

# SBB Minibar serviert neu auch Cappuccino – dank Brennstoffzellen-Technologie

**Brennstoffzellen treiben heute schon die Elektromotoren moderner Postautos an. Jetzt kommen sie auch in den SBB Minibars zum Einsatz. Die Bahn hat die neue Technologie eben in einem einmonatigen Pilotversuch auf der Strecke Zürich-Bern getestet. Die Bahnreisenden spüren die Neuerung im Gaumen: Neu können sie auch frisch zubereiteten Cappuccino oder Latte Macchiato trinken.**

von Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE

«Kaffee! Tee! Gipfeli!» Der Servicemitarbeiter öffnet die Schiebetür und zieht die voll bepackte Minibar mit Getränken und Snacks hinter sich her. In der Ablage reihen sich Kägi-fret, Sandwich und Chips. Oder eine Getränkedose unten aus der Schublade? Die meisten Bahnreisenden nehmen dann doch lieber einen Kaffee oder einen Espresso, vielleicht noch ein Gipfeli. Der Steward steckt eine Lavazza-Kapsel in die Maschine, die oben auf der Minibar thront, die heisse Brühe rinnt in den Papierbecher. Duftender Kaffee, der Tag ist erst mal gerettet.

Fast die Hälfte ihres Umsatzes machen die SBB Minibars mit dem Verkauf von Kaffeegetränken. Bis vor einigen Jahren mussten sich Bahnreisende mit Pulverkaffee begnügen, der mit heissem Wasser aus der Thermoskanne aufgegossen wurde. Seit 2007 kommt der Kaffee aus der elektrisch betriebenen Kaffeemaschine. Den Strom zum Betrieb stammt aus einem Akku, der im Boden der Minibar untergebracht ist, eine Stromladung reicht für 50 bis 60 Kaffees. Etwa soviel Kaffees, wie an einem müden Morgen auf der Fahrt zwischen Zürich und Bern geordert werden.

## Mehr Leistung für den Milchschaum

Doch der moderne Pendler trinkt nicht mehr einfach Kaffee. Heute liegen Cappuccino und Latte Macchiato im Trend. Auf diesen Trend reagiert nun auch el-

vetino, die 100prozentige SBB-Tochter, die für den Betrieb der Minibars und der Speisewagen verantwortlich ist. Doch die modischen Neulinge stellen höhere Anforderungen an die Herstellung, denn die schicke Haube aus Milchschaum muss mit Dampf aufgeschäumt werden, und das braucht zusätzliche Energie. Ein Kaffee ist mit 450 Watt erhitzt, modische Kaffee-Milch-Getränke brauchen das Doppelte. Soviel Leistung zum Betrieb der Kaffeemaschine stellen herkömmliche Akkus aber nicht zur Verfügung, sollen sie auf einer Minibar Platz finden, nicht zu schwer wiegen und genügend Energie speichern, um sie nicht allzu oft wechseln zu müssen.

Daher hat elvetino in diesem Sommer Minibars mit der leistungsstärkeren Brennstoffzellen-Technologie getestet. Auf der Grundlage des Feldtests entscheiden die SBB nun darüber, ob sie die neue Minibar dann auf Schweizer IC- und EC-Verbindungen einsetzen. Brennstoffzellen liefern Strom für den Betrieb der Kaffeemaschine, gleich wie die bisher verwendeten Akkus. Trotz des eigenwilligen Namens, funktionieren Brennstoffzellen im Prinzip sehr ähnlich wie Akkus: In beiden Fällen stammt der Strom aus einer elektrochemischen Reaktion. Im Akku reagieren in der Regel feste Stoffe miteinander, bei der Brennstoffzelle der neuen Minibar sind es gasförmige Stoffe, nämlich Wasserstoff und Sauerstoff. Bei der Reaktion der beiden Stoffe in der Brennstoffzelle – sie ist etwa halb so gross wie eine Au-

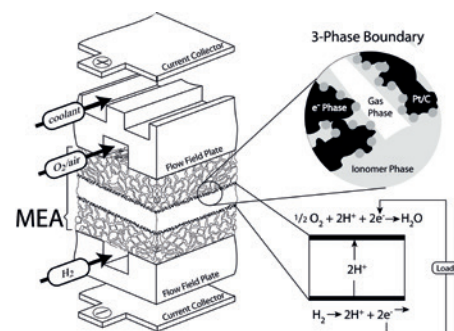
tobatterie – entsteht elektrischer Strom. Der einzige «Abfall» ist – Wasser. Der zum Betrieb nötige Sauerstoff kommt aus der Umgebungsluft. Der Wasserstoff wird in einem Speicher mitgeführt, der im Boden der Minibar versteckt ist. Ist der Speicher leer, wird ein neuer eingesetzt, und der leere Speicher wird zum elvetino-Sitz in der Nähe des Zürcher Hauptbahnhofs gebracht, wo er wieder aufgefüllt wird.

## Netzunabhängige Stromproduktion

Entwickelt hat das neue Energiesystem die Firma CEKAtec AG in Wattwil (SG) in Kooperation mit der Berner Fachhochschule für Technik und Informatik, BFH-TI Biel. Ausgangspunkt bildete eine mobile, also netzunabhängig funktionsfähige Brennstoffzelle, die vom Paul Scherrer Institut in Villigen (AG) und der ETH Zürich entwickelt worden war. CEKAtec hat die Brennstoffzelle mit Unterstützung des Bundesamts für Energie (BFE) und der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) für den Einsatz in der Minibar angepasst und industrialisiert. Die Brennstoffzellen-Technologie geniesst zur Zeit grosse Aufmerksamkeit, da sie eine dezentrale Stromproduktion erlaubt. Im Fall der Minibar kommt eine Niedertemperatur-Brennstoffzelle zur Anwendung, die bei Betriebstemperaturen von 20 bis 70 Grad arbeitet. Das Brennstoffzellensystem besteht aus einem Stapel von 32 Zellen, jeweils 8x8 cm gross und 4 mm dick. Brennstoffzellen haben die Fähigkeit, Wasserstoffatomen das Elektron zu stibitzen, woraus ein elektrischer Strom resultiert.



Das Foto zeigt eine IHPOS-Brennstoffzelle (genauer: Brennstoffzellen-Stapel) aus der Produktion der Firma CEKAtec. Der in der SBB Minibar eingebaute Stapel sieht im Prinzip gleich aus wie auf dem Foto, ist jedoch in ein Gesamtsystem eingebaut. IHPOS steht für: Independent Hydrogen Power Systems.



Die Illustration zeigt den Aufbau einer einzelnen Brennstoffzelle. Der mit MEA (engl. Membrane-Electrode-Assembly; dt. Membran-Elektroden-Einheit) bezeichnete Mittelteil bildet das eigentliche Herzstück: Hier läuft die elektrochemische Reaktion ab, die aus Wasserstoff und Sauerstoff elektrischen Strom, Wasser und Wärme erzeugt. Dieser Mittelteil wird oben und unten durch eine Bipolarplatte (bestehend aus zwei Fluss-Feld-Platten) abgeschlossen. Die Fluss-Feld-Platten haben eine doppelte Funktion: Sie verteilen die Reaktionspartner (Wasserstoff, Sauerstoff) gleichmässig über die gesamte Brennstoffzelle, und sie führen den elektrischen Strom ab.

So sah die Minibar bisher aus. Die neue Minibar wird nicht nur mit einer Brennstoffzelle betrieben, sie hat auch ein komplett neues Design – das aus Patentgründen zur Zeit aber noch nicht öffentlich vorgezeigt werden kann. Auch die Minibar, die im Sommer 2013 im Pilotheinsatz war, versteckt ihr Design hinter einem Sichtschutz.

Jede der 32 Brennstoffzellen verfügt über eine Leistung von 20 Watt, insgesamt also 640 Watt Nennleistung. Da die Brennstoffzelle einen Eigenverbrauch (für Pumpen, Ventile usw.) von ca. 80 Watt hat, stehen netto 560 Watt zur Verfügung. Das ist für die neue SBB Minibar eigentlich zu wenig, denn die Kaffeemaschinen brauchen ca. 1500 Watt. Damit zum Kaffeekochen genug Strom zur Verfügung steht, hilft ein elektrischer Zwischenspeicher. Dieser wird immer wieder aufgeladen, wenn gerade kein Kaffee gebraut wird.

Druck steht wie in einer Gasflasche (also 200 bis 300 bar), sondern nur unter einem mässigen Druck von wenigen bar (entspricht dem Druck in einem aufgepumpten Veloschlauch). Technisch gesehen ist das Modul ein Metallhydrid-Speicher – darin wird der Wasserstoff in einer Metalllegierung (Nickel und ein Gemisch aus sogenannten Seltenen Erden) gespeichert.

**Eine Füllung des Wasserstoffspeichers ergibt 120 Espressos**

Dieser Speicher dürfte von der Öffentlichkeit – wegen des geringen Drucks – besser akzeptiert werden als Gasflaschen. Er ist mit 35x26x8cm Volumen sogar noch etwas kleiner als die bisher verwendeten Akkus und mit 12 Kilogramm nur gut halb so schwer (wobei für einen fairen Vergleich allerdings auch das nicht unerhebliche Gewicht der Brennstoffzelle einbezogen werden muss). In dem Speichermodul hat 1 Normkubikmeter Wasserstoffgas Platz, was einem Gewicht von 80 Gramm Wasserstoff entspricht; der grösste Teil des Gewichts entfällt auf das für die Speicherung erforderliche Metall. Eine Speicherfüllung Wasserstoff liefert ca. 1,5 kWh Strom; die neue Kaffeemaschine mit einem Durchschnittsverbrauch von 1 kW kann also – nonstop – anderthalb Stunden betrieben werden, was für 120 Espressos (oder 60 Cappuccinos) reicht. Die Abwärme der Brennstoffzelle wird übrigens teilweise dem Speicher zugeführt; das hilft, seine Leistungsfähigkeit zu erhalten. ▶

«Die grösste technische Herausforderung bei der Entwicklung des Energiesystems für die neue Minibar war, mit dem knappen Platz auszukommen», sagt Dr. Marco Santis, Projektleiter bei der Firma CEKAtec. Schliesslich müssen auf dem schmalen Wägelchen nicht nur die Kaffeemaschine, Flaschen, Dosen und Snacks Platz finden, sondern auch die Brennstoffzelle und der zugehörige Behälter, der den Wasserstoff für deren Betrieb enthält. Bei dem Behälter handelt es sich nicht um eine Gasflasche, sondern um ein Modul von der Grösse einer Schuhschachtel. Das Speichermodul hat den Vorteil, dass der Wasserstoff nicht unter hohem





Die SBB haben die neue Brennstoffzellen-Minibar während eines einmonatigen Feldversuchs auf der Strecke Bern-Zürich getestet (im Bild: eine frühere Version der Minibar).



Vor drei Jahren – das Foto zeigt die damalige Bundespräsidentin Doris Leuthard an der Innovationskonferenz 2010, zusammen mit Dr. Philipp Dietrich vom Paul Scherrer Institut (Mitte) und Michael Christ von der Berner Fachhochschule (rechts) – war die Brennstoffzellen-Minibar noch eine Idee. Unterdessen haben Ingenieure die Idee zur einem marktfähigen Produkt entwickelt.

Michelangelo La Malfa, stellvertretender CEO bei elvetino und Projektleiter der neuen Minibar, spricht nach mehrjähriger Entwicklungszeit von einem «Quantensprung im Bahncatering-Geschäft»: «Dank der Brennstoffzellen können wir eine Kaffeemaschine auf der Minibar platzieren, die alle Kaffee-Milch-Produkte herstellt, aber auch heisse Schokolade mit richtiger Milch.» Das Catering-Unternehmen der SBB erwartet von der in Technik und Design modernisierten Minibar ein Umsatz-Plus bei den Kaffeeprodukten und – natürlich – von Milchschaum verwöhnte, zufriedene Bahnkunden.

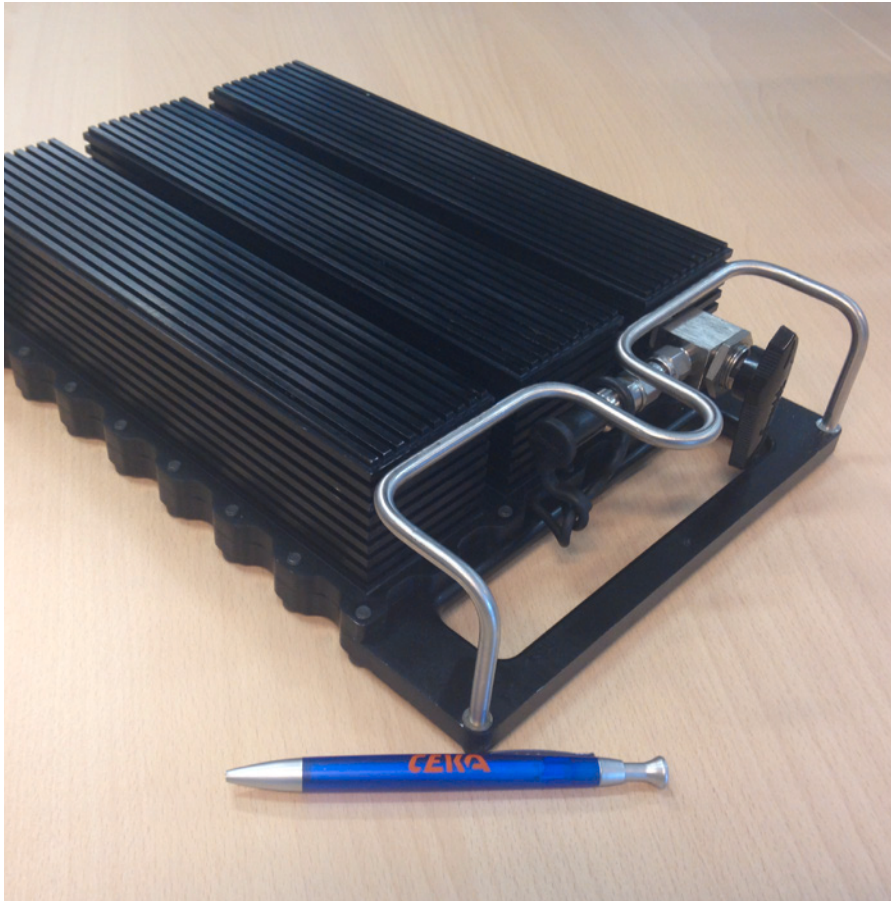
### Zwei Innovationen

In der neuen SBB Minibar stecken zwei bemerkenswerte technische Innovationen «made in Switzerland». Die erste betrifft die Luftbefeuchtung. Eine Brennstoffzelle braucht – um effizient zu arbeiten – einen gewissen Wassergehalt (genauer: Feuchtigkeit). Diese Feuchtigkeit wird üblicherweise durch einen eigens eingebauten Befeuchter erzeugt. Nachteil dieser Lösung: Die externe Komponente verkompliziert das System und verbraucht zusätzliche Energie. Um diese Nachteile zu vermeiden, erfolgt die Luftbefeuchtung bei der Systemlösung von CEKAtec intern in jeder einzelnen Brennstoffzelle, also ohne Einbau eines externen Befeuchters. Für die Befeuchtung wird das Wasser verwendet, das bei der elektrochemischen Reaktion als «Abfallprodukt» entsteht.

Eine zweite Innovation betrifft die sogenannten Bipolarplatten, die die einzelnen Brennstoffzellen nach oben und unten abschliessen und die Aufgabe haben, die Reaktionspartner (Wasserstoff, Sauerstoff) über die Zelle zu verteilen und

den entstehenden Strom abzuführen. In der Brennstoffzelle der SBB Minibar werden die Bipolarplatten untereinander mit flexiblen Graphitfolien abdichtet. Der Vorteil: Die Montage der Brennstoffzelle wird erleichtert, und wenn eine einzelne Zelle defekt ist, kann sie mühelos ausgetauscht werden. Die Graphitfolie hilft zudem, als Kühlrippe verlängert, beim Abführen der Prozesswärme mittels gewöhnliche Ventilatoren.

CEKAtec geht davon aus, dass die Brennstoffzelle in der Minibar tiefere Betriebskosten verursachen wird als die bisher verwendeten Akkus. Jeder Akku muss nach Ablauf seiner Lebensdauer als ganzer ersetzt werden, was mit erheblichen Ersatzkosten einhergeht. Bei der Brennstoffzelle dagegen müssen jeweils nur die Verschleissteile ersetzt werden. «Aufgrund unserer Berechnungen gehen wir davon aus, dass unsere Brennstoffzellenlösung nach ca. 18 bis 24 Monaten günstiger ist. Diese Erwartung muss sich nun im Alltagsbetrieb bestätigen», sagt Dr. Marco Santis. BV



### Keine Angst vor der Brennstoffzelle

Ist die mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzellen-Minibar gefährlich? Kann sie gar explodieren? Solche Befürchtungen sind unbegründet. Die Brennstoffzelle selber ist unproblematisch. Eine allfällige Gefahr geht vom Wasserstoffspeicher aus, denn sollte er – zum Beispiel bei einer Zugentgleisung – brechen, drohen die Freisetzung von Wasserstoff und eine Selbstentzündung der Metallegierung. Für eine Explosion ist die in der Minibar mitgeführte Menge an Wasserstoff nicht ausreichend, zudem ist der Druck des Speichers zu gering. «Die Legierung würde dann langsam an der Luft zu brennen anfangen, allerdings recht unspektakulär, nicht etwa wie ein Feuerwerk», sagt Dr. Marco Santis, «im schlimmsten Fall droht also ein lokaler Brand.» Für den Fall, dass ein Speicher im Feuer landet, verfügt er über Sicherheitsventile, welche einen allfälligen Überdruck im Speicher verhindern. BV 🍷

Der Wasserstoff für den Betrieb der Brennstoffzelle wird im Zug nicht in Druckflaschen mitgeführt, sondern in Speichermodulen, in denen nur ein geringer Druck von wenigen bar herrscht.