 940 kg auch deutlich schwerer als eine vergleichbare Lithium-Batterie mit rund 400 kg. Gewicht ist überhaupt ein Problem des BZ-Phileas. Denn mit einem Leergewicht

Hohe Reichweite bei moderatem Verbrauch



von rund 20 t ist er gut 3 t schwerer als ein herkömmlicher Dieselmotorkombibus. So ist seine Fahrgastkapazität auf 95 Personen begrenzt – rund 60 weniger als in einem vergleichbaren Gelenkzug. Alleine die Brennstoffzellentanks wiegen über 1 t. „Aus Sicht eines Betreibers wie der RVK besteht beim Fahrzeuggewicht noch Optimierungspotenzial“, sagt daher auch Jens Conrad.

Gleiches gilt für das Umlenkgetriebe, das im Betrieb bislang relativ laut ist, aber in Kürze geräuschisoliert werden soll. Man darf dabei nicht vergessen: Solche Kritikpunkte betreffen ein Fahrzeug, das sich im Prototypenstadium befindet. Dass Kinderkrankheiten auftauchen, war zu erwarten. Unüberwindliche Probleme sind im Betrieb dagegen bislang noch

nicht aufgetreten. Für den schnellen Support sind die Techniker von APTS im grenznahen Helmond (NL) und von Vossloh Kiepe in Düsseldorf zudem innerhalb weniger Stunden vor Ort. Als positiv erwiesen sich auch die alltäglichen Fahrleistungen der BZ-Phileas. Die Reichweite von ca. 250 km reicht auf den sieben befahrenen Linien völlig aus. Auch der Verbrauch lag mit bislang durchschnittlich 15 kg Wasserstoff auf 100 km im anvisierten Rahmen. Dies entspricht einem Energieäquivalent von ca. 50 l Diesel, wobei konventionelle Gelenkbusse beispielsweise im Rhein-Erft-Kreis im Schnitt rund 52 l Treibstoff verbrauchen. Bei einem in Köln aktuellen Wasserstoffpreis von 3,80 €/kg und somit 57 €/100 km fährt der Brennstoff-

zellenbus also deutlich günstiger als das Dieselpendant mit rund 75 €/100 km.

Allerdings: Bei Demonstrationsfahrten zur Stuttgarter Messe f-cell im Oktober und zur Hannover Messe (Energy) im April mussten bei den Tankstopps in Frankfurt und

Stuttgart bzw. in Bottrop 10 €/kg berappt werden. Experten erwarten jedoch in absehbarer Zeit einen Wasserstoffkilopreis von rund 3 €, wenn Infrastruktur und Nachfrage vorhanden sind.

Claus Bünnagel ■

Übersicht Die RVK und der Phileas

RVK in Zahlen (2010): 311 eigene Busse, 331 von Subunternehmen; 114 Linien mit einer Gesamtlänge von 2 224 km; Gesamtfahrleistung 27,4 Mio. km/Jahr; 18,347 Mio. Fahrgäste (ohne Fahrleistung für andere Verkehrsunternehmen); Verbrauch 5,6 Mio. l (nur eigene Flotte); 851 Mitarbeiter

Phileas bei der RVK: Übernahme der Fahrzeuge am 6.5.2011, Einsatz im Linienverkehr seit 8.9.2011 beim Stadtverkehr Hürth (Linie 720), beim Stadtverkehr Brühl (703, 707, 709) und im Rhein-Erft-Kreis (935, 960, 978)



▲ Außer der beiden Phileas von APTS besteht der RVK-Fuhrpark hauptsächlich aus Fahrzeugen von MAN und Mercedes-Benz

Guter Service, gute Fahrt.

Mit Kompetenz und Leidenschaft wahrer Busspezialisten sorgen wir europaweit dafür, dass Ihr Bus immer da ist, wo er hingehört – auf der Straße.

www.omniplus.de

OMNIplus

Service für Ihren Mercedes-Benz und Setra