



Auf dem Motorenprüfstand der Empa in Dübendorf werden neue Brennverfahren entwickelt.

Développement d'un nouveau procédé de freinage sur le banc d'essai de l'Empa de Dübendorf.

# Elektroauto, Erdgasmotor oder Brennstoffzelle?

Heute dominieren noch Benzin- und Dieselfahrzeuge die Strassen. Neue Technologien wie der Elektroantrieb mit Lithiumionen-Batterie, Erdgasmotoren und verschiedene Hybridtechnologien stehen aber in den Startlöchern. Jede von ihnen hat Vor- und Nachteile.

Bertha Benz machte 1888 eine Ausfahrt mit ihrem Auto von Mannheim nach Pforzheim über eine Distanz von 106 Kilometern. Das war eine respektable Strecke für ein Benzin-Auto zu dieser Zeit. Und sie zeigte gleich die Vorteile des Treibstoffs: Die grosse Reichweite mit einem kleinen Tank. Bertha Benz machte die Fahrt, um für das Auto aus der Werkstatt ihres Mannes zu werben, denn zu dieser Zeit kauften die Gutbetuchten nicht etwa Benzinautos, sondern

## Vorhandene Energiesysteme

Die Antriebstechnologie der Fahrzeuge war von Beginn weg eng verknüpft mit den verfügbaren Energiesystemen: zuerst Kohle für die Dampffahrzeuge und später das günstige Benzin aus Erdöl. Heute, nach hundert Jahren Dominanz der Benzin- und Dieselmotoren, führen der Klimawandel und die schwindenden Erdölreserven zu neuen Antriebssystemen. Gleich mehrere stehen in der Pipeline, vom Elektroauto

## Saisonal speichern

Als Vorteil der Elektroautos wird häufig genannt, dass die Batterien zur Speicherung von elektrischer Energie in einem Smart Grid genutzt werden könnten. Dies wird inzwischen von vielen Experten kritisch betrachtet. Die Lebensdauer der Batterie ist beschränkt, entsprechend teuer wäre dieser Speicher. Kommt hinzu, dass die Überschussenergie im Sommer anfällt, wenn die Sonne scheint und keine Heizungen laufen. Die Energie muss also saisonal gespeichert werden. Hier bietet sich die Elektrolyse an, um Wasserstoff herzustellen, der entweder direkt genutzt oder zusammen mit CO<sub>2</sub> zu Methan reformiert werden kann. Der Wasserstoff könnte auch ins Erdgasnetz eingespeist werden. Ein Anteil bis zehn Volumenprozenten scheint machbar. Da Wasserstoff mehr Platz in Anspruch nimmt als Erdgas, steuert er in diesem Gasgemisch nur 3 % der Energie bei. Beim heutigen Erdgasverbrauch von 35 TWh wäre dies immerhin eine Terrawattstunde Energie, die in Form von Wasserstoff gespeichert würde. Bach denkt auch an dezentrale Wasserstoffspeicher, die zwar etwas weniger effizient wären, aber von Brennstoffzellenfahrzeugen genutzt werden könnten. Auch Erdgasmotoren würden von einem Gasgemisch mit Erdgas und Wasserstoff profitieren, sagt er.

## Die Antriebstechnologie wird sich diversifizieren.

Dampf- oder Elektrofahrzeuge. Die Benzinautos waren noch neu und galten als wenig zuverlässig. Selbst zehn Jahre später fuhren in den USA 40 % der Automobile mit Dampf, 38 % elektrisch und nur 22 % mit Benzin. Erst als die Strassen ausserhalb der Städte besser wurden, machte sich die begrenzte Reichweite der Elektroautos spürbar. Und die Dampftriebe hatten den Nachteil, dass vor der Fahrt die Kessel eingehitzt werden mussten. So setzten die Verbrennungsmotoren im 20. Jahrhundert zum Siegeszug an.

## Leichtbenzin aus der Apotheke

Das Benzin, mit dem Bertha Benz fuhr, entsprach nicht dem heutigen. Sie fuhr mit Leichtbenzin, das damals in Apotheken und Drogerien verkauft wurde. Leichtbenzin, namentlich Ligroin, wurde bereits 1850 zur chemischen Reinigung verwendet, es wird auch als Wasch- oder Fleckbenzin bezeichnet. Als Bertha Benz nach knapp 40 km der Treibstoff auszugehen drohte, kaufte sie in der Apotheke der Stadt Wiesloch eine neue Flasche Ligroin. Leichtbenzin hat eine Oktanzahl von rund 80 ROZ. Das bedeutet, dass der Motor leicht zu klopfen beginnt. Dabei entzündet sich das Benzin-Luft-Gemisch durch die Kompression im Kolben von selbst und der Motor wird rasch zerstört. Henry Ford propagierte deshalb Anfang des 20. Jahrhunderts Ethanol, das aus vergärten Pflanzen gewonnen wurde. Ethanol hat eine Oktanzahl über 100, ist also klopfest im Vergleich zum Leichtbenzin. Zur selben Zeit brachte aber die Standard Oil Company in den USA billiges Benzin aus raffiniertem Erdöl auf den Markt, das sich gegenüber dem Ethanol durchsetzte.

über Gasmotoren und Hybridantriebe bis zu Brennstoffzellenautos. Elektroautos wurden seit Jahren angekündigt, kamen aber lange nicht auf den Markt – heute kann man sie bestellen. Für Fahrzeuge mit Gasmotor gibt es in der Schweiz bereits 129 Erdgas-tankstellen, die von gut 10 000 Fahrzeugen genutzt werden. Die Technologie etablierte sich also bereits in ihrer Nische. Sogar Plugin-Hybride mit elektrischen Reichweiten von 20 bis 60 km findet man heute in den Katalogen der Autokonzerne. Nur die Brennstoffzellenfahrzeuge sind noch nicht so weit. Es gibt zwar Pilotprojekte wie die Flotte von fünf Postautobussen im Aargau und ein Kommunalfahrzeugprojekt der Empa und des PSI mit Bucher Schörling, für den Individualverkehr fehlen aber noch die Serienprodukte.

## Diversifizierung je nach Anwendung

Anders als in den letzten 100 Jahren werden sich in Zukunft je nach Fahrzeugtyp verschiedene Antriebstechnologien durchsetzen, vermutet Christian Bach von der Empa im Interview auf Seite 8. Eines scheint klar: Das Auto bleibt ein Prestigeobjekt. Leistung, Komfort und Sicherheit werden auch künftig die Kaufentscheide beeinflussen. Das kleine, leichte Auto, das ideal wäre, um den Verbrauch zu senken, wird der Markt kaum annehmen. Der Trend geht ungebrochen in die entgegengesetzte Richtung, zu noch grösseren Fahrzeugen. Immerhin ist das Leergewicht seit 2 Jahren nicht mehr angestiegen. Das hohe Gewicht wird die Hybridtechnologien bevorteilen, die dank der Rekuperation der Bremsenergie effizient arbeiten und trotzdem eine hohe Leistung erbringen.

## Biomasse für 400 000 Autos

«Die Energiesysteme werden sich überlappen», so Bach. Überschussenergie wird zur Herstellung von Gas verwendet, das Erdgasfahrzeuge antreiben könnte. Umgekehrt wird Strom für Elektrofahrzeuge mit Gaskraftwerken hergestellt. Dabei erwähnt Bach das Potenzial der nicht genutzten Biomasse in der Schweiz, wie etwa die «Gülle» auf den Bauernhöfen, Grüngutabfälle oder Waldenergieholz. In Methan umgewandelt ergibt dies eine Energie von rund 20 PJ pro Jahr. Damit könnten 400 000 Autos fahren. Mit Fahrzeugen der nächsten Generation, mit einem halb so grossen Verbrauch, wären es sogar 800 000 Autos, rechnet Bach vor. «Zudem es wäre Energie, die in der Schweiz hergestellt wird!» (gs) 