



Bordstromversorgung mit Brennstoffzellen

Flüssiggas-betriebenes System ermöglicht autarke, netzunabhängige Stromversorgung



Der Motor des Wohnmobils verstummt, das Tagesziel ist erreicht, das Landschaftspanorama perfekt. Die Stille wird nur durch Naturgeräusche wie das Zirpen einer Grille unterbrochen. Und dann, weit weg von der nächsten Steckdose, erst mal auf dem Laptop die E-Mails checken und die Route für den nächsten Tag planen. Die nötige elektrische Energie wird von der bordeigenen Brennstoffzellenanlage leise und abgasarm erzeugt. Sie sorgt dafür, dass die Bordbatterie immer genug Saft hat. Die neuen Brennstoffzellen-Hybrid-Systeme sind nun dank der geförderten Forschungs- und Erprobungsarbeit marktreif.

Ein Brennstoffzellen-System ist in Freizeitfahrzeugen eine Alternative zu herkömmlichen Stromerzeugungs- und Speichermöglichkeiten: Brennstoffzellen produzieren um den Faktor 2 bis 5 effizienter Strom als die Kombination von Verbrennungsmotor und Lichtmaschine. Als Betriebsmittel dient Flüssiggas. Solche Systeme versorgen nicht nur Campingfahrzeuge, sondern auch Boote und Hütten sowie Verkehrstechnik und Messapparate abseits vom öffentlichen Stromnetz mit elektrischer Energie. Moderne „Nomaden“ wünschen sich auch unabhängig von Campingplätzen einen hohen Komfort, verbunden mit der Nutzung elektrischer Geräte wie Klimaanlage, Beleuchtung, Unterhaltungselektronik, Kompressor-Kühlboxen. Die neue Bordstromversorgung (APU – Auxiliary Power Unit) wurde eigens entwickelt für die speziellen Anforderungen im Freizeitbereich mit sporadischer Nutzung an Wochenenden oder im Urlaub; sie verkraftet gleichermaßen Dauer- und Kurzzeiteinsätze sowie monate-

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert vom:

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)

lange Stillstandzeiten. Das Brennstoffzellengerät wird in Verbindung mit der Bordbatterie als Hybridsystem eingesetzt. Der Betrieb ist unabhängig von Sonneneinstrahlung und Tageszeit und verursacht nur sehr geringe Lärm- und Abgasemissionen. Das System hebt sich damit von Photovoltaikanlagen oder Generatoren ab. Die Brennstoffversorgung ist dank der weit verzweigten Flüssiggas-Infrastruktur sehr gut. Speziell im Campingbereich ist Flüssiggas Stand der Technik und wird zum Kochen, Heizen und Kühlen genutzt.

Eine Lebensdauer von mindestens 3.000 Betriebsstunden wird erwartet. Das entspricht 750 Einsatztagen mit jeweils vier Betriebsstunden. Umgerechnet auf die durchschnittliche Nutzungsdauer von Freizeitfahrzeugen – 20 bis 50 Tage pro Jahr – ergibt sich somit ein langjähriger Verwendungszeitraum für das System.

Der Freizeitbereich eignet sich gut für die Verbreitung des Brennstoffzelleneinsatzes, da die Energieerzeugung weniger preissensibel ist als im häuslichen Alltag. Der Hersteller beziffert die Stromerzeugungskosten mit etwa 0,50 €/kWh (abhängig von den Kosten der Flüssiggas-Flaschenfüllung) – ein auf Campingplätzen durchaus marktüblicher Preis für elektrische Energie.

Was kann das System?

Das Reformer-Brennstoffzellen-System ist als Batterieladegerät für Freizeitfahrzeuge konzipiert. Es verbindet ein Flüssiggas-Reformer-System basierend auf mikrostrukturierten Komponenten mit einer Hochtemperatur-Polymermembran-Brennstoffzelle, einer sogenannten HTPEM-FC (High Temperature Proton Exchange Membrane Fuel Cell). Die APU schaltet sich abhängig vom Ladezustand der Batterie und dem Stromverbrauch im Freizeitfahrzeug automatisch ein. Ausgehend von einem durchschnittlichen Verbrauch von 0,3 – 1 kWh pro Tag arbeitet das Brennstoffzellen System dann eine bis vier Stunden pro Tag. Mit 17 – 20 A entspricht der Ladestrom den von Batterieherstellern empfohlenen Werten von mindestens 1/10 der Batteriekapazität bei den üblicherweise in Reisemobilen eingesetzten Batterien mit 70 – 210 Ah Kapazität. Mit einer 11-kg-Flüssiggas-Flasche können bis zu 28 kWh Strom erzeugt werden.

Verglichen mit herkömmlichen Technologien wie Verbrennungsmotoren punkten Brennstoffzellen mit langen Betriebszeiten, sehr leisem Betrieb und sehr geringen Schadstoffemissionen. Im Gegensatz zu Photovoltaikanlagen produzieren sie unabhängig von Tageszeit, Standort und Sonneneinstrahlung elektrische Energie. Zudem weisen Brennstoffzellen gegenüber Batterien ein geringeres Gewicht und wesentlich längere Nutzungsintervalle auf.

Das System lässt sich einfach in ein Freizeitfahrzeug einbauen. Es müssen lediglich eine Frischluftzufuhr, ein Abgas-/Abluftkamin, der Gasanschluss sowie eine elektrische Verbindung zur Bordbatterie vorgesehen werden. Die Anschaffungskosten für das Gerät liegen anfangs aufgrund noch geringer Stückzahlen bei ca. 6.500 €. Mit steigender Geräteproduktion ist mit sinkenden Preisen zu rechnen.

Forschung und Entwicklung für ein marktreifes Brennstoffzellen-System

Das Brennstoffzellen-System VeGA wurde von der Firma TRUMA Gerätetechnik GmbH & Co KG in Kooperation mit dem Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH (IMM) entwi-

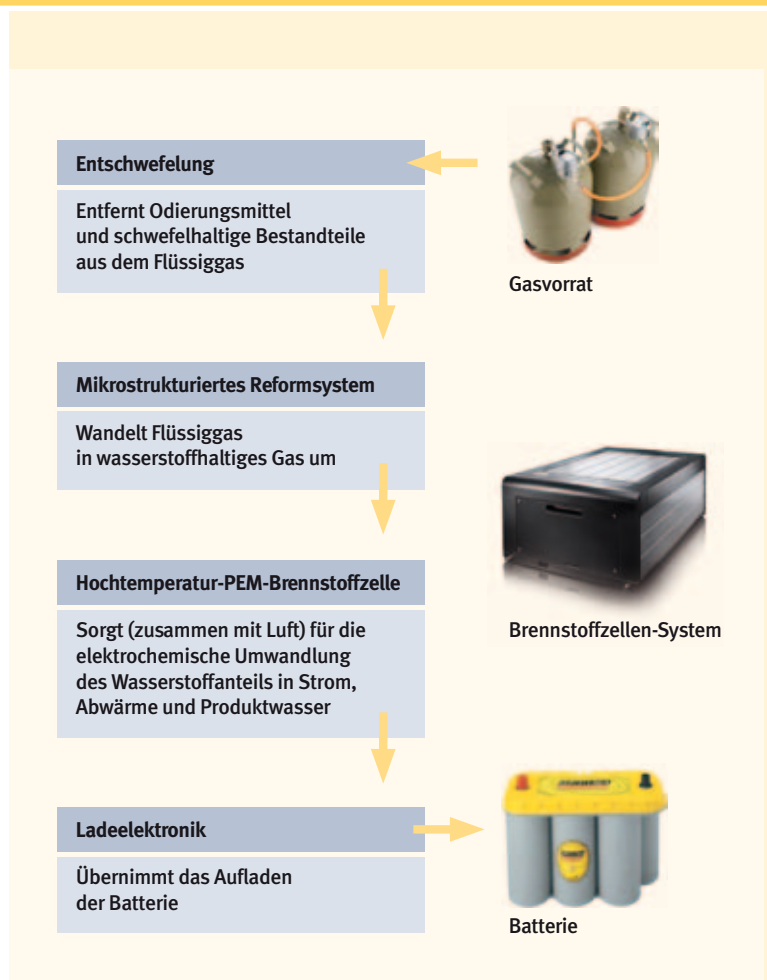


Abb. 1 Funktionsprinzip des Reformer-Brennstoffzellen-Systems – Prozessablauf von der Flüssiggasflasche bis zur Bordbatterie des Freizeitfahrzeugs.
Quelle: Truma Gerätetechnik

ckelt. Dabei konzentrierte sich Truma auf die Brennstoffzelle und das Gesamtsystem, IMM auf das Flüssiggas-Reformersystem.

Die Entwicklung des Brennstoffzellen-Systems wurde im Rahmen des 5. Energieforschungsprogramms, durch das nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) sowie durch weitere Bundes- und Landesinitiativen gefördert. Neben der Grundlagen- und Detailentwicklung von Reformersystem, Brennstoffzellenstack und BoP-Komponenten (Balance of Plant) – u. a. Mediendosierung, Wasserkreislauf, Entschwefelung, Systemsteuerung und Leistungselektronik – stand zuerst die Systementwicklung und anschließend die Systemoptimierung im Vordergrund der Förderprojekte.

Ziel war, ein verfahrenstechnisch einfaches und fertigungstechnisch optimiertes Brennstoffzellen-System zu entwickeln. Hierfür wurden für eine Vielzahl von Komponenten und Teilsystemen neue serientaugliche Fertigungsverfahren und Produktionsprozesse bei Truma und den beteiligten Zulieferunternehmen konzipiert und erprobt. Dies betraf insbesondere das Reformersystem, für das spezielle Katalysatorbeschichtungsverfahren und Fügeverfahren für die Reformerkomponenten entwickelt werden mussten.

Beginnend ab Sommer 2008 erfolgte im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie (NIP) die marktnahe Praxiserprobung des Brennstoffzellen-Systems. Ausgewählte Endkunden und Hersteller von Freizeitfahrzeugen testeten rund 200 Systeme im Rahmen eines mehrstufigen Feldversuchs. Die Markteinführung der mobilen Energiezentrale ist für Frühjahr 2012 vorgesehen.

Wie arbeitet das Brennstoffzellen-System?

PEM-Brennstoffzellensysteme benötigen für ihren Betrieb Wasserstoff oder ein wasserstoffreiches Gas. Um Brennstoffe wie Erdgas oder Flüssiggas (LPG),



Funktionsprinzip

Durch Elektrolyse wird Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten. Diese chemische Reaktion verläuft in der Brennstoffzelle in entgegengesetzter Richtung: Wasserstoff und Sauerstoff reagieren miteinander, Energie wird frei und Wasser bleibt zurück...

Die Brennstoffzelle wandelt die chemische Energie eines Brennstoffs und eines Oxidationsmittels direkt in Elektrizität um. Die Zelle besteht aus zwei gasdurchlässigen Elektroden und einer die Gase trennenden, ionenleitenden Elektrolytschicht. Der zugeführte Wasserstoff wird an der Anode mithilfe eines Katalysators in Elektronen und Ionen aufgespalten. Die Wasserstoff-Ionen wandern durch den Elektrolyten zur Kathode, die Elektronen fließen über den Leiter als elektrischer Strom. An der Kathode verbinden sich die Elektronen und Wasserstoff-Ionen mit dem zugeführten Sauerstoff zu Wasser. Eine einzelne Brennstoffzelle erzeugt eine Spannung von 0,5 – 0,7 V: Um eine höhere Spannung zu erreichen, werden mehrere Zellen in Serie geschaltet, zu sogenannten Stacks (Stapeln).

Durch die Verwendung einer Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzelle (HT-PEM-BZ) kann die in herkömmlichen Reformersystemen erforderliche Gasfeinreinigungsstufe komplett entfallen. Die HT-PEM-BZ toleriert aufgrund ihrer höheren Betriebstemperatur von 140 – 200 °C deutlich stärkere CO-Verunreinigungen im Reformatgas als Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzellen (NT-PEM-BZ) mit einer Betriebstemperatur von 60 – 80 °C. Vorteilhaft gegenüber Systemen mit NT-PEM-BZ ist das einfachere Reformersystem; der Brennstoffzellenstack kann leichter gekühlt werden und beim Wassermanagement entfallen die aufwendigen Befeuchtungsvorrichtungen. Abgas, Abluft und Kühlluft werden über einen kombinierten Abluft-/Abgaskamin aus dem System abgeführt.

Ladeelektronik

Der Brennstoffzellen-Strom wird über eine Ladeelektronik, die ähnlich wie konventionelle Batterieladegeräte funktioniert, in die Bordbatterie eingespeist. Die Ladeelektronik ist an verschiedene Batterietypen (Säure, Gel, Vlies) angepasst.

Ein anderes System nutzt Methanol

Das Brennstoffzellen-APU-System der Firma SFC Energy AG wird hingegen mit Methanol betrieben. Es nutzt eine Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC). Dies ist eine Abwandlung der PEM-Brennstoffzelle; sie kann Methanol ohne vorgeschalteten Reformersschritt direkt umsetzen. Die Geräte leisten 40 bis 105 W und kosten je nach Leistung zwischen 2.300 und 5.400 €. Der Verbrauch liegt bei etwa 0,9 l Methanol pro kWh. Das bedeutet Brennstoffkosten von etwa 3,50 bis 5,50 €/kWh, ausgehend von 5 – bzw. 10 l – Tankpatronen.

Die Firma war unter anderem an Forschungsvorhaben zur Reduktion der spezifischen Stackkosten und zur Entwicklung einer innovativen und kostengünstigen neuen Systemperipherie-Plattform beteiligt.

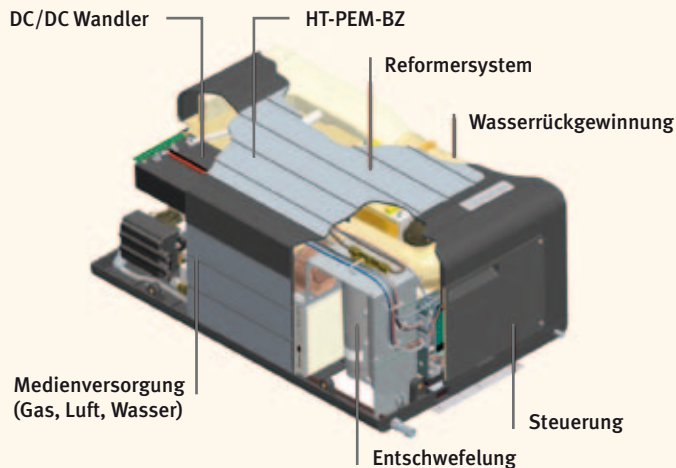


Abb. 2 Aufbau der Brennstoffzellen-APU für den Betrieb mit Flüssiggas.
Quelle: Truma Gerätetechnik

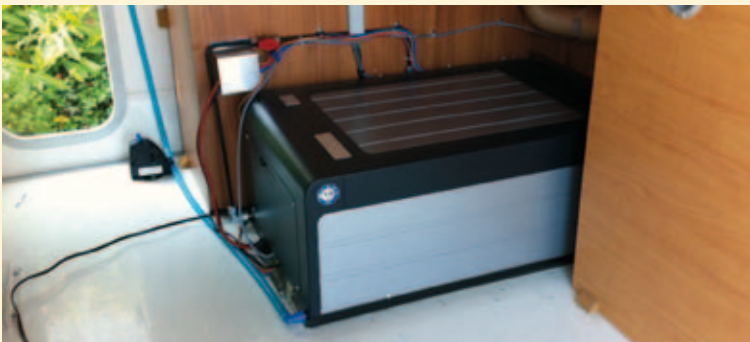


Abb. 3 Brennstoffzellensystem in der Heckgarage eines Reisemobils.
Quelle: Truma Gerätetechnik

Biogas, Methanol, Ethanol oder Dimethylether (DME) nutzen zu können, müssen diese vorher aufbereitet werden. Dies erfolgt in sogenannten Reformersystemen. Nach der Reformierung und Gasreinigung kann das (wasserstoffreiche) Gas in der Brennstoffzelle umgesetzt werden. Abb.1 zeigt schematisch die Funktion.

Entschwefelung

Hier werden Geruchsstoffe und sonstige Schwefelverbindungen bis in den Bereich der Nachweisgrenze abgetrennt. Flüssiggas enthält aus Sicherheitsgründen Odorierungsmittel. Diese schwefelhaltigen Gaskomponenten sind für die Katalysatormaterialien im Reformersystem und in der Brennstoffzelle selbst bei Konzentrationen im ppm-Bereich schädlich. Sie müssen deshalb durch eine vorgeschaltete Entschwefelungseinheit, die als Wechselkartusche ausgeführt ist, zuverlässig aus dem zugeführten Gas entfernt werden.

Reformersystem

Im Reformer wird Flüssiggas unter Mithilfe eines Katalysators in ein wasserstoffhaltiges Gas umgewandelt. Aus Gründen der Prozesssicherheit und Langzeitstabilität kommt das Verfahren der Dampfreformierung zum Einsatz. Das Reformersystem basiert auf mikrostrukturierten Komponenten in Plattenreaktor-Bauweise; das gewährleistet einen einfachen, modularen Aufbau, kurze Startzeiten, hohe Prozessstabilität und exakte Regelbarkeit.

Brennstoffzelle

In der Brennstoffzelle wird das wasserstoffreiche Gas unter Zugabe von (Luft-)Sauerstoff elektrochemisch in Strom, Wärme und Wasser umgewandelt.



Brennstoffzellen erobern den Markt

Das Brennstoffzellen-System VeGA zur Bordstromversorgung in Freizeitfahrzeugen nutzt mit Flüssiggas einen gut verfügbaren Energieträger. Das erleichtert die Verbreitung der Brennstoffzellen-Technologie, da Wasserstoff noch nicht an jeder Tankstelle erhältlich ist. Derzeit findet das System in weniger preissensiblen Nischen wie dem Freizeitmarkt Verwendung. Für eine breitere Markteinführung sind noch einige technologische und wirtschaftliche Hürden zu überwinden. So gilt es, die Herstellungskosten und Komplexität der Systeme zu reduzieren. Darauf zielt auch die Förderung von Vorhaben zu verfahrens- und fertigungstechnischen Vereinfachungen sowie zur Steigerung der Zuverlässigkeit und Lebensdauer.

Bewähren sich die Brennstoffzellen-APU im alltäglichen Gebrauch, so kann dies auch als Großserienzuverlässigkeitstest für weitergehende mobile und stationäre Anwendungen angesehen werden. Neben der Bordstromversorgung ist auch ein Einsatz als Range-Extender zur Ergänzung von Batteriespeichern in Elektrofahrzeugen denkbar, wenn es der Brennstoffzelle gelingt, sich durch dauerhafte Leistungsfähigkeit im Technologieverbund mit Batterien zu bewähren.

Brennstoffzellen wandeln leise und emissionsarm ein Brenngas in elektrische Energie um. Im Rahmen einer regenerativen Energiewirtschaft kann Wind-, Solar- oder Bioenergie in Form von Methan oder Wasserstoff gespeichert und mit Brennstoffzellen sehr effizient mobil genutzt werden. Mit einer entsprechenden Tankstellen-Infrastruktur wird (weit über die Bordstromversorgung hinaus) der Schritt in Richtung einer nachhaltigen Mobilität sowie zu einer wind- und tageszeitunabhängigen Energieversorgung möglich.

Das mobile Brennstoffzellen-System kann autark, effizient und zuverlässig Strom für den netzfernen Bedarf erzeugen. Dazu zählen über den Camping- und Bootsbereich hinaus netzferne Anwendungen wie Berghütten, Verkehrstechnik und messtechnische Apparate sowie Business- und IT-Lösungen (unterbrechungsfreie Stromversorgung bzw. Notstromversorgung). Im kleinen Leistungsbereich ist auch der Betrieb von Smartphones, Laptops oder Unterhaltungselektronik mit einer Brennstoffzellen-Stromversorgung möglich. Die Arbeit an der Brennstoffzellen-Technologie bildet auch in den nächsten Jahren einen Förderschwerpunkt im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms.

Projektorganisation

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
11019 Berlin

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Jochen Seier
52425 Jülich

Förderkennzeichen
0327174, 0327770, 0327770A,B,C,
03BS201, 03BS102C, 03BS210

Impressum

ISSN
0937 - 8367

Herausgeber
FIZ Karlsruhe GmbH · Leibniz-Institut
für Informationsinfrastruktur
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Autor
Gerhard Hirn

Titelbild
Truma Gerätetechnik GmbH & Co KG

Urheberrecht
Eine Verwendung von Text und
Abbildungen aus dieser Publikation ist
nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion
gestattet. Sprechen Sie uns an.

Projektbeteiligte

» Projektpartner:

Truma Gerätetechnik GmbH & Co. KG, Putzbrunn, www.truma.com
Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH, Mainz, www.imm-mainz.de

Links und Literatur

- » Nationale Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellen (NOW GmbH): www.now-gmbh.de | Vom Bund geförderte Projekte zur Entwicklung von Brennstoffzellen: www.forschungsjahrbuch.de; www.foerderportal.bund.de/foekat | Wasserstoffinitiative Bayern: www.wiba.de | Brennstoffzellen + Batterie-Allianz Baden-Württemberg: www.bba-bw.de | Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW: www.brennstoffzelle-nrw.de | Das Bodenseeprojekt: www.bodenseeprojekt.de | www.sfc.com
- » Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Berlin (Hrsg.): Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung. 2011. www.bmwi.de Kraft und Wärme koppeln. BINE basisEnergie Nr. 21

Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter www.bine.info im Bereich Publikationen/Projektinfos. In der Rubrik „Service“ finden Sie ergänzende Informationen wie weitere Projektadressen und Links.
- » BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter www.bine.info/abo

Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?
Wir helfen Ihnen weiter:

0228 92379-44

BINE Informationsdienst
Energieforschung für die Praxis
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197
53113 Bonn
Tel. 0228 92379-0
Fax 0228 92379-29
kontakt@bine.info
www.bine.info

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages