

# BRENNSTOFFZELLENAUTOS SPIELERISCH ER-FAHREN

## H2 FUEL CELL CAR: PROFESSIONELLES SPIELZEUG IM TEST



Bild 1: Es fährt!

**W**ird Solarspielzeug immer professioneller? Fischertechnik schreibt jedenfalls inzwischen sogar den Zusatz „Profi“ bei einigen seiner Energiebaukästen dazu. Unser Autor hat sich den Kasten „H2 Fuel Cell Car“ vorgenommen. Gleich zu Beginn: Das Auto fährt wirklich gut.

Aber der Bausatz sollte möglichst, wegen der dort vorhandenen Wind- oder Solarstromanlagen, um den „Green Energy“-Baukasten ergänzt werden. Beide Sets schmücken sich mit dem Vorsatz „Profi“.

Wer sich jetzt fragt: „Warum testet die SONNENENERGIE Solarspielzeug ausgerechnet im Frühjahr?“ bekommt zwei Antworten. Erstens: Gutes Spielzeug darf sich nicht nur unterm Weihnachtsbaum gut machen, sondern sollte ganzjährig verschenkbare sein. Zweitens – und das ist genauso gewichtig: Wer hat nicht schon in traurige Kinderaugen geblickt, weil sich das ach so tolle Weihnachts-Solar-Figurchen in der dunklen Jahreszeit kein bisschen bewegt hat? Das sonnige Halbjahr ist eindeutig die bessere Geschenkzeit für Solarspielzeug.

### Die Vorbereitung

Brennstoffzellen-(BZ-)Autos wie das ganze Wasserstoff-(H<sub>2</sub>-)Thema erleben zurzeit politisch und medial einen Hype. Was oft unter den Teppich gekehrt wird: Woher kommt der H<sub>2</sub>, und wie wird er hergestellt? Die DGS setzt bekanntlich auf rein grünen, im Inland erzeugten Wasserstoff: Dazu braucht es bei der Erzeugung von H<sub>2</sub> die Kraft von Sonne und Wind! Deshalb kommt bei uns das Netz-Ladegerät, das dem „H2 Fuel Cell Car“-Karton beiliegt, nicht in die Steckdose.

Natürlich würden es auch zwei kristalline Halbwatt-Solarzellen aus dem Elektronik-Fachgeschäft tun. Doch der Baukasten „Green Energy“ bietet einerseits eine Vielzahl weiterer Ökostrom-Verbrauchsexperimente. Und andererseits ist das darin enthaltene Windrad eine echte Alternativenergie – nicht Netz-, sondern Windstrom für die Wasserstoff-Erzeugung. Power to Gas (P2G) ist also hier sowohl mit Sonne als auch mit Wind möglich: Klingt wie die Zukunft der echten, nachhaltigen, sektorenübergreifenden Energieversorgung im Profispielzeugformat.

Doch vor dem Verbrauch gilt es hier erst einmal, diese Infrastruktur aufzubauen. Anders als in der realen Welt: In Deutschland werden zuerst die BZ-Autos auf die Straße gebracht, bevor die Grün-H<sub>2</sub>-Erzeugung und -versorgung gesichert sind.

343 Einzelteile sind im Karton, wir fangen mit der fest installierten Photovoltaik-Anlage (es gibt auch eine mit Nachführung) und dem großen Windrad an. Sehr positiv anzumerken: es fehlt kein einziges der notwendigen Teile. Und: Werkzeug ist für die Errichtung von Sonnen- und Windkraftwerk keines nötig.

Es geht zügig voran, die Bauanleitung ist aussagekräftig und nachvollziehbar, kein Vergleich mit einem IKEA-Regal! Sogar die Leitungsverbindungen sind durch zuklappbare Steckerchen im Handumdrehen fertigzustellen: Bei den deutschen Hochspannungsstrassen dauert das bekanntlich viele Jahre. Aber für Fischertechnik war anders als für die HGÜ kein Genehmigungsverfahren notwendig. Und deshalb steht unsere Stromversorgung nach etwa einer Stunde – nicht fest gemauert in der Erde, sondern gut befestigt auf der großen Bodenplatte des Green-Energy-Sets.

Also auf zu neuen Taten: Heute muss das Auto fertig werden. „Frisch Gesellen, seid zur Hand“ zu rufen, nützt leider nichts: Ich bin alleine mit meinem „H2 Fuel Cell Car“-Karton. Darin sind zwar „nur“ 117 Teile – doch die werden, anders als für die Energieversorgung in „Green Energy“, auch wirklich alle gebraucht. Alles ist ebenso gut steckbar. Lediglich bei der Montage der lenkbaren Vorderräder mache ich einen Fehler. Doch diese „Vorspur“ ist schnell korrigiert.

Etwas diffizil ist die Montage des Antriebs: Eine Schnecke, die später über das Zahnrad der Achse geschoben wird. Die muss vorsichtig auf der aus dem Motor ragenden, kunststoff-ummantelten Welle montiert werden. Bricht nämlich der Kunststoffmantel, ist Ersatzteilbedarf angesagt. Und zwar gleich der komplette Motorblock.

Wie der Motor ist auch die Brennstoffzelle (BZ) nebst Wasser-Sauerstoff-Wasserstoff-Kombitank bereits vorgefertigt.



Bild 2: Die Bau-Ergebnisse bei der Elektrolyse

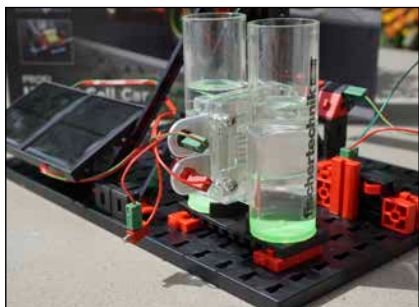


Bild 3: Solar-Elektrolyse losgelöst



Bild 4: Bauanleitungen sind dabei – Bedienungshilfen dagegen nicht



Bild 5: Solar-Elektrolyse ist angesagt – Stecker kommt nicht in die Dose

Bei der Montage des Teils gibt es keine Schwierigkeiten. Da geht Fischertechnik auf die sichere Seite: und das ihm wahrsten Wortsinn. Zwar sind die Mengen  $H_2$ , die für den Betrieb des Autochens erzeugt werden müssen, recht gering. Aber auch für den eindrucksvollen „Knallgasversuch“ im Physikunterricht sind nur Kleinstmengen  $H_2$  nötig. Doch der Sicherheitsaufwand, den die Lehrkräfte betreiben müssen, ist enorm! Deshalb ist es kein Wunder, dass der Hersteller jetzt kein Risiko eingehen möchte.

Die BZ hat übrigens eine Doppelfunktion: Zunächst muss sie als Elektrolyseur arbeiten, also mit Hilfe von Gleichstromenergie Wasser ( $H_2O$ ) in  $H_2$  und Sauerstoff ( $O_2$ ) spalten. Und später muss sie aus diesen Gasen wieder  $H_2O$  machen, um den Antriebsstrom fürs Auto zu produzieren.

### Der Betrieb

Doch zuvor stellen sich – trotz vorhandenem BZ-Auto und aufgebautem Öko-Versorgungssystem – Fragen. Und zwar eine ganze Reihe. Die erste ist die wohl wichtigste: Hallo, Bedienungsanleitung? Denn in beiden Profi-Kästen liegen zwar hochwertig gedruckte Profi-Bauanleitungen – aber jeweils nur ein kopiertes Blättchen „Fischertechnik eLearning“. Darauf der Hinweis, im Internet finde man jeweils „Hintergrundwissen zum Thema des Baukastens“.

Nach Aufruf von [www.fischertechnik.de/elearning-h2fuelcellcar](http://www.fischertechnik.de/elearning-h2fuelcellcar) – auch über den kopierten QR-Code erreichbar – öffnet sich die Seite „Vom Kinderzimmer zum kleinen Labor“. Dort ist zunächst die Funktionsweise der BZ erklärt – und dann wird klar: Noch etwas Wichtiges ist nicht im Kasten. Nämlich destilliertes Wasser.

Aber Schwamm drüber: ist das Sauberwasser bis zur Markierung beider Behälter eingefüllt, die BZ entlüftet und sind die zwei Löcher wieder verstopft, kann's losgehen mit der solaren Elektrolyse. Die funktioniert zwar auch im Wohn- (oder Kinder-)Zimmer; schöner und viel schneller geht die  $H_2$ -Produktion aber unter freiem Himmel im Sonnenschein des Gartens.

An einem sonnigen Tag dauert es etwa 10 Minuten, bis auf der  $O_2$ -Seite Blasen aufsteigen: Dann ist im  $H_2$ -Tank ein etwa 3 cm hohes „Loch“ unterm Wasser – das Gas, aus dem die Träume der halben Politikerwelt bestehen. Nun also Energieversorgung abkoppeln, stattdessen die BZ mit dem Antriebsmotor des Autos verbinden – und schon fährt es los mit dem sauberen  $H_2$ -Strom, der nur (unsichtbaren) Wasserdampf ausstößt. Entweder auf der Straße entlang geradeaus, oder auf dem Gartentisch immer im Kreis. Und

immer mit der gleichen Geschwindigkeit. Bis das  $H_2$  zur Neige geht. Dann kann das Ganze von vorne beginnen.

Doch dieses Experiment mit dem kleinen „H2 Fuel Cell Car“ zeigt auch das Problem „richtiger“ BZ-Autos: Ohne Zwischenspeicher für den Strom, wenn also BZ und Motor nur direkt verbunden wären, könnten sie nur mit immer gleicher Geschwindigkeit fahren. Deshalb sind in BZ-Autos genauso wie in reinen E-Mobilen Batterien eingebaut, die die Energie zum Beschleunigen liefern, aber auch Bremsenergie aufnehmen. Natürlich sind die kleiner als bei reinen E-Autos. Aber die Diskussion um die Herstellprobleme bei heutigen Akkus würde auch nicht enden, sollten sich BZ-Autos durchsetzen.

Mit dem Baukasten „Green Energy“ lässt sich übrigens ein reines E-Auto mit Speicherbatterie bauen. Auch deshalb ist die Parallelbeschaffung zu empfehlen. Warum nicht einfach einmal E- und BZ-Auto gegeneinander antreten lassen?

Das E-Learning-Angebot von Green Energy Sets ist zudem wesentlich umfangreicher als beim H2 Fuel Cell Car. Wenn auch etwas versteckt beim Auslaufbausatz „OekoEnergy“ herunterzuladen. Außerdem gibt es – noch besser versteckt, dennoch kostenlos – sogar Lehrer- und Schüler-Materialien. Gut geeignet zum Beispiel auch, um das Ferienprogramm des Jugendzentrums technisch etwas aufzupeppen.

### Das Ergebnis

Fazit: H2 Fuel Cell Car (UVP: 89,90 Euro) und Green Energy (109,90 Euro) kosten zwar zusammen etwa 200 Euro, sind das Geld aber wert.

Es würde dennoch nichts schaden, wenn Fischertechnik die notwendigen Infomaterialien für den Betrieb – und damit für die Freude der Kaufenden – gleich mit in den Baukasten packen würde. Dabei nur auf das Internet zu setzen – nach dem Motto „wir sind ja so modern“ – ist nicht der Weisheit letzter Schluss.

Der Lerneffekt ist jedoch groß, Zusammen- und Umbau machen Spaß und fördern die Fingerfertigkeit. So lässt sich spielerisch MINT (Mathe, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) vermitteln.

PS: Der ebenfalls alteingesessene KOSMOS-Verlag hat für 24,99 Euro den „Future Cell Truck“ im Angebot. Der fährt mit Salzwasser und Allradantrieb. Möglicherweise eine gute Ergänzung.

### ZUM AUTOR:

► Heinz Wraneschitz

Energieingenieur und Fachjournalist für Energie- und Umweltthemen

[heinz@bildtext.de](mailto:heinz@bildtext.de)



EUROPÄISCHE EBENE

STRATEGIEN

EU-KLIMA- UND ENERGIERAHMEN 2030

Der Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 umfasst EU-weite Zielvorgaben und politische Ziele für den Zeitraum 2021 bis 2030.

EUROPÄISCHER GRÜNER DEAL

Der Grüne Deal ist eine der Prioritäten der Europäischen Kommission. Ziel ist die Schaffung eines klimaneutralen Europas und der Schutz des natürlichen Lebensraums. Um dieses Ziel zu erreichen, hat die Kommission ein umfangreiches Maßnahmenpaket für einen nachhaltigen ökologischen Wandel vorgestellt.

GOVERNANCE-VERORDNUNG

Die Verordnung über das Governance-System für die Energieunion und den Klimaschutz bündelt europäische Monitoring- und Berichtsvorgaben im Energie- und Klimabereich. Sie führt mit dem Nationalen Energie- und Klimaplan (National Energy and Climate Plan - NECP) den jeder EU-Mitgliedstaat zu erstellen hat, insbesondere ein neues Planungs- und Monitoringssystem für die Umsetzung der EU-2030-Ziele ein. Darüber hinaus sieht sie vor, dass Mitgliedstaaten Langfriststrategien für die Minderung von Treibhausgasen bis zum Jahr 2050 erarbeiten.

ERNEUERBARE-ENERGIEN- RICHTLINIE

Die Richtlinie definiert den Rahmen für die Förderung von Energie aus erneuerbaren Energiequellen. Sie legt verbindliche nationale Ziele für den Gesamtanteil aus Erneuerbarem am Brutto-Endenergieverbrauch und im Verkehrssektor fest. Zudem beinhaltet sie Regeln für gemeinsame Projekte, administrative Verfahren, Informationen und den Zugang zum Elektrizitätsnetz.

EMISSIONSHANDELSRICHTLINIE

Mit dieser Richtlinie wird der Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der EU eingeführt. Dazu legt die Richtlinie u.a. den Rahmen für die Zuteilung der Zertifikate, aber auch ihren Handel sowie Informationspflichten fest.

INDUSTRIEMISSIONSRICHTLINIE

Die Industrieemissionsrichtlinie enthält Grenzwerte und weitere Vorschriften für die Genehmigung bestimmter Industrieanlagen, u.a. auch für Kraftwerke.

ENERGIEEFFIZIENZRICHTLINIE

Die Richtlinie etabliert eine Fülle von Zielen und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz (ein Hauptziel ist die Reduzierung des EU-weiten Energieverbrauchs bis zum Jahr 2030 um 32,5% gegenüber einer zugrunde gelegten Referenzentwicklung aus dem Jahre 2007). Zur Erreichung verpflichtet die Richtlinie die Mitgliedstaaten u.a. zu Maßnahmen zur Einsparung von Endenergie.

ÖKODESIGNRICHTLINIE

Auf Basis dieser Richtlinie können EU-weit Ökodesign-Anforderungen für Produkte geregelt werden, welche für den Energieverbrauch relevant sind, wie z.B. Fernseher, Waschmaschinen und Elektromotoren. Nur Produkte, die diese Anforderungen erfüllen, dürfen in Verkehr gebracht oder in Betrieb genommen werden.

ENERGIEVERBRAUCHSKENNZEICHNUNGSVERORDNUNG

Die Verordnung sichert die nationale Grundlage zum neuen Energielabel.

ERDGASFERNLEITUNGSVERORDNUNG

Die Verordnung regelt den Zugang zu Erdgasfernleitungsnetzen, LNG- und Speicheranlagen. Sie zielt auf das Entstehen eines Großhandelsmarktes sowie die Schaffung von Mechanismen zur Harmonisierung der Netzzugangsregeln im grenzüberschreitenden Gashandel.

ERDGASVERSORGUNGSSICHERHEITS- VERORDNUNG

Hier sind Pflichten von Unternehmen und Mitgliedstaaten bezüglich der Erdgasversorgungssicherheit beschrieben, u.a. Mindeststandards für die Gasinfrastruktur, die Versorgung von Kunden sowie für Präventions- und Notfallpläne.

ERDGASBINNENMARKTRICHTLINIE

Die Richtlinie enthält Bestimmungen über Fernleitungen sowie die Verteilung, Lieferung und Speicherung von Erdgas. Sie regelt Kriterien und Verfahren für die Erteilung von Fernleitungs-, Verteilungs-, Liefer- und Speichergenehmigungen sowie den Netzbetrieb.

UMWELTVERTRÄGLICHKEITS- PRÜFUNGSRICHTLINIE

Die Richtlinie legt fest, dass vor der Genehmigung öffentlicher oder privater Projekte in bestimmten Bereichen eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt werden muss.

FAUNA-FLORA-HABITAT UND VOGELSCHUTZRICHTLINIE

Die Richtlinien enthalten Regeln zum Arten- und Naturschutz.

ENERGIESTEUERRICHTLINIE

Die Richtlinie harmonisiert die Besteuerung von Energieerzeugnissen und Strom in den EU-Staaten, legt Mindeststeuersätze fest und eröffnet unter bestimmten Voraussetzungen die Möglichkeit für Steuerermäßigungen und -befreiungen.

ELEKTRIZITÄTSBINNENMARKT- VERORDNUNG

Die Verordnung umfasst Rahmenbedingungen für den Stromgroßhandel, Kapazitätsmechanismen und Netzengpassstrukturen. Sie regelt die grundlegende Ausgestaltung des grenzüberschreitenden Stromhandels. U.a. mit der Verpflichtung zukünftig mindestens 70% der Leitungskapazitäten für den grenzüberschreitenden Austausch frei zu halten. Sie etabliert die regionale Zusammenarbeit der Übertragungs- sowie die europäischen Kooperationen der Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber und definiert deren Aufgaben und Struktur.

ELEKTRIZITÄTSBINNENMARKT- RICHTLINIE

Die Richtlinie enthält Vorschriften zur Erzeugung, Übertragung, Speicherung, Verteilung und Versorgung mit Strom sowie zum Verbraucherschutz. Sie regelt Struktur und Aufgaben der Netzbetreiber sowie der Aufsichtsbehörden.

EU-GEBÄUDERICHTLINIE

Die Richtlinie zielt darauf ab, den Energieverbrauch in Gebäuden in der EU zu reduzieren.

INFRASTRUKTURFONDSVERORDNUNG

Die Verordnung enthält die übergreifenden Bestimmungen für die Fazilität "Connecting Europe", über die Investitionen in vorrangige EU-Infrastrukturvorhaben in den Bereichen Verkehr, Energie und Telekommunikation gefördert werden.

KRITISCHE INFRASTRUKTUREN- RICHTLINIE

Mitgliedstaaten sind verpflichtet, u.a. im Strombereich regelmäßig kritische europäische Infrastrukturen zu identifizieren. Sie sollen sicherstellen, dass für diese Anlagen Sicherheitspläne vorliegen und Sicherheitsbeauftragte bestellt werden.

RISIKOVORSORGEVERORDNUNG

Mit der Verordnung soll gewährleistet werden, dass alle Mitgliedstaaten die relevanten Krisenszenarien im Stromsektor identifizieren sowie geeignete Pläne aufstellen, um solche Krisen zu vermeiden, sie rechtzeitig zu identifizieren und sie zu bewältigen.

ACER-VERORDNUNG

Die Verordnung etabliert die Agentur zur Zusammenarbeit der Energieregulierungsbehörden (ACER) in Europa und regelt deren Struktur und Aufgabenbereich.

VERORDNUNG ZUR FESTLEGUNG EINER LEITLINIE FÜR DEN ÜBERTRAGUNGSNETZSBETRIEB

Durch EU-weit harmonisierte Vorschriften wird ein klarer Rechtsrahmen für den Netzbetrieb geschaffen. Ziel ist es, den unionsweiten Stromhandel zu erleichtern, die Systemstabilität zu gewährleisten sowie die Integration erneuerbarer Energieträger zu unterstützen. Dazu ist insbesondere die Koordination und der Datenaustausch zwischen den Netzbetreibern (ÜNB/ÜND) sowie zwischen Netzbetreibern und Netznutzern sicherzustellen.

TRANSEUROPAISCHE ENERGIE- INFRASTRUKTURVERORDNUNG

Die Verordnung beinhaltet Regelungen zur Vereinfachung von Genehmigungsverfahren, zur Erhöhung der Akzeptanz, zum Regulierungsrahmen und zur Kostenallokation von Energieinfrastrukturvorhaben. Im Anhang sind die vorrangigen Infrastrukturvorhaben von gemeinsamem Interesse (sog. PCIs) im Bereich Strom, Erdgas, Öl und Intelligente Netze enthalten.

ÜBERTRAGUNGSNETZAUSGLEICH- MECHANISMUSVERORDNUNG

Diese Verordnung definiert Leitlinien für die Kosten der Durchleitung grenzüberschreitender Stromflüsse und regelt die für den Zugang zum Übertragungsnetz erhobenen Entgelte.

CCS-RICHTLINIE

Die Richtlinie umschreibt die Bedingungen zur Speicherung von Kohlendioxid. Sie enthält u.a. Bestimmungen über Auswahl und Genehmigung von Speicherstätten sowie deren Überwachung.

INFRASTRUKTUR-FÜR- ALTERNATIVE-KRAFTSTOFFE- RICHTLINIE

Mit dieser Richtlinie wird ein gemeinsamer Rahmen für Maßnahmen zum Ausbau einer Infrastruktur für alternative Kraftstoffe, u.a. Ladepunkte für E-Fahrzeuge, in der EU geschaffen, um die Abhängigkeit des Verkehrs vom Erdöl zu verringern und dessen Umweltbelastung zu verringern.

TEN YEAR NETWORK DEVELOPMENT PLAN

Die Verbände der Europäischen Gas- und Übertragungsnetzbetreiber erstellen alle zwei Jahre einen nicht verbindlichen gemeinschaftswerten 10-Jahres-Netzentwicklungsplan für das Gas- bzw. Stromnetz. Diese Pläne beinhalten europäische Prognosen zur angemessenen Entwicklung des Netzausbaus.

INVESTITIONSVORHABEN FÜR ENERGIEINFRASTRUKTUREN

Im Zwei-Jahres-Turnus übermitteln die EU-Mitgliedstaaten der Kommission Informationen zu Infrastrukturvorhaben, die geplant oder bereits im Bau sind. Die Daten umfassen Vorhaben zu Erzeugung, Lagerung, Speicherung und Transport von Erdöl, Erdgas, Elektrizität einschließlich Elektrizität aus erneuerbaren Quellen, Biokraftstoffen und Speicherung und Speicherung von Kohlendioxid.

VERORDNUNGEN / RICHTLINIEN



