

Sven Geitmann

WASSERSTOFFAUTOS

WAS UNS IN ZUKUNFT BEWEGT



Wasserstoff-Autos

Sven Geitmann

Wasserstoff-Autos

Was uns in Zukunft bewegt

Sven Geitmann

168 Seiten, 101 Abbildungen, 54 Tabellen

H₂YDROGEIT
Verlag

Kremmen, Mai 2006

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Autors und des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Alle in diesem Buch enthaltenen Angaben, Daten, Ergebnisse usw. wurden vom Autor nach bestem Wissen erstellt und vom Verlag mit größtmöglicher Sorgfalt geprüft. Dennoch sind inhaltliche Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher erfolgen alle Angaben ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie des Autors und des Verlages. Sie übernehmen deshalb keinerlei Verantwortung und Haftung für etwaige vorhandene inhaltliche Unrichtigkeiten.

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Besuchen Sie auch: **www.hydrogeit.de**

ISBN 3-937863-07-9

© Copyright 2006 Hydrogeit Verlag, 16766 Kremmen, Germany

Herstellung: QuickPrinter GmbH, Overath

Titelgestaltung und Buchsatz: Dipl.-Des. Andreas Wolter, Weimar

Alle Rechte vorbehalten!

säure-, holz- und chlorfreies Papier, alterungsbeständig nach ISO 9706

Für Willi,

*der vielleicht als einer der Ersten seine Führerscheinprüfung in
einem Wasserstoff-Auto machen wird.*

VORWORT

Vor 80 Jahren war die Welt noch in Ordnung: Aus den Entwicklungsabteilungen der Automobilhersteller kam ein steter Strom von Neuentwicklungen, die bei den Autohändlern (unterbrochen von den Auswirkungen des „Black Friday“ 1929) reißenden Absatz fanden. Die Auto-Bosse verdienten gut und suchten ständig kluge Köpfe, die das Automobil noch weiter entwickeln sollten.

In dieser Zeit wurden fast alle bahnbrechenden Erfindungen der Automobiltechnik gemacht. In den zwanziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts entstand neben wegweisenden Automobilkonzepten auch der Entwurf der mobilen Gesellschaft, in der wir heute leben.

Sie werden sich sicher fragen, warum ich diese Gedanken in das Vorwort eines Buches schreibe, das sich mit Wasserstoff als Energieträger für die individuelle Mobilität der Zukunft befasst.

Der Grund ist recht einfach: Die Situation von damals wiederholt sich unter geänderten Vorzeichen. In den letzten Jahren sind zahlreiche, teilweise brillante Ideen realisiert worden, die alle den Weg weg vom Erdöl und damit auch weg von Kolbenmotoren á la Otto und Diesel zeigten. Diese Realisierungen fanden in der Mehrzahl aber nur in Laboren oder auf den Bildschirmen der Konstrukteure statt. Obwohl die Nachfrage nach alternativen Antriebskonzepten stetig steigt, fahren auf den Straßen weiterhin Autos mit Motoren, die Treibstoffe aus Erdöl-derivaten verbrennen.

Im Gegensatz zu 1926 gibt es nämlich den für die technischen Meisterleistungen nötigen Treibstoff nicht an jeder Straßenecke zu kaufen. In der Realität sind Kraftstoffe der Hebel, mit dem Automobilität ermöglicht wird. Steht ein bezahlbarer Kraftstoff in ausreichender Menge überall zur Verfügung, bevölkern fast ausschließlich Fahrzeuge die Straßen, die genau diesen Kraftstoff konsumie-



ren. Alternative Entwürfe können noch so leistungsfähig, sparsam und umweltfreundlich sein. Ohne ausreichende Treibstoff-Infrastruktur wird ihnen kein Erfolg zuteil.

Warum ist das so? Was hindert beispielsweise die Mineralölindustrie daran, wenigstens Teile ihrer enormen Gewinne in den Aufbau einer parallelen Infrastruktur für zukunftssträchtige erneuerbare Energieträger zu investieren? Es dürfte, wie so oft, am lieben Geld scheitern. Die Konzerne schrecken vor den zweifellos enormen Investitionen zurück, getrieben von den eigenen Controllern und vom „Shareholder-Value“. Und die Politik, die seit Jahrzehnten in Sonntagsreden den Weg weg vom Öl beschreibt, fürchtet sich vor dem Einbruch bei den Steuereinnahmen.

Trotz allem ist es den vor dem Wasserstoffhintergrund als „Übergangslösungen“ bezeichneten alternativen Treibstoffen Pflanzenöl, Auto- und Erdgas in letzter Zeit gelungen, sich am Markt zu etablieren. Das ist natürlich den explodierenden Ölpreisen, aber auch ständig besser werdenden Fahrzeugen für diese Treibstoffe zu verdanken. Immer mehr Hersteller verkaufen Erdgasautos ab Werk, die Umrüstbranche für Autogaslösungen boomt und die Freunde des Pflanzenöltankens versorgen ihre Dieselmotoren auf dem Aldi-Parkplatz mit Nachschub.

Die Politik sah diese Entwicklung bisher mit einem lachenden und einem weinenden Auge: Je öfter der umweltbewusst denkende und Auto fahrende Steuerzahler an den Tankstellen vorbei zu den Gas- und Pflanzenölanbietern fährt, desto öfter entgeht Vater Staat der Mineralölsteuer-Obulus. Bislang wurden die Steuerpräferenzen auf „Biotreibstoffe“ als indirekte Subvention von Pionieren auf dem Gebiet der alternativen Antriebe bezeichnet und wohlwollend per Steuergesetz für den Zeitraum bis zum Jahr 2020 fest geschrieben. Hier zeichnet sich seit dem Antritt der großen Koalition in Berlin ein Umdenken ab: Unter dem Druck der leeren Staatskassen plant man einen „Einstieg in die Besteuerung von Biotreibstoffen“ und kippt damit das Kind mit dem Bade aus. Sollten diese Pläne durchgeführt werden, würde demnächst zum Beispiel der Alternativtreibstoff Biodiesel aus dem Tankstellenangebot, weil preislich unattraktiv, verschwinden. Ähnlich könnte es Erd- und Autogas ergehen, für deren Verwendung relativ kostspielige Zusatztechnik in ein Fahrzeug eingebaut werden muss: Bei zu hoher Steuerlast würden die Amortisationszeiten zu lang.

Auf der Strecke bleibt zunächst der Schutz der Umwelt vor Treibhaus- und anderen Abgasen und vor allem die Chance, dem Wirtschaftsdiktat der Erdölpreise zu entkommen.

Dieses Szenario lässt für die Zukunft von Wasserstoff als Energieträger in Deutschland dunkle Wolken am Horizont vermuten. Allerdings setze ich ebenso wie die Mitarbeiter an diesem Buch auf die normative Kraft des Faktischen: Erdöl wird nicht mehr billig und in beliebigen Mengen zur Verfügung stehen wie vor 80 Jahren. Die Schadstoffwerte in den Ballungszentren der aufstrebenden Wirtschaftsmächte in Asien werden weiter steigen und die Industrie wird die bisher auf dem Wasserstoffgebiet getätigten Investitionen nicht abschreiben wollen. Neben der Autoindustrie sind hier insbesondere die Anbieter technischer Gase gemeint, deren Forschungen erfreulich weit fort geschritten sind.

Deutsche Unternehmen geben auf dem Wasserstoffgebiet den Ton an, eine Tatsache, die für den Fiskus nicht ganz uninteressant sein dürfte. Hoffen wir nur, dass er mit seinen Begehrlichkeiten diese Flamme nicht zu früh erstickt ...

Berlin, Februar 2006



Dipl.-Ing. Andreas Keßler

Freier Motorjournalist und Vorstandsmitglied des Verbandes der Motorjournalisten e. V. (VdM) und „Autopapst“ bei Radio1 (RBB) und bei der Netzeitung

INHALT

VORWORT

| | | |
|-------|--|-----|
| 1 | Einleitung | 10 |
| 2 | H ₂ - & BZ-Technik | 12 |
| 3 | Pro & Kontra | 22 |
| 4 | BMW | 28 |
| 5 | DaimlerChrysler | 42 |
| 6 | Fiat | 59 |
| 7 | Ford | 62 |
| 8 | General Motors / Opel | 72 |
| 9 | Honda | 87 |
| 10 | Hyundai | 94 |
| 11 | Lada | 96 |
| 12 | MAN | 97 |
| 13 | Mazda | 103 |
| 14 | Nissan | 106 |
| 15 | PSA Peugeot Citroën | 109 |
| 16 | Renault | 112 |
| 17 | Toyota | 114 |
| 18 | Volkswagen | 124 |
| 19 | Projekte | 131 |
| 19.1 | CALIFORNIA FUEL CELL PARTNERSHIP | 131 |
| 19.2 | CLEAN ENERGY PARTNERSHIP | 134 |
| 19.3 | CLEAN URBAN TRANSPORTATION FOR EUROPE | 137 |
| 19.4 | EQHPP | 141 |
| 19.5 | FLUGHAFEN MÜNCHEN | 143 |
| 19.6 | HYSTATION & HYCAR | 146 |
| 19.7 | ISLAND-MODELL | 148 |
| 19.8 | LIFE CARE | 150 |
| 19.9 | VERKEHRSWIRTSCHAFTLICHE ENERGIESTRATEGIE | 151 |
| 19.10 | WEIT | 152 |
| 20 | Epilog | 154 |
| 21 | Geschichte | 156 |
| 22 | Abkürzungen | 161 |
| 23 | Literatur | 163 |

1 EINLEITUNG

Vor nicht einmal zehn Jahren gingen viele Vertreter der Automobilindustrie davon aus, dass wir bereits Mitte dieses Jahrzehnts mit Wasserstoffautos durch die Gegend fahren würden. So war es jedenfalls von etlichen hochrangigen Firmenrepräsentanten zu vernehmen.

Heute wissen wir, dass es mindestens noch zehn weitere Jahre dauern wird, bis die Marktreife tatsächlich erreicht ist und neue, saubere Fahrzeuge für jedermann zu akzeptablen Preisen käuflich zu erwerben sein werden.

- Wie kam es zu dieser drastischen Fehleinschätzung?
- Welches Potential steckt wirklich in der Brennstoffzellentechnik?
- Wie funktionieren Wasserstoffmotoren?
- Was treiben die verschiedenen Automobilhersteller?

Fragen wie diese sollen durch dieses Buch leicht verständlich und anschaulich beantwortet werden. Anhand von vielen farbigen Abbildungen faszinierender Konzeptfahrzeuge und mit Hilfe interessanter technischer Details, soll gezeigt werden, was uns in Zukunft bewegt.

Die vorliegende Studie über zahlreiche unterschiedliche Aktivitäten in der Wasserstoffbranche ist dabei längst noch nicht abgeschlossen. All diese Vorhaben aus dem Bereich der Fahrzeugtechnik sind zwar erste Belege dafür, dass die Entwicklung in diese Richtung nicht mehr aufzuhalten ist, aber die tatsächlichen Arbeiten gehen noch weit über die behandelten Felder hinaus.

Das Buch beinhaltet zwar umfangreiche Hintergrundinformationen aller bedeutenden Kfz-Hersteller und es zeigt auch den aktuellen Entwicklungsstand in der gesamten Automobilbranche, aber dennoch kann dieses Buch keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Es ist vielmehr der Versuch, einen Überblick zu geben über die wichtigsten Geschehnisse im Bereich der mit Wasserstoff angetriebenen Kraftfahrzeuge.

Es soll einen umfassenden und gleichzeitig möglichst objektiven Eindruck vermitteln, in welche Richtung die zukünftige Entwicklung geht. Mit all den dargebotenen Ein- und Ausblicken möchte dieses Buch somit für eine bessere Orientierung auf dem Automarkt der Zukunft sorgen.

Zur Lektüre ist kein umfassendes Vorwissen erforderlich, da alles übersichtlich dargestellt wird und neue Techniken leicht verständlich erläutert werden. Dieser Überblick richtet sich somit sowohl an neugierige Automobil- und Technik-Freaks, die von den vielen innovativen Konzeptstudien begeistert sein werden, als auch an Fachleute aus der Wasserstoffwirtschaft, für die darin viele neue Details enthalten sind.

Das Buch eignet sich für interessierte Brennstoffzellen-Neulinge, Energie- und Versorgungstechniker, Schüler und Studenten aus den Bereichen Umwelt- und Verkehrstechnik sowie ganz normale Autozeitschriftenleser.

Die folgenden Kapitel sind wohlweislich in keiner hierarchischen Reihenfolge gegliedert. Stattdessen sind sie alphabetisch geordnet, um somit eine etwaige Bewertung von vornherein zu vermeiden.

2 H₂- & BZ-TECHNIK

Die Wasserstofftechnik gilt als die ultimative Zukunftstechnologie, die effizient, sauber und nachhaltig für die Mobilität von morgen sorgt. Sie wird mittlerweile gleichgesetzt mit Begriffen wie „Fortschritt“ und „Innovation“.

Wasserstoffautos werden schon jetzt angepriesen als umweltschonende Null-Emissionen-Fahrzeuge, die heutige Energieprobleme lösen und gleichzeitig für neuen Fahrspaß sorgen sollen, obwohl es noch gar keine Exemplare auf dem Markt zu erwerben gibt. Die Erwartungen sind also sehr hoch, so dass unweigerlich die Frage aufkommt, ob diese hochgesteckten Ziele überhaupt erreichbar

sind. Bevor darüber ein Urteil gefällt werden kann, soll zunächst erst einmal geklärt werden, worum es sich bei dieser neuen Technik eigentlich genau handelt.

ABB. 1: SIR WILLIAM GROVE GILT ALS DER ERFINDER DER BRENNSTOFF-ZELLE



Grundsätzlich muss unterschieden werden zwischen dem Einsatz von Wasserstoff in konventionellen und in neuartigen Energiewandlern:

Die konventionelle Verbrennung von Wasserstoff in Verbrennungskraftmaschinen erfolgt ähnlich wie bei Benzin- oder Dieselmotoren. Dabei kommen vornehmlich Hubkolbenmotoren in Frage, und nur in Ausnahmefällen wird auch mal ein Kreiskolbenmotor gewählt.

Die zweifelsohne sehr viel modernere Variante ist die Umsetzung von Wasserstoff in Brennstoffzellen. Diese

Technik wurde zwar schon im Jahr 1839 von Sir William Grove erfunden, sie wird aber erst seit etwa 15 Jahren verstärkt beforscht und weiterentwickelt. Mittlerweile gibt es schon mehrere Dutzend verschiedener Brennstoffzellenautos, aber noch keines, das bereits Serienreife erzielt hätte und vom Normalbürger zu vertretbaren Preisen erworben werden könnte.

Warum dauert das so lange, wird sich manch einer fragen. Ist die Technik doch nicht so toll oder können die es einfach nicht?

Tatsache ist, dass von Seiten der Automobilindustrie im Jahr 1994 zu hören war, in zehn Jahren könnte jedermann mit Brennstoffzellenautos durch die Gegend fahren. Um die Jahrtausendwende gab es passend dazu sogar einen regelrechten Brennstoffzellen-Hype. Es hieß, die ganz große Alternative (Brennstoffzelle) werde die einhundertjährige Vorherrschaft des Verbrennungsmotors beenden.

Mittlerweile wissen wir es besser: Es wird noch einige Zeit dauern.

Die damalige Euphorie wich Anfang des neuen Jahrhunderts zunehmend einer realistischeren Einschätzung, weil die tatsächlichen Entwicklungsarbeiten nicht so zügig vorankamen, wie zunächst erwartet. Die grundlegenden technischen Probleme gelten zwar als gelöst, aber neben Gewicht und Kosten, die beide noch zu hoch sind, ist auch die Zuverlässigkeit noch verbesserungswürdig. Und auch in punkto Wasserstoffspeicherung ist die Zielvorgabe noch nicht zufrieden stellend erfüllt.

Beim Thema Kostenreduzierung konnten in den vergangenen Jahren zwar die fiktiven Preise für Brennstoffzellen beziehungsweise für gesamte BZ-Fahrzeuge erheblich reduziert werden, aber dies reicht bei weitem noch nicht aus. Die Zielvorgabe der Automobilindustrie, wie sie auch vom amerikanischen Energieministerium vorgegeben wird, liegt bei 50 US-Dollar pro Kilowatt. Selbst dies wäre immer

PREISENTWICKLUNG:

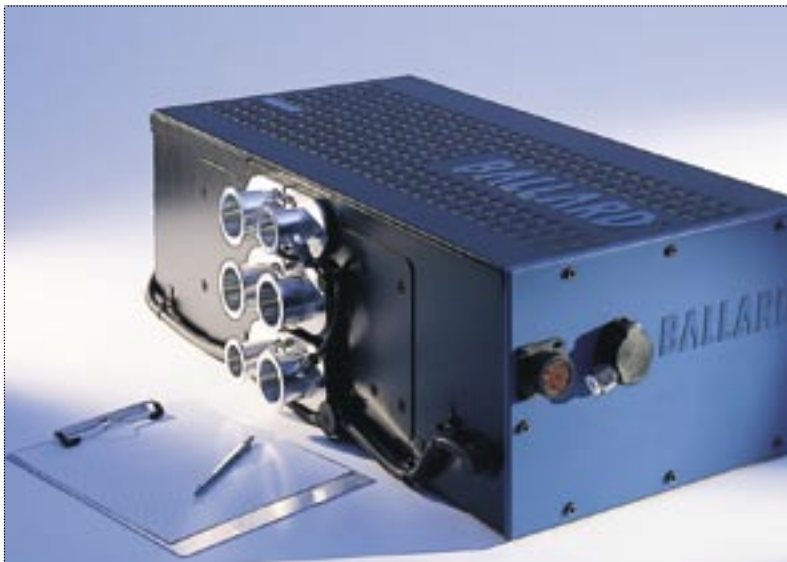
Der hypothetische Preis für Brennstoffzellen lag im Jahr 1990 noch bei 5.000 Euro pro Kilowatt und zehn Jahre später nur noch knapp bei einem Zehntel. Im Vergleich zu Verbrennungskraftmaschinen, die bereits für rund 25 Euro pro Kilowatt zu haben sind, ist dies immer noch um den Faktor 20 zu viel.

TAB. 1: ZIELVORGABEN BEI DER BZ-ENTWICKLUNG FÜR KFZ

| | Aktueller Stand | Ziel |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| System-Leistung | 75 kW | 100 kW |
| Stack*-Leistung | 83 kW | 110 kW |
| Zellenzahl | 400 | 400 |
| Membranfläche | 17,6 m ² | 12,2m ² |
| Stack*-Leistungsdichte | 0,47 W/cm ² | 0,90 W/cm ² |
| Stromdichte | 0,7 A/cm ² | 1,5 A/cm ² |

*: engl. Stapel; mehrere einzelne Brennstoffzellen ergeben einen Stack

ABB. 2: DER BRENNSTOFFZELLENSTACK VON BALLARD (MARK 902) IST WIE EINE BLACK-BOX: DAS INNENLEBEN BLEIBT WEITESTGEHEND IM VERBORGENEN



Quelle: Ballard