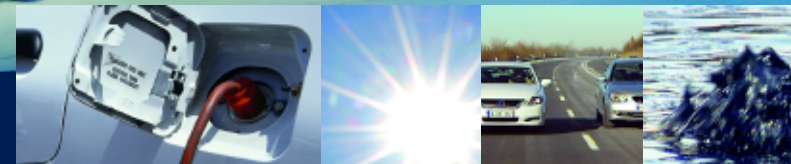


WDR

Fernsehen



Quarks&Co

Westdeutscher Rundfunk Köln
Appellhofplatz 1
50667 Köln

Tel.: 0221 220-3682
Fax: 0221 220-8676

E-Mail: quarks@wdr.de

Was tanken wir in Zukunft?

www.quarks.de

Script zur WDR-Sendereihe *Quarks & Co*

Quarks&Co



Inhalt

Was tanken wir in Zukunft?

- 4 Die Grenzen des Erdöls

- 7 Klimakiller Biosprit

- 9 Alternative Ideen zum Erdöl

- 13 Die Wiederauferstehung des Elektroautos

- 16 Strom aus der Wüste

- 19 Die Batterie der Zukunft

- 22 Hoffnungsträger Hybridauto

- 25 Pimp my Golf

Herausgeber: Westdeutscher Rundfunk Köln; **verantwortlich:** Öffentlichkeitsarbeit; **Text:** Daniel Münter, Vladimir Rydl, Sivio Wenzel, Lars Westermann; **Redaktion:** Anne Leudts; **Copyright:** wdr, März 2008; **Gestaltung:** Designbureau Kremer & Mahler, Köln

Bildnachweis: alle Bilder Freeze wdr 2007 **außer** S. 1 großes Bild – Rechte: Mauritius, kleine Bilder 1. v. l. – Rechte: Mauritius, 2. v. l. – Rechte: dpa, S. 10 l. – Rechte: Deutsche Welle, S. 10 r. – Rechte: NDR s. 16/17 – Rechte: Solar Millennium, S. 18 – Rechte: ABB, S. 19 – Rechte: AFP

Erdöl wird ein immer knapperes Gut und damit immer teurer. Was also tun? Kann Bio-Sprit helfen, uns unabhängiger vom Erdöl zu machen? Wo liegen die ökologischen und wirtschaftlichen Grenzen von Bio-Sprit? *Quarks & Co* geht diesen Fragen nach und erklärt die Vor- und Nachteile von Elektro- und Hybrid-Autos.

Jeder Liter Kraftstoff enthält in Deutschland derzeit fünf Prozent Biosprit; 10 Prozent sollen es künftig werden. Das sorgt für eine gigantische Nachfrage nach den Rohstoffen für Biokraftstoffe. Die Folgen sind fatal. *Quarks & Co* zeigt, wie der Biosprit der *ersten Generation* zu einem ökologischen Desaster werden kann.

Flüssigtreibstoff aus Holzabfällen, Biodiesel aus altem Fett, Mikroalgen als Sprit-Ersatz, künstliches Benzin mit Hilfe gentechnisch veränderter Bakterien. Sind diese neuartigen Biosprit-Ideen wirklich ein Ersatz für Erdöl? *Quarks & Co* hakt nach.

Wissenschaftler der RWTH Aachen haben im Auftrag des Umweltbundesamtes einen handelsüblichen Golf so verändert, dass er rund ein Viertel weniger Benzin verbraucht. *Quarks & Co* sieht sich das *Öko-Auto* einmal genauer an.

Amerikas Promis machen es vor – wer ökologisch korrekt sein will, fährt ein sogenanntes Green-Car mit Hybrid-Antrieb. Unterm Strich hat das Green-Car einen geringeren Verbrauch. Trotzdem ist ein Hybrid-Auto kein Zaubermittel zur Verbesserung der Öko-Bilanz. *Quarks & Co* erklärt, warum nicht.

Hohe Sprit-Preise und steigendes Umweltbewusstsein machen Elektroautos wieder interessant. Ein norwegisches Unternehmen startete jetzt die Serienproduktion. *Quarks & Co* stellt das neue Elektroauto und seinen Erfinder vor.

■ Weitere Informationen, Lesetipps und interessante Links finden Sie auf unseren Internetseiten. Klicken Sie uns an: www.quarks.de



Links:
Der Energiehunger der Industrienationen wird hauptsächlich mit Erdöl gestillt

Mitte:
Mit konventionellen Methoden werden die Ölkörner bald an die Fördergrenzen stoßen

Rechts:
Der Abbau von Ölsand wird den Bedarf nicht decken können und ist eine große Belastung für die Umwelt

Die Grenzen des Erdöls

Irgendwann müssen wir ohne Öl auskommen

Die Grenzen des Erdöls

Der Ölpreis steigt und steigt. Seit einiger Zeit eilt er von einem Rekordhoch zum nächsten. Im Jahre 2005 zum Beispiel mussten die Händler für ein Barrel Öl plötzlich 50 US-Dollar zahlen. Sechs Jahre zuvor hatte ein Barrel noch weniger als 20 US-Dollar gekostet. Deshalb herrschte 2005 große Aufregung, worüber heute alle Beteiligten schmunzeln. Denn der Preis ist weiter fleißig geklettert. Inzwischen kostet Öl mehr als das Doppelte im Vergleich zu 2005. Und ein Ende der Entwicklung ist nur schwer absehbar. Irgendwann werden alle Erdöl-Lagerstätten so weit ausgebeutet sein, dass sich eine weitere Förderung nicht mehr lohnt. Ab diesem Zeitpunkt müssen wir dann auf den im Moment wichtigsten Rohstoff verzichten. Doch wann wird es soweit sein? Über die Antwort auf diese Frage ist unter den Experten ein heftiger Streit entbrannt.

► Barrel

Ein Barrel entspricht ziemlich genau 159 Litern. Also in etwa einer fast vollen Badewanne.

■ Optimisten contra Pessimisten

Da sind auf der einen Seite die Optimisten. Sie blicken ganz ruhig in die Zukunft und sind der Überzeugung, Öl stünde uns auch noch in vierzig oder fünfzig Jahren zur Verfügung. Ihrer Meinung nach bleibt noch genug Zeit, um Alternativen für den fossilen Rohstoff zu entwickeln und andere Energiequellen anzuzapfen. Ihnen gegenüber stehen die Pessimisten. Sie warnen, dass in 20 Jahren das Öl verbraucht sei und wir bald vor einem mächtigen Problem stünden.

Beide Fronten streiten über mehrere Punkte miteinander, auch über die maximale Fördermenge. Im Moment werden über 80 Millionen Barrel Erdöl gefördert – jeden Tag. Etwa die gleiche Menge des Rohstoffes wird täglich verbraucht. Mit deutlich steigender Tendenz. Die Optimisten vertrauen darauf, dass sich die tägliche Fördermenge noch steigern ließe. 100 Millionen Barrel pro Tag seien durchaus möglich. Diese Erwartungen sind in den Augen der Pessimisten völlig überzogen. Sie argumentieren, dass selbst kräftige Investitionen in

den Abbau keine nennenswerte Steigerung bringen werden. Ihrer Meinung nach geht die Fördermenge seit 2005 sogar leicht zurück.

■ Der Streit um die Lagerstätten

Das Lager der Zuversichtlichen vertraut darauf, dass in naher Zukunft noch viele bisher unbekannte Ölfelder entdeckt und angezapft werden. Für sie ist eindeutig: In der Vergangenheit hat man die Reichweite des Öls immer unterschätzt. Kurz nach dem Ersten Weltkrieg erwarteten die Experten, dass das schwarze Gold noch für neun Jahre reichen würde.

► Reichweite des Öls

Die Reichweite ist ein rein statistischer Wert. Er bezeichnet den Zeitraum, für den ein nicht erneuerbarer Rohstoff noch zur Verfügung steht, bis alle Lagerstätten ausgebeutet und alle Reserven aufgebraucht sein werden. Allerdings wird bei der Berechnung der Reichweite immer davon ausgegangen, dass der weltweite Verbrauch des entsprechenden Rohstoffes konstant bleibt.

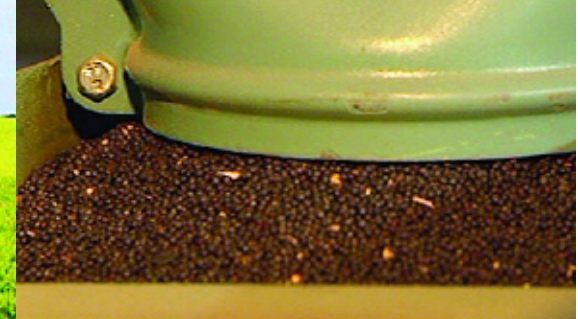
Aber es kam anders: Intensive Suche, bessere Techniken zum Aufspüren der Lagerstätten und immer ausgefeiltere Abbaumethoden haben dem Menschen Zugang zu immer mehr Erdöl verschafft. Und so bleibt es auch in Zukunft, beschwichtigen die Optimisten. Die Pessimisten präsentieren Statistiken, die andere Fakten offen legen: Seit Mitte der 60er Jahre gibt es immer weniger neue Funde von Lagerstätten. Seit Beginn der 80er Jahre verbrauchen die Menschen sogar mehr Erdöl, als gleichzeitig entdeckt wird. Die Pessimisten sind sicher, dass sich dieser Trend nicht umkehren wird. Die Optimisten haben auch darauf eine Antwort – sie setzen noch auf einen anderen Effekt. Die steigenden Ölpreise sorgten dafür, dass bisher uninteressante Lagerstätten lukrativ würden. Dabei denken sie vor allem an die Ölsande in Kanada, an Erdöl-Vorkommen in Tiefsee-Gebieten oder an Regionen mit Dauerfrostboden. Die Pessimisten dagegen sind der Meinung, dass diese neuartigen Lagerstätten völlig überschätzt werden. Ihre Erschließung sei zwar realistisch, insgesamt wären die Vorkommen aber so klein, dass sie die Verfügbarkeit von Öl nicht spürbar verlängern würden.



Links:
Die Wirtschaft in China boomt und der Lebensstandard der Menschen dort steigt. Und damit auch der Energiehunger der Nation und der Bedarf an Erdöl

Mitte:
Raps ist ein begehrter Rohstoff für Biodiesel. Der Anteil der mit Raps bepflanzten Äcker nimmt daher ständig zu

Rechts:
Aus dem Rapskorn wird das Öl für Biodiesel gewonnen



Die Grenzen des Erdöls

Klimakiller Biosprit

Die neuen Ölfelder gefährden Natur und Menschenleben

► Ölsand

Ölsand ist eine Mischung aus Ton, Sand, Wasser und einem Kohlenwasserstoffgemisch (Bitumen). Die Ausbeutung erfolgt wie bei Braunkohle in einem Tagebau. Sie ist allerdings sehr energieintensiv und damit teuer. Zudem ist der Wasserverbrauch enorm hoch. Große Probleme bereitet auch noch die Wiederaufbereitung des genutzten Wassers. Kritiker befürchten massive Umweltschäden durch den Abbau von Ölsand.

■ Explosion von Nachfrage und Preis

Eines ist sowohl für Optimisten als auch für Pessimisten unbestritten: Die Nachfrage nach dem Rohstoff Erdöl wird in den nächsten Jahren enorm steigen. Bis zum Jahr 2030 wird der weltweite Energieverbrauch um weitere 50 Prozent gestiegen sein. Für einen Großteil werden China und Indien verantwortlich sein. Die Wirtschaft beider Länder wächst mit enormer Geschwindigkeit, und so werden sie in Zukunft einen großen Teil des weltweit geförderten Erdöls für sich beanspruchen. Die Nachfrage wird steigen und mit ihm

der Preis für das Öl. Viele Experten sagen für das Jahr 2025 Ölpreise von 200 US-Dollar pro Barrel voraus. Ob der letzte Tropfen Öl in 20 oder in 50 Jahren gefördert wird, ändert wohl nichts an einer Gewissheit: Die Zeit des billigen Öls ist auf jeden Fall vorbei.



Biokraftstoffe sind Benzin- oder Dieselerersatz aus nachwachsenden Rohstoffen. Die Biokraftstoffe der ersten Generation werden aus Pflanzen hergestellt. Biodiesel wird aus dem Öl stark ölhaltiger Früchte gewonnen. In Europa wird zu diesem Zweck meistens Raps angebaut, in tropischen Ländern gibt es Soja- und Ölpalmenplantagen. Der zweite alternative Kraftstoff, Bioethanol, wird mit Hilfe von Mikroorganismen aus Getreide und Zucker hergestellt.

Der vermeintliche Vorteil der Biokraftstoffe: Beim Verbrennen wird nur das Kohlendioxid frei, das von den Pflanzen während des Wachstums fixiert wurde. Damit wären Biokraftstoffe deutlich besser für das Klima als fossile Brennstoffe. Diese Ansicht hat dazu geführt, dass der Anbau dieser Pflanzen weltweit stark gefördert wurde, insbesondere durch die USA, aber auch von der EU.

■ Das böse Erwachen

Inzwischen ist klar: Die Vorstellung vom klimaneutralen Biosprit basiert auf einer Milchmädchenrechnung. Zwar ist richtig, dass bei der Verbrennung nicht mehr Kohlendioxid frei wird, als die Pflanze aufgenommen hat. Aber beim Anbau der Pflanzen und der Herstellung des Kraftstoffs

fallen große Mengen von Klimagasen an. Vor allem die Herstellung des Stickstoffdüngers ist sehr energieaufwändig, genau wie die Produktion von Pflanzenschutzmitteln. Beide setzen damit große Mengen CO₂ frei. Ebenso verbrauchen Traktoren und Erntemaschinen Kraftstoff und setzen dabei Kohlendioxid frei. Was das ganze verschärft: Inzwischen werden die Früchte der Biospritpflanzen oft über weite Entfernungen zu den Ölmühlen und Ethanolwerken transportiert – auch dafür wird klimaschädlicher Treibstoff verbraucht. Die Produktion der Kraftstoffe in großen Fabriken verschlingt ebenfalls große Mengen Energie. Seit kurzer Zeit weiß man außerdem, dass Bodenbakterien den Stickstoffdünger der Energiepflanzen in Lachgas umwandeln, das noch viel klimaschädlicher ist als Kohlendioxid. Inzwischen ist sicher, dass fast alle Kraftstoffsorten aus Pflanzen erheblich schlechter für das Klima sind als fossile Spritarten. Diese Untersuchungen sind Ende Februar 2008 in der renommierten Fachzeitschrift Science veröffentlicht worden.

■ Biosprit vernichtet Natur

Zur schlechten Klimabilanz des Biosprits kommt hinzu, dass der Anbau von Energiepflanzen vor allem in den Tropen wichtige Urwälder vernichtet.



Links:
Mit Feuer wird Platz geschaffen für neue Ölpalmenplantagen

Mitte:
Die Nachfrage nach Biosprit könnte zu Hungersnöten führen, während auf den Äckern in der Nähe Energiepflanzen wachsen – für die Autos der Industrieländer

Rechts:
Aus Topinambur, einem Verwandten der Sonnenblume, kann man Benzin machen

Klimakiller Biosprit

Alternative Ideen zum Erdöl Benzin aus Pflanzen, Zucker oder Algen

Um immer mehr Ölpalmen- und Sojakulturen anzupflanzen, werden in den armen Ländern Südamerikas und Südostasiens Regenwälder mit Brandrodung vernichtet. Riesige Flächen werden abgebrannt, und dabei werden Tonnen von Klimagasen frei. Der Dschungel wächst häufig auf kohlenstoffreichen Torfböden. Durch die Verbrennung wird auch dieses, eigentlich dauerhaft konservierte, Kohlendioxid freigesetzt. Die große Nachfrage nach Biosprit fördert diese Naturvernichtung. Um Biokraftstoffe herzustellen, müssen riesige Flächen mit Energiepflanzen bepflanzt werden.

Das Ziel der EU ist es, Benzin und Diesel mittelfristig zehn Prozent Biosprit beizumischen. Langfristig könnten es sogar noch mehr werden. Wissenschaftler warnen: Es gibt dafür keine ausreichenden Anbauflächen. Sie haben ausgerechnet, dass bei einer Beimischung von 20 Prozent praktisch alle ungenutzten Flächen, wie Dschungel, Pampa, Prärie und Savanne zu Energiepflanzenkulturen werden müssten – eine Naturvernichtung von unvorstellbarem Ausmaß.

■ Eine tödliche Konkurrenz

Die Nachfrage nach Biokraftstoffen gefährdet nicht nur die Natur, sondern auch die Ernährung der Menschen. Denn auf vielen Feldern, auf denen heute Energiepflanzen wachsen, wuchsen bis vor kurzem Pflanzen, aus denen Lebensmittel hergestellt wurden.

Es sind vor allem Entwicklungsländer, die auf die Produktion von Biokraftstoffen setzen, Länder wie Senegal, Nigeria, Swasiland und Sambia. In diesen Ländern herrscht schon jetzt große Armut. Es ist absehbar, dass sich diese verschlimmert und die Produktion nachwachsender Rohstoffe der Bevölkerung keinen Nutzen bringt. Denn der Anbau von Energiepflanzen konkurriert mit dem Anbau von Nahrungspflanzen. Nahrungsmittel werden also knapper und teurer. Viele Experten warnen jetzt schon: Der verstärkte Anbau von Energiepflanzen wird Hunger zur Folge haben. Auch bei uns werden Lebensmittelpreise spürbar steigen. Bei Getreide hat der Preisanstieg bereits begonnen. Europäische Bäcker und Müller haben in Brüssel protestiert. Sie fordern gemeinsam mit Umweltverbänden, dass die Politik ihre Pläne für Biosprit aufgibt.

■ Neue Pflanzen?

Schon immer nutzte der Mensch seine angebauten Pflanzen nicht nur als Nahrungsquelle, sondern auch, um daraus Fasern oder Energie zu gewinnen. Von den bisher genutzten Energiepflanzen wurden meistens nur Teile verwendet – so wurde aus den Samen Öl gepresst oder durch das Gären der stärkehaltigen Körner Alkohol erzeugt.

Zukünftig sollen die Pflanzen komplett verarbeitet werden. Um mehr nutzbare Pflanzenmasse zu erhalten, erproben Wissenschaftler daher neue Energiepflanzen. Sie sollen wirtschaftlicher und ergiebiger sein, möglichst ohne energieaufwändige Düngung und Pestizidbehandlungen auskommen. Auch der Wandel des Klimas zu trockenen, heißen Sommern muss von den Forschern berücksichtigt werden. Eine ganze Reihe von Pflanzen wird derzeit untersucht und in Anbauversuchen an unsere Region angepasst: Sudangras, Topinambur, durchwachsene Silphie, Miscanthus und Zuckerhirse sind nur einige der Hoffnungsträger, die auf unseren Feldern heimisch werden sollen.

Doch ob sie die Ökobilanz wirklich verbessern können, ist fraglich. Denn ein Problem bleibt: Wo Energiepflanzen wachsen, ist kein Platz für Nahrungsmittel.

■ Algen im Tank?

An der Universität Bielefeld erforscht der Biologe Olaf Kruse sogenannte Mikroalgen, die die natürliche Eigenschaft haben, Wasserstoff herzustellen. Gentechnisch verändert, produzieren sie ein Vielfaches mehr Wasserstoff als ihre Verwandten in der Natur. Sie könnten Wasserstoff in großen Mengen aus Licht herstellen.

Wasserstoff ist ein Gas, bei dessen Verbrennung sich der Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft zu reinem Wasserdampf verbindet. Es wäre eigentlich ein idealer Treibstoff, der statt Benzin aus Erdöl unsere Autos antreiben könnte. Wasserstoff kann man auch mit Sonnenstrom aus Wasser erzeugen, allerdings ist diese Art der Produktion noch viel zu teuer. Die Algen wären da ein



Links:
Algenzucht ist eine vielversprechende Technologie, um Kraftstoff herzustellen

Mitte:
Benzin aus Zucker – im Labor bereits möglich

Rechts:
Aus Altfett kann man hochwertigen Biodiesel herstellen

Alternative Ideen zum Erdöl

möglicher, preisgünstigerer Ausweg. Es gibt aber auch dabei ein großes Problem. Seit Jahrzehnten wird bereits rund um den Wasserstoff geforscht, aber für den sicheren Transport in Fahrzeugen oder die Speicherung großer Mengen des Gases gibt es immer noch keine zufriedenstellende Lösung. Gasflaschen etwa stehen unter hohem Druck und sind nicht nur teuer, sondern auch sehr gefährlich.

Aus Algen kann man nicht nur Wasserstoff herstellen, sondern auch Biomasse. Diese Zucht kann allerdings nur bei gemäßigten Temperaturen stattfinden. Viele Wüsten wären dafür zu heiß. Es existieren aber genug Flächen, die nicht der Landwirtschaft verloren gingen: zum Beispiel die Küsten. Doch die Algenzucht ist recht aufwändig, und so warnen Wissenschaftler vor zuviel Optimismus. Ob für eine Nutzung als Energiequelle nach der Verarbeitung genug Energieüberschuss übrigbleibt, ist noch nicht sicher.

■ Macht Zucker mobil?

Was sonst den Kaffee versüßt, soll demnächst auch Fahrzeuge antreiben. Mit Hilfe spezieller Bakterien stellt Hubert Bahl an der Universität Rostock aus Zucker künstliches Benzin her. Butanol heißt das Produkt, das diese Bakterien in hoher Qualität in ihrem Stoffwechsel produzieren. Für die industrielle Großproduktion züchtet der Mikrobiologe einen besonders effektiven Bakterienstamm.

Wertvolle Chemierohstoffe wie **Butanol** oder Aceton mit Hilfe von Bakterien aus Pflanzenmasse statt aus Erdöl herzustellen, ist eine zukunftsweisende Idee. Denn irgendwann wird Erdöl knapp. Aber ob Bakterien-Butanol eine Zukunft als Treibstoffquelle hat, ist zumindest fraglich. Denn auch Zuckerrohr und Zuckerrüben wachsen auf Feldern und diese Flächen gingen der Nahrungsmittelproduktion verloren.

► **Butanol**

Butanol ist ein Alkohol und kann durch Bakterien produziert werden. Es wird als Lösungsmittel für Lacke genutzt und kann auch als Kraftstoff in Automotoren verbrannt werden.

■ Biosprit aus Frittenfett?

Greasoline heißt der neue Kraftstoff, der am Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) in Oberhausen erforscht wird. Aus altem Fett stellt Volker Heil besonders hochwertigen Biodiesel her. Laut Auskunft der Forscher hat dieser Kraftstoff nicht die Nachteile des herkömmlichen Biodiesels: Er greift den Motor nicht an und kann bei ganz normalen Dieselmotoren eingesetzt werden.

Leider sind die Mengen an Fett, die über das heute bereits recycelte Maß hinaus gesammelt werden können, etwa durch die Müllabfuhr, relativ gering. In Deutschland fallen insgesamt ca. 300.000 Tonnen jährlich an. Viel zu wenig für die vielen

Millionen PKW auf unseren Straßen. Allerdings könnte man diese Technik auch gleich in die industrielle Produktion einflechten und dort fetthaltige Abfälle veredeln, die bislang nicht genutzt werden konnten.

■ Holz zu Spirit?

Dank eines neuartigen Verfahrens ist es möglich, aus beliebigen, festen Pflanzenabfällen Biosprit herzustellen. **Biomass to Liquid** (BTL) ist bereits in der industriellen Erprobung. 15.000 Tonnen sollen in der nächsten Produktionsphase im sächsischen Freiberg jährlich erzeugt werden. Der erzeugte Treibstoff ist reiner und hochwertiger als sein Vorgänger aus Erdöl. 20 bis 25 Prozent unseres Kraftstoffbedarfs soll nach Angaben der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) durch diese neuartige Biomasse gedeckt werden können. Angesichts boomender Holzpellet-Heizungen, Biogasreaktoren und Strohkraftwerken zeichnet sich allerdings ein Kampf um die Zellulosefasern ab, denn all diese



Aus beliebigen Holz und Pflanzenabfällen lässt sich ein hochwertiger Treibstoff herstellen



Der Think City ist als reines Stadtauto konzipiert

Alternative Ideen...

Ansätze brauchen Pflanzenabfälle zur Energiegewinnung. Aber selbst Pflanzenabfälle sind als Ressource natürlich begrenzt. Trotzdem ist BTL die einzige neue Technologie, die kurz vor der Einführung steht.

Wirkungsgrade der Blockheizkraftwerke. Dagegen wird bei Autos die Energie nur in Geschwindigkeit umgesetzt, und die Wärme verpufft ungenutzt. Es ist daher viel effizienter, Biomasse in Kraftwerken zur Strom- und Wärmeabgewinnung zu nutzen, als sie in Autos in Form von Biotreibstoff zu verwenden.

Was tun mit der Biomasse?

Es gibt Autohersteller, die heute schon mit Biosprit werben, der voraussichtlich erst in zehn Jahren in größeren Mengen auf den Markt kommt. Ein gutes Öko-Image ist eben Gold wert. Doch der neue Biotreibstoff ist kein ökologisches Allheilmittel. Das lässt sich leicht an folgender Beispielrechnung belegen: Auf 1 Quadratmeter Fläche schnell wachsendes Holz anzupflanzen, ergäbe 1,25 Kilogramm Holz. Erzeugte man daraus Biosprit, würde das ca. 0,9 Kilogramm CO₂ einsparen. Verbrennt man diese Holzhackschnitzel jedoch in einem Blockheizkraftwerk und gewinnt gleichzeitig Strom und Heizwärme, dann wäre die Einsparung erheblich größer. An Kohlendioxid sparte man dann 2 volle Kilogramm ein. Der Grund sind die höheren

Blockheizkraftwerk

In diesen Kraftwerken wird die im Brennstoff enthaltene Energie besonders effektiv genutzt. Der Wirkungsgrad, also der Anteil der Energie, die genutzt wird, beträgt 80-90 Prozent gegenüber ca. 40 Prozent in einem herkömmlichen Kohlekraftwerk. Zum einen wird Strom erzeugt, zum anderen wird aber auch die entstehende Abwärme zum Heizen von Wohnungen genutzt. Daher stehen Blockheizkraftwerke möglichst nah beim Verbraucher. Es gibt sogar Blockheizkraftwerke für Einfamilienhäuser. Diese verbrennen zum Beispiel Erdgas in einem Motor. Mit der Wärme wird geheizt und ein Generator produziert zusätzlich Strom fürs Haus oder das Stromnetz. Wenn man gleichzeitig Strom in einem Generator erzeugt (Kraft) und die Wärme nutzt, nennt man das auch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).

Die Wiederauferstehung des Elektroautos Kleine, saubere Stadtautos in Großserie

Er wirkt auf den ersten Blick wie eine Kreuzung aus VW Käfer und Smart. Doch wenn sich der kleine Wagen leise surrend in Bewegung setzt, ist klar, dass der Think City kein gewöhnliches Auto ist. Der Kleinwagen aus Norwegen ist ein Elektroauto, und zwar das erste, das in Großserie gebaut werden soll.

Werte des kleinen Stadtautos an denen eines Kleinwagens mit Verbrennungsmotor messen lassen: Höchstgeschwindigkeit 100 km/h, Beschleunigung von null auf 50 km/h in 6,5 Sekunden, Reichweite mit einer Batterieladung: 180 Kilometer

Die Vorteile des Elektroantriebs liegen auf der Hand: Es gibt keinen Auspuff, aus dem Abgase kommen. Der Motor ist viel leiser als ein Benziner. Und das Wichtigste: der Elektroantrieb ist ein wahres Effizienzwunder. Ein Verbrennungsmotor bringt gerade einmal 40 Prozent der Energie aus dem Tank auf die Straße, der große Rest verpufft als ungenutzte Abwärme aus dem heißen Motor. Eine Elektromaschine hingegen setzt rund 90 Prozent der eingespeisten Energie in Bewegung um. In Zahlen: Ein kleiner, verbrauchsarmer Benziner wie der Smart schluckt rund fünf Liter auf 100 Kilometer – Energiegehalt: 180 MegaJoule. Der Think City benötigt rund 15 Kilowattstunden Strom auf 100 Kilometer, das sind 54 MegaJoule – also weniger als ein Drittel. Auch sonst können sich die

Die Ökobilanz des Think City

Betankt wird das Elektroauto an einer gewöhnlichen Steckdose. Das dauert bei völlig entleerter Batterie rund zehn Stunden. Der Think ist also kein Auto für die Urlaubs- oder Geschäftsreise, will das aber auch gar nicht sein. Er ist als Stadtauto konzipiert – für die tägliche Fahrt zur Arbeit, zum Einkaufen, als Zweitwagen. Gerade was die Batterie anbelangt – ein klassischer Schwachpunkt des Elektroautos – will der Hersteller neue Wege gehen. Der Akku wird an den Kunden vermietet, nicht verkauft. Lässt die Leistung nach oder werden neue, leistungsfähigere Batterien ins Sortiment aufgenommen, hat der Kunde Anspruch auf einen Austausch. Die vollständige Ökobilanz des



Links:
Der Think City *tankt* gewöhnlichen Strom aus der Steckdose

Rechts:
Die NiNaCl (Nickel-Kochsalz)-Batterie des Think wiegt über 240 Kilogramm

Die Wiederauferstehung des Elektroautos

Thinks hängt stark von der Art des Stroms ab, mit dem er betankt wird. Norwegen gewinnt seinen Strom fast vollständig aus Wasserkraft – bei seiner Erzeugung wird praktisch kein CO₂ frei. Aber selbst in Deutschland, das einen vergleichsweise *schmutzigen* Strommix mit einem relativ hohen Anteil an Kohle und Gas hat, liegt der Elektromotor noch gut im Rennen. In Deutschland werden bei der Stromerzeugung 610 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde frei – für den Think bedeutet das im Schnitt 92 Gramm CO₂ pro Kilometer. Zum Vergleich: Der Smart stößt im Schnitt 110 Gramm CO₂ pro Kilometer aus.

Ein neuer Anlauf

Die Idee, ein Auto mit Strom anzutreiben, ist nicht neu. In der Frühzeit des Automobils gab es sogar mehr Autos mit Elektroantrieb als mit Verbrennungsmotor. 1899 durchbrach ein Elektroauto als

erstes die magische Geschwindigkeitsgrenze von 100 km/h. Wegen der geringeren Reichweite von 85 Kilometern und der unausgereiften Batterietechnik konnte das Elektroauto vorerst dem Verbrennungsmotor nicht standhalten.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wuchs mit der Ölkrise erneut das Interesse an elektrischen Antrieben. Den letzten großen Schub gab es in den 90er Jahren: Die kalifornische Regierung erließ ein Gesetz, das einen schrittweise auf 10 Prozent steigenden Anteil von *Null-Emissions-Fahrzeugen* vorschrieb. Einige der großen Autohersteller entwickelten daraufhin eigene Elektroautos, andere – wie die Firma Ford – kauften sich in bestehende Firmen ein. Ford stieg bei der kleinen norwegischen Firma Pivco ein, benannte das Unternehmen in Think um und investierte mehr als 100 Millionen Dollar. 1999 wurde die neue Fabrik in der Nähe von Oslo feierlich eröffnet. Doch es wurden nie die angepeilten großen Stückzahlen gebaut.

Die Reichweite von 85 Kilometern mit einer Batterieladung schreckten viele Kunden ab. Als das kalifornische Gesetz 2002 von der Industrie gekippt wurde, stieg Ford bei Think aus. Ein neuer Investor scheiterte – die Firma ging pleite.

Batterien von morgen

Im Jahr 2006 erweckte eine Gruppe von Unternehmern die Firma Think zu neuem Leben und bereitete kontinuierlich einen neuen Anlauf für eine Großproduktion eines Elektroautos vor. Im April 2008 wird die Serienproduktion starten und ab 2009 sollen jährlich 10.000 Autos in Norwegen vom Band laufen. Zum Vergleich: In Deutschland sind heute weniger als 1.500 Elektroautos gemeldet. Es gibt zwei Gründe dafür, dass die Macher überzeugt sind, dass der effiziente Elektroantrieb diesmal eine Chance hat: Zum einen öffnen der explodierende Ölpreis und der drohende Klima-

wandel den Markt für Lösungen jenseits des Verbrennungsmotors. Zum anderen hat die Batterietechnik in den vergangenen Jahren große Fortschritte gemacht. Die Reichweite des Think hat sich gegenüber dem ersten Modell mehr als verdoppelt und liegt jetzt bei 180 Kilometern. Außerdem steht die nächste Batteriegeneration in den Startlöchern. Verschiedene Firmen arbeiten daran, Lithium-Ionen-Akkus, wie sie heute in Handys und tragbaren Computern üblich sind, in großem Maßstab für Autos zu entwickeln. Sie versprechen eine noch größere Reichweite und deutlich kürzere Ladezeiten. Das wäre dann wohl endgültig der Durchbruch für die kleinen, surrenden Elektroautos.





In den kalifornischen Wüsten wird seit zwanzig Jahren Solarstrom im großen Maßstab produziert



Parabolspiegel sammeln das Licht wie ein Brennglas auf den Röhren im Brennpunkt

Strom aus der Wüste

Wie könnten Elektroautos ökologisch sinnvoll getankt werden?

Die Zukunft auf den deutschen Straßen sollte elektrisch betriebenen Fahrzeugen gehören. Aber woher den dafür benötigten Strom nehmen? Aus neuen Atomkraftwerken? Hier fehlt die Zustimmung der Bevölkerung. Die Risiken von Betrieb und Endlagerung der radioaktiven Abfälle sind vielen zu hoch. Und zusätzliche Kraftwerke, die Öl, Gas oder Kohle verbrennen, schädigen das Klima ebenfalls weiter. Außerdem sind diese Ressourcen in absehbarer Zeit zu Ende.

Vor diesem Hintergrund klingt folgende Idee wie die perfekte Lösung: In den Wüsten der Welt sollen große Solarkraftwerke errichtet werden, die über Fernleitungen die Industriestaaten versorgen. Eine Fläche von der Größe Schleswig-Holsteins würde reichen, um die ganze EU mit Strom zu versorgen. Und dabei müsste man keine ökologisch hochempfindlichen Landschaften schädigen. Lediglich die ohnehin unbesiedelten Wüsten würden zu einem kleinen Teil genutzt.

Die Idee vom Strom aus der Wüste war die Grundlage für eine umfangreiche Untersuchung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt

in Köln (DLR). Die Wissenschaftler konnten nachweisen, dass diese Idee tatsächlich umsetzbar ist! Und zwar nicht mit Hilfe umfangreicher Forschung, sondern mit vorhandener Technik von heute.

■ Solartechnik im großen Stil

In der kalifornischen Wüste erzeugen Solarkraftwerke bereits seit 20 Jahren Solarstrom für Hunderttausende von Haushalten. Aufgrund der dortigen Erfahrungen werden jetzt in Südspanien neue Kraftwerke errichtet. Die verwendete Technik ist vor allem in Gebieten einsetzbar, in denen direkte Sonneneinstrahlung herrscht – wie eben in Wüsten oder im Süden Spaniens. Lange Parabolspiegel, die der Sonne nachgeführt werden, bündeln das Licht auf Röhren die längs in den Rinnen verlaufen. In den Röhren zirkuliert eine Wärmeträgerflüssigkeit, die die entstehende Hitze, die viele Hundert Grad betragen kann, abtransportiert. In großen, isolierten Tanks kann die Hitze dann durch Aufschmelzen spezieller Flüssigsalze für Stunden oder Tage gespeichert und bei Bedarf wieder abgerufen werden. Mit der so gesammelten Sonnen-

wärme wird anschließend Wasser verdampft und in Turbinen und Generatoren zu Strom umgewandelt. So produziert man Sonnenstrom genau dann, wenn man ihn braucht – auch bei Dunkelheit.

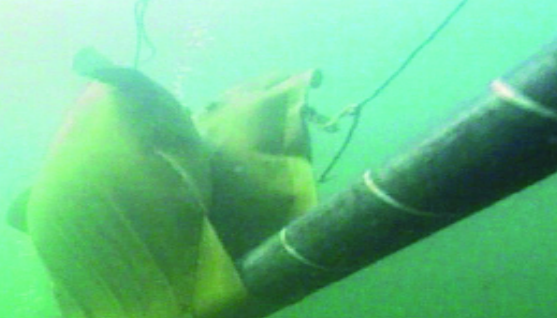
■ Wenn Strom auf die Reise geht

Bleibt die Frage, wie der in Rinnensolarkraftwerken in der Sahara gewonnene Strom nach Europa gelangen könnte. Auf den ersten Blick scheint das ein Problem zu sein, denn beim Transport von Energie entstehen Verluste. Dies verschlechtert natürlich die Ökobilanz.

Denn auch wenn bei der Produktion Solarstrom im Vergleich mit Kohle, Gas oder Öl vergleichsweise wenig CO₂ anfällt, belasten die Transportverluste die Ökobilanz. Es dauert länger, bis sich das Kraftwerk amortisiert. Sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch. Denn soll die neue Energie der Umwelt nutzen muss am Ende erheblich mehr Sonnenenergie gewonnen werden als die Herstellung von Kraftwerk und Übertragungstechnik an Energie verschlingt.

Aber die Technik für besonders verlustfreie Fernübertragungen von Strom existiert und ist seit 1954 im Einsatz. Dabei wird der Strom nicht mit großen Wechselstrom-Leitungen transportiert, wie sie bei uns als Überlandleitungen üblich sind. Der Trick ist, den Strom in Hochspannungs-Gleichstromleitungen zu transportieren. Dadurch werden die Verluste geringer und es können viel längere Leitungen verlegt werden – auch besonders lange Unterwasserleitungen.

Auf den ca. 3.000 Kilometern von der Sahara bis nach Deutschland würden so nur rund zehn Prozent des Sonnenstromes verloren gehen. Erst bei uns müsste der Strom wieder zu Wechselstrom umgewandelt werden und könnte in unsere Netze eingespeist werden. Auch wenn Forscher versuchen für die Zukunft noch wirtschaftlichere Transportleitungen zu entwickeln, etwa durch den Einsatz von Hochtemperatur Supraleitern, ist die Fernübertragung heute bereits praktikabel.



Mit Hochspannungs-Gleichstromleitungen sind lange Unterwasserkabel möglich



Elektroauto der Zukunft mit einem Energiespeicher der Gegenwart: einem Lithium-Ionen-Akku

Strom aus der Wüste

Die Batterie der Zukunft

Lithium-Ionen-Akkus könnten zum Durchbruch verhelfen

■ Zukunft Wüstenstrom?

Der Strom aus den Wüsten könnte für unsere Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Sein Vorteil ist, dass man sofort mit den Planungen für den Bau beginnen könnte. Alle technischen Bausteine sind vorhanden. Es fehlt nur der Wille, sofort damit zu beginnen.

Allerdings gibt es auch Kritiker, die dadurch eine noch stärkere Abhängigkeit von den Energielieferanten der islamischen Welt befürchten.

Aber sogar unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit könnte Strom aus der Wüste von Vorteil sein. Kombiniert mit anderen dezentralen und bei uns gewinnbaren Quellen von regenerierbarer Energie wie Wasserkraft, Wind, heimischer Solarenergie und Bioenergie, wäre das für den Transport des Wüstenstroms notwendige Gleichstrom-Fernnetz Grundlage für ein europäisches Leitungsnetz. Mit dem könnte man über die EU-Ländergrenzen hinweg Engpässe des einen Energieträgers durch die anderen kompensieren. Und je mehr unterschiedliche Energiequellen für die

Stromerzeugung genutzt werden, desto sicherer ist die Versorgung. Und ein derart sicheres Netzwerk könnte auch den für Elektroautos notwendigen Strom liefern.



Es könnte gut sein, dass der große Durchbruch des Elektroautos mit einer längst bekannten Technologie gelingt. Vielleicht müssen wir gar nicht mehr auf die Entwicklung einer heute noch unbekannteren Technik warten, sondern tragen diese schon völlig selbstverständlich mit uns herum. Denn die Revolution bei den Stromspeicherakkus für elektrische Geräte hat längst stattgefunden. Seit einigen Jahren haben Lithium-Ionen-Akkus alle anderen Batterien nahezu verdrängt. Zuverlässig und ausdauernd versorgen sie heute unsere Handys und Laptops mit Strom. Sie sind relativ leicht und haben keinen Memory-Effekt, d. h. sie laden sich tatsächlich immer voll auf und können diese Ladung auch vollständig wieder abgeben.

▶ Lithium-Ionen-Akkus

Hierbei handelt es sich um Energiespeicher auf der Basis des Metalls Lithium. Sie können sehr viel mehr Energie pro Gewicht speichern als alle anderen Akkus der älteren Generationen (wie zum Beispiel Nickel-Cadmium-Akkus und Nickel-Metallhydrid-Akkus).

▶ Memory-Effekt

Dieser Effekt bezeichnet den Kapazitätsverlust von Akkus. Entlädt man Akkus der älteren Generationen nicht vollständig und lädt sie dann auf, so scheint sich der Akku zu merken, dass er nie vollständig seine Energie abgeben muss. Deshalb speichert er bei häufiger Wiederholung nur noch weniger Strom und blüht so nach und nach seine Speicherkapazität ein.

■ Größere Reichweite und kürzere Ladezeit

Bisher hatten Akkus für Elektroautos mit einigen Schwierigkeiten zu kämpfen. Eines der gravierendsten war die Reichweite. Ein Auto, das alle 50 Kilometer neu aufgeladen werden muss, ist nur sehr bedingt alltagstauglich. Die Lithium-Ionen-Akkus schaffen mehr: Bis zu 150 Kilometer können mit ihnen bestückte Prototypen inzwischen bewältigen, ohne an die Steckdose zu müssen.

Fazit: Lithium-Ionen-Akkus speichern eine gehörige Portion Strom bei vergleichsweise niedrigem Akku-Gewicht und sie können an jeder beliebigen



Die Batterie der Zukunft

Steckdose in einer vertretbaren Zeit aufgeladen werden. Zwar dauert das Laden noch deutlich länger, als den Benzintank an der Tankstelle zu füllen. Aber stundenlange Laderituale gehören der Vergangenheit an. Im Labor gelingt das vollständige Aufladen inzwischen in 20 Minuten. Dem Durchbruch steht aber noch ein ökonomisches Argument im Wege. Denn bisher sind Lithium-Ionen-Akkus der entsprechenden Größe beeindruckend teuer. Das dürfte sich allerdings nachhaltig ändern, sobald die Elektroautos ausgereift sind und häufiger produziert werden als heute. Mit der massenhaften Produktion großer Akkus für die neuartigen Autos wird ihr Preis deutlich nachgeben.

■ Akku in Flammen?

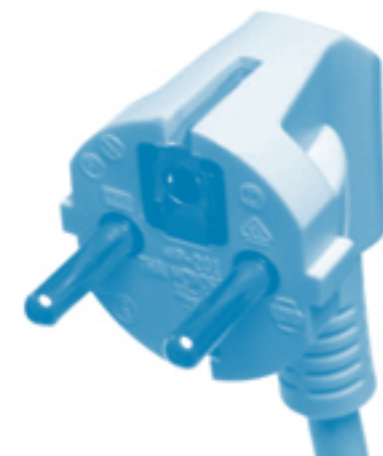
Ein anderes Problem bremste die Verbreitung der Elektroautos bisher in viel stärkerem Maße als die geringe Reichweite und der hohe Preis. Denn auch wer bereit ist, sein Auto alle paar Kilometer für einige Zeit an einer Steckdose abzustellen und

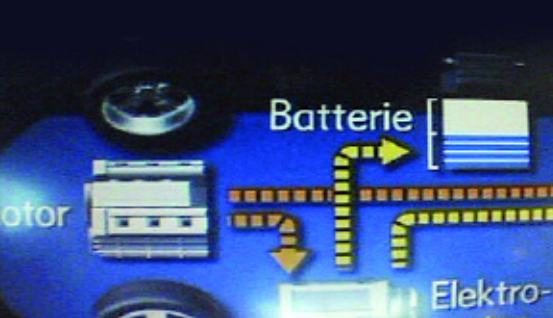
zudem noch genügend Geld für das exklusive Gefährt hat – vor den Sicherheitsrisiken der Lithium-Ionen-Akkus konnte niemand die Augen verschließen: Unter Umständen können die Akkus ihre gespeicherte Energie auch völlig unkontrolliert abgeben. Viel muss gar nicht passieren. Ein einfacher Kurzschluss im Akku reicht aus. Und der kann bisher relativ einfach ausgelöst werden: entweder durch eine mechanische Verletzung bei einem Unfall oder durch bloße Überhitzung. Der ganze Akku geht dann in kürzester Zeit in Flammen auf und wäre für die Insassen eine große Gefahr.

Doch nun ist Forschern des Energiekonzerns Evonik in dieser Frage ein Durchbruch gelungen. Sie haben eine spezielle Keramik-Membran erfunden, die in der Batterie verhindert, dass die Lithium-Ionen-Batterien explodieren. Die Membran befindet sich zwischen dem Plus- und dem Minuspol des Akkus und verhindert, dass es zu einem inneren Kurzschluss kommen kann. Im Testbetrieb in einem Elektroauto hat sich diese Folie als exzellente Lösung erwiesen.

Einen anderen Ansatz haben die Entwickler der GAIA Akkumulatorenwerke verfolgt. Sie haben einen ganz speziellen Lithium-Ionen-Akku kreiert. Dieser gibt, anders als gewöhnliche Akkus, bei steigender Temperatur nicht plötzlich besonders viel Energie ab, weil er auf einer anderen chemischen Grundlage beruht. Bei den gewöhnlichen Akkus konnte dadurch eine Selbstentzündung ausgelöst werden – diese Gefahr ist bei dem neuen Akku gebannt.

Mit den neuen Entwicklungen steht der stärkeren Verbreitung von Elektroautos möglicherweise einiges weniger im Weg als jemals zuvor.





Links:
Von außen ist die Hybridtechnologie kaum zu erkennen. Die hinter dem Rücksitz angebrachte Batterie lässt sich über den Kofferraum erreichen

Mitte:
Der Quarks-Test: Ein Lexus Hybrid GS 450h (links) tritt an gegen einen BMW 530i (rechts)

Rechts:
Das Display im Lexus verdeutlicht während der Fahrt, wie Bremsenergie in der Batterie abgespeichert wird. Später speist diese Energie den Elektromotor

Hoffnungsträger Hybridauto

Wie sparsam sind die Zwitter-Antriebe?

Hoffnungsträger

Hybridauto

Die Hybridtechnologie gilt im Kampf um die Verringerung des automobilen Spritverbrauchs als aussichtsreicher Hoffnungsträger. Bislang gibt es lediglich Modelle japanischer Hersteller: den Lexus, den Toyota Prius und den Honda Civic. Schon wurde die Klage laut, die europäische Automobil-Industrie habe diesen verheißungsvollen Zukunftstrend verschlafen. Doch die Europäer kontern selbstbewusst, dass durch die Verbesserung bereits bestehender Technologien mindestens ebensoviel Spritspar-Potenzial bestehe wie durch die aufwändige Hybridtechnik der Japaner. Bei der Hybridtechnologie wird ein ganz normaler Benzinmotor durch einen Elektromotor unterstützt, der sich – je nach Fahrsituation – automatisch dazuschaltet. Beim Anfahren übernimmt der Elektromotor den Antrieb manchmal sogar ganz alleine – erst nach einigen Sekunden schaltet sich der Benzinmotor zu. Seine Energie bezieht der Elektromotor aus einer meist hinter dem Rücksitz angebrachten großen Batterie. Sie wird geladen durch Energie, die ein Stromgenerator während der Fahrt gewinnt: Bremsst der Wagen ab, entsteht

Wärme, die Bremsen werden warm. Das Hybridauto nutzt diese Energie und speichert sie in der Batterie ab. Von dort speist sie dann wieder den Elektromotor.

Die Konkurrenten: der Lexus-Hybrid gegen den BMW 530i

Quarks & Co wollte wissen, wie effektiv die Hybridtechnologie wirklich ist. Können hochmoderne Spritsparmodelle ohne Hybridtechnologie mithalten? Unsere zwei Testfahrer treten mit einem Hybrid-Lexus GS 450h gegen einen BMW 530i aus der Öko-Linie *Efficient Dynamics* an. Mit optimierter Direkteinspritzungstechnologie, Reifen mit reduziertem Rollwiderstand und der sogenannten Rekuperations-Technik zur Rückgewinnung von Bremsenergie will es der Konkurrent auch ohne Elektromotor mit dem Hybrid aufnehmen. Beide Autos sind exakt gleich groß, fahren mit Super-Benzin, haben fast 300 PS und fahren mit Automatikgetriebe.

Direkteinspritzung

Die Direkteinspritzung bei Benzinmotoren ist eine Methode, die Effizienz des in einen Motor eingespritzten Treibstoffs durch direkte Einspritzung in den Zylinder zu erhöhen. Bei einem konventionellen Benzinmotor wird das Luft-Benzin-Gemisch lediglich in ein Saugrohr vor dem Einlassventil des Zylinders (in dem die Verbrennung stattfindet) gespritzt. Erst in einem zweiten Schritt gelangt es an den Ort der Verbrennung; in den Zylinder.

Bei der Direkteinspritzung hingegen wird der Treibstoff direkt in den Zylinder gespritzt. Das erhöht die Effizienz des Treibstoffs um rund 10 %. Entwickelt wurde die Direkteinspritzungs-Technologie bereits in den 30er Jahren für Flugzeuge. Erst nach dem Krieg wurde sie auch für Autos verwendet (insbesondere bei Mercedes-Benz). Trotz des hohen Spritspar-Potenzials der Direkteinspritzung findet sie bei den großen Autokonzernen erst seit rund zehn Jahren in größerem Ausmaß Beachtung. Die erste Großserien-Anwendung erfolgte erst 1997 durch Mitsubishi.

Rekuperations-Technik

Unter Rekuperation versteht man allgemein die Rückgewinnung bereits verbrauchter Energie, also Energie-Recycling. Schon die

einfache Warmluftzufuhr im Auto unterliegt diesem Prinzip: Primärer Zweck des Motors ist es, das Auto anzutreiben. Dass er dabei zusätzlich warm wird, ist ein Nebeneffekt. Die Motorwärme würde ungenutzt verpuffen, würde nicht zumindest ein Teil dieser Wärmeenergie ins kalte Auto geleitet. Hybridfahrzeuge machen sich das Rekuperations-Prinzip stark zunutze und gewinnen so einen Teil ihrer Energie während der Fahrt: Bremsst das Auto, wird Energie frei, denn die Bremscheiben werden warm. Diese Energie wird über einen Generator recycelt. Doch mittlerweile nutzen nicht nur Hybridfahrzeuge dieses Prinzip. So hat auch unser BMW-Testwagen die Möglichkeit, Bremsenergie zurückzugewinnen und für den Antrieb des Autos zu nutzen.

Überraschendes Ergebnis im Stadtverkehr

Unsere erste Stichprobe in der Innenstadt. Zunächst werden beide Autos komplett voll getankt. Anschließend fahren unsere Tester sie so Sprit sparend wie möglich durch die Stadt, vorausschauend und schonend: vorsichtig anfahren, sachte abbremsen. Beide fahren exakt die gleiche Strecke. Nach genau 33,3 Kilometer Fahrt tanken wir wieder voll. Der BMW benötigt auf 33,3 Kilometern 3,29 Liter und liegt auf 100 Kilometer



Auf der Autobahn verbrauchen Hybrid und Benzinser annähernd gleich viel



Der Golf I wog 1974 rund 780 Kilogramm. Je nach Ausstattung wiegt ein Golf V heute zwischen 1.200 und 1.600 Kilogramm, also fast das Doppelte

Hoffnungsträger Hybridauto

Pimp my Golf

Aachener Ingenieure setzen ein Auto auf Diät

hochgerechnet somit knapp unter zehn Liter. Der Hybrid tankt auf 33,3 Kilometer 3,76 Liter und liegt – auf 100 Kilometer hochgerechnet – mit 11,28 Litern um gut einen Liter höher. Angesichts der hohen PS-Zahl und der Größe beider Fahrzeuge ein durchaus akzeptables Ergebnis, doch es zeigt sich auch: Im Stadtverkehr muss die Hybridtechnologie nicht besser sein als hochmoderne Spritspar-Alternativen wie die Kombination von Direkteinspritzung und Rekuperationstechnik des BMW.

Akzeptable Resultate auf der Autobahn

Die zweite Stichprobe machen wir auf der Autobahn. Moderat gleiten unsere Fahrer mit 120 Stundenkilometer über die Piste. Auch jetzt schaltet sich der Elektromotor des Hybridautos immer wieder zu und unterstützt den Benzinmotor. Das Ergebnis nach genau 100 Kilometern Fahrt: 8,96 Liter verbraucht der BMW, 8,12 Liter der Hybrid. Für zwei so große Limousinen mit jeweils fast 300 PS durchaus akzeptable Resultate.

Auf der Autowaage zeigt sich ein möglicher Grund für das schlechtere Abschneiden gegenüber dem Konkurrenten. Mit 1860 Kilo wiegt der Hybrid 160 Kilo mehr als der gleich große BMW. Allein die Batterie im Lexus-Hybrid wiegt 68 Kilo. Dazu kommen der Elektromotor, ein zusätzlicher Generator zur Rückgewinnung der Bremsenergie und ein spezielles Modul, das das Wechsel- und Zusammenspiel von Benzin- und Elektromotor regelt. Dies alles führt zu dem deutlich höheren Gewicht. Und dieses Gewicht muss natürlich erst einmal in Bewegung gebracht werden, bevor gespart werden kann.

Unsere Stichproben zeigen: Das Gewicht der aufwändigen Hybrid-Technologie ist zumindest bei ohnehin schweren Limousinen gerade in der Stadt von Nachteil. Noch immer gilt: Je leichter ein Auto, desto effizienter spart es Sprit. Andere Spritspar-Technologien, wie z.B. die optimierte Direkteinspritzung, können mit dem Hybrid mithalten; insbesondere dann, wenn sie selber über Generatoren verfügen, die Bremsenergie zurückgewinnen.

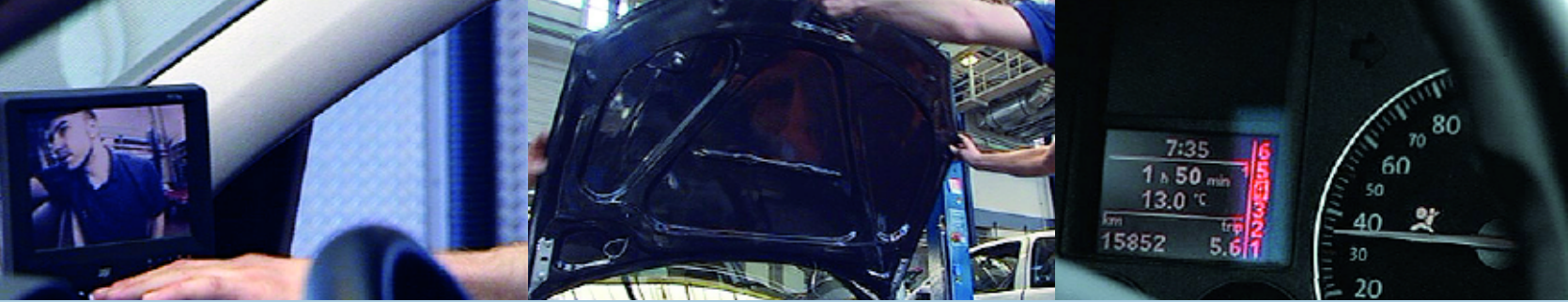
Am Anfang stand der Ärger des Umweltbundesamtes über die deutschen Autohersteller. Obwohl die mit einigen versteckten Modellen zeigen, dass sie technisch etwas vor Spritsparen verstehen, hat sich bei den meisten Autos in den letzten Jahrzehnten wenig getan. Umweltfreundliche Fortschritte im Motorenbau werden gleich wieder durch steigende Leistung aufgeessen, das Gewicht steigt durch immer mehr Komfortfunktionen stetig an. Weniger Spritverbrauch – so die Botschaft der Automobilkonzerne – geht nur mit weniger Komfort und weniger Leistung.

Das Umweltbundesamt wollte beweisen, dass es anders geht – zusammen mit dem Institut für Kraftfahrwesen der Technischen Hochschule in Aachen (RWTH), das in der Automobilforschung einen Spitzenplatz einnimmt. Gemeinsam entschied man sich, das Potenzial zum Spritsparen an Deutschlands meistverkauftem Auto zu demonstrieren: dem VW-Golf. Weil das Projekt auf gar keinen Fall in den Ruf eines freudlosen Verzichtsautos geraten sollte, wählte man eine sehr sportliche Variante: einen nagelneuen Golf GT 1,4 TSI, mit Höchstgeschwindigkeit 220 und einer Leistung

von 170 PS. Laut Hersteller verbraucht der Wagen 7,2 Liter Super Plus auf 100 Kilometer – in der Praxis eher 9 bis 10.

Widerstände minimieren

Die einzige Vorgabe an die Ingenieure der RWTH war, dass sie möglichst viele ihrer Sparmaßnahmen mit Teilen aus der Serienfertigung bestreiten sollten. Das Sparauto sollte kein exotisches Einzelstück, sondern eine realistische Option sein. Die ersten Schritte waren entsprechend simpel. Die Aachener tauschten die Serienräder gegen Leichtlauf- und erhöhten deren Fülldruck. Leichtlauf- und erhöhte Fülldruck sind schmaler und haben durch ihre Gummimischung einen geringeren Rollwiderstand. Sie sind für jedes PKW-Modell zu haben. Ergebnis dieser ersten Maßnahme: eine Einsparung von 0,3 Litern Benzin auf 100 Kilometer, gemessen im Standardfahrzyklus der Automobilindustrie. Eine ähnliche Option ist der Einsatz von Leichtlauföl. Solche Öle verringern den Reibungswiderstand im Motor und senken so den Kraftstoffverbrauch. Das brachte weitere 0,1 Liter Verbesserung auf 100 Kilometer.



Links:
Monitore im Wageninneren ersetzen die Außenspiegel

Mitte:
Die Motorhaube aus Kohlefaser wiegt rund neun Kilogramm weniger als das Original aus Stahl

Rechts:
Die Schaltanzeige empfiehlt dem Fahrer den optimalen Gang

Pimp my Golf

Eine technische Spielerei leisteten sich die Ingenieure aber doch. Statt Außenspiegeln installierten sie kleine windschnittige Kameras. Deren Bild wird auf kleine Monitore ins Innere übertragen. Auf der Autobahn bringt der gesenkte Luftwiderstand bis zu 0,3 Liter Einsparung – im Standardfahrzyklus praktisch nichts. Darum taucht dieser Posten nicht in der Gesamtabrechnung auf.

▶ Standardfahrzyklus

Der Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen wird in der EU seit dem 1. Januar 1996 im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) gemessen. Das Auto steht auf einem Rollenprüfstand und durchläuft eine festgelegte Abfolge von Geschwindigkeiten (ca. 13 Minuten Stadtfahrt und 7 Minuten Landstraße/Autobahn).

■ Gewicht verringern und Getriebe verlängern

In einem weiteren Schritt versuchten die Ingenieure der RWTH, dem Golf einen Teil seines hohen Gewichts abzurufen. Da weder Komfort noch Sicherheit beeinträchtigt werden sollten, kam nur ein Austausch von Motorhaube und Heckklappe

sowie der Sitze in Frage. Die Stahlhaube und -klappe ersetzten die Techniker durch Spezialanfertigungen aus Kohlefaser. Dieser Werkstoff ist im Automobilbau noch nicht sehr verbreitet und folglich sehr teuer. Auch die Leichtbausitze kosten mehr als gewöhnliche Seriensitze. Mit einigen anderen kleineren Gewichtseinsparungen konnten die Aachener insgesamt 73 Kilogramm einsparen – doch die daraus resultierenden 0,2 Liter Verbrauchsreduzierung sind diesmal teuer erkaufte. Eine Großserienfertigung würde die Kosten aber deutlich sinken lassen.

Dann ging es dem Golf unter die Wäsche. Die Mechaniker verpassten dem Auto ein neues Getriebe, bei dem der fünfte und sechste Gang eine längere Übersetzung haben. Ein solches Getriebe kommt oft bei Dieselfahrzeugen zum Einsatz und hat etwas schlechtere Beschleunigungswerte bei hohen Geschwindigkeiten zur Folge. Zusammen mit einem modifizierten Kühlsystem und einem kleinen Generator, der beim Bremsen Energie zurückgewinnt, konnten die Ingenieure noch einmal 0,4 Liter auf 100 Kilometer gewinnen.

■ Den Fahrer anleiten

Zwei weiteren Benzinsparmaßnahmen zielen auf das Verhalten des Fahrers. Zum einen haben die Aachener dem Golf eine Start-Stopp-Automatik spendiert. Rollt der Wagen auf eine rote Ampel zu und der Fahrer kuppelt den Gang aus, schaltet sich der Motor automatisch ab. Ein Tritt auf die Kupplung, und der Motor ist wieder an. Ersparnis durch die Start-Stopp-Automatik: weitere 0,3 Liter auf 100 Kilometer.

Der letzte Ansatzpunkt für den Spargolf ist der Fahrer. Eine Schaltanzeige zeigt ihm, wann es günstig ist, in einen anderen Gang zu wechseln. Das Sparpotenzial ist enorm: Durch optimales Schalten läuft der Motor immer im günstigsten Drehzahlbereich; das Auto spart noch einmal 0,5 Liter auf 100 Kilometer ein.

Das Fazit: Mit wenig Geld haben die Ingenieure den Golf von 7,2 auf 5,4 Liter Verbrauch gebracht. Das ist eine Ersparnis von 25 Prozent. Das Ergebnis ist umso beachtlicher, wenn man beachtet, dass der TSI-Motor des Golfs eh schon zu den

sparsamsten und effizientesten Benzinmotoren von VW gehört. Die Aachener Ingenieure sind sich sicher: Mit den gleichen oder ähnlichen Umbauten ließe sich der Spritverbrauch jedes Serienfahrzeugs um mindestens ein Viertel senken.

