

## Wasserstoff für Tankstellen, Caravans und Yachten

# Flüssiggas verhilft Wasserstoff endlich zum Durchbruch

*Was noch vor wenigen Monaten Utopie war, wird dank Flüssiggas endlich realisierbar. Nach zahlreichen Feldversuchen in Deutschland kann endlich die lange Brücke ins Wasserstoffzeitalter mit ersten Schritten be-  
gangen werden. Egal, ob es Wasserstoff als Treibstoff an der Tankstelle oder die Stromversorgung in Caravans ist. Flüssiggas ist der Ausgangs-  
stoff, mit dem der dringend notwendige Übergang in ein schadstoff- und kohlendioxidfreies Zeitalter eingeläutet wird.*

Erste Anlagen von Vailant sind dabei, das Stadium der Demo-Projekte zu verlassen. Auch im Bereich von Beamern, Computern und Druckern gibt es erste Produkte im Markt. Völlig ungeklärt ist aber noch die Produktion von Wasserstoff in großen Mengen, weil er in der Natur nur gebunden vorkommt und sich nur äußerst schwer aus seinen molekularen Verbindungen lösen lässt. Als Medium für die Produktion setzt man deshalb lieber auf fossile Energieträger wie Gas, Öl oder Benzin. Bevorzugt wird dabei Flüssiggas,

bzw. dessen Komponenten Propan und Butan, mit denen unterschiedlichste Entwicklungsversuche – zum Beispiel am Forschungszentrum Jülich oder am Zentrum für Brennstoffzellentechnik in Duisburg (ZBT) – durchgeführt wurden.

Die ersten serienreifen Anwendungen sind nun ein erster wichtiger Zwischenschritt auf dem Weg in die großflächige Produktion von Wasserstoff in frühestens 10 bis 15 Jahren. Bis dahin kann Flüssiggas als Spendermedium, das über Umwandler – sogenannte

Reformer – den Zukunftsstoff hocheffizient hervorbringt, die wichtige Brückenfunktion übernehmen. Beispiel: Der Hobbyseglerbereich. Bislang mussten Freizeitkapitäne sich mit einer dürftigen Stromversorgung begnügen. Navigationsgerät, Funkausrüstung, Kühlschrank und Ankerwinde verbrauchen reichlich Strom und sorgen dafür, dass die Batterie meist schon nach ein paar Stunden leer ist – und durch eine Lichtmaschine am Antriebsmotor oder einen Dieselgenerator wieder aufgeladen werden

muss. Eine neu entwickelte Brennstoffzelle des ZBT Duisburg bringt hier die Erlösung. Anders als die meisten Brennstoffzellentypen, die entweder mit reinem Wasserstoff oder Methanol arbeiten, nutzt diese mobile Zelle Flüssiggas. Im Zentrum der Stromversorgung auf hoher See steht dabei die sogenannte Stromversorgungseinheit Auxiliary Power Unit, kurz APU.

Dieses Aggregat leistet 300 W und kann die komplette Stromversorgung an Bord abdecken. Der für die Segler-Brennstoffzelle benötigte Wasserstoff wird in der APU vom Reformer durch Zuführung von Wasserdampf und Wärme erzeugt. Bereits mit einer 5-kg-Flasche, die meist zum Kochen ohnehin vorhanden ist, kann die Stromversorgung an Bord für zwei Wochen nachhaltig gesichert werden. Das haben Simulationsrechnungen für verschiedene Nutzerprofile ergeben. Dass die Entwickler des ZBT sich für diese Energielösung entschieden haben, liegt nach Angaben des Zentrums an der hohen Energiedichte, den leichten Transportmöglichkeiten und den anwenderfreundlichen Eigenschaften von Flüssiggas. Schließlich kennen die Nutzer den Energieträger Flüssiggas schon vom Heizen und Kochen an Bord.

Die mobile APU kann als Mini-Kraftwerk mit mehreren hintereinander geschalteten Einheiten angesehen werden. Dazu gehört am Beginn die Entschwefelung der Flüssiggas-Bestandteile



**Die Wasserstoff-Tankstelle in Berlin-Spandau bekam am 8. März einen Flüssiggas-Reformer, mit dem effizient Wasserstoff hergestellt werden kann.**



**An dieser Zapfsäule können Wasserstoff-Busse und -Pkws mit gasförmigem (CGH<sub>2</sub>) Wasserstoff betankt werden.**

Propan und Butan, gefolgt von der Umwandlung in Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) im Reformier. Dann folgt eine Stufe zur Umwandlung des schädlichen Kohlenmonoxids und schließlich der Brennstoffzellen-Stack, in dem die chemischen Reaktionen ablaufen, die Strom, Wärme und als „Abfallprodukt“ Wasser erzeugen. So entsteht ein Wirkungsgrad von 20%. Das heißt: Ein Fünftel der im Flüssiggas gespeicherten chemischen Energie wird in elektrische verwandelt. Und damit liegt der Wirkungsgrad deutlich über den 12% eines Dieselgenerators.

### **Erste Anwendungen gehen in Serie**

Aufgrund der kompakten Anordnung der

Komponenten und der Betriebssicherheit des Systems sind die Anwendungsmöglichkeiten des Prinzips vielfältig. Ein ähnliches Produkt wird dieses Jahr für die Stromversorgung bei Caravans zum Zuge kommen. Der Camping-Spezialist Truma aus Putzbrunn wird eine Brennstoffzelle auf den Markt bringen, mit der heizen und kochen frei von leitungsgebundenen Energien möglich sein wird. Das Produkt wird, so sagen Experten, anderen Techniken weit überlegen sein. Denn nun endlich lässt sich der Wunsch nach absoluter Unabhängigkeit von externen Stromquellen realisieren. Egal, ob der Reisende in der Tundra Sibiriens oder der Prärie Amerikas unterwegs ist, dank Flüssiggas könnte er

nun überall einfach haltmachen, ohne auf Komfort verzichten zu müssen.

Die Brennstoffzelle von Truma käme zur rechten Zeit. Besonders in Ländern, deren Infrastruktur und Stromversorgungsnetz nicht so gut ausgebaut ist wie in Deutschland, werden sich die Camper auf die neu gewonnene Freiheit freuen.

Schön ist vor allem, dass Propan ohnehin an Bord der meisten Caravans zum Heizen verwendet wird. Ein Energieträgerwechsel muss also nicht vorgenommen werden. Das Prinzip der Zelle ist denkbar einfach und ähnelt der bereits dargestellten Zelle auf Yachten: Propan strömt über

einen zuvor auf 750°C erhitzten Katalysator, der das Flüssiggas in verschiedene Gase zerlegt, unter anderem auch Wasserstoff, dem Energieträger für die Brennstoffzelle. Die sogenannte Sense-Leitung meldet dann den Bedarf an elektrischer Energie an die Steuerung der Brennstoffzelle. Sobald hier die Spannung im Akku unter eine bestimmte Voltzahl absinkt, schaltet sich die Zelle von selbst ein. Erst dann fließt der Strom so lange wie nötig. Die Brennstoffzelle ist so konzipiert, dass sie wie ein Ladegerät arbeitet. Sie wirkt dabei pflegend und funktionserhaltend auf die Bordbatterie (Standardbatterien von 70 bis 210 Ah).

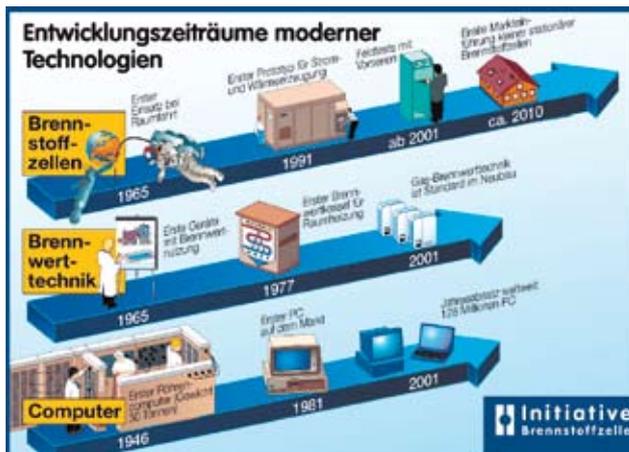
**60 Tage in freier Natur**

In freier Natur liefert die Zelle dann bis zu 250 W, damit die Standardbatterie langfristig stabil bleibt. Die Zelle soll dabei auch wirtschaftlich arbeiten und den herkömmlichen Verbrauch in einem Reisemobil abdecken. Wenn es in rauer Natur doch mal sehr kalt wird, kann die Brennstoffzelle sogar stundenweise eine leistungsstarke Klimaanlage versorgen.

Den Verbrauch der Zelle mit Flüssiggas beziffert Truma mit nur 90 Gramm eines Propan-Butan-Gemisches oder reinem Propan pro Stunde. Hochgerechnet würde das bedeuten, dass bei einer vollen 11-kg-Flasche, die einen Energiegehalt von 142 Kilowattstunden (kWh) erzielt, die Brennstoffzelle 30 kWh Strom erzeugen kann. Auch wenn noch keine Abgasmessungen durchgeführt werden konnten, dürften die Werte sehr niedrig liegen, ebenso wie die Kosten. Umgerechnet müsste man für eine Kilowattstunde 50 Cent berappen, wenn das Flaschengas zum Preis von 15 Euro vom Camper eingekauft wird.

Dabei kann die Stromversorgung durchaus mit anderen Energieträgern ergänzt werden. Notwendig für den Betrieb sind laut Truma der übliche Gasanschluss, ein Luftversorger, eine Abluftvorrichtung und ein herkömmliches Stromkabel.

Bei alleiniger Versorgung durch die Zelle kann das Reisemobil bis zu 60 Tage lang mit Strom versorgt werden. Dabei dürfte es im Longline-Betrieb wenig bis keine Störungen geben, heißt es bei Truma. Rund 5000 Betriebsstunden soll die Zelle ohne nennenswerten Leistungs-



**Lange Entwicklungszeiträume sind für moderne Technologien durchaus nicht ungewöhnlich. Das zeigen Beispiele wie die Gas-Brennwertechnik oder der Computer. Auch hier gab es einen langen Weg von der ersten praktischen Nutzung bis zur breiten Markteinführung.**



**Der Caravan- und Reisemobil-Ausstatter Truma aus Putzbrunn produziert dieses Jahr eine erste Kleinserie von Brennstoffzellen auf Flüssiggasbasis.**



**Michel Mallet, Geschäftsführer der Total Deutschland GmbH, legte bei der Einweihung des Flüssiggas-Reformers an der Wasserstoff-Tankstelle in Berlin selbst Hand an.**

verlust liefern, so der Caravanning-Spezialist. Nach einer Startzeit von 10 bis 12 Minuten ist alles möglich: heizen, beleuchten, selbst Stereoanlagen mit guten Boxen sind nun in den großen stromlosen Weiten Alaskas willkommen.

Dabei agiert die kompakte technische Einheit nicht nur zuverlässig sondern auch sehr leise. Im Geräuschpegel ist sie vergleichbar mit einer in den Unterschrank oder doppelten Boden eingebauten Klimaanlage.

**Wasserstofftankstelle produziert mit Flüssiggasreformer effizient H<sub>2</sub>**

Dass der Beginn des Wasserstoffzeitalters in greifbare Nähe gerückt ist, kann nun auch jeder sehen, der in diesen Tagen die TOTAL-Tankstelle an der Heerstraße in Berlin-Spandau anfährt. Die Station ist Bestandteil eines Großdemonstrationsprojektes der internationalen Initiative Clean Energy Partnership (CEP), die in Berlin Wasserstoff-Fahrzeuge im Alltag erprobt. In der zweiten Ausbaustufe wurde die Tankstelle im März mit einem Reformer zur Erzeugung von Wasserstoff aus Flüssiggas ausgestattet.

Damit versorgt die Tankstelle nun mehrere Pkw und 14 MAN-Flüssiggasbusse, die im Rahmen des von der Europäischen Union geförderten Projektes HyFLEET: CUTE aktuell angeschafft werden. Somit verfügt der öffentliche Nahverkehr in Berlin über die größte H<sub>2</sub>-Busflotte in Europa.

Da Wasserstoff heute noch mit extrem hohem Energieaufwand hergestellt wird, bietet sich statt-

dessen die Beschickung des Reformers mit Flüssiggas an. „Flüssiggas ist hier bei Total einfach verfügbar“, erläutert Burkhard Reuss vom Total-Konzern.

Theoretisch könne der Reformer auch mit Erdgas und Naphta versorgt werden. Flüssiggas habe aber den großen Vorteil, dass es nicht mit hohem Druckaufwand per Kompressor vorverdichtet werden muss, sondern mit geringem Aufwand bequem in Tankbehältern vor Beschickung des Reformers gelagert werden kann, so Reuss. Elementar dafür ist aber, dass der Reformer einwandfrei arbeitet.

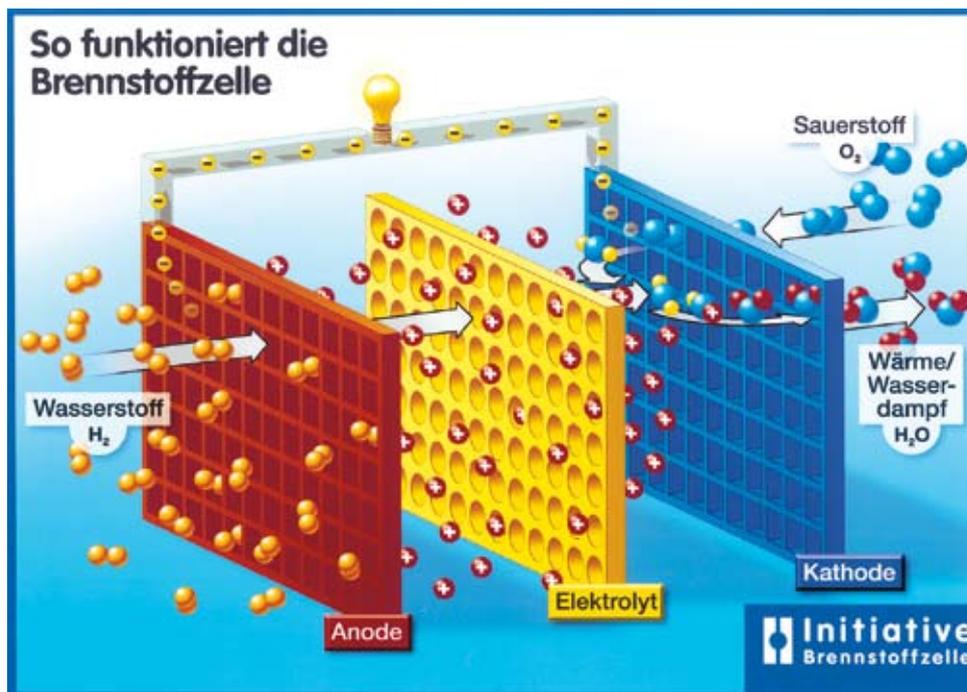
Auch hier ist der Prozess von Flüssiggas, das über den Reformer Wasserstoff produziert, ähnlich. Der Reformer wird mit einem Gemisch aus Wasserdampf und verdampftem Flüssiggas beschickt.

Über Katalysatoren, die unter Wärme arbeiten und durch den Reformer laufen, wird der Wasserstoff ( $H_2$ ) aus seiner großmolekularen Bindung gelöst. Allerdings entsteht während

des Vorganges auch  $CO_2$ ,  $CO$  und nicht zuletzt Wasserdampf, der abgeschieden wird. Nach weiteren Stufen der Gasaufbereitung wird in einem letzten Schritt der Feinreinigung (Druckwechselabsorption, DWA) der Wasserstoff mit

der nötigen Reinheit produziert. Die Restgase werden letztlich zur Befeuerung der zwei Brennstoffzellen verwendet, die eine Grundlast für den Reformer halten und zusätzlich einen Großteil der Tankstelle mit Strom versorgen.

Dank des Flüssiggas-Reformers ist jetzt sichergestellt, dass die Anlage Wasserstoff-Busse und -Pkws unterschiedlicher Bauarten mit flüssigem ( $LH_2$ ) oder gasförmigem ( $CGH_2$ ) Wasserstoff langfristig versorgen kann.



**Die Brennstoffzelle hat – ähnlich wie eine Batterie – zwei Elektroden. Sie sind durch einen Elektrolyten getrennt, der für Gase undurchlässig ist, aber Ionen (positiv oder negativ geladene Teilchen) leitet. Der Anode wird Wasserstoff, der Kathode Sauerstoff zugeführt. Bei der Reaktion der beiden Gase entstehen Wasserdampf und elektrische Energie.**