



September 2007

### **Brennstoffzelle: Zehn Jahre Forschung auf Hochtouren**

#### **Rekorde und Technik-Meilensteine bringen Wasserstoffantrieb der Serienreife näher**

Deutlich mehr als eine Milliarde Dollar hat General Motors (GM) an seinen Forschungsstandorten in Deutschland, Japan und USA bereits investiert, um die mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzelle als Antriebsquelle für Automobile zur Großserienreife zu entwickeln.

Mit einer Reihe von Versuchsfahrzeugen haben sich die rund 600 Mitarbeiter des 1997 gemeinsam von GM und Opel gegründeten Forschungs- und Entwicklungszentrums Fuel Cell Activities (FCA) diesem Ziel Schritt für Schritt genähert. Von Anfang an konnten die Wissenschaftler und Ingenieure dabei auf Erfahrungen in der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sowie mit Elektroantrieben zurückgreifen. GM-Techniker erprobten bereits in den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts in Detroit das weltweit erste Personenfahrzeug mit Brennstoffzellenantrieb, den GM-Elektrovan. Wie die folgende Chronologie zeigt, ist die Geschichte der Brennstoffzellen-Entwicklung insbesondere in den letzten zehn Jahren ein Beweis für die hohe Kompetenz der Ingenieure, geprägt von Innovationen und Rekorden:

**1998** Auf den Automobilsalons in Genf und Paris stellen die FCA-Ingenieure ihre ersten Konzeptfahrzeuge mit Brennstoffzelle vor. Die Versuchsträger wandeln mit Hilfe eines Reformers Methanol in wasserstoffreiches Gas um.

**Februar 2000** HydroGen1, der erste fahrbare Versuchsträger mit Wasserstoff-Brennstoffzelle auf Basis des Opel Zafira wird auf dem Genfer Automobilsalon vorgestellt. Der Brennstoffzellen-Stapel (Stack) mit 200 in Reihe geschalteten Zellen entwickelt bis zu

80 kW Dauerleistung. Er ermöglicht mit Hilfe des 55 kW/75 PS starken Drehstrom-Synchron-Elektromotors eine Beschleunigung aus dem Stand auf Tempo 100 in rund 16 Sekunden sowie eine Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h.

**Sommer 2000** Als viel beachteter Botschafter eines emissionsfreien Individualverkehrs der Zukunft wird der HydroGen1 im Rahmen einer Welttournee dem Fachpublikum und Regierungsvertretern in Europa, Asien, Ozeanien und Amerika vorgestellt. Dabei bewährt er sich insbesondere bei seinem spektakulären Einsatz als Vorauswagen des Marathon-Wettbewerbs der Olympischen Sommerspiele in Sydney.

**Oktober 2000** GM wird Mitglied bei der California Fuel Cell Partnership (CaFCP), einem Zusammenschluss von Automobilherstellern, Energiefirmen und der kalifornischen Regierung mit dem Ziel, Kalifornien als Markt für Wasserstoff und Brennstoffzellen vorzubereiten.

**2001** Weltweit für Schlagzeilen sorgt der Brennstoffzellen-Zafira im Mai und Oktober: Im Rahmen eines Dauerlauf-Testprogramms auf dem GM-Prüfgelände „Mesa“ im US-Bundesstaat Arizona stellt er insgesamt 15 internationale Geschwindigkeitsrekorde für Brennstoffzellen-Automobile auf. Anschließend erreicht er bei der „Michelin Challenge Bibendum“, einem internationalen Wettbewerb für besonders umweltschonende Fahrzeuge, auf der rund 450 Kilometer langen Fahrt von Los Angeles nach Las Vegas als einziger Brennstoffzellen-Pkw das Ziel.

**Januar 2002** Mit dem AUTOnomy zeigt GM auf dem Autosalon in Detroit ein wegweisend neues Konzept für das Autofahren im 21. Jahrhundert. Erstmals werden Brennstoffzellen- und By-Wire-Technologie kombiniert. Lenkung, Bremse und weitere Fahrzeugfunktionen werden elektronisch statt mechanisch gesteuert. Alle Antriebs- und Steuerungssysteme des Fahrzeugs befinden sich in einem flachen skateboard-artigen Chassis.

**September 2002** Auf dem Pariser Autosalon präsentiert GM den Hy-wire, der als fahrbarer Nachfolger des AUTOnomy innerhalb von acht Monaten entwickelt wurde. Auch der Hy-wire verbindet Brennstoffzellen- und By-Wire-Technologie. Wie beim AUTOnomy bereits gezeigt, werden nun die Fahrzeugfunktionen Lenken, Bremsen und Beschleunigen mit einer zentralen Einheit elektronisch statt mechanisch gesteuert. Das Antriebssystem mit Wasserstofftanks, Brennstoffzelle und Elektromotor ist komplett in das 279 mm hohe skateboard-artige Chassis integriert.

**Dezember 2002** In Südfrankreich wird der HydroGen3 als Vertreter der dritten Antriebsgeneration mit Wasserstoff-Brennstoffzelle präsentiert. Bei Testfahrten von internationalen Fachjournalisten beweist der Brennstoffzellen-Zafira dort mit

60 kW/82 PS starkem Asynchron-Drehstrommotor und Fahrleistungen bis zu 160 km/h Höchsttempo seine Alltagstauglichkeit. Gleichzeitig dokumentiert die als komplettes Modul vorgefertigte Antriebseinheit den Entwicklungsfortschritt, denn dadurch könnte das Fahrzeug bereits jetzt auf bestehenden Fertigungseinrichtungen montiert werden. Im HydroGen3 werden alternativ tiefkalter flüssiger Wasserstoff oder auf 700 bar komprimierter gasförmiger Wasserstoff als Speichermöglichkeiten getestet.

**Juli 2003** Im Straßenverkehr von Tokio beginnt der erste Alltagstest für den HydroGen3: Der Kurierdienst FedEx setzt den abgasfreien Zafira für reguläre Auslieferungsfahrten in der japanischen Millionen-Metropole ein. Das Fahrzeug ist Teil des von der japanischen Regierung geleiteten Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Projects (JHFC).

**November 2003** Startschuss für die Clean Energy Partnership Berlin (CEP) mit dem Beginn der Bauarbeiten zur ersten integrierten öffentlichen Wasserstoff-Tankstelle Deutschlands. Ziel des von der deutschen Bundesregierung geförderten Demonstrationsprojektes mit zehn Industriepartnern ist es, die Alltagstauglichkeit von Wasserstoff im mobilen Einsatz nachzuweisen und die Kundenakzeptanz zu testen.

**Mai/Juni 2004** Mit einem spektakulären Langstreckenrekord vom norwegischen Hammerfest, der nördlichsten Stadt Europas, zum Cabo da Roca, dem westlichsten Punkt des europäischen Kontinents in der Nähe der portugiesischen Hauptstadt Lissabon, beweist der HydroGen3 eindrucksvoll seine Alltagstauglichkeit und Dauerhaltbarkeit. 23 Journalisten von insgesamt 15 europäischen und amerikanischen Fachzeitschriften bewältigen am Steuer des Wasserstoff-Zafira in 38 Tagen die Marathon-Distanz von 9.696 Kilometern durch 14 Länder. Sie verbessern dabei die bisherige Rekorddistanz für Brennstoffzellen-Automobile auf fast das Doppelte.

**Juni 2004** Als erste kommerzielle Anwendung eines Brennstoffzellen-Fahrzeugs von GM in den USA übernimmt der U.S. Postal Service einen HydroGen3 für den Paketzustellbetrieb im Großraum Washington D.C.

**Januar 2005** Nach AUTOnomy und Hy-wire wird mit dem Sequel das dritte Fahrzeug unter dem Stichwort „Reinventing the Automobile“ auf dem Autosalon in Detroit der Öffentlichkeit vorgestellt. Wie seine beiden Vorgänger wurde dieses Fahrzeug speziell auf die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie hin konzipiert, wodurch es möglich wurde, einen Wasserstoff-Drucktank zu integrieren, der mit acht Kilogramm Fassungsvermögen eine Reichweite von 480 Kilometern (300 Meilen) gestattet. Im Gegensatz zu AUTOnomy und Hy-wire, bei denen es sich um reine Konzeptfahrzeuge handelte, ist der Sequel voll funk-

tionsfähig für den Betrieb im Straßenverkehr. Auch er verbindet den Brennstoffzellen-Antrieb mit der By-wire-Technologie.

**April 2005** Einen weiteren Härte-test besteht der HydroGen3 bei der ersten „Rallye Monte Carlo Fuel Cell and Hybrids“. Als Sieger der Kategorie Brennstoffzellen-Fahrzeuge absolviert der abgasfreie Zafira mit dem ehemaligen Formel-1-Piloten und damaligen Opel-Werksfahrer Heinz-Harald Frentzen am Lenkrad die 417 Kilometer lange Strecke durch die Schweiz, Italien und Frankreich trotz vieler Ortsdurchfahrten und Serpentinafen mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von rund 80 km/h.

**Juni 2005** Im Rahmen der CEP (Clean Energie Partnership) startet Opel/GM in der deutschen Hauptstadt in Kooperation mit dem schwedischen Möbelhaus Ikea einen Brennstoffzellen-Praxistest. Seither wird der HydroGen3 als Kundendienstfahrzeug eingesetzt.

**Herbst 2005** GM bringt je einen HydroGen3 nach China (Shanghai) und Südkorea (Seoul), um die Alltagstauglichkeit der Fahrzeuge zu demonstrieren, die Wahrnehmung für die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie in der Öffentlichkeit zu erhöhen und die Regierungen bei der Erarbeitung von Regelwerken und Standards zu unterstützen.

**September 2006** Mit der Vorstellung seines Brennstoffzellen-Fahrzeugs der vierten Generation, dem Chevrolet Equinox Fuel Cell, kündigt GM an, die weltweit größte Flotte von Brennstoffzellen-Pkw auf die Straße zu bringen. Mehr als 100 Exemplare werden vom Chevrolet Equinox Fuel Cell, der in Europa den Namen GM HydroGen4 tragen wird, gebaut und in Kundenhand gegeben, um umfangreiche Erkenntnisse zu allen Aspekten der Fahrzeugnutzung und der Betankung mit Wasserstoff zu erlangen.

**September 2006** GM und weitere maßgebliche Firmen der Automobil- und Energie-Industrie einigen sich in einem gemeinsamen Positionspapier in Form eines Drei-Stufen-Plans auf die nächsten Schritte zum Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur und zur Kommerzialisierung von Wasserstoff-Fahrzeugen.

**April 2007** Auf dem Autosalon in Shanghai präsentiert GM die Brennstoffzellen-Variante des Konzeptautos Chevrolet Volt, der über die neuartige E-Flex-Technologie verfügt. E-Flex ist ein elektrisches Antriebssystem, dessen Architektur es erlaubt, unterschiedliche Aggregate, die bei Bedarf Strom zur Erhöhung der Reichweite produzieren, in ein gleiches Chassis einzubauen. Die mit Wasserstoff betriebene Variante zeigt die fünfte Generation des Brennstoffzellen-Antriebs von GM.

