



Die Zukunft des Autos

Mit Hochdruck arbeiten die Hersteller daran, Fahrzeuge umweltfreundlich zu machen. Welche Technik ist „grün“?

VON MARKUS STIER

Es ist höchste Zeit

Je nachdem, welchen Schätzungen man Glauben schenkt, reichen die Erdölreserven noch 40 bis 60 Jahre, bis der kostbare Rohstoff extrem teuer wird. Knapp wird er aber schon erheblich früher. „Wir gehen davon aus, dass etwa ab 2020 das Angebot nicht mehr die Nachfrage decken kann“, sagt Geowissenschaftler Hilmar Rempel. Doch dies ist nur die ökonomische Seite des Problems.

Hunderte Millionen von Menschen fahren Auto, und mit den wachsenden Volkswirtschaften in Indien und China werden es künftig eher mehr. Autos verbrauchen Energie und verursachen Schadstoffe, sowohl in der Herstellung als auch im Betrieb. Der Mensch hat die Wahl, den Planeten weiter zu belasten – oder das Auto umweltverträglicher zu machen.

Schon 1998 hat sich die europäische Autoindustrie verpflichtet, den CO₂-Ausstoß ihrer Fahrzeuge bis 2008 im Schnitt auf 140 Gramm pro Kilometer zu senken. Der derzeitige Wert liegt bei rund 160 Gramm. Das EU-Parlament verabschiedete im vergangenen Dezember ein Gesetz, nach dem 130



Gramm ab 2015 verbindlich für alle Konzerne vorgeschrieben sind, langfristig werden 95 Gramm angepeilt. Plötzlich bricht Hektik aus, und die Entwicklungsabteilungen stürzen sich auf unterschiedlichste Konzepte.

Gewichtsreduzierung spart Treibstoff

Zwei Dinge hindern das Auto daran, als umweltfreundliches Perpetuum mobile durch die Weltgeschichte zu rollen: Masseträgheit und Reibungswiderstände. Erstere lässt sich durch Gewichtseinsparung beeinflussen. Erstmals seit drei Jahrzehnten ist das ständige Wachstum von einer Modellgeneration zur nächsten gestoppt. Ein neuer Ford Fiesta wiegt sogar 50 Kilogramm weniger als sein Vorgänger.

Mit dem Einsatz von Aluminium, neuen Fertigungstechniken für Bleche und Verbundstoffen aus Kohlefasern lässt sich das Gewicht weiter redu-

zieren. Letztere stammen aus der Luftfahrt- und Rennsporttechnik und sind bisher extrem teuer, doch Mercedes-Forschungschef Herbert Kohler prognostiziert: „Wir glauben, dass sich Carbon-Werkstoffe mittelfristig auf einem Niveau einpendeln, das sie auch in der Großserie attraktiv macht.“ An mancher Stelle reichen auch weniger aufwendige Lösungen: Renault hat längst Kotflügel aus Kunststoff im Einsatz, andere Hersteller ziehen nach.

Der Luftwiderstand setzt sich aus der Stirnfläche und dem Luftwiderstandsbeiwert (c_w -Wert) zusammen. Die Stirnfläche lässt sich mit flacheren und schmaleren Autos reduzieren, für den c_w -Wert ist ein langes, abfallendes Heck günstig. Möglicherweise müssen wir uns darauf einstellen, dass künftig auf der Rückbank nicht mehr drei, sondern nur noch zwei Passagiere Platz finden.

Als einziger Verbindung zur Fahrbahn kommt den Reifen eine Schlüsselrolle zu. Die Rotation und die Reibung mit dem Asphalt versetzen den Reifen in Schwingungen. Diese Verformung bewirkt einen Energieverlust, der sich mit neuen Gummimischungen und veränderten Konstruktionen ohne Sicherheitseinbußen noch deutlich reduzieren lässt. „Im Reifen steckt noch viel Sparpotenzial“, sagt Helge Hofmann,

Leiter Test und Technik bei der deutschen Tochter des Herstellers Michelin.

Um beim Antrieb die Abhängigkeit vom Öl zu brechen, bieten Hersteller wie VW und Opel Autos mit Erdgasantrieb an. Doch zum einen sind auch diese fossilen Vorräte begrenzt, zum anderen hat der Streit zwischen dem russischen Konzern Gazprom und der Ukraine gezeigt, wie fragil die Versorgung sein kann, wenn Europa an wenigen Pipelines hängt, die sich bei politischen Differenzen blitzschnell sperren lassen.

Schwere Geburt für das Elektroauto

Wegen des hohen Wirkungsgrades und der Unabhängigkeit vom Öl ist elektrisches Fahren ein reizvoller Gedanke. Einen großen Fortschritt brachte der Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien, wie sie in Mobiltelefonen und Laptops längst Alltag sind. Um ein über eine Tonne schweres Fahrzeug anzutreiben, müssen allerdings Tausende Akkuzellen zusammen verbaut werden.

„Bei einem Elektroauto kostet allein die Batterietechnik 10 000 Euro extra“, gibt Thomas Knoll, Unternehmenssprecher des weltgrößten Autozulieferers Bosch, zu bedenken. Noch zu lösende Aufgaben sind die Verlängerung der Haltbarkeit, die Verringerung der Feuergefährlichkeit bei einem Unfall und Kostenreduzierung.

Zurzeit schmücken sich die Konzerne mit Pilotprojekten. Mercedes und BMW haben zum Beispiel Feldversuche mit Elektrofahrzeugen ge-



startet. Dabei kooperiert Mercedes beim Elektro-Smart mit dem Stromversorger RWE, und BMW arbeitet beim Mini mit Vattenfall zusammen – beides klimafeindliche Energiekonzerne, wie Marc Specowius, Verkehrsexperte bei Greenpeace, kritisiert: „Damit hängen sich die Konzerne das Umweltmäntelchen um.“

Specowius gehen die Bemühungen der Industrie nicht schnell und nicht weit genug.

Was die Kundschaft am Elektromobil noch argwöhnisch beäugt, ist der begrenzte Aktionsradius. Bei reinem Elektroantrieb gelten momentan 200 Kilometer als Maximum. Und die Aufladung dauert zwischen vier und acht Stunden. Die Idee, komplette Akkueinheiten als Austauschmodule an speziellen Tankstellen bereitzuhalten, steckt noch in den Kinderschuhen. Dazu müssten sich alle Hersteller auf eine einheitliche Technik einigen und die Stromindustrie ein Tankstellennetz aufbauen.

Außerdem: Kommt der erforderliche Strom nicht aus regenerativen Energien, fällt die Umweltbilanz beim Elektroauto sogar negativ aus.

Nur mit Ökostrom fahren Elektroautos sauber



Tipps zum umweltgerechten Autokauf

Das in jeder Hinsicht umweltverträglichste Auto gibt es nicht. Entscheidend ist vielmehr, welcher Typ Autonutzer Sie sind. Die wichtigste Frage lautet: **Wie viel Auto benötigen Sie?** Nutzen Sie das Auto überwiegend allein und im Kurzstreckenverkehr, reicht ein Kompaktmodell aus. Die Fahrzeuggröße nach dem einmaligen Großurlaub mit viel Gepäck auszurichten ist dagegen wenig sinnvoll. Für derlei Extratouren lässt sich ein geräumigeres Auto auch einfach mieten. Wer sich hauptsächlich im Stadtverkehr bewegt, sollte über ein Auto mit **Hybridantrieb** nachdenken. Fahren Sie ohnehin eher wenig, sollten Sie sich in Ihrer Stadt nach Car-sharing-Angeboten umsehen.

Lediglich etwa 20 Prozent der Energie, die ein Auto verbraucht, werden bei der Produktion eingesetzt, der Rest wird im Fahrbetrieb konsumiert. Wenn Ihr Auto einen geringen Verbrauch hat, als Diesel über einen Partikelfilter verfügt und mindestens der Abgasnorm Euro 4 entspricht, gibt es keinen akuten Grund, einen Neuwagen anzuschaffen. Wer jetzt einen Diesel kaufen möchte, sollte darauf achten, dass er die ab September 2009 für Neuwagen geltende **Abgasnorm Euro 5** erfüllt, bei der Rußpartikelfilter zwingend vorgeschrieben sind. Einige Modelle sind sogar bereits fit für die erst ab 2014 verbindliche Euro 6, bei der auch Stickoxidwerte drastisch minimiert sind. Erd-

gas als Treibstoff (CNG) wird in einigen Ländern steuerlich gefördert. Es verbrennt rückstandsärmer als Benzin, die Umrüstung des Fahrzeugs ist allerdings nicht billig. Einige Hersteller bieten serienmäßige **Erdgasautos** an. Flüssiggas (LPG) verspricht weniger Umweltvorteile. Erkundigen Sie sich beim Auto- oder beim Reifenhändler nach Leichtlaufreifen und -ölen. Umwelpakete mit Energierückgewinnungssystemen und **Start-Stopp-Automatik** sind auf dem Vormarsch. Fragen Sie nach dem Stand der Technik. Es gibt auch Top-Ten-Listen für umweltfreundliche Autos. Zum Beispiel die des Verkehrsclubs von Deutschland, bei der auch der Lärm bewertet wird (www.vcd.org). *MS*

Hybridtechnik ist in Mode

Bis derlei Zukunftsmusik erklingt, arbeiten die meisten Konzerne an Hybridantrieben. Die sind stark in Mode, selbst Hollywood-Stars wie Leonardo di Caprio zeigen sich gern im Vorzeigemodell Toyota Prius. Doch die Heilsbotschaft der Hybrid-Jünger ist durch-

aus umstritten. Das Problem liegt vor allem im Mehrgewicht, das der zusätzliche Elektroantrieb und die Batterien verursachen. Beim Beschleunigen und bei Autobahnfahrten treibt es den Verbrauch nach oben. „Benzin-Hybride bringen in puncto Verbrauch und Emissionen keinen Vorteil gegenüber einem leistungsgleichen Auto mit Dieselmotor“, sagt Thomas Knoll.

Dabei ist ein Vollhybrid wie im Toyota Prius nur eine Variante. Er fährt bei geringer Last elektrisch, lädt beim Bremsen die Batterien auf und unterstützt den Benzinmotor beim Beschleunigen. Bei einem sogenannten Mild-

Hybrid, wie ihn Honda einsetzt, ist der kleine Elektromotor in erster Linie dazu da, beim Beschleunigen mit anzuschieben. Eine Idee, dem Elektrobeziehungsweise Hybridauto zu mehr Aktionsradius zu verhelfen, ist der sogenannte Range-Extender. Als ein solcher Reichweiten-Verlängerer dient ein kleinvolumiger Benzinmotor, der die Batterie auflädt.

Beim französischen PSA-Konzern hat man noch eine weitere Spielart erdacht: Künftig sollen bei Peugeot- und Citroën-Modellen zusätzlich zum Verbrennungsmotor und Frontantrieb elektrische Radnabenmotoren an der Hinterachse arbeiten. „So hat der Kunde auch noch Allradantrieb“, sagt Citroën-Sprecher Thomas Albrecht.

Die große Aufbruchstimmung sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass das elektrische Fahren zumindest mittelfristig eine automobilenische Nische darstellt. „Bei geschätzten 85 bis 90 Millionen verkauften Autos im Jahr 2015 gehen wir von dreieinhalb Millionen mit Hybridantrieb und allenfalls einer halben Million Elektroautos aus“, sagt Bosch-Sprecher Knoll.

Um die Brennstoffzelle war es nach anfänglicher Euphorie erstaunlich ruhig geworden. Verlockend schien die Idee, Wasser- und Sauerstoff unter hohem Energiegewinn reagieren zu lassen und als Abfallprodukt lediglich Wasserdampf zu produzieren. Doch das hochexplosive Gas im Auto sicher unterzubringen und unter Hochdruck komprimiert zu lagern ist schwierig. Zudem kostet die Herstellung von reinem Wasserstoff reichlich Energie, die



wieder auf anderem Wege gewonnen werden muss.

Verbrennungsmotor hat nicht ausgedient

Bis abgasfreie Flüstermobile über unsere Straßen rollen, wird es noch dauern. „Der Verbrennungsmotor wird auch in den nächsten zehn bis 20 Jahren eine wichtige Rolle spielen“, sagt Mercedes-Chefentwickler Herbert Kohler. Neue Dieselmotoren werden ab September nur noch mit Partikelfilter auf die Straße gelassen, und die jüngsten Konstruktionen erfüllen mit speziellen Katalysatoren, die den Stickoxid-Ausstoß begrenzen, bereits jetzt die ab 2014 geltende Euro-6-Norm.

Dank moderner Einspritzmethoden und Aufladung schien der Diesel den Ottomotor zeitweilig abgehängt zu haben. Doch der Benziner erlebt gerade eine Renaissance. Dank eines Bauteils, das Jahrzehnte als Inbegriff des unmäßigen Spritfressers galt: des Turboladers. Der aktuelle Trend, den viele Hersteller verfolgen, heißt „Downsizing“: Großvolumige und schwere Saugmotoren werden durch kleinere Motoren mit Aufladung ersetzt.

Bei Greenpeace lächelt man über diese Erkenntnis nur müde. Schon vor



Das planen die **Hersteller**

BMW stellt 2009 zwei Fahrzeuge mit Hybridantrieb vor. Diesel-Hybride sind technisch möglich, für den Kunden aber noch mit zusätzlichen Kosten verbunden. Seit 2006 befinden sich mit Wasserstoff angetriebene 7er-Modelle im Testeinsatz. Die Entscheidung über ein Serienmodell fällt erst 2010. **Mini** baut eine Verflechtung von 500 Elektro-Modellen auf. **Fiat** betrachtet Hybridlösungen in Kleinwagen als zu teuer und verfolgt vor allem das „Downsizing“-Prinzip, setzt also auf kleine Motoren mit Turboladern. 2010 soll ein aufgeladener Zweizylinder mit 900 Kubikzentimeter Hubraum debütieren. **Ford** bietet derzeit in Nordamerika zwei Modelle mit Hybridantrieb an. Sein erstes Elektrofahrzeug will Ford 2010 auf den Markt bringen. Es wird ein leichtes Nutzfahrzeug sein, später folgt ein Kleinwagen. In Europa setzt man derzeit auf Fahrzeuge mit Erdgas-, Flüssiggas- und Ethanolantrieb. **Mercedes** fährt dreigleisig: Die Studie

Blue Zero kann sowohl als reines Elektroauto, als Variante mit kleinem Zusatzmotor für eine größere Reichweite oder mit Brennstoffzellen ausgerüstet werden. Im September wird die S-Klasse mit Hybridantrieb vorgestellt, und schon bald soll ein Elektro-Smart etabliert werden. **Opel** präsentiert 2009 eine europäische Variante des **Chevrolet Volt** unter dem Namen Ampera mit Elektroantrieb und Range-Extender, der 2011 in Serie gehen soll. Bei PSA macht **Peugeot** den Anfang mit dem Prologue. Der Van wird vorn über einen Diesel-Hybrid-Motor angetrieben, der zusätzliche Elektromotor treibt die Hinterräder an. Die Konzernschwester **Citroën** zieht 2011 mit einem Hybridauto auf Basis der C5-Limousine nach. **Renault** stellt eine Art Niedrigenergie-Auto vor. 2011 sollen ein Kangoo und ein Mégane mit Elektroantrieb in Serie gehen. In Schweden setzt man auf den aus Nutzpflanzen wie Mais oder aus Forstabfällen gewonnenen

Kraftstoff Ethanol. **Saab** hat eine Studie zu einem Hybridauto vorgestellt, die einen Bioethanolantrieb mit der Hybridtechnik des Mutterkonzerns GM verbindet. **Volvo** hat 2007 eine Elektro-Studie auf C30-Basis präsentiert, arbeitet aber vorerst an kleineren aufgeladenen Verbrennungsmotoren. **VW** stellte im Januar die Roadsterstudie Concept Blue Sport vor und startet einen Großversuch in Berlin mit dem Golf Twin Drive, der von einem 1,5-Liter-Diesel und zwei elektrischen Radnabenmotoren angetrieben wird. Die Wolfsburger arbeiten weiter an der Verkleinerung der Motoren, die auch den beiden Töchtern **Skoda** und **Seat** zugute kommen. **Audi** hat Q5-Prototypen mit Brennstoffzellen in Arbeit. Auf dem Automobilsalon Paris 2008 zeigte man eine Studie mit Hybridantrieb auf Basis des neuen A1, der 2010 in Serie gehen soll. **Honda** hat den Insight mit Mild-Hybridantrieb zur Serienreife gebracht. Darüber hinaus gibt es bereits eine Kleinserie des FCX Clarity mit Brennstoffzellenantrieb. **Toyota** bringt in diesem Jahr bereits die dritte Generation des Prius auf den Markt. Die Hybridtechnik soll sukzessive in allen Baureihen etabliert werden. Und für 2012 ist ein reines Elektroauto auf Basis des Kleinwagens iQ geplant. *MS*

13 Jahren präsentierten die Umweltaktivisten einen Prototypen, der mit kleinvolumigem Turbomotor einen Verbrauch unter drei Litern versprach. Doch der „SmILE“ ging nie in Serie, kein Hersteller wollte das Konzept verwirklichen. „Auch wir haben schon vor zehn Jahren ein Dreiliterauto gebaut, aber leider erschloss sich dem Lupo nur eine begrenzte Käufer-schicht, weil er seiner Zeit voraus war“, sagt Hermann Middendorf, Motorenentwickler bei VW.

Wird der Turbo nicht zu Höchstleistungen gezwungen, kann er in Verbindung mit einer Benzin-Direktein-spritzung enorme Sparsamkeit an den Tag legen. Dabei bleibt der Fahrspaß erhalten. „Unser aufgeladener 1,4-Liter hat mit 240 Newtonmetern ein Drehmoment wie ein 2,5-Liter-Saugmotor“, sagt Middendorf.

Verbräuche und damit Schadstoff- und CO₂-Emissionen lassen sich auch anders reduzieren. So erfand man bei BMW das „EfficientDynamics“-Programm. Autos mit Verbrennungstechnik treiben ihre zahlreichen Pumpen nicht mehr ohne Rücksicht auf den wirklichen Bedarf kraftraubend über den Motor, sondern elektrisch

an. Im Stillstand schaltet der Motor automatisch ab. Benötigt er nicht die volle Kühlleistung, werden Einstromöffnungen mit Klappen geschlossen und verbessern die Windschlüpfrigkeit. Sonst sinnlos als Wärme verpuffende Bremsenergie wird zurückgewonnen und gespeichert. Bis zu 23 Prozent Sprit lässt sich auf diesem Weg einsparen.

Bei Volkswagen hinkt man mit dem ähnlichen Programm „Blue Motion“ etwas hinterher, doch dafür haben die Wolfsburger an anderer Stelle die Nase vorn: Von einer Kooperation mit Daimler und der sächsischen Firma Choren verspricht man sich dank eines neuen Verfahrens die

Das Dreiliterauto von VW war seiner Zeit voraus

Gewinnung von Biodiesel. Anders als die Gewinnung von Ethanol aus brasilianischem Zuckerrohrsaft soll es keine gigantischen Anbauflächen erfordern: Der „SunDiesel“ lässt sich aus Pflanzenabfällen gewinnen.

Bei allen technologischen Klimmzügen der Entwickler darf aber ein entscheidender Faktor nicht unberücksichtigt bleiben: Am Ende entscheidet – wie schon vor 100 Jahren – vor allem der Gasfuß des Fahrers, wie viel Energie ein Auto verbraucht.

RUNDER GENUSS

Die größte Erfindung in der Geschichte der Menschheit ist ohne Zweifel das Bier“, behauptet der Autor Dave Berry. „Natürlich ist auch das Rad eine große Erfindung. Aber es schmeckt nicht annähernd so gut zu Pizza.“

Don Ainey, USA

